

Mapping von Ansatzpunkten für nachhaltiges Produktdesign



Konrad Schoch,
Dr. Manuel Bickel,
Prof. Dr. Christa Liedtke

November 2022

SCI4climate.NRW ist ein vom Land Nordrhein-Westfalen gefördertes Forschungsprojekt zur Unterstützung der Entwicklung einer klimaneutralen und zukunftsfähigen Industrie bis spätestens zum Jahr 2045. Das Projekt ist innerhalb der Initiative IN4climate.NRW unter dem Dach der Landesgesellschaft NRW.Energy4Climate verankert und repräsentiert die Seite der Wissenschaft. Das Projekt erforscht die technologischen, ökologischen, ökonomischen, institutionellen und infrastrukturellen Systemherausforderungen für produzierende Unternehmen in Nordrhein-Westfalen. Im Rahmen des Projekts werden in einem transdisziplinären Prozess gemeinsam mit Partner:innen aus Industrie und Wissenschaft mögliche Pfade und deren Auswirkungen hin zu einer klimaneutralen Industrie erforscht.



Bibliographische Angaben

Herausgeber: SCI4climate.NRW

Veröffentlicht: November 2022

Autor:innen: Konrad Schoch, Manuel Bickel, Christa Liedtke

Kontakt: manuel.bickel@wupperinst.org

Bitte zitieren als: SCI4climate.NRW 2022: Mapping von Ansatzpunkten für nachhaltiges Produktdesign, Wuppertal

Inhalte



Kontext: Diese Veröffentlichung entstand innerhalb des Projektes SCI4climate.NRW innerhalb des Themenfeldes 2 „Produkte und Wertschöpfungsketten“ im Arbeitspaket 4 zum Themenbereich „Nachhaltiges Design und Nachfrageentwicklung“.

Ziel: Diese Veröffentlichung vermittelt über ein Mapping generelle Ansatzpunkten für nachhaltiges Produktdesign, insbesondere für zirkuläres Design, und veranschaulicht diese über eine Konkretisierung im Bereich Kunststoffe / Verpackungen. Projektbedingt wird vor allem auf technische Aspekte des Produktdesigns eingegangen. Andere essentielle Strategien für Zirkularität wie die Gestaltung von Produkt-Dienstleistungs-Systemen (z.B. mittels zirkulärer Geschäftsmodelle) oder der Initiierung sozialer Innovationen (z.B. Handlungsmuster, soziale Praktiken, Lebensstile) werden nicht betrachtet. Für diese Strategien, bitten wir Leserinnen und Leser die einschlägige Literatur zu befragen, siehe z.B. Liedtke & Buhl in: Fuhs (2013), Shove et al. (2012) oder Spangenberg et al. (2010).

Inhalte

TEIL I – Motivation und generelle Ansatzpunkte für nachhaltiges Design: Nachhaltiges Design dient der Ausgestaltung der Großen Transformation in Produkte und Dienstleistungen sowie den damit verbundenen Geschäftsmodellen. Es werden die Notwendigkeit der Integration von Nachhaltigkeitsprinzipien in die Gestaltung aufgezeigt und konzeptionelle Ansatzpunkte präsentiert, insbesondere „Design for X“ Strategien für zirkuläres Design.

TEIL II – Circular Economy Kontext: Der zukünftige gesellschaftliche bzw. politische Kontext eröffnet den Möglichkeitsraum für die Gestaltung. Teil II gibt einen kurzen Überblick über Stoffströme mit dem Fokus auf die EU, welche relevante Vorgaben für den Markt entwickeln/umsetzen kann. Ihr aktueller „Circular Economy Action Plan“ weist zirkulären Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen eine zentrale Rolle in der Kreislaufwirtschaft für eine Klima- und Energiewende zu. Der im Green Deal benannte Weltressourcenrat (UN IRP - International Resource Panel) hat dies in seinen Publikation eindrücklich belegt (<https://www.resourcepanel.org/>).

TEIL III - allgemeine Ansatzpunkte für kreislauforientiertes Produktdesign im Detail: Zur möglichen Orientierung und Reflektion in Gestaltungsprozessen wird ein Überblick über verschiedene Ansatzpunkte für Kategorien im Bereich Material, Produktstruktur sowie Verbindungstechnik gegeben und auf mögliche Trade-Offs hingewiesen.

TEIL IV - Ansatzpunkte für kreislauforientiertes Produktdesign in den Bereichen Kunststoffe / Verpackungen: Ergänzend zu allgemeinen Ansatzpunkten wird ein Überblick über konkrete Ansatzpunkte im Bereich von Kunststoffen / Verpackungen entlang des Lebenszyklus gegeben. Ein besonderer Fokus wird auf das „Design for Recycling“ gelegt. Literaturbasiert werden Einflussfaktoren am Beispiel von PET-Flaschen zusammengefasst.

TEIL V – Ausblick Produkt-Dienstleistungs-Systeme: Durch systemische Betrachtung und Lösungsfindung bestehen große Nachhaltigkeitspotentiale im Bereich der Produkt-Dienstleistungs-Systeme (PDS). Es wird ein Ausblick auf Designkonzepte für PDS im Rahmen laufender Forschungsarbeiten gegeben.

Design für Nachhaltigkeit

Motivation und generelle Ansatzpunkte im Designprozess

Für die grundlegende Motivation werden die Notwendigkeit der Integration von Nachhaltigkeitsprinzipien in Gestaltungsprozesse aufgezeigt und konzeptionelle Ansatzpunkte und Orientierung für die damit zusammenhängenden Aufgaben präsentiert

Die materielle Basis der Gesellschaft gestalten

- Der globale anthropogene **‘Material Fußabdruck’** hat eine **höhere Wachstumsrate als das Bevölkerungswachstum** und wird ohne politische Maßnahmen weiter steigen (UN 2019, IRP 2019a).
- Der Materialfußabdruck stieg **von 2000 bis 2017** von 54 Milliarden Tonnen auf 92 Milliarden Tonnen, das entspricht **ca. +70%** (UN 2019: 46).
- Ein wichtiges **Nachhaltigkeitsziel** ist daher die **Entkopplung von Ressourcennutzung und negativer Umweltbelastungen vom Wirtschaftswachstum** (IRP 2019b).
- Dies gelingt, wenn **„Produkte und Dienstleistungen so gestaltet und entwickelt werden, dass sie entlang ihrer gesamten Wertschöpfungskette so wenig Ressourcen (Rohstoffe, Fläche, Energie) wie möglich benötigen, gefährliche Stoffe minimieren und kaum Abfall produzieren** (Liedtke 2019).

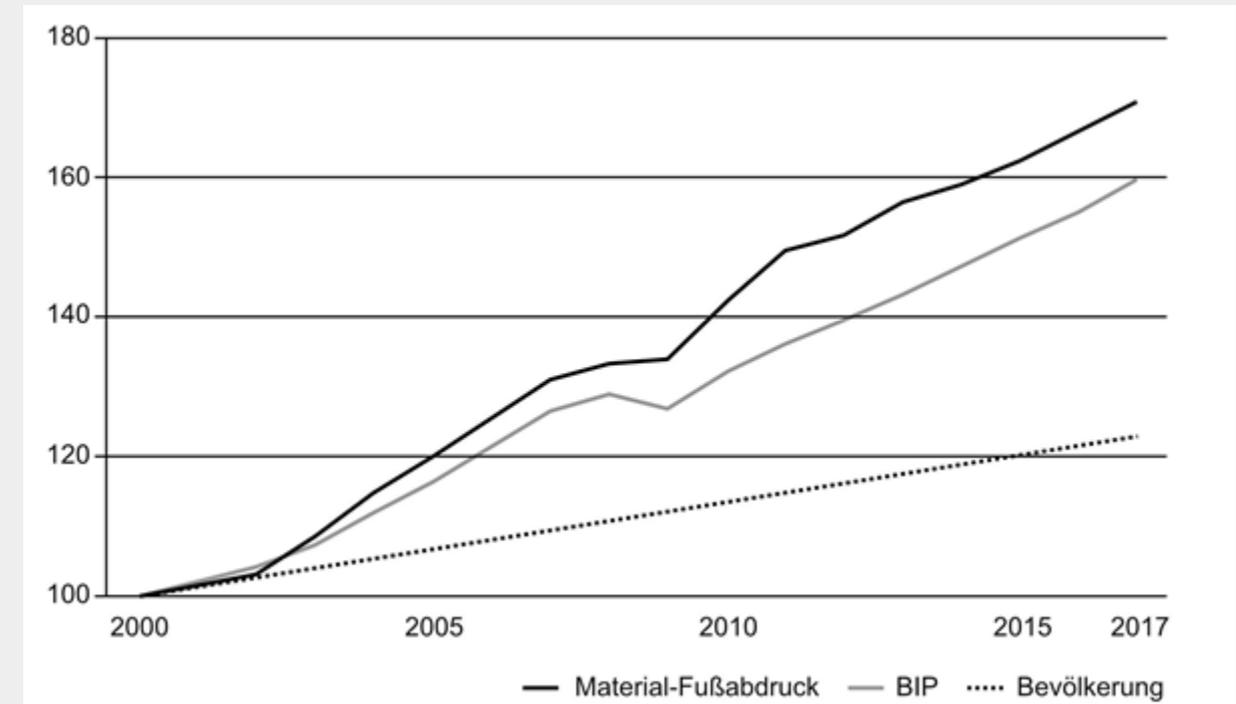


Abb.: Wachstum von Bevölkerung, Material-Fußabdruck und BIP - 2000-2017 (Basiswert 2000=100); nachgezeichnet aus: UN 2019: 46.

