



**POSITION DER KOMMISSION NACHHALTIGES  
BAUEN AM UMWELTBUNDESAMT (KNBAU)**

// JUNI 2024 //

**Transformation zu einer zirkulären  
Bauwirtschaft als Beitrag zu einer  
nachhaltigen Entwicklung**

# Impressum

## Herausgeber:

Kommission Nachhaltiges Bauen am  
Umweltbundesamt (KNBau)  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
[www.umweltbundesamt.de/KNBau](http://www.umweltbundesamt.de/KNBau)

## Autorinnen und Autoren:

Prof. Annette Hillebrandt  
Prof. Dr. Dirk A. Schwede  
Prof. Josef Steretzeder

## Dank:

Die Autorin und die Autoren danken  
Herrn Prof. Dr. Lützkendorf, Frau Wartzeck  
und Herrn Halstenberg für bereichernde  
Hintergrundgespräche.

## weitere Kommissionsmitglieder:

Prof. Christa Reicher (Vorsitzende)  
Dr.-Ing. Matthias Lerm (Vorsitzender)  
Prof. Dr. Michael Burkhardt  
Ulrike Hacke  
Prof. Dr. Kati Jagnow  
Theresa Keilhacker  
Prof. Dr. Thomas Lützkendorf  
Prof. Dr. Philipp Misselwitz  
Prof. Florian Nagler  
Prof. Dr. Riklef Rambow  
Susanne Wartzeck  
Prof. Vesta Nele Zareh

## Redaktion:

Umweltbundesamt  
Fachgebiet III 1.4  
Markus Taubert

Die Kommission Nachhaltiges Bauen ist ein ehrenamtliches Expert\*innengremium. Die berufenen Mitglieder beraten das Umweltbundesamt zu Fragen des nachhaltigen Bauens und aktuellen Forschungsbedarfen. Die Kommission wird vom Umweltbundesamt durch eine Geschäftsstelle unterstützt, ist jedoch nicht weisungsgebunden und fachlich unabhängig. Ihre Veröffentlichungen entsprechen daher nicht notwendigerweise der Hausmeinung des Umweltbundesamtes.

## Geschäftsstelle:

Umweltbundesamt  
Fachgebiet III 1.4  
Postfach 1406  
06813 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-3299  
[KNBau@uba.de](mailto:KNBau@uba.de)

## Satz und Layout:

Atelier Hauer+Dörfler GmbH

## Publikationen als pdf:

[www.umweltbundesamt.de/publikationen](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen)

## Bildquellen:

Titelbild: © Markus Taubert  
S. 6: © RE<sup>4</sup>, ZRS Architekten  
S. 12: © gerd-harder/Shutterstock  
S. 22: © TEAMhillebrandt  
S. 23: © Parilov/shutterstock.com  
S. 36: © TEAMhillebrandt, © Vandkunsten (2016) [35]

Stand: Juni 2024

**Umwelt**   
**Bundesamt**

**POSITION DER KOMMISSION NACHHALTIGES  
BAUEN AM UMWELTBUNDESAMT (KNBAU)**

**// JUNI 2024 //**

Transformation zu einer zirkulären  
Bauwirtschaft als Beitrag zu einer  
nachhaltigen Entwicklung

## Vorwort

Ein Paradigmenwechsel in der Errichtung und Nutzung von Gebäuden ist von herausragender Bedeutung für den Übergang zu einer umwelt-, klima- und gesundheitsverträglichen Wirtschaft und Gesellschaft. Bis zu 40 % aller Treibhausgasemissionen entstehen durch die Herstellung von Baustoffen wie Zement, Stahl und Glas sowie die Heizung und Kühlung unserer Gebäude. 90 % der inländischen mineralischen Rohstoffentnahme fließt in den Bausektor. 54 % des Abfalls in Deutschland sind mit Bauaktivitäten verbunden. Der Anteil hochwertig recycelten Materials, das wieder in den Gebäudesektor zurückfließt, liegt im einstelligen Bereich. Über 90 % unserer Lebenszeit verbringen wir in unseren Gebäuden, so dass es besonders wichtig ist, dort gesundheitsgefährdende Stoffe zu vermeiden, deren Einatmung uns krank machen.

Die Kommission Nachhaltiges Bauen zeigt, dass zirkuläres Bauen der Schlüssel dafür ist, um unsere Gebäude lebenswert, klima- und umweltverträglich zu bauen und zu nutzen. Hierbei geht es nicht um inkrementellen Wandel, sondern um grundlegende Veränderungen, denn bisher besteht ein Gebäude am Ende des Lebenszyklus vor allem aus einer Art Schuttberg. Dabei sollten wir unsere Gebäude als Werkstofflager betrachten und nutzen. Was wäre dafür zu tun?

Dafür schlagen die Autorinnen und Autoren fünf Handlungsfelder vor:

### **Perspektivwechsel – Das Verständnis für eine neue Zirkularwirtschaft muss gefördert werden:**

Ziel der Zirkularwirtschaft ist die Reduzierung der Inanspruchnahme primärer Ressourcen auf ein erforderliches Minimum. Das Schließen von Stoffkreisläufen ist Mittel zum Zweck und muss den stofflichen Wert von Produkten weitestgehend erhalten. Dazu sind ausdifferenzierte Definitionen der Qualitäten von Verwertungswegen festzuschreiben, um Greenwashing zu verhindern.

**Der Gebäudebestand ist zu nutzen und zu schützen:** Die Weiternutzung von Bestandsgebäuden birgt gegenüber dem Neubau ein ökologisches Entlastungspotenzial, das zur Erreichung von Klima- und Nachhaltigkeitszielen unbedingt gehoben werden muss. Ergänzende Nachverdichtungen, Modernisierungen und Aufstockungen sind vorzugsweise aus dem Materialangebot des anthropogenen Lagers zu errichten und so zu konstruieren, dass eine Demontage und Nachnutzung der Bauprodukte ermöglicht wird.

### **Zirkularität muss messbar sein und Informationen müssen verfügbar gemacht werden:**

Die Entwicklung kreislauffähiger Materialien, Bauprodukte und Gebäude setzt verlässliche und einheitliche Daten zur Zirkularität voraus. Der digitale Gebäuderessourcenpass trägt die Produktpässe der verbauten Materialien zusammen und ist Teil des fortzuschreibenden Gebäudepasses.

### **Verantwortung muss gerecht verteilt werden:**

Nach der Verantwortungspyramide tragen Bauherren die Gesamtverantwortung für die Zirkularität eines Gebäudes. Planer verantworten demontierbare Verbindungen, die im Verantwortungsbereich der Bauleitenden umgesetzt werden. Dabei kommen Bauprodukte zum Einsatz, deren Hersteller verantwortungsvoll mit natürlichen Ressourcen umgehen. Eine Verpflichtung zur Rücknahme ihrer gebrauchten Produkte setzt einen Anreiz für Hersteller, das End-of-Life in die Entwicklung einzubeziehen.

### **Die Abfallhierarchie zur Ressourcenschutzhierarchie überführen:**

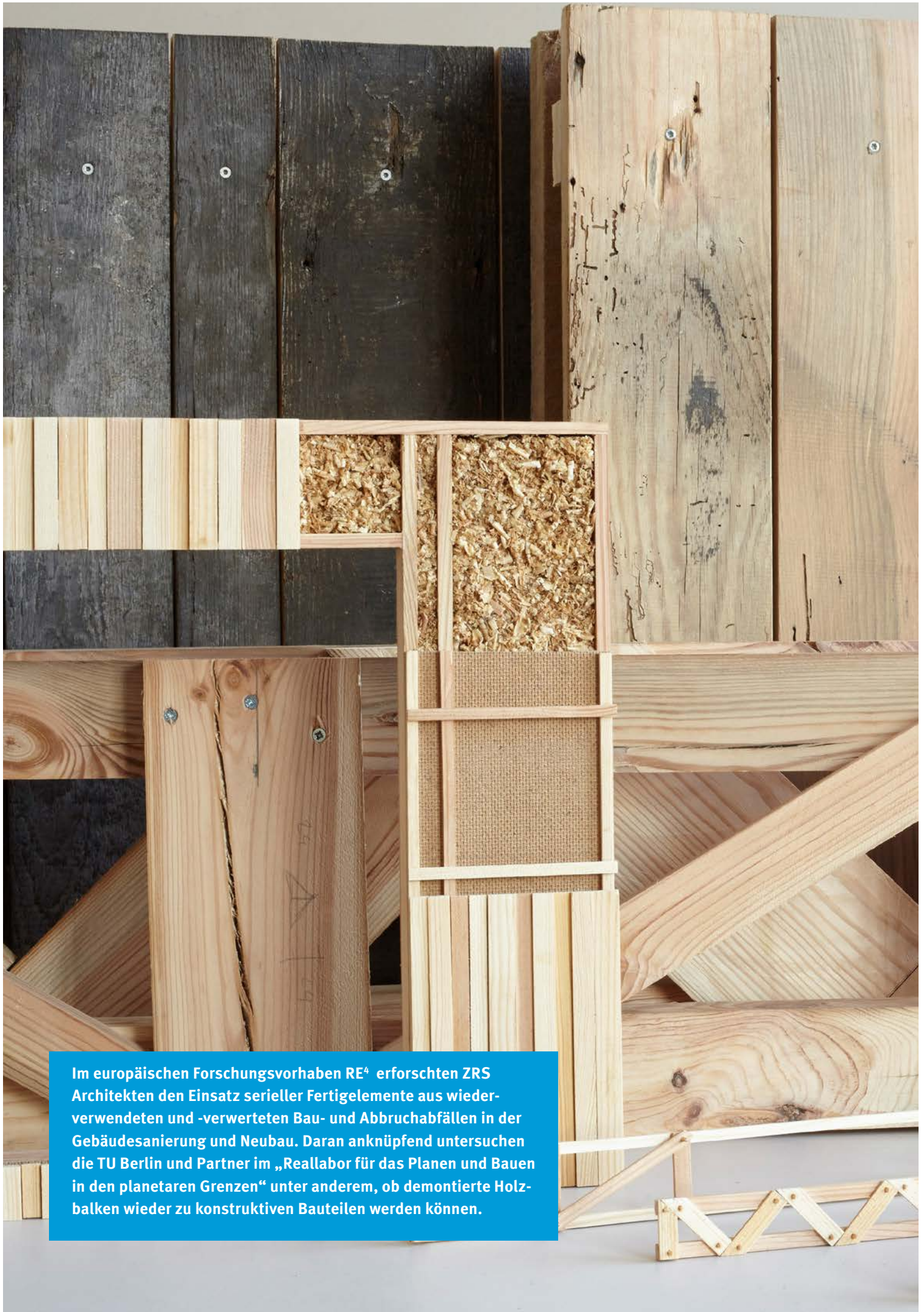
Die Kreislaufgerechtigkeit von Bauprodukten wird durch deren Sekundärrohstoffgehalt, Demontierbarkeit, sortenreine Trennbarkeit, Verwertungsniveau und Schadstofffreiheit bestimmt. Das Abfallrecht darf nicht länger zurückgebaute Bauprodukte mit einer Abfalleigenschaft belegen. Es sind rechtssichere und wirtschaftliche Nachweisverfahren der anwendungsrelevanten Leistungsfähigkeit einzuführen.

Die Studie kommt zur richtigen Zeit, nicht zuletzt, weil sie einen direkten Beitrag zur Diskussion der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie leistet. Zudem muss sich die Wohnungswirtschaft neu orientieren, Wirtschaftlichkeit, sozial- und gesundheitspolitische Leitplanken sowie Klima- und Ressourcenschutz berücksichtigen. Lebensqualität und planetare Grenzen können zusammengeführt werden, wenn in der Bauwirtschaft der Übergang zur Zirkularwirtschaft gelingt.

Dessau, Mai 2024

**Prof. Dr. Dirk Messner**  
*Präsident des Umweltbundesamtes*





Im europäischen Forschungsvorhaben RE<sup>4</sup> erforschten ZRS Architekten den Einsatz serieller Fertigelemente aus wiederverwendeten und -verwerteten Bau- und Abbruchabfällen in der Gebäudesanierung und Neubau. Daran anknüpfend untersuchen die TU Berlin und Partner im „Reallabor für das Planen und Bauen in den planetaren Grenzen“ unter anderem, ob demontierte Holzbalken wieder zu konstruktiven Bauteilen werden können.

