



Jannik Munderich | Andreas Werner | Moritz Jung | Thomas Fischer

Der Digitale Produktpass: Befähiger der Kreislaufwirtschaft?

Empirische Studie unter Unternehmen in Baden-Württemberg

Hrsg: Oliver Riedel | Katharina Hölzle | Wilhelm Bauer | Moritz Hämmerle

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht den Digitalen Produktpass (DPP) und dessen potenzielle Rolle als Befähiger der Kreislaufwirtschaft in Baden-Württemberg. Im Rahmen einer Umfrage wurden im Sommer 2024 verschiedene Unternehmen aus Baden-Württemberg befragt, um den Kenntnisstand, die Herausforderungen, die Verbreitung und die praktischen Anwendungsbereiche des DPP zu erfassen. Die Ergebnisse zeigen, dass 39 Prozent der befragten Unternehmen bereits Nachhaltigkeitsmessungen für ihre Produkte durchführen, während 76 Prozent sich mit der Kreislaufwirtschaft auseinandersetzen.

Trotz der hohen Akzeptanz des DPP in der Industrie, mit 69 Prozent der Unternehmen, die über Wissen zu diesem Konzept verfügen, existieren signifikante Unterschiede im Wissensstand und in der Bereitschaft zur Implementierung. Die Umfrage ergab, dass lediglich 26 Prozent der Unternehmen Initiativen zur Erstellung eines DPP verfolgen, während die Mehrheit von 56 Prozent keine derartigen Maßnahmen ergreift.

Die Studie identifiziert zudem wichtige Technologien, die als unterstützend für die Einführung des DPP angesehen werden, und beleuchtet sowohl die Chancen als auch die Herausforderungen, die mit der Umsetzung des DPP verbunden sind. Zu den Chancen zählen die Schaffung von Transparenz, die Verbesserung der Kreislauffähigkeit und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Gleichzeitig bestehen jedoch Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit, des Erhebungsaufwands und der resultierenden Wettbewerbsnachteile für kleinere Unternehmen.

Insgesamt deutet die Analyse darauf hin, dass der DPP ein vielversprechendes Werkzeug darstellt, um nachhaltige Praktiken zu fördern. Dennoch ist eine umfassende Implementierung und die Überwindung bestehender Barrieren erforderlich, um das volle Potenzial des DPP als Befähiger für die Kreislaufwirtschaft in Baden-Württemberg auszuschöpfen.

Inhalt

1	Einleitung	4
1.1	Hintergrund und Motivation	4
1.2	Methodik	5
2	Status quo der Nachhaltigkeitsbewertung in Unternehmen	8
2.1	Auseinandersetzung der Unternehmen mit Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft	8
2.2	Verbreitung des Digitalen Produktpasses	9
2.3	Befähigende Technologien und Systeme	10
3	Der Digitale Produktpass in der Praxis	11
3.1	Barrieren für die Einführung des Digitalen Produktpasses in Unternehmen	12
3.2	Anforderungen an den Digitalen Produktpass	13
3.3	Chancen und Risiken	15
3.4	Anwendungsfälle	16
4	Kreislaufwirtschaft in der Praxis	17
4.1	Regulatorik und Relevanz für Unternehmen	17
4.2	Auswirkungen auf Geschäftsmodelle	18
4.3	Messung der Kreislauffähigkeit von Produkten	19
5	Verfügbarkeit und Erhebungsaufwand von Produktinformationen	21
5.1	Generelle Informationen, Compliance Informationen und Materialzusammensetzung	21
5.2	Nachhaltigkeit, Kreislauffähigkeit und Ressourceneffizienz	22
5.3	Reports, Leistung und Haltbarkeit	23
6	Ausblick	24
7	Mitwirkende	25
8	Literatur	26

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Motivation

Angesichts der Endlichkeit fossiler Ressourcen, der ökologischen Belastung durch Neuproduktion und des wachsenden Bedarfs an nachhaltigem Wirtschaften gewinnt die Kreislaufwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Um Produkte länger im technischen Kreislauf zu halten und Wiederverwendung, Reparatur sowie Recycling zu ermöglichen, ist Transparenz entlang des gesamten Wertschöpfungsnetzwerks entscheidend. Vor diesem Hintergrund wird der Digitale Produktpass (DPP) als zentrales Instrument zur Unterstützung einer solchen zirkulären Wirtschaft angesehen [1]. Der DPP ist ein Datensatz mit nachhaltigkeitsbezogenen Produktinformationen, der Informationen über Herkunft, Zusammensetzung, Energieverbrauch, CO₂-Fußabdruck sowie Reparatur-, Demontage- und Recyclingmöglichkeiten eines Produkts umfasst. Diese Daten stammen aus allen Phasen des Produktlebenszyklus und sind für verschiedene Nutzerrollen anwendbar [2]. Er strukturiert umweltrelevante Daten in einem standardisierten Format, das Akteuren der Wertschöpfungskette hilft, auf eine Kreislaufwirtschaft hinzuarbeiten, und bietet Konsumenten verlässliche Informationen für nachhaltige Entscheidungen [3].

Die Notwendigkeit eines solchen Instruments wird durch die wachsenden Anforderungen der Verbraucher an Transparenz und die rechtlichen Rahmenbedingungen, wie z. B. die europäische Ökodesign-Verordnung, unterstrichen [4]. Der DPP soll nicht nur die Umweltauswirkungen von Produkten präzise quantifizieren, sondern auch die Kommunikation dieser Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette optimieren. Dazu müssen alle relevanten Stakeholder, von Herstellern über

Einzelhändler bis hin zu Endverbrauchern, in die Lage versetzt werden, unverfälschte und aktuelle Daten effizient auszutauschen. Dies erfordert eine klare und zugängliche Datenkommunikation, die auf kompatiblen und universellen Standards basiert [5].

Die vorliegende Studie wurde im Rahmen des Projekts »EcoPass3D« erstellt. Dieses Projekt wird vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg im Rahmen des Innovationsförderprogramms Invest BW »Green-Tech« gefördert. Das übergeordnete Ziel des Projekts EcoPass3D ist die Schaffung innovativer, nachhaltiger Geschäftsmodelle, die auf Digitalen Zwillingen basieren, um die ökologische Effizienz und Effektivität technischer Systeme zu verbessern.

Ziel der Studie ist es, den Kenntnisstand und die praktische Relevanz des DPP in baden-württembergischen Unternehmen zu erfassen. Dabei sollen sowohl potenzielle Anwendungsbereiche als auch die Herausforderungen bei der Datenbeschaffung und -verfügbarkeit untersucht werden. Durch die Umfrage wird ein umfassendes Stimmungsbild der Industrie in Baden-Württemberg erstellt, um zu verstehen, wie der DPP zur Kreislaufwirtschaft beitragen und neue Geschäftsmodelle ermöglichen kann. Zudem soll bewertet werden, welcher Aufwand für die Erhebung und Bereitstellung relevanter Produktinformationen erforderlich ist, um die Umsetzbarkeit des DPP in der Praxis besser einschätzen zu können.

1.2 Methodik

Die vorliegende Studie wurde im Sommer 2024 vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO und dem Institut für Arbeitswissenschaft und Technologie-management IAT der Universität Stuttgart durchgeführt und basiert auf qualitativen und quantitativen Primärdaten. Befragt wurden Unternehmen aus dem Netzwerk des Fraunhofer IAO, des IAT der Universität Stuttgart und des VDMA Baden-Württemberg. Die Studie umfasst insgesamt 72 Datensätze, welche mittels einer Umfrage ermittelt wurden. Davon liegen 33 Datensätze vollständig und 39 teilweise vor, welche die Grundlage dieser Studie bilden. Die 39 teilweisen Rückläufer könnten darauf hindeuten, dass viele potenzielle Teilnehmer sich mit dem Thema nicht ausreichend vertraut fühlten, was möglicherweise die Bereitschaft zur vollständigen Teilnahme beeinflusst hat.

In Bezug auf die Position der Unternehmen in der Lieferkette zeigt Abbildung 1, dass sich 39 Prozent der befragten Unternehmen dem Bereich der Hersteller/Original Equipment Manufacturer (OEM) zuordnen, womit sie den größten Teil abbilden. Externe Dienstleister (28 Prozent) und Zulieferer (14 Prozent) bilden ebenfalls einen bedeutenden Anteil an der Verteilung.

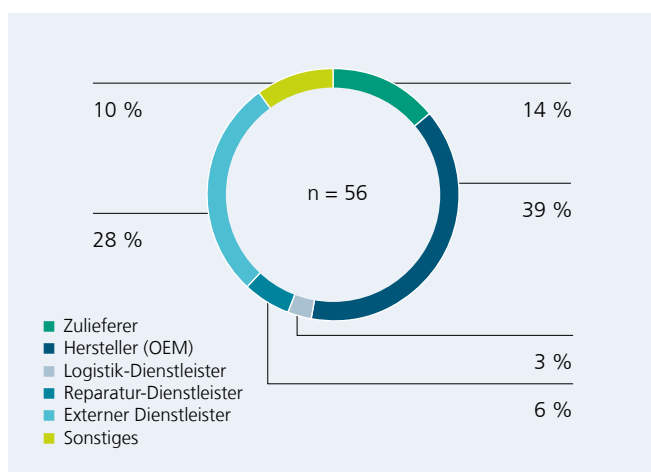


Abbildung 1: Position der befragten Unternehmen in der Lieferkette

Abgesehen von den Branchen Metall, Elektro, Maschinenbau (18 Prozent) und Consulting (zwölf Prozent) ist die restliche Verteilung der hier aufgeführten Branchen homogen verteilt (zwischen fünf Prozent und neun Prozent). Rund ein Drittel der Unternehmen wird dem Bereich »Sonstiges« zugeordnet und damit keiner der aufgeführten Branchen, was auf die breite Anwendbarkeit des DPP in verschiedenen Wirtschaftsbereichen hindeutet (vgl. Abbildung 2).

