

Neligan, Adriana; Schleicher, Carmen; Engels, Barbara; Kroke, Thorsten

Research Report

Digitaler Produktpass - Enabler der Circular Economy: Relevanz und Umsetzbarkeit durch Unternehmen

IW-Report, No. 47/2023

Provided in Cooperation with:

German Economic Institute (IW), Cologne

Suggested Citation: Neligan, Adriana; Schleicher, Carmen; Engels, Barbara; Kroke, Thorsten (2023) : Digitaler Produktpass - Enabler der Circular Economy: Relevanz und Umsetzbarkeit durch Unternehmen, IW-Report, No. 47/2023, Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/278726>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



Digitaler Produktpass – Enabler der Circular Economy

Relevanz und Umsetzbarkeit durch Unternehmen

Adriana Neligan / Carmen Schleicher / Barbara Engels / Thorsten Kroke

Berlin/Köln, 22.09.2023

IW-Report 47/2023

Wirtschaftliche Untersuchungen,
Berichte und Sachverhalte

Herausgeber

Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.

Postfach 10 19 42

50459 Köln

Das Institut der deutschen Wirtschaft (IW) ist ein privates Wirtschaftsforschungsinstitut, das sich für eine freiheitliche Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung einsetzt. Unsere Aufgabe ist es, das Verständnis wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Zusammenhänge zu verbessern.

Das IW in den sozialen Medien

Twitter

[@iw_koeln](https://twitter.com/iw_koeln)

LinkedIn

[@Institut der deutschen Wirtschaft](https://www.linkedin.com/company/institut-der-deutschen-wirtschaft)

Instagram

[@IW_Koeln](https://www.instagram.com/iw_koeln)

Autoren

Dr. Adriana Neligan

Senior Economist

neligan@iwkoeln.de

030 – 27877-128

Carmen Schleicher

Studentische Mitarbeiterin

schleicher@iwkoeln.de

Barbara Engels

Senior Economist

engels@iwkoeln.de

0221 – 4981-703

Thorsten Kroke

Prokurist

kroke@iwkoeln.de

0221-4981-831

Alle Studien finden Sie unter

www.iwkoeln.de

In dieser Publikation wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit regelmäßig das grammatische Geschlecht (Genus) verwendet. Damit sind hier ausdrücklich alle Geschlechteridentitäten gemeint.

Stand:

September 2023

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Einführung	5
2 Relevanz und Regulierung von DPPs	6
3 DPP: Definitionen, Insellösungen und Anforderungen	8
3.1 Definition	8
3.2 Insellösungen für digitale Informationssammlungen.....	9
3.3 Anforderungen	11
3.3.1 Inhaltliche Anforderungen	11
3.3.2 Technische Anforderungen	13
4 Readiness der Unternehmen für DPPs	14
4.1 Voraussetzungen für die Umsetzung eines zirkulären Produktangebots	14
4.2 Voraussetzungen für die Implementierung des DPP in Unternehmen	16
4.2.1 Digitalisierungsgrad des Unternehmens	16
4.2.2 Umgang mit Daten im Unternehmen.....	18
4.2.3 Data Sharing mit anderen Unternehmen.....	20
5 Möglicher Aufbau eines DPP	21
5.1 Allgemeiner Aufbau	22
5.2 Verfügbare Standards.....	26
5.3 DPP-Prototyp auf Basis des Datenstandards ECLASS	29
6 Fazit	34
7 Anhang	36
Abstract	38
Tabellenverzeichnis	39
Abbildungsverzeichnis	39
Literaturverzeichnis	40

JEL-Klassifikation

D22 – Unternehmensverhalten: Empirische Analyse

O33 – Technischer Wandel: Entscheidungen und Tragweite; Diffusionsprozesse

O44 – Umwelt und Wachstum

Q01 – Nachhaltige Entwicklung

Q55 – Technologische Innovation

Zusammenfassung

Politische Relevanz des Digitalen Produktpasses. Die Politik diskutiert aktuell einen Digitalen Produktpass (DPP) als zentrales Instrument zum Aufbau einer Circular Economy, die über eine möglichst lange Nutzung von Ressourcen ein wichtiger Enabler der Klimaneutralität ist. Obwohl es bislang noch kein einheitliches, branchen- und unternehmensübergreifendes Produktpass-System gibt, existieren bereits Insellösungen für Informationssammlungen für bestimmte Produktgruppen. Über den DPP sollen wie in einem „Produktgedächtnis“ Informationen über das Produkt wie Hersteller, Material, Eigenschaften, Reparatur- und Entsorgungsmöglichkeiten digital für alle Akteure bereitgestellt werden, um so die Transparenz über den gesamten Produktlebenszyklus zu erhöhen. Dabei muss der DPP sowohl inhaltliche als auch technische Anforderungen erfüllen.

Readiness für die Circular Economy. In den Unternehmen ist das Thema Kreislaufwirtschaft noch nicht in der Breite angekommen. Nur wenige Unternehmen richten ihr Geschäftsmodell umfassend zirkulär aus, indem sie zum Beispiel den gesamten Produktlebenszyklus betrachten, das Design von Produkten optimieren und/oder neue Geschäftsmodelle in Zusammenhang mit der Circular Economy entwickeln. Gleichzeitig sind einige relevante Produkteigenschaften für eine Circular Economy – wie die Langlebigkeit als Teil des Qualitätsversprechens „Made in Germany“ – bereits stark ausgeprägt. Andere Eigenschaften wie Reparierbarkeit, einfache Wartung und Aufarbeitung stehen bei Unternehmen noch nicht im Fokus, sind aber erforderlich für die Transformation zu einer umfassenden Circular Economy.

Digitale und Data Readiness. Viele Unternehmen in Deutschland erfüllen noch nicht die Voraussetzungen für eine Implementierung des DPP. Insbesondere sind zahlreiche Unternehmen noch nicht ausreichend digitalisiert und es gibt große Branchenunterschiede im Digitalisierungsniveau. Des Weiteren erfüllen viele Unternehmen nicht die Voraussetzungen, um Daten effizient zu bewirtschaften, weil Produktdaten oft noch analog gespeichert werden und viele Unternehmen über keine Data Governance verfügen, die die Grundlage für die Gewährleistung von Datenqualität, Datenintegrität und Datensicherheit ist. Die Mehrheit der Unternehmen teilt keine Daten mit anderen Unternehmen – vor allem aufgrund von rechtlichen, aber auch technischen Hemmnissen.

Aufbau eines DPP. Im Idealfall enthält der DPP eine transparente Bereitstellung einer eindeutigen Identifikation, eine genaue Beschreibung des Produkts und seiner Eigenschaften sowie sämtlicher umweltrelevanter Informationen für Produzenten, Lieferanten und Konsumenten. Dabei müssen die gesetzlichen inhaltlichen und technischen Anforderungen eingehalten werden und gleichzeitig branchenspezifische Bedürfnisse berücksichtigt werden. Der DPP sollte als Transportcontainer dienen, klaren Strukturen folgen, modular und erweiterbar aufgebaut sein. Erforderlich ist eine strukturierte und vor allem standardisierte Informationserfassung und -weitergabe, damit alle beteiligten Akteure die nötigen Informationen zum Produkt einsehen und ergänzen können. Relevant werden vor allem Standards für die Identifikation, Klassifikation und die Erfassung von umweltrelevanten Informationen. Für den Aufbau eines DPP bietet der Datenstandard ECLASS mit seiner Interoperabilität, dem Baukastensystem sowie der Konformität mit Standards und globalen Normen viele Vorteile.

1 Einführung

In einer Circular Economy ist ein neues Verständnis des Wirtschaftens sowie ein alternativer Umgang mit Rohstoffen erforderlich. Ressourcen sollen so lange wie möglich genutzt werden, um sowohl den Material- und Energieverbrauch als auch die Abfälle und Emissionen eines Wirtschaftssystems auf ein Minimum zu reduzieren. Hierfür ist die Auseinandersetzung mit dem effizienten Einsatz, der Kreislaufführung von Ressourcen aber auch der Ersatz bestimmter Rohstoffe – beispielsweise durch sekundäre Rohstoffe - für die deutsche Industrie von hoher Bedeutung (Geissdoerfer et al., 2017; Lichtenthäler/Neligan, 2023; Neligan et al., 2022a). Allerdings steht diese Transformation erst am Anfang: Stoffkreisläufe müssen noch besser geschlossen werden. In der Europäischen Union (EU) und in Deutschland betrug die zirkuläre Verwendung von Materialien, das heißt der Anteil des zurückgewonnenen und wieder in die Wirtschaft eingespeisten Materials am gesamten Materialeinsatz, im Jahr 2021 12 beziehungsweise 13 Prozent (Eurostat, 2023).

Kreisläufe von Ressourcen lassen sich in Unternehmen unterschiedlich realisieren. Der hierfür notwendige Blick auf den gesamten Produktlebenszyklus erfordert neue Ansätze für seine wesentlichen Phasen – Design, Produktion, Nutzung und Wiederverwendung von Produkten (Lichtenthäler/Neligan, 2023). Eine zentrale Voraussetzung für eine Circular Economy ist das Wissen sowohl über die vorgelagerten Stufen als auch über die Auswirkungen des eigenen Handelns auf nachgelagerte Wertschöpfungsstufen.

Die Digitalisierung ist ein wichtiger Enabler der Anpassung von Produkt- und Dienstleistungssystemen sowie der Entwicklung veränderter oder sogar neuer zirkulärer Geschäftsmodelle, da sie die intelligente Nutzung von Innovationen und den Zugang zu Daten, beispielsweise über einen Digitalen Produktpass (DPP), ermöglicht (Neligan et al., 2023). Über den DPP sollen wie in einem „Produktgedächtnis“ Informationen über das Produkt wie Hersteller, Material, Eigenschaften, Reparatur- und Entsorgungsmöglichkeiten digital bereitgestellt werden und der gesamte Produktlebenszyklus für alle Akteure transparent werden. DPPs haben für Unternehmen zahlreiche Vorteile, darunter auch für die Entwicklung von digitalen Geschäftsmodellen im Sinne eines „Product as a Service“. Gleichzeitig stellen DPPs Unternehmen, vor allem kleine und mittlere (KMU), vor einige Herausforderungen, da ihre Prozesse und Produkte zumindest teilweise noch nicht digitalisiert sind und viele Daten nicht erhoben oder nicht digital gespeichert werden. Außerdem gibt es noch viele offene Fragen hinsichtlich der Ausgestaltung von DPPs, beispielsweise zur Datensicherheit. In der wissenschaftlichen Literatur gibt es bislang wenig konkrete Vorschläge, wie ein DPP aussehen könnte. Diese Lücke schließt diese Studie, damit künftige Anforderungen realisierbar und handhabbar gestaltet werden. Konkret beantwortet sie dabei folgende Fragestellungen:

- **Relevanz und Regulierung von DPPs:** Wieso wird ein DPP benötigt? Weshalb sieht die Politik einen DPP vor? (Kapitel 2)?
- **Definitionen, Insellösungen und Anforderungen:** Was ist ein DPP? Welche Einzellösungen gibt es bereits? Welche Anforderungen stellt die Politik an den DPP? Welche Rolle spielt der DPP für die Unternehmen? (Kapitel 3)
- **Readiness der Unternehmen:** Inwieweit sind die Unternehmen auf die Implementierung des DPP vorbereitet? Was sind Voraussetzungen für die Implementierung in den Unternehmen, welche möglichen Hemmnisse gibt es? (Kapitel 4)
- **Operative Umsetzung:** Wie kann ein konkreter Prototyp für einen DPP aussehen? (Kapitel 5)

- **Fazit mit Bewertung:** Welche Chancen und Risiken gibt es bei der Gestaltung des DPP? Wie kann der Vorschlag des Prototyps weiterentwickelt werden? (Kapitel 6)

2 Relevanz und Regulierung von DPPs

Dieses Kapitel liefert einen Überblick über die Rolle von DPPs aus politischer Sicht. Auf dem Weg zur Klimaneutralität sehen sowohl der europäische Green Deal (EU Green Deal) als auch der aktuelle Koalitionsvertrag mit der geplanten „Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie“ eine Kreislaufwirtschaft beziehungsweise Circular Economy als eine zentrale Maßnahme, welche die gesamte Industrie mobilisiert. Über eine umweltgerechte Produktgestaltung (Ökodesign) sollen Unternehmen künftig stärker eine Kreislaufführung bei der Produktplanung und -entwicklung berücksichtigen.

Voraussetzung für die notwendige Transparenz zur Darstellung der Zusammenhänge einer Kreislaufführung ist die Digitalisierung (Neligan et al., 2023). Akteure entlang der Wertschöpfungskette müssen effizient – und damit automatisch – über Schnittstellen kommunizieren können, um relevante Informationen ohne Verluste und ressourcenschonend übermitteln zu können. Informationen in Form von digitalen Daten sind notwendig, um den Erfolg von zirkulären Stoffströmen und Geschäftsmodellen zu messen und zu bewerten (Neligan et al., 2021; Lichtenthäler/Neligan, 2023). Der Governance von Produktdaten kommt eine strategische Schlüsselrolle zu (Piétron et al., 2022). Der DPP stellt eine Lösung zur Umsetzung verschiedener zirkulärer Strategien dar, um alle erforderlichen Informationen zu erhalten, zu nutzen, aufzubewahren und abzurufen (DIN/DKE/VDI, 2023; PSQR, 2023).

Verschiedene politische Vorstöße sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene sehen DPPs als Wegbereiter der Circular Economy (Abbildung 2-1). Ein DPP wurde im EU Green Deal aus dem Jahr 2019 erstmalig allgemein als ein Instrument genannt und in der geplanten EU-Ökodesign-Verordnung im Jahr 2022 konkretisiert (Europäische Kommission, 2019; Europäische Kommission, 2020a; Europäische Kommission, 2022a):

- **EU-Green Deal und Circular Economy Action Plan:** Eine wesentliche Säule des EU Green Deals ist der im Jahr 2020 veröffentlichte Circular Economy Action Plan, in dem DPPs als Lösung zur Mobilisierung des Potenzials der Digitalisierung von Produktinformationen als Teil einer nachhaltigen Produktpolitik genannt, aber nicht weiter spezifiziert werden.
- **EU-Ökodesign-Verordnung:** Im Rahmen der Sustainable Product-Initiative des EU Green Deals gibt es seit 2022 auch einen Entwurf für eine Ecodesign for Sustainable Products Regulation (EU- Ökodesign-Verordnung). Das Ziel besteht darin, nachhaltige Produkte zur Norm zu machen. Dies soll erreicht werden, indem der Zugang zu Nachhaltigkeitsinformationen entlang der Lieferkette geschaffen wird. Zusätzlich soll es Anreize für nachhaltigere Produkt- und Geschäftsmodelle zur verbesserten Werterhaltung geben. Ein optimierter Rechtsrahmen für nachhaltige Produkte wird ebenfalls angestrebt. Die neue Verordnung beinhaltet Leistungs- und Informationsanforderungen für fast alle physischen Produktkategorien im EU-Markt, sofern deren umweltbezogene Eigenschaften nicht bereits durch andere einschlägige Gesetzeswerke geregelt sind (BDI, 2022; BDI, 2023; BMUV, 2023a). Im Rahmen der EU-Ökodesign-Verordnung soll ein Arbeitsplan erstellt werden, der Kriterien für die Priorisierung von Produkten und eine unverbindliche Liste von Produktgruppen, die die EU-Kommission in den kommenden Jahren in Bezug auf das Ökodesign über delegierte Rechtsakte angehen will, enthält. Eine Produktgruppe definiert die EU-Kommission (2022a) als eine Reihe von Produkten, die

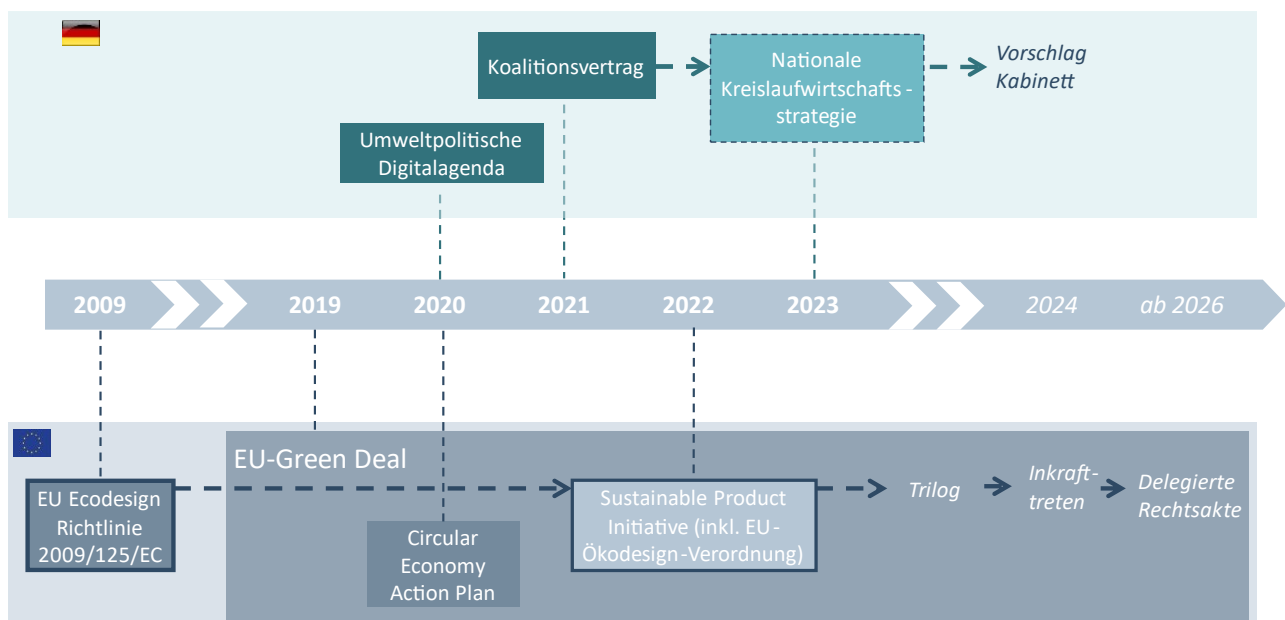
Ähnlichkeiten in Bezug auf ihren Zweck, ihrer Verwendung, ihrer funktionellen Eigenschaften und ihrer Wahrnehmung durch den Verbraucher haben.

Der DPP soll künftig der Standard für alle unter die Verordnung fallenden Produktgruppen werden. Ziel von DPPs ist, die Transparenz hinsichtlich der Umweltauswirkungen von Produkten zu erhöhen und eine längere Produktlebensdauer zu ermöglichen. Zudem sollen DPPs Behörden bei Prüfungen und Kontrollen helfen und die Verbraucherrechte stärken (BDI, 2023; BMUV, 2023a). Wichtige produktspezifische Informationen zur Herkunft, materiellen Zusammensetzung, Beschaffenheit, Reparatur- und Demontagemöglichkeiten sowie die Handhabung am Ende der Lebenszeit sollen gespeichert und entlang der industriellen Wertschöpfungskette verfügbar gemacht werden. Geplant ist auch, dass es ein Produktpassregister geben soll, in dem die in den Produktpässen enthaltenen Informationen gespeichert sind, die gemäß der für jede Produktgruppe vorgesehenen delegierten Rechtsakte erforderlich sind.