Der Prozess der Großen Transformation ist „keine gesichtslose systematische Dynamik, sondern von Menschen initiiert und geprägt und damit grundsätzlich auch gestaltbar.“
(Schneidewind 2018)

UN 2019: Ziele für eine nachhaltige Entwicklung. Bericht 2019. Verfügbar online: <https://www.un.org/depts/german/millennium/SDG%20Bericht%202019.pdf>, 28.10.2022.

Liedtke et al. 2019: Transition Design Guide - Design für Nachhaltigkeit. Gestalten für das Heute und Morgen. Ein Guide für Gestaltung und Entwicklung in Unternehmen, Städten und Quartieren, Forschung und Lehre. Wuppertal Institut.

Schneidewind, U. 2018: Die große Transformation. Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels. Frankfurt am Main. Zitat Schneidewind 2018: 11.

IRP 2019a: Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.

IRP 2019b: Natural Resource Use in the Group of 20. Status, trends, and solutions. Verfügbar online: <https://www.resourcepanel.org/reports/natural-resource-use-group-20>, 28.10.2022.

Innerhalb des Nachhaltigkeitsraumes gestalten

- Die **‘planetary boundaries’** definieren die Grenzen menschlichen Handelns in Bezug auf das Erdsystem (Rockström 2009).
- Werden diese planetarische Grenzen mit den sozialen Nachhaltigkeitskriterien kombiniert, bildet sich der **Nachhaltigkeitsraum** für ein nachhaltiges Leben heraus. **„Produkte und Dienstleistungen können helfen, diesen (...) auszugestalten“** (Liedtke, 2019).
- Dem **“Design”** kommt daher eine **Schlüsselrolle** für die **Große Transformation** zu (Irwin et al. 2015).
- „Das **Wesen nachhaltigen Designs** ist die nutzerorientierte Befriedigung von Bedürfnissen bei gleichzeitiger Erfüllung ökologischer Ziele wie der **Einhaltung eines begrenzten Umweltraums**“ (Liedtke 2016).

„Living well within the limits of the planet makes economic transition imperative.“
(EEA 2016)

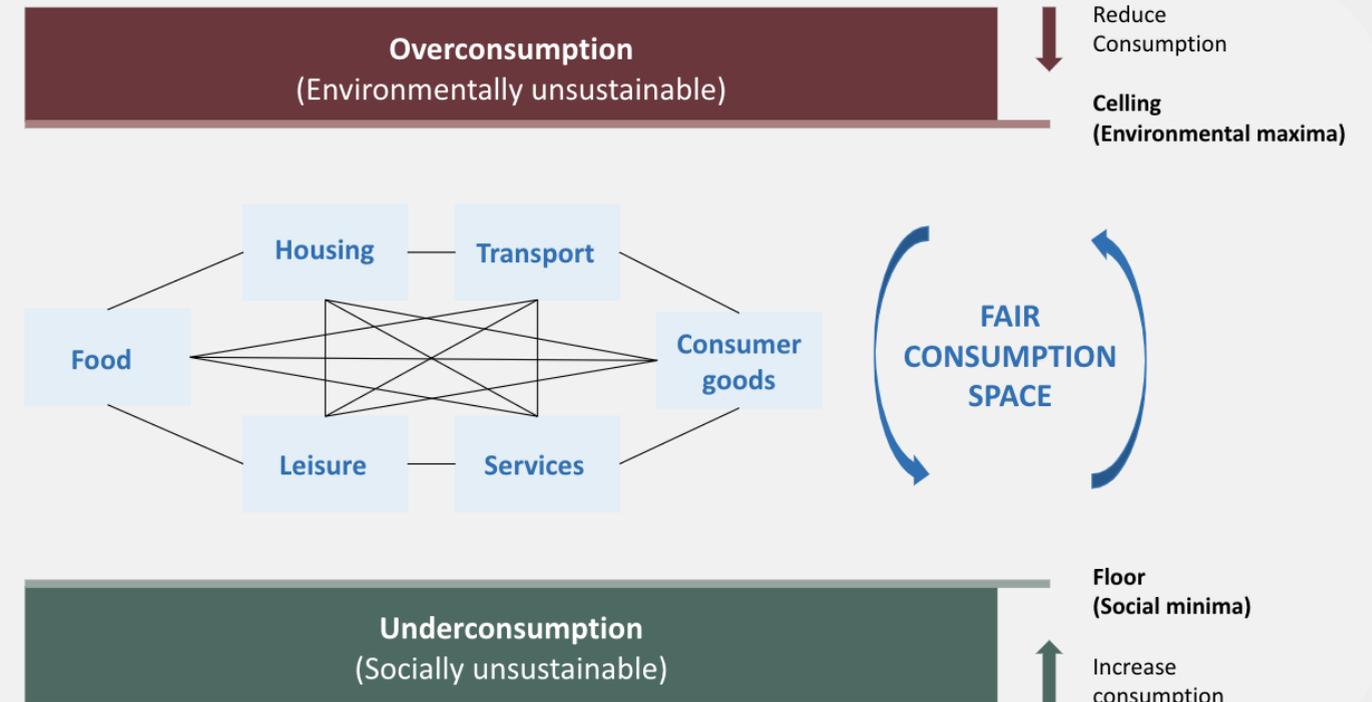


Abb.: 1.5-Degree Lifestyles: Towards A Fair Consumption Space for All.
nachgezeichnet nach: Akenji et al. 2021: 13. Hot or Cool Institute, Berlin.

Rockström, J. 2009: A safe operating space for humanity. Nature 461: 472-475.

Liedtke, C. et al. 2016: Crashkurs Nachhaltigkeit. Eine multidimensionale Übersicht. Projekt Club of Rome für den Alltag, Wuppertal Institut.

Liedtke et al. 2019: Transition Design Guide - Design für Nachhaltigkeit. Gestalten für das Heute und Morgen. Ein Guide für Gestaltung und Entwicklung in Unternehmen, Städten und Quartieren, Forschung und Lehre. Wuppertal Institut.

EEA 2016: Circular Economy in Europe. Developing the Knowledge Base. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.

Irwin et al. 2015: Transition Design Provocation. Design Philosophy Papers 13, 1:3-11.

Akenji, L. et al. 2021: 1.5-Degree Lifestyles: Towards A Fair Consumption Space for All. Hot or Cool Institute, Berlin; Bildquelle Akenji et al.: 13.

SDGs durch Gestaltung erreichen

- Natürliche Ressourcen und deren Nutzung sind eng mit den universellen Sustainable Development Goals (SDGs) der United Nations, verbunden und können sich **direkt oder indirekt auf alle 17 SDGs auswirken** (IRP 2019).
- Eine zentrale Aufgabe von Gestalterinnen und Gestaltern ist die **Übersetzung der SDGs in Produkte, Dienstleistungen und Infrastruktur, wodurch ökologische, gesellschaftliche, individuelle und wirtschaftliche Entwicklung beeinflusst wird** (Liedtke 2019).
- Ein an die SDGs orientiertes Designkonzept kann zukünftig zu Wettbewerbsvorteilen beitragen. Gründe sind die einhergehende Attraktivitätssteigerung sowie zunehmende gesetzliche Anpassungen seitens der Politik (Liedtke 2019).

„Decoupling economic activity and human well-being from resource use - i.e. enhanced resource efficiency - is necessary to achieve the Sustainable Development Goals for all.”
(IRP 2017)



©United Nations Environment Programme, 2019

Abb.: Relation between natural Resources and the SDGs aus: IRP 2019: 32.
Direkte (blauer Rahmen) sowie indirekte (gelber Rahmen) Verbindungen zwischen natürlichen Ressourcen zu den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit und den SDGs.

Nachhaltigkeitsprinzipien in die Gestaltung integrieren

- Die Nachhaltigkeitsprinzipien **Suffizienz, Konsistenz und Effizienz** sind zentrale Strategien zur Entkopplung des Ressourcenverbrauchs von gesellschaftlicher Wohlstandsentwicklung.
- Nachhaltige Gestaltung benötigt eine **holistische Perspektive**, die die Einbettung von Produkten und Dienstleistungen in **gesellschaftliche Systeme** und **zeitliche Kontexte** im Blick hält.
- **Maßnahmen zur Werterhaltung** von in Produkten und Dienstleistungen gebundenen Ressourcen lassen sich z.B. aus dem Ansatz des **öko-intelligenten Produzierens** ableiten, das unter anderem **Produktmanagement, Stoffstrommanagement** und **Produktdesign** verbindet (Merten & Liedtke 1997).