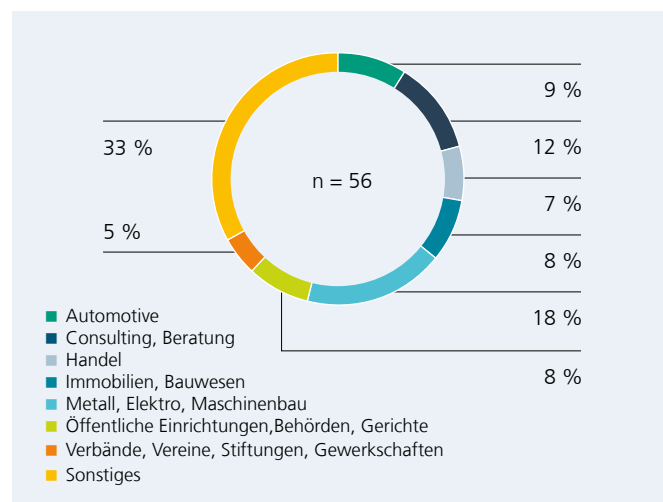


Abbildung 2: Branchenverteilung der befragten Unternehmen

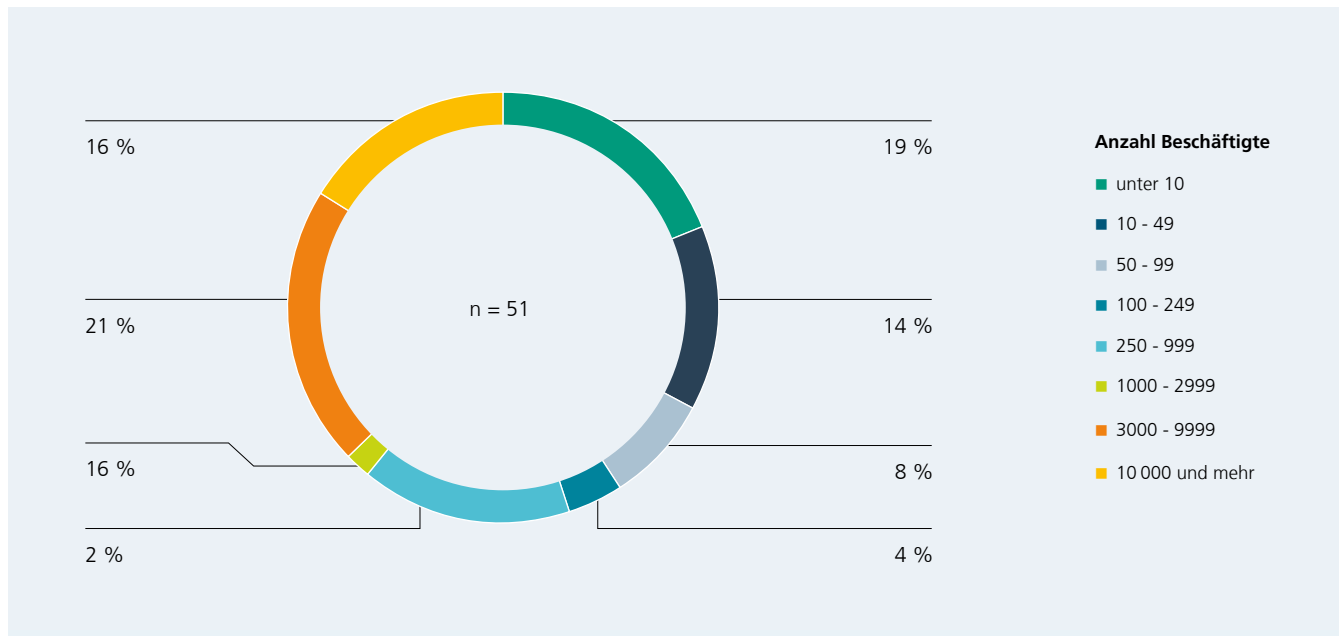


Abbildung 3: Größe der befragten Unternehmen

37 Prozent der Unternehmen haben eine Unternehmensgröße von über 3000 Beschäftigten, 16 Prozent sogar über 10000. Dem gegenüber stehen 19 Prozent der Unternehmen mit weniger als zehn Beschäftigten und insgesamt 41 Prozent, die weniger als 100 Mitarbeitende haben. Insgesamt ist

festzustellen, dass verschiedene Unternehmensgrößen in der Befragung Berücksichtigung finden (vgl. Abbildung 3).

Die Umfrage wurde ausschließlich an Unternehmen aus Baden-Württemberg versendet. Die regionale Verteilung der Rückmeldungen zeigt jedoch, dass vereinzelt auch Unternehmen außerhalb Baden-Württembergs an der Umfrage teilgenommen haben. Die Abweichung in der regionalen Verteilung der Rückmeldungen könnte darauf hindeuten, dass der Link zur Umfrage möglicherweise an andere Unternehmen weitergeleitet wurde. Der Großteil der Unternehmen (81 Prozent) stammt aus Baden-Württemberg, was den regionalen Fokus der Befragung abbilden soll. Vier Prozent stammen aus Österreich, sowie weitere Unternehmen aus Deutschland und der Schweiz (vgl. Abbildung 4). Zusätzlich kamen drei Prozent der Rückmeldungen aus Ländern außerhalb Europas.

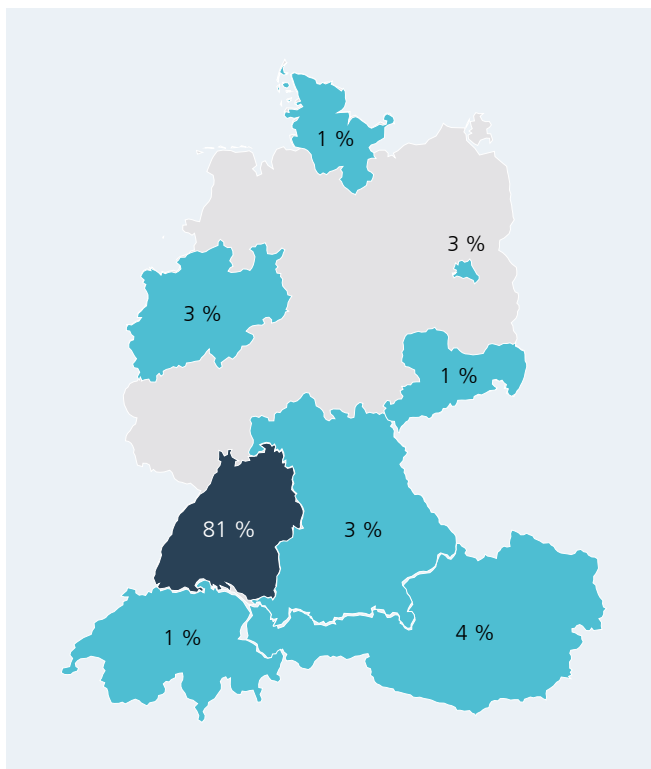


Abbildung 4: Regionale Verteilung der befragten Unternehmen

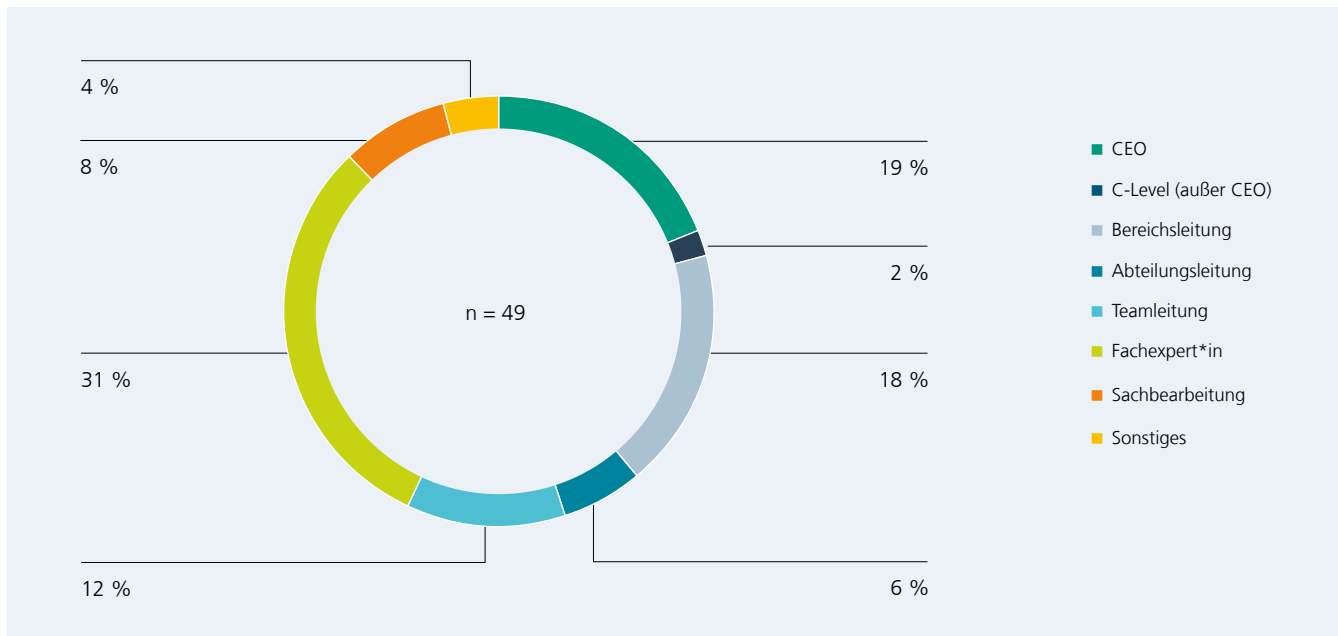


Abbildung 5: Funktion der Befragten im Unternehmen

Abbildung 5 verdeutlicht die heterogene Zusammensetzung der Teilnehmenden hinsichtlich ihrer Funktionen. Bei den Funktionen der Befragten zeigt sich eine vielfältige Mischung aus verschiedenen Hierarchieebenen. Den größten Anteil an der Umfrage haben Fachexpertinnen und Fachexperten, 19 Prozent der Befragten sind als CEO tätig, gefolgt von 18 Prozent in der Bereichsleitung.

Der regionale Fokus, die Vielfalt der Unternehmensgrößen und die Variation in der Unternehmensfunktion ermöglichen eine differenzierte Analyse, müssen jedoch bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden.

2 Status quo der Nachhaltigkeitsbewertung in Unternehmen

2.1 Auseinandersetzung der Unternehmen mit Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft

Die folgende Analyse beleuchtet, wie Unternehmen die Nachhaltigkeit ihrer Produkte bewerten und welche Ansätze sie verfolgen, um den Herausforderungen der Kreislaufwirtschaft gerecht zu werden. Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass bereits 39 Prozent der befragten Unternehmen die Nachhaltigkeit ihrer Produkte messen (vgl. Abbildung 6). Dies geschieht unter Berücksichtigung verschiedener Standards, wie der Erfassung des CO₂-Fußabdrucks gemäß ISO 14067 und der Berücksichtigung von Aspekten der Kreislaufwirtschaft in der Produktentwicklung. Zudem erfolgen beispielsweise Zertifizierung gemäß ISO 14001. Die Anwendung der Standards IEC 82474 und IEC 63000 wird ebenfalls in Betracht gezogen. Zusätzlich erstellen viele Unternehmen Umweltproduktdeklarationen

(EPDs), um ihre Nachhaltigkeitsbemühungen transparent zu machen.

Mit der Kreislaufwirtschaft beschäftigen sich 76 Prozent und damit deutlich mehr, verglichen mit der Messung von Nachhaltigkeitsaspekten (vgl. Abbildung 7). Das Vorgehen beinhaltet dabei beispielsweise die Batterie-Entsorgung, das Recycling von Produkten und die Optimierung des Lebenszyklus mithilfe eines Digitalen Zwillings. Teilweise entscheiden auch Vorgaben durch Regulatorik oder von Kundenseite, ob wichtige Themenstellungen hinsichtlich Kreislaufwirtschaft in der Unternehmensstrategie verankert werden.

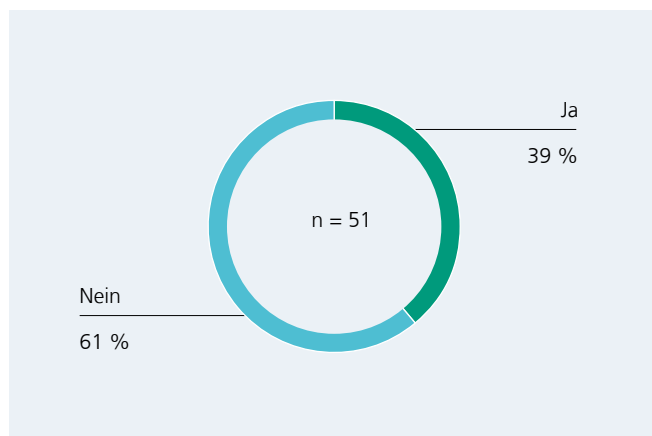


Abbildung 6: Messung der Nachhaltigkeit von Produkten

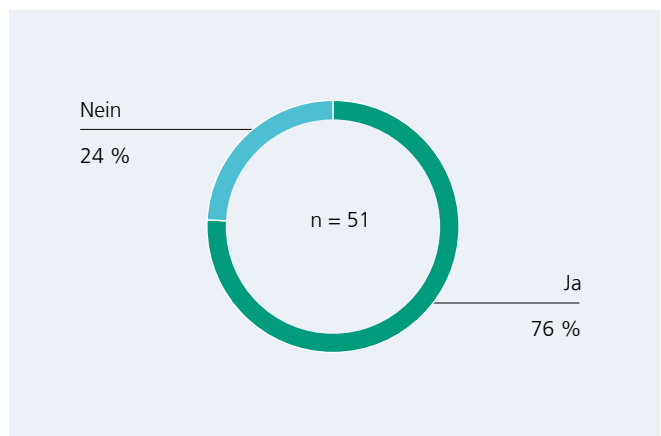


Abbildung 7: Auseinandersetzung mit Kreislaufwirtschaft

2.2 Verbreitung des Digitalen Produktpasses

Bezüglich der Verbreitung des DPP gaben 0 Prozent der Unternehmen an, dass ein DPP bereits existiert. Stand August 2025 ist dies vom Gesetzgeber auch noch nicht verlangt. 26 Prozent der Befragten berichteten von Initiativen zur Erstellung eines DPP, während 56 Prozent keine derartigen Initiativen verfolgen. 18 Prozent der Befragten machten keine Angabe zu dieser Frage (vgl. Abbildung 8).