## Kernbotschaften

- 1 Das Verständnis für eine neue Zirkularwirtschaft muss gefördert werden.**

Ziel der [Zirkularwirtschaft](#) ist die Reduzierung der Inanspruchnahme primärer Ressourcen auf ein erforderliches Minimum innerhalb planetarer Grenzen. Das Schließen von Stoffkreisläufen ist Mittel zum Zweck und muss den stofflichen Wert von Produkten weitestgehend erhalten. Um Greenwashing zu verhindern, sind [ausdifferenzierte Definitionen](#) der Qualitäten von Verwertungswegen festzuschreiben.
- 2 Der Gebäudebestand ist zu nutzen und zu schützen.**

Die Weiternutzung von Bestandsgebäuden birgt gegenüber dem Neubau ein ökologisches Entlastungspotenzial, das zur Erreichung von Klima- und Nachhaltigkeitszielen [unbedingt gehoben werden muss](#). Bestandsgebäude müssen flexibel in Nutzung gehalten und [ertüchtigt werden](#). Staatliche [Subventionen](#) dürfen dem nicht länger entgegenstehen. Ergänzende Nachverdichtungen und Aufstockungen sind vorzugsweise aus dem Materialangebot des anthropogenen Lagers zu errichten und so zu konstruieren und zu ergänzen, dass sie eine Demontage und Nachnutzung der Bauprodukte ermöglichen.
- 3 Zirkularität muss messbar und transparent sein.**

Die Entwicklung kreislauffähiger Materialien, Bauprodukte und Gebäude setzt verlässliche Daten zur Zirkularität voraus. Einheitlich definierte Produkt-[Zirkularitätsindikatoren](#) sind in Umweltproduktdeklarationen aufzunehmen, wodurch sie Teil der [ÖKOBAUDAT](#), Grundlage [aussagekräftiger Zirkularitätsindices](#) und nutzbar in [Planungswerkzeugen](#) werden. Der digitale [Gebäuderessourcenpass](#) trägt die Produktpässe der verbauten Materialien zusammen und ist Teil des fortzuschreibenden [Gebäudepasses](#). Die für die Abbildung des anthropogenen Lagers erforderlichen Informationen sind in einem zentralen Materialkataster zusammenzuführen.
- 4 Verantwortung muss gerecht verteilt werden.**

Nach der [Verantwortungspyramide](#) tragen Bauherren die Gesamtverantwortung für die Zirkularität eines Gebäudes. Planende verantworten demontierbare Verbindungen, die im Verantwortungsbereich der Bauleitenden umgesetzt werden. Dabei kommen Bauprodukte zum Einsatz, deren Hersteller verantwortungsvoll mit natürlichen Ressourcen umgehen. Eine [Verpflichtung zur Rücknahme](#) ihrer gebrauchten Produkte setzt einen Anreiz, das [End-of-Life](#) in die Entwicklung einzubeziehen.
- 5 Die Abfallhierarchie zur Ressourcenschutzhierarchie überführen.**

Die Kreislaufgerechtigkeit von Bauprodukten wird durch deren [Sekundärrohstoffgehalt](#), Demontierbarkeit, sortenreine Trennbarkeit, [Verwertungsniveau](#) und Schadstofffreiheit bestimmt. Das Abfallrecht darf nicht länger zurückgebaute Bauprodukte mit einer [Abfalleigenschaft](#) belegen. Es sind rechtssichere und wirtschaftliche Nachweisverfahren der anwendungsrelevanten Leistungsfähigkeit von Sekundärbaustoffen einzuführen.

---

# Abbildungen

Abbildung 1 <b>R-Strategien im Verlauf des Lebenszyklus</b> .....	11
Abbildung 2 <b>Deutscher Gebäudebestand pro Kopf mit aktuellem und möglichen End-of-Life-Weg</b> .....	13
Abbildung 3 <b>Gegenüberstellung der Auswirkungen von Linear- und Zirkularwirtschaft auf die Verträglichkeit mit der biotischen und abiotischen Weltkapazität</b> .....	14
Abbildung 4 <b>Von der Abfallhierarchie der Linearwirtschaft zur Ressourcenschutzhierarchie der Zirkularwirtschaft</b> .....	16
Abbildung 5 <b>Wechselwirkungen zwischen der Neubauplanung und den verfügbaren Technologien am Nutzungsende von ressourcenschonenden Bauwerken</b> .....	17
Abbildung 6 <b>Offene und geschlossene Material- und Bauproduktenkreisläufe</b> .....	18
Abbildung 7 <b>Analyse der Kreislauffähigkeit von Baukonstruktionen</b> .....	25
Abbildung 8 <b>Beispiel für den Aufbau eines Messinstruments der Zirkularität zur Verwendung in Gebäuderessourcenpässen:</b> .....	29
Abbildung 9 <b>Material-Kreislauf-Label zur Darstellung des vorangegangenen Materiallebenszyklus (produktspezifische und potenziell mögliche Sekundärrohstoffanteile) und des weiteren Verwertungswegs (aktuell praktiziert und potenziell möglich)</b> .....	30
Abbildung 10 <b>Material-Kreislauf-Label am Beispiel von Brettschichtholz, Konstruktionsstahl und Konstruktionsbeton</b> .....	31
Abbildung 11 <b>Alle Baubeteiligten tragen Verantwortung für die Kreislauffähigkeit eines Gebäudes.</b> .....	33



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Kurzfassung für die Politik: Eine Vision für 2040</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Transformationsbedarf</b>	<b>13</b>
	2.1 Umweltbelastung durch das Bauwesen	13
	2.2 Verpflichtung der Regierung zum Handeln	15
	2.3 Einbindung in europäische Regelwerke	15
	2.4 Das Bauwesen in der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie	16
	2.5 Ziele und Handlungsfelder der Zirkularwirtschaft	17
<b>3</b>	<b>Kreislaufwirtschaftsrelevante Definitionen</b>	<b>18</b>
	3.1 Definitionen zur Nachverwendung von Bauprodukten	19
	3.2 Definitionen zur Nachverwertung von Bauprodukten	20
<b>4</b>	<b>Transformation gestalten</b>	<b>23</b>
	4.1 Stofflich-technische Ebene: Kreislaufführung von Baustoffen und Bauteilen erhöhen	23
	4.1.1 Abkehr von kreislaufbehindernden Konstruktionen, Praktiken und Regulierungen	23
	4.1.2 Gebäuderessourcenpässe und Bewertungssysteme der Zirkularität	26
	4.1.3 Material-Kreislauf-Label zur Implementierung in Gebäuderessourcenpässe	29
	4.1.4 Handlungsempfehlungen für öffentliches Bewusstsein	32
	4.2 Wirtschaftlich-regulatorische Ebene: Zirkularwirtschaft fordern und fördern	33
	4.2.1 Zirkularwirtschaftsbehindernde Subventionen abschaffen	34
	4.2.2 Regulierungen zur Verringerung des Materialverbrauchs – Suffizienzstrategie	35
	4.2.3 Regulierungen zum Ressourcenerhalt – Konsistenzstrategie	37
	4.2.4 Forschungsförderung	42
	<b>Glossar</b>	<b>43</b>
	<b>Referenzen</b>	<b>46</b>

# 1 Kurzfassung für die Politik: Eine Vision für 2040

Wir schreiben das Jahr 2040: Das Bauwesen in Deutschland arbeitet nachhaltig und setzt im Bereich der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen die Kombination aus einer [Suffizienz-](#), [Konsistenz-](#) und [Effizienzstrategie](#) um. Oberste Prämisse hat die Reduzierung der Inanspruchnahme primärer Rohstoffe, indem z. B. der Neubau auf das erforderliche Minimum reduziert wird. Die Errichtung und der Betrieb von Gebäuden sind nettotreibhausgasneutral und die Materialkreisläufe sind weitestgehend geschlossen, indem Bauteile und Baustoffe am Ende eines Nutzungszyklus zurückgewonnen und einer gleichwertigen Nutzung zugeführt werden. Dabei werden vor einem Recycling auf stofflicher Ebene zunächst [Wieder- und Weiternutzungsmöglichkeiten](#) von Bauteilen in Betracht gezogen. Während die Pilotprojekte der 2020er-Jahre Möglichkeiten aufzeigten, sind Recycling und kreislaufgerechtes Bauen heute gelebte Praxis.

Der Materialfluss aus dem Rückbau ist geringer als prognostiziert, da das Bauen im Bestand rechtzeitig durch [finanzielle Förderung](#), die [Abschaffung zirkularwirtschaftsbehindernder Subventionen](#) und [gesetzliche Rahmenbedingungen](#) forciert wurde. Dazu zählen unter anderem die Einführung [obligatorischer Abrissgenehmigungsverfahren](#) und die hergestellte [Rechtssicherheit für Sekundärbaustoffbörsen](#). Außerdem wurden die [Verantwortlichkeiten](#) und Haftungen der Hersteller, Planer\*innen und Gebäudeeigentümer für die Recyclingfähigkeit des fertigen Bauwerks definiert. Als sehr effektiv hat sich die Verpflichtung zur Zahlung von [Kautionen für die End-of-Life-Kosten](#) als Voraussetzung für Baugenehmigungen erwiesen. Seit der Einführung einer [Lenkungsabgabe für die Inanspruchnahme von Primärrohstoffen](#) sind Sekundärbaustoffe preiswerter als Primärrohstoffe. Baustoffhersteller betrachten beim Rückbau gewonnene Materialien als Rohstoff für ihre Produktion. Die Anwendung der [erweiterten Herstellerverantwortung](#) macht es ökonomisch unmöglich, nicht kreislauffähige Bauprodukte auf den Markt zu bringen. Bekannte Schadstoffe sind heute verboten und neue Stoffe werden auf ihre gesundheitliche Unbedenklichkeit geprüft, bevor sie eingesetzt werden. Ebenso wurden Mitte der 2020er-Jahre [recyclingbehindernde Zusätze](#) in Baustoffen untersagt, sodass heute beim Rückbau neuerer Bauwerke nahezu alle Materialien bedenkenlos weitergenutzt werden können.

Die Verwertungsindustrie, vormals als Recyclingindustrie bezeichnet, bietet neue Leistungs- und Berufsbilder und zukunftssichere Arbeitsplätze. Dazu zählen die Rückbauplanung, Gewerke des selektiven Rückbaus und der Aufbereitung sowie die Nachweisführung der Leistungsfähigkeit von Sekundärbaustoffen. Zerstörungsfreie und verlässliche Untersuchungsmethoden sowie neue Methoden zur Gebäudeaufnahme unterstützen Umbau- oder Umnutzungspläne bzw. den [selektiven Rückbau](#). Sie erhöhen zudem das Vertrauen in sekundäre Baustoffe, -produkte und -teile und setzen die ambitionierten Leitlinien der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie erfolgreich um, vgl. Abbildung 1.

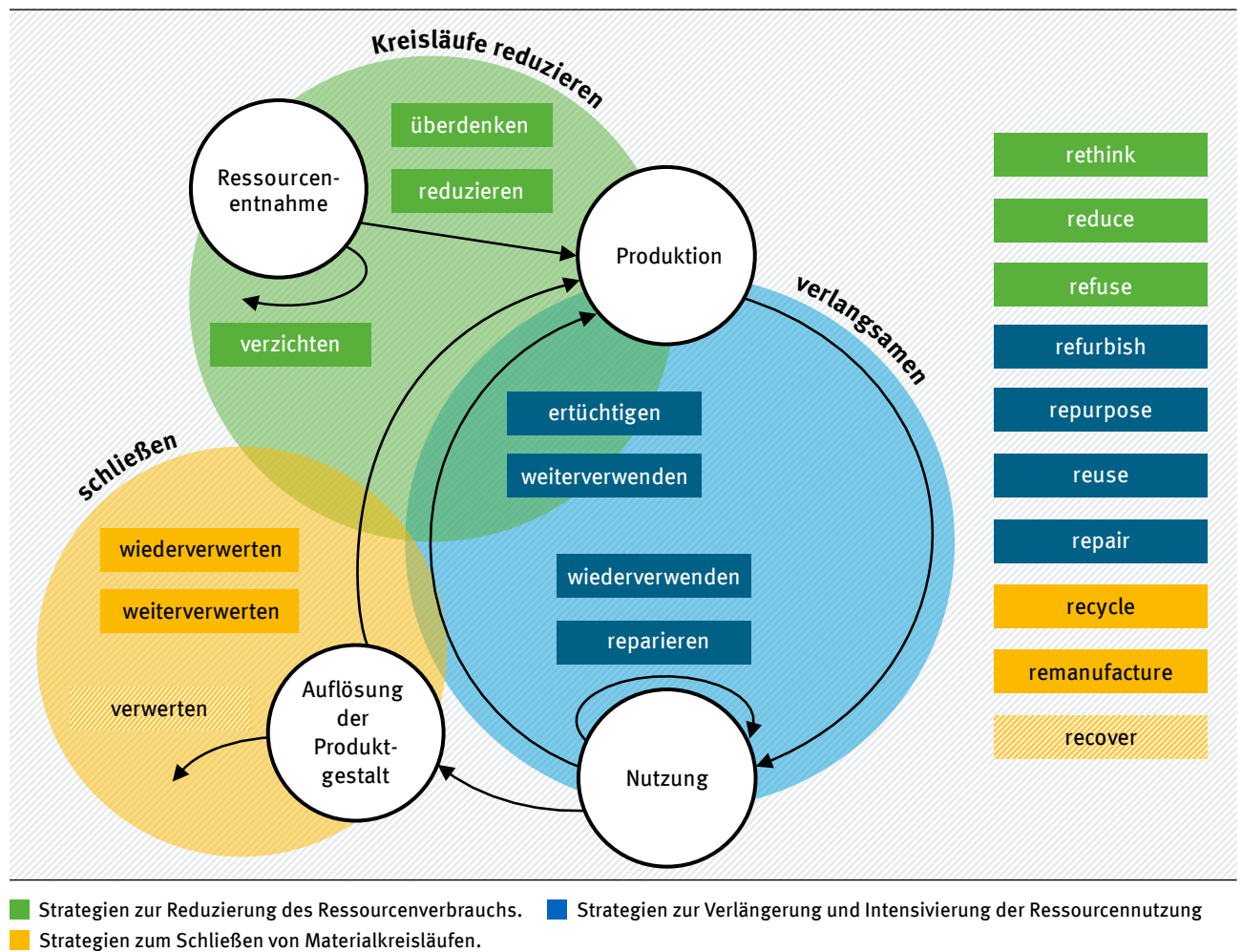
Aus den Materialflüssen des Rückbaus von Gebäuden werden qualitätsgesicherte Sekundärmaterialien hergestellt, die den Bedarf für [Umbauten und Nachverdichtungen](#) sowie für energetische Sanierungen und Anpassungen an die Klimawandelfolgen decken. Überschüsse an hochwertigen Sekundärressourcen werden Regionen mit intensiverer Bautätigkeit zur Verfügung gestellt oder in natürliche Kreisläufe zurückgeführt. Deponien aus den vergangenen Jahrzehnten sind Rohstofflager und ersetzen primäre Ressourcen. Heute werden ausschließlich mit Schad- oder Störstoffen belastete Abfälle, die sich nicht thermisch beseitigen lassen, umweltsicher deponiert. Ist eine Nachnutzung pflanzlich basierender Baustoffe nicht möglich, führen [Kompostierungsanlagen](#) die Nährstoffe in natürliche Kreisläufe zurück.