Es wird aktuell erwartet, dass die EU-Ökodesign-Verordnung nach Beendigung der aktuellen Verhandlungen im Trilog zwischen Europäischer Kommission, Europäischem Parlament und Europäischem Rat bis 2024 in Kraft tritt und erste delegierte Rechtsakte für einzelne Produktgruppen frühestens ab 2026 und 2027 verfügbar sein werden (BDI, 2023). Auch ist davon auszugehen, dass der Schwerpunkt bei der Einführung von DPPs für die im Circular Economy Action Plan als zentral identifizierten Wertschöpfungsketten wie Batterien, Textilien und Baugewerbe, aber auch Unterhaltungselektronik oder Verpackungen liegen wird (Stretton, 2022).

Abbildung 2-1: DPP: Nicht neu, aber von aktueller Relevanz

Entwicklungen im Zeitverlauf



Quelle: Eigene Darstellung

Auf nationaler Ebene gibt es zwei Vorstöße für DPPs, die aber keine konkreten Vorgaben zur Ausgestaltung und Umsetzung machen:

- In der umweltpolitischen Digitalagenda aus dem Jahr 2020 ist eine Maßnahme ein DPP für Endprodukte, die es ermöglicht, nachhaltige Konsumententscheidungen zu treffen und das Recycling von Produkten zu erleichtern. Prinzipiell sollte der DPP auf alle Produkte und Dienstleistungen anwendbar

sein. Zunächst soll der Schwerpunkt auf besonders ressourcen- und energieintensiven Gütern wie Produkten der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) liegen (BMUV, 2020; Götz et al., 2021).

- Der Koalitionsvertrag aus dem Jahr 2021 sieht eine „Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie“ vor. Hierfür liegt seit April 2023 ein Eckpunktepapier vor, das derzeit im Stakeholderprozess weiterentwickelt wird. Ein DPP soll eingeführt werden, um unter anderem Informationsanforderungen an Produkte und die erweiterte Herstellerverantwortung im Sinne der EU-Vorgaben, darunter die umweltgerechte Produktgestaltung (Ökodesign), erfüllen zu können. Der DPP soll unter Wahrung des Prinzips der Datensparsamkeit die Transparenz und Kreislaufführung von Stoffen unterstützen (BMUV, 2023b; Neligan et al., 2023; SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP, 2021).

Bislang ist jedoch unklar, wie DPPs für unterschiedliche Produktgruppen aussehen und wann diese verpflichtend werden sollen (DIN/DKE/VDI, 2023; Götz et al., 2021). Es gibt zudem erste sektor- beziehungsweise produktspezifische Insellösungen auf EU-Ebene, die in Richtung von DPPs gehen. Sie werden in Kapitel 3.1 skizziert.

3 DPP: Definitionen, Insellösungen und Anforderungen

Sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene werden DPPs politisch als standardisiertes Informationsinstrument forciert, um die gestiegenen Anforderungen an Produkte und damit einhergehende Informationspflichten erfüllen zu können. Dieses Kapitel liefert bisherige Definitionen von DPPs, stellt vorhandene Insellösungen vor und beschreibt notwendige Anforderungen an DPPs.

3.1 Definition

Der DPP kann als Konzept zur Sammlung und zum Austausch von produktbezogenen Informationen zu Hersteller, Material, Eigenschaften, Reparatur und Entsorgung verstanden werden (Jansen et al., 2023). Die Politik definiert den Begriff „Produktpass“ folgendermaßen:

- In der geplanten Ökodesign-Verordnung definiert die Europäische Kommission den Begriff „Produktpass“ als einen produktspezifischen Datensatz, der bestimmte Informationen enthält und elektronisch über einen Datenträger zugänglich ist (Europäische Kommission, 2022a, Artikel 2 (29), S. 53).
- Im Rahmen der umweltpolitischen Digitalagenda wird der DPP als ein „digitaler Waschkittel“ oder „lückenloser Lebenslauf“ definiert. Der DPP ist ein standardisierter und vergleichbarer Datensatz, der für ein Produkt die Komponenten, Materialien und chemischen Substanzen oder auch Informationen zur Reparierbarkeit, Ersatzteilen oder fachgerechter Entsorgung zusammenfasst. Dabei sollen die Daten aus allen Phasen des Produktlebenszyklus stammen und in all diesen Phasen (Design, Herstellung, Nutzung, Entsorgung) für verschiedene Zwecke genutzt werden. Die höhere Transparenz im Produktlebenslauf soll nachhaltigeres Handeln für Verbraucher, Industrie und Abfallwirtschaft ermöglichen und verpflichtende Berichterstattungen erleichtern (BMUV, o.J.; BMUV, 2020; Götz et al., 2021).

Neben dem DPP selbst muss für die Verarbeitung der Informationen eine entsprechende Infrastruktur bereitstehen. Es werden stabile IT-Systeme zur Sammlung und zum Austausch von Daten benötigt. In der Literatur wird auch zwischen einem DPP und einem DPP-System unterschieden (Jansen et al., 2023):

- Der **DPP** ist das Artefakt, das aus den Informationen besteht, die von den interagierenden Akteuren der Wertschöpfungskette eines Produkts bereitgestellt und geteilt werden.
- Das **DPP-System** ist das grundlegende umfassende Informationssystem, in dem DPPs eingebunden sind. Damit wird ermöglicht, dass die für die DPPs erforderlichen Daten in einer geteilten Informationswelt integriert sind. Es fördert die Interaktion zwischen den verschiedenen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette eines Produkts und erleichtert die Zuordnung eines physischen Produkts zum entsprechenden DPP.

Zusammenfassend sollte der DPP mindestens folgende drei Funktionen bedienen (weitere Anforderungen werden in Kapitel 3.3 definiert):

- **Eindeutige Identifikation und Beschreibung:** Für die umfassende Nutzung von DPPs ist die eindeutige Identifikation des Produkts, die Beschreibung des Produkts und seiner Eigenschaften und die transparente Darstellung von umweltrelevanten Informationen notwendig. Hierbei ist die konkrete Instanz des Produkts, sprich ein einzelnes konkretes Produkt, relevant.
- **Standardisiertes und einheitliches Datenmanagement:** Grundsätzlich kann ein DPP von Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette (Hersteller, Lieferanten, Händler usw.) sowie von Konsumenten genutzt werden. Dafür ist ein standardisiertes und einheitliches Management von Produktdaten sowie von umweltrelevanten Informationen erforderlich.
- **Beherrschung von Komplexität:** Entlang der Wertschöpfungskette, je nach Branche und Akteur, sind die Inhalte des DPP unterschiedlich komplex. Stellt man sich ein Unternehmen aus der Grundstoffindustrie vor, das Vorprodukte für weitere Industrieverfahren herstellt, so ist die Lieferkette – und damit der „Lebenslauf“ – vom Rohstoff zur Ressource vermutlich sehr kurz. Betrachtet man allerdings ein Unternehmen weiter hinten in der Wertschöpfungskette, so ist das Produkt und damit auch die produktbezogenen Informationen um ein Vielfaches komplexer. Insbesondere bei Produkten mit einer hohen Vorleistungsquote sind viele Unternehmen aus verschiedenen Branchen bereits bei der Erstellung des Produkts involviert.

3.2 Insellösungen für digitale Informationssammlungen

Obwohl es bislang kaum ein einheitliches, branchen- und unternehmensübergreifendes Produktpass-System gibt, existieren bereits Insellösungen für Informationssammlungen für bestimmte Produktgruppen. Es gibt verschiedene Ansätze zur Informationsbereitstellung, Datenerfassung und Darstellung für Elektro- und Elektronikgeräte, Chemikalien, Düngemittel, Verpackungen und Verpackungsabfälle sowie Altfahrzeuge (siehe Götz et al., 2021 für eine Übersicht). Batterien werden die erste Produktgruppe sein, für welche ein DPP verpflichtend eingeführt wird. Auch andere Branchen haben vielversprechende Konzepte für die Umsetzung von DPPs, wie beispielsweise den Gebäuderessourcenpass (DIN/DKE/VDI, 2023). Im Folgenden werden wichtige spezifische Lösungen kurz beschrieben:

- **Batterien:** Die geplante neue EU-Verordnung über Batterien und Altbatterien betrachtet den gesamten Lebensweg und stellt neue Anforderungen an Batterien von der Gestaltung, über die Herstellung bis hin zur Abfallbewirtschaftung aller in der EU gekauften Batterietypen. Ab 2026 soll ein digitaler Batteriepass für Traktionsbatterien, Batterien für leichte Verkehrsmittel und Industriebatterien mit einer Kapazität von mehr als 2 Kilowattstunden mit Informationen zu Kapazität, Leistung, Haltbarkeit, chemischer Zusammensetzung und mit der Notwendigkeit zur getrennten Entsorgung verpflichtend werden. Entscheidend ist dafür der Einsatz neuer digitaler Konzepte, insbesondere des

Batteriepasses und des vernetzten Datenraums, für einen sicheren Datenaustausch, die Erhöhung der Transparenz des Batteriemarktes und die Rückverfolgbarkeit von Großbatterien während ihres gesamten Lebenszyklus (Europäische Kommission, 2022b; Europäisches Parlament, 2023).

- **Energieverbrauchsrelevante Produkte:** Die EU-Energieverbrauchskennzeichnungs-Richtlinie legt für einzelne Produktgruppen Anforderungen an die europaweit einheitliche Kennzeichnung zum Verbrauch von Energie und anderen Ressourcen sowie zusätzliche Informationspflichten auf Produktdatenblättern für entsprechende Produkte fest. Alle energieverbrauchsrelevanten Produkte, die ein Energielabel tragen, darunter Kühlschränke und Klimaanlage, müssen mit ihren Produktdatenblättern mit Informationen zur Energiekennzeichnung und weiteren Angaben in dem Europäischen Produktregister für die Energieverbrauchskennzeichnung (EPREL) eingetragen werden. Diese Produktdatenbank besteht aus einem öffentlichen Teil (unter anderem für Endkonsumenten) und einem nicht-öffentlichen Teil, der nur für die Europäische Kommission und Marktüberwachungsbehörden zugänglich ist und strengen Sicherheitsvorkehrungen unterliegt (EU-Parlament/EU-Rat, 2017, Götz et al, 2021). Auch die EU-Ökodesign-Richtlinie für energieverbrauchsrelevante Produkte und ihre produktgruppenspezifischen Durchführungsmaßnahmen machen Informationspflichten zu Aspekten der Kreislaufwirtschaft erforderlich (siehe Kapitel 3.3.1).
- **Textilien:** Die EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien sieht die Einführung von Informationsanforderungen und eines DPP vor. Ein DPP für Textilien mit Informationsanforderungen bezüglich der Einhaltung des Kreislaufprinzips und anderer wichtiger Umweltaspekte soll im Rahmen der neuen Ökodesign-Verordnung eingeführt werden. Auch die Einführung eines digitalen Etiketts wird überprüft (Europäische Kommission, 2022b).
- **Gebäude:** Mit der EU-Gebäuderichtlinie gibt es die Pflicht, Energieausweise für Gebäude bei Verkauf oder Neuvermietung zu erstellen, die den energetischen Ist-Zustand der Gebäude enthalten. Seit 2021 arbeitet die EU an einer Neufassung, um Gebäude künftig emissionsfrei zu bauen. Dafür soll die Energieausweispflicht künftig auch bei größeren Renovierungen, bei der Verlängerung von Mietverträgen und für alle öffentlichen Gebäude gelten. Als Instrument zur Erleichterung einer schrittweisen Renovierung hin zu einem emissionsfreien Niveau ist auch ein Renovierungspass geplant (Europäische Kommission, 2010; Europäische Kommission, 2023g). Das Konzept des Materialpasses wird im Zusammenhang mit Gebäuden häufig genannt, um Informationen über Produkte und Komponenten vorzuhalten, die wiederverwendet oder -verwertet werden sollen (siehe Götz et al., 2021). Angelehnt an den erfolgreich etablierten Energieausweis hat die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) einen Gebäuderessourcenpass entwickelt, in dem für jedes Gebäude die wesentlichen Informationen rund um die Ressourcennutzung, die Klimawirkung und die Kreislauffähigkeit angegeben werden (DGNB, 2023). Auch gibt es die von der Bauindustrie angestoßene Umweltproduktdeklaration nach DIN EN ISO 14025 (Environmental Product Declaration), die Produktinformationen zur Nachhaltigkeit von Baustoffen in einem standardisierten Datensatz bereitstellt und den Grundstein für den Produktpass legen könnte (DIN/DKE/VDI, 2023; BMUV, 2023c).
- **Circular Economy:** Mit dem Product Circularity Data Sheet nach ISO/CD 59040 wird eine allgemeine Methodik zur Verbesserung der Genauigkeit und Vollständigkeit von Informationen über die Kreislaufwirtschaft entwickelt. Ziel ist, einen qualitativen Ansatz für den Datenaustausch zwischen Unternehmen bei der Beschaffung oder Lieferung von Produkten für eine vertrauenswürdige Berichterstattung umzusetzen. Dieser Leitfaden soll für alle Organisationen unabhängig von Art, Größe und Beschaffenheit gelten (ISO, 2023).

Elemente der Rückverfolgbarkeit, der Überwachung und der Anforderungen an den Datenaustausch sind auch in einer Reihe anderer Verordnungen und politischer Strategien enthalten. Beispielsweise will die EU-

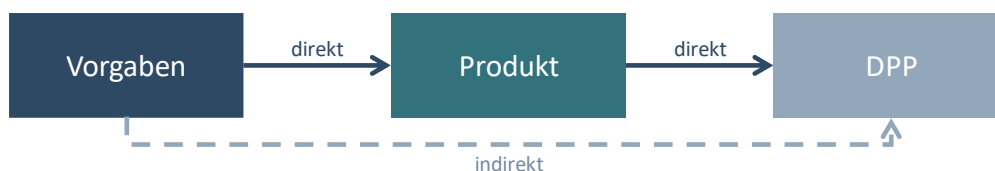
Datenstrategie den Zugang zu Daten harmonisieren und standardisieren. So soll der Data Act rechtliche, wirtschaftliche und technische Fragen zum Zugang von Daten klären. Die im Juni 2023 beschlossene Verordnung, die noch vom EU-Parlament und vom Rat der Mitgliedstaaten formell bestätigt werden muss, umfasst Vorgaben zum Zugang von in der Regel unternehmerischen Nutzern zu Daten, die durch ihre vernetzten Geräte generiert wurden, Regeln für den Datenzugang und die Datennutzung durch staatliche Stellen, zu Data-Sharing-Verträgen sowie zum Cloud-Wechsel (Demary, 2022). Ziel des Data Act ist es, dass mehr Daten in Europa verfügbar sind und die Potenziale der Datenbewirtschaftung ausgeschöpft werden können. Im Zuge der zunehmenden Digitalisierung, der Vernetzung von Datensätzen und der geforderten Bewertung der Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg werden die Rechtsvorschriften für verschiedene Produktkategorien zunehmend miteinander verknüpft. Insbesondere in den Sektoren Textilien, Bauwesen, Elektronikschrott, Kunststoffe, Chemikalien und Automobile gibt es Initiativen in Richtung nachhaltiger Geschäftspraktiken (Stretton, 2022).

3.3 Anforderungen

Die Realisierung eines DPP ist ein komplexes Vorhaben. Der Inhalt des DPP ist indirekt an inhaltliche sowie direkt an technische Anforderungen geknüpft, die in einem Abhängigkeitsverhältnis zueinanderstehen (Abbildung 3-1). Die inhaltlichen Vorgaben für die Herstellung von Produkten bestimmen ihre Eigenschaften, welche wiederum im DPP unter bestimmten technischen Voraussetzungen erfasst werden. Außerdem ist es eine Herausforderung, die richtige Balance zwischen der gemeinsamen Nutzung von Informationen und dem Schutz von Daten zu finden (Sipka, 2022). Die folgenden Unterkapitel gehen näher auf die inhaltlichen sowie technischen Anforderungen an DPPs ein.

Abbildung 3-1: Anforderungen an einen DPP

Übersicht für einen elektronischen produktspezifischen Datensatz



Quelle: Eigene Darstellung

3.3.1 Inhaltliche Anforderungen

Die EU-Produktpolitik hat in den vergangenen Jahren neue Impulse in Richtung Ökodesign erhalten (siehe auch Kapitel 2). Bislang lag der Fokus im Rahmen der EU-Ökodesign-Richtlinie darauf, die Umweltauswirkungen von Produkten mit hohen Energieverbräuchen zu mindern (Europäisches Parlament, 2009). Mit dem Ökodesign-Arbeitsprogramm 2016-2019 wurden erstmals Aspekte der Materialeffizienz als neues Kriterium eingeführt. Das Thema Reparierbarkeit, Haltbarkeit und die Verfügbarkeit von Ersatzteilen wird mit neuen Ökodesign-Anforderungen bei vielen Produkten, darunter Haushaltsgeräten seit 2021 und mobilen Endgeräten seit 2022, adressiert (BMUV, 2022, Neligan et al., 2023). Mit künftig über eine EU-Ökodesign-Verordnung regulierten produktgruppenspezifischen Anforderungen wird der Weg europaweit geebnet, bereits bei der Produktplanung für leichteres Recycling, einfache Reparatur, längere Lebensdauer und Ressourceneinsparungen zu sorgen (Europäische Kommission, 2022; Neligan et al., 2023). Die folgenden Ökodesignanforderungen sollen jeweils für eine bestimmte Produktgruppe gelten oder es können auch gemeinsame

Anforderungen für mehrere Produktgruppen horizontal festgelegt werden, sofern es technische Ähnlichkeiten möglich machen (Europäische Kommission, 2022a):

- Haltbarkeit, Zuverlässigkeit, Wiederverwendbarkeit, Nachrüstbarkeit, Reparierbarkeit, einfache Wartung und Aufarbeitung
- Beschränkungen bei der Verwendung bestimmter Stoffe, die die Kreislauffähigkeit von Produkten und Materialien beeinträchtigen
- Energieverbrauch oder Energieeffizienz von Produkten
- Ressourcennutzung oder Ressourceneffizienz von Produkten
- Mindestquoten für Rezyklate in Produkten
- Leichte Demontage und Wiederaufarbeitung sowie einfaches Recycling von Produkten und Materialien
- Umweltauswirkungen von Produkten über den gesamten Lebenszyklus, einschließlich ihres Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Fußabdrucks und ihres Umweltfußabdrucks
- Vermeidung und Verringerung von Abfällen, einschließlich Verpackungsabfällen

Das Thema Reparierbarkeit wird auch mit dem geplanten EU-Recht auf Reparatur forciert. Ziel ist, Reparaturen von Waren einfacher und günstiger zu machen. Künftig müssen die erforderlichen Reparatur- und Wartungsinformationen für jedes Produkt vorgehalten werden (Europäische Kommission, 2023).

Für eine Kreislaufwirtschaft ist aber nicht nur die produktbezogene Gesetzgebung relevant. Ebenfalls relevant ist das EU-Abfallrecht, das auch einen Lebenszyklusansatz verfolgt. Ein wesentliches Prinzip des Abfallrechts ist die erweiterte Herstellerverantwortung (EPR), mit der der Hersteller eines Produkts nach dem Verursacherprinzip für den gesamten Lebenszyklus des Produkts verantwortlich ist. Diese Verantwortung beginnt bei der Produktgestaltung und bezieht sich insbesondere auch auf die Nachnutzungsphase, darunter die Sammlung, Rücknahme, Sortierung, Wiederverwendung, das Recycling sowie die endgültige Entsorgung des Produkts (CEID, 2021; Neligan et al., 2023). Dieser Ansatz schafft Anreize für die Hersteller, Produkte so zu gestalten, dass sie länger halten und nach ihrer ursprünglichen Verwendung leichter recycelt oder wiederverwendet werden können.