Im Rahmen der durchgeführten Umfrage wurde festgestellt, dass bei den Unternehmen signifikante Unterschiede im Wissensstand bezüglich des DPP bestehen.

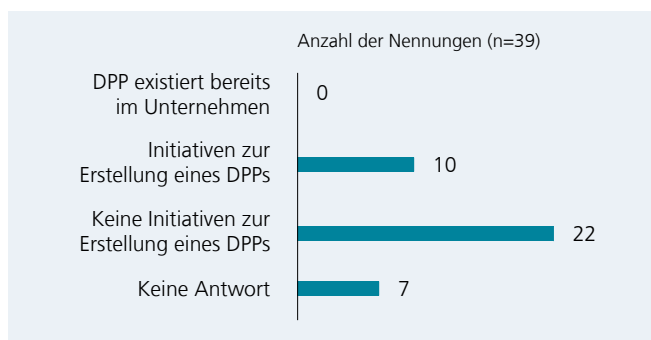


Abbildung 8: Verbreitung des DPP

Obwohl der DPP als verpflichtendes Instrument eingeführt wird, zeigen die Ergebnisse der Umfrage, dass lediglich 69 Prozent der teilnehmenden Unternehmen bereits Wissen zum DPP vorzuweisen haben. Die häufigsten Informationsquellen sind laut Umfrage an erster Stelle Presse und Medien, aber auch über Verbände, Forschungseinrichtungen oder Schulungen werden Informationen und Wissen über den DPP eingeholt. Dem gegenüber stehen 31 Prozent, die bisher noch keinerlei Wissen zum Konzept des DPP gesammelt haben.

2.3 Befähigende Technologien und Systeme

Die Analyse der Abbildung 9 zeigt, dass Unternehmen eine Vielzahl von Technologien als befähigend für die Einführung des DPP ansehen. Die Analyse zeigt ein differenziertes Bild.

An der Spitze stehen Verschlüsselungstechnologien, die von 25 der 39 Befragten als entscheidend erachtet werden. Diese Technologien sind unerlässlich für den Schutz sensibler Daten und die Gewährleistung der Datensicherheit. Ein Enterprise Resource Planning System (ERP) folgt mit 22 Nennungen. ERP-Systeme integrieren verschiedene Geschäftsprozesse und ermöglichen eine effiziente Ressourcenplanung und -verwaltung. Ebenso wichtig ist ein Qualitätsmanagement-System (QMS), das von 20 Befragten genannt wird, welches Unternehmen dabei unterstützt, die Qualität ihrer Produkte und Dienstleistungen zu überwachen und zu verbessern.

Computer-Aided Design (CAD)-Systeme mit 18 Nennungen sind entscheidend für die Produktentwicklung und das Design, da sie die Erstellung technischer Zeichnungen und Modelle ermöglichen. Informationsträgertechnologien, wie beispielsweise Radio Frequency Identification (RFID), Quick Response-Codes (QR-Codes) oder Near Field Communication (NFC), sind mit 18 Nennungen ebenfalls von großer Bedeutung. Diese

Systeme erleichtern das Management und den Austausch von Produktdaten entlang des gesamten Lebenszyklus. Künstliche Intelligenz (KI) wird gleichermaßen von 18 Befragten als befähigend angesehen, da sie zur Automatisierung von Prozessen und zur Analyse großer Datenmengen beiträgt.

Die weniger verbreiteten Technologien wie Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) und Blockchain, die von vier bzw. zwei Befragten erwähnt werden, zeigen, dass das Potenzial für die Entwicklung und Implementierung neuer Kommunikationsprotokolle und transparenter Technologien in der Praxis noch nicht erschlossen wurde.

Insgesamt verdeutlicht die Analyse, dass Unternehmen auf eine Vielzahl von Technologien setzen, um die Einführung des DPP zu unterstützen, wobei ein besonderer Fokus auf Sicherheit, Effizienz und Interoperabilität gelegt wird.

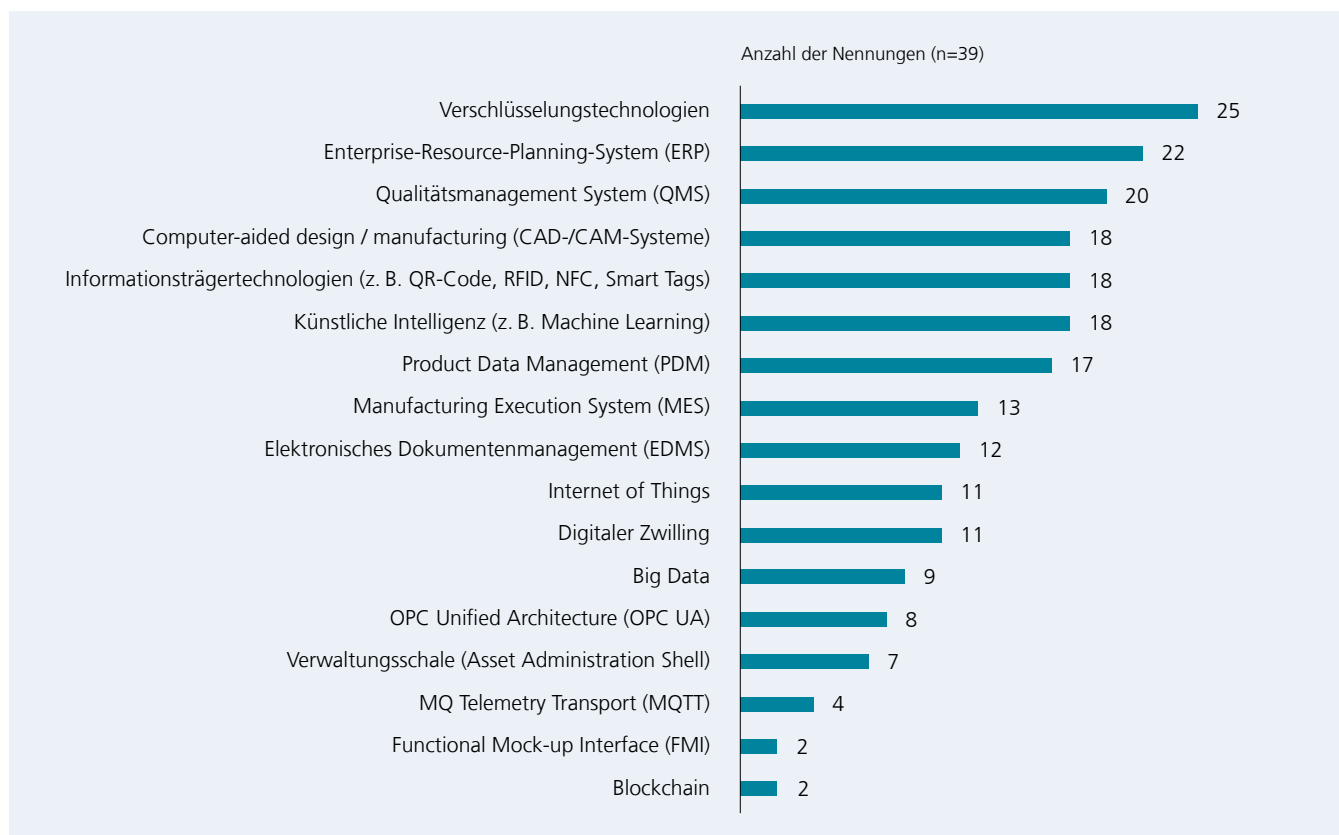


Abbildung 9: Befähigende Technologie und Systeme bei der Einführung des DPP

3 Der Digitale Produktpass in der Praxis

Die Akzeptanz des DPP ist in Abbildung 10 dargestellt. Knapp die Hälfte der Befragten stimmt zu, nachhaltigkeitsbezogene Produktinformationen zur Verbesserung der Kreislaufwirtschaft innerhalb der Lieferkette zu teilen, sofern neben einem Schutz gegen unbefugten Zugriff auch ein positiver Business Case vorliegt. Weitere 36 Prozent der Befragten akzeptieren den DPP unter der Voraussetzung, dass ein Schutz gegen den Zugriff Unbefugter besteht.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass sich die Mehrheit der Befragten offen gegenüber der Einführung des DPP zeigt, sofern Sicherheitsmaßnahmen und wirtschaftlicher Nutzen des DPP gewahrt werden.

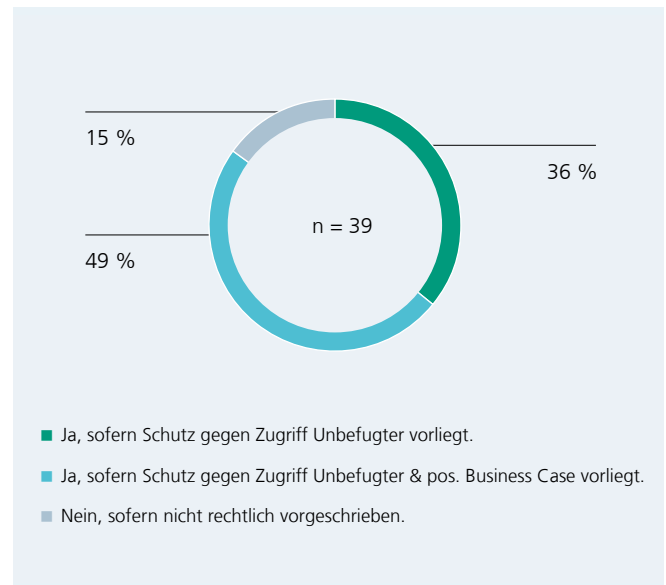


Abbildung 10: Akzeptanz des DPP in den Unternehmen

3.1 Barrieren für die Einführung des Digitalen Produktpasses in Unternehmen

Trotz der hohen Akzeptanz gegenüber dem DPP werden bei der Implementierung des DPP auch Barrieren genannt, die Unternehmen vor strukturelle, technologische und wirtschaftliche Hürden stellen. Hier gilt es, einige Herausforderungen zu bewältigen, um den maximalen Nutzen aus dem DPP zu ziehen. In Abbildung 11 sind die Barrieren der Unternehmen für die Einführung des DPP dargestellt.

Ein entscheidender Erfolgsfaktor ist die Bereitstellung ausreichender Kapazitäten, da die Implementierung mit organisatorischem Aufwand verbunden ist. Unternehmen, die frühzeitig in entsprechende Ressourcen investieren, können jedoch langfristig von Effizienzgewinnen profitieren. Ebenso wichtig ist es, den Mehrwert des DPP klar herauszustellen. Mit einer erhöhten Datenqualität über den gesamten Produktlebenszyklus lassen sich Prozesse optimieren, Kosten senken und neue Geschäftsmodelle entwickeln. Ein weiterer Schritt in Richtung einer erfolgreichen Einführung ist die Verbesserung

der Informationsverfügbarkeit. Durch die Standardisierung von Datenformaten und den Ausbau digitaler Infrastrukturen wird der DPP für Unternehmen leichter zugänglich. Zudem bietet die Stärkung der IT-Infrastruktur sowie technologischer Fähigkeiten eine Chance, die Digitalisierung im gesamten Wertschöpfungsnetzwerk voranzutreiben.

Diese Herausforderungen sind zugleich Chancen für Innovation und nachhaltiges bzw. kreislauforientiertes Wirtschaften. Unternehmen, die den DPP frühzeitig implementieren, positionieren sich als Vorreiter in einer zunehmend digitalen und ressourcenschonenden Industrie.