*„To achieve effective decoupling, today’s linear material flows must become circular through a combination of intelligent infrastructure and product design, standardization, reuse, recycling and remanufacturing”
(IRP 2017)*

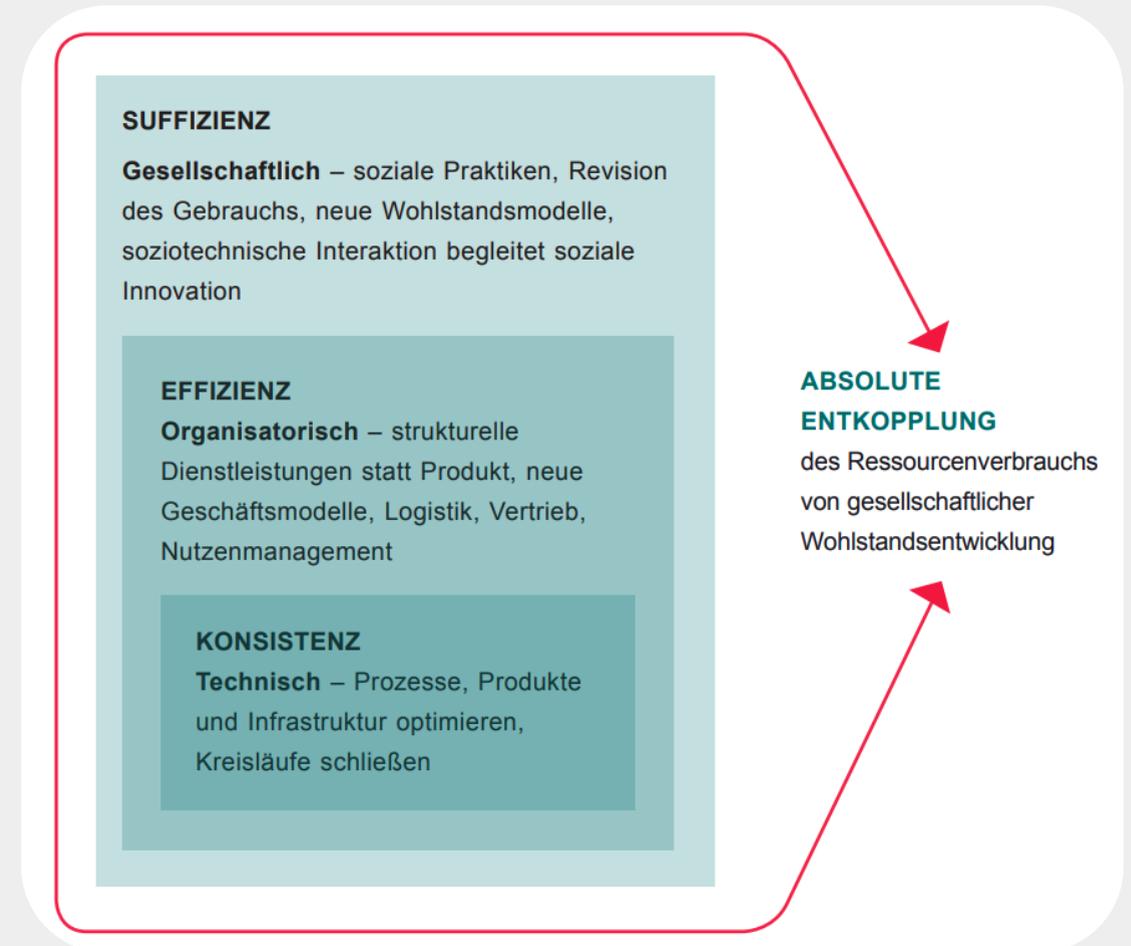


Abb.: Integration von Effizienz und Konsistenz in Suffizienzstrategien. Die Nachhaltigkeitsstrategien im Kontext des Faktor 10-Konzepts aus: Liedtke 2020, basierend auf Tischner/Schmidt-Bleek 1995: 19.

Designprozess und Transition Design

- Gestaltungsprozesse durchlaufen eine **Dekonstruktionsphase** zur Analyse des alten Systems und eine **Designphase** zur Gestaltung eines System mit neuer Bedeutung und Funktionalität (van Dijk and Hekkert 2014).
- Der Dekonstruktionsprozess betrachtet die **Produktebene** (altes Produkt), die **Interaktionsebene** (Mensch-Produkt-Interaktion) und schließlich die **Kontextebene** (alter Kontext). Die Designphase entwirft und gestaltet den **zukünftigen Kontext** (Kontextfaktoren, Strukturen, etc.), **neue Interaktionen** zwischen Mensch, Produkt, Services sowie Policies und schließlich ein **neues konkretes Produkt-Dienstleistungssystem** (van Dijk and Hekkert 2014).
- Für **nachhaltige Gestaltungsentscheidungen** können verschiedene qualitative als auch quantitative **richtungsweisende Tools** angewendet werden (siehe Abb. rechts), z.B. SDG-Check, Lebenszyklusanalyse oder Wirkungsanalyse.

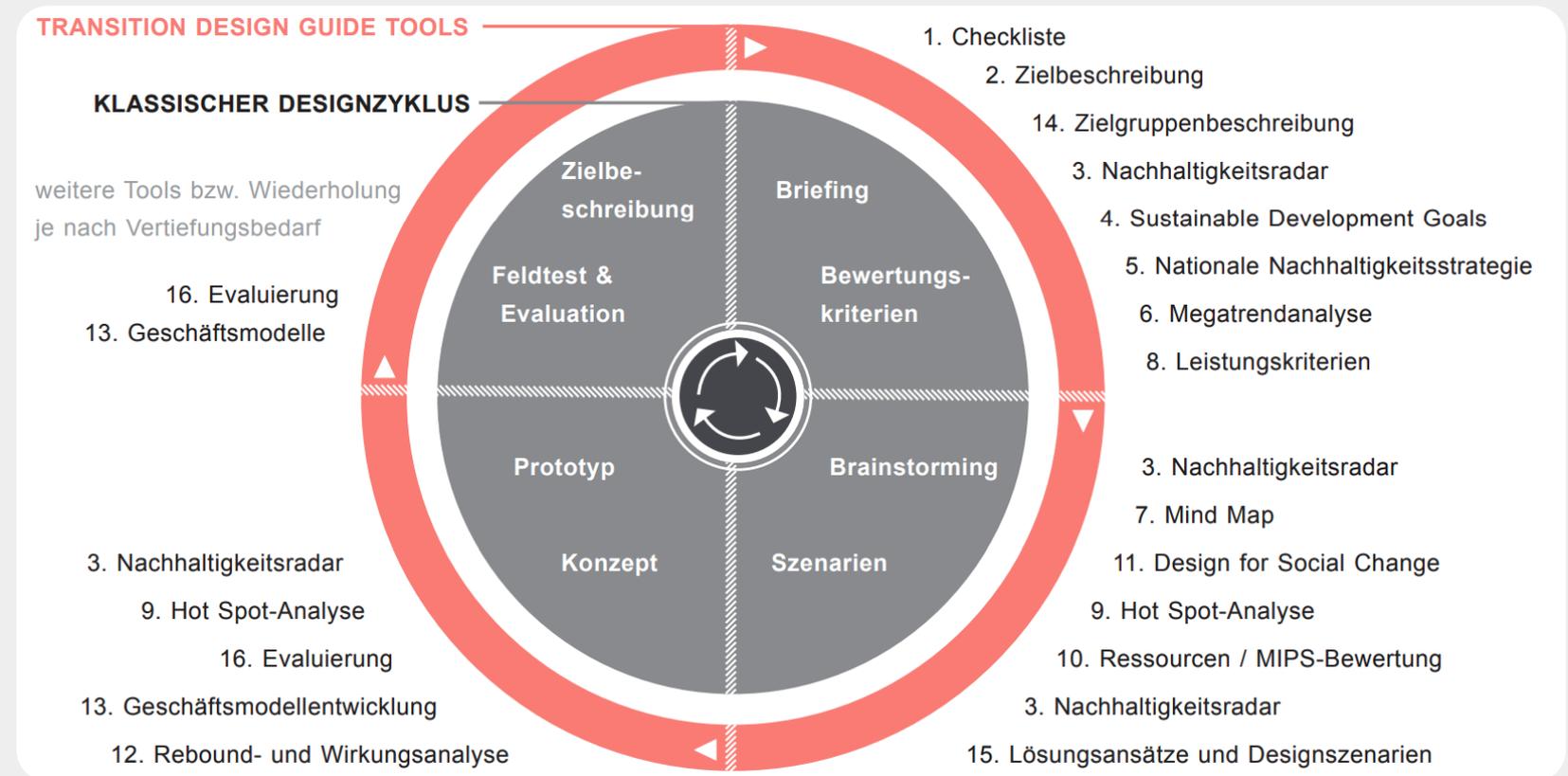


Abb.: Kombinationsmöglichkeiten eines Designzyklus mit den Tools des Transition Design Guides aus: Liedtke, 2020

“Design for X” - Lebenszyklusweites Denken

- Ganzheitliches Produktdesign behält **alle Phasen und Prozessschritte entlang des Produktlebenszyklus** im Blick (Liedtke 2015).
- Die nachhaltige Gestaltung von **Produkten und Services** kann nach spezifischen Designzielen im Sinne eines “**Design for X**” erfolgen, z.B. Ressourceneffizienz, Zirkularität, Sozialer Wandel oder Gerechtigkeit (Liedtke 2018).
- Gestaltungsziele für ein “**Design for X**” leiten sich unter anderem aus dem Konzept Materialinput per Service Unit (**MIPS**) ab (Schmidt-Bleek 1993).
- MIPS dient als Indikator zur Berechnung des **Gesamtbedarfs primärer Ressourcennutzung** von Produkt-Dienstleistungs Systemen auf der Mikroebene (Schmidt-Bleek 1993, Giljum 2017).