Die beschriebenen produktspezifischen und abfallrechtlichen Anforderungen zeigen beispielhaft, wie sich die Informationsanforderungen an Produkte innerhalb der EU erhöhen. Allerdings geht die Diskussion bezüglich des DPP über die Themen der Nachhaltigkeit und Zirkularität hinaus, da er auch für alle verpflichtenden Produktinformationen wie die CE-Kennzeichnung im Rahmen des New Legislative Framework in Bezug auf Konformitätsnachweise oder den Zugang zur Marktüberwachung relevant werden könnte (DIN/DKE/VDI, 2023). Der DPP kann eine wichtige Rolle dabei spielen, die notwendigen Daten und Informationen systematisch vorzuhalten und zur Verfügung zu stellen. Hinzu kommt, dass die systematische Wirkungsanalyse möglicher Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus (Lebenszyklusanalyse) von Produkten und Produktionsressourcen im industriellen Kontext immer wichtiger wird. Hierfür werden standardisierte Datenstrukturen von lebenszyklusrelevanten Daten im DPP benötigt (siehe auch DIN/DKE/VDI, 2023). Der DPP muss somit indirekt darauf ausgelegt sein, bestimmte Eigenschaften zu erfassen, beispielsweise ökologische

beziehungsweise CO₂-Fußabdrücke oder Materialflüsse von Produkten. Er muss aber auch Informationen vorhalten, die den Lebenszyklus verlängern, darunter Informationen zur Erleichterung der Reparatur, Wiederaufbereitung und/oder des Recyclings.

3.3.2 Technische Anforderungen

Für eine sektoren- und systemübergreifende Nutzung sowie eine Datenbereitstellung durch verschiedene Akteure muss der DPP diverse technische Anforderungen erfüllen. Hierfür sind sowohl gleichbleibende Grundelemente und -strukturen mit wesentlichen Basisinformationen analog zu einem Reisepass als auch eine nutzerzentrierte, digitale Lösung durch einheitliche Methoden und Instrumente sowie zielgruppengerechte Gebrauchsanleitungen zentral (DIN/DKE/VDI, 2023). Gleichzeitig müssen Datenintegrität, Datensicherheit und Datenschutz über standardisierte, sichere digitale Identitäten und Zugriffsrechte sichergestellt werden. Auch die Europäische Kommission (2022a) verweist in Artikel 9 der geplanten Ökodesign-Verordnung auf die wichtige Rolle von Standards für DPPs. Der DPP muss mit einer eindeutigen Produktkennung verbunden werden. Der Datenträger muss auf dem Produkt, seiner Verpackung oder den dem Produkt beigelegten Unterlagen im Einklang mit den anwendbaren delegierten Rechtsakten angebracht werden. Datenträger und eindeutige Produktkennung sollen der Norm ISO/IEC 15459:2015 entsprechen. Alle im Produktpass enthaltenen Informationen sollen auf offenen interoperablen Standards beruhen und maschinenlesbar, strukturierbar und durchsuchbar sein. Interoperabilität bezeichnet die Fähigkeit des Zusammenspiels verschiedener Systeme, Techniken oder Organisationen. Die spezifischen Zugangsrechte werden auf Ebene der festgelegten Produktgruppen in den delegierten Rechtsakten entschieden (siehe Kapitel 2). Die EU-Kommission erkennt somit bereits, dass offene und interoperable Standards notwendig sind, um die technische Interpretation von Daten zu erleichtern und kostenintensive Mappings an den Schnittstellen zu vermeiden.

Artikel 10 der geplanten EU-Ökodesign-Verordnung sieht aktuell folgende daten- beziehungsweise digitalisierungsspezifischen Anforderungen vor:

- Vollständige technische, semantische und organisatorische Interoperabilität für die nahtlose Zusammenarbeit verschiedener Systeme
- Freier Zugang zum Produktpass für Verbraucher, Wirtschaftsteilnehmer, beispielsweise verschiedene Hersteller, und andere maßgeblichen Akteure auf der Grundlage ihrer in den delegierten Rechtsakten festgelegten jeweiligen Zugangsrechte
- Sichere Datenspeicherung und Datenverarbeitung
- Gewährleistung der Authentizität, Zuverlässigkeit und Integrität der Daten
- Datensicherheit und Datenschutz

Jansen et al. (2023) identifizieren neben der Erfüllung von gesetzlichen Vorgaben folgende technische Anforderungen (basierend auf der Norm ISO/IEC 25010:2011(en) über die Anforderungen an die System- und Softwarequalität und Bewertung):

- Funktionale Tauglichkeit in Bezug auf Vollständigkeit, Korrektheit sowie Angemessenheit und Geeignetheit für den jeweiligen Sektor oder die jeweilige Branche

- Sicherheit, Vertraulichkeit und Schutz geistigen Eigentums über den sicheren Austausch von DPP-Daten zwischen den Akteuren der Wertschöpfungskette
- Zugänglichkeit für Unternehmen auch über digitale Endgeräte, falls kein stationäres IT-System vorhanden; Zugangskontrollen zur Geheimhaltung und zum Schutz des geistigen Eigentums
- Interoperabilität
- Modularität und Anpassbarkeit von erforderlichen Daten, die ein DPP enthält
- Verfügbarkeit und Aktualität der Daten
- Portabilität von eindeutigen Produktkennungen über verschiedene Informationssysteme hinweg

4 Readiness der Unternehmen für DPPs

Dieses Kapitel stellt dar, inwiefern die Unternehmen sowohl aus Sicht der neuen Produkthanforderungen als auch der Digitalisierung bereits auf die Umsetzung eines DPP zur Stärkung einer Circular Economy vorbereitet sind.

4.1 Voraussetzungen für die Umsetzung eines zirkulären Produktangebots

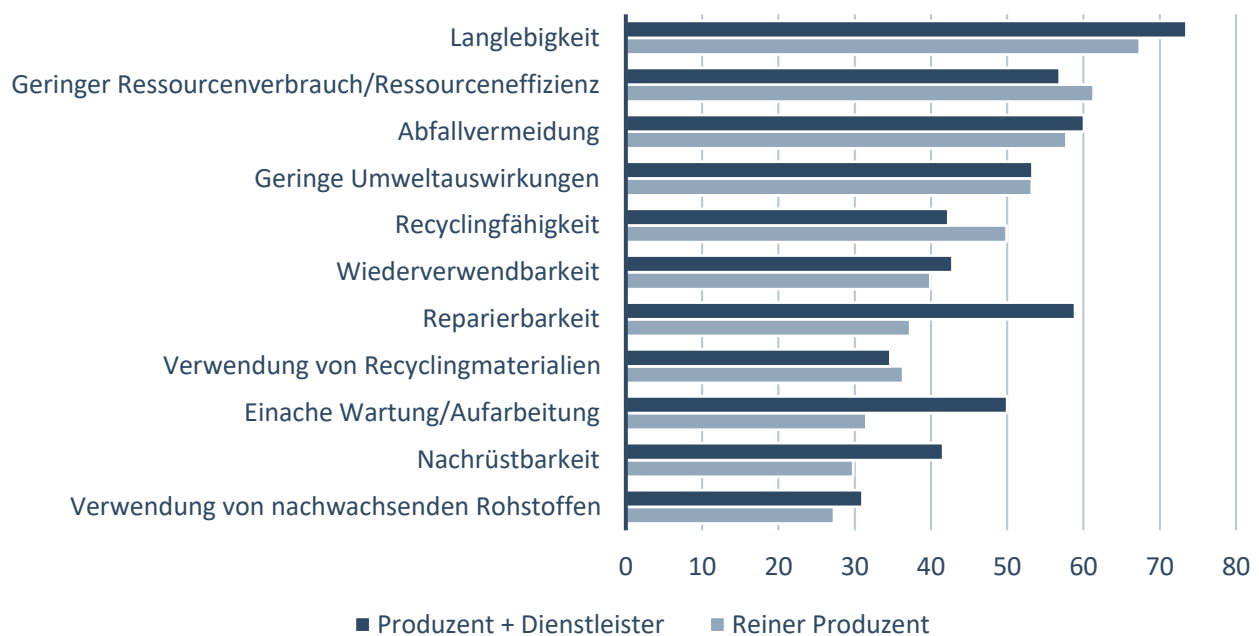
Aus Unternehmensperspektive erweitert eine Circular Economy die Betreuung des Kunden über den gesamten Produktlebenszyklus. Auch nach dem Verkauf und der Produktnutzung wird es für Unternehmen wichtiger, Produkte in ihre Wertschöpfungskette zurückzuführen. Neuartige Formen von Produkten und Dienstleistungen und neue Kombinationen dieser sind der Schlüssel zur Entwicklung von zirkulären Geschäftsmodellen (Neligan et al., 2023). Nur wenige Unternehmen richten ihr Geschäftsmodell umfassend zirkulär aus, indem sie zum Beispiel den gesamten Lebenszyklus betrachten, das Design optimieren und/oder neue Geschäftsmodelle entwickeln. Der Fokus liegt bislang auf Energie- und Prozessoptimierungen (Neligan et al., 2021). Zudem stehen viele Unternehmen beim Thema zirkuläre Geschäftsmodelle noch am Anfang. Neligan et al. (2022) zeigen, dass bislang nur wenige Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes neue Geschäftsmodelle, neue Märkte oder eine Vernetzung mit Akteuren entlang der Wertschöpfungskette anstreben. Dabei sind Unternehmen, die bereits umfassend zirkuläre Strategien verfolgen, weiter und erfolgreicher als Unternehmen ohne zirkuläre Strategien (Lichtenthäler/Neligan, 2023). Neben den ökologischen Effekten hat eine Circular Economy auch ökonomisches Potenzial. Eine Studie von Deloitte/BDI (2021) schätzt die zusätzliche Bruttowertschöpfung bis 2030 auf 12 Milliarden Euro pro Jahr.

Wichtige Produkteigenschaften zur Verbesserung der Kreislaufführung sind eine lange Haltbarkeit, Mehrfachnutzung, Reparierbarkeit und ein geringer und/oder umweltfreundlicher Einsatz von Rohstoffen. Deswegen sind diese Anforderungen Bestandteil der künftigen Ökodesign-Verordnung. Im Rahmen der Sommerwelle 2022 des IW-Zukunftspanels, einer regelmäßigen Unternehmensbefragung, gaben 1.200 Unternehmen der Industrie und der industrienahen Dienste Auskunft zu Produkten und/oder Dienstleistungen, die eine Kreislaufführung entweder bei sich selbst oder auch in anderen Unternehmen stärken. Da hier eine reine Branchenbetrachtung zu kurz greift, wurden die Unternehmen auf Basis ihrer Umsatzverteilung danach typisiert, ob sie reine Produzenten oder reine Dienstleister sind, oder sowohl Ware produzieren als auch Dienstleistungen anbieten (kombinierte Produkt-Dienstleistungsanbieter). Befragt nach der Relevanz zirkulärer Produkteigenschaften zeigt sich bei Neligan et al. (2023) insgesamt ein differenziertes Bild für produzierende

Unternehmen (Abbildung 4-1): Einige relevante Produkteigenschaften wie die Langlebigkeit sind bereits stark ausgeprägt, da sie Teil des Qualitätsversprechens „Made in Germany“¹ sind; danach folgen Aspekte wie Umweltwirkungen und Ressourceneffizienz. Andere Eigenschaften wie Reparierbarkeit, einfache Wartung und Aufarbeitung stehen noch nicht im Fokus als wesentliches Charakteristikum von Produkten, sind aber dennoch erforderlich für die Transformation zu einer echten Kreislaufwirtschaft und werden im Kontext des geplanten EU-Rechts auf Reparatur an Bedeutung gewinnen. Kombinierte Produkt-Dienstleistungsanbieter stufen diese Eigenschaften auch schon als relevanter als reine Produzenten ein. Sie können hier eine wichtige Rolle spielen, da sie die Produkte nach diesen Kriterien gestalten und gleichzeitig die passenden Dienstleistungen anbieten können.

Abbildung 4-1: Erfüllung von Ökodesign-Produktanforderungen

Anteil der Unternehmen, denen folgende Aspekte bei Produkten „(eher) wichtig“ sind, in Prozent



Quelle: IW-Zukunftspanel (2022), eigene Auswertungen

Die Erweiterung der Kundenbetreuung auf den gesamten Produktlebenszyklus realisiert sich bislang vor allem über produktorientierte Dienstleistungen zur Erhöhung der Nutzungsdauer, wie Wartungs- und Reparatur-Service-Dienstleistungen. Nutzungs- oder ergebnisorientierte Dienste, die ein Teilen und Weitergeben ermöglichen, spielen bislang kaum eine Rolle. Eine Minderheit der Unternehmen richtet ihr Geschäftsmodell für eine Kreislaufführung neu aus oder plant dies. Eher werden bisherige Produkte, Dienste oder ihre Prozesse in Vorbereitung auf eine Kreislaufführung angepasst. Jeweils etwa ein Viertel der reinen Dienstleister sowie der Produkt-Dienstleistungsanbieter nehmen nicht nur kleinere Anpassungen am Angebotsportfolio oder den Prozessen für eine bessere Kreislaufführung vor, sondern arbeiten gleichzeitig an einem neuen zirkulären Geschäftsmodell (Neligan et al., 2023).

¹ „Made in Germany“, das als Synonym für hohe Qualität gilt, steht für Produkte, deren wesentliche Herstellungsschritte in Deutschland erfolgen (Salewski, 2016). Das Gütesiegel der Initiative „Made in Germany“ ist sogar noch strenger und gibt einen Anteil der in Deutschland erbrachten Wertschöpfungskette (ohne Rohstoffe) von 100 Prozent vor (Initiative Made in Germany, 2022).

Insgesamt ist das Thema Circular Economy noch nicht in der Breite der Unternehmen angekommen. Eine wesentliche Voraussetzung für die Circular Economy ist die Digitalisierung, da sie die Erhebung, Verarbeitung und Auswertung der Daten zur Bewertung und Erfolgsmessung von Zirkularität und damit verbundenen zirkulären Geschäftsmodellen ermöglicht. Digitale Technologien machen Ressourceneffizienz und Zirkularität messbar und Einsparpotenziale nutzbar. Durch digitalere Effizienzmaßnahmen lässt sich in Unternehmen eine höhere Ressourceneffizienz erreichen. Nur wenige Unternehmen ergreifen stark digitale Ressourceneffizienzmaßnahmen. Am ehesten weisen häufig genutzte Maßnahmen zur Optimierung von Prozessen und Energieverbräuchen sowie die Verwendung neuer Techniken im Betriebsablauf einen hohen Digitalisierungsgrad auf (Neligan et al., 2021). Neligan et al. (2022) zeigen auch, dass die Einführung zusätzlicher Dienstleistungen zu einem Produkt (Produkt-Service-Systeme) umso einfacher wird, je mehr Daten, digitale Vernetzung vorhanden sind und je höher der Digitalisierungsgrad der Geschäftsmodelle ist. Allerdings ist die Nutzung von effizienzorientierten und zirkulären Produkt-Service-Systemen unabhängig vom Geschäftsmodell noch nicht sehr verbreitet.

4.2 Voraussetzungen für die Implementierung des DPP in Unternehmen

Dieses Unterkapitel zeigt, dass viele Unternehmen in Deutschland noch nicht die Voraussetzungen für eine Implementierung des DPP erfüllen: Unternehmen müssen einen gewissen Digitalisierungsgrad aufweisen, Daten digital vorhalten und verarbeiten sowie diese auch mit anderen Unternehmen teilen.

4.2.1 Digitalisierungsgrad des Unternehmens

Der Digitalisierungsgrad des Unternehmens spielt unabhängig von seiner Position im Produktlebenszyklus eine wichtige Rolle bei der Implementierung des DPP. Eine fortschrittliche unternehmensinterne Digitalisierung, die sich insbesondere in digitalen Prozessen niederschlägt, ist erforderlich, um die effiziente Erfassung, Speicherung und Nutzung der Produktinformationen für den DPP zu ermöglichen. Aber auch unternehmensexterne Faktoren, die die Rahmenbedingungen für die unternehmensinterne Digitalisierung bilden, spielen eine wichtige Rolle. So sollte die unternehmensexterne technische Infrastruktur (insbesondere die Verfügbarkeit von Internet mit hohen Bandbreiten, aber auch die rechtlichen Rahmenbedingungen) so gestaltet sein, dass sie die Digitalisierung der Unternehmen begünstigt.

Der seit 2020 jährlich im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz erhobene Digitalisierungsindex demonstriert die Entwicklung der Digitalisierung von Unternehmen in zehn verschiedenen Branchengruppen aus Industrie und Dienstleistungen. Dazu misst er verschiedene Digitalisierungsindikatoren in fünf unternehmensinternen und fünf unternehmensexternen Kategorien.²

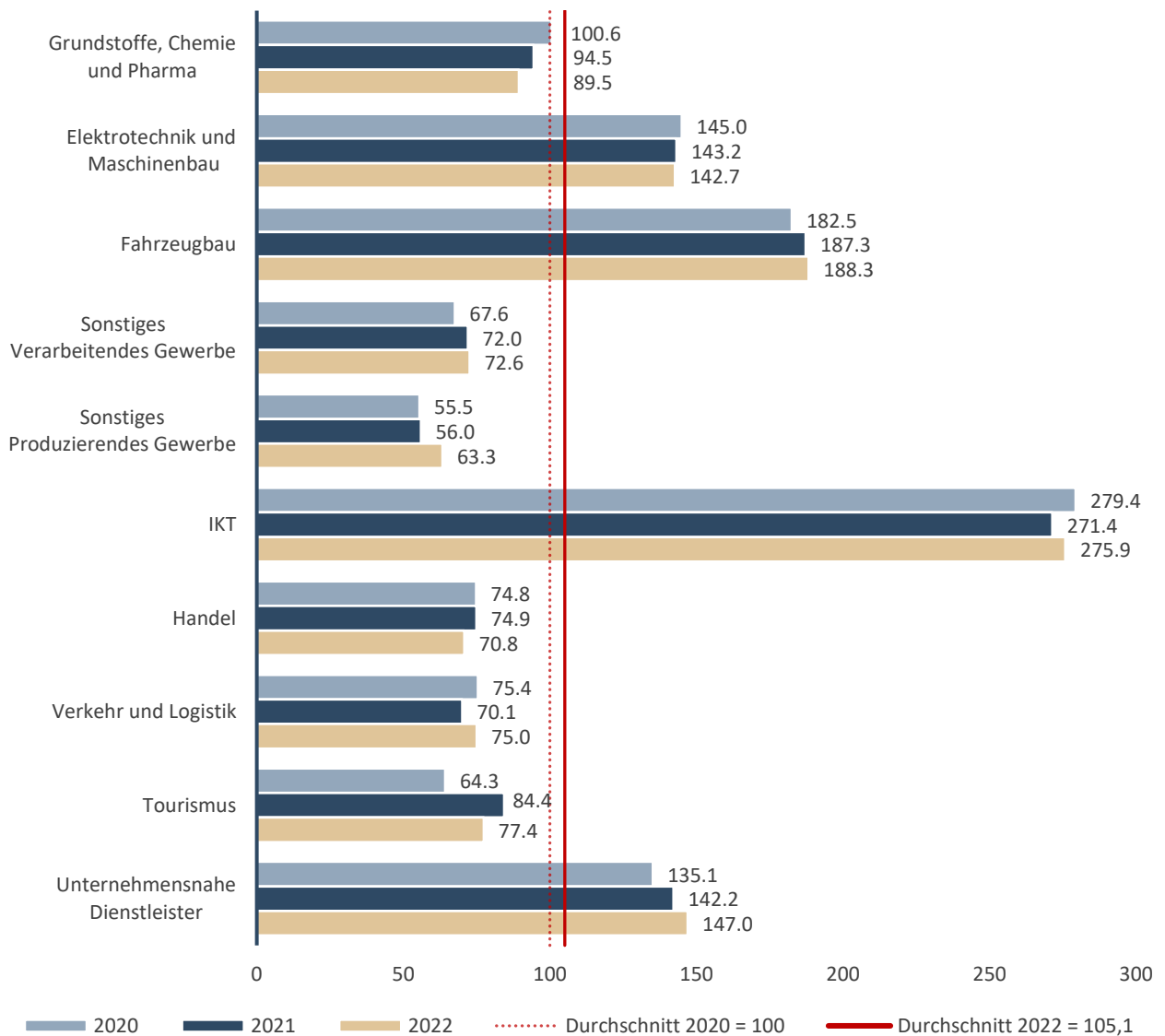
Die Ergebnisse zeigen, dass die untersuchten Branchen sehr unterschiedlich digitalisiert sind und sich insgesamt nur allmählich weiter digitalisieren (Abbildung 4-2). Deutlicher Spitzenreiter ist in allen drei Erhebungsjahren die Branche der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), die 2022 einen Wert von 276 Punkten erreicht – mehr als das 2,5-fache des Branchendurchschnitts. An zweiter Stelle behauptet sich der Fahrzeugbau. Drittplatziert sind im Jahr 2022 die Unternehmensnahen Dienstleister, die der Branchengruppe

² Zu den unternehmensinternen Kategorien zählen Prozesse, Produkte, Geschäftsmodelle, Qualifizierung sowie Forschungs- und Innovationsaktivitäten. Zu den externen Kategorien gehören technische Infrastruktur, administrativ-rechtliche Rahmenbedingungen, Gesellschaft, Humankapital sowie Forschungs- und Innovationslandschaft.

