



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences



IWARU Institut für
Infrastruktur · Wasser ·
Ressourcen · Umwelt
Arbeitsgruppe Ressourcen

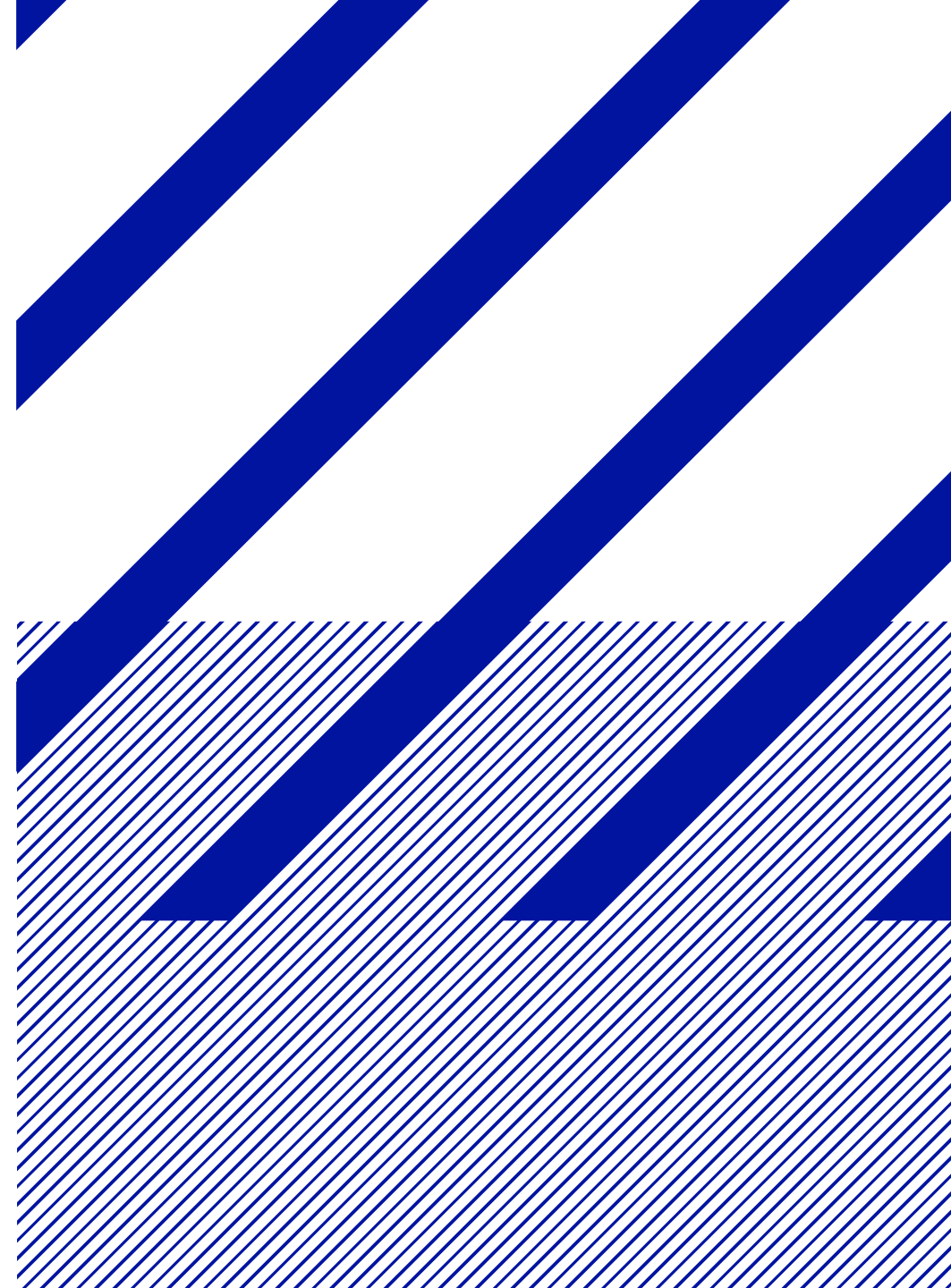
Resiliente Wirtschaft durch zirkuläres Wirtschaften

Effizienz Forum Wirtschaft

Steinfurt, 24. August 2022

Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme

IWARU - Institut für Infrastruktur · Wasser · Ressourcen · Umwelt
Arbeitsgruppe Ressourcen
Sprecherin des Vorstands

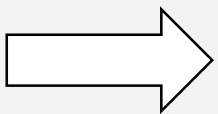


- **Resilienz**
- **Ressourcenverbrauch** als zentrale Herausforderung
 - Hintergrund
 - Veränderungen
- **Zirkuläres Wirtschaften**
 - Ansätze
 - Weitere Chancen

Resilienz

Definition

- Begriff in der Wissenschaft **je nach Disziplin unterschiedlich interpretiert**, gemeinsam ist jedoch:
 - **Dynamisches Verständnis (Störung, Schock, Katastrophe..)**
 - **Störung von außen**
 - **Ziel: Krise zu bewältigen [1].**
- Begriffsverwendung hier:
 - **„Resiliente Systeme sind in der Lage, sich von den negativen Folgen überwiegend abrupter Störungen zu erholen und/oder sich an dauerhafte Veränderungen anzupassen.“ [2]**



„Vorbereitung auf das Unerwartete“

Resilienz

Störungen und Folgen

- **Aktuelle Störungen /Schocks:**
 - Extreme Unwetterereignisse
 - Covid-19-Pandemie
 - Ukraine Krieg
 - ungewisse geopolitische Zukunft
 -

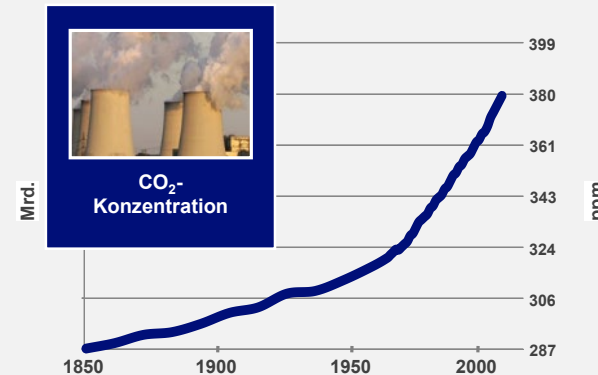
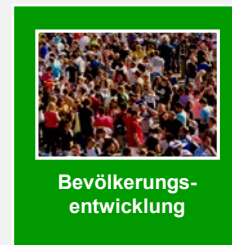
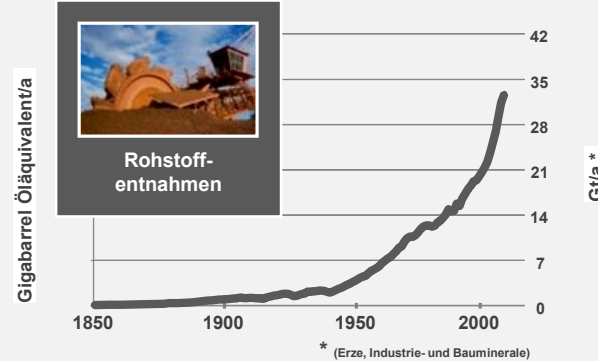
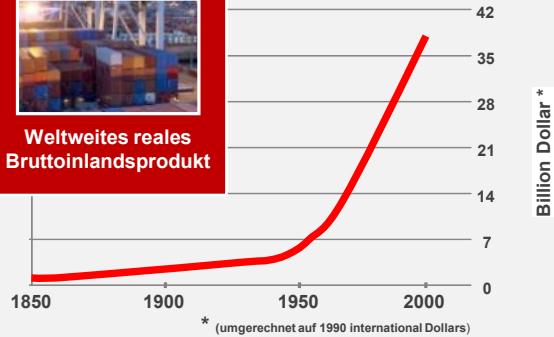
- **Folgen für die Wirtschaft, durch vielfältige Abhängigkeiten, u. a.:**
 - **unsichere Versorgung** mit Rohstoffen, z. B. durch Bruch von Lieferketten
 - sprunghaft **steigende Preise**, ... [2]