Die deutlich reduzierte Nachfrage nach Primärrohstoffen spart unter anderem [Primärenergie](#), [Treibhausgasemissionen](#) und die [Landnutzung](#) für die Gewinnung von Baumaterial im In- und Ausland. Der dramatische Biodiversitätsverlust wurde dadurch zumindest verlangsamt. Die Bauwirtschaft ist außerdem unabhängig von möglicherweise gestörten Lieferketten und von Importen aus Regionen mit geringen Umwelt- und Sozialstandards.

Architekt\*innen und Ingenieur\*innen nutzen die Fortschritte der Verwertungstechnologien im Entwurf und der technischen Ausgestaltung für eine neue [Ästhetik der Wertschätzung](#) für den Bestand: Alterungsprozesse von Material bleiben sichtbar, Fügungen lesbar und demontierbar, Kabel und Leitungen

Abbildung 1

## R-Strategien im Verlauf des Lebenszyklus



Quelle: eigene Abbildung nach [1]

werden in leicht zugänglichen Schränken oder sichtbar auf den Wänden verlegt. Während zu Beginn die zusätzlichen Anforderungen an Ressourceneffizienz und Kreislaufführung als komplex empfunden wurden, sind die Strategien des kreislaufgerechten Bauens heute gut in die Planungs- und Baupraxis integriert. Neue Konstruktionsweisen und Füge-techniken lösen die [vermeintlichen Widersprüche zu energieeffizientem und luftdichtem Bauen](#) sowie zum Feuchte-, Schall- und Brandschutz auf. Neue Planungswerkzeuge unterstützen das nachhaltige Entwerfen, indem Ökobilanzdaten aus digitalen Produktpässen [über BIM-Schnittstellen eingebunden](#) sind. Diese Werkzeuge unterstützen die Planer\*innen zudem mit kreislaufgerechten Materialkombinationen und Konstruktionsmethoden zu arbeiten. Zugleich fließen die Daten der flächendeckend eingeführten [Gebäuderessourcnpässe](#) sowie Hinweise

zur zerstörungssarmen Rückbaubarkeit in digitale Gebäudepässe ein, sodass über die Jahre ein belastbares Materialkataster der urbanen Mine zusammengetragen wurde.

Durch die Einführung des [Top-Runner-Modells](#) für die Neuzulassung von Baustoffen und Bauprodukten hat die Bauproduktenindustrie einen zusätzlichen Innovationsschub erfahren: Unter dem Druck, nur voll recyclingfähige Baustoffe mit hohem Sekundärrohstoffanteil und niedrigeren Treibhausgasemissionen auf den Markt bringen zu können, bewies das Ingenieurwesen Innovativität. Die zunächst von großen Baufirmen eingeführten, standardisierten Bausysteme können mit definierter Qualität wiederverwendet werden und sind inzwischen in die Normung übernommen. Hersteller anderer Bauprodukte bieten ihre

Erzeugnisse entweder zur Miete an oder unterhalten verlässliche Rücknahmesysteme.

Weiterhin sind die Kunststoffkreisläufe geschlossen. Viele Kunststoffe, die als Bindemittel, Lacke oder Beschichtungen biotische Baustoffe und Bauteile funktional ergänzen, sind nun unter der Prämisse der [Kompostierbarkeit](#) entwickelt. Mit den neuen Materialien sind heute hochfunktionale Konstruktionen und Bauteile möglich, die alle bauphysikalischen Anforderungen erfüllen.

Dank [intensiver Forschung](#) und Entwicklung der Verwertungsindustrie in Kooperation mit der Wissenschaft lassen sich rückgebaute Verbundmaterialien immer weiter trennen, unverträgliche Stoffe separieren, Schadstoffe ausschleusen und weitgehend in nutzbare Stoffströme aufbereiten. Die Fortschritte wurden vor allem durch die Kombination von Sensorik, künstlicher Intelligenz und durch die Ertüchtigung von Verwertungsanlagen erzielt. Unterstützt durch [zielgerichtete Förderprogramme](#) haben sich so mehrere Baustoffhersteller und -verwerter sowie Maschinenbauunternehmen aus Deutschland als [Weltmarktführer](#) etabliert.



## 2 Transformationsbedarf

### 2.1 Umweltbelastung durch das Bauwesen

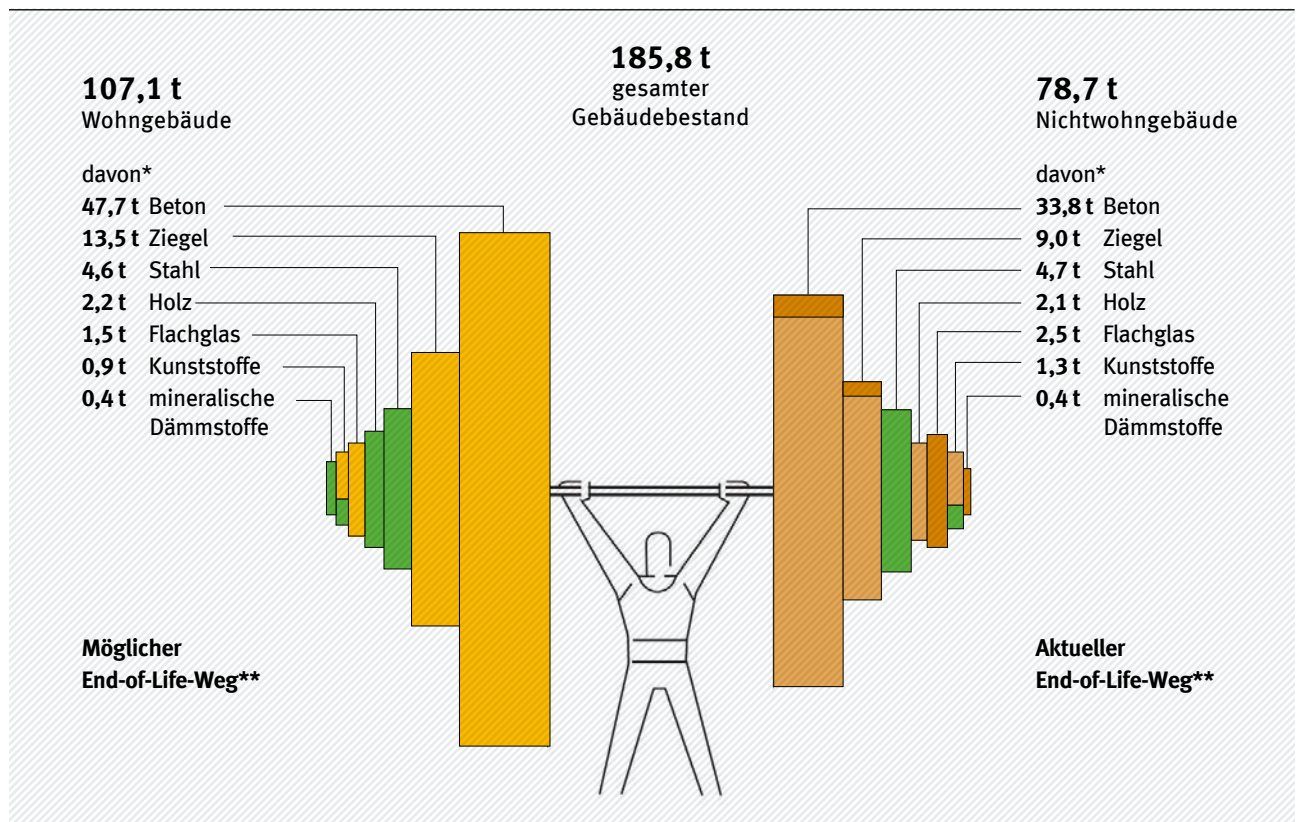
Wie schon in den Berechnungen des Club of Rome von 1972 erkennbar, führt das lineare Wirtschaftsmodell an die Grenzen des Planeten und damit unserer Existenz. [2] Der Bau- und Gebäudebereich spielt dabei eine bedeutende Rolle: Der Anteil der Treibhausgasemissionen aus Herstellung, Errichtung, Modernisierung, Nutzung und des Betriebes von Wohn- und Nichtwohngebäuden liegt in Deutschland bei ca. 40%. [3] Etwa 90% der inländischen mineralischen Rohstoffentnahme fließt in das Bauwesen. [4] Dadurch werden oberirdische Naturräume zerstört, obwohl bereits mehr als zwei Drittel aller Landschaftstypen in Deutschland gemäß der Roten Liste gefährdet bis vollständig vernichtet sind [5] und ein Viertel aller Arten im Boden lebt [6].

Zugleich sind dem Bauwesen 54% des deutschen Abfallaufkommens zuzuordnen. [7] Je nach Prognose-szenario werden spätestens 2034 alle Kapazitäten der Deponien Klasse I – III für den Hauptvolumenstrom der mineralischen Bauabfälle erschöpft sein. [8]

Gleichzeitig verfügt Deutschland über ein immenses Materiallager im Gebäudebestand von über 15.000 Mio. t. [9] Es wird prognostiziert, dass in Deutschland zwischen 2030 und 2050 die Materialrückflüsse aus dem Gebäudebestand die Inputflüsse übersteigen werden. [10] Dabei ist bisher nicht anzunehmen, dass aus diesen Outputflüssen mehrheitlich Sekundärbaustoffe gewonnen werden. Denn weniger als 10% der heute verbauten Materialien sind in einem geschlossenen Verwertungskreislauf zu führen, vgl. Abbildung 2.

Abbildung 2

#### Deutscher Gebäudebestand pro Kopf mit aktuellem und möglichem End-of-Life-Weg



■ Recycling / Kompostierung   
 ■ Downcycling (außerhalb Bauwesen / energetische Verwertung)

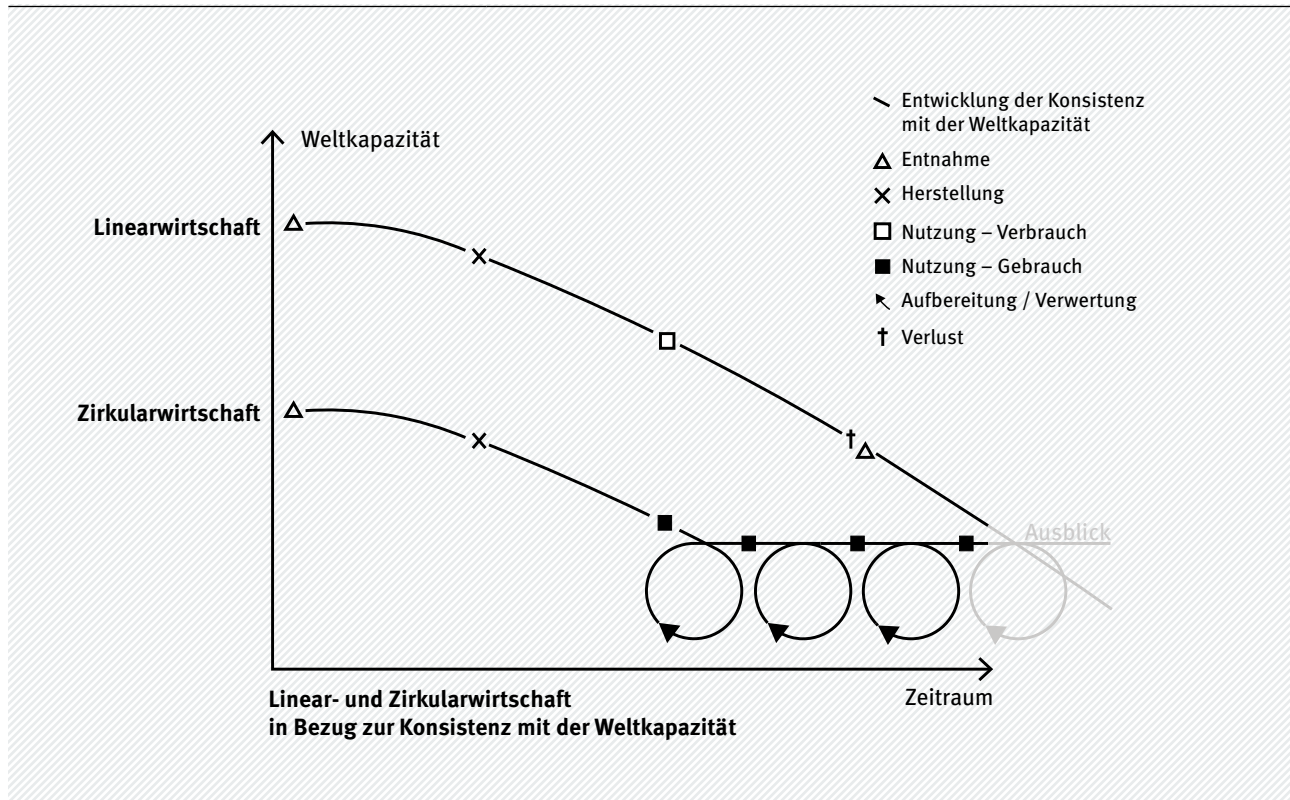
■ Höherwertiges Downcycling (im Bauwesen)   
 ■ Verlust / Deponie

\* Rest zur Gesamtmenge: sonstige Materialien  
 \*\* unabhängig von der Gebäudeart

Quelle: eigene Abbildung nach [11]

Abbildung 3

**Gegenüberstellung der Auswirkungen von Linear- und Zirkularwirtschaft auf die Verträglichkeit mit der biotischen und abiotischen Weltkapazität**



Quelle: TEAMhillebrandt

Nur die Transformation in die [Zirkularwirtschaft](#) wird Knappheit und Engpässe sowie Umweltverschmutzung und Abfall verhindern können, vgl. Abbildung 3. Die Erde ist bezüglich materieller Ressourcen und Abfällen ein limitiertes, geschlossenes System!