Elektrotechnik und Maschinenbau den Rang ablaufen. Zu den Unternehmensnahen Dienstleistern zählen beispielsweise Architektur- und Ingenieurbüros, Wirtschaftsprüfer und Unternehmensberatungen.

Abbildung 4-2: Digitalisierung der Branchen in Deutschland

Ergebnisse des Digitalisierungsindex der Jahre 2022, 2021 und 2020; normierter Durchschnitt 2020 = 100



Quelle: Büchel/Engels (2022c)

Deutlich unterdurchschnittlich sind die Branchen Sonstiges Produzierendes Gewerbe (darunter Energie- und Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung und Baugewerbe), Handel, Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe, Verkehr und Logistik und Tourismus. Sie erreichen maximal 77 Punkte. Der Unterschied zu den führenden Branchen ist eklatant. Um DPPs implementieren zu können, ist es wichtig, dass sich die Digitalisierung der Unternehmen branchenübergreifend dynamisch verbessert und auf einem hohen Niveau soweit möglich zunehmend angleicht. Insbesondere bei Produkten mit einer hohen Vorleistungsquote ist es wahrscheinlich, dass Unternehmen aus verschiedenen Branchen in den Lebenszyklus dieses Produkts involviert sind. Wenn diese Unternehmen einen sehr unterschiedlichen Digitalisierungsgrad aufweisen, ist es

wahrscheinlich, dass der DPP nicht transparent, effizient, und fehlerfrei befüllt, aktualisiert und übermittelt werden kann.

Bislang ist eine branchenübergreifende deutliche Steigerung des Digitalisierungsgrades nicht in Sicht. In einigen Indexkategorien kommt es in manchen Branchen im Jahr 2022 im Vergleich zu 2021 zu Rückschritten. Es ist wahrscheinlich, dass dies der anhaltenden Krisensituation infolge der Pandemie und des Ukraine-Krieges zuzuschreiben ist. Immer noch sind der Kostendruck und die Unsicherheiten, denen die Unternehmen in Deutschland gegenüberstehen, besonders hoch. Außergewöhnliche politische und wirtschaftliche Entwicklungen führen zu einem außergewöhnlichen Verhalten der Unternehmen – beispielsweise in Bezug auf die Investitionen in Digitalisierung. Möglicherweise werden etwa digitale Fortschritte, die während der Corona-Pandemie gewagt wurden – wie beispielsweise die Entwicklung eines digitalen Produkts – aufgrund der fortwährenden Ausnahmesituation wieder eingestellt.

Auch der Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) der Europäischen Kommission liefert Informationen dazu, inwiefern Unternehmen in Deutschland die Voraussetzungen erfüllen, um den DPP zu implementieren. Insbesondere zwei Indikatoren der Indexkategorie „Integration der Digitaltechnik“ sind aufschlussreich. Lediglich 38 Prozent der Unternehmen in Deutschland tauschten im Jahr 2021 Informationen elektronisch aus (Indikator Elektronischer Informationsaustausch; Europäische Kommission, 2022c). Dieser elektronische Informationsaustausch ist aber eine zentrale Voraussetzung für den DPP. Der EU-Durchschnitt liegt ebenfalls nur bei 38 Prozent. Lediglich 32 Prozent der Unternehmen in Deutschland (EU: 34 Prozent) nutzen Cloud-Technologien. Jedoch sind diese wichtig, um Informationen des DPP effizient und sicher speichern zu können.

Die Datenlage deutet insgesamt also daraufhin, dass viele Unternehmen in Deutschland noch nicht so digital aufgestellt sind, als dass sie den DPP implementieren könnten.

4.2.2 Umgang mit Daten im Unternehmen

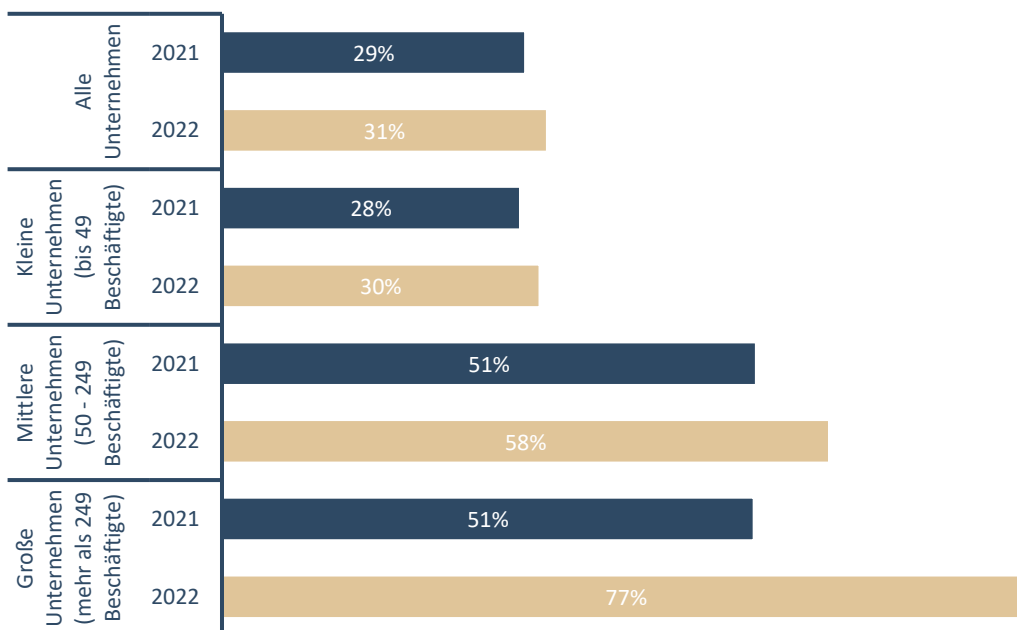
Im Rahmen der für die Implementierung des DPP nötigen Digitalisierung spielt der Umgang der Unternehmen mit Daten eine entscheidende Rolle. Ein umfassende Datenspeicherung, ein effizientes Datenmanagement und eine intelligente Datennutzung sind unerlässlich, um die Informationen für den DPP zu erfassen, zu verwalten und zu aktualisieren. Unternehmen müssen sicherstellen, dass sie über die erforderlichen Prozesse und Technologien verfügen, um die Produktinformationen zu sammeln, zu speichern, zu verarbeiten und bei Bedarf abzurufen.

Ist ein Unternehmen „data economy ready“, erfüllt es laut Büchel/Engels (2022a; 2022b) die Voraussetzungen, um Daten effizient bewirtschaften zu können. Die Data Economy Readiness ist somit ein adäquater Indikator, der anzeigen kann, ob Unternehmen die Voraussetzungen dafür erfüllen, den DPP zu implementieren. Damit ergänzt Data Economy Readiness die im vorherigen Unterkapitel genannten Digitalisierungsindikatoren.

Konkreter geht es bei der Data Economy Readiness um den Umfang der digitalen Datenspeicherung, um die Art und Weise des Datenmanagements und um die Vielfalt der Datennutzung.³ 2021 und 2022 wurden jeweils mehr als 1.000 Unternehmen aus den Bereichen Industrie und industrienahen Dienstleistungen repräsentativ zu ihrer Data Economy Readiness befragt. Im Jahr 2021 waren 29 Prozent, im Jahr 2022 31 Prozent der Unternehmen „data economy ready“ (Abbildung 4-3). Es sind häufiger die großen Unternehmen mit mehr als 250 Beschäftigten, die die Voraussetzungen erfüllen, um Daten effizient bewirtschaften zu können. Unter diesen sind im Jahr 2022 sogar 77 Prozent „data economy ready“. Unter den Unternehmen mit bis zu 49 Beschäftigten sind es lediglich 30 Prozent. Um den DPP am Standort Deutschland implementieren zu können, ist es nötig, dass weitaus mehr Unternehmen „data economy ready“ sind.

Abbildung 4-3: Data Economy Readiness

Anteil der Unternehmen in Deutschland, die die Voraussetzungen erfüllen, um Daten effizient zu bewirtschaften, in Prozent



Quelle: Büchel/Engels (2022b)

So ist ein DPP nicht zu realisieren, wenn Produktdaten teilweise noch analog gespeichert werden. Dies ist bei 38 Prozent der befragten Unternehmen der Fall. Ähnliches gilt für die Etablierung einer Data Governance: Es braucht effektive Rahmenbedingungen, damit Unternehmen Daten effizient managen und nutzen können. Die Kernaufgabe der Data Governance innerhalb eines Unternehmens ist die Gewährleistung, dass Daten zur

³ Bei der Datenspeicherung geht es darum, inwiefern Personaldaten, Produktdaten, Produktions- und Prozessdaten, Kundenstammdaten, Kundennutzungsdaten, Lieferantendaten, Finanzdaten sowie Forschungs- und Entwicklungsdaten digital gespeichert werden. Beim Datenmanagement spielt der Einsatz einer Data Governance, die systematische und standardisierte Erfassung und Überprüfung von Daten, die Existenz von standardisierten und permanenten Schnittstellen für den internen Datenaustausch, die Bewertung von Daten, das Vorhandensein eines datenschutzrechtlichen Einwilligungsmanagements, das Vorhandensein einer Datenstrategie und die Suche nach neuen Datenquellen und Möglichkeiten der Datennutzung eine Rolle. Bei der Analyse geht es darum, inwiefern Daten zu folgenden Zwecken genutzt werden: Analyse, Sichtbarmachung und Dokumentation, Automatisierung und Steuerung, Prognose von Prozess- und Marktentwicklungen, (Weiter-)Entwicklung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen, Werbung und Marketing, Verkauf von Daten sowie unentgeltliche Abgabe von Daten.

richtigen Zeit am richtigen Ort ausschließlich für den Zugriffsberechtigten in der erforderlichen Datenqualität kontrolliert zur Verfügung gestellt werden (Engels/Schäfer, 2020). Zudem stellt die Data Governance sicher, dass das Unternehmen sowohl bezüglich externer als auch interner Vorgaben und Richtlinien zum Umgang mit Daten „compliant“ ist. Data Governance ist somit die Grundlage für die Gewährleistung von Datenqualität und Datenintegrität, die wiederum zentral für die Implementierung des DPP sind.

Um einen einheitlichen und aussagekräftigen DPP zu gewährleisten, müssen Unternehmen sicherstellen, dass ihre Daten von hoher Qualität sind. Dies beinhaltet die Überprüfung und Bereinigung der vorhandenen Daten sowie die Nutzung von Standards für die Erfassung neuer Daten. Produktinformationen müssen konsistent und vergleichbar sein. Unternehmen sollten Mechanismen zur Überprüfung der Datenqualität implementieren, beispielsweise durch automatisierte Validierungsprozesse oder regelmäßige Audits.

Außerdem ist die Datenintegrität wichtig. Oftmals verfügen Unternehmen über verschiedene interne Systeme und Datenbanken, in denen produktrelevante Informationen gespeichert sind. Um einen DPP erfolgreich einzuführen, müssen diese Datenquellen integriert werden. Dies kann die Implementierung von Schnittstellen oder die Nutzung von Datenbanken erfordern, die alle relevanten Informationen zusammenführen. Unternehmen müssen sicherstellen, dass die Datenintegrität gewahrt bleibt und Manipulationen oder Fälschungen der Produktinformationen verhindert werden. Sie müssen klare Richtlinien und Verfahren für den Zugriff auf Produktinformationen festlegen, um sicherzustellen, dass nur autorisierte Personen auf die Daten zugreifen können. Zugleich sollten Mechanismen zur Überwachung und Protokollierung des Datenzugriffs implementiert werden, um die Datensicherheit zu gewährleisten.

Die Gewährleistung der Datensicherheit – und auch des Datenschutzes – ist insbesondere erforderlich, da ein DPP mit sensiblen Produktinformationen verbunden sein kann. Neben entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen müssen Unternehmen den rechtlichen Anforderungen des Datenschutzes entsprechen.

Die Data Governance bildet die Rahmenbedingungen für Datenqualität, Datenintegrität, Datensicherheit und Datenschutz. Das Datenmanagement bringt diese in die Umsetzung. Entsprechend braucht es klare Richtlinien in den Unternehmen zum Umgang mit Produktinformationen, deren Erfassung, Aktualisierung, Aufbewahrung und Löschung. Momentan sind viele deutsche Unternehmen noch weit von einer umfassenden Data Governance entfernt. So geben nur rund 31 Prozent der Unternehmen in der Data-Economy-Readiness-Befragung im Jahr 2022 an, über eine Data Governance zu verfügen (siehe auch Büchel/Engels, 2023).

4.2.3 Data Sharing mit anderen Unternehmen

Neben dem effizienten Umgang mit Daten im eigenen Unternehmen ist es für die Implementierung des DPP wichtig, dass Unternehmen in der Lage und bereit sind, Daten mit anderen Unternehmen zu teilen. Das sogenannte Data Sharing betrachtet sowohl den Empfang von Daten aus anderen Unternehmen oder Institutionen als auch die Abgabe von Daten an andere Unternehmen oder Institutionen. Für die Implementierung des DPP ist beides relevant.

In vielen Fällen sind verschiedene Unternehmen, etwa Zulieferer, an der Herstellung eines Produkts beteiligt. Um einen umfassenden DPP zu implementieren, ist es wichtig, mit diesen Partnern zusammenzuarbeiten und eine gemeinsame Datenstruktur zu etablieren. Effektive Kommunikation und Koordination sind notwendig, um sicherzustellen, dass alle relevanten Produktinformationen erfasst, weitergegeben und aktualisiert

werden. Unternehmen müssen generell bereit sein, ihre Produktinformationen in einem gemeinsamen Datenpool zu teilen, um einen einheitlichen und interoperablen Produktpass zu ermöglichen. Gleichzeitig erhöht der unternehmensübergreifende Datenaustausch die Geschwindigkeit des Produktdesigns, wenn die Eigenschaften der Vorprodukte direkt digital ohne Informationsverluste in die Computer-Aided-Design- und Enterprise-Resource-Planning-Anwendungssysteme eingebunden werden.

Laut unveröffentlichten Ergebnissen der repräsentativen, im Herbst 2022 durchgeführten Data-Economy-Readiness-Umfrage, die auch die Grundlage für Büchel/Engels (2023) bildet, geben Unternehmen in Deutschland, die überhaupt unternehmensintern anfallende Produktdaten abgeben, 47 Prozent ihrer Produktdaten an andere Unternehmen ab. Andersherum empfangen Unternehmen, die generell Produktdaten von anderen Unternehmen empfangen, durchschnittlich 52 Prozent der genutzten Produktdaten von anderen Unternehmen. Insgesamt geben allerdings nur 21 Prozent der befragten 1.051 Unternehmen aus Industrie und industrienahen Dienstleistern überhaupt Daten an andere Unternehmen ab (Büchel/Engels, 2023). 38 Prozent der Unternehmen empfangen Daten von anderen Unternehmen. Für die Implementierung des DPP sollten alle beziehungsweise nahezu alle Unternehmen in Deutschland Produktdaten mit anderen Unternehmen teilen. Anders ist es nicht möglich, einen umfassenden DPP zu implementieren.

Rechtliche Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes, Urheberrechts und/oder Kartellrechts sind für 64 Prozent der Unternehmen ein Grund, keine beziehungsweise nicht noch mehr Daten abzugeben. Beim Datenempfang spielt das für 51 Prozent der Unternehmen eine Rolle. Bei einer ähnlichen Umfrage unter 1.002 Industrieunternehmen und industrienahen Dienstleistern im Herbst 2021 gaben 68 Prozent rechtliche Hemmnisse beim Teilen von Daten in Deutschland an (Büchel/Engels, 2022a). Von diesen hatten 88 Prozent datenschutzrechtliche Bedenken, 77 Prozent befürchteten den unberechtigten Zugriff durch Dritte. Diese Bedenken müssen durch eindeutige und auch eindeutig kommunizierte rechtliche Rahmenbedingungen ausgeräumt werden, damit Unternehmen den DPP erfolgreich implementieren. Besonders bei der Datenweitergabe zwischen Unternehmen spielen Datenschutz- und Sicherheitsaspekte eine zentrale Rolle. Unternehmen müssen sicherstellen können, dass sie geeignete rechtliche und vertragliche Vereinbarungen treffen, um die Sicherheit der Daten zu gewährleisten und die Einhaltung der geltenden Datenschutzbestimmungen sicherzustellen (siehe auch Fries/Scheufen, 2019, sowie Fries/Scheufen, 2023).

Auch technische Hemmnisse des Data Sharing gilt es zu lösen. In der 2021er-Umfrage gaben 22 Prozent der Unternehmen technische Hemmnisse an (Büchel/Engels, 2022a). Davon bemängelten 67 Prozent fehlende Standards für den Datenaustausch, 62 Prozent berichteten von fehlenden technischen Kenntnissen, 47 Prozent sahen die fehlende Skalierbarkeit der technischen Infrastruktur als Hemmnis. Technische Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit sind in der 2022er-Umfrage für 46 Prozent der Unternehmen ein Grund, warum sie keine oder nicht noch mehr Daten abgeben (Fraunhofer ISST, 2023). Für die Implementierung des DPP braucht es Schnittstellen zwischen den involvierten Akteuren und das technische Rüstzeug, damit alle den DPP bestücken und auslesen können.

5 Möglicher Aufbau eines DPP

Dieses Kapitel geht auf den möglichen Aufbau eines DPP ein, indem es inhaltliche und technische Elemente und für deren Umsetzung verfügbare Standards vorstellt. Zudem wird ein technisch direkt umsetzbarer DPP-

Prototyp auf Basis des Datenstandards ECLASS in Kombination mit der Asset Administration Shell (AAS) der Industrial Digital Twin Association (IDTA) illustriert.