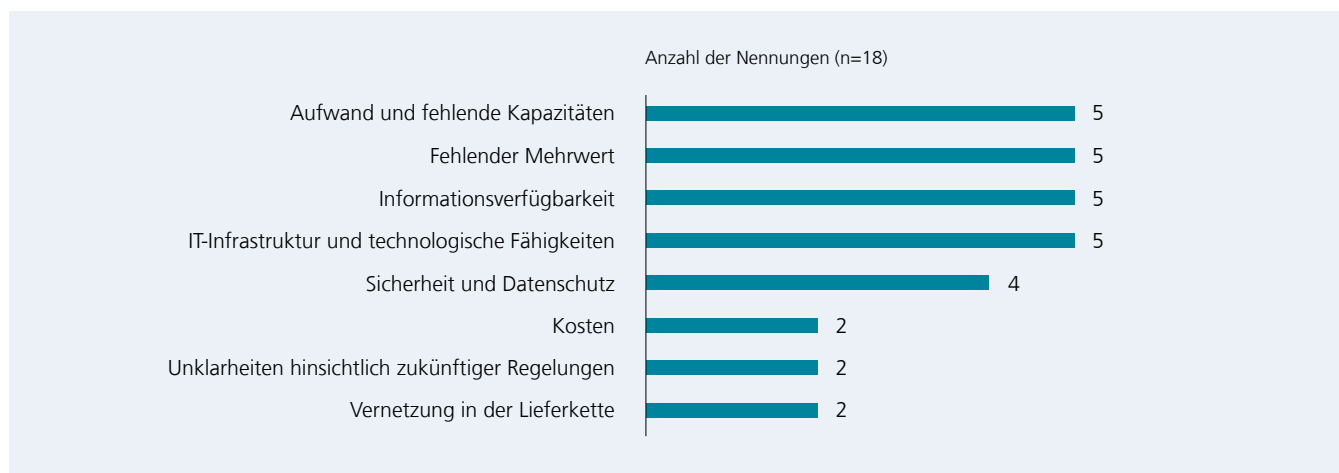


Abbildung 11: Barrieren für die DPP-Einführung im Unternehmen

3.2 Anforderungen an den Digitalen Produktpass

Damit der DPP erfolgreich eingeführt und genutzt werden kann, muss er verschiedene Anforderungen erfüllen. Diese wurden für die Studie in generelle, inhaltliche und technische Kriterien unterteilt. Während generelle Anforderungen sicherstellen, dass der DPP wirtschaftlich und rechtlich tragfähig ist, betreffen inhaltliche Anforderungen die Qualität und Verfügbarkeit der bereitgestellten Informationen. Technische Anforderungen wiederum beziehen sich auf die praktische Umsetzung und die Systemintegration.

Die **generellen** Anforderungen des DPP in Abbildung 12 zeigen, dass rechtliche Aspekte wie Rechtskonformität und

Datenschutz von höchster Priorität für die Unternehmen sind. Diese Anforderungen sind entscheidend, um Vertrauen in das DPP-System zu schaffen und die Akzeptanz bei den Nutzern zu fördern. Darüber hinaus wird die eindeutige Produktidentifikation als wichtig erachtet, um Transparenz zu gewährleisten. Kosteneffizienz spielt ebenfalls eine Rolle, jedoch mit geringerem Einfluss auf Kaufentscheidungen. Das zeigt, dass die grundlegenden Rahmenbedingungen und rechtlichen Vorgaben für den DPP klar definiert werden müssen, um eine breite Anwendung zu ermöglichen.

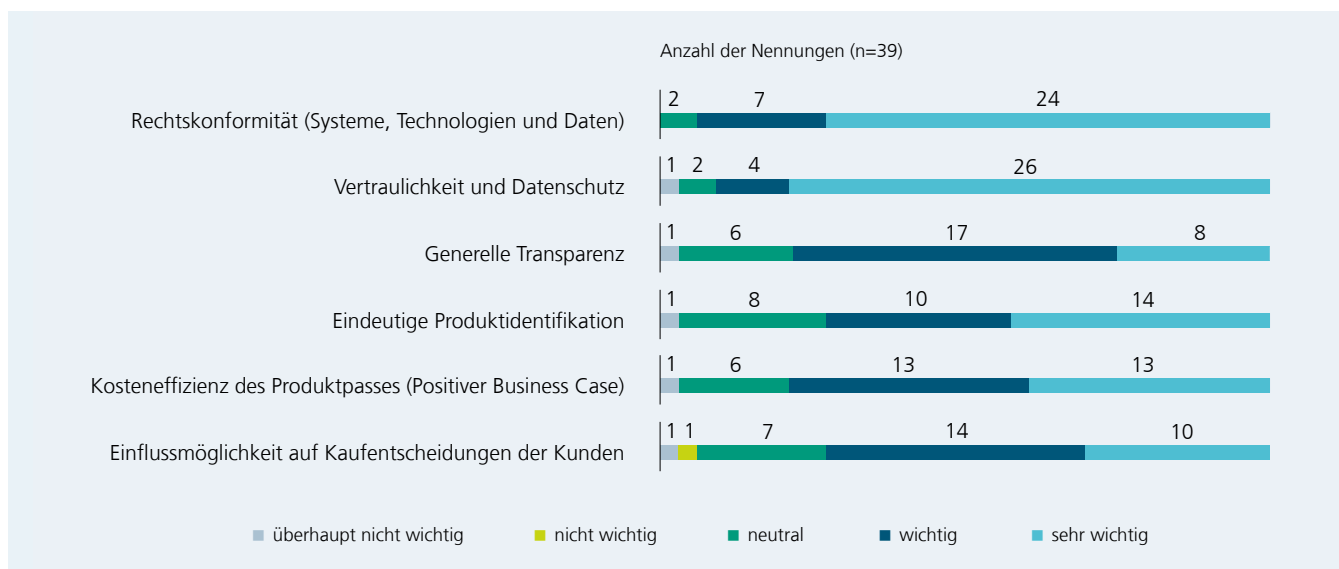


Abbildung 12: Relevanz genereller Anforderungen

Die **inhaltlichen** Anforderungen in Abbildung 13 legen den Fokus auf ökologische Aspekte. Die Vergleichbarkeit von Informationen und die Fähigkeit, Umweltleistungen von Produkten zu messen sind in der Umfrage sehr wichtig, um den Nutzern eine informierte Entscheidung zu ermöglichen. Die Unterstützung bei End-of-Life Entscheidungen und die Fähigkeit, Umweltauswirkungen sowie die Zirkularitätsleistung von Produkten zu messen, sind ebenfalls von großer Relevanz. Diese Anforderungen verdeutlichen, dass der DPP nicht nur Informationen bereitstellen soll, sondern auch als Entscheidungsinstrument für nachhaltige Praktiken dienen kann.

Die **technischen** Anforderungen heben die Notwendigkeit von Sicherheit und Interoperabilität hervor (vgl. Abbildung 14). Die hohe Relevanz von Zugriffskontrollen und standardisierten Formaten zeigt, dass ein vertrauenswürdiges System geschaffen werden muss, das den Nutzern eine intuitive Nutzung ermöglicht. Modularität und Flexibilität sind ebenfalls wichtig, um sich an unterschiedliche Bedürfnisse anpassen zu können. Die hohe Priorität der Nutzeroberfläche deutet darauf hin, dass sowohl Funktionalität als auch Ästhetik im Fokus stehen. Das untermauert die technische Komplexität und die Notwendigkeit,

robuste sowie anwenderfreundliche Lösungen zu entwickeln, die den Anforderungen der Nutzer gerecht werden.

Insgesamt lässt sich aus den Abbildungen ableiten, dass der DPP in der Praxis eine ganzheitliche Betrachtung erfordert. Rechtliche und datenschutztechnische Aspekte sind grundlegend für das Vertrauen der Nutzer. Gleichzeitig müssen ökologische Informationen und Nachhaltigkeitsaspekte integriert werden, um den Anforderungen der Kreislaufwirtschaft gerecht zu werden. Technische Lösungen müssen Sicherheit und Interoperabilität gewährleisten, um die Benutzerfreundlichkeit zu fördern.

Zusammengefasst zeigt sich, dass der DPP als ein multidimensionales Instrument verstanden werden muss, der nicht nur den rechtlichen Rahmen, sondern auch nachhaltige Praktiken und technische Effizienz in den Fokus rückt.

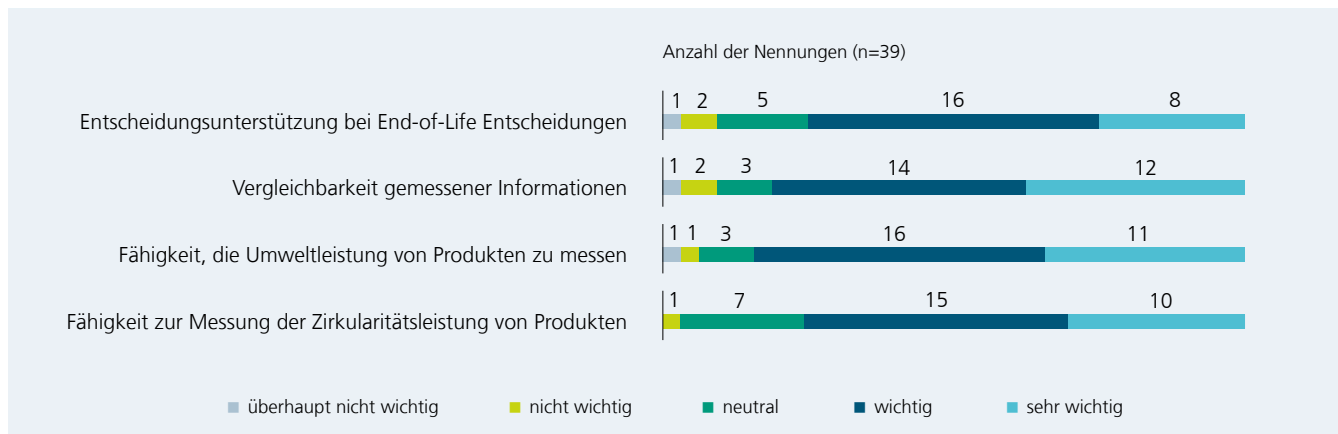


Abbildung 13: Relevanz inhaltlicher Anforderungen

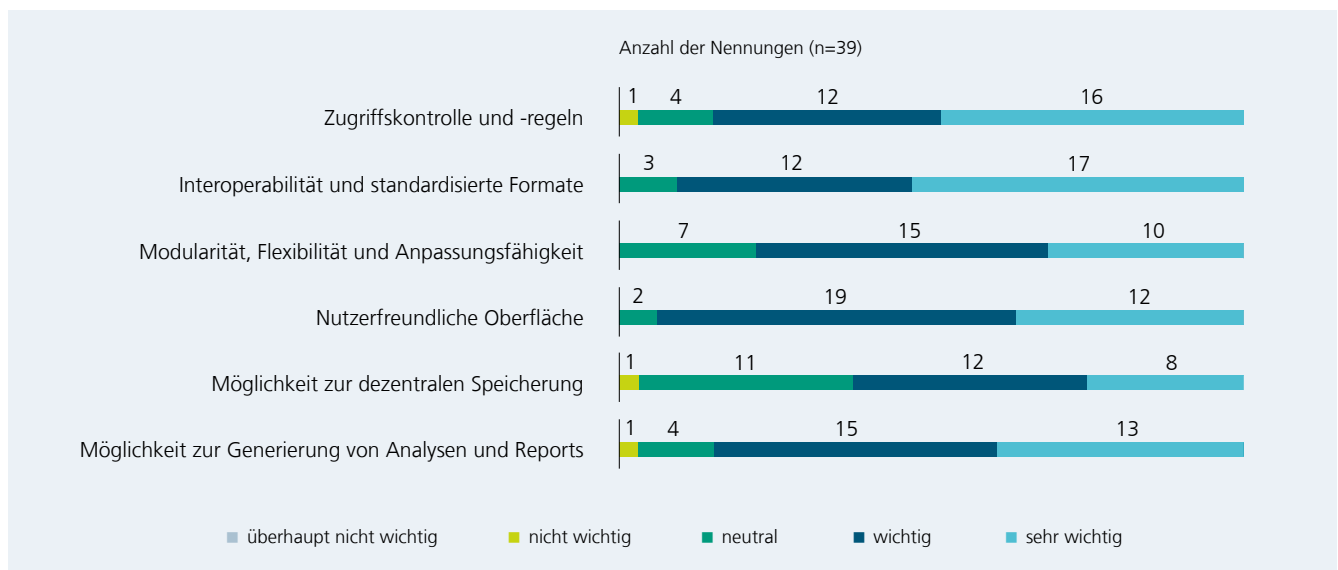


Abbildung 14: Relevanz technischer Anforderungen

3.3 Chancen und Risiken

In der Abfrage bezüglich Chancen und Risiken des DPP zeigen sich sowohl positive Aspekte als auch Herausforderungen, die es zu berücksichtigen gilt. Die meistgenannten Antworten sind nachfolgend gelistet und sinnhaft beschrieben.