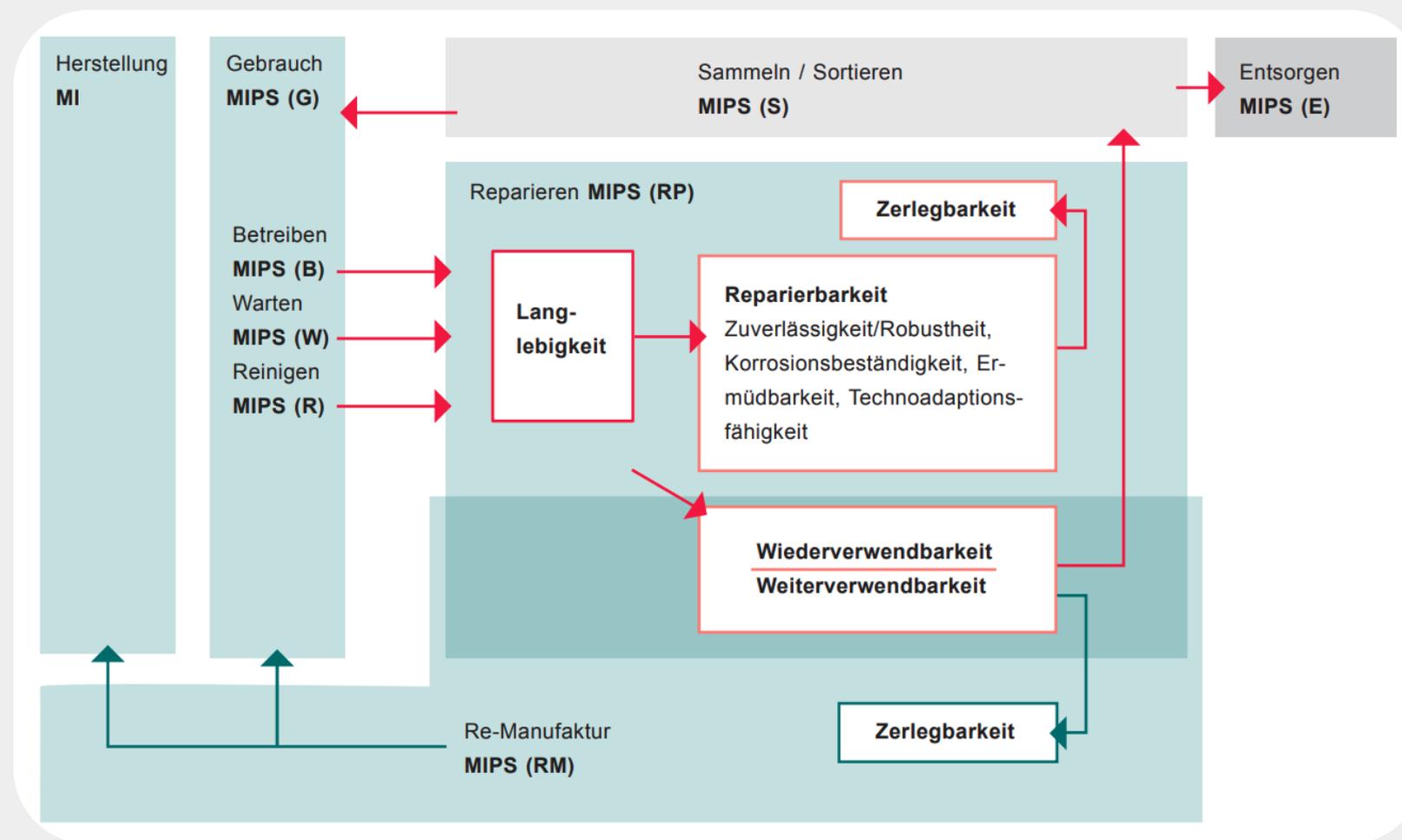


Abb.: Einige MIPS-relevante Faktoren aus: Liedtke 2019: 227, basierend auf Tischner/Schmidt-Bleek 1995: 74.

Liedtke, C. et al. 2015: Nachhaltiges Design und Suffizienz. Ressourcenleicht durchs Leben. uwf Umweltwirtschaftsforum 23.

Liedtke, C. 2018: Design for sustainability. Verfügbar online: <https://www.sustainablegoals.org.uk/design-for-sustainability/>, 24.9.2020.

Giljum, S. et al. 2017: Measuring Natural Resource Use from the Micro to the Macro Level. In: Shemelev, S. (Hrsg.): Green Economy Reader, Studies in Ecological Economics 6, Springer:161-182.

Schmidt-Bleek, F. 1993: Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS- das neue Maß für ökologisches Wirtschaften. Springer Basel AG.

Liedtke et al. 2019: Transition Design Guide- Design für Nachhaltigkeit. Gestalten für das Heute und Morgen. Ein Guide für Gestaltung und Entwicklung in Unternehmen, Städten und Quartieren, Forschung und Lehre. Wuppertal Institut.

Schmidt-Bleek, F.; Tischner, U. 1995: Produktentwicklung: Nutzen gestalten- Natur schonen. Band 270, WIFI Österreich.

Zukünftiger Kontext für nachhaltiges Design

Europäischer Kontext: Circular Economy und Stoffströme

Der zukünftige Kontext, in den sich Produkt-Dienstleistungssysteme einbetten, ist von zentraler Bedeutung, da er den Möglichkeitsraum für die Gestaltung eröffnet. Daher wird im Folgenden ein kurzer Überblick über Stoffströme mit dem Fokus auf die EU gegeben, die zentral relevante Vorgaben für den Markt regeln kann.

Kreislauforientiertes Design im Kontext der europäischen Circular Economy (CE)

- Mit ihrem **Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft** (“Circular Economy Action Plan”) arbeitet die EU an dem Übergang zu einer klimaneutralen und kreislauforientierten Wirtschaft. Kernanliegen ist es „**den Wert von Produkten, Stoffen und Ressourcen** innerhalb der Wirtschaft **so lange wie möglich zu erhalten** und möglichst wenig Abfall zu erzeugen” (EC 2015).
- Die **Ökodesign Richtlinie** 2009/125/EC der EU stellt ab 2005 hinsichtlich Energieeffizienz Mindestanforderungen an Produkte mit dem Ziel der Reduktion negativer Umweltwirkungen (EU 2009). Die Richtlinie wird bzgl. materialverbrauchsrelevanter Aspekte weiterentwickelt und durch entsprechende **Normen und Standards** flankiert (z.B. DIN EN 4555x*).
- Mit dem **Fortschreiben ihrer Ökodesign Richtlinie** (EC 2016) beschreibt die EU horizontale **Anforderungen an kreislauforientiertes Produktdesign** in den Bereichen:
 - (1) Langlebigkeit
 - (2) Reparierbarkeit
 - (3) Nachrüstbarkeit und Demontierbarkeit
 - (4) Informationsweitergabe
 - (5) Wiederverwendung und Wiederverwertung.

„Products and services designed in a circular way can minimise resource use and foster materials’ reuse, recovery and recyclability down the road”
(EC 2019)

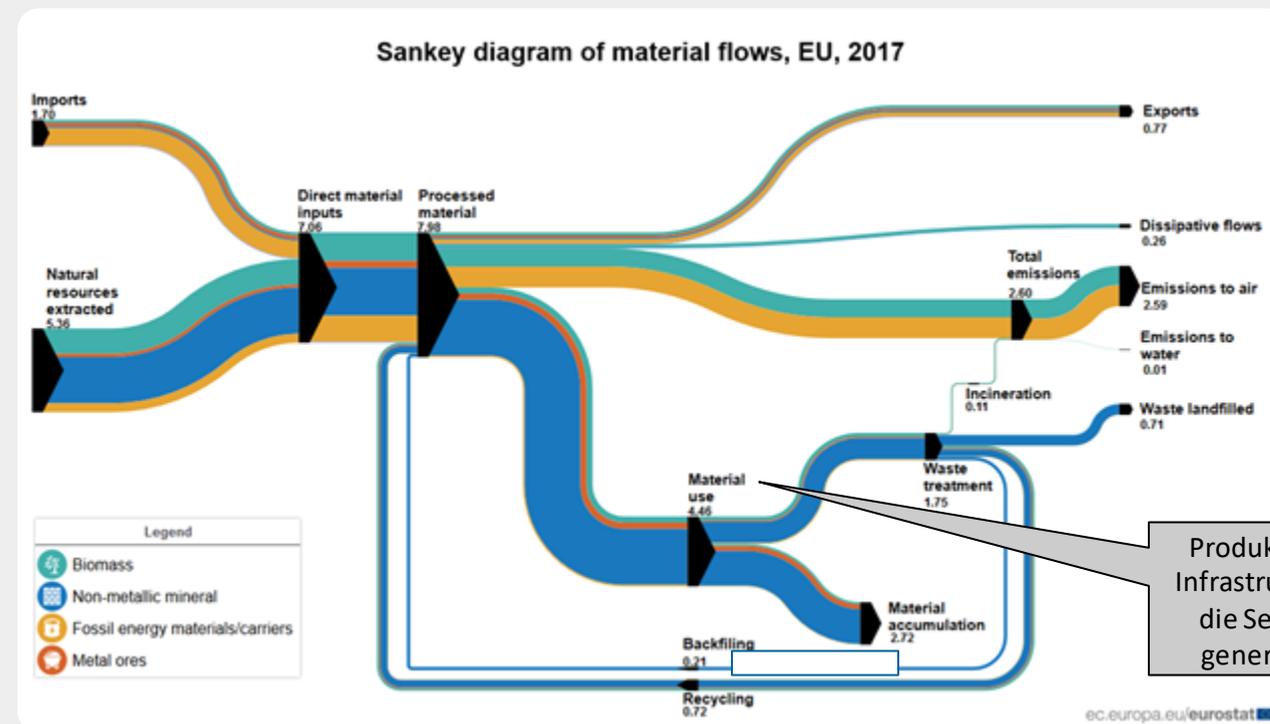


Abb.: Circular Economy aus:
European Parliament 2015.

©European
Parliament, 2015

Ressourcenextraktion sowie CE auf Materialebene in der EU

- Im Jahr 2020 wurden 7,72 Mrd. Tonnen Rohstoffe in Energie oder Produkte umgewandelt (Eurostat 2021)
- **1,03 Mrd. Tonnen (ca. 13%) dieses Material-Inputs entstammen dem Recycling** und werden als Recyclate in das System zurückgeführt (Eurostat 2021)
- Es besteht **großes Verbesserungspotenzial**, die Sekundärrohstoffnutzung zu erhöhen (EC 2018), u.a. durch **kreislauforientiertes Design** von Produkt-Dienstleistungssystemen.