5.1 Allgemeiner Aufbau

Der Aufbau eines DPP muss verschiedene inhaltliche und technische Aspekte berücksichtigen, damit der Produktpass Informationen entlang der Wertschöpfungskette oder des Lebenszyklus von Produkten digital bereitstellen kann. Dabei beziehen sich inhaltliche Aspekte darauf, welche Informationen in den DPP integriert werden und technische Aspekte darauf, wie das Ganze umgesetzt wird.

Inhaltlicher Aufbau

Der inhaltliche Aufbau des DPP muss das Gerüst bieten, alle erforderlichen Informationen zu dem Produkt zu erfassen und zu strukturieren. Diese Informationen ermöglichen es, eine eindeutige Identifikation des Produkts, wie Angaben zum Hersteller, Seriennummer und Modell, zu liefern. Zudem kann das Produkt selbst und seine Eigenschaften, wie Angaben zu Bestandteilen/Komponenten, Aussehen oder Funktionen, anhand der Informationen beschrieben werden. Auch umweltrelevante Informationen, wie unter anderem Angaben zum CO₂-Fußabdruck, können dadurch transparent abgebildet werden. Flankiert wird der Umfang dieser Angaben durch gesetzliche Vorgaben bezüglich der inhaltlichen Anforderungen an den DPP (siehe Kapitel 3.3.1). Dabei ergeben sich insbesondere aus den verschiedenen Lebenszyklusphasen eines Produkts unterschiedliche Informationen und Ansprüche an den Aufbau des DPP. Daraus ergeben sich folgende Anforderungen:

- **Semantische Informationen im Sinne von Stammdaten:** Die zu erfassenden Informationen beziehen sich auf verschiedene Aspekte und Merkmale des Produkts und stammen zum Teil aus unterschiedlichen Quellen. Merkmale sind in diesem Zusammenhang die erforderlichen und für das Produkt relevanten Informationen, die zur Identifikation, Beschreibung und Ökobilanzierung erforderlich sind.⁴ Daher gilt es, die gesamte Bandbreite an Informationen, die beispielsweise numerische oder alphabetische Angaben mit und ohne Bezugsgröße (zum Beispiel Einheiten) darstellen, zu verarbeiten.
- **Sich verändernde semantische Informationen:** Während Informationen zur Identifikation des Produkts einmalig und eindeutig eingetragen werden, verändern sich andere Angaben mit jedem Produktionsschritt. So zum Beispiel das Gesamtgewicht des Produkts, das sich mit jedem zugefügten Teil verändert oder der gesamte ökologische Fußabdruck des Produkts, der sich mit jedem Produktionsschritt und entlang der Lebensdauer des Produkts verändert.
- **Wachsender Informationsgehalt:** Der Informationsgehalt eines DPP wächst entlang der Wertschöpfungskette, da jeder Hersteller/Inverkehrbringer eines berichtspflichtigen Produkts einen DPP ausfüllt und dabei sämtliche Informationen zu allen Bestandteilen des Produkts (also die DPPs der Vorprodukte) berücksichtigen muss.

Technischer Aufbau

Technisch soll der Aufbau des DPP unterstützen, dass Informationen zu einem Produkt in Form von Daten zwischen Systemen übertragen werden. Diese werden nicht als einzelne Instanzen, sondern gebündelt übertragen. Dies erfolgt so, dass hinter jeder Instanz eine Bedeutung beziehungsweise der Bezug zum atomaren Bestandteil des Produkts steckt, dabei spricht man auch von semantischen Informationen. Der DPP bündelt Daten, transportiert diese und fungiert somit aus technischer Sicht als sogenannter Transportcontainer. Der

⁴ Die genauen Definitionen von Merkmalen beziehungsweise Properties finden sich in der IEC 61360 (VDE-Verlag, 2017).

DPP soll nicht nur von Menschen wie Herstellern, Lieferanten und Konsumenten eingesehen und entsprechend ihrer Berechtigungen bearbeitet werden, sondern auch durch Maschinen und Anwendungssysteme lesbar sein:

- **Austausch zwischen/innerhalb von Unternehmen:** Der Informationsaustausch kann zwischen Unternehmen stattfinden, erfolgt aber auch zwischen aufeinanderfolgenden Produktionsschritten oder Bereichen innerhalb eines Unternehmens.
- **Austausch zwischen technischen Systemen:** Der Aufbau des DPP muss der notwendigen Logik für die Kommunikation zwischen technischen Systemen entsprechen. Dabei fallen eine Vielzahl von Aufgaben an, die von der physischen Bitübertragung bis hin zu Darstellung der Informationen reichen (Laudon et al., 2010).
- **Einheitlicher und interoperabler Zugriff:** Als Transportcontainer ist der DPP vor allem für die Segmentierung des Datenstroms, die Stauvermeidung und Sicherstellung der fehlerfreien Übertragung zuständig (ebd.). Dadurch bietet der DPP einen einheitlichen Zugriff auf die in ihm enthaltenen Informationen. Zudem ist er interoperabel zwischen Systemen. Informationen werden jedoch unterschiedlich erfasst, strukturiert und aufbereitet. Technisch gibt es verschiedene Transportcontainer und nicht jeder eignet sich für den Transport für auf bestimmte Weise strukturierte Informationen. Semantische Informationen und Transportcontainer müssen technisch zusammenpassen, sonst sind die Informationen nicht oder nur mit Aufwand zu interpretieren.

Der DPP sollte also im Idealfall so aufgebaut sein, dass die Informationen, die für eine eindeutige Identifikation des Produkts, eine genaue Beschreibung des Produkts und seiner Eigenschaften sowie sämtliche umweltrelevanten Informationen sorgen, im DPP eingetragen werden können. So lassen sich die verschiedenen Angaben, sich verändernden Informationen und der wachsende Informationsgehalt nachvollziehen. Technisch wird dies begünstigt, wenn der DPP als Transportcontainer, also als Sammel- und Transportobjekt für sämtliche Informationen, dient, der die Informationen von verschiedenen internen und externen Sendern empfängt, ordnet und weitergibt.

Modularer Aufbau

Um den inhaltlichen sowie technischen Anforderungen an den DPP gerecht zu werden, ist ein modularer Aufbau zielführend. Ähnlich wie bei einem Baukastensystem lassen sich so die erforderlichen Komponenten zusammenbringen. Essenziell ist dabei, dass die einzelnen Komponenten des DPP auch zusammenpassen. Dieser Aufbau für einen DPP lässt sich vereinfacht in Analogie zu einem Zug abbilden (Abbildung 5-1):

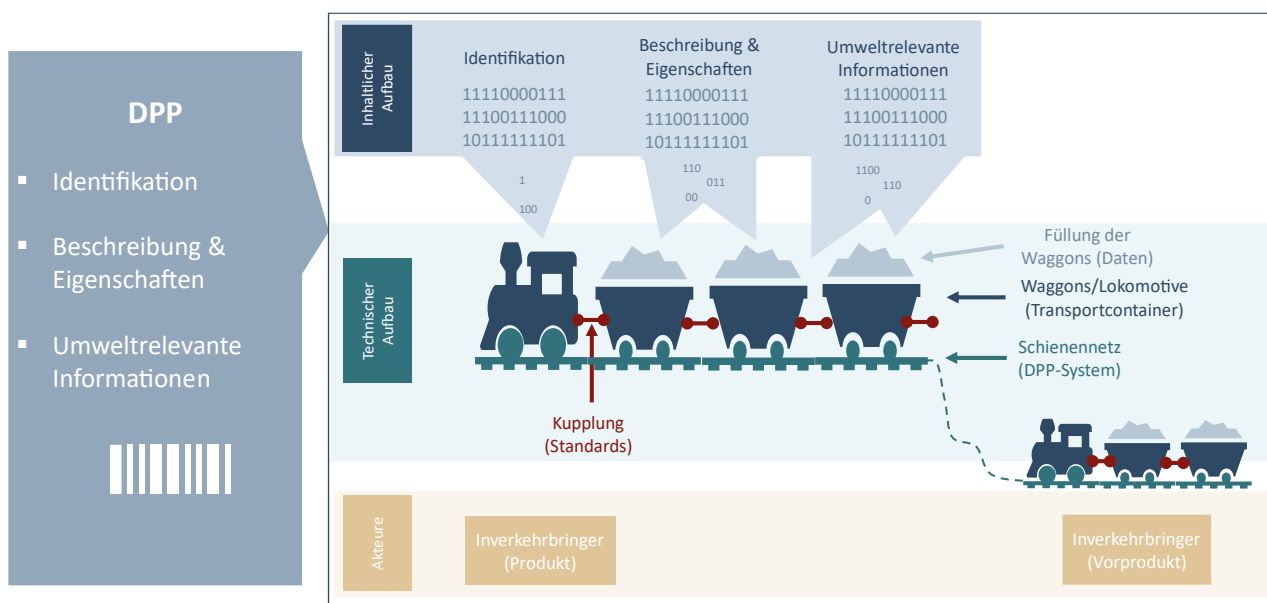
- **DPP:** Ein DPP zu einem Produkt wird von einem gesamten Zug, inklusive Lokomotive und Waggons, dargestellt. Dieser DPP wird von dem Inverkehrbringer des Produkts erstellt, beziehungsweise der Zug wird von ihm auf die Schiene gebracht. Der DPP besteht aus unveränderbaren Informationen, die nur dieses eine Produkt betreffen und es eindeutig identifizieren, repräsentiert von einer Lokomotive und weiteren Informationen zur Beschreibung des Produkts, seiner Eigenschaften und Funktionen sowie Angaben zu umweltrelevanten Faktoren und dem Lebenszyklus des Produkts, dargestellt als Waggons.
- **Transportcontainer:** Damit die Informationen auch im DPP transportiert werden können, bedarf es geeigneter Transportcontainer. Hier gilt: Nicht jede Art von Transportcontainer passt zu jeder Art von Information. Ähnlich wie beim Transport von Waren auf der Schiene eignet sich nicht jedes Waggonmodell für jeden Inhalt. So gibt es beispielsweise für den sicheren und bestmöglichen Transport von

Gas, Schüttgut oder Baumstämmen spezielle Waggons. Diese Logik lässt sich auch auf den DPP übertragen.

- **DPP-System:** Das DPP-System wird in dieser Analogie vom Schienennetz dargestellt. Ohne zugrundeliegende Infrastruktur lassen sich keine Informationen übermitteln.
- **Standards:** Das fehlende Bindeglied zwischen erfassten Informationen und technischer Infrastruktur bilden Standards. Die Daten der Informationen müssen zueinander passen und vom Inverkehrbringer integriert werden können, sodass am Ende ein vollständiger DPP entstehen kann. Standards bilden sozusagen die Kupplung zwischen der Lokomotive und den einzelnen Waggons, die die Informationen miteinander kompatibel machen und vor allem zusammenhalten. Aber auch für das DPP-System sind Standards entscheidend: Ohne eine standardisierte Schiene kann der Zug nicht fahren. Die Analogie lässt sich bezüglich Standards beliebig auf den Zug anwenden.

Abbildung 5-1: Vereinfachte Darstellung des Aufbaus eines DPP

Welche Informationen sollen gespeichert werden und wie kann das umgesetzt werden?



Quelle: Eigene Darstellung

Standards für Semantik und Transportcontainer stellen Transparenz, nachhaltige Information und Interoperabilität her, so dass Interpretationskosten entfallen. Sie sind zudem dann relevant, wenn ein Inverkehrbringer eines Produkts Vorprodukte anderer Hersteller bezieht. Die Informationen zu diesen Vorprodukten werden aus deren DPPs in den DPP des Produkts integriert. In der Zug-Analogie würde das bedeuten, dass ein anderer Zug in den Zug integriert wird.⁵ Das funktioniert allerdings nur, wenn die DPPs kompatibel beziehungsweise interoperabel sind, die Züge in der Analogie mit der gleichen Spurbreite fahren und das gleiche Kupplungssystem verwenden. Der DPP enthält mehr Informationen beziehungsweise der Zug wird länger, je höher die Anzahl an einzelnen Bestandteilen beziehungsweise an Waggons ist.

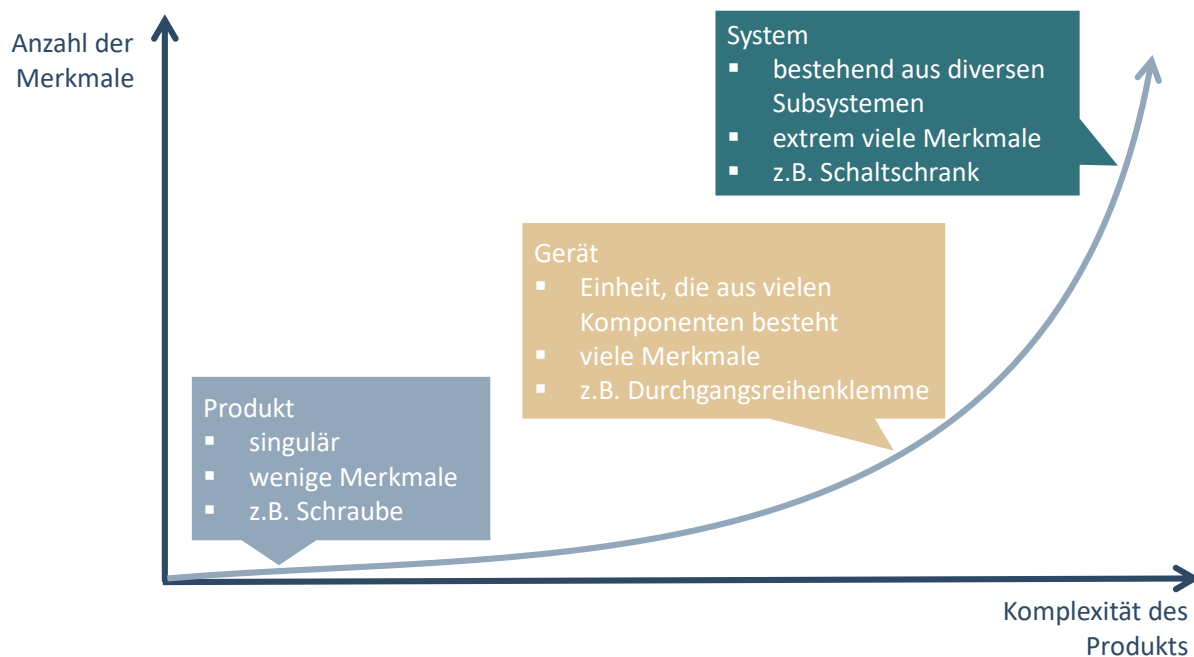
⁵ Ob dieser Zug inklusive der Lok oder nur die Waggons integriert werden, hängt in der Praxis von dem Prozess, der Lebenszyklusphase und dem Produkt ab.

Beherrschung von Komplexität

Die Menge an zu verarbeitenden Informationen in einem DPP zu einem Produkt hängt insbesondere davon ab, wie komplex dessen Herstellung ist. Bei einem einfachen Produkt wie einer Schraube ist davon auszugehen, dass es aus wenigen Bauteilen besteht und nur wenige Produktionsschritte durchläuft. So ist zu erwarten, dass auch der DPP dieses Produkts nur wenige Merkmale enthält. Mit steigender Komplexität eines Produkts, zum Beispiel im Falle von Geräten wie einer Sicherung oder Systemen wie einem Schaltschrank, die sich wiederum aus Subprodukten beziehungsweise Subsystemen zusammensetzen, steigt auch die Anzahl an Komponenten, aus denen es besteht. Dadurch muss der DPP mehr Informationen erfassen und enthält eine Vielzahl von Merkmalen (Abbildung 5-2). In Kapitel 5.3 wird dies auf Basis des Datenstandards ECLASS exemplarisch verdeutlicht.

Abbildung 5-2: Anzahl der im DPP enthaltenen Merkmale eines Produkts

Anzahl der Merkmale steigt mit Komplexität des Produkts



Quelle: Eigene Darstellung

Hiesige DPPs müssen entsprechend der Wirtschaftsstruktur in Deutschland komplexe Anforderungen erfüllen. Die deutsche Wirtschaft ist gemessen an der Bruttowertschöpfung zwar geprägt von Dienstleistungen (69 Prozent), aber die deutsche Industrie, mit ihren typischerweise komplexen Produkten ist weiterhin relativ bedeutend, vor allem auch im Vergleich mit vielen anderen europäischen Staaten. Das Produzierende Gewerbe (ohne Bau) spielt mit 23 Prozent (2022) noch eine wichtige Rolle. Jeder fünfte Euro wird in Deutschland allein im Verarbeitenden Gewerbe erwirtschaftet (Destatis, 2023). Die Komplexität der Produkte erhöht sich, wenn sie aus einer Vielzahl von Vorleistungen (produzierte Waren, Dienstleistungen, Rohstoffe und Energie) bestehen. Im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland betrug die Vorleistungsquote im Jahr 2022 69 Prozent (Destatis, 2023; IW Consult, 2023). Die Vernetzung über Vorleistungen führt dazu, dass der DPP eines Endprodukts aus vielen einzelnen DPPs besteht.

Leistungsstärke

Je nach Branche und Komplexität der Produkte bestehen unterschiedliche Anforderungen an den DPP beziehungsweise an die Leistung des DPP-Systems. Leistungsstärkere Systeme und Informationsmodelle sind für Industriezwecke und hochkomplexe Produkte wichtig, für andere Branchen jedoch unbrauchbar und zu bürokratisch, da sie durchaus komplex werden und technische Voraussetzungen benötigen, die nicht überall gegeben sind. Ein Beispiel für ein einfaches DPP-System ist ein QR-Code-basiertes Label, das in bestimmten Branchen wie zum Beispiel der Textilindustrie ausreichen könnte, aber nicht für den Datentransport bei komplexeren Produkten geeignet ist. Es ist daher davon auszugehen, dass der Aufbau eines DPP von Branche zu Branche unterschiedlich gestaltet werden kann, auch wenn dieselben technischen und inhaltlichen Anforderungen bestehen.

5.2 Verfügbare Standards

Damit alle beteiligten Akteure die nötigen Informationen zum Produkt einsehen und ergänzen können, ist eine strukturierte und vor allem standardisierte Informationserfassung, Informationsablage und -weitergabe zwingend notwendig. Ein Standard ist eine schriftliche Darlegung, die Anforderungen, Spezifikationen, Leitlinien oder Eigenschaften präsentiert. Seine kohärente Anwendung gewährleistet, dass Materialien, Produkte, Abläufe und Dienstleistungen für ihre beabsichtigte Verwendung geeignet und entsprechend einsetzbar sind (ISO, 2017). Daher sind Datenstandards eine wichtige Basis für den Aufbau von DPPs. Globale Standards sind ein sinnvolles Instrument (GS1 Germany, 2023). Die Europäische Kommission plant im Rahmen der Ökodesign-Verordnung, dass alle im DPP enthaltenen Informationen auf offenen Standards in interoperablem Format beruhen sollen, die maschinenlesbar, strukturiert und durchsuchbar sein müssen (Europäische Kommission, 2022a, Artikel 9d).