Chancen:

- Schaffung von Transparenz: Der DPP fördert die Nachvollziehbarkeit von Produkten und deren Lebenszyklen, was Vertrauen bei Konsumenten schafft.
- Verbesserung der Kreislauffähigkeit: Durch detaillierte Informationen können Produkte besser in technische Kreisläufe integriert und ihre Lebensdauer verlängert werden.
- Geschäftsmodellpotenziale und Kostenoptimierung: Unternehmen können durch den DPP neue Geschäftsmodelle entwickeln und Kosten durch effizientere Prozesse senken.

Risiken:

- Datensicherheit und Schutz von Knowhow: Die Erfassung und Speicherung sensibler Daten bergen das Risiko von Datenmissbrauch und Sicherheitslücken.
- Unverhältnismäßiger Aufwand gegenüber dem Nutzen: Die Implementierung des DPP könnte für einige Unternehmen übermäßig aufwendig sein, ohne dass der Nutzen klar erkennbar ist.
- Allgemeiner Standortnachteil sowie Wettbewerbsnachteile für kleinere Unternehmen: Kleine Unternehmen könnten Schwierigkeiten haben, die erforderlichen Ressourcen zu mobilisieren, um den DPP effektiv umzusetzen.

Diese Erkenntnisse zeigen, dass der DPP sowohl Potenziale als auch Herausforderungen birgt, die in der praktischen Anwendung einer genaueren Betrachtung bedürfen. Im nächsten Abschnitt werden konkrete Anwendungsfälle des DPP dargestellt, um zu veranschaulichen, wie er effektiv in der Praxis umgesetzt werden kann.

3.4 Anwendungsfälle

Digitale Zwillinge erlauben die Beherrschung vielfältiger und komplexer Anforderungen und schaffen Transparenz über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk [6]. Daher dienen sie als zentrale Schlüsselemente für die Etablierung digitaler Produktpässe. Die Auswertung in Abbildung 15 zeigt, welche Anwendungsszenarien sich für Industrieunternehmen aus der Verknüpfung von Informationsattributen des DPP mit der Technologie des Digitalen Zwillings ergeben.

Die Daten verdeutlichen, dass die Optimierung des Energieverbrauchs und die CO₂-Bilanzierung die am häufigsten genannten Anwendungsfälle sind, jeweils mit 24 Nennungen. Dies unterstreicht die zentrale Rolle, die der DPP bei der Steigerung der Energieeffizienz und der Reduzierung von Treibhausgasemissionen spielt. Ebenfalls signifikant ist die Stärkung der Zirkularität, die mit 22 Nennungen auf dem dritten Platz rangiert, was wiederum das Interesse an nachhaltigen Praktiken

und der Integration von Kreislaufwirtschaftskonzepten in die Produktentwicklung verdeutlicht. Weitere Anwendungsfälle, wie die virtuelle Inbetriebnahme mit zwölf Nennungen und die virtuelle Demontage mit sieben Nennungen bilden die Vielseitigkeit des DPP im Hinblick auf die Synergien mit zukunftsfähigen Technologien ab. Sie bieten Unternehmen Möglichkeiten, sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile zu erzielen.

Insgesamt zeigt das Bild, dass der DPP ein vielversprechendes Werkzeug darstellt, um nachhaltige Praktiken in verschiedenen Bereichen zu fördern und somit einen wertvollen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft zu leisten.

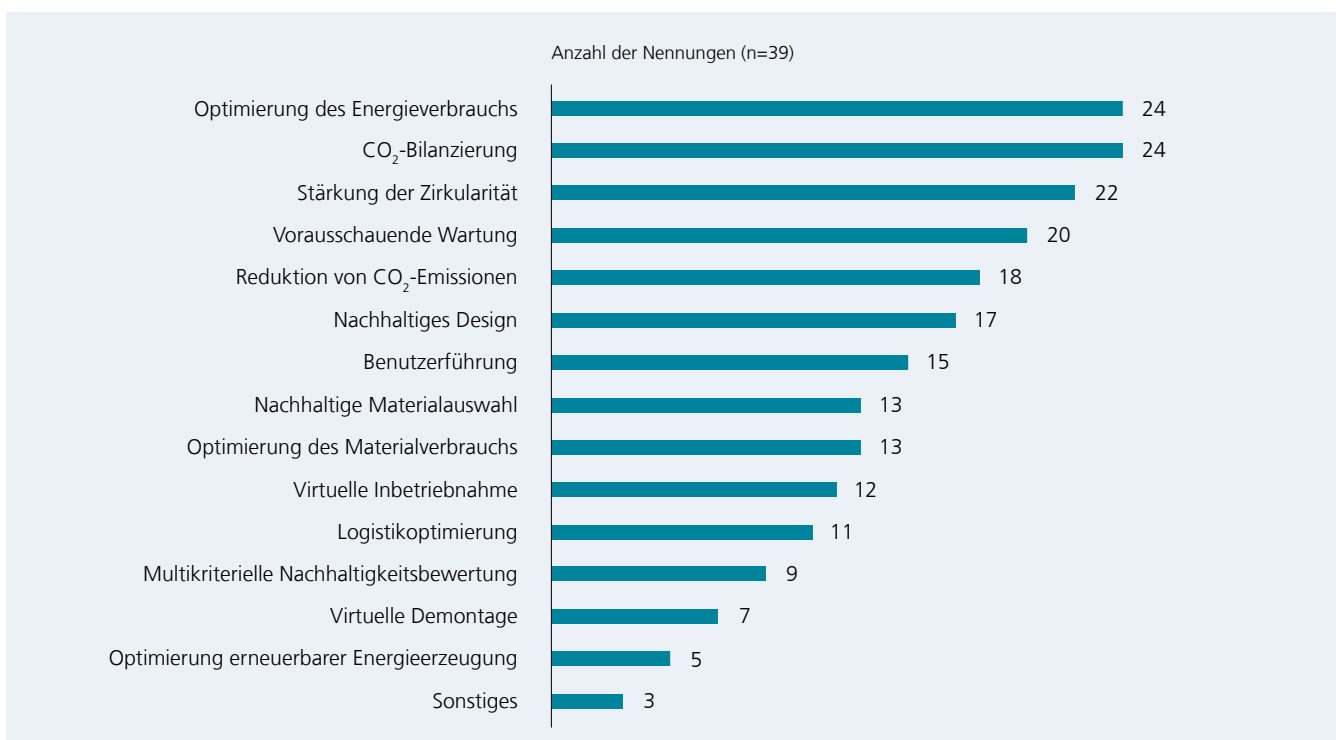


Abbildung 15: Mögliche Anwendungsfälle des DPP

4 Kreislaufwirtschaft in der Praxis

Die Kreislaufwirtschaft gewinnt zunehmend an Bedeutung, da regulatorische Vorgaben und gesellschaftliche Erwartungen Unternehmen dazu drängen, nachhaltigere Geschäftsmodelle zu entwickeln.

Unternehmen stehen vor der Herausforderung, nicht nur gesetzliche Anforderungen zu erfüllen, sondern zugleich Chancen zur Optimierung des Einsatzes natürlicher Ressourcen, Abfallvermeidung und Kostenreduktion zu nutzen. Die Einhaltung dieser Vorgaben wird dabei nicht nur zur rechtlichen Pflicht, sondern auch zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor mit Einfluss auf Marktchancen und wirtschaftliche Stabilität.

Das Konzept des zirkulären Wirtschaftens zielt darauf ab, Umweltbelastungen über den gesamten Lebenszyklus von Produkten zu minimieren. Durch den vermehrten Einsatz von Sekundärmaterialien anstelle von Primärrohstoffen, sowie durch Maßnahmen zur Wiederverwendung, Reparatur und der Verlängerung der Lebensdauer von Produkten lassen sich natürliche Ressourcen schonen und Emissionen reduzieren. Trotz bestehender Recyclingstrukturen in Deutschland bleibt der Rohstoffverbrauch weitgehend linear: Der Anteil an Sekundärrohstoffen liegt derzeit bei nur etwa 13 Prozent. Um diesen Anteil zu steigern, plant die Bundesregierung eine umfassende Transformation hin zu einem ressourcenschonenden, zirkulären Wirtschaftssystem [7].

Dieses Kapitel analysiert die Umfrageergebnisse zur Kreislaufwirtschaft in baden-württembergischen Unternehmen. Es wird untersucht, inwieweit gesetzliche Vorgaben deren Relevanz beeinflussen und welche Potenziale sich für innovative Geschäftsmodelle und neue Marktchancen ergeben.

4.1 Regulatorik und Relevanz für Unternehmen

Die organisatorische Verankerung der Kreislaufwirtschaft in Unternehmen spielt eine entscheidende Rolle für die Umsetzung nachhaltiger Praktiken. In über einem Drittel (34 Prozent) der Unternehmen ist der CEO für die Themen der Kreislaufwirtschaft verantwortlich (vgl. Abbildung 16). Dies verdeutlicht die hohe Priorität, die diese Thematik auf der Managementebene hat. 24 Prozent der Unternehmen haben eine Abteilung für Nachhaltigkeit mit dieser Verantwortung betraut, während weitere 24 Prozent eine Stabstelle einsetzen.

Die Analyse der relevanten Regularien in Abbildung 17 verdeutlicht, dass Unternehmen mit einer Vielzahl gesetzlicher Vorgaben konfrontiert sind. Die häufigsten Regularien sind die Verpflichtungen zur Dokumentation (16 Nennungen), gefolgt von der Verpackungsverordnung (15 Nennungen) und der REACH-Verordnung (15 Nennungen). Diese Regularien stellen nicht nur Anforderungen an die Unternehmen, sondern bieten auch Chancen zur Optimierung von Prozessen und zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit im Kontext der Kreislaufwirtschaft.