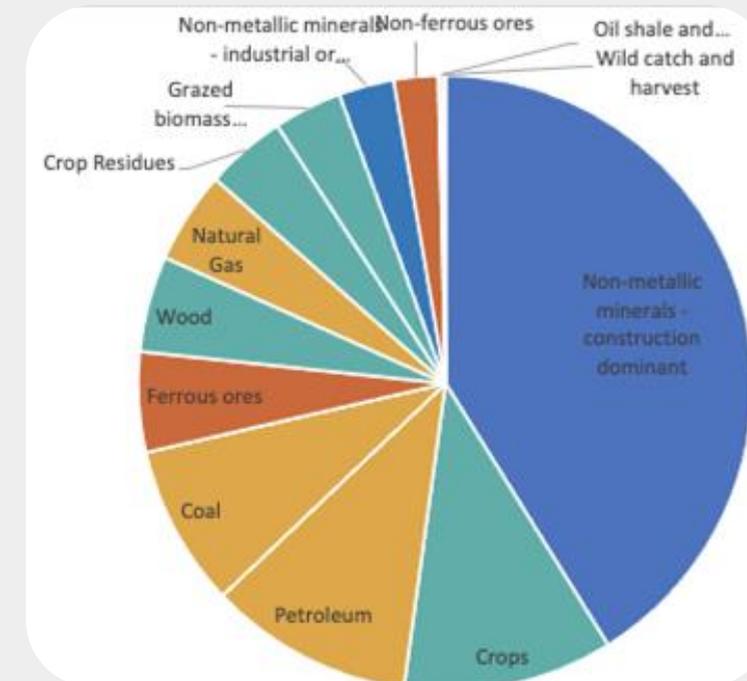


@Eurostat, 2021

Produkte und Infrastrukturen, die Services generieren.

*Systemgrenzen für Europa und Zeitpunkte der Grafiken sind nicht identisch. Zur Veranschaulichung ist diese Ungenauigkeit hier akzeptabel.

- **Anteile am Material-Input der EU (DMI) betragen in 2017:**
 - 44% nichmetallische Mineralien
 - 24% Biomasse
 - 24% fossile Rohstoffe
 - 8% metallische Rohstoffe (WU Vienna 2019).



©WU Vienna, 2019

Abb.: Materialströme in der EU (EU-27, 2020)* aus: Eurostat 2021.

Abb.: Anteile am Domestic Material Input in Europa nach Materialkategorie (2017)* aus: WU Vienna 2019.

Eurostat 2021: Circular economy - material flows. Verfügbar online: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Circular_economy_-_material_flows#Sankey_diagram_of_material_flows, 3.11.2022. Bildquelle Eurostat 2021.
 WU Vienna 2019: Raw Material Profile for Fossil fuels. Visualisations based upon the UN IRP Global Material Flows Database. Vienna University of Economics and Business. Online: <http://www.materialflows.net/>, 19.10.2020. Bildquelle WU Vienna
 Europäische Kommission (EC) 2018: Mitteilung (...) über einen Überwachungsrahmen für die Kreislaufwirtschaft. Verfügbar online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0029>, 19.10.2020.

Stoffstrommanagement: Ressourcenströme kennen und gestalten

- Das Design von Produkt-Dienstleistungssystemen nimmt direkten Einfluss auf die Ressourcenströme.
- Der Einsatz von **Sekundärmaterial** führt i.d.R. zu geringeren negativen Umweltwirkungen.

Materialintensität ausgewählter Metalle ¹	
Material, Produkt etc. (kg/kg)	Material Footprint (Stand 2014)
Kupfer primär	348,47
Kupfer sekundär	2,38
Stahl Hochofenroute	8,14
Stahl (aus Stahlschrott) Elektrolichtbogenofen-Route	1,47
Aluminium, primär	37,00
Aluminium, sekundär	0,85

- Das Verhältnis zwischen „eingesetzten Sekundärrohstoffen zum insgesamt genutzten Materialaufwand (Primär- und Sekundärrohstoffe)“ wird unter Berücksichtigung der Materialqualität als **Substitutionsquote** definiert (UBA 2019).
- Diese soll dem **Monitoring einer Kreislaufwirtschaft** auf der Materialebene dienen, für spezifische Materialien ausgewiesen werden können und zudem die Qualität des Recyclings berücksichtigen (UBA 2019).
- Auf der EU-Ebene existiert bereits die **‘Circular Material Use Rate’ (CMU)**, als Anteil des verwendeten Materials aus recycelten Produkten und sekundären Rohstoffen. Sie lag 2020 europaweit bei **12,8%** (Eurostat 2021).

„A higher CMU rate value means that more secondary materials substitute for primary raw materials thus reducing the environmental impact of extracting primary material“
(EU 2018)

UBA 2019: Substitutionsquote. Ein realistischer Erfolgsmaßstab für die Kreislaufwirtschaft! Position der Ressourcenkommission am UBA. Dessau-Roßlau.

Eurostat 2021: Circular economy - material flows. Verfügbar online: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Circular_economy_-_material_flows#Sankey_diagram_of_material_flows, 3.11.2022.

¹ Wuppertal Institut 2014: Materialintensität von Materialien, Energieträgern, Transportleistungen, Lebensmitteln. Verfügbar online: https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/MIT_2014.pdf, 26.09.2020.

EU 2018: Circular material use rate. Calculation method. Online: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/9407565/KS-FT-18-009-FN-N.pdf/b8efd42b-b1b8-41ea-aaa0-45e127ad2e3f?t=1543310039000>, 16.6.2021. Zitat EU 2018.

Ansatzpunkte für kreislauforientiertes Produktdesign

Zur möglichen Orientierung und Reflektion im Gestaltungsprozess wird ein Überblick über verschiedene Ansatzpunkte gegeben und auf damit möglicherweise verbundene Trade-Offs hingewiesen.

Im Folgenden wird der Fokus auf technische Aspekte des Produktdesign gelegt, während andere essentielle Strategien für Zirkularität wie Geschäftsmodelle oder soziale Innovationen nicht betrachtet werden.

Allgemeine Ansatzpunkte für kreislauforientiertes Produktdesign

Literaturbasierte Zusammenstellung

- Die unten aufgeführten **Ansatzpunkte** sind u.a. von technologischen, gesellschaftlichen und ökonomischen **Kontextfaktoren abhängig** und deshalb als erste **Orientierung** im Gestaltungsprozess zu verstehen.
- Nicht alle sind uneingeschränkt empfehlenswert bzw. auf jede Produktgruppe übertragbar, die **Prinzipien** sind daher **mit Trade-Offs verbunden**.
- Über das Produktdesign hinaus sind produkt-, nutzen- und ergebnisorientierte **kreislauforientierte Geschäftsmodelle** essentiell (Tukker 2004, EEA 2016).
- Erfolgreiches Stoffstrommanagement benötigt ein **geeignetes lebenszyklusweites Dokumentationssystem von Material- und Produktinformationen**.

Material	Produktstruktur	Verbindungstechnik
<ul style="list-style-type: none"> - reduzierte Werkstoffvielfalt oder sogar Monomaterial - Recyclingverträgliche Werkstoffkombinationen, recyclingfähig im Kontext des Produktes und der verfügbaren Recyclingtechnik - ressourcenleicht (kleiner ökologischer Rucksack) - Sekundärmaterial oder Kaskadenmaterial - ggf. biobasiert (Nachhaltigkeitsbewertung nötig) - sicher / nicht toxisch - hochwertig und haltbar in der Nutzung - Erfahrungswerte / Folgenabschätzungen vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> - modular und additiv - multifunktionale Eigenschaften - reduzierte und vereinfachte Formen - demontagefreundlich / Abtrennbarkeit gefährlicher Stoffe - Ersatzteilverfügbarkeit oder -herstellbarkeit gegeben - zeitlos (langfristig nutzbar) / zeitgemäß (Bindung Mensch-Produkt) 	<ul style="list-style-type: none"> - lösbar z.B. für Reparatur und Recycling - reduzierter Einsatz von Verbindungselementen - sortierbar im Recycling - robust in der Nutzung - standardisiert

Dowie und Simon 1994: Guidelines for designing for disassembly and recycling. Manchester Metropolitan University.; Bakker, C. et al.: Products that last. Utrecht.; AGD: Design und Nachhaltigkeit. Verfügbar online: <https://agd.de/designer/szene/design-nachhaltigkeit/charta-fuer-nachhaltigkeit>, 28.09.2020.; Bundespreis Ecodesign: Kriterien. Verfügbar online: <https://www.bundespreis-ecodesign.de/de/wettbewerb/kriterien>, 28.09.2020; Martens, H.; Goldmann, D. 2016: Recyclingtechnik. Fachbuch für Lehre und Praxis. Wiesbaden.; Verein Deutscher Ingenieure 2002: Recyclingorientierte Produktentwicklung (VDI 2 243:2002-07). Düsseldorf.; Van den Berg, M.R.; Bakker, C.A. 2015: A product design framework for a circular economy. PLATE Conference - Nottingham Trent University, 17/19 June 2015.; EEA 2016: Circular Economy in Europe. Developing the Knowledge Base. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.; Tukker, A. 2004: Eight types of Product-Service System: Eight ways to Sustainability? Experiences from Suspronet. Bus.Strat. Env. 13: 246-260; IRP 2018: Re-defining Value - The Manufacturing Revolution. Remanufacturing, Refurbishment, Repair and Direct Reuse in the CE. Nairobi, Kenya.