Von oben links nach unten rechts: Fotos von [Alexandra Koch](#), [terski](#), [stux](#) und [wal_172619](#) auf Pixabay

Entwicklung Rohstoffverbrauch

Global ungebrochene Dynamik



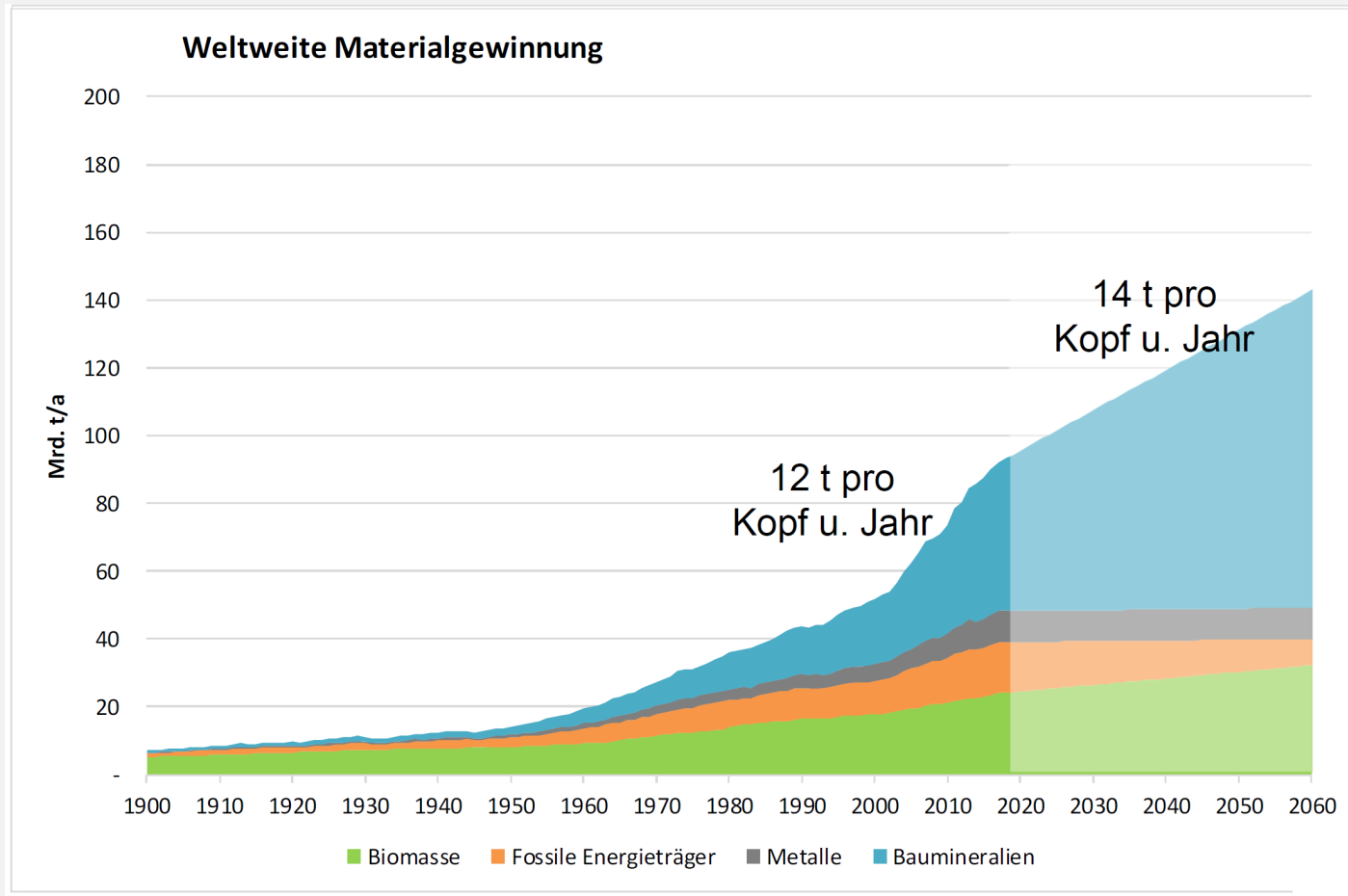
- **Erdüberlastungstag:**
 - 29.12.1970
 - 28.07.2022 (in D 04.05.2022)

[3, 24]



Entwicklung Rohstoffverbrauch

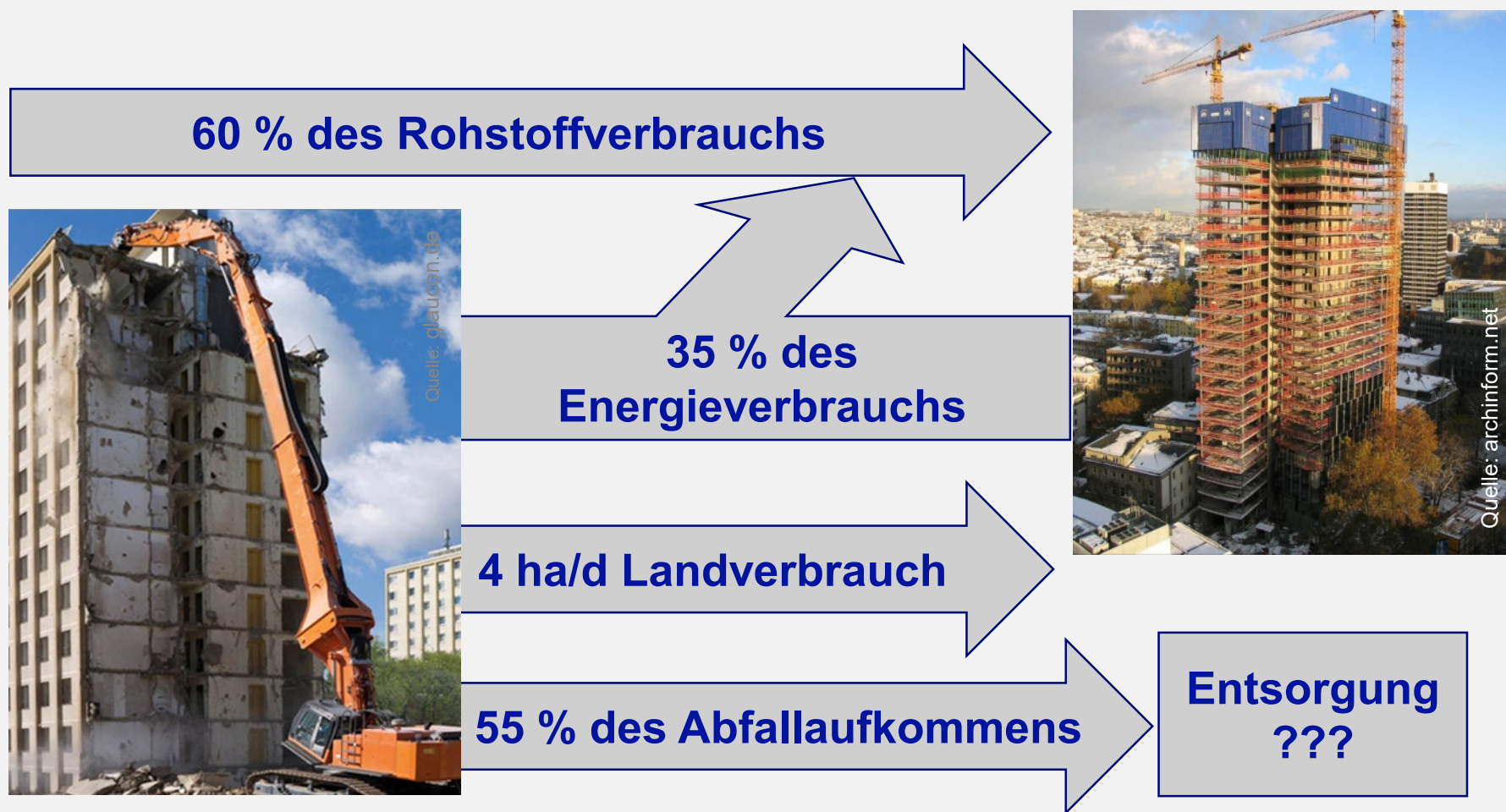
Global ungebrochene Dynamik



- **Prognose durch UNEP:**
 - ab **2018 bereits nachhaltigeres Wirtschaften** berücksichtigt [4,5]