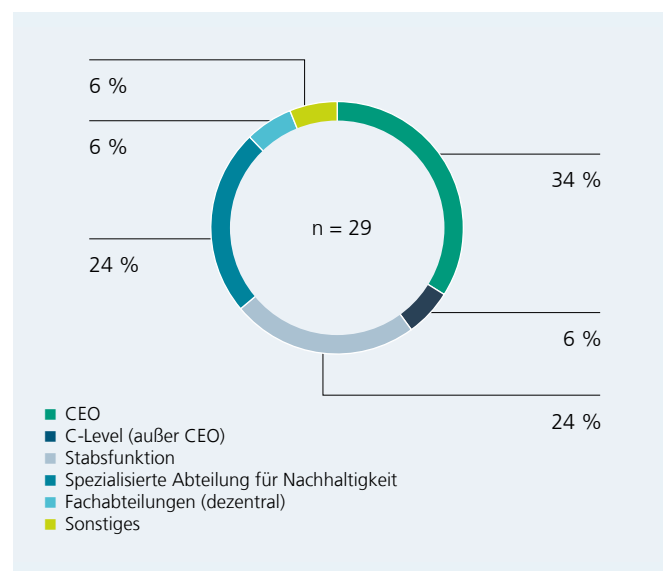


Abbildung 16: Verankerung der Kreislaufwirtschaft im Unternehmen

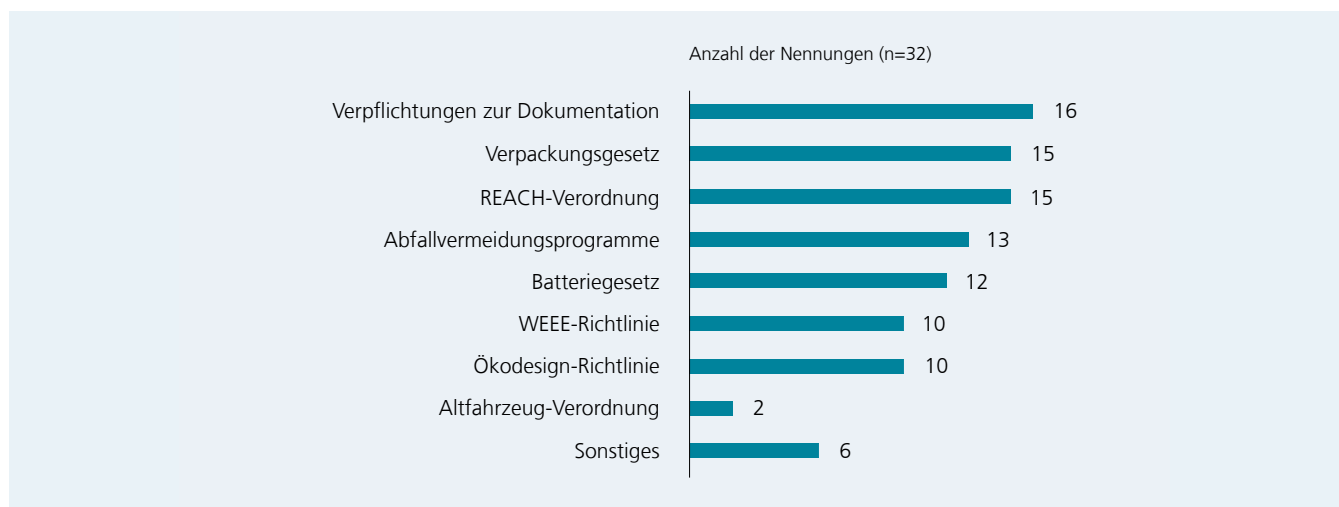


Abbildung 17: Relevante Regularien der Kreislaufwirtschaft

4.2 Auswirkungen auf Geschäftsmodelle

Die Auswirkungen der Kreislaufwirtschaft auf Geschäftsmodelle sind ein zentrales Thema in der heutigen Unternehmenslandschaft. Angesichts der globalen Herausforderungen hinsichtlich Ressourcenknappheit, Umweltschutz und nachhaltigem Wirtschaften gewinnen die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft zur Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit zunehmend an Bedeutung.

Unternehmen sehen sich veranlasst, ihre Geschäftsmodelle zu überdenken und anzupassen, um nicht nur wettbewerbsfähig zu bleiben, sondern auch den Anforderungen von Kunden und Regulierungsbehörden gerecht zu werden.

Das folgende Unterkapitel beleuchtet, wie Unternehmen die Relevanz der Kreislaufwirtschaft für ihr Geschäftsmodell einschätzen und welche spezifischen Vorteile und Herausforderungen dabei identifiziert werden.

Abbildung 18 zeigt, dass 38 Prozent der Unternehmen die Kreislaufwirtschaft als hoch relevant oder eher hoch relevant für ihr Geschäftsmodell einschätzen. Weitere 41 Prozent schätzen den Einfluss als mittel ein. Dies lässt darauf schließen, dass viele Unternehmen die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft als

relevant für ihre strategische Ausrichtung und zukünftige Wettbewerbsfähigkeit betrachten.

Die Befragten heben insbesondere Vorteile wie die Verlängerung der Produktlebensdauer hervor, die als einer der positiven Aspekte der Kreislaufwirtschaft angesehen wird. Darüber hinaus wird der Einfluss von Marktregulierungsbehörden als bedeutend erachtet. Viele Unternehmen erkennen die Notwendigkeit, ihre Geschäftsmodelle im Rahmen von Transformationsprozessen anzupassen, um die Vorteile der Kreislaufwirtschaft voll auszuschöpfen.

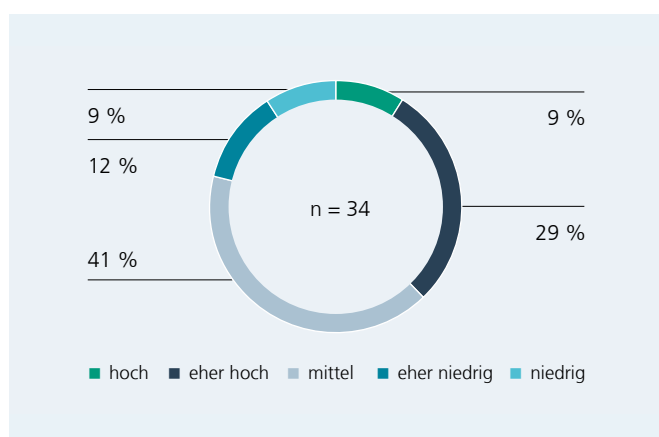


Abbildung 18: Relevanz der Kreislaufwirtschaft für das Geschäftsmodell des Unternehmens

In Bezug auf die Erschließung neuer Geschäftsfelder zeigt die Abbildung 19, dass etwa drei Prozent der Unternehmen die Kreislaufwirtschaft als hoch relevant und 38 Prozent als eher hoch relevant einschätzen. Dies deutet darauf hin, dass viele Unternehmen die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft als wichtig für ihre Innovationsstrategien und die Erschließung neuer Märkte betrachten. Die Befragten heben besonders die Verbesserung der CO₂-Bilanz und die Verlängerung der Produktlebensdauer hervor, die als Potenzial für neue Geschäftsfelder wahrgenommen werden. Auch die Unterstützung von Material- und Energieeffizienz durch das Produktportfolio wird als bedeutend angesehen. Viele Unternehmen erkennen, dass sie vorhandene Kapazitäten anpassen müssen, um den bereits gestellten Anforderungen ihrer Kunden gerecht zu werden.

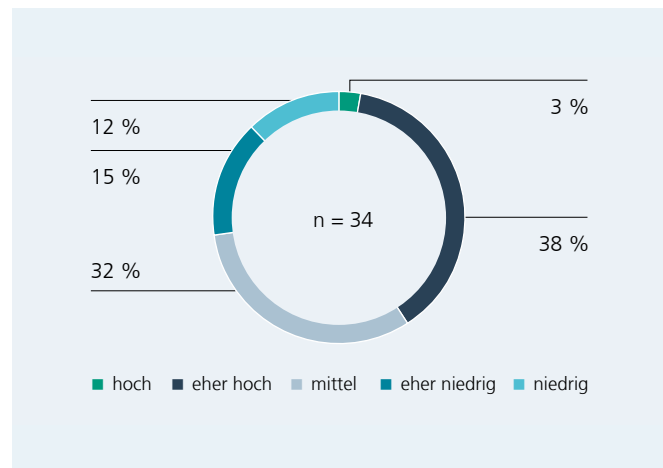


Abbildung 19: Relevanz der Kreislaufwirtschaft für das Erschließen neuer Geschäftsfelder

4.3 Messung der Kreislauffähigkeit von Produkten

Die Ergebnisse in Abbildung 20 zeigen, dass nur elf Prozent der befragten Unternehmen tatsächlich die Kreislauffähigkeit ihrer Produkte messen. Dies verdeutlicht eine Lücke in der Implementierung von Kreislaufwirtschaftsprinzipien in vielen Unternehmen, da nur drei von 28 Befragten angeben, entsprechende Messungen durchzuführen.

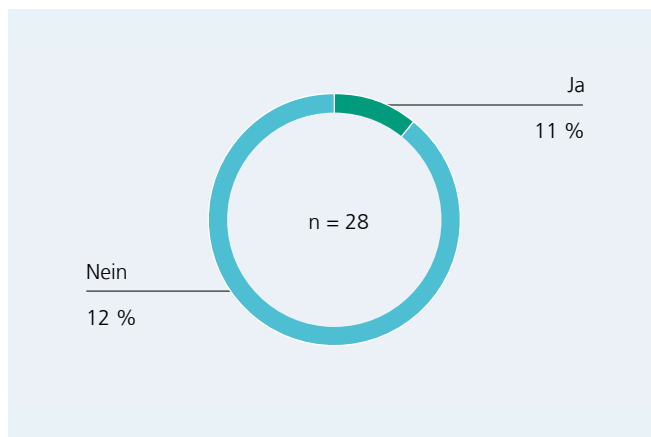


Abbildung 20: Messung der Kreislauffähigkeit von Produkten

Für die Unternehmen, die die Kreislauffähigkeit messen, kommen verschiedene Indikatoren zum Einsatz. Dazu zählen die Rücklaufquote, die den Anteil der zurückgegebenen Produkte erfasst. Weitere wichtige Indikatoren sind die Nutzung von recycelten Bauteilen sowie die Recyclingfähigkeit der Materialien. Zudem wird die Reparaturfähigkeit der Produkte betrachtet, insbesondere die Demontageschritte, die notwendig sind, um Produkte zu reparieren. Es ist jedoch anzumerken, dass nur elf Prozent der 28 Rückläufer diese Indikatoren berichteten, was darauf hindeutet, dass die Ergebnisse nur als beispielhaft angesehen werden können.

Im Rahmen der Umfrage wurden die Unternehmen nach Herausforderungen gefragt, die sie für eine verbesserte Kreislaufwirtschaft in ihrem Betrieb sehen (vgl. Abbildung 21). Ungefähr 51 Prozent der Unternehmen (18 von 35) nannten unklare Regulatorik als wesentliche Herausforderung, während 49 Prozent (17 Befragte) die fehlende Personalkapazität anführten. Diese beiden Herausforderungen wurden von den meisten Befragten als zentrale Probleme identifiziert. Weitere Herausforderungen sind das Fehlen finanzieller Anreize und interner Expertise sowie technische Limitierungen.

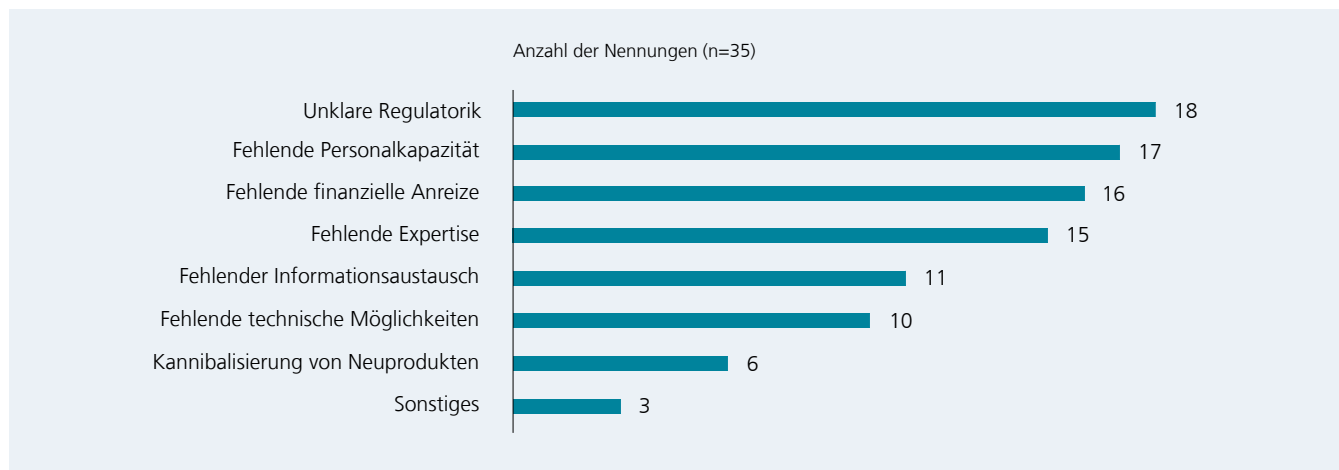


Abbildung 21: Herausforderungen bezüglich verbesserter Kreislaufwirtschaft

Abbildung 22 zeigt, wie hoch die befragten Unternehmen ihren Einfluss auf die Kreislauffähigkeit des Endprodukts einschätzen. Sechs Prozent der befragten Unternehmen schätzen ihren Einfluss auf die Kreislauffähigkeit des Endprodukts als hoch ein, 24 Prozent als eher hoch. Dem gegenüber stehen insgesamt 43 Prozent, die nur begrenzte Einflussmöglichkeiten sehen.