Ansatzpunkte für Kreislauforientierung und Trade-Offs im Detail

Material

Material	
Ansatzpunkt	Trade-Off
<p>Durch reduzierte Werkstoffvielfalt oder Einsatz von Monomaterial kann z.B. der Herstellungsaufwand von Produkten gesenkt werden. Die Komplexität der Lieferketten schrumpft, die Demontage am Ende der Nutzungsphase wird erleichtert und damit auch die Sortierung in materialspezifische Recyclingpfade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Durch den Einsatz von Monomaterial kann das Einhalten bestimmter Sicherheitsaspekte bedroht werden (z.B. Flammschutzmittel als Additive, Mehrschichtmaterialien zur Erfüllung unterschiedlicher Anforderungen an Außen- und Innenseiten der Schicht) - Höherer Materialverbrauch kann die Folge sein, wenn die Eigenschaften eines leichten Multi-Layer-Materials mit einem Monomaterial kompensiert werden sollen (z.B. größere Wandstärke gegen Sauerstoffdurchlässigkeit im Verpackungsbereich). - Der Einsatz von Monomaterial im Verpackungsbereich kann zu geringerer Funktionalität führen, die ggf. mit Haltbarkeitseinbußen und Lebensmittelabfällen verbunden sind.
<p>Durch recyclingverträgliche Werkstoffkombinationen können verbaute Werkstoffe mit wenig Aufwand, d.h. mit weniger Prozessschritten, recycelt werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Der Einsatz von recyclingverträglichen Werkstoffkombinationen schränkt die Gestaltungsfreiheit von Produkten ein. Bestimmte Produktfunktionen können ggf. nicht mehr wie gewohnt ausgeführt werden.
<p>Ressourcenleichtigkeit, ein kleiner ökologischer Rucksack, kann eine geringere Umweltbelastung durch das Produkt kennzeichnen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Der ökologische Rucksack repräsentiert nur einen Teilbereich von Nachhaltigkeitsindikatoren und deckt in seiner Basisanwendung die inputseitige Ressourcennutzung ab, während nachgelagerte Auswirkungen nur indirekt erfasst werden. - Ein kleiner ökologischer Rucksack kann zu ungehemmten Konsum, d.h. Ressourcenverbrauch, führen (Reboundeffekt).
<p>Sekundäre Werkstoffe, Rezyklate, haben i.d.R. einen kleineren ökologischen Rucksack als Werkstoffe aus primären Ressourcen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sekundäre Werkstoffe aus Anlagen des derzeitigen Standes der Technik erfüllen häufig nicht die technischen, ästhetischen oder hygienischen Anforderungen aktueller Produktdesigns (z.B. Lebensmittelsicherheit von Verpackungen). - Die Stoffstromlogistik als auch die Produktgestaltung sind derzeit nicht auf den Einsatz von Rezyklaten optimiert.
<p>Der Einsatz biobasierter Werkstoffe kann den Konsum nicht nachwachsender Rohstoffe reduzieren.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Der vermehrte Einsatz biobasierter Werkstoffe kann zu Flächenkonkurrenz zur Herstellung von Nahrungsmitteln führen. Durch die implizierte Intensivierung der Landwirtschaft kann der Nährstoffeintrag in Gewässer, d.h. die Eutrophierung zunehmen. - Die Kombination aus Stoffstromlogistik als auch die Produktgestaltung sind derzeit nicht auf den Einsatz biobasierter Materialien optimiert bzw. abgestimmt.. Beispielsweise können biologisch abbaubare Kunststoffe in Kompostanlagen zu Problemen führen.
<p>Sichere, ungiftige Werkstoffe ermöglichen sichere Produktion, Nutzung, Entsorgung und Recycling.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Der Einsatz risikobehafteter Materialien ermöglicht technische Anwendungen, die in der Nutzungsphase großen Nutzen bringen können (z.B. Lithium-Ionen-Akkumulator) - unter der Voraussetzung, dass ein geeignetes Material-/Risikomanagement erfolgt.
<p>Sind Werkstoffe hochwertig und haltbar, können sie zu einer längeren Nutzungszeit des Produkts beitragen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die Wahrnehmung von Hochwertigkeit basiert auf subjektiven Empfindungen und lässt sich nicht pauschal beurteilen. Zudem können hochwertige Werkstoffe einen größeren ökologischen Rucksack aufweisen (z.B. bei Metallen im Vergleich zu Kunststoffen) - Haltbare Werkstoffe, die bspw. in Mehrwegsystemen eingesetzt werden, können unter Umständen zu lange halten, ohne, dass neuere und ggf. umweltverträglichere Varianten entwickelt werden bzw. in die Anwendung kommen.

Ansatzpunkte für Kreislauforientierung und Trade-Offs im Detail

Produktstruktur

Produktstruktur	
Prinzip	Trade-Off
<p>Modulare und additive Strukturen ermöglichen, dass einzelne Komponenten ihren Funktionen und Inhaltsstoffen entsprechend gruppiert- und verbaut werden können.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die Robustheit und Funktionalität von Produkten kann durch modulare Bauweise negativ beeinflusst werden. - Modulare Strukturen benötigen Schnittstellen/Verbindungselemente und damit Ressourcen. Das Prinzip kann im Widerspruch zum reduzierten Einsatz von Verbindungselementen stehen. Es muss daher ein klarer Nutzen durch Modularität entstehen.
<p>Multifunktionale Eigenschaften können sich unterstützend auf die Dematerialisierung der materiellen Kultur auswirken.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Multifunktionale Eigenschaften und zunehmende Komplexität innerhalb eines Produkts können zur Zunahme der Diversität eingesetzter Materialien bei geringer Stoffkonzentration führen und dadurch das Recycling erschweren.
<p>Reduzierte und vereinfachte Formen tragen zum verminderten Einsatz von Ressourcen bei.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierte und vereinfachte Formen können sich negativ auf den Wettbewerbsvorteil mancher Unternehmen auswirken, deren Produkte sich gerade nicht durch reduzierte und vereinfachte Formen auszeichnen aber bei Nutzenden als modisch empfunden werden.
<p>Demontagefreundliche Strukturen ermöglichen, dass Komponenten für Reparaturen und sortenreines Recycling ausgetauscht- und gelöst werden können. Abtrennbarkeit gefährlicher Stoffe sichert die menschliche Gesundheit bei der Demontage.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ähnlich wie bei der Modularität kann die Demontagefreundlichkeit die Stabilität des Produktes beeinträchtigen. - Gut erreichbare Verbindungselemente erfordern ausreichend Raum. Dies könnte zu einem größeren Volumen des Produkts führen und dessen Praktikabilität mindern. - Zudem kann die Produktsicherheit gefährdet sein (z.B. Zugriff auf das Innere von Elektrogeräten), insbesondere wenn der Zugriff auf gefährliche Stoffe auf einfache Weise möglich ist.
<p>Eine zeitlose/zeitgemäße Gestalt kann die Nutzungszeit von Produkten erhöhen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Zeitlose Gestalt kann auf Nutzende charakterlos wirken, dem Entstehen einer emotionalen Bindung zwischen Objekt-Subjekt entgegenwirken und zu kürzeren Nutzungszeiten führen. - Umgekehrt kann zeitgemäße Gestalt eine Antwort auf kurzfristige Trends sein, bei denen eine langfristige Nutzung nicht erfolgt.
<p>Wenn Ersatzteile bereitgestellt werden, können Produkte fachgerecht repariert werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Das Bereitstellen von Ersatzteilen kann ein weiteres Risiko bei Implementierung ihres Produkts auf dem Markt für Hersteller bedeuten. Entsprechende Produkte müssten erst für einen bestimmten Zeitraum erfolgreich sein und entsprechend genutzt werden. Wenn der Markterfolg ausbleibt oder die Nutzungszeit des Produkts zu kurz ist, können Hersteller Ersatzteile nicht mehr vermarkten, sodass Ressourcen verschwendet werden. - Die Sicherheit oder Funktionalität von Produkten kann durch von Laien durchgeführte Reparaturen negativ beeinflusst werden.

Ansatzpunkte für Kreislauforientierung und Trade-Offs im Detail

Verbindungstechnik

Verbindungstechnik	
Prinzip	Trade-Off
Lösbare Verbindungstechnik kann Aktivitäten für Reparatur und Recycling (sortenreine Stoffströme) unterstützen	<ul style="list-style-type: none"> - Kann bei kleinen/günstigen Produkten einen höheren Materialaufwand/Kostenaufwand nach sich ziehen, der nicht immer gerechtfertigt sein muss. - Genaue Kenntnisse über den Recyclingprozess für das Produkt sind nötig, um kreislauffähige Verbindungstechnik zu wählen. - In Zusammenhang mit der Demontagefreundlichkeit muss die Produktsicherheit gewährleistet bleiben.
Reduzierter Einsatz von Verbindungselementen kann die Demontage von Produkten am Nutzungsende beschleunigen.	<ul style="list-style-type: none"> - Die Stabilität von Produkten kann negativ beeinflusst werden und damit die Haltbarkeit von betroffenen Produkten.
Im Recycling sortierbare Verbindungstechnik kann der Verschmutzung von Stoffströmen vorbeugen.	<ul style="list-style-type: none"> - Je nach Material und nötiger Architektur der Verbindung für die Sortierbarkeit kann die Stabilität von Produktstrukturen in der Nutzung negativ beeinflusst werden.
Eine robuste Verbindungstechnik kann zu einer längeren Nutzungszeit von Produkten beitragen	<ul style="list-style-type: none"> - Die Verwendung robuster Verbindungstechnik kann mit höheren Materialaufwendungen oder der Wahl ressourcenschwerer Materialien einhergehen.
Standardisierte Verbindungstechnik vereinfacht generell die Demontage von Produkten am Nutzungsende, weil z.B. weniger Werkzeuge und Arbeitsschritte benötigt werden.	<ul style="list-style-type: none"> - Festgeschriebene Standards können zu einer Stagnation der Produktentwicklung/-innovation führen. - Eine zu ausgeprägte Standardisierung kann zu einer eintönigen Produktlandschaft führen und die Attraktivität von Produkten mindern. Dies könnte zu kürzeren Nutzungszeiten führen.