Beispiele einiger europäischer Nachbarn zeigen Transformationspfade zur Zirkularwirtschaft, welche die Gesellschaft nicht überfordern: Während die zirkuläre Nutzungsrate (Circular Material Use Rate, CMU) in Deutschland 2021 mit 12,7% knapp über dem EU-Durchschnitt von 11,7% lag, erreichten die Niederlande bereits ein CMU von 33,8%. [12] Eine derart hohe Diskrepanz ist nicht allein durch einen hohen deutschen Exportüberschuss zu erklären, sondern vielmehr auf die bereits 2016 initiierte Circular-Economie-Strategie der Niederlande zurückzuführen.

Dabei ist die mittelmäßige CMU Deutschlands verwunderlich, da die Bauindustrie z. B. für mineralische Bauabfälle Verwertungsquoten von über 90% angibt. [13] Ursache ist, dass in Deutschland der Begriff „[Recycling](#)“ auch das „[Downcycling](#)“ einschließt, also einen Verlust an Funktionalität, Qualität und Masse im Verwertungsprozess.

**Als Basis der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie muss dringend Klarheit über die Qualität von Nachnutzungen geschaffen werden! Dieses Papier empfiehlt in Kapitel 3 Begriffsdefinitionen.**

## 2.2 Verpflichtung der Regierung zum Handeln

„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung.“ (Art. 20a GG)

Dieses Vorsorgeprinzip legitimiert und gebietet vorausschauendes, umweltschützendes Handeln der Regierung. Die daraus abzuleitende Risikovorsorge impliziert vorbeugendes Handeln, um Umweltschäden und -gefahren von vornherein zu vermeiden. Durch „Ressourcenvorsorge“ soll ein schonender Umgang mit den natürlichen Ressourcen Wasser, Boden und Luft im Interesse künftiger Generationen garantiert werden. [14]

Nach dem Verursacherprinzip sind die Umweltschadenskosten den Verursachenden anzulasten. Die aktuell gängige Praxis der Vergesellschaftung von Entsorgungskosten problematischer Baustoffe ist nicht mehr zu rechtfertigen. Große Verantwortung tragen hier die Hersteller von Bauprodukten. Allerdings sind die Verantwortlichkeiten über den langen Lebenszyklus des Gebäudes oft nicht eindeutig zuzuordnen und müssen rechtlich besser geregelt werden, vgl. 4.2.

**Unter dem Druck des drängenden Klima- und Umweltschutzes, der knapper werdenden natürlichen Ressourcen, des ungebremsten Abfallaufkommens, der Abhängigkeit von – ethisch oft zweifelhaften – Materialimporten und der gefährdeten Lieferketten ist die politische Weichenstellung von der Linear- zur Zirkularwirtschaft dringend geboten. Der Erfolg hängt von der Schärfung und Durchsetzung des rechtlichen Rahmens ab.**

## 2.3 Einbindung in europäische Regelwerke

Die Maßnahmen der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie müssen die Entwicklungen der EU-Regelwerke berücksichtigen, welche auf eine [Kreislaufwirtschaft](#) abzielen. Dazu gehören insbesondere die novellierten Bauprodukten- und die Ökodesignverordnungen. Vertieft soll hier auf die Taxonomie-Verordnung 2020/852 eingegangen werden, die ein EU-weit einheitliches Klassifizierungssystem für ökologisch nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten ist. Die Verordnung beinhaltet eine Liste von Sektoren und sechs Umweltziele; der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft ist eines davon. Dieses enthält Vorgaben zu:

- ▶ Neubau
- ▶ Renovierung
- ▶ Reparatur, Überholung und Wiederaufbereitung
- ▶ Vorbereitung auf die Wiederverwendung von Altprodukten und Produktkomponenten
- ▶ Verkauf von Gebrauchsgütern
- ▶ [Product-as-a-Service](#) und andere zirkuläre nutzungs- und ergebnisorientierte Dienstleistungsmodelle

In einer gemeinsamen Studie der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e. V. und europäischen Partnern wurde die Marktfähigkeit der im Rahmen der EU-Taxonomie vorgeschlagenen Circular Economy-Kriterien anhand von realen Bauprojekten untersucht. Aus den Studienergebnissen wurden konkrete Empfehlungen abgeleitet, die bereits im Oktober 2022 an die EU-Kommission übermittelt wurden. Laut der Studie fehlen in den Taxonomie-Kriterien grundsätzlich Anreize zur Suffizienz. Statt zu schützen was da ist, seien die Anforderungen konsumorientiert und begünstigten ggf. sogar Verschwendung, wenn zur Erfüllung von Primärrohstoffquoten nachwachsende Baustoffe ohne Notwendigkeit verbaut werden. [15]

Es wird empfohlen, dass die Bundesregierung Suffizienz Kriterien in europäische Regelwerke wie die Taxonomie einfließen lässt.

## 2.4 Das Bauwesen in der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie

Nur durch die Transformation von der Linearwirtschaft zur Zirkularwirtschaft kann es gelingen, einen Beitrag zur Risiko- und Ressourcenvorsorge zu leisten. Unter dem Begriff der „Kreislaufwirtschaft“ wurde bislang die Vermeidung und Verwertung von Abfällen verstanden, geregelt seit 2012 in § 3 Abs. 19 Kreislaufwirtschaftsgesetz. Die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie muss jedoch dem erweiterten Begriff der **Zirkularwirtschaft** im Sinne der Circular Economy gerecht werden. Gemeint ist ein nachhaltiges Wirtschaftssystem innerhalb der planetaren Grenzen. Ziele der Zirkularwirtschaft sind die Minimierung des Verbrauchs von oder der Verzicht auf natürliche Primärressourcen, Abfallvermeidung und der möglichst hochwertige Erhalt von Ressourcen für nachfolgenden Generationen. Der Begriff Zirkularwirtschaft impliziert ein vorausschauendes Produktdesign unter Einbeziehung aller Umweltwirkungen, was im Wesentlichen einer Konsistenzstrategie folgt.

[16] Darüber hinaus ermöglicht eine regional umgesetzte Zirkularwirtschaft das bessere Überprüfen der Einhaltung von Umwelt- und Sozialstandards in der Wertschöpfungskette.

**Das Verständnis von Kreislaufwirtschaft muss transformiert und mit den Zielen der Zirkularwirtschaft harmonisiert werden. Folgende Definition wird in Abgrenzung zum linearen Wirtschaftssystem empfohlen:**

Die Kreislaufwirtschaft ist der **materialbezogene Teil** des regenerativen, nachhaltigen Zirkularwirtschafts-systems innerhalb der planetaren Grenzen. Sie minimiert den Abbau von Primärmaterialien bis zum vollständigen Verzicht auf nicht erneuerbare Materialien und hält bereits genutzte Materialien, Bauteile und Güter in Nutzungsprozessen, vermeidet somit Abfall und erhält die Ressourcen für nachfolgende Generationen in höchstmöglichem Maße.

Abbildung 4

### Von der Abfallhierarchie der Linearwirtschaft zur Ressourcenschutzhierarchie der Zirkularwirtschaft



Quelle: TEAMhillebrandt: Ergänzung aktueller und zukünftiger Massenstrom auf Basis von [17]



## 2.5 Ziele und Handlungsfelder der Zirkularwirtschaft

Ressourcenschutz und Klimaschutz sind gleichberechtigte Ziele und elementar für die Generationengerechtigkeit. Die Maßnahmen zur Zielerreichung stehen in einem günstigen Zusammenhang, da zirkulär geführte Baustoffe in der Regel geringere Treibhausgasemissionen verursachen. [17] Die Ziele verbindet, dass der Verzicht auf Neubau und Neuproduktion beiden entgegenkommt.

Die Kreislaufführung muss über den ganzen Lebenszyklus bedacht werden: Von der kreislaufgerechten Planung von Aufstockungen, Nachverdichtungsmaßnahmen und unvermeidbarem Neubau, über die Umnutzung und den Austausch von Gebäudekomponenten bis zum selektiven Rückbau von Gebäuden und den anschließenden Nachnutzungswegen der Bauprodukte. Während die Planung zukünftig die Verträglichkeit von Baustoffen, den Einsatz von rezyklierten Baustoffen und die Demontierbarkeit von Baukonstruktionen ([Design-for-Deconstruction](#)) fokussieren muss, stehen in der Rückbau- bzw. Umbauphase die Beprobung von Bauteilen und Baumaterialien, der selektive Rückbau, die Ausschleusung von Stör- und Schadstoffen und die Kreislaufführung im Vordergrund. Es ist dabei offensichtlich, dass sich

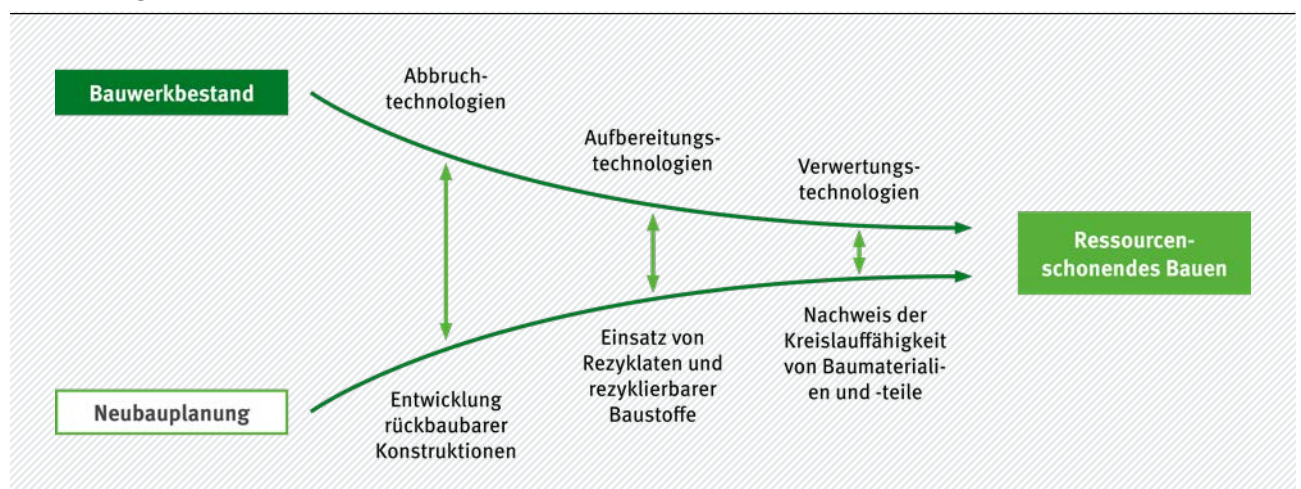
beide Ansätze gegenseitig unterstützen. Da die Planung in der Zirkularwirtschaft von der Verfügbarkeit von Sekundärmaterialien ausgeht, greifen beide Ansätze ineinander und müssen zukünftig im Zusammenhang entwickelt werden, vgl. Abbildung 5.

Die Werthaltigkeit und Wertschätzung der Bauwerke und Materialien im zirkulären Bauen sind von besonderer Bedeutung. Ein wirtschaftlicher Anreiz zur Bauwerkserhaltung bzw. zur Nachnutzung der Materialien erhöht die Bereitschaft zur Kreislaufführung. Dies wird z. B. durch flexible und anpassbare Grundrisse, Fassaden und Tragwerke wie beim Skelettbau erreicht. Auch die Wiederverwendung ganzer Bauteile und der Einsatz hochwertiger, dauerhafter und zeitloser Materialien sind wirksame Hebel.

Zur politischen Unterstützung schlagen die Autor\*innen die Hinterlegung von Rückbaukautionen für die End-of-Life-Kosten der nicht kreislauffähigen Materialien vor, vgl. 4.2.3. Auch die Verteuerung von unerwünschten Verwertungswegen wirken lenkend, z. B. steigende Deponiekosten. Eine Lenkungsabgabe für die Inanspruchnahme von Primärrohstoffen erzielt große Effekte zu Beginn des Lebenswegs. [18] Das Verbot von [geplanter Obsoleszenz](#) muss wirksam vollzogen werden.

Abbildung 5

### Wechselwirkungen zwischen der Neubauplanung und den verfügbaren Technologien am Nutzungsende von ressourcenschonenden Bauwerken



Quelle: KNBau (2018) [19]

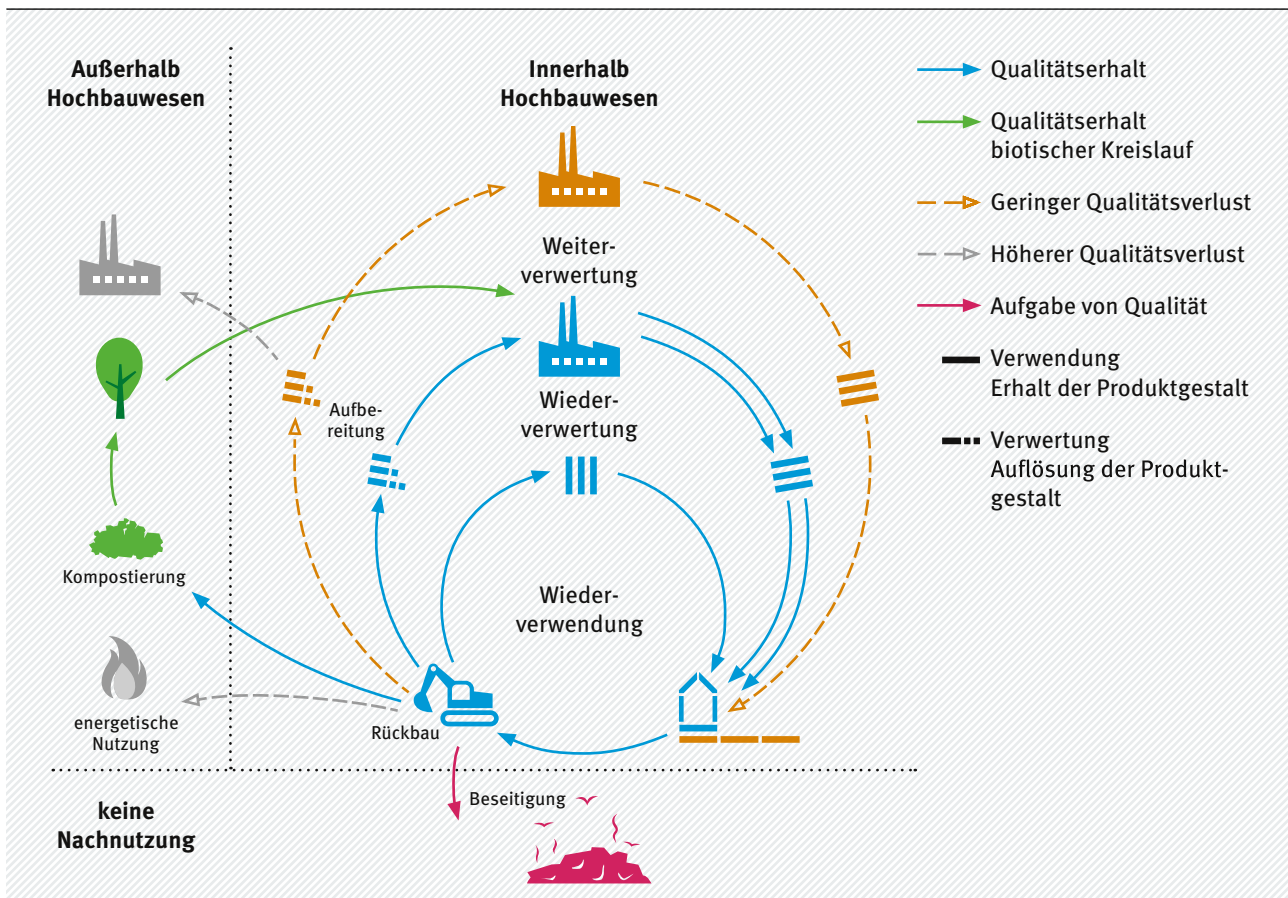
### 3 Kreislaufwirtschaftsrelevante Definitionen