Die qualitativen Aussagen der Befragten geben zusätzliche Einblicke: So wird betont, dass Komponentenhersteller einen wesentlichen Einfluss ausüben, während das Innovationsmanagement als entscheidend für den Fortschritt angesehen wird. Zudem wird angegeben, dass die Entscheidungsfindung häufig bei den Kunden liegt und dass Schwierigkeiten bei der Trennung von Materialien existieren, was die Kreislauffähigkeit einschränken kann.

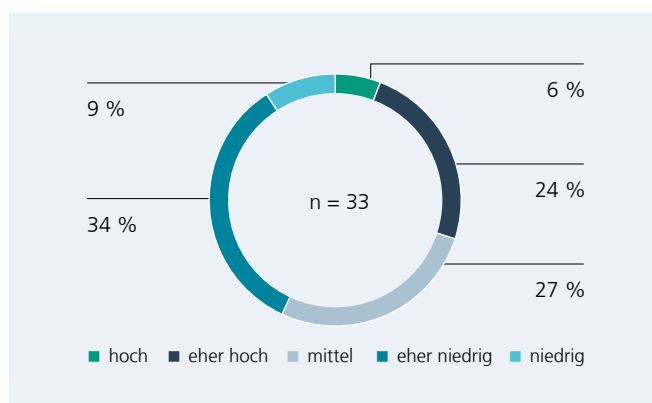


Abbildung 22: Einfluss des Unternehmens auf die Kreislauffähigkeit des Endprodukts

Abschließend lässt sich festhalten, dass die Kreislaufwirtschaft für Unternehmen nicht nur eine regulatorische Herausforderung, sondern auch eine bedeutende Chance darstellt.

Die Umfrageergebnisse verdeutlichen, dass viele Unternehmen die Relevanz der Kreislauffähigkeit für ihre Geschäftsmodelle erkennen und bereit sind, entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

Dennoch zeigen die Daten auch, dass es noch erhebliche Lücken in der Umsetzung und Messung der Kreislauffähigkeit gibt. Die Herausforderungen, wie unklare Regulatorik und fehlende Kapazitäten beim Personal, müssen dringend angegangen werden, um eine erfolgreiche Transformation zu ermöglichen. Der Einsatz von Instrumenten wie dem DPP und die Förderung einer nachhaltigen Unternehmenskultur sind entscheidend, um die Potenziale der Kreislaufwirtschaft voll auszuschöpfen. Damit können Unternehmen nicht nur ihre Wettbewerbsfähigkeit stärken, sondern auch aktiv zur Ressourcenschonung und zur Minimierung von Umweltbelastungen beitragen.

5 Verfügbarkeit und Erhebungsaufwand von Produktinformationen

In diesem Kapitel wird die digitale Verfügbarkeit und der Erhebungsaufwand von Produktinformationen untersucht, die für die Erstellung eines DPP von entscheidender Bedeutung sind. Eine systematische Erfassung und Bewertung relevanter Informationen sind unerlässlich, um die Funktionalität und Effektivität des DPP sicherzustellen.

Die Analyse erfolgt in drei spezifischen Kategorien:

(1) Generelle Informationen, Compliance Informationen und Materialzusammensetzung, (2) Nachhaltigkeit, Kreislauffähigkeit und Ressourceneffizienz, sowie (3) Reports, Leistung und Haltbarkeit. Diese Kategorisierung ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der erforderlichen Daten sowie der damit verbundenen Herausforderungen und Aufwände. Die Analysen basieren auf den Ergebnissen von 33 Unternehmen.

5.1 Generelle Informationen, Compliance Informationen und Materialzusammensetzung

Im ersten Unterkapitel liegt der Fokus auf den generellen Informationen, den Compliance Informationen und der Materialzusammensetzung. Hierbei wird untersucht, welche grundlegenden Daten erforderlich sind, um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen und eine solide Basis für die Erstellung eines DPP zu schaffen.

Die Ergebnisse aus Abbildung 23 zeigen, dass Identifikationsinformationen sowie generelle Eigenschaften und Informationen zur Konformität eine hohe digitale Verfügbarkeit aufweisen. Die ersten beiden Kategorien weisen tendenziell einen eher geringen Erhebungsaufwand auf, was darauf schließen lässt, dass Unternehmen in diesen Bereichen über etablierte Prozesse

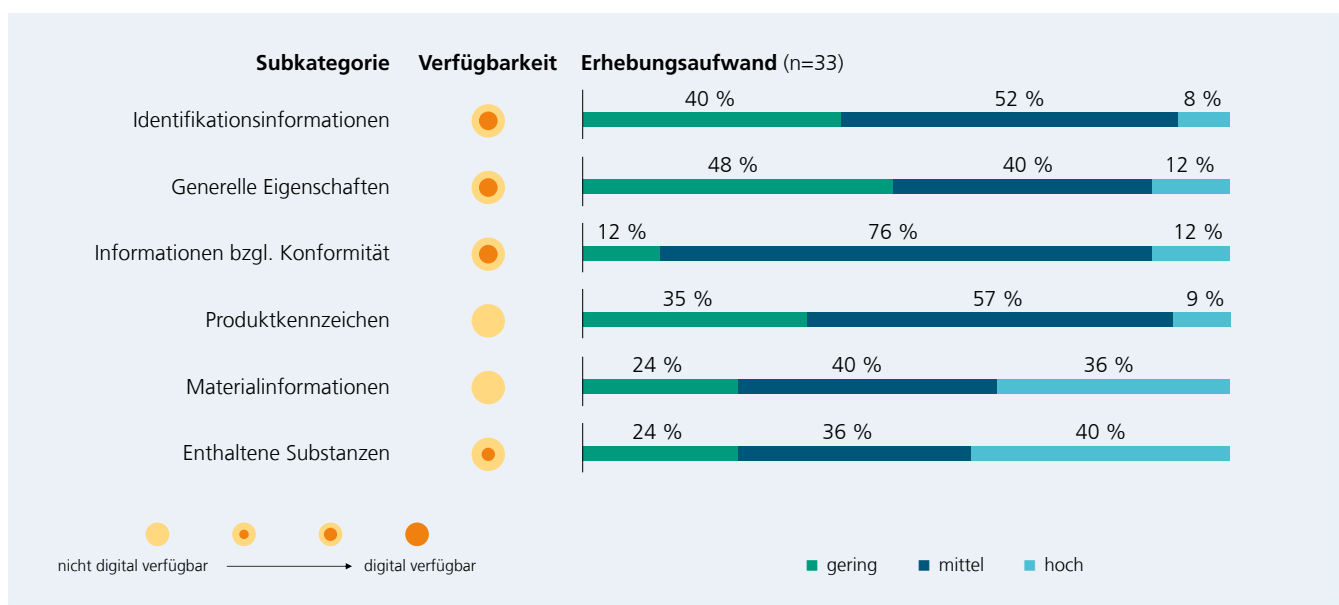


Abbildung 23: Verfügbarkeit und Erhebungsaufwand von generellen Informationen, Compliance Informationen und Materialzusammensetzung

und Systeme verfügen, um die erforderlichen Informationen effizient zu erfassen.

Im Gegensatz dazu sind Produktkennzeichen und Materialinformationen digital kaum verfügbar. Insbesondere die Materialinformationen und Angaben zu enthaltenen Substanzen sind mit einem tendenziell hohen Erhebungsaufwand verbunden. Dies könnte auf Schwierigkeiten bei der Beschaffung präziser und vollständiger Informationen hinweisen, die für die korrekte Dokumentation im Rahmen des DPP erforderlich sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass einige der benötigten Daten tendenziell einen eher geringen Erhebungsaufwand aufweisen, was darauf schließen lässt, dass Unternehmen in diesen Bereichen über etablierte Prozesse und Systeme verfügen, um die erforderlichen Informationen effizient zu erfassen. Im Gegensatz dazu sind andere Informationen digital kaum verfügbar, was bedeutet, dass Unternehmen möglicherweise zusätzliche Ressourcen investieren müssen, um die notwendigen Daten zu sammeln und zu verifizieren.

5.2 Nachhaltigkeit, Kreislauffähigkeit und Ressourceneffizienz

In diesem Unterkapitel werden die Verfügbarkeit und der Erhebungsaufwand von Informationen im Hinblick auf Nachhaltigkeit, Kreislauffähigkeit und Ressourceneffizienz analysiert. Die folgende Abbildung 24 illustriert die Verfügbarkeit und den Erhebungsaufwand der relevanten Subkategorien.

Die Analyse zeigt, dass außer den Informationen zu Sicherheitsanforderungen alle anderen Subkategorien nicht digital verfügbar sind. Die Informationen zu Sicherheitsanforderungen sind zudem nur begrenzt digital verfügbar. Dies deutet darauf hin, dass Unternehmen Schwierigkeiten haben, die erforderlichen Nachhaltigkeitsinformationen zu erfassen und bereitzustellen. Der Erhebungsaufwand ist in allen Subkategorien

eher hoch, wobei die Informationen zu Sicherheitsanforderungen den vergleichsweise geringsten Aufwand erfordern, jedoch immer noch einen eher hohen bis mittleren Aufwand darstellen.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die Erhebung von Nachhaltigkeitsinformationen und deren Bewertung komplexer und aufwendiger ist. Die geringe digitale Verfügbarkeit und der hohe Erhebungsaufwand deuten darauf hin, dass die Datengrundlage für Nachhaltigkeitsaspekte derzeit unzureichend ist, was Unternehmen vor erhebliche Herausforderungen stellt.