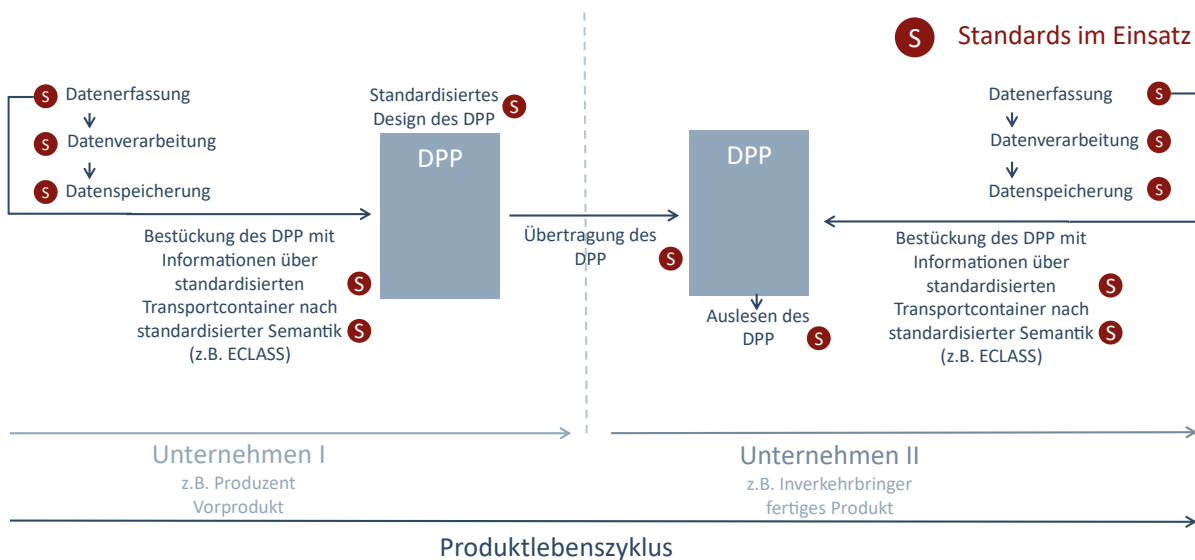
Bei den Standards zeigt sich abermals die Komplexität des DPP-Konzepts. Der Spagat zwischen sektor- und systemübergreifenden, aber dennoch spezifischen Vorgaben erfordert ein hohes Maß an Abstimmung (DIN/DE/VDI, 2023). Deswegen ist es notwendig, sich nicht nur mit den unterschiedlichen Anforderungen, sondern auch mit existierenden Standards für die entsprechenden Produktgruppen beziehungsweise Branchen(-gruppen) auseinanderzusetzen. Während sich durch branchenspezifische Lösungen eine schnellere Standardisierung innerhalb der Branche erreichen lässt, ist eine Vergleichbarkeit über verschiedene Branchen hinweg nicht mehr gegeben. Branchenübergreifende Standards bieten den Vorteil, Interoperabilität eher am Ende der Wertschöpfungskette zu sichern. Für den DPP wäre es daher sinnvoll, wenn branchenübergreifend eine standardisierte Informationserfassung umgesetzt wird. Zudem beeinflussen die Phase des Produktlebenszyklus sowie der Prozessabschnitt innerhalb der Datenübertragung die erforderlichen Standards, da zum Beispiel Standards im Zusammenhang mit der Entsorgung erst am Ende des Produktlebenszyklus relevant werden.

Einen schematischen Überblick über die Vielzahl der Schnittstellen von Standards mit einem DPP gibt Abbildung 5-3. Bei jedem Schritt der Informationssammlung von der Erfassung, Speicherung, Verarbeitung, bis hin zur Bestückung, dem Aussehen, der Übertragung und dem Auslesen des DPP werden Standards benötigt. Standards regeln beim DPP unter anderem den Umgang mit den produktbezogenen Daten. Sie liefern einheitliche Bezeichnungen und Dokumentationspflichten. So können Informationsverluste an den Schnittstellen innerhalb und zwischen den Unternehmen vermieden und ein einheitliches Verständnis der Informationen gewährleistet werden (Engels, 2017). Datenstandards erleichtern vor allem den im Zusammenhang mit dem DPP essenziellen Datenaustausch zwischen Unternehmen. Vorgegebene

Strukturen, wie sie beispielsweise der Datenstandard ECLASS bereitstellt, optimieren die mit dem Datenaustausch verbundenen Geschäftsprozesse, indem sie für eine standardisierte Semantik sorgen. Davon können alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette profitieren (ebd.).

Abbildung 5-3: Schematische Darstellung der Relevanz von Standards für den DPP

Informationssammlung entlang der Lebenszyklusachse eines Produkts



Quelle: Eigene Darstellung

(Daten-)Standards sind auch für die Transformation zu einer Circular Economy von Bedeutung. Das Denken und Wirtschaften in Kreisläufen erfordert von allen beteiligten Akteuren entlang der Wertschöpfungskette eine deutlich höhere Kooperations- und Kommunikationsbereitschaft als in einer linearen Wirtschaft. Zirkuläre Geschäftsmodelle brauchen Vernetzung und Kollaboration, denn nur durch die Kombination einzelner kreislauforientierter Geschäftsmodelle etabliert sich eine gesamtwirtschaftliche Kreislaufführung (Fluchs et al., 2022). Um den Wert eines Produkts tatsächlich so lange wie möglich zu erhalten, müssen nicht nur Hersteller mehr Verantwortung übernehmen, sondern auch die Abstimmung zwischen den Akteuren muss zunehmen. Der Übergang zu einer Circular Economy ist somit nicht nur mit einer radikalen Umgestaltung ganzer Wertschöpfungsketten, sondern auch mit steigenden Anforderungen an die Verwaltung von Komplexität verbunden. Durch die standardisierte Informationserfassung lassen sich Reparaturen, Recycling oder die Einsparung von Ressourcen überhaupt erst flächendeckend umsetzen. Normen und Standards vereinfachen daher nicht nur Prozesse, sondern wirken sich auch positiv auf die Wirtschaftlichkeit von zirkulären Strategien aus (DIN/DKE/VDI, 2023). Gleichzeitig sind auch Wettbewerbsvorteile für zirkulär wirtschaftende Unternehmen gegenüber linear ausgerichteten Unternehmen zu erwarten (siehe auch Kapitel 4.1).

Für die Umsetzung des in diesem Report beschriebenen Aufbaus eines DPP (Kapitel 5.1) werden vor allem Standards aus den folgenden drei Bereichen relevant:

- **Datenstandards für die Identifikation.** Sie ermöglichen eine eindeutige und überschneidungsfreie Kennzeichnung von Produkten. Hierzu existieren in der Industrie bereits Typenschilder oder QR-Codes, die auf identifizierende Kennzeichnungen verweisen.

- **Datenstandards für die Klassifikation und Beschreibung.** Sie liefern eine einheitliche Beschreibung von Produkten und ihren Eigenschaften für deren Vergleich. Die Klassifikation sorgt für eine Art warengruppentechnische Einordnung des Produkts. Die Beschreibung zeigt die produktindividuellen Eigenschaften und Charakteristika des Produkts auf. Beispiele für diese Art von Datenstandards sind der Stammdatenstandard ECLASS, ETIM⁶, ein Standard für den Austausch von Produktdaten elektronischer Produkte oder der United Nations Standard Products and Services Code (UNSPSC)⁷, ein Standard für das E-Procurement.
- **Standards für die Erfassung von umweltrelevanten Informationen.** Sie ermöglichen verlässliche und einheitliche Angaben über erforderliche Umweltinformationen. Dazu gehört die Angabe von vergleichbaren Emissionen wie CO₂ und anderen Treibhausgasen entlang des Produktlebenszyklus, die normierten Berechnungsmethoden folgen. Zusätzlich werden Informationen zur Entsorgung beschrieben, die sich in den Produkthandbüchern finden. In Deutschland sind beispielsweise die DIN ISO 14064-1 sowie der Corporate Standard des Greenhouse Gas Protocols für die Erfassung von Treibhausgasen von Unternehmen weit verbreitet (WBCSD/WRI, 2004).

Welche konkreten Standards eingehalten werden müssen, hängt von der Branche beziehungsweise dem Produkt ab. Dabei werden die formalisierten Anforderungen in Form von Normen festgehalten. Normen stellen allgemein anerkannte und als verbindlich geltende Regeln und Maßstäbe dar, die bei der Bewertung von Qualität, Leistung und Sicherheit von etwas herangezogen werden. Da der DPP als Instrument für die Förderung einer Circular Economy diskutiert wird, werden auch die im Hinblick auf die Erfüllung der Ansprüche einer Circular Economy entstehenden zusätzlichen Normungsbedarfe, beleuchtet. Diese werden in Deutschland im Rahmen der Normungs-Roadmap für unterschiedliche Branchen identifiziert. Um den gesamten Produktlebenszyklus zu berücksichtigen, basiert dieser Prozess auf den von Potting et al. (2017) und Kirchherr et al. (2017) entwickelten Strategien für eine Kreislaufwirtschaft, den sogenannten 9R-Strategien⁸. In Bezug auf den DPP werden generell normative Grundlagen „zum Aufbau zur Gruppierung von produktspezifischen Inhalten und deren Darstellung“ gefordert (DIN/DKE/VDI, 2023). Allerdings werden von nationalen und internationalen Normungsinstituten wie DIN, DKE/VDE, CEN, CENELEC und letztlich ISO- und IEC-Normen erarbeitet und veröffentlicht, jedoch bislang keine digitalen Standards zur Erfüllung eines DPP oder digitalen Datenaustauschs.

Obwohl die Transformation zu einer Circular Economy viele Normungsbedarfe mit sich bringt und die Auswirkungen, die daraus für den DPP entstehen derzeit noch unbestimmt sind, lassen sich die Anforderungen auf abstrakter Ebene dennoch umsetzen. Indem für den DPP eine Infrastruktur (DPP-System) geschaffen wird, die flexibel genug ist, um sektor- und systemübergreifende Informationen aufzunehmen und gleichzeitig spezifisch genug, um konkrete Anforderungen für entsprechende Bereiche einzuhalten, können Standards und Normen in den Aufbau des DPPs integriert werden. Der Vorschlag für die Ökodesign-Verordnung weist dabei unter anderem auf die GTIN (Global Trade Identification Number) gemäß der Norm ISO/IEC 15459-6 oder einer gleichwertigen Kennung von Produkten oder Teilen davon hin.

⁶ Der ETIM-Standard ist der internationale Standard für die Klassifizierung technischer Produkte für den B2B-Produktdaten-Austausch. Ursprünglich stand ETIM für "Elektrotechnisches Informationsmodell". Heute repräsentiert das "E" in ETIM keinen konkreten Begriff mehr, da es auf weitere Branchen ausgedehnt wurde und weltweit Anwendung findet. (ETIM Deutschland, o. J.)

⁷ Der UNSPSC ist ein Klassifikationssystem der Warenwirtschaft, dass insbesondere im E-Commerce im amerikanischen Raum Anwendung findet (UNSPSC, 2023). UNSPSC fehlen allerdings semantische Merkmale zur Beschreibung.

⁸ R0 Refuse, R1 Rethink, R2 Reduce, R3 Reuse, R4 Repair, R5 Refurbish, R6 Remanufacture, R7 Repurpose, R8 Recycle und R9 Recover (Potting et al., 2017; Kirchherr et al., 2017).

5.3 DPP-Prototyp auf Basis des Datenstandards ECLASS

Der vorliegende DPP-Prototyp greift den Bedarf der deutschen Industrie auf, komplexe Zusammenhänge bei der Wertschöpfung von Produkten in einem DPP abzubilden (siehe auch Kapitel 5.1). Der vorgestellte DPP ist daher insbesondere technisch darauf ausgelegt, robuste Eigenschaften zu haben, um geforderte Inhalte und die gegebene Komplexität der Produktmerkmale zu erfassen. Für die Konzipierung des Prototyps bildet insbesondere die Abstimmung der inhaltlichen und technischen Anforderungen mit einem geeigneten Datenstandard die Basis. Dieser iterative Prozess erfordert die Auseinandersetzung mit folgenden Fragen:

- Welcher **Datenstandard** eignet sich gleichzeitig für eine einheitliche Semantik der Informationserfassung im DPP und bietet sich für seine technische Umsetzung an?
- Welche **Inhalte** müssen erfasst werden, damit eine eindeutige Identifikation, Beschreibung und Ökobilanzierung für das Produkt möglich werden?
- Wie gestaltet sich der **modulare technische Aufbau**, insbesondere hinsichtlich des Transportcontainers für den Datentransport und den Zugangsberechtigungen zu Informationen?

Ein konkreter Vorschlag für einen technisch direkt umsetzbaren DPP-Prototyp auf Basis des ECLASS-Datenstandards in Kombination mit der ASS erläutert:

Datenstandard

Ein Datenstandard, der obenstehenden Anforderungen gerecht wird, ist ECLASS. Er ist ein Standard für die Klassifizierung und eindeutige Beschreibung von Produkten und Dienstleistungen (ECLASS, 2023). Im Vergleich zu anderen Datenstandards wie dem Common Procurement Vocabulary (CPV) der EU⁹ oder dem UN-SPSC findet ECLASS global Anwendung. Zudem ist ECLASS branchenübergreifend anwendbar, anders als beispielsweise der Datenstandard ETIM, der auf die Elektrobranche zu geschnitten ist. Die Nutzung eines solchen Datenstandards sichert die einheitliche Aufbereitung von Produktdaten, die Möglichkeit der Übersetzung der Informationen in andere Sprachen und den digitalen Austausch auf internationaler Ebene. Der ECLASS-Standard erscheint für die Erfüllung der Anforderungen an den DPP vor allem geeignet, da auch die einheitliche Datenstruktur, die Verwendung von eindeutigen Codes, die jährliche Anpassung des Datenstandards an Anforderungen verschiedener Branchen, Märkte und Produktinnovationen gegeben sind. Darüber hinaus werden menschlich lesbare Normen von ISO und IEC bei ECLASS semantisch maschineninterpretierbar umgesetzt. Dies ist wichtig für die europäische produzierende Industrie, damit ihre in Verkehr gebrachten Produkte normkonform sind.

Inhalte

Welche Merkmale ein DPP verpflichtend erfassen muss, ist noch nicht entschieden. Allerdings deckt der ECLASS-Standard verschiedene Branchen sowie Produkt- und Warengruppen ab, sodass die Voraussetzung für ein breites Anwendungsfeld gegeben ist. Der ECLASS Standard liefert dabei vor allem ein *Strukturierungsprinzip* für die im DPP zu erfassenden Informationen.

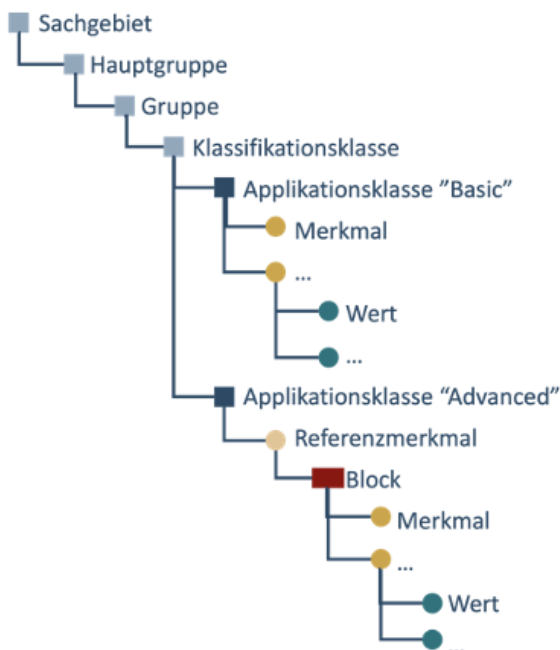
⁹ Der CPV-Standard stellt die Grundlage für das gemeinsame Vokabular der EU für öffentliche Aufträge dar und dient der einheitlichen Beschreibung von Auftragsgegenständen (Europäische Kommission, 2008).

Merkmale erfassen die konkreten Produktattribute, wie beispielsweise Breite, Höhe usw., welche zum Teil sehr produktspezifisch sind: Beispielsweise hat jedes Produkt ein Gewicht, aber nicht für jedes Produkt ist die Bemessungsspannung relevant. Das hat zur Folge, dass bestimmte Attribute nach der ECLASS-Klassifizierung nur für bestimmte Produktgruppen Anwendung finden. Je nachdem für welches Produkt ein DPP erstellt wird, sind die erfassten Merkmale also verschieden und es kann kein Standardkatalog abgearbeitet werden. Für die Festlegung dieser Attribute bieten Normungen, das heißt DIN, CEN, ISO sowie DKE/IEC, Orientierung für Anwender und damit auch für den DPP. Ferner weiß vor allem die Industrie welche produktspezifischen Merkmale relevant sind. Zuletzt hat die europäische und asiatische Industrie weitere Merkmale für treffende Produktbeschreibungen direkt aus dem Produktdesign erarbeitet und in ECLASS standardisiert.

Der ECLASS-Standard ist hierarchisch aufgebaut und umfasst verschiedene Elemente (Abbildung 5-4). Die Klassen beziehungsweise Warengruppen erlauben eine erste Produktgruppierung und führen zu einer ersten Ordnung. Diese Ordnung reicht dabei vom Groben, zum Beispiel der Zuordnung einer Branche, bis ins Feine, zum Beispiel die Benennung eines speziellen Produkts. Die Klassifizierung ordnet Produkte zunächst über die vier Ebenen Sachgebiet, Hauptgruppe, Gruppe und Klassifikationsklasse zu, bevor die eigentlichen Merkmale des Produkts aufgeführt werden.

Abbildung 5-4: Aufbau des ECLASS-Standards

Hierarchischer Aufbau mit vier Klassifizierungsebenen



Quelle: ECLASS e.V., 2023

Modularer technischer Aufbau

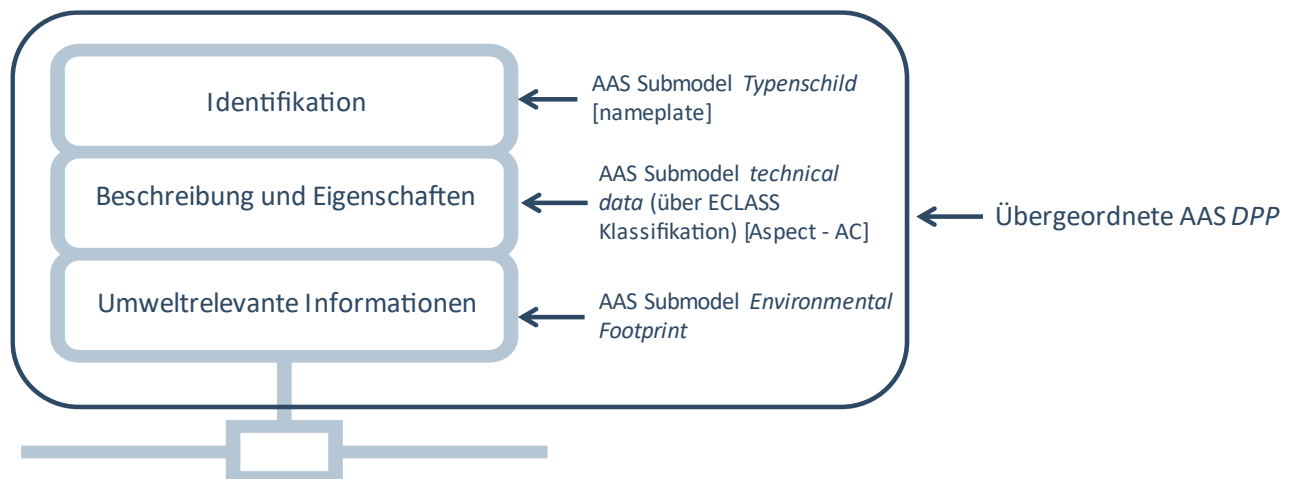
Die Wahl des Transportcontainers hat maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung des modularen Aufbaus des DPP. Der geforderte inhaltliche Umfang des DPP (Identifikation, Beschreibung, Ökobilanzierung) ist mit ECLASS erfüllbar, lässt sich jedoch technisch nur umsetzen, sofern offene Transportcontainer für den Datenaustausch genutzt werden.