Das vorherrschende babylonische Sprachengewirr im Themenkomplex der Kreislaufführung ermöglicht Unschärfen, Interpretationsspielraum, beschönigt die Erfolge der Kreislaufführung und führt zu Greenwashing. Es ist dringend erforderlich, eindeutige Definitionen verbindlich festzuschreiben als Voraussetzung für klare Regulierungen sowie deren zweifelsfreie Auslegung und Umsetzung. Dazu müssen bestehende Definitionen überarbeitet, geschärft und bundes- und EU-weit harmonisiert werden. Derzeit wird im CEN TC 350 SC1 an den Grundlagen für die Beschreibung, Bewertung und Kommunikation der Kreislauffähigkeit von Bauprodukten und Bauwerken gearbeitet. Die hier vorgeschlagenen Begriffe und Definitionen sollen in die Diskussion eingebracht werden.

Die Selbstdarstellung der Verwerter mineralischer Bauabfälle verdeutlicht die Notwendigkeit differenzierter Definitionen: Die Initiative Kreislaufwirtschaft Bau veröffentlicht seit Jahrzehnten beeindruckende Zahlen vermeintlicher Verwertungserfolge. Zitat aus dem Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2020: „Die durchschnittliche Verwertungsquote über den Zeitraum von 25 Jahren bezogen auf den Anfall der ungefährlichen mineralischen Bauabfälle einschließlich der Fraktion Boden und Steine beträgt 88,7 Prozent.“ Und: „Auch im Jahr 2020 ist es der Initiative gelungen, nahezu vollständig geschlossene Stoffkreisläufe für mineralische Bauabfälle zu erreichen.“ [20]

Abbildung 6

#### Offene und geschlossene Material- und Bauproduktenkreisläufe



Quelle: Hillebrandt, A.; Riegler-Floors, P.; Rosen, A.; Seggewies, J.-K. (2021) [17]

Fakt ist, dass von den jährlich ca. 220 Mio. t mineralischen Bauabfällen ca. 77 Mio. t (35 %) zu „Recycling“-Material verarbeitet werden. Nur 15 Mio. t (6,8 %) finden Verwertung in der Asphalt- und Betonherstellung. Knapp 75 % des „Recycling“-Materials geht in den Erd- und Straßenbau: Dies ist jedoch kein Recycling auf gleicher Qualitätsstufe, sondern ein klares Downcycling. Weitere 7,2 % der „Recycling“-Baustoffe werden gar der „Sonstigen Verwertung“ zugeführt, größtenteils der Geländeverfüllung, die jedoch im Sinne der Abfallhierarchie kein Recycling ist. Die nicht recycelten 2/3 aller mineralischen Abfälle sind zu ca. 60 % Boden, Steine oder Baggergut und werden zu ca. 85 % verwertet. [20] Aber auch dies ist kein Recycling im Sinne der Abfallhierarchie: Hochwertiger Boden und Schotter werden in „übermäßigen Abgrabungen“ verfüllt.

Tatsächlich sind nur ca. 10 % aller im Gebäudebestand eingelagerten Baustoffe wirklich auf derselben Qualitätsstufe recycelbar, vgl. Abbildung 2. Ca. 90 % gehen mit Qualitätsverlust in ein Downcycling oder durch Verfüllungen, Verbrennungen oder Deponierung ganz verloren, vgl. Abbildung 6.

**Um Eindeutigkeit bemüht und unter Berücksichtigung des Fachdiskurses [17, 22] schlagen die Autoren daher folgende Definitionen für den Bereich der Kreislaufführung von Bauprodukten vor:**

### 3.1 Definitionen zur Nachverwendung von Bauprodukten

#### → Wiederverwendung/Re-Use

Erneute Verwendung eines gebrauchten Produkts für den gleichen Verwendungszweck unter Beibehaltung der Gestalt und mit gleichem Qualitätsanspruch gegenüber dem Ursprungszweck, also unter Qualitätserhalt.

Das Produkt einer Wiederverwendung/eines Re-Use ist ein Closed-Loop-Sekundärprodukt.

Der Qualitätserhalt und ein hohes Wiederverwendungspotenzial ist gegeben bei schadstofffrei, sortenrein und zerstörungsfrei zurückzugewinnenden Bauprodukten und Bauteilen, dazu vorhandener Marktnachfrage (nachgewiesen über

Sekundärbaustoffmarkt/Bauteilbörsen) oder hoher Dauerhaftigkeit und Reparier- und Nachrüstfähigkeit oder Modularität und Großformatigkeit oder einfacher Handhabbarkeit z. B. Mauerstein.

Beispiele:

- ▶ Gebrauchte Vormauersteine eignen sich wieder als Vormauersteine.
- ▶ Gebrauchte Außenfenster eignen sich wieder als Außenfenster mit demselben Anspruch an Dämmung, Winddichtigkeit und Einbruchschutz.

#### → Weiterverwendung/Further-Use

Erneute Verwendung eines gebrauchten Produkts für den gleichen oder einen anderen Verwendungszweck unter Beibehaltung der Gestalt, aber mit niedrigerem Qualitätsanspruch gegenüber dem Ursprungszweck, also unter Qualitätsverlust.

Das Produkt einer Weiterverwendung/eines Further-Use ist ein Open-Loop-Sekundärprodukt.

Beispiele:

- ▶ Gebrauchte Vormauersteine eignen sich nur noch als Innenraumbodenbelag.
- ▶ Gebrauchte Außenfenster eignen sich nur noch als Innenfenster oder mit niedrigerem Anspruch an Dämmung, Winddichtigkeit und Einbruchschutz.

Best Practice-Beispiele für Unternehmen, die sich der Wieder- und Weiterverwendung von gebrauchten Bauteilen und Baustoffen in Deutschland widmen, sind der Marktbereiter Bauteilbörse –

<https://www.bauteilboerse-bremen.de/>, professionalisiert und mit größerer Reichweite Restardo –

<https://restado.de/> und das Unternehmen Concular – <https://concular.de/>.

Die Firma Wienerberger treibt ihre Unternehmensstrategie vom ressourcenverbrauchenden zum ressourcenerhaltenden Unternehmen voran. Sie fügen ihre Ziegel im „Urban-Mining-Design“ rückbau- und wiederverwendbar im Trockenstapelsystem ohne Mörtelverklebung zusammen, sodass auf Primärziegel verzichtet werden kann – <https://www.wienerberger.nl/en/clickbrick.html>.

## 3.2 Definitionen zur Nachverwertung von Bauprodukten



### Wiederverwertung/abiotisches Recycling

Rückführung von gebrauchten Materialien in einen Herstellungsprozess unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen mit gleichem Qualitätsanspruch gegenüber dem Ursprungszweck, also unter Qualitätserhalt. Das Erzeugnis einer Wiederverwertung/eines Recyclings ist ein Closed-Loop-Sekundärrohstoff/Recyclingmaterial.

Ein Wiederverwertungs-/Recyclingprozess ist ohne Einschleusen von Neumaterial oder Ausschleusen von Altmaterial und ohne Verringerung des Anspruchs an den neuen Einsatzzweck nahezu endlos wiederholbar.

Beispiel:

- ▶ Aus eingeschmolzenem Stahlschrott wird ein Sekundärstahlträger hergestellt.

Anmerkung:

- ▶ In diesem Sinne nicht dazu gehört die Rückführungen von Produktionsresten, da diese lediglich der Optimierung einer Verfahrenstechnik dienen und keine gebrauchten (Post-Use-)Stoffe verwerten.
- ▶ Koppelprodukte aus anderen Industrieprozessen können ökologisch vorteilhaft sein, dürfen jedoch nicht als Recycling-Material deklariert werden, da sie nicht Teil geschlossener Materialkreisläufe sind. REA-Gips aus Rauchgasentschwefelungsanlagen ersetzt zwar Naturgips, führt aber nicht zur Kreislaufführung gebrauchter Gipsprodukte.

Best Practice-Beispiele für Unternehmen, die sich der Wiederverwertung von gebrauchten Baustoffen in Deutschland widmen, sind der Verband A|U|F, der Aluminiumrückflüsse aus dem Bauwesen sortiert und hochwertig wieder in das Hochbauwesen einschleust – <https://a-u-f.com>, das Unternehmen KME, das Altkupfer zu hochwertigen Fassadentafeln oder Klempnerartikeln recycelt – <https://www.kme.com/de/ueber-uns/news-events/news/kupferrecycling> oder der Gipsrecycler MUEG – <https://mueg.de/leistungen/gipsrecycling>.



### Kompostierung/biotisches Recycling

Rückführung von gebrauchten Materialien in einen biotischen Umwandlungsprozess unter Auflösung der Gestalt zu bioverfügbaren Nährstoffen, also unter Qualitätserhalt.

Das Erzeugnis einer Kompostierung/eines biotischen Recyclings ist ein Closed-Loop-Sekundärrohstoff/Recyclingmaterial (Komposterde).

Der Qualitätserhalt begründet sich in geschlossenen Nährstoffkreisläufen. Neben dem bei der Zersetzung entstehenden Humus und Kohlenstoffdioxid werden auch Mineralstoffe freigesetzt, die gemeinsam z. B. neues Pflanzenwachstum fördern. Ein Kompostierungsprozess ist endlos wiederholbar.

Beispiel:

- ▶ Kompostierung einer durch den holzeigenen Klebstoff Lignin gebundenen Holzfasertafel.

Anmerkung:

- ▶ Bei dem Verfahren „Vergärung mit Nachrotte“ [23] – wenn Bioabfall nicht nur kompostiert, sondern vergärt wird und das dabei entstehende Biogas sowohl zur Strom- als auch Wärmeproduktion genutzt wird – entsteht deutlich weniger CO<sub>2</sub> als bei der energetischen Verwertung. [24]

Ein Best Practice-Beispiel für Unternehmen, die kompostierfähige Baustoffe herstellen, war bis vor Kurzem der Marktführer von Hanfdämmungen, der Hanfdämmplatten mit dem biotisch abbaubaren Polylactid/PLA-Stützfasern gebunden hat. Er hat jedoch auf Kunststoffstützfasern umgestellt – eine Kompostierung ist damit unmöglich.

Best Practice-Beispiele für Unternehmen, die sich der Kompostierung von gebrauchten biotischen Baustoffen in Deutschland widmen, sind leider noch nicht zu finden. Insgesamt besteht Forschungs- und Förderbedarf.

## Weiterverwertung/Downcycling

Rückführung von gebrauchten Materialien in einen Herstellungsprozess unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen mit geringerem Qualitätsanspruch gegenüber dem Ursprungszweck, also unter Qualitätsverlust.

Das Erzeugnis einer Weiterverwertung/eines Downcyclings ist ein Open-Loop-Sekundärrohstoff/Downcyclingmaterial.

Der Qualitätsverlust begründet sich darin, dass das neue Produkt im Vergleich zum Ausgangsprodukt nur noch einen weniger anspruchsvollen Einsatzzweck erfüllen kann oder die Leistung des Ausgangsproduktes nur erreicht, wenn im Herstellungsprozess eine nennenswerte Menge neuer Stoffe eingeschleust und/oder eine nennenswerte Menge an Altstoffen ausgeschleust wird.

Beispiele:

- ▶ Weiterverwertung von Betonbruch zu Gesteinskörnung, zu der primärer Zement hinzugefügt werden muss, um die Qualität des Ursprungsproduktes (Betonbauteil) zu erreichen.
- ▶ Weiterverwertung von Ziegelsteinen zu Ziegelsplitt, nutzbar als Pflanzsubstrat. Ohne das Hinzufügen primären Tons ist kein neuer Ziegelstein daraus zu fertigen.

## Höherverwertung/Upcycling

Rückführung von gebrauchten Materialien in einen Herstellungsprozess unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen mit höherem Qualitätsanspruch gegenüber dem Ursprungszweck, also unter Qualitätsgewinn.

Das Erzeugnis einer Höherverwertung/eines Upcyclings ist ein Plus-Loop-Sekundärrohstoff/Upcyclingmaterial.