Beispiel: Bauwirtschaft

Rohstoffrelevanz der Bauwirtschaft

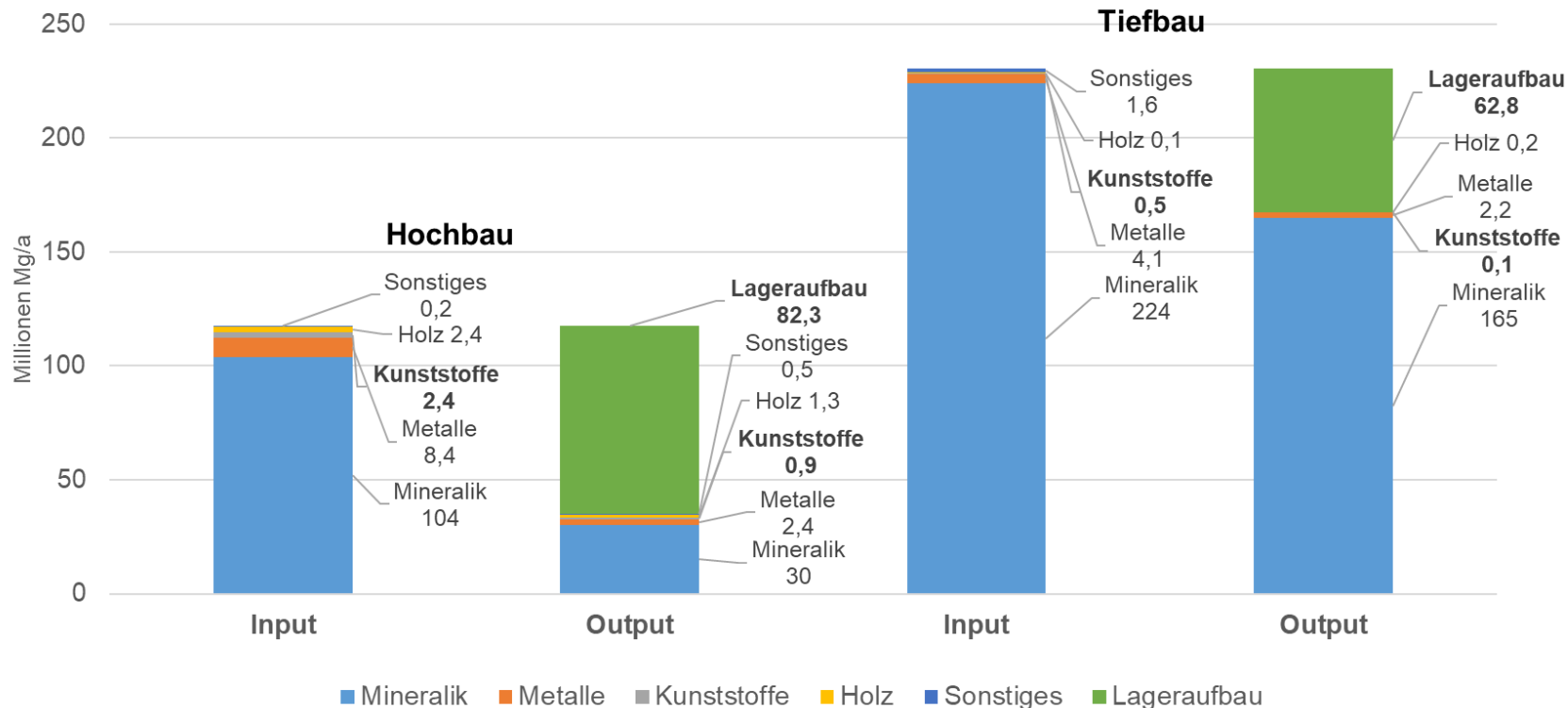


[7,8]

Beispiel: Bauwirtschaft

Stoffflüsse – Aufbau des anthropogenen Lagers

Stoffflüsse im Hoch- und Tiefbau im Jahr 2010



[nach 15]

→ Das anthropogene Lager wächst weiter an!



Beispiel: Elektroaltgeräte

Rohstoffrisiken

- **Rohstoff-Risiko-Index für Metalle und Mineralien**

Yttrium	Kobalt	Germanium	Chrom
Neodym	Niob	Platingruppe	Molybdän
Scandium	Selen	Lithium	Gefahrenklasse I rot
Wolfram	Phosphat	Indium	
Fluorit	Zinn	Kupfer	Aluminium
Graphit	Gallium	Titan	Baryt
Magnesium	Silber	Gold	Gefahrenklasse II gelb
Mangan	Tantal	Zink	
Nickel	Bentonit	Gips und Anhydrit	
Blei	Glimmer		
Eisen	Feldspat	Gefahrenklasse III grün	
Kalisalz	Kaolin		

- **Folgende Kriterien wurden betrachtet:**

- **Ökonomische Relevanz** der Rohstoffe für die betrachtete Volkswirtschaft
- **Länderrisiko** im Hinblick auf politische Stabilität
- **Länderkonzentration** der globalen Reserven
- **Substituierbarkeit** von Rohstoffen

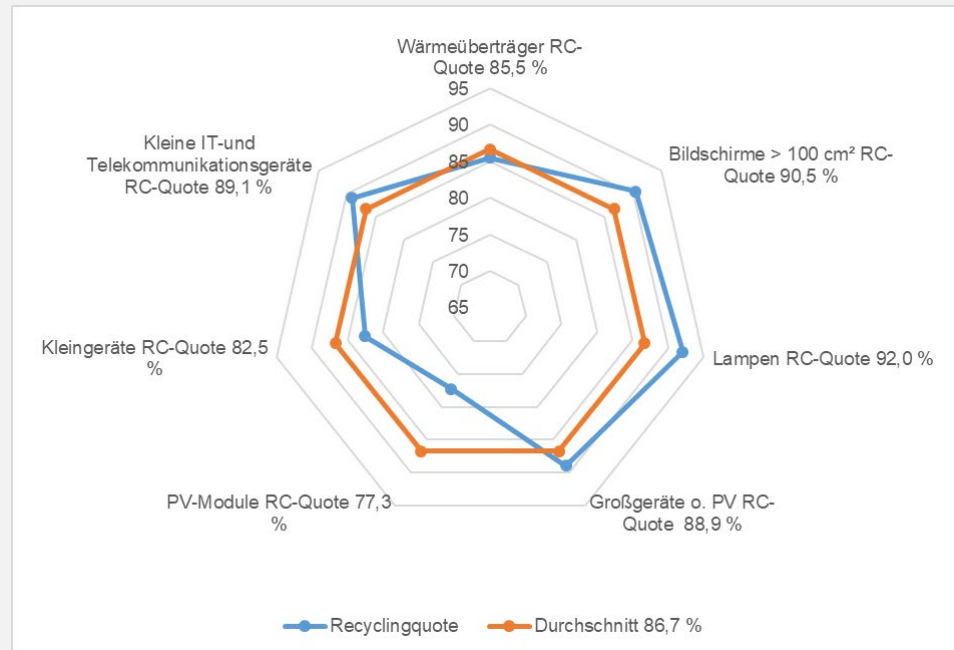
[9]