Transportcontainer: Für das digitale Abbild komplexer Produkte in industriellen Branchen bieten sich erfahrungsgemäß robuste Transportcontainer wie die sogenannte Verwaltungsschale (Englisch: Asset Administration Shell, AAS) an, insbesondere da größere Datenmengen transportiert werden müssen. Die AAS wird von der Industrial Digital Twin Association (IDTA) standardisiert; sie ist ein Konsortialstandard (IDTA, o.J.). Das bedeutet, dass sie derzeit noch von einem eingeschränkten Kreis an Mitwirkenden erarbeitet wird und noch nicht in Normungsorganisationen überführt ist. Im Grunde ermöglicht die AAS die Umsetzung eines „Digitalen Zwillings“ für die Industrie 4.0, also eines digitalen Abbilds des Produkts. Neben der AAS existiert eine Vielzahl von proprietären Containern einzelner Softwarehersteller. Die AAS eignet sich für den vorliegenden DPP-Prototypen, da sie ein offener Transportcontainer ist und einen modularen Aufbau erlaubt. Zudem lässt sich der gesamte Lebenszyklus von Produkten, Geräten und Maschinen abdecken und die Interoperabilität, die im Rahmen des DPPs wichtig ist, kann unternehmensübergreifend hergestellt werden (BMWK, 2022; Plattform Industrie 4.0, 2019). Der Aufbau einer AAS orientiert sich am DIN EN IEC 63278-1 (Struktur der Verwaltungsschale für industrielle Anwendungen) und funktioniert ähnlich wie bei einem Baukastensystem. Eine übergreifende AAS beinhaltet verschiedene Submodelle, die wiederum die Merkmale für einen bestimmten Aspekt des Produkts bündeln.

Ein DPP könnte unter Verwendung des ECLASS-Standards wie folgt gestaltet sein (Abbildung 5-5): Eine übergeordnete AAS wird für den DPP angelegt. Diese wird mit drei Submodellen gefüllt, die die erforderlichen und für das Produkt relevanten Informationen zur Identifikation, Beschreibung und Ökobilanzierung bündeln und bereitstellen.

Abbildung 5-5: Modularer Aufbau des DPP mit ECLASS

DPP mit drei Submodellen einer AAS



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf ECLASS e.V. (2023)

Die Submodelle umfassen je nach Produktgruppe einen vorgefertigten Merkmalskatalog, der die Informationen enthält, die für einen vollständigen DPP für ein Produkt erfasst werden müssen, die spezifischen Attribute unterscheiden sich dabei jedoch von Produkt zu Produkt. Tabelle 5-1 gibt einen Überblick über mögliche Merkmale, die Submodelle für ein Produkt erfassen können.

Tabelle 5-1: Mögliche Inhalte eines DPP mit ECLASS-Semantik

Identifikation, Beschreibung und Eigenschaften sowie umweltrelevante Informationen als Submodelle der AAS

Submodell	ECLASS Bezeichnung Submodell	Merkmale
Identifikation	AAS Submodel <i>Typenschild</i> [nameplate]	Herstellername
		Adresse
		Seriennummer
		Baujahr
		Kennzeichnungen
		Anzahl der Kennzeichnungen
		Kennzeichnungen
		Kennzeichnungsname
...		
Beschreibung und Eigenschaften	AAS Submodel <i>technical data</i> (über ECLASS Klassifikation) [Aspect – AC]	Größe
		Form
		Material
		Funktionen
		...
Umweltrelevante Informationen	AAS Submodel <i>Environmental Footprint</i>	Carbon Footprint
		Anzahl der PCF-Methoden
		Anzahl der TCF-Methoden
		Product Carbon Footprint (PCF)
		PCF-Berechnungsmethode
		PCF CO2eq
		PCF-Bezugsgröße für die Berechnung
		PCF-Mengenangabe für die Berechnung
PCF-Lebenszyklusphase		
...		

TCF: Transport Carbon Footprint; PCF: Product Carbon Footprint

Quelle: ECLASS e.V. (2023)

Zugangsberechtigungen

Zudem kann die Zugangsberechtigung zu den Informationen (privat/öffentlich) über die Submodelle definiert werden (BMWK, 2022; VDE Verlag, 2022). Tabelle 5-2 gibt an, welche Zuteilung dem vorgestellten DPP-Prototypen zugrunde liegt. Insbesondere geht es darum, wettbewerbsrelevante Informationen und Geschäftsgeheimnisse zu schützen, gleichzeitig aber alle notwendigen Informationen für Akteure entlang der Wertschöpfung von Produkten bereitzustellen.

Tabelle 5-2: Zugangsberechtigungen des DPP-Prototyps

Übersicht über die Zugangsberechtigungen der Submodelle

	Öffentlich (öffentlich zugänglich)	Privat (geschützt, nach Berechtigung)
Identifikation	Informationen zur eindeutigen Identifikation des Produkts (Hersteller, Produkt, Baujahr, Verortung)	
Beschreibung und Eigenschaften eines Produkts	Merkmale, die Form, Größe und Funktion beschreiben	Merkmale, die wettbewerbsrelevante Informationen enthalten (z.B. Pateninformationen, Rezepturen, Verbrauchsdaten)
Umweltrelevante Informationen zum Produktlebenszyklus	Regulatorische Informationen	Industriell gewünschte Informationen (z.B. Information über Datenqualität, interne Scorings)

Quelle: Eigene Darstellung

Anschauungsbeispiele

Um das Ausmaß der Komplexität und des Umfangs der zu erfassenden Merkmale zu verdeutlichen, folgen zwei Anschauungsbeispiele auf Basis von ECLASS (siehe auch Tabelle 7-1 und Tabelle 7-2 im Anhang):

- **Schraube:** Als Beispiel für ein Produkt mit wenigen Merkmalen dient eine handelsübliche Schraube. Tabelle 7-1 beinhaltet einen Auszug der zu erfassenden Merkmale. Das Submodell *Typenschild* erfasst dabei sämtliche Informationen zum Hersteller des Produkts. Für die Beschreibung der Schraube und die Darstellung ihrer Eigenschaften werden vor allem Aussehen, Größe und Material beschrieben. Dies ist im Submodell *technical data* über die bestehende ECLASS-Applikationsklasse erfasst. Die Erfassung der umweltrelevanten Informationen stellt in diesem Beispiel einen anhand ISO 14044 berechneten CO₂-Fußabdruck dar. Die Berechnung erfolgt für den Lebenszyklusabschnitt „Herstellung“.
- **Durchgangsreihenklemme:** Das zweite Beispiel bildet einen DPP für eine Durchgangsreihenklemme (auch bekannt als „Sicherung“) ab. Eine Durchgangsreihenklemme ist ein Produkt, das sich anders als die Schraube aus vielen Komponenten mit unterschiedlichen Eigenschaften zusammensetzt. Daraus ergibt sich eine Vielzahl von Merkmalen, die in einem DPP erfasst werden müssen. Die Merkmale selbst werden entsprechend der für diese Produktklasse vorgesehenen industriellen Anforderungen sowie in Teilen entsprechend der Normungen (DIN, EN, ISO, DKE/IEC) bestimmt. Tabelle 7-2 beinhaltet einen Auszug aus dem Prototyp des DPP für eine Durchgangsreihenklemme, der den Umfang der zu erfassenden Merkmale verdeutlicht.

Herausforderungen

Derzeit sind die in den Submodellen enthaltenen Merkmale noch nicht überschneidungsfrei. Insbesondere Teile der umweltrelevanten Informationen sind bereits im Submodell enthalten, das die Beschreibung und Eigenschaften des Produkts erfasst. Durch neue Anforderungen an Produkte im Rahmen der geplanten EU-Ökodesign-Verordnung erhalten die Informationen, darunter Materialeigenschaften, jedoch einen neuen Stellenwert und werden ein eigenes Submodell benötigen. Dies stellt in der ersten Phase der Entwicklung eines Prototyps zunächst kein Problem dar, zeigt aber relevante Ansatzpunkte für die weitere Entwicklung auf.

Laut der Normungs-Roadmap Circular Economy von DIN/DKE/VDI (2023) ist ungeklärt, wie Daten, die bereits in Datenbanken öffentlich zugänglich sind, in den DPP integriert beziehungsweise verknüpft werden sollen, damit eine Mehrfachbereitstellung von Informationen an unterschiedlichen Stellen vermieden wird. Auch wird Klärungsbedarf dahingehend gesehen, wie weitergehende Informationen von Vorprodukten oder nachgelagerten Daten, die im Laufe des Lebenszyklus entstehen, integriert werden können. ECLASS kann Informationen so bündeln, dass eine Mehrfachbereitstellung vermieden und der wachsende Informationsbedarf im Lebenszyklus berücksichtigt werden kann. Aktuell gibt es verschiedene öffentliche Datenbanken für Produktinformationen, die teilweise auch überschneidende Informationen enthalten. Die öffentliche Hand ist hier in der Pflicht diese Informationen besser zu bündeln.

Der Austausch von Produktinformationen kann entlang der Wertschöpfungskette erfolgen, da sich ECLASS-Daten kompatibel mit den meisten Produktmanagement-Systemen in Unternehmen, zum Beispiel SAP, nutzen lassen. Wesentliche Vorteile von ECLASS sind:

- Die Interoperabilität zwischen Unternehmen und Systemen ist gegeben.
- Das Baukastensystem erlaubt, dass verschiedene Transportcontainer-Formate ausgewählt und Submodelle auf einen DPP zugeschnitten werden können.
- Die Anforderungen der europäischen Industrie werden erfüllt.
- Die Konformität mit Normen ist gegeben und semantisch umgesetzt.
- Die sehr breite, aber gleichzeitig detaillierte und spezifische Aufstellung der Informationsstrukturierung in Bezug auf die Anwendungsfelder und die einfache Handhabung ermöglichen eine praxisnahe Lösung.
- Die regelmäßigen Aktualisierungen bieten einen Vorteil gegenüber anderen Systemen.

6 Fazit

Mit der geplanten EU-Ökodesign-Verordnung für nachhaltige Produkte werden entscheidende Weichen gestellt, damit Produkte künftig stärker nach Circular-Economy-Prinzipien ausgerichtet werden. Hierfür ist das Wissen sowohl über die vorgelagerten Wertschöpfungsstufen als auch über die Auswirkungen des eigenen Handelns auf nachgelagerte Wertschöpfungsstufen wesentlich. Ein wichtiger Enabler ist der DPP, da über ihn notwendige Daten und Vernetzungsmöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden. Das Ziel des DPP ist, für eine bessere Transparenz entlang der industriellen Wertschöpfungskette zu sorgen, indem produktspezifische Informationen digital gespeichert werden. Allerdings sorgt der DPP per se nicht für geringere Umweltfolgen durch Produkte. Diese hängen vor allem von ihrem Design und der Wahl der Materialien ab (Europäischer Rechnungshof, 2023).

In der derzeitigen Debatte fehlt ein konkreter Vorschlag für die Umsetzung eines DPP, obgleich Vorschläge bezüglich der Anforderungen an Produkte (Ökodesign) existieren sowie Datenstandards für die Erfassung der Informationen über die Produkte bestehen.

Auch erfüllen viele Unternehmen in Deutschland noch nicht die Voraussetzungen für die Implementierung eines DPP, darunter eine hinreichende Digitalisierung sowie eine umfassende Datenbewirtschaftung im Unternehmen. Mit dieser ernüchternden Unternehmensrealität gilt es eine umsetzbare Lösung für einen DPP zu finden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Hersteller die wichtigste Informationsquelle für DPPs sind und sie deshalb einen DPP-Ansatz als Vorteil und nicht als Belastung wahrnehmen sollten (Plociennika et al., 2022). Der vorliegende Report skizziert auf Basis des Datenstandards ECLASS einen DPP unter Berücksichtigung der bereits bekannten elementaren Bausteine für die angedachte europäische Lösung.

Die Implementierung eines DPP ist ein iterativer Prozess. Unternehmen sollten ein Feedbacksystem etablieren, um Kunden- und Nutzererfahrungen zu sammeln und in die Weiterentwicklung des DPP einfließen zu lassen. Zudem sollten sie die technologischen Entwicklungen und regulatorischen Anforderungen kontinuierlich überwachen und den DPP entsprechend anpassen. Auch dies kann ECLASS über seine regelmäßigen Aktualisierungen leisten. Für die erfolgreiche Implementierung müssen jedoch nicht nur die technischen Anforderungen erfüllt sein, sondern die Mitarbeiter müssen über die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse verfügen. Unternehmen sollten Schulungen anbieten, um sicherzustellen, dass die Mitarbeiter mit den erforderlichen Tools, Prozessen und Best Practices vertraut sind. Diese können beispielsweise Schulungen zur Datenverwaltung, Datenschutzrichtlinien oder zur Nutzung spezifischer Softwarelösungen umfassen.

Eine der neuen verbindlichen und grundlegenden Anforderungen ist, dass europäische DPPs vollständig interoperabel in Bezug auf die technischen, semantischen und organisatorischen Aspekte der Ende-zu-Ende-Kommunikation und Datenübertragung sein sollen. Der Nettonutzen eines DPP wird somit stark von den Implementierungskosten abhängen. Aus einer Makroperspektive wird der DPP weitreichende Vorteile bringen, indem er die Markttransparenz erhöht, die Effizienz steigert, neue Geschäftsmodelle ermöglicht und eine höhere Produkt- und Fälschungssicherheit bietet (Deloitte, 2022). Bestehende globale offene Datenstandards für Lieferketten bilden eine gute Basis für die Umsetzung von DPPs, da dadurch Kosten minimiert werden und eine schnelle Markteinführung möglich ist. Gleichzeitig sind die Hersteller und industriellen Nutzer von DPPs mit bekannten Standards vertraut und es ergeben sich Chancen für eine höhere Transparenz für Verbraucher, Potenziale für die Datenintegration und Dateninteroperabilität. Dagegen würden konkurrierende proprietäre Standards für deutlich höhere Kosten bei der Entwicklung und Pflege sowie der Integration unterschiedlicher Daten mit sich bringen. Aktuell berechnet die IW Consult die Kostensenkungspotenziale und gesamtwirtschaftlichen Wirkungen durch einen etablierten Standard wie ECLASS in einem typischen Lifecycle-Prozess. Diese Studie wird im Herbst 2023 erscheinen.

7 Anhang

Tabelle 7-1: Beispiel-DPP für eine Schraube

Auszug aus dem DPP für eine Schraube mit ECLASS (Beispieldaten ohne Echtheitsbezug)

Submodell	Merkmale	Wert	Einheit
Identifikation	Herstellername	<i>IW Köln</i>	
AAS Submodell	Herstellerproduktbezeichnung	<i>Beispiel Schraube</i>	
Typenschild [nameplate]	▶ Adresse	<i>Adresse</i>	
	Seriennummer	<i>12345</i>	
	Baujahr	<i>2023</i>	
	▼ Kennzeichnungen		
	Anzahl der Kennzeichnungen	<i>1</i>	
	▼ Kennzeichnungen		
	Kennzeichnungsname	<i>TÜV-Zeichen</i>	
	...		
Beschreibung und Eigenschaften	Kopfbreite (Verbindungselement)	<i>12,0</i>	<i>Millimeter</i>
AAS Submodell	Kopflänge (Verbindungselement)	<i>12,0</i>	<i>Millimeter</i>
technical data (über ECLASS Klassifikation) [Aspect – AC]	Kopfdurchmesser	<i>12,0</i>	<i>Millimeter</i>
	Kopfdetails	<i>Fräsrippen</i>	
	Flachdurchmesser/Bunddurchmesser	<i>3,0</i>	<i>Millimeter</i>
	Kugelradius	<i>2,0</i>	<i>Millimeter</i>
	Kopfhöhe (gesamt)	<i>7,0</i>	<i>Millimeter</i>
	Kopfform	<i>Sechskant</i>	
	Gewindelänge mutterseitig	<i>80,0</i>	<i>Millimeter</i>
	Gewindelänge einschraubseitig	<i>77,0</i>	<i>Millimeter</i>
	Nennlänge	<i>314</i>	<i>Inch</i>
	...		
Umweltrelevante In- formationen	▼ Carbon Footprint		
	Anzahl der PCF-Methoden	<i>1</i>	
AAS Submodell	▼ Product Carbon Footprint (PCF)		
Environmental Foot- print	PCF-Berechnungsmethode	<i>ISO 14044</i>	
	PCF CO2eq	<i>8,0</i>	<i>Kilogramm</i>
	PCF-Bezugsgröße für die Berechnung	<i>Kg</i>	
	PCF-Mengenangabe für die Berechnung	<i>10,0</i>	
	PCF-Lebenszyklusphase	<i>A3 – Herstellung</i>	
	...		

PCF: Product Carbon Footprint

Quelle: ECLASS e.V. (2023)

Tabelle 7-2: Beispiel-DPP für eine Durchgangsreihenklemme (Sicherung)

Auszug aus dem DPP für eine Durchgangsreihenklemme mit ECLASS (Beispieldaten ohne Echtheitsbezug)

Submodell	Merkmale	Wert	Einheit
Identifikation	Herstellername	<i>IW Köln</i>	
AAS Submodell	Herstellerproduktbezeichnung	<i>Beispiel</i>	<i>Reihen-</i>
Typenschild [nameplate]	► Adresse	<i>Adresse</i>	
	Seriennummer	<i>12345</i>	
	Baujahr	<i>2023</i>	
	...		
Beschreibung und	Bemessungsspannung	<i>800</i>	<i>Volt</i>
Eigenschaften	Bemessungsstrom [In] zur Verlustleistungsangabe	<i>32</i>	<i>Ampere</i>
AAS Submodell	min. anschließbarer Leiterquerschnitt (eindrätig)	<i>0,2</i>	<i>Quadratmilli-</i>
technical data (über	Anzahl der Klemmstellen je Etage	<i>2</i>	<i>meter</i>
ECLASS Klassifikation)	Anzahl der Etagen	<i>1</i>	
[Aspect – AC]	Brennbarkeitsklasse des Isolierstoffes (in Anlehnung an UL 94)	<i>V2</i>	
	Etagen intern gebrückt	<i>Nein</i>	
	Abschlussplatte erforderlich	<i>Nein</i>	
	Werkstoff des Isolierkörpers	<i>Polyamid</i>	
	Ausführung des elektrischen Anschlusses (1)	<i>Schraubanschluss</i>	
	Ausführung des elektrischen Anschlusses (2)	<i>Schraubanschluss</i>	
	min. anschließbarer Leiterquerschnitt (feindrätig mit Aderendhülse)	<i>0,25</i>	<i>Quadratmilli-</i>
	min. Betriebstemperatur	<i>-60</i>	<i>meter</i>
	max. Betriebstemperatur	<i>105</i>	<i>Grad Celsius</i>
	Breite des Rastermaßes	<i>6,20</i>	<i>Grad Celsius</i>
	Höhe (bei niedrigbauender Montageart)	<i>47</i>	<i>Millimeter</i>
	Farbe	<i>Schwarz-weiß-grün</i>	
	Länge	<i>42,5</i>	<i>Millimeter</i>
	Montageart	<i>Hutschiene TH35G-Schiene G32</i>	
	Mechanische und elektrische Konstruktion (s)	<i>Mechanische und elektrische Konstruktion (s)</i>	
	Konstruktion allgemein	<i>Konstruktion allgemein</i>	
	Abmessung	<i>Abmessung</i>	
	Typ des Hüllkörpers	<i>Hüllkörper Quader</i>	
	Breite	<i>6,15</i>	<i>Millimeter</i>
	Höhe	<i>42,5</i>	<i>Millimeter</i>
	Tiefe	<i>45,8</i>	<i>Millimeter</i>
	Nettogewicht	<i>0,0103</i>	<i>Kilogramm</i>
	Einbauform	<i>Aufbau</i>	
	Anzahl der Ausführungen der Gehäuseteile	<i>0</i>	
	max. anschließbarer Leiterquerschnitt (feindrätig ohne Aderendhülse)	<i>4</i>	<i>Quadratmilli-</i>
	max. anschließbarer Leiterquerschnitt (feindrätig mit Aderendhülse)	<i>2,50</i>	<i>meter</i>
	...		
Umweltrelevante Informationen	▼ Carbon Footprint		
AAS Submodell	...		
Environmental Footprint			

CAX: alle Computer Aided Anwendungssysteme und -prozesse wie unter anderem Computer Aided Design (CAD), Manufacturing (CAM), Engineering (CAE), EVM: Elektromagnetische Verträglichkeit

Quelle: ECLASS e.V., 2023

Abstract

Political relevance of the Digital Product Passport. Politicians are currently discussing a Digital Product Passport (DPP) as a central instrument for building a circular economy. Latter is seen as an important enabler for climate neutrality. Although there is no standardized, cross-sectoral and cross-company product passport system yet, there are already individual solutions for collecting information for certain product groups. To increase transparency throughout the entire product life cycle a DPP shall be made available digitally for all actors. A DPP should include information about the product, such as manufacturer, material, characteristics, repair, and disposal options. The DPP must fulfil both content-related and technical requirements.