Der Qualitätsgewinn begründet sich darin, dass das neue Produkt im Vergleich zum Ausgangsprodukt einen neuen, höherwertigen Einsatzzweck erfüllt, ohne dass im Herstellungsprozess eine nennenswerte Menge an Altstoffen ausgeschleust und/oder eine nennenswerte Menge neuer Stoffe eingeschleust wird.

Beispiele:

- ▶ Aus ausgehobenem Boden werden Lehmbaustoffe und Gesteinskörnungen gewonnen.
- ▶ Aus gebrauchten Flaschenkorken werden feuchte-resistente Dämmplatten erzeugt.

Best Practice-Beispiele für Unternehmen, die sich der Höherverwertung/des Upcyclings von gebrauchten Stoffen und Materialien in Deutschland widmen, sind die Firmen Magna Glaskeramik, die aus Behälterglas hochwertige Fassadenplatten herstellt – <https://magna-glaskeramik.de/> und King-Kork, die aus alten Flaschenkorken feuchteresistente Dämmplatten produziert – <https://king-kork.de>.

## Qualitätserhaltende Kaskadierung

Rückführung von gebrauchten Materialien in eine Abfolge von Herstellungsprozessen unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen unter Qualitätsverlust. Auf einer Stufe des Downcyclings mündet die Verwertung in einer Wiederverwertung/einem Recycling. Das Erzeugnis einer qualitätserhaltenden Kaskadierung ist ein Closed-Loop-Sekundärrohstoff\_kaskadiert/Recyclingmaterial\_kaskadiert.

Beispiel:

- ▶ [Floatglas](#) wird downgecyclt zu Gussglas.
  - Ab hier ist ein erster geschlossener Loop zum Ausgangsprodukt Gussglas möglich – oder das Altprodukt wird weiter downgecyclt zu Schaumglasplatten.
  - Ab hier ist ein zweiter geschlossener Loop zum Ausgangsprodukt Schaumglasplatte möglich – oder das Altprodukt wird wiederum downgecyclt zu Schaumglasschotter.
  - Ab hier ist ein dritter geschlossener Loop zum Ausgangsprodukt Schaumglasschotter möglich.

Ein Best Practice-Beispiel für Unternehmen, die sich der qualitätserhaltenden Kaskadierung von gebrauchten Baustoffen in Deutschland widmen, ist das Unternehmen Glapor, das Schaumglasdämmstoffe aus der Kaskadennutzung von Floatglas herstellt, die wiederholend recycelbar sind – <https://www.glapor.de/produkte/schaumglasplatten>.

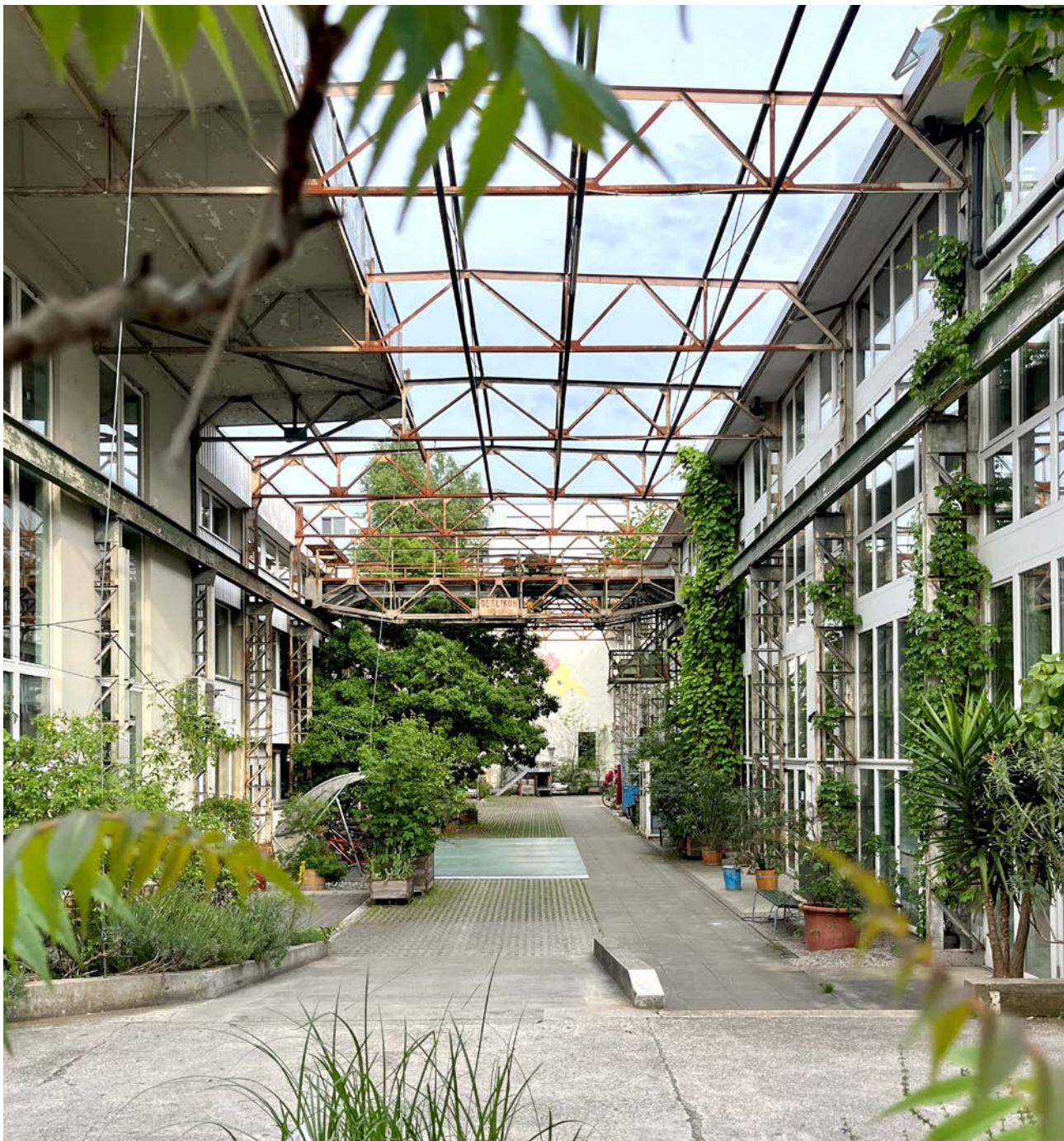
## Qualitätsverlierende Kaskadierung

Rückführung von gebrauchten Materialien in eine Abfolge von Herstellungsprozessen unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen unter Qualitätsverlust auf jeder Downcyclingstufe, in einem Verlust mündend.

Das Erzeugnis einer qualitätsverlierenden Kaskadierung ist ein [Open-Loop](#)-Sekundärrohstoff-kaskadiert/Downcyclingmaterial\_kaskadiert.

Beispiel:

- Konstruktionsvollholz wird downgecycelt zu OSB, dieses wird downgecycelt zu Spanplatten, welche zu Holzpellets downgecycelt werden und so in der Verbrennung enden.



## 4 Transformation gestalten

### 4.1 Stofflich-technische Ebene: Kreislaufführung von Baustoffen und Bauteilen erhöhen

Die Umsetzung der [Zirkularwirtschaft](#) am Bau bedarf einer engen Kooperation von Architektur und Ingenieurwesen. Zunächst sind die Abkehr von der Neubau-Maxime und mehr Wertschätzung für den Bauwerksbestand als gesellschaftliche Aufgaben anzugehen. Darauf folgen komplexe Fragestellungen von der Aufbereitung des Abbruchmaterials über die Dokumentation des anthropogenen Lagers bis zum Entwurf von Konstruktionen, die die Demontage im nächsten Lebenszyklus erleichtern. Leitend sind die Grundprinzipien Suffizienz – den Bedarf an Materialeinsatz reduzieren, Effizienz – die größtmögliche Wertschöpfung aus dem verbleibenden Materialeinsatz generieren und Konsistenz – nur Materialien kombinieren, die auch gemeinsam kreislauffähig sind.

#### 4.1.1 Abkehr von kreislaufbehindernden Konstruktionen, Praktiken und Regulierungen

Ressourceneffizientes Bauen strebt lange Nutzungszyklen von Bauwerken an. In der [Zirkularwirtschaft](#) sollen die Bauteile und Materialien nutzbar rückgeführt werden. Die zeitliche Distanz zwischen dem Entwurf und dem Rückbau erfordert, dass Konstruktionen offensichtlich und möglichst dauerhaft entworfen und mit allen notwendigen Informationen dokumentiert werden. Folglich bereitet der Entwurf die spätere Rückgewinnung durch die Wahl der Fügetechnik und der Materialkombinationen vor. Ein Rückbaukonzept, das bei der Entwicklung der Konstruktion die Rückführung der Materialien mitdenkt, ist ein Mittel, diesen Prozess in die heutige Planungs- und Baupraxis zu integrieren. Wenn den Materialien und Bauteilen eine Folgenutzung schon in der Planung zugedacht wird, werden sie nicht – wie nach heutigem Recht – durch den Verlust ihres ersten Verwendungszwecks zu „Abfall“, sondern für eine Folgenutzung freigegeben. Im Baurecht könnte dies durch ein „[obligatorisches Rückbaukonzept](#)“ eingeführt werden. [25]

#### Offensichtliche Konstruktion

Aufgrund der langen Nutzungszyklen von Gebäuden ist das erste Gebot des rückbaugerechten Bauens eine klare und offensichtliche Konstruktion. In der Nutzung und Instandhaltung muss diese verstanden und

fortgeführt werden und am Ende des Nutzungszyklus den selektiven Rückbau ermöglichen. Dazu sollten Fügungen mit geringem Zeitaufwand mit einfachen Werkzeugen gelöst werden können. Der Rückbau, der mögliche Umbau und die Demontage zur Instandhaltung soll so vorbereitet werden, dass sie sequenziell, einfach und ohne Rückgriff auf die technischen Dokumentationen erfolgen kann.

Zur Offensichtlichkeit gehört, dass Materialien erkennbar sind und ggf. gekennzeichnet werden. Die Vielfalt von Materialien wird reduziert und Rezepturen und Ausstattungen von Materialien und Bauprodukten werden weitestmöglich vereinfacht, um später beim Rückbau klar definierte Materialfraktionen zu erhalten.

#### Dokumentation der Konstruktion

Rückbaukonzepte schaffen eine schriftliche Dokumentation, die als [Teil eines Gebäudepasses](#) durch nachfolgende Akteure im Lebenszyklus des Gebäudes genutzt und fortgeführt werden soll. Bei einer modularen Gestaltung kann das Rückbaukonzept im besten Fall auf die objektorientierte Beschreibung in BIM-Modellen (building information modeling) zurückgreifen. So können auch Hersteller von Bauprodukten und Konstrukteure von Teilkonstruktionen in BIM-basierten Bauteilkatalogen für ihr Produkt das Rückbaukonzept bereitstellen und dort auch geeignete Anschlüsse an benachbarte Konstruktionselemente definieren in Hinblick auf Materialverträglichkeit, Rückbaubarkeit und sortenreine Trennbarkeit. Der Entwurf des Gesamtrückbau- und Nachnutzungskonzeptes greift dann auf die Rückbau- und Nachnutzungskonzepte der eingesetzten Bauprodukte zurück. Dies führt auch in komplexen Konstruktionen zu einer Zuordnung der Verantwortung für die einzelnen Bauprodukte zu den jeweiligen Herstellern. Die produktspezifischen Rückbau- und Nachnutzungskonzepte können mit einem verständlichen Bewertungssystem (vgl. 4.1.3) versehen werden und so die Konstruierenden in der Auswahl und Gesamtkonstruktion unterstützen und als Basis für Regulierungen dienen.

#### Prinzipien des kreislaufgerechten Konstruierens

Die Materialwahl sollte nach der Ressourcenschutzhierarchie erfolgen, vgl. Abbildung 4: Vermeidung von Ressourceninanspruchnahme vor Wiederverwendung, vor Wiederverwertung, vor sonstiger

Verwertung und Beseitigung. Eine zukünftige Wiederverwendung von Bauteilen und Materialien ist wahrscheinlicher, wenn diese dauerhaft, groß und modular sind, einfach handhabbare Abmessungen und Gewichte haben und die Vielfalt gering ist.

Materialien in Konstruktionen müssen dauerhaft schadstofffrei sein. Umwelt- oder gesundheitsgefährdende Stoffe dürfen nicht verbaut oder anderen Stoffen zugesetzt werden. Auch Stoffe, deren Unbedenklichkeit angezweifelt wird, sollten nicht verbaut werden. Auch in der Nutzungsphase sind der Eintrag solcher Stoffe durch Modernisierung und Gestaltung sowie in der Folge die Anreicherung in den folgenden Nutzungszyklen zuverlässig zu vermeiden.

Eine hohe [Verwertbarkeit](#) ist gegeben, wenn auf die Verträglichkeit von Stoffkombinationen geachtet wird. Zwei Stoffe wie Beton und Gips mögen in separaten Stoffkreisläufen geführt werden können. Durch die Beimischung von kleinen Gipsmengen wird der Betonbruch jedoch unnutzbar. Solche Stoffkombinationen sind in der Konstruktion zu vermeiden oder trennbar zu verbauen. Im Recyclingkonzept muss auf die Unverträglichkeit von Stoffkombinationen hingewiesen werden.

Es sollten weitestgehend [Closed-Loop](#)-Materialien verwendet werden, also solche, die ohne Qualitätsverlust recycelbar sind, vgl. 3.2. Bei den nachwachsenden Rohstoffen ist auf nachweislich nachhaltige Erzeugung zu achten.

Stoffe und Bauteile in Konstruktionen sollen trennbar, mechanisch gefügt werden. Im einfachsten Fall kann Schwerkraft als lösbares Verbindungsmittel eingesetzt werden. Es kann auch mit lösbaren Verkeilungen, Pressungen, Schraubungen und anderen Formschlüssen gearbeitet werden. Dabei müssen die Verbindungsmittel zugänglich und auch noch nach 80 Jahren lösbar sein. Verklebungen sind grundsätzlich zu vermeiden.