Aktuelle Quoten

Recycling- bzw. Verwertungsquoten

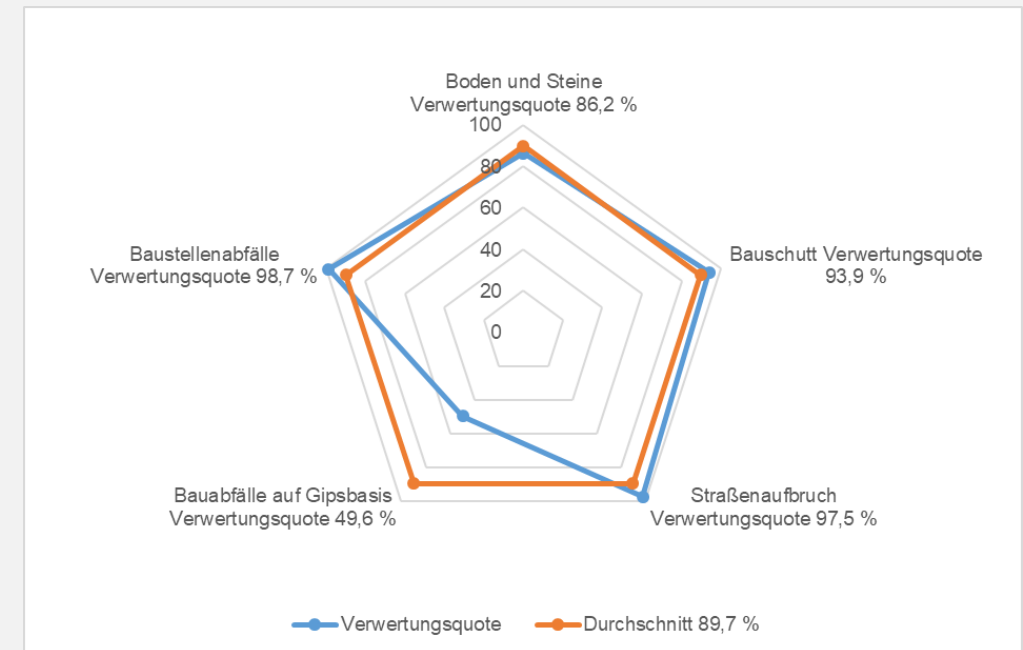
Elektroaltgeräte

Erstbehandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten
in Deutschland 2020



Bauabfälle

Verwertungsquoten von Bauabfällen
in Deutschland 2018



**Recycling-/ Verwertungsquoten nahezu 90%
→ Warum die Diskussion?**

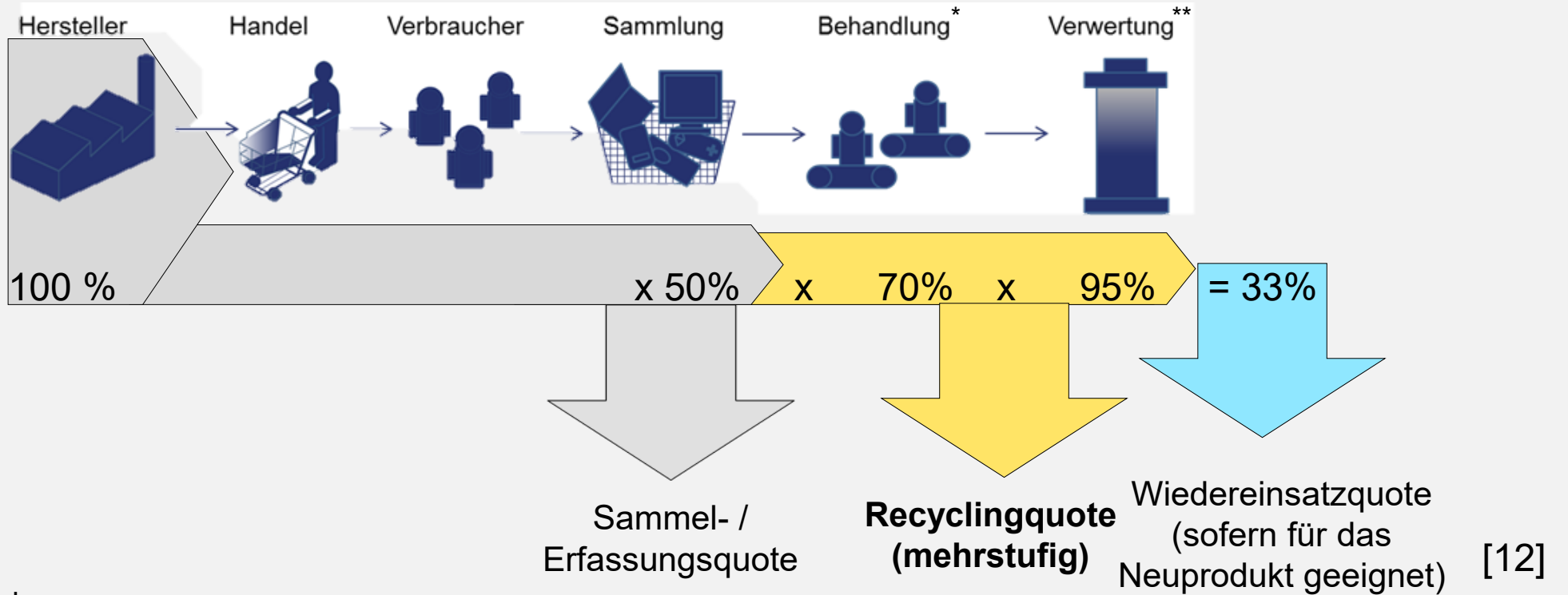
[nach 10, 11]



Aktuelle Quoten

Recyclingquote

Beispielrechnung: **Gold-Ausbeute** aus Elektroaltgeräten:



* manuell-mechanisch

** chemisch-metallurgisch

Recyclingquoten

Wiedereinsatzquoten

H																	He 1%
Li 0%	Be 0%											B* 0.6%	C	N	O	F* 1%	Ne
Na	Mg 13%											Al 12%	Si 0%	P* 17%	S 5%	Cl	Ar
K* 0%	Ca	Sc 0%	Ti 19%	V 44%	Cr 21%	Mn 12%	Fe 31%	Co 35%	Ni 34%	Cu 17%	Zn 31%	Ga 0%	Ge 2%	As	Se 1%	Br	Kr
Rb	Sr	Y 31%	Zr	Nb 0%	Mo 30%	Tc	Ru 11%	Rh 9%	Pd 9%	Ag 55%	Cd	In 0%	Sn 32%	Sb 28%	Te 1%	I	Xe
Cs	Ba 1%	La-Lu ¹	Hf 1%	Ta 1%	W 42%	Re 50%	Os	Ir 14%	Pt 11%	Au 20%	Hg	Tl	Pb 75%	Bi 1%	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac-Lr ²	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

¹ Group of Lanthanide	La 1%	Ce 1%	Pr 10%	Nd 1%	Pm	Sm 1%	Eu 38%	Gd 1%	Tb 22%	Dy 0%	Ho 1%	Er 0%	Tm 1%	Yb 1%	Lu 1%
² Group of Actinide	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