Ansatzpunkte für kreislauforientiertes Produktdesign mit Fokus auf die Bereiche Kunststoffe / Verpackungen

Ergänzend zu allgemeinen Ansatzpunkten wird ein Überblick über konkrete Ansatzpunkte im Bereich Kunststoffe / Verpackungen gegeben. Ein besonderer Fokus wird auf das „Design for Recycling“ gelegt. Basierend auf verschiedenen Quellen werden Einflussfaktoren des Produktdesigns im Hinblick auf verbesserte Recyclingfähigkeit am Beispiel von PET-Flaschen zusammengefasst.

Auch hier gilt, dass der Fokus auf technische Aspekte des Produktdesign gelegt wird, während andere essentielle Strategien für Zirkularität wie Geschäftsmodelle oder soziale Innovationen nicht betrachtet werden.

Grundsätzliche Funktionen von Verpackungen

- Verpackungen sind aus „beliebigen Materialien hergestellte Produkte zur Aufnahme, zum Schutz, zur Handhabung, zur Lieferung oder zur Darbietung von Waren“ (Bleisch 2003)
- Kernanforderungen an das Verpackungsdesign beziehen sich auf den Schutz der Packgüter, den Transport und die Lagerung, die Handhabung und das Aufbringen von Informationen auf die Verpackung (AGVU 2019)

Grundsätzliche Verpackungsfunktionen (angepasst nach AGVU 2019; Schmidt 2019)

Schutz	Transport, Lagerung, Laden	Handhabung / Nutzen	Information
<ul style="list-style-type: none"> • Güter vor Umwelteinflüssen schützen <ul style="list-style-type: none"> - mechanische Einflüsse - klimatische Einflüsse (Feuchtigkeit, Licht, Temperatur) - Verunreinigung und Schwund (z.B. durch Mikroorganismen, Pollen, Insekten) - Diebstahl und Fälschung • Umwelt und Personen vor Gütern schützen <ul style="list-style-type: none"> - Gefahrgüter wie Säuren, Laugen, Chemikalien - Geruch und Farbstoffen - Schutz vor Verletzungen z.B. durch scharfe Kanten 	<ul style="list-style-type: none"> • effizienter Transport <ul style="list-style-type: none"> - Abstimmung der Verpackung auf Transport für optimale Auslastung und Raumnutzung • effiziente Lagerung <ul style="list-style-type: none"> - Verpackung so gestalten, dass sie leicht/sicher greifbar, aufnehmbar, beweglich, stapelbar und staubar ist • effiziente Be-/Entladung <ul style="list-style-type: none"> - Möglichkeit der Zusammenfassung zu Ladeeinheiten (verlustfreies Laden) - Abstimmen auf Maße/Tragfähigkeit von Standardpaletten / Containern - schnelle Be-/Entladung z.B. durch maschinenfähige Verpackung 	<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung des Gebrauchs von Produkten <ul style="list-style-type: none"> - Wiederverschließbarkeit - Portionierung • zusätzlichen Nutzen bieten <ul style="list-style-type: none"> - Reuse / Repurpose (z.B. Verpackungsglas als Trinkglas) - Upcyclingansätze (z.B. Tasche aus Verpackungsmaterial) - Ressourcenspeicher/-bereitstellung durch Recyclingfähigkeit oder Kompostierbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Verkaufs-,Dienstleistungs-, Werbe-Garantiefunktionen, Kommunikation u.a. von: <ul style="list-style-type: none"> - Haltbarkeitsdatum - Nährwerte - Anwendungshinweise - Herkunftsnachweise - Qualitätssiegel (Bio, Fair Trade, etc.) - Preisinformationen - Mehrwegkennzeichnung - Entsorgungshinweise - Recyclingcode • Verpackungen sind wichtig für Marketing <ul style="list-style-type: none"> - Identifikation der Marke - Zieht Aufmerksamkeit auf sich/Abgrenzung zur Konkurrenz

Bleisch, G. et al. 2003: Lexikon der Verpackungstechnik. Zitat Bleisch 2003.

AGVU 2019: Nutzen von Verpackungen. Mainz. (Studie durchgeführt von der Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung).

Schmidt, S. 2019: Die Rolle der Verpackung in Logistikprozessen – Auswirkungen auf eine Nachhaltige Logistik im Lebensmittelbereich. In: Wellbrock, W.; Ludin, D. (Hrsg.): Nachhaltiges Beschaffungsmanagement. Springer Fachmedien, Wiesbaden: 213–234.

Design von Verpackungen - Handlungsebenen

- Man betrachtet Verpackungen immer im Kontext des Packguts: „Bei der umweltbezogenen Optimierung des Verpackungsdesigns muss immer **das gesamte System aus Verpackung und dem verpackten Gut** (die „Verpackungs-Lösung“) betrachtet werden“ (IK e.V. 2019).
- Bei der Entwicklung von Verpackungslösungen gibt es auf verschiedenen Ebenen Handlungsmöglichkeiten, die auf eine Reduktion negativer Umweltwirkungen zielen: **Die Ebene der Verpackung, die Ebene der Packgüter und die Ebene des Logistik-Systems**. Letzteres bezieht die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle ein (IK e.V. 2019).

Handlungsebenen (nach IK e.V. 2019)

1 Ebene Verpackung	2 Ebene Packgut	3 Ebene Logistiksystem
<ul style="list-style-type: none"> • Optimierungen auf der Verpackungsebene (=produktspezifisch) <ul style="list-style-type: none"> - bspw. Werkstoffe, Farben, Barrieren.. 	<ul style="list-style-type: none"> • So ändern, dass weniger Anforderungen an Verpackungen gestellt werden müssen <ul style="list-style-type: none"> - höher konzentrierte Seifen, robustere Lebensmittel 	<ul style="list-style-type: none"> • Kann das System so geändert werden, dass weniger Funktionen erfüllt werden müssen? <ul style="list-style-type: none"> - Mehrwegsystem, schonender Transport anstatt robuste Verpackung.

Lebenszyklusweite Ansatzpunkte für Nachhaltiges Produktdesign von Verpackungen

Literaturbasierte Zusammenstellung



Design für optimierte Ressourcennutzung	Design für nachhaltige Materialbeschaffung	Design für umweltverträglichen Transport	Design für umweltverträgliche, sichere Nutzung	Design für Recycling
<ul style="list-style-type: none"> • ressourcenschonend <ul style="list-style-type: none"> - Material- und Energieeffizient - Nutzung von Sekundärmaterial - Balance zwischen Unter- und Überverpackung - In Mehrweglösungen denken: System- und Produktebene - Materialeinsparung, ohne Verlust der Kernfunktion: Umladevorgänge minimieren, Re-Fill Lösungen • sicher für die Umwelt <ul style="list-style-type: none"> - nicht ökotoxisch - emissionsarm (Boden, Wasser, Luft) 	<ul style="list-style-type: none"> • sozial <ul style="list-style-type: none"> - faire Lieferketten + Arbeitsbedingungen - ILO-Kernarbeitsnorm - Einhalten von Regeln zu Sicherheit u. Gesundheitsschutz (GUV-Regeln) und der DIN ISO 45001 - Einhalten der ISO 14001 und EMAS Normen • erneuerbar <ul style="list-style-type: none"> - Nutzung von erneuerbaren Energien 	<ul style="list-style-type: none"> • logistikkerecht <ul style="list-style-type: none"> - regionale Zulieferung - stapelbar, Möglichkeit zum intelligenten Zusammenfassen in Liefereinheiten - standardisierte-/normierte Maße • emissionsarm <ul style="list-style-type: none"> - klimaneutraler Versand 	<ul style="list-style-type: none"> • langlebig wie angemessen <ul style="list-style-type: none"> - robust - wiederverwendbar - reinigungsfähig • nutzungsgerecht <ul style="list-style-type: none"> - Förderung verantwortungsvoller Nutzung - motiviert neue Nutzungskonzepte • sicher für Nutzende <ul style="list-style-type: none"> - keine Ausgasungen - ergonomisch - zielgruppengerecht • inspirierend <ul style="list-style-type: none"> - motiviert zu nachhaltigen Handlungsmustern - multifunktional - sammel- und sortierbar 	<ul style="list-style-type: none"> • zyklisch <ul style="list-style-type: none"> - kompatibel mit existenten Entsorgungs-/Recyclingprozessen - abfallarm/abfallvermindernd - trennbar in Bestandteile oder sortenrein - eindeutig und dauerhaft gekennzeichnet

Fokus: Design für Recycling - als Grundvoraussetzung für kreislauforientierte Verpackungen

- Zur Erreichung **intergenerationeller Gerechtigkeit**, sollten Verpackungssysteme dem **Konsistenzprinzip** folgen und Verpackungen so gestaltet sein, dass enthaltene Ressourcen nach der Nutzung wieder genutzt werden können.
- **“Design for Recycling”** ist daher ein zentrales Prinzip. Dabei gilt es die Möglichkeiten und Grenzen der existenten bzw. künftigen Infrastruktur des Recyclings in der Produktgestaltung zu beachten.
- Grafische Darstellungen existenter Recyclingprozesse sowie Anforderungs- und Bewertungskataloge für Recyclingfähigkeit können beispielsweise hier eingesehen werden: <https://www.cyclos-htp.de/app/download/7233341859/Anforderungs-+und+Bewertungskatalog+Version+4.0.pdf?t=1587987870>.
- Die **EU** macht im **Verpackungsbereich** bisher vor allem Vorgaben zu **Recyclingquoten**. Vorgaben zu **Rezyklateinsatzquoten** gibt es bisher nur für Einweggetränkeflaschen (EU 2019), werden aber auch für andere Produkte diskutiert.
- Das Prinzip des **“Design for Recycling”** ist einem **“Design for Sustainability”** untergeordnet, welches darauf abzielt das Gesamtsystem nachhaltig zu gestalten.
- Es gilt **Verpackungen wo möglich vorerst zu reduzieren oder zu vermeiden**, um lebenszyklusweit negative Wirkungen zu minimieren. Wo Verpackungen (vorerst) unerlässlich erscheinen, sollte ein **“Design for Recycling”** befolgt werden.