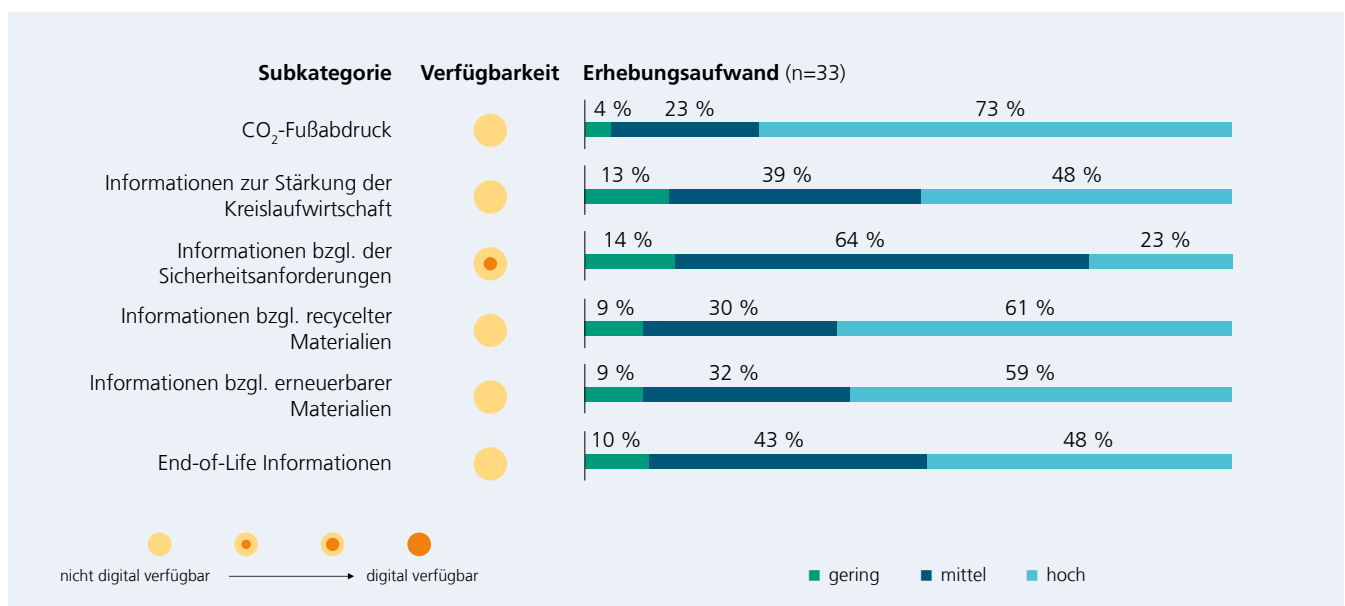


Abbildung 24: Verfügbarkeit und Erhebungsaufwand von Informationen bzgl. Nachhaltigkeit, Kreislauffähigkeit und Ressourceneffizienz

5.3 Reports, Leistung und Haltbarkeit

Nun folgend wird die Verfügbarkeit und der Erhebungsaufwand von Informationen in Bezug auf Reports, Leistung und Haltbarkeit betrachtet, dargestellt in Abbildung 25.

Die Erhebung zeigt, dass der Due Diligence Report, zusätzliche freiwillige Reports sowie Produktleistungen nur in geringem Maß digital verfügbar sind. Im Gegensatz dazu sind Temperaturverhältnisse eher gut verfügbar, während Informationen zu negativen Trends überhaupt nicht vorhanden sind. Der Aufwand zur Erhebung der Daten für den Due Diligence Report und die zusätzlichen freiwilligen Reports ist hoch, während die übrigen Kategorien einen mittleren Erhebungsaufwand erfordern.

Diese Erkenntnisse deuten darauf hin, dass auch für dieses Gebiet die Erfassung von Informationen zu Reports, Leistung und Haltbarkeit mit Herausforderungen verbunden ist. Der hohe Erhebungsaufwand für spezifische Berichte könnte darauf hindeuten, dass Unternehmen komplexe Datenanforderungen bewältigen müssen, was die Beschaffung und Validierung dieser Informationen erschweren.

Ein weiterer Aspekt, der in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden sollte, ist die Integration der Daten innerhalb der Unternehmen. Oftmals existieren Informationen in isolierten Systemen, was zu einer fragmentierten Datenlandschaft führt. Diese Systeme sind häufig nicht ausreichend miteinander vernetzt, was den Austausch und die Interoperabilität der Daten

einschränkt. Die These ist, dass viele Unternehmen mit einer Vielzahl von Silos arbeiten, in denen wichtige Produktinformationen vereinzelt gespeichert sind, anstatt ein integriertes System zu nutzen, das den Zugriff auf zentrale Daten erleichtert und die Effizienz steigert.

Die Herausforderungen im Bereich der Verfügbarkeit und des Erhebungsaufwands von Produktinformationen zu Reports, Leistung und Haltbarkeit verdeutlichen die Notwendigkeit für Unternehmen, gezielte Unterstützung zu suchen und möglicherweise neue Prozesse zu entwickeln.

Um die erforderliche Datenlage für die Kreislaufwirtschaft zu schaffen, ist es entscheidend, effektive Strategien zu entwickeln, die die Verfügbarkeit und Qualität von Daten zur Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz verbessern.

Eine proaktive Herangehensweise in diesem Bereich wird es Unternehmen ermöglichen, die anstehenden Herausforderungen zu meistern und sich erfolgreich in einem zunehmend nachhaltigkeitsorientierten Markt zu positionieren.

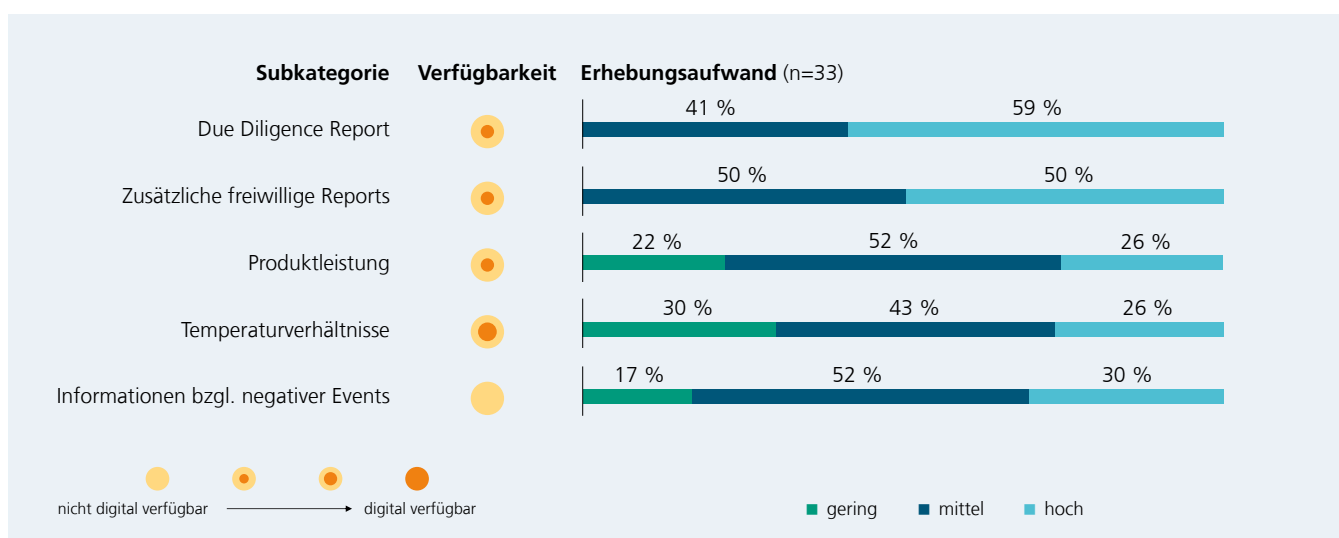


Abbildung 25: Verfügbarkeit und Erhebungsaufwand von Informationen bzgl. Reports, Leistung und Haltbarkeit

6 Ausblick

Insgesamt zeigt die vorliegende Studie, dass der DPP als ein vielversprechendes Instrument zur Förderung der Kreislaufwirtschaft angesehen wird. Die Umfrageergebnisse aus dem Sommer 2024 geben wertvolle Einblicke in den aktuellen Stand der Implementierung und das Verständnis des DPP in Unternehmen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass sich die Rahmenbedingungen in diesem dynamischen Umfeld schnell ändern können, und die Ergebnisse somit nur eine Momentaufnahme darstellen.

Die Analyse hat gezeigt, dass viele Unternehmen den DPP als potenziellen Befähiger für nachhaltige Praktiken und innovative Geschäftsmodelle erkennen. Dennoch bleiben Herausforderungen in Bezug auf Datensicherheit, Aufwand und Informationsverfügbarkeit bestehen. Die Frage, ob der DPP tatsächlich als befähigendes Instrument für die Kreislaufwirtschaft fungiert,

kann auf Grundlage der Ergebnisse nur teilweise beantwortet werden. Während die meisten Unternehmen die Bedeutung des DPP anerkennen, müssen sie gleichzeitig die erforderlichen Ressourcen und Prozesse bereitstellen, um dessen Potenziale vollständig auszuschöpfen.

Um die Rolle des DPP als Katalysator für die Kreislaufwirtschaft weiter zu evaluieren, sind kontinuierliche Beobachtungen, weitere Studien und umsetzungsnahe Forschungsprojekte notwendig. Dabei könnten Themen wie die Interoperabilität von Nachhaltigkeitsdaten, der Business Impact des DPP sowie IT-Security im Kontext des DPP unterstützend wirken. Die Entwicklungen in den kommenden Monaten und Jahren werden entscheidend dafür sein, inwieweit der DPP tatsächlich zur Transformation der Produktwirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung beitragen kann.

7 Mitwirkende

- Adrian Barwasser – Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart
- Dr. Robert Dannecker – TECOSIM GmbH, Stuttgart
- Dr. Anja Elser – ehemals ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH, Stuttgart
- Dr. Thomas Fischer – Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart
- Bernd Gebert – WITTENSTEIN SE, Igersheim
- Dr. Michael Held – Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP), Stuttgart
- Moritz Jung – ehemals Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart
- Jonas Keller – Institut für Akustik und Bauphysik (IABP) der Universität Stuttgart, Stuttgart
- Lars Klingel – Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart, Stuttgart
- Dr. Jens Malzacher – WITTENSTEIN SE, Igersheim
- Matthias Müller – Institut für Akustik und Bauphysik (IABP) der Universität Stuttgart, Stuttgart
- Jannik Munderich – Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart, Stuttgart
- Dr. Raphael Neuhaus – VDMA Baden-Württemberg, Stuttgart
- Denis Pfeifer – ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH, Stuttgart
- Marko Plešinac – WEISS GmbH, Buchen
- Benedikt Scharf – WITTENSTEIN SE, Igersheim
- Matthias Schwing – WEISS GmbH, Buchen
- Sabrina Sigle – Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart
- Bernd Vojanec – WITTENSTEIN SE, Igersheim
- Andreas Werner – Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart
- Guangyu Zhu – ehemals TECOSIM GmbH, Stuttgart
- Nikolas Zimmermann – Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

8 Literatur

- [1] Europäische Kommission, »EU's Digital Product Passport: Advancing transparency and sustainability,« *Publications Office of the EU*, 27. September 2024. Zugriff am: 3. April 2025. [Online.] Verfügbar: <https://data.europa.eu/de/news-events/news/eus-digital-product-passport-advancing-transparency-and-sustainability>
- [2] Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. »Lieferkettengesetz.« Zugriff am: 8. November 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.bmz.de/de/themen/lieferkettengesetz>
- [3] Bundesumweltministerium. »Was ist ein digitaler Produktpass?« Zugriff am: 8. November 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.bmu.de/faq/was-ist-ein-digitaler-produktpass>
- [4] A. Barwasser, F. Schuseil, A. Werner und N. Zimmermann, »Der Digitale Produktpass,« 2024, doi: 10.24406/publica-3063.
- [5] Deutsches Institut für Normung e. V. »Mit Normen und Standards zum Digitalen Produktpass.« Zugriff am: 9. April 2025. [Online.] Verfügbar: <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nia/digitaler-produktpass>
- [6] A. Barni, A. Fontana, S. Menato, M. Sorlini und L. Canetta, »Exploiting the Digital Twin in the Assessment and Optimization of Sustainability Performances,« in *2018 International Conference on Intelligent Systems (IS)*, Funchal - Madeira, Portugal, 2018, S. 706–713, doi: 10.1109/IS.2018.8710554.
- [7] Bundesumweltministerium. »Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS).« Zugriff am: 12. Dezember 2024. [Online.] Verfügbar: <https://www.bmu.de/themen/kreislaufwirtschaft/kreislaufwirtschaftsstrategie>

Impressum

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Nobelstr. 12
70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de

Kontakt

Jannik Munderich
Digital Engineering
Telefon +49 711 970-2427
jannik.munderich@iao.fraunhofer.de

Titelbild

© Fraunhofer IAO unter Verwendung von Adobe Stock

Fraunhofer Publica

<http://dx.doi.org/10.24406/publica-4864>

© Fraunhofer IAO, September 2025

Gefördert
durch



Baden-Württemberg
Ministerium für Wirtschaft,
Arbeit und Tourismus

Kontakt

Jannik Munderich
Digital Engineering
Telefon +49 711 970-2427
jannik.munderich@iao.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO
Nobelstr. 12
70569 Stuttgart

www.fraunhofer.de