Um Reparaturen zu ermöglichen, sollte die Konstruktion eine Hierarchie nach Bauteil-Lebensdauer aufweisen: Je schwerer die Erreichbarkeit für Reparaturen und Austausch ist, desto langlebiger muss das Bauteil sein. Unabhängig lösbare und separate Parallelbefestigungen einzelner Bauteile und Materialien erlauben den selektiven Austausch beschädigter Komponenten.

Das bedeutet im Umkehrschluss, dass Verbundwerkstoffe und Beschichtungen zur Ergänzung von Eigenschaften nur eingesetzt werden sollten, wenn die Trennbarkeit bzw. die Verträglichkeit der Komponenten nachgewiesen und eine hochwertige Verwertung sichergestellt sind.

### **Analyse von kreislaufgerechten Konstruktionen**

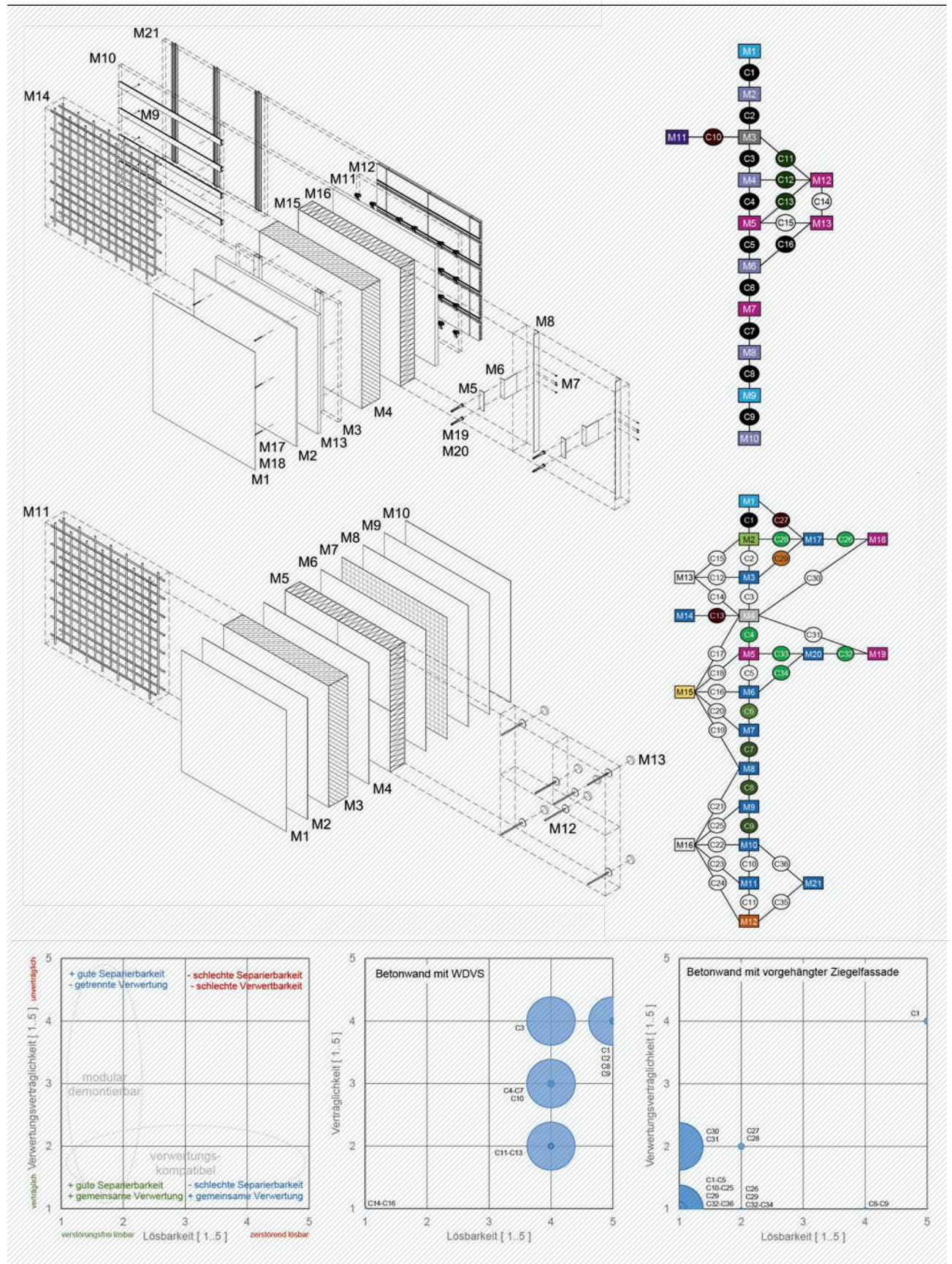
Das recyclinggerechte Konstruieren kann heute durch Planungswerkzeuge unterstützt werden, die der Komplexität von Bauteilen und den Anforderungen an Bauphysik und die Konstruktion gerecht werden und diese mit Wissen um die Kreislauffähigkeit der Materialien und die Lösbarkeit der Fügungen zusammenbringt. Die RecyclingGraph-Methode [26] zum Beispiel analysiert die Lösbarkeit von Materialfügungen in einer Konstruktion und die Verträglichkeit der an der Fügung beteiligten Materialien. Auch einige Zirkularitätsindices eignen sich zur Optimierung der Kreislaufgerechtigkeit im Entwurf. Bei guter Separierbarkeit und Verträglichkeit der Materialien stehen beim Rückbau alle Verwertungswege offen. Materialkombinationen, die gut verträglich sind, können auf der Rückbaustelle gemeinsam abgebrochen und später industriell getrennt werden. Materialkombinationen, die weder gut trennbar, noch verträglich sind, sind nicht recyclinggerecht und führen zum [Downcycling](#) oder Verlust.

Detailreiche Analysemethoden und materialwissenschaftliche Expertise werden dringend gebraucht, um Planende bei der Entwicklung von recyclinggerechten Konstruktionen zu unterstützen. Entsprechende Analysemethoden sollen weiterentwickelt werden und in Entwurfswerkzeuge integriert werden. Dazu ist die systematische Fortschreibung von Datenbanken mit Angaben zur Lösbarkeit von Fügetechniken und zur Verträglichkeit von Materialkombinationen notwendig. Diese sollten ähnlich wie die [ÖKOBAUDAT](#) durch ein Bauministerium bereitgestellt und mit generischen Daten, sowie mit verifizierten Daten von Herstellern gefüllt werden. Die Daten sollten durch Softwarewerkzeuge gelesen und ausgewertet werden können.



Abbildung 7

Analyse der Kreislauffähigkeit von Baukonstruktionen



Quelle: Schwede, D.; Störl, E. (2017) [26]

#### 4.1.2 Gebäuderessourcenpässe und Bewertungssysteme der Zirkularität

Gebäuderessourcenpässe machen die Kreislaufgerechtigkeit eines Gebäudes messbar und bewertbar. Sie tragen Informationen aus den digitalen Produktpässen der verbauten Materialien zusammen, wie sie die novellierte Bauproduktenverordnung einführt. Zugleich ist ein digitaler Gebäuderessourcenpass nur ein Teil eines übergeordneten Gebäudepasses. Dieser dokumentiert weiterhin das Rückbaukonzept, Schadstoffgutachten und weitere objektspezifische Unterlagen wie die Baugenehmigung. Es braucht standardisierte Vorgaben für Aufbau, Inhalt und Datenschnittstellen dieser Pässe. Sie sind bei baulichen Eingriffen in den Bestand fortzuschreiben und an die Immobilie zu knüpfen, sodass die enthaltene Dokumentation im Falle eines Eigentumsübergangs automatisch übertragen wird. Zugleich sind sie die adäquate Grundlage, um zu einem Kataster zusammengeführt das bestehende anthropogene Lager zu erfassen, zu kartieren und damit planbar zu machen und zu gegebener Zeit wieder aufschließen zu können.

Die nachfolgend aufgeführten Beispiele zeigen die momentan führenden Bewertungssysteme und für die Kreislauffähigkeit von Gebäuden und Produkten sowie übergreifende Ansätze für die [Zirkularwirtschaft](#).

##### DGNB-Zertifizierung

Im Zuge der Weiterentwicklung des DGNB-Kriterienkatalogs wurden die Themenfelder zugunsten der [Kreislaufwirtschaft](#) mit zirkulären Materialien neu gewichtet. Maßgeblich ist das Kriterium im Bereich der Technischen Qualität TEC 1.6 – Zirkuläres Bauen. Das Kriterium ist in drei übergeordnete Indikatoren gegliedert: Standort- und Bestandsanalyse und vorangehender (Teil-)Rückbau, zirkuläres Bauen in der Konzeptionsphase und zirkuläres Bauen in der Ausführung und Dokumentation.

Es liefert Bewertungen von Gebäuden, Bauteilen und Baustoffen für die [Pre-Use](#)-Phase (Sekundärrohstoffanteile), [While-Use](#) und [Post-Use](#)-Phase (Nachnutzungsqualitäten) und schließt dort Aufwand für Demontagefähigkeit und Trennbarkeit mit ein. Mit dem Indikator Standort- und Bestandsanalyse und vorangehender (Teil-) Rückbau weist es bereits Suffizienz Aspekte aus. Diese Ausrichtung und die Bewertungsebenen sollten in die Mindeststandards für Zirkularitätsindikatoren übernommen werden.

##### BNB-Zertifizierung

Im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) gibt es im Kriterium Technische Qualität den Steckbrief 4.1.4 Rückbau, Trennung und Verwertung. Der Steckbrief richtet sich maßgeblich nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz: Schonung der natürlichen Ressourcen, Vermeidung von Abfällen, ordnungsgemäße und schadlose Verwertung unvermeidbarer Abfälle sowie gemeinwohlverträgliche Beseitigung nicht verwertbarer Abfälle. [27]

Zudem betrachtet das BNB-System Recycling nach den Kriterien Wiederverwendung von Bauteilen und Einbauten sowie die Verwendung von Recycling-Baustoffen, Konzepte für das Abfallaufkommen bzw. für die Wertstoffverwendung aus Nutzung sowie Abfallvermeidung bei der Bauausführung.

Dieser Steckbrief muss ähnlich dem DGNB-System in Richtung Zirkularwirtschaft ausgerichtet werden, damit Bestandserhalt und Bestandsnutzung fokussiert werden. Unabhängig davon sollte die Gebäudezertifizierung für kommunale Bauprojekte nicht mehr auf Basis von freiwilligen Selbstverpflichtungen, sondern als verpflichtende Vorgabe definiert werden. Nur so werden dringend notwendigen Maßnahmen zur Transformation einer nachhaltigen und zirkulären Bauwirtschaft systematisch erreicht.

##### Product Circularity Data Sheet

Über die Circular Data Sheet-Initiative des luxemburgischen Wirtschaftsministeriums entstand das Product Circularity Data Sheet (PCDS). Darauf aufbauend wurde mittlerweile ein Vorschlag für einen Standard erarbeitet (ISO/DIS 59040). Das „Datenblatt zur Kreislauffähigkeit“ ist eine Produktdeklaration, die standardisierte und vertrauenswürdige Daten über die Kreislaufwirtschafts Aspekte eines Produkts liefert. Es basiert auf einer Vorlage mit vorformulierten Textblöcken. Das PCDS ist in fünf Hauptabschnitte gegliedert:

- ▶ Abschnitt 1: Produkt- und Unternehmensidentifikation
- ▶ Abschnitt 2: Zusammensetzung/Information über Produktbestandteile
- ▶ Abschnitt 3: Gestaltung für eine bessere Nutzung
- ▶ Abschnitt 4: Konstruktion für die Demontage
- ▶ Abschnitt 5: Design für Wiederverwendung

Die PCDS-Datenvorlage beinhaltet in den Kriterien bereits gute Ansätze zur Bewertung der Zirkularität.

Durch die Deklaration von wahr/falsch-Aussagen ohne Wertung fehlt eine Gesamtaussage, sodass auch keine Vergleichbarkeit besteht. Zudem macht das System keine Aussage zur Zirkularität von Gebäuden. Dennoch sollten die Ansätze aus den Abschnitten drei bis fünf bei der Entwicklung von Zirkularitätsindikatoren berücksichtigt werden.

### **Madaster**

Die Plattform Madaster Deutschland wurde 2021 als digitales Kataster von Materialien und Produkten gegründet. Auf Basis eines BIM- oder Excel-Dokuments wird ein Gebäude-Materialpass erstellt. Dieser Pass enthält Informationen über die Qualität, Herkunft und Lage der Materialien und gibt Einblick in den materiellen, zirkulären und finanziellen Rohstoffwert eines Gebäudes. Gleichzeitig quantifiziert der Pass auch den Treibhausgasfußabdruck des Gebäudes. Außerdem wurde ein Madaster-Circularity-Indicator entwickelt, der sich aus drei Komponenten zusammensetzt:

- ▶ für den Bau des Gebäudes verwendete Materialien als Verhältnis von Primärrohstoffen zu verwendeten Materialien
- ▶ Lebensdauer der Materialien und Bauprodukte im Verhältnis zur durchschnittlichen Lebensdauer
- ▶ Nachnutzung der Produkte und Materialien am Ende der Lebensdauer als Verhältnis von Wiederverwertung/Recycling und Abfall zur Deponie oder Verbrennung.

Maßgeblich für die Materialverwertung ist die Demontierfähigkeit, für welche folgende Kriterien gelten:

- ▶ Art der Verbindung
- ▶ Zugänglichkeit der Verbindung
- ▶ Überschneidung
- ▶ Produktkanten

Madaster arbeitet bereits (wie die DGNB auch) mit passenden Kriterien und Aspekten für die Bewertung der Materialherkunft, der Materialverwertung und der damit verbundenen Demontierbarkeit. Allerdings liegt der Fokus auf den Materialien. Die notwendige Ausrichtung auf Bauprodukte und Bauteile wird derzeit fertiggestellt. Der in Madaster erzeugte Materialpass kann direkt bei Gebäudezertifizierungssystemen eingesetzt werden. Eine Kooperation des Bundes mit Madaster bzgl. Datenbanken, Zertifizierungssystemen und Entwicklungen zum Gebäuderessourcenpass wäre vorteilhaft.