Readiness for the Circular Economy. The topic of the circular economy has not yet arrived on a broad scale in companies. Only a few companies are comprehensively aligning their business model in a circular way, for example by considering the entire product life cycle, optimising the design of products and/or developing new circular business models. At the same time, some relevant product characteristics for a circular economy - such as durability as part of the quality promise "Made in Germany" - are already strongly developed. Other characteristics such as reparability, easy maintenance and refurbishment are not in the focus of companies yet but are key for the transformation to a circular economy.

Digital and Data Readiness. Many companies in Germany do not meet the requirements for implementing the DPP yet. Numerous companies are not yet sufficiently digitalized and there are large sector differences in the level of digitalization. Furthermore, they do not meet the requirements to manage data efficiently because product data is often still stored in analogue form and many companies do not have data governance, which is the basis for ensuring data quality, data integrity and data security. Many companies do not share data with other companies - mainly due to legal, but also technical barriers.

Structure of a DPP. Ideally, the DPP contains a transparent provision of a unique identification, a precise description of the product and its characteristics as well as all environmentally relevant information for producers, suppliers, and consumers. The legal content and technical requirements must be complied with and at the same time sector-specific needs must be considered. The DPP should serve as a transport container, follow clear structures and be modular and expandable. A structured and, above all, standardized collection and transfer of information is required so that all stakeholders involved can view and supplement relevant information on the product. Standards for the identification, classification and recording of environmentally relevant information are particularly relevant. The ECLASS data standard, with its interoperability, modular system and conformity with standards and global norms, offers many advantages for the development of a DPP.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Mögliche Inhalte eines DPP mit ECLASS-Semantik.....	32
Tabelle 5-2: Zugangsberechtigungen des DPP-Prototyps	33
Tabelle 7-1: Beispiel-DPP für eine Schraube	36
Tabelle 7-2: Beispiel-DPP für eine Durchgangsreihenklemme (Sicherung).....	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: DPP: Nicht neu, aber von aktueller Relevanz	7
Abbildung 3-1: Anforderungen an einen DPP	11
Abbildung 4-1: Erfüllung von Ökodesign-Produktanforderungen.....	15
Abbildung 4-2: Digitalisierung der Branchen in Deutschland.....	17
Abbildung 4-3: Data Economy Readiness	19
Abbildung 5-1: Vereinfachte Darstellung des Aufbaus eines DPP.....	24
Abbildung 5-2: Anzahl der im DPP enthaltenen Merkmale eines Produkts.....	25
Abbildung 5-3: Schematische Darstellung der Relevanz von Standards für den DPP	27
Abbildung 5-4: Aufbau des ECLASS-Standards	30
Abbildung 5-5: Modularer Aufbau des DPP mit ECLASS.....	31

Literaturverzeichnis

Büchel, Jan / Engels, Barbara, 2023, Data Sharing in Deutschland, IW Trends, Nr. 2, Köln

Büchel, Jan / Engels, Barbara, 2022a, Datenbewirtschaftung von Unternehmen in Deutschland, IW-Trends, Nr. 1, Köln

Büchel, Jan / Engels, Barbara, 2022b, Viele Unternehmen sind nicht bereit für die Datenwirtschaft, IW-Kurzbericht Nr. 96, Köln

Büchel, Jan / Engels, Barbara, 2022c, Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland – Digitalisierungsindex 2022, Kurzfassung der Ergebnisse des Digitalisierungsindex im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Messung der Digitalisierung der Wirtschaft am Standort Deutschland“, https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digitalisierungsindex/Publikationen/publikation-digitalisierungsindex-2022-kurzfassung.pdf?_blob=publicationFile&v=1 [1.9.2023]

BMUV, o. J. Auf einen Klick: Produktpass, Lückenloser Lebenslauf, <https://www.bmuv.de/digitalagenda/auf-einen-klick> [14.7.2023]

BMUV, 2023a, EU-Staaten stimmen für Digitalen Produktpass und gegen Vernichtung von Neuwaren, Pressemitteilung, 22.05.2023, <https://www.bmuv.de/pressemitteilung/eu-staaten-stimmen-fuer-digitalen-produktpass-und-gegen-vernichtung-von-neuwaren> [24.7.2023]

BMUV, 2023b, Die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie, Grundlagen für einen Prozess zur Transformation hin zu einer zirkulären Wirtschaft, https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/nkws_grundlagen_bf.pdf [24.7.2023]

BMUV, 2023c, Aus der Praxis: EPD, Gläserner Beton, <https://www.bmuv.de/digitalagenda/aus-der-praxis> [24.7.2023]

BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2022, Smartphones und Tablets sind zukünftig leichter reparierbar, Pressemitteilung am 18.11.2022, <https://www.bmuv.de/pressemitteilung/smartphones-und-tablets-sind-zukuenftig-leichter-reparierbar> [30.11.2022]

BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2020, Umweltpolitische Digitalagenda, https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Digitalisierung/digitalagenda_bf.pdf [14.7.2023]

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022, Plattform Industrie 4.0, Specification: Details of the Asset Administration Shell, Part 1 – The exchange of information between partners in the value chain of Industrie 4.0 (Version 3.0RC02), https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Details_of_the_Asset_Administration_Shell_Part1_V3.pdf?_blob=publicationFile&v=1 [31.7.2023]

BDI – Bundesverband der Deutscher Industrie e.V., 2023. 9 CE Policy Update, Internes Dokument

Circle Economy, 2023, The circularity gap report 2023, Amsterdam, <https://www.circularity-gap.world/2023#> [14.7.2023]

Cirpass, 2022, The Digital Product Passport as defined in the Proposal for Eco-design for Sustainable Product Regulation (ESPR), <https://cirpassproject.eu/wp-content/uploads/2023/03/ESPR-short-summary-Final.pdf> [14.7.2023]

Deloitte / BDI – Bundesverband der Deutscher Industrie e.V., 2021, Zirkuläre Wirtschaft. Herausforderungen und Chancen für den Industriestandort Deutschland, Studie, <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/sustainability1/articles/zirkulaere-wirtschaft-studie.html> [9.5.2022]

Deloitte, 2022. Impact of international, open standards on circularity in Europe, <https://www2.deloitte.com/pl/pl/pages/zarzadzania-procesami-i-strategiczne/articles/Impact-of-GS1-standards-on-circularity-in-Europe.html> [30.7.2023]

Demary, Vera, 2022, Der Data Act: Welchen Rahmen Unternehmen für Data Sharing wirklich brauchen, IW-Policy Paper, Nr. 2, Köln

Destatis, 2023, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktionsberechnung, detaillierte Jahresergebnisse, 2022, Stand: 8. März 2023

DGNP - Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, 2023, Der Gebäuderessourcenpass der DGNB, <https://www.dgnb.de/de/nachhaltiges-bauen/zirkulaeres-bauen/gebaeuderessourcenpass> [14.7.2023]

DIN – DIN e.V. / DKE – Deutsche Kommission Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik / VDI – Verein Deutscher Ingenieure, 2023, Deutsche Normungsroadmap Circular Economy, <https://www.din.de/resource/blob/892606/06b0b608640aadd63e5dae105ca77d8/normungsroadmap-circular-economy-data.pdf> [14.7.2023]

ECLASS e.V., 2023, Guidelines and Basic Principles, https://eclass.eu/fileadmin/Redaktion/pdf-Dateien/Wiki/Guidelines_and_basic_principles/Guidelines_and_Basic_Principles_ECLASS.pdf [10.8.2023]

Engels, Barbara / Schäfer, Christin, 2020, Data Governance in deutschen Unternehmen, Gutachten im Rahmen des Projektes DEMAND-DATA ECONOMICS AND MANAGEMENT OF DATA-DRIVEN BUSINESS, Köln

Engels, Barbara, 2017, Bedeutung von Standards für die digitale Transformation – Befunde auf Basis des IW-Zukunftspanels, IW-Trends, Nr. 2, Köln

ETIM Deutschland e. V., o. J., ETIM – der internationale Standard für den B2B-Produktdaten-Austausch <https://etim.de/> [7.9.2023]

Europäische Kommission, 2023, Kampf gegen Wegwerfgesellschaft: Kommission will Recht auf Reparatur, Pressemitteilung, 22. März 2023, https://germany.representation.ec.europa.eu/news/kampf-gegen-wegwerfgesellschaft-kommission-will-recht-auf-reparatur-2023-03-22_de [26.7.2023]

Europäische Kommission, 2022a, Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen für nachhaltige Produkte und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/125/EG, 30.03.2022, COM(2022) 142 final, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:bb8539b7-b1b5-11ec-9d96-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF [24.7.2023]

Europäische Kommission, 2022b, EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, COM(2022) 141 final, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9d2e47d1-b0f3-11ec-83e1-01aa75ed71a1.0013.02/DOC_1&format=PDF [26.7.2023]

Europäische Kommission, 2022c, Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) 2022 – Deutschland, <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/88748> [1.9.2023]

Europäische Kommission, 2020a, Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft. Für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, 11.3.2020, COM(2020) 98 final, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF [24.07.2023]

Europäische Kommission, 2020b, Green Deal: Sustainable batteries for a circular and climate neutral economy, Press release, 10 December 2020, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_2312 [26.7.2023]

Europäische Kommission, 2019, Der europäische Grüne Deal, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, 11.12.2019, COM(2019) 640 final, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF [24.07.2023]

Europäische Kommission, 2008, Verordnung (EG) Nr. 213/2008 Der Kommission vom 28. November 2007 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2195/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Gemeinsame Vokabular für öffentliche Aufträge (CPV) und der Vergaberichtlinien des Europäischen Parlaments und des Rates 2004/17/EG und 2004/18/EG im Hinblick auf die Überarbeitung des Vokabulars, https://www.bescha.bund.de/SharedDocs/Downloads/Rechtsgrundlagen/NormenUndRechtsvorschriften/EUVerordnungen/verordnung_EG_213_2008.pdf?__blob=publicationFile&v=1 [28.08.2023]

Europäisches Parlament, 2023, Neue EU-Vorschriften für nachhaltigere und ethisch bedenkenlose Batterien, https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/economy/20220228STO24218/neue-eu-vorschriften-fur-nachhaltigere-und-ethisch-bedenkenlose-batterien?xtor=AD-78-%5bSocial_share_buttons%5d-%5blinked_in%5d-%5bde%5d-%5bnews%5d-%5beconomy%5d-%5bbatteries%5d& [26.7.2023]

Europäisches Parlament /Europäischer Rat, 2017, Verordnung (EU) 2017/1369 des europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2017 zur Festlegung eines Rahmens für die Energieverbrauchskennzeichnung und zur Aufhebung der Richtlinie 2010/30/EU, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1369> [26.7.2023]

Europäischer Rechnungshof, 2023, Kreislaufwirtschaft: Langsame Umsetzung in den Mitgliedstaaten trotz EU-Maßnahmen, Sonderbericht https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-17/SR-2023-17_DE.pdf [27.7.2023]

Eurostat, 2023, Nutzungsrate wiederverwendbarer Stoffe, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_srm030/default/table?lang=de [14.7.2023]

Fraunhofer Institut für Software und Systemtechnik ISST (Hrsg.), 2023, Anreizsysteme und Ökonomie des Data Sharing – Status Quo der deutschen Datenwirtschaft und Anwendung von unternehmensübergreifende Datenaustausch, Dortmund

Fries, Martin/ Scheufen, Marc, 2023, Vertragsgestaltung beim Data Sharing: Empirie und Best Practice, in: RDI - Recht Digital, 4. Jg., Nr. 9, S. 419-425

Fries, Martin/ Scheufen, Marc, 2019, Märkte für Maschinendaten: Eine rechtliche und rechtsökonomische Standortbestimmung, in: MMR – MultiMedia und Recht, Jg. 22, Nr. 11, S. 721-726

Fluchs, Sarah / Neligan, Adriana / Schleicher / Carmen / Schmitz, Edgar, 2022, Zirkuläre Geschäftsmodelle: Wie zirkulär sind Unternehmen?, IW-Report, Nr. 27, Berlin / Köln

Geissdoerfer, Martin / Savaget, Paulo / Bocken, Nancy M. P. / Hultink, Erik Jan, 2017, The Circular Economy – A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production, 143. Jg., S. 757–768 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048> [9.5.2022]

Götz Thomas / Adisorn, Thomas / Tholen, Lena, 2021, Der Digitale Produktpass als Politik-Konzept, Wuppertal Report Nr. 20, <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7694/file/WR20.pdf> [25.07.2023]

GS1 Germany, 2023 Digitaler Produktpass: mehr Transparenz über Nachhaltigkeitsinformationen, <https://www.gs1-germany.de/service/gs1-newsroom/meldung/digitaler-produktpass-mehr-transparenz-ueber-nachhaltigkeitsinformationen/> [14.7.2023]

IDTA, o. J. Asset Administration Shell: die Verwaltungsschale für den Digitalen Zwilling, <https://industrialdigitaltwin.org/> [10.8.2023]

ISO – International Organization for Standardization, 2017, Standards, <https://www.iso.org/standards.html> [17.8.2023]

ISO, 2023, – ISO/WD 59040 – Circular Economy – Product Circularity Data Sheet, <https://www.iso.org/standard/82339.html> [26.7.2023]

IW Consult, 2023, Neunter Strukturbericht für die M+E-Industrie in Deutschland mit den Schwerpunktthemen „Wirtschaftliche Verflechtungen der M+E-Industrie in Deutschland“ und „Weltweite Entwicklung der Investitionstätigkeit“, Berichtsstand 2022, Gutachten im Auftrag des Arbeitgeberverbands GESAMTMETALL, Köln

Jansen, Maïke / Meisen, Tobias / Plociennik, Christiane / Berg, Holger / Pomp, André / Windholz, Waldemar, 2023, Stop Guessing in the Dark: Identified Requirements for Digital Product Passport Systems in: Systems 11, 123. <https://doi.org/10.3390/systems11030123> [30.7.2023]

Kirchherr, Julian / Reike, Denise / Hekkert, Marko (2017) Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, Resources, Conservation and Recycling, 127. Jg., S. 221–232, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917302835> [30.7.2023]

Laudon, Kenneth C. / Laudon, Jane P. / Schoder, Detlef, 2010, Wirtschaftsinformatik – Eine Einführung, Pearson Studium, München

Lichtenthäler, Sarah / Neligan, Adriana, 2023, How Circular Are Businesses in Germany? in: Intereconomics: Rethinking Resource Efficiency: Europe's Transition to a Circular Economy, Volume 58, Nr. 2, S. 79–86 <https://www.intereconomics.eu/contents/year/2023/number/2/article/how-circular-are-businesses-in-germany.html> [14.7.2023]

Neligan, Adriana / Engels, Barbara / Schaefer, Thilo / Schleicher, Carmen / Fritsch, Manuel / Schmitz, Edgar / Wiegand, Ralf, 2021, Digitalisierung als Enabler für Ressourceneffizienz in Unternehmen, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin

Neligan, Adriana / Baumgartner, Rupert J. / Geissdoerfer, Martin / Schögg, Josef-Peter, 2022, Circular disruption. Digitalisation as a driver of circular economy business models, in: Business Strategy and the Environment, S. 1–14

Neligan, Adriana / Lichtenthäler, Sarah / Schmitz, Edgar, 2023, Produkte und Dienste für eine zirkuläre Wirtschaft, IW-Report, Nr. 16, Berlin / Köln

Piétron, Dominik / Staab, Philipp / Hofmann, Florian, 2022, Daten für die Circular Economy – Wie zirkuläre Daten-Governance nachhaltiges Wirtschaften ermöglicht, FES Impuls, <https://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/19831-20221219.pdf> [14.7.2023]

Plattform Industrie 4.0, Details of the Asset Administration Shell – from idea to implementation, presentation, https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/vws-in-detail-presentation.pdf?__blob=publicationFile&v=12 [31.7.2023]

Plociennik, Christiane et al., 2022 Towards a Digital Lifecycle Passport for the Circular Economy, in: Procedia CIRP, Jg. 5, S.122–127, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282712200021X> [26.7.2023]

Potting, José / Hekkert, Marko / Worrell, Ernst / Hanemaaijer, Aldert, 2017, Circular Economy: Measuring innovation in product chains. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf> [30.7.2023]

PSQR, 2023, All about DPP, <https://psqr.eu/publications-resources/all-about-dpp/> [10.8.2023]

Salewski, Phil, 2016, Made in Germany - oder doch nicht? Die Zulässigkeitskriterien für die Herkunftsangabe nach der Rechtsprechung, News vom 20.10.2016, https://www.it-recht-kanzlei.de/made-in-germany.html#abschnitt_17 [11.01.2023]

Sipka, Stefan, 2022, Digital product passports: What does the Sustainable Products Initiative bring?, Commentary, European Policy Centre, <https://epc.eu/en/publications/Digital-product-passports-What-does-the-Sustainable-Products-Initiative-bring-484018> [27.6.2023]

SPD / Bündnis 90 / Die Grünen / FDP, 2021, Mehr Fortschritt wagen – Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit, Koalitionsvertrag 2021-2025, https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf [29.9.2022]

Stretton, Chris, 2022, Digital product passports (DPP): what, how, and why?, <https://www.circularise.com/blogs/digital-product-passports-dpp-what-how-and-why> [14.7.2023]

UNSPSC – United Nations Standard Products and Services Code, 2023, Welcome, <https://www.unspsc.org/> [01.09.2023]

VDE-Verlag, 2017, EC 61360-1:2017, Standard data element types with associated classification scheme - Part 1: Definitions - Principles and methods, <https://www.vde-verlag.de/iec-normen/224719/iec-61360-1-2017.html> [10.8.2023]

VDE-Verlag, 2022, E DIN EN IEC 63278-1 VDE 0810-781:2022-07, Verwaltungsschale für industrielle Anwendungen, Teil 1: Struktur der Verwaltungsschale, <https://www.vde-verlag.de/normen/1800748/e-din-en-iec-63278-1-vde-0810-781-2022-07.html> [31.7.2023]

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development / WRI - World Resources Institute, 2004, The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standards, <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf> [25.08.2023]