	Current targets (%)	By 2025 (%)	By 2030 (%)
All packaging	55	65	70
Plastic	25	50	55
Wood	15	25	30
Ferrous metals	50 (incl. Al)	70	80
Aluminium	-	50	60
Glass	60	70	75
Paper and cardboard	60	75	85

Abb.: Vorgaben zu Recyclingraten in der europäischen Verpackungsrichtlinie nach Art der Verpackung (EU 2018).

Fokus: Ansatzpunkte für ein Design für Recycling am Beispiel von PET-Flaschen (I/II)

Literaturbasierte Zusammenstellung

Einflussfaktoren Produktdesign	Guidelines	Kommentar
Material	<ul style="list-style-type: none"> • benutze Monomaterial und vermeide den Einsatz von multi-layer-laminates bzw. generell komplexe Materialmischungen • ungiftig und sauber 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualität der PET-Pfade kann durch alternative Kunststoffe gemindert werden – alternativ: extra Markt und Aufbau von System
Maße, Form	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen entsprechend den Möglichkeiten für ein geeignetes Recycling wählen = existente Infrastruktur beachten • vereinfachte und reduzierte Form 	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen \geq 500 ml, sonst wird händisches Sortieren erschwert - Volumen \leq 5000 ml, sonst können Fließbänder verstopfen, Gewicht wäre für NIR zu viel - Durchmesser \geq 50mm, sonst Verlust in ‚metal screens‘ möglich - Länge \geq 10 mm, sonst nicht mit NIR erkennbar
Farbe	<ul style="list-style-type: none"> • reduzierter Farbeinsatz, bevorzugt ‚clear/natural‘ 	<ul style="list-style-type: none"> • vermeide den Einsatz von opak/metallic/fluoreszent und dunkel-schwarzen Flaschen, sie sind für herkömmliches NIR Verfahren nicht erkennbar • dunkle Farben schützen Inhalt vor Fluktuation (Vitamine..) und enthalten prinzipiell großen Recycling-Anteil
Barrieren	<ul style="list-style-type: none"> • bevorzugt monolayer PET-Flaschen ohne Barriere Technologie benutzen • benutze SiOx plasma-coating wenn nötig 	<ul style="list-style-type: none"> • Barrierematerialien sind nicht PET basiert – vor allem EVOH vermeiden • alternativ kann Erhöhung der Wandstärke ausreichen, um Mindestanforderung an Barriere zu erfüllen ODER Haltbarkeit des Füllguts reduzieren, anstatt kontaminierende Barriere zu benutzen
Additive	<ul style="list-style-type: none"> • benutze nur die in der Verarbeitung unumgänglichen Additive (Stabilisatoren, Antioxydanten, Gleitmittel..) 	<ul style="list-style-type: none"> • UV-Stabilisatoren, AA-Blocker oder optische Aufheller können die Recyclingfähigkeit reduzieren

Fokus: Ansatzpunkte für ein Design für Recycling am Beispiel von PET-Flaschen (II/II)

Literaturbasierte Zusammenstellung

Einflussfaktoren Produktdesign	Guidelines	Kommentar
Verschlussystem	<ul style="list-style-type: none"> • benutze PE/PP 	<ul style="list-style-type: none"> • Kunststoffe mit einer Dichte von $<1\text{g/cm}^3$ können im ‚flotation process‘ abgetrennbar • vermeide Einsatz von Material mit Dichte $> 1\text{g/cm}^3$ (Alu, PVC, PS, PLA, Silikone, Gummi)
Verschlusseinlagen, Dichtungen und Ventile	<ul style="list-style-type: none"> • Verschlüsse ohne Einlagen sind zu bevorzugen – benutze PE, PE+EVA, PP, foamed PET; alle mit einer Dichte $<1\text{g/cm}^3$ 	<ul style="list-style-type: none"> • vermeide den Einsatz von Material mit Dichte $> 1\text{g/cm}^3$ (Alu, VC, PS, PLA, Silikone, Gummi) • rückstandsloses Entfernen beachten
Etiketten und Hüllen	<ul style="list-style-type: none"> • verwende Etiketten und Hüllen mit einer Dichte von weniger als 1g/cm^3 (PE/PP) bei minimalem Klebstoffeinsatz und der Freilegung eines wesentlichen Teils der PET-Flasche 	<ul style="list-style-type: none"> • Etiketten und Hüllen dürfen nicht mehr als 70% der Flaschenoberfläche (PET, bei 500 ml und mehr); und nicht mehr als 50% (PET, bei 500 ml und weniger) bedecken, sonst kann es zu Fehlern bei NIR Sortierung kommen
Klebstoffe (für Etiketten und Hüllen)	<ul style="list-style-type: none"> • verwende Klebstoffe, die bei $60\text{-}80^\circ\text{C}$ wasser-/alkalilöslich, -und mit den existenten Recyclingverfahren kompatibel sind 	<ul style="list-style-type: none"> • Vergilbungen im Endprodukt schon durch kleine Mengen können die Qualität des rPET reduzieren
Tinte/Farbe (für Etiketten und Hüllen)	<ul style="list-style-type: none"> • verwende ungiftige Farben, die den EUPIA Guidelines folgen • verwende so Farben wie nötig 	<ul style="list-style-type: none"> • Farben dürfen bei Temperaturen von $60\text{-}80^\circ\text{C}$ nicht in die Laugenwaschlösung auslaufen
Direktes Bedrucken	<ul style="list-style-type: none"> • Direktes Bedrucken gilt es zu vermeiden/minimieren 	<ul style="list-style-type: none"> • wenn nötig nur Farbe benutzen, die sich in den ‚pre-washing‘-Prozessen löst – sonst können Verfärbungen des rPETs entstehen
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Lebensmittel, Shampoo, Waschmittel.. gut restentleerbar und wasserlöslich 	<ul style="list-style-type: none"> • Hinweis: Packgut kann so geändert werden, dass weniger Anforderungen an Verpackungen gestellt werden müssen • Dosiersysteme (Pumpen, Trigger..) aus PE/PP können den Verbrauch des Füllguts reduzieren: Zusätze aus Metallen vermeiden!
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> • zusätzliche Komponenten in existenten Prozessen abtrennbar sein • RFID-Chips vermeiden • Preisschilder nur auf Hüllen/Etiketten 	

Ausblick auf Designskonzepte für Produkt-Dienstleistungs-Systeme

Durch systemische Betrachtung und Lösungsfindung bestehen große Nachhaltigkeitspotentiale im Bereich der Produkt-Dienstleistungs-Systeme (PDS), die sich systemübergreifend aus sozio-technischen Innovationspotentialen ergeben können.

Produkt-Dienstleistungs-Systeme zur funktionalen Erfüllung von Bedarfen



- Im Kontext von Verpackungen erscheint ein systemischer Ansatz für PDS in Kombination mit sozialen Innovationen sinnvoll, der an der **Funktion der Verpackung** ansetzt, statt die aktuelle Form der Materialisierung eines Produktes als gegeben hinzunehmen. Eine mögliche Definition für die Funktion könnte das **“sichere Bereitstellen von frischen Lebensmitteln”** sein. Diese Funktion kann durch neuartige, ressourcenleichtere Kombinationen von u.a. Infrastrukturen, Geschäftsmodellen oder Nutzerverhalten ermöglicht werden ohne zwingend von der traditionellen Verpackung auszugehen.
- In einem **Co-Creation Workshop** mit Designerinnen und Designern der Folkwang Universität der Künste und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des Wuppertal Institutes wurden realistische bis utopische **Designkonzepte für alternative, ressourcenleichte Logistiksysteme für Lebensmittel am Beispiel von Joghurtverpackungen** entworfen, bei denen sowohl Kühlung als auch der Transport eines viskosen Fluids eine Rolle spielen.
 - **Die Designkonzepte werden innerhalb von SCI4climate.NRW im Rahmen einer Folgepublikation veröffentlicht.**
- Ein **Produkt-Dienstleistungs-System (PDS)** ist eine **marktfähige Fusion aus Produkten und Dienstleistungen**, die gemeinsam Bedarfe von Nutzenden bedienen (Goedkoop et al. 1999). Sie haben hohes **Ressourcen- und Energieeffizienzpotential** (Tukker 2015).
- Eine **soziale Innovation** wird als **neuartige Lösung für ein soziales Problem beschrieben**, die effektiver, effizienter und nachhaltiger ist als bestehende Lösungen und **deren Mehrwert primär der Gesellschaft als Ganzes zu Gute kommt** und nicht einzelnen Privatpersonen (Phills et al. 2008).

Kontakt

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Abteilung Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren
Döppersberg 19
42103 Wuppertal

<https://wupperinst.org/das-institut/team/nachhaltiges-produzieren-und-konsumieren>

Konrad Schoch | konrad.schoch@wupperinst.org

Dr. Manuel Bickel | manuel.bickel@wupperinst.org

Prof. Dr. Christa Liedtke | christa.liedtke@wupperinst.org