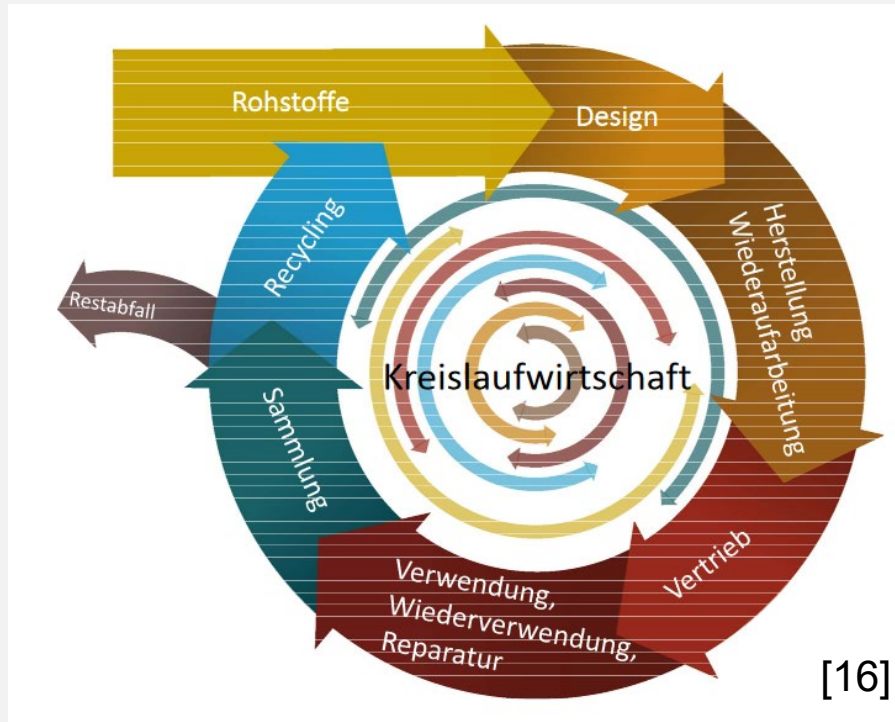
Wiedereinsatzquoten
in der EU Stand 2016
[13]



Zirkuläres Wirtschaften

Teil der Lösung

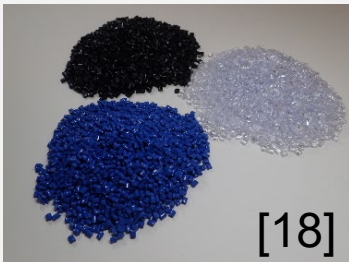
- Definition Kreislaufwirtschaft § 1 KrWG:
„Förderung der Kreislaufwirtschaft zur
Schonung der Ressourcen“



Erweitertes Kreislaufverständnis:
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft - Zirkuläres Wirtschaften (ZW)

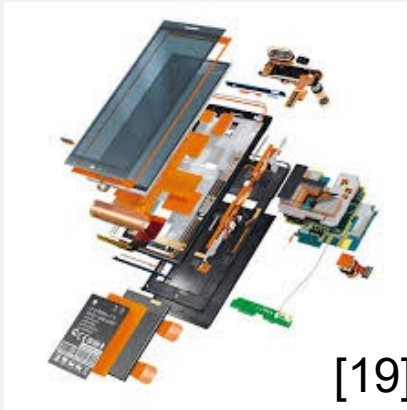
Zirkuläres Wirtschaften...

... verändert



[18]

Materialauswahl



[19]

Produktdesign und
Produktionsverfahren

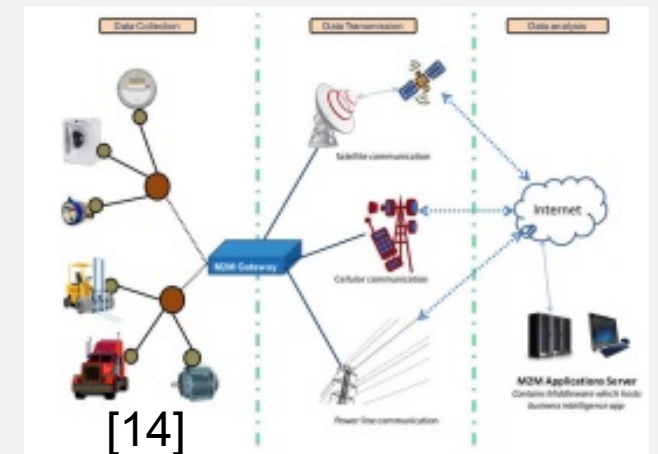


[20]

Geschäftsmodelle

... und profitiert z. B. von

- modularem Design
- neuen Werkstoffen und additiver Produktion (3D-Druck)
- Digitalisierung der Wirtschaft
- Kooperationsformen (bspw. Plattform-Ökonomie, Sharing Economy)



[14]

Zirkuläres Wirtschaften ...

Produktentwicklung

Produktentwicklung

Ansätze

- Modulare Bauweise
- „Cradle2Cradle“
- Umweltproduktdeklarationen (EPD) wie bei Bauprodukten
- Verlängerung des Lebenszyklus/ Kaskadennutzung

Weitere Chancen

- **Prioritätenverlagerung** (von ausschließlich Funktionalität, Design etc. auch auf **Ressourceneffizienz**)
- *Schaffung (wirtschaftlicher) Anreize*, mit denen rückbaufreundliche/reparierbare Ansätze honoriert werden
- Entwicklung von **innovativen Geschäftsmodellen**

Zirkuläres Wirtschaften ...

Planung / Konstruktion

Planung und Konstruktion

Ansätze

- Lebenszyklusbetrachtung
- Trennbare, reparierbare Konstruktionen
- monolithische Bauteile/ Komponenten

Weitere Chancen

- **Kenntnis über bestehende Möglichkeiten** der recyclinggerechten/ rückbaufreundlichen Planung und Konstruktion
- **Rückbau als ein Bestandteil der Produktentwicklung/ Planung berücksichtigen, Einbindung in entsprechende Planungsvorgaben**



Zirkuläres Wirtschaften ...

Beispiel - Produktentwicklung

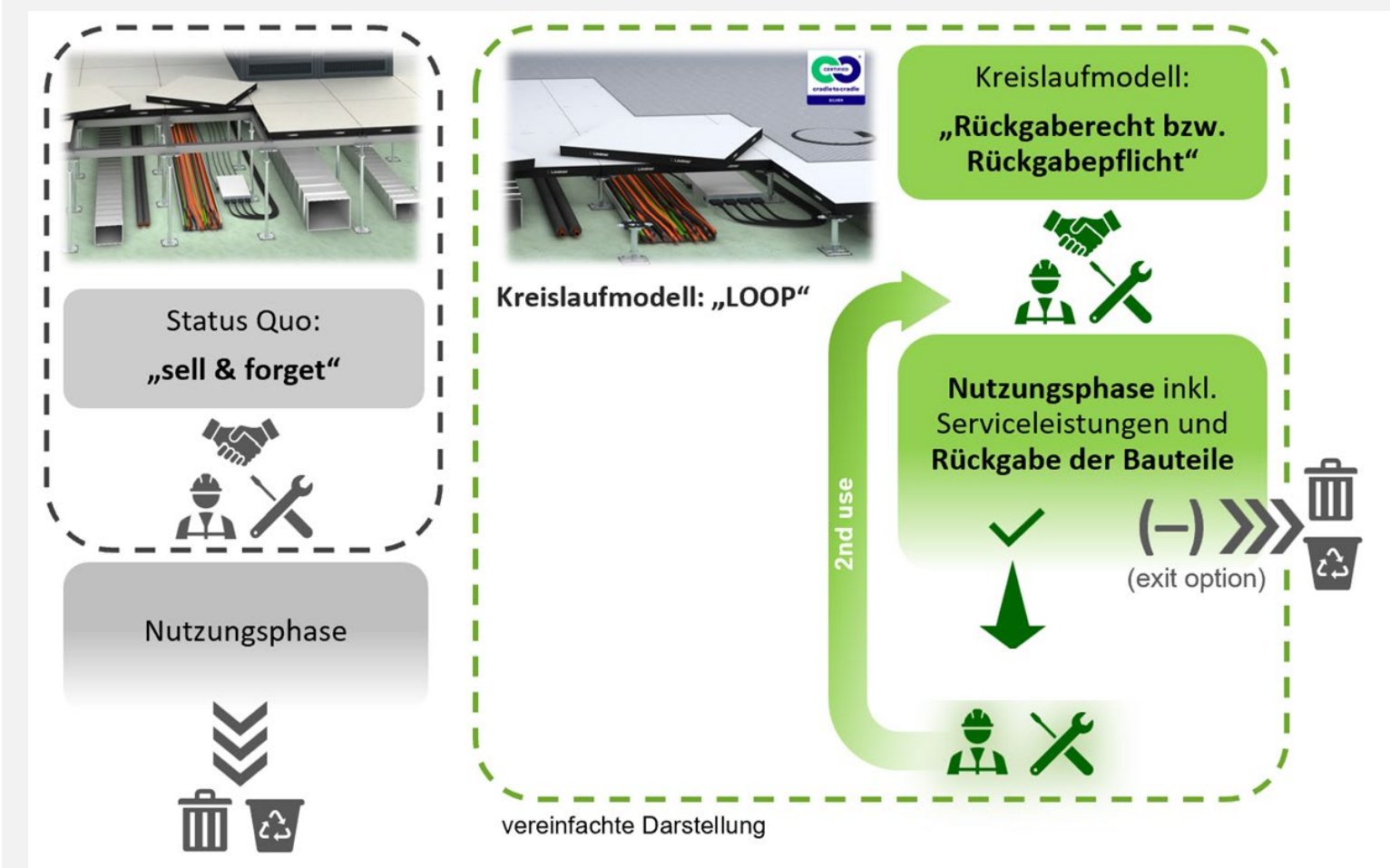
- **Schlechte Recyclingfähigkeit**
 - Verpackung aus verschiedenen Komponenten und Materialien, Multi-Layer-Verpackung, Metallring und Label nicht trennbar
- **Hohe Recyclingfähigkeit**
 - HDPE-Flasche mit PP-Etiketten, PP/PE-Verschluss