### **Concular**

Concular betreibt eine Vertriebsplattform für gebrauchte Bauprodukte, hat einen digitalen Gebäuderessourcenpass (Life-Cycle Passport) mit Circularity Performance Index entwickelt und initiierte die DIN SPEC 91484 für Pre-Demolition-Audits.

Der Circularity Performance Index (CPX) bewertet Bauteile und Gebäude in Bezug auf Zirkularität und Nachhaltigkeit. Der Index ist auf einzelne Bauprodukte als auch Bestandsgebäude und Neubauprojekte anwendbar. Quantitativ berücksichtigt werden unter anderem die Wiederverwendbarkeit eines Bauteils und das Verhältnis Primär- zu Sekundäranteil sowie Trennbarkeit, Demontagefähigkeit, Wiederverwendungspotenzial und Schadstoffbelastung. Verbindungen werden bewertet nach trennbar mit einfachem Werkzeug, trennbar mit maschinellen Prozessen, chemische Trennung und untrennbar.

Der Life-Cycle Passport, ein BIM-basierter Gebäuderessourcenpass, wertet die Aspekte der Demontierbarkeit und Trennbarkeit von Bauteilen und Materialien von der Planung bis zum Rückbau digital aus. Er unterstützt zudem aktiv bei der Optimierung der Ökobilanz und Zirkularität, um Compliance mit der DGNB und der EU-Taxonomie zu vereinfachen.

Concular bezieht sich bei der Bewertung der Zirkularität in der Regel auf generische Daten, die auf Anfrage durch projektspezifische Daten präzisiert werden können. Generell sind es eigendefinierte Bewertungskriterien. Auch hieraus können Aspekte für die Entwicklung eines übergreifenden Standards zur Bewertung der Zirkularität von Produkten und Bauteilen bis hin zum Gebäude übernommen werden.

### **Cradle to Cradle**

Cradle to Cradle ist zunächst ein Designprinzip, beschreibt die sichere und potenziell unendliche Zirkulation von Materialien in technischen und natürlichen Kreisläufen. Dazu müssen alle Inhaltsstoffe chemisch unbedenklich und kreislauffähig sein. Der Cradle to Cradle Certified Produktstandard bewertet Verbrauchs- und Gebrauchsgüter in fünf Kategorien:

- ▶ Material Health
- ▶ Product Circularity
- ▶ Clean Air & Climate Protection
- ▶ Water & Soil Stewardship
- ▶ Social Fairness

Die Kategorien Material Health und Product Circularity haben direkten Einfluss auf die materielle Kreislauffähigkeit von Produkten, während die weiteren noch darüber hinausgehen. In der Kategorie Material Health werden alle Inhaltsstoffe auf CAS-Nummern-Ebene identifiziert, hinsichtlich der öko-toxikologischen Daten betrachtet und unter Miteinbezug der Expositionswahrscheinlichkeit sowie der Kreislauffähigkeit zur Abschätzung des Gesamtrisikos bewertet.

Die Kategorie Product Circularity richtet sich nach den Gewichtsanteilen, für die „kompatible“ Kreislaufsysteme bestehen und deren Recyclingumfang.

Recycling nach dem Cradle to Cradle-Prinzip zielt auf das Zirkulieren aller Materialien in gleichbleibender Qualität ab. Cradle to Cradle Certified® ist allerdings ein Zertifizierungsstandard für Produkte, nicht aber für Gebäude. Fälschlicherweise wird dies derzeit aber immer wieder missverständlich kommuniziert („C2C-inspiriert“). Dennoch gilt es zu überlegen, ob und wie Cradle to Cradle-Produktbewertungen in bestehende Bewertungssysteme für Gebäude integriert werden können.

### Urban Mining Index

Das Bewertungsinstrument für Zirkularität entstand 2020 an der Bergischen Universität Wuppertal im Zuge der Promotion von Dr. Anja Rosen zunächst als Excel-Tool. Es handelt sich um eine Systematik, mit der die Kreislaufkonsistenz von Baukonstruktionen und ganzen Gebäuden gemessen und bewertet werden kann. Dabei werden die materielle Ebene durch Sekundäranteil am Materialeinsatz [Pre-Use](#) und Materialverbleib [Post-Use](#) berücksichtigt, die konstruktive Ebene durch Lösbarkeit der Verbindung und Trennbarkeit der Schichten und die wirtschaftliche Ebene fließt durch die Ermittlung des Aufwandes für Rückbau und Trennung sowie den verbleibenden Materialwert ein. Der [Urban-Mining-Index](#) wird in naher Zukunft in die „All-in-one-Software Eco Pass“ für Energieausweise und Ökobilanzierung integriert.

### Zusammenfassung

Die Übersicht zeigt eingeführte Systeme und gute Ansätze für die Bewertung der Kreislauffähigkeit von Produkten und Bauteilen; hauptsächlich digital und teils für die Integration in Bewertungssysteme für nachhaltige Gebäude und Ressourcenpässe vorbereitet. Ein großer Teil davon betrachtet und bewertet allerdings nur Materialien und Bauprodukte. Es bestehen unterschiedliche, aber geeignete Kriterien zur Bewertung der Zirkularität einschließlich der Berücksichtigung von Suffizienzansätzen. Bei der Entwicklung eines übergreifenden Standards kann also auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden.

Es wird empfohlen,

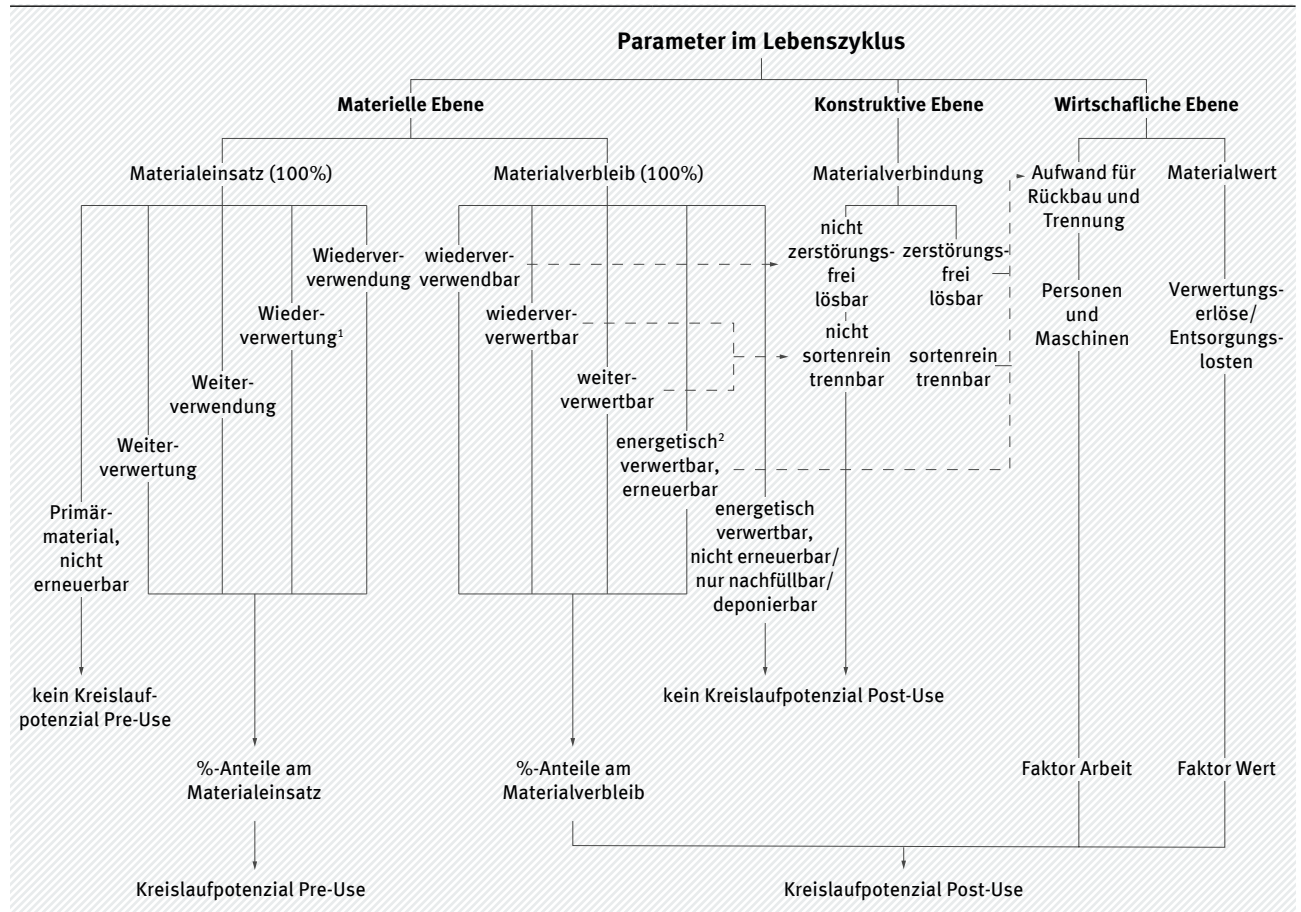
- ▶ Qualitätsstandards an Messinstrumente für Zirkularität bundesweit zu harmonisieren und festzuschreiben.
- ▶ als Mindeststandard festzulegen, dass jedes Bewertungsinstrument die Abbildung der Kreislauffähigkeit in der Herstellung, bei Erneuerungen und am End-of-Life auf Ebene der Baustoffe, der Konstruktionen und des gesamten Gebäudes leisten muss.

Dabei berücksichtigt der [Pre-Use](#)-Index den Anteil an bereits im Kreislauf geführten Materialien und führt zu höheren Rezyklateinsatzquoten. Der [Post-Use](#)-Index ermittelt das Potenzial der Kreislaufführungen von Konstruktionen während der Erneuerungszyklen und nach dem Rückbau. Dadurch wird vermieden, dass nicht rückbaubare und nicht recyclingfähige Konstruktionen überhaupt erst eingebaut werden.

Weitere Parameter könnten in einem Forschungsverbund aller Institutionen mit bereits erarbeiteten Zirkularitätsindices erarbeitet werden.

Abbildung 8

**Beispiel für den Aufbau eines Messinstruments der Zirkularität zur Verwendung in Gebäuderessourcenpässen:** Bewertung der Materialebene einschließlich der Qualitäten, der konstruktiven Ebene und der wirtschaftlichen Ebene, aufgeschlüsselt in Pre-Use (Herstellung) und Post-Use (Rückbau und Verwertung einschließlich Erneuerungszyklen, While-Use)



<sup>1</sup> inklusive im Naturkreislauf wiederverwendete Materialien (nachwachsende Rohstoffe)

<sup>2</sup> die Weiterverwertbarkeit und energetische Verwertbarkeit erneuerbarer Materialien wird im Closed-Loop und Loop-Potential weiter differenzieren

Quelle: Eigene Abbildung nach [28]

#### 4.1.3 Material-Kreislauf-Label zur Implementierung in Gebäuderessourcenpässe

Um Zirkularitätsindices als Planungswerkzeuge nutzen zu können, sind für alle im Handel befindlichen Baustoffe und Bauteile vergleichbare Produkt-Zirkularitätsinformationen anzugeben. Dazu gehören der produktspezifische und derzeit technisch mögliche Sekundärrohstoffanteil sowie der aktuell praktizierte und derzeit technisch mögliche Nachnutzungsweg. Außerdem erfolgt die Gegenüberstellung dieser aktuellen Daten mit dem technisch Möglichen – durch Forschung oder Best Practice belegt. Dies erleichtert die Einordnung der produktspezifischen Daten und

gibt Ziele vor. Die Daten sollten von den Herstellern erfasst, verifiziert und als „Kreislauf-Label“ verpflichtend veröffentlicht werden. Ein einfaches Ampelsystem wird der Komplexität nicht gerecht.

Es wird empfohlen, in einem einheitlichen „Material-Kreislauf-Label“ die kreislaufwirtschaftsrelevanten Daten von Bauprodukten prägnant zusammenzufassen. Das Material-Kreislauf-Label sollte die aktuellen spezifischen Produkteigenschaften dem jeweils aktuellen Stand der Wissenschaft wie folgt gegenüberstellen:

**Nachverwendungspotenziale**

- ▶ Hohes Potenzial zur Wiederverwendung nach Kapitel 3.1
- ▶ Herstellerrücknahmegarantie
- ▶ Mietmodell oder andere Modelle der [Zirkularwirtschaft](#)

**Nachverwertungspotenziale, vgl. 3.2**

- ▶ [Material-Recycling-Content](#)/MRC: aktueller Sekundärrohstoffanteil im Produkt
- ▶ und als Vergleich dazu das [Material-Recycling-Content-Potenzial](#)/MRCP, vormals Material-Loop-Potenzial/MLP, der maximal mögliche Sekundärrohstoffanteil im Produkt
- ▶ End-of-Life-Weg/EoL: aktuell praktizierter Verwertungsweg nach Anteilen im Produkt: aktuelle [Closed-](#) und [Open-Loop-](#)Gewichtsanteile
- ▶ und als Vergleich dazu das [End-of-Life-Potenzial](#)/EoLP als bestmöglicher Verwertungsweg nach Gewichtsanteilen im Produkt, einschließlich dem noch theoretischen Weg der [Kompostierung](#)
- ▶ ggf. den aktuellen Verwertungsweg in einem Kaskadenprozess
- ▶ und als Vergleich den bestmöglichen Verwertungsweg in einem Kaskadenprozess

Während das Know-how für die ersten Parameter des Labels bereits vorhanden ist, [29] benötigt es für die beiden letztgenannten Punkte der Bewertung von Kaskadenprozessen weiterer Forschung.