[22]

Zirkuläres Wirtschaften ...

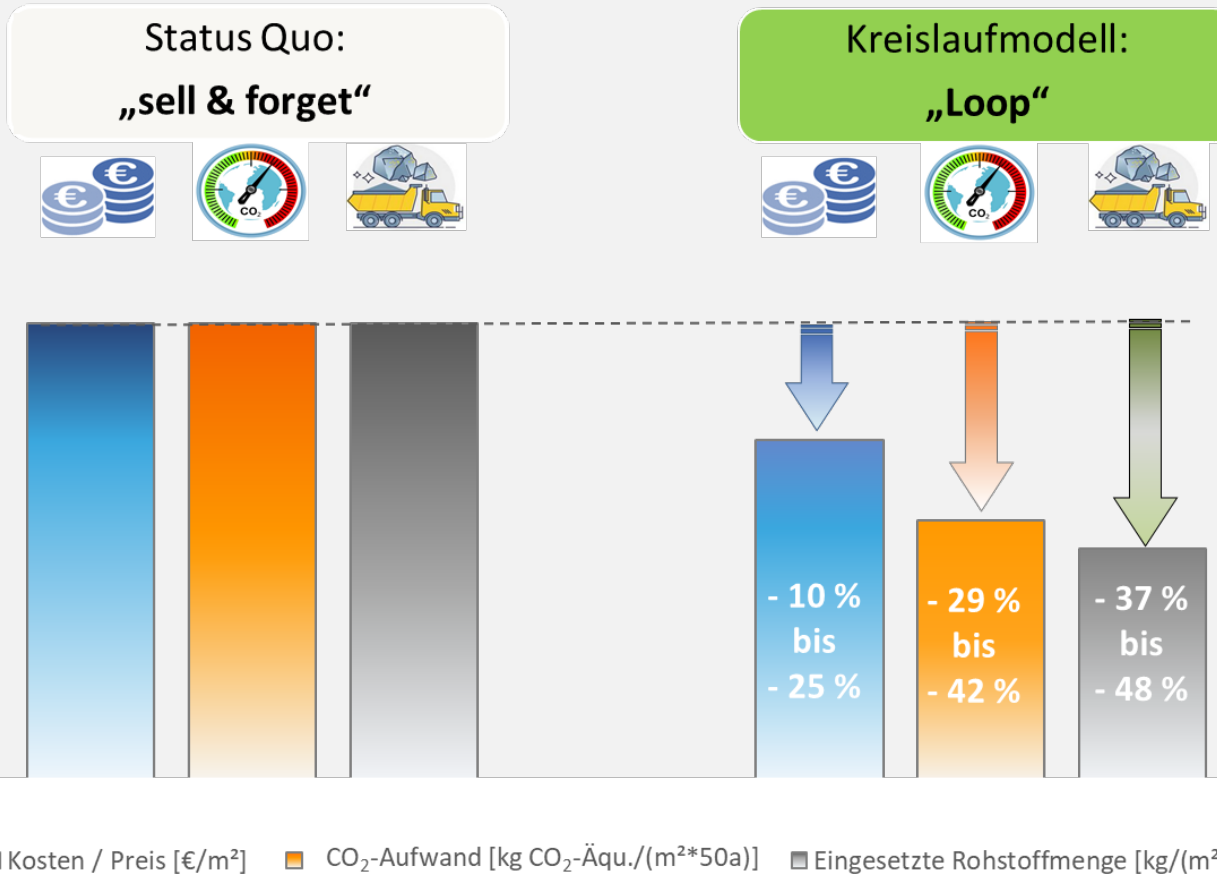
Beispiel – Produktentwicklung/Konstruktion



- **Geschäftsmodell zum zirkulären Wirtschaften:**
 - am Beispiel von **Bauprodukten aus dem Innenraum [21]**

Zirkuläres Wirtschaften ...

Beispiel – Produktentwicklung/Konstruktion



- **Geschäftsmodell zum zirkulären Wirtschaften:**
 - **Positive Auswirkungen auf Kosten, CO₂-Aufwand und Rohstoffverbrauch [21]**

Zirkuläres Wirtschaften ...

Dokumentation

Dokumentation

Ansätze

- Label-/ und Produktinformationen => Transparenz
- Forschung zu Materialpässen

weitere Chancen

- **Verpflichtung** zur Erfassung der **verwendeten Materialien und Inhaltsstoffe, Konstruktionen**
- **fortlaufende Dokumentation** von Modifikationen oder Veränderungen bei der Nutzung
- Umsetzung in digitaler Form, z. B. **BIM-Konzepte**

Zirkuläres Wirtschaften ...

Beispiel - Dokumentation

MATERIALPASS | TRAINING THE ARC



GEBÄUDENAME
Training The Arc

EIGENTÜMER
Trainer Madaster

FIRMENNAME
Madaster Training

VERLAG
Sander Beeks

VERÖFFENTLICHUNGSDATUM
12.11.2020

TRAINING THE ARC | ALLGEMEINE INFORMATION

NAME DES PORTFOLIOS
Laren

EIGENTÜMER DES PORTFOLIOS
Trainer Madaster

GEBÄUDENAME
Training The Arc

ADRESSEDETAILS
Adresse: Marconibaan 12
Postleitzahl: 3439MS Nieuwegein

KATASTERINFORMATIONEN

Katasterbezeichnung	Jutphaas
Katastergrundfläche	7100 /m ²
Chargennummer	JP500 - D - 2819
Einschränkung des öffentlichen Rechts	Geen

MADASTER-INFORMATIONEN

Klassifizierungsmethode	NL-SfB
Neueste BIM-Informationen	12.11.2020 15:06
Nutzung des Gebäudes	Bürofunktion (Büro >= 1000m ²)
Bruttogrundfläche	1800 /m ²
Lieferdatum	23.01.2019
Datum der letzten Renovierung	-

ETIKETTEN

BREEAM	Good
GPR-Score	-
Indikative MPG-Score	0,69 €/m ²
LEED	-

WELL-SCORE

Training The Arc Seite 2.

Beispiel:
Madaster Material Passport [23]



Zirkuläres Wirtschaften ...

Politik / Zertifizierung

Politik und Zertifizierung

Ansätze

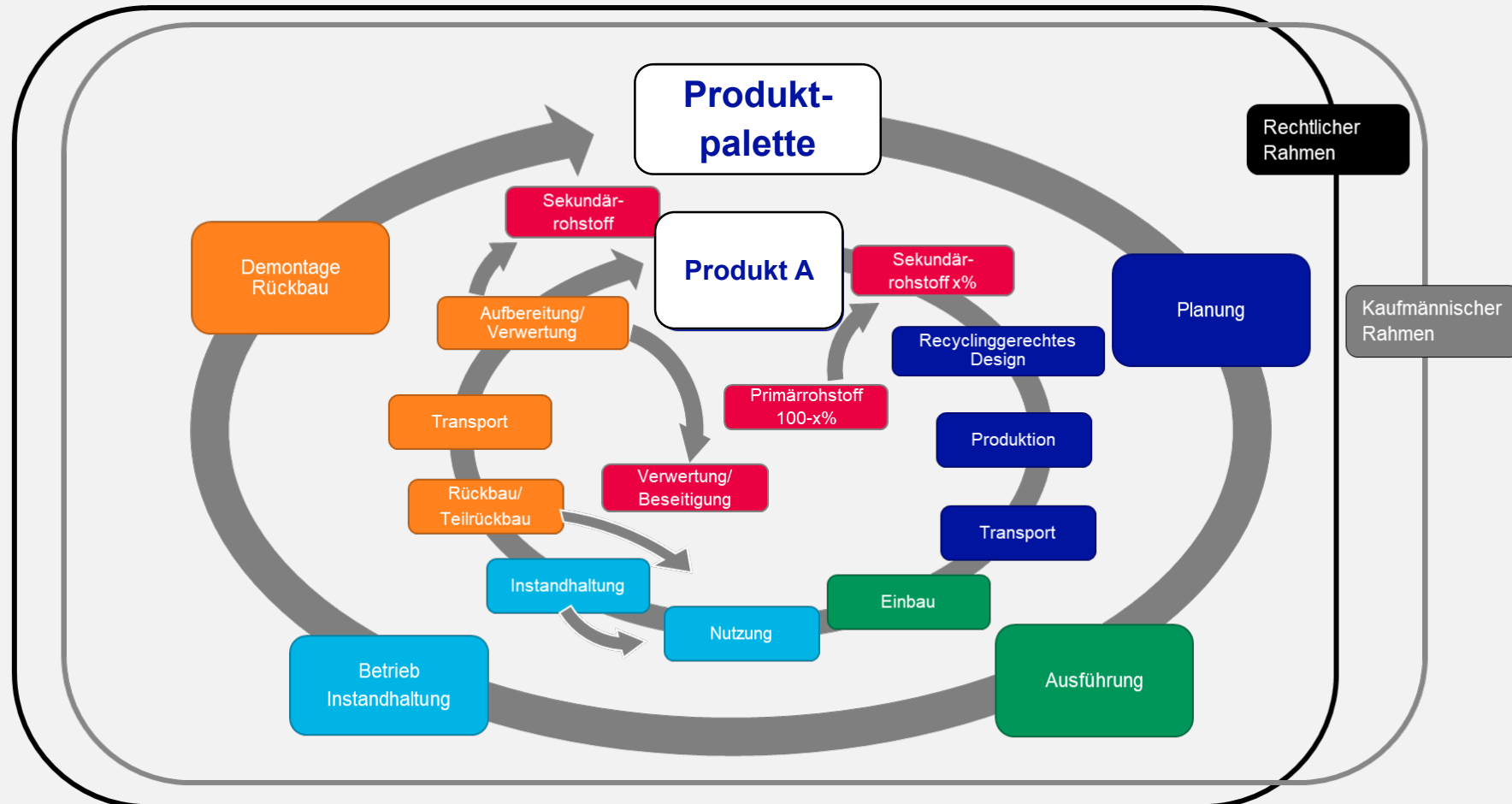
- Bewertungssysteme, wie z.B. DGNB und BNB
- Europäische Bauproduktenverordnung
- Ökodesign-Richtlinie

weitere Chancen

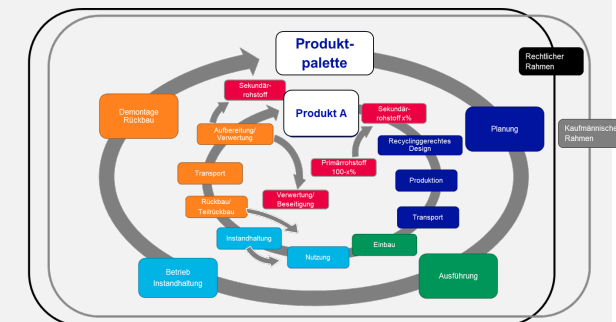
- **Einführung bzw. Stärkung der Produktverantwortung**
- Unterstützung von neuen **Geschäftsmodellen** und **Finanzierungen (Bsp. Leasing)**
- Vorgabe von **Einsatzquoten für RC-Stoffe**

Zirkuläres Wirtschaften

Zielvorstellung

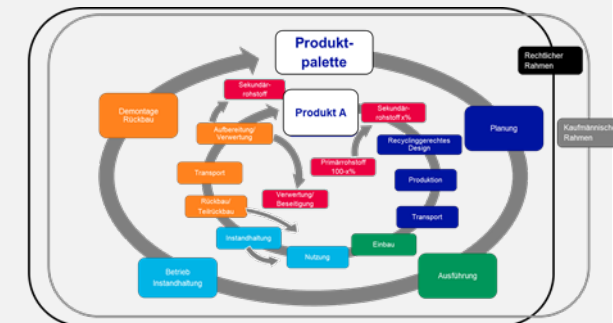


- **Zirkuläres Wirtschaften liefert einen großen Beitrag für eine resiliente Wirtschaft denn:**
 - **durch gezieltes Ressourcen- und Stoffstrommanagement** wird eine abgesicherte Rohstoffbereitstellung unterstützt
 - **Sensibilisierung** für den Bedarf einer effizienten Ressourcennutzung ist in der Gesellschaft angekommen
 - **Flexible Produkte mit entsprechenden Geschäftsmodellen**, die auf Modularität, Vielseitigkeit und Anpassungsfähigkeit basieren, werden akzeptiert oder sogar vom Kunden eingefordert



- **Rahmenbedingungen für eine zirkuläre Wirtschaft sind noch zu verbessern, u. a.:**
 - **Wissensaustausch unter Akteuren** entlang des Produktlebenszyklus – Umkehrung der Produktion
 - Verbesserung der Nutzung von Materialpässen und Digitalisierung
 - Schaffung **der rechtlichen und technischen Grundlagen** für die Kreislaufführung (inkl. Qualitätssicherungssysteme)
 - Förderung **nachhaltiger Geschäftsmodelle** – Übernahme einer echten Produktverantwortung

Zusammenspiel aus **technischem** Kreislauf (Produktdesign, Produktion, Einbau, Nutzung, Instandhaltung, Rückbau, Verwertungsoptionen) in einem unterstützenden **rechtlichen** sowie **kaufmännischen** Rahmen erforderlich





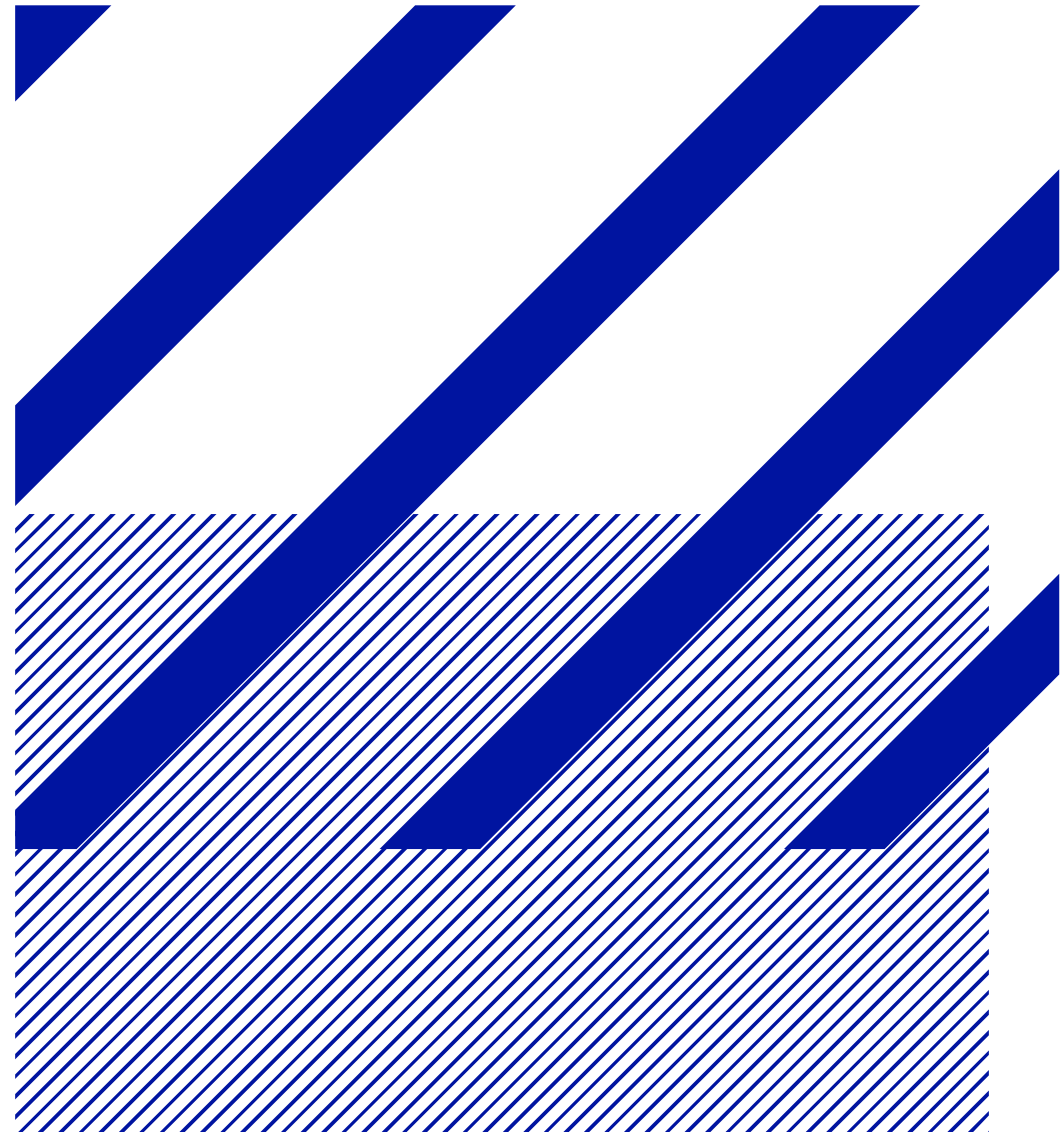
FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme

Corrensstraße 25
D-48149 Münster

fon +49 (0)251.83 65-258
fax +49 (0)251.83 65-260

flamme@fh-muenster.de
www.fh-muenster.de



- (1) Brinkmann, H.; Herendt, Ch.; Heinemann, F.; Nover, J.: Ökonomische Resilienz – Schlüsselbegriff für ein neues wirtschaftspolitisches Leitbild?; in: Wirtschaftsdienst 2014/9; S. 644 – 649; DOI: 10.1007/s10273-017-2191-5
- (2) Heusler, W.; Terhechte, D.: Steigerung der Resilienz - Vorbereitung auf das Unerwartete, in: DIB 6-2022, S. 30-36, <https://www.ingenieurbau-online.de/deutsches-ingenieurblatt>, Zugriff 15.08.2022
- (3) Faulstich, M. et al.: Von der Abfallwirtschaft zur Ressourcenwirtschaft, in Flamme et al. (Hrsg., 2009), 11. Münsteraner Abfallwirtschaftstage, Band 13, Münster 2009
- (4) UNEP 2019: GLOBAL RESOURCES OUTLOOK - NATURAL RESOURCES FOR THE FUTURE WE WANT, https://Downloads/unep_252_global_resource_outlook_2019_web.pdf, Zugriff 15.08.2022
- (5) Schmidt, M.: Der Ressourcen-Energie-Nexus als Schlüsselfaktor für die Kreislaufwirtschaft, Vortrag bei der ReziProK-Konferenz, am 23.6.2022 in Berlin
- (6) IEA (2021): The Role of Critical World Energy Outlook – Special Reports Minerals in Clean Energy Transitions, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>, Zugriff 15.08.2022
- (7) Destatis 2020: Statistisches Bundesamt (Destatis) (2020): Umweltökonomische Gesamtrechnungen - Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten, Statistisches Bundesamt (Destatis), URL: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/rohstoffe-materialfluesse-wasser/Publikationen/Downloads/rohstoffaequivalente-5853101169004.pdf?__blob=publicationFile, Zugriff: 06.08.2021
- (8) Link, H.: Interview mit Werner Sobek - Den Gesetzen der Physik und dem Wohle der Menschen dienen, Deutsches Ingenieurblatt, Ausgabe Juli/August 2013, S. 10 – 13
- (9) Bardt, H.: Fehlende Rohstoffe – Bedrohung für den Industriestandort Deutschland? Präsentation 12. Münsteraner Abfallwirtschaftstage, 2011
- (10) Eigenen Darstellung nach: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/02/PD22_058_321.html, Zugriff 15.08.2022
- (11) Eigene Darstellung nach: Kreislaufwirtschaft Bau, Monitoring Berichte 2010 URL: <https://www.kreislaufwirtschaft-bau.de/#services>, letzter Zugriff: 15.08.2022
- (12) Eigenen Darstellung nach Hagelücken, C.; Chancen & Grenzen des Metallrecyclings – Definitionen, Grenzen, Dissipation im CE Kontext, UBA Ressourcenkommission, 24.03.2022
- (13) Talens Peiró, L.; Nuss, P.; Mathieux, F. & Blengini, G. A.: Towards Recycling Indicators based on EU flows and Raw Materials System Analysis data; Oktober 2018; S. 13; DOI:10.2760/0928
- (14) Rünker, R.: Zirkuläre Wertschöpfung -Wertstoffe statt Abfall, Präsentation 16. Münsteraner Abfallwirtschaftstage, 2019
- (15) Eigene Darstellung nach Schiller, G., et al. (2015): Kartierung des Anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft, Umweltbundesamt, URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_83_2015_kartierung_des_anthropogenen_lagers.pdf, Zugriff: 14.01.2019
- (16) URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0028>, letzter Zugriff 22.06.20
- (17) URL: <http://www.wohindamit.de/die-fuenfstufige-abfallhierarchie-was-ist-das/>, letzter Zugriff 22.06.20
- (18) URL: <https://www.plasticstoday.com/materials-assembly/dont-get-caught-without-backup-material/63717644159070>, letzter Zugriff 22.06.2020
- (19) URL: <https://www.produktion.de/technik/industriekleber-klebt-besser-als-kaugummi-224.html>, letzter Zugriff 22.06.2020
- (20) URL: <https://oacp.org.uk/event/business-planning/>, letzter Zugriff 22.06.20
- (21) Flamme, S.: Vortrag zum Forschungsprojekt RessProKa im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe (ReziProK)“, Transferkonferenz, 23./24. Juni 2022, Berlin
- (22) Helftewes, M.: HDPE aus der haushaltsnahen Erfassung im Blasformprozess, Vortrag, Düsseldorf 21. Mai 2019
- (23)) Madaster Material Passport: <https://madaster.de/material-passport/>, Zugriff 18.08.2022
- (24) URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/erdueberlastungstag-ressourcen-fuer-2022-verbraucht> , Letzter Zugriff 25.08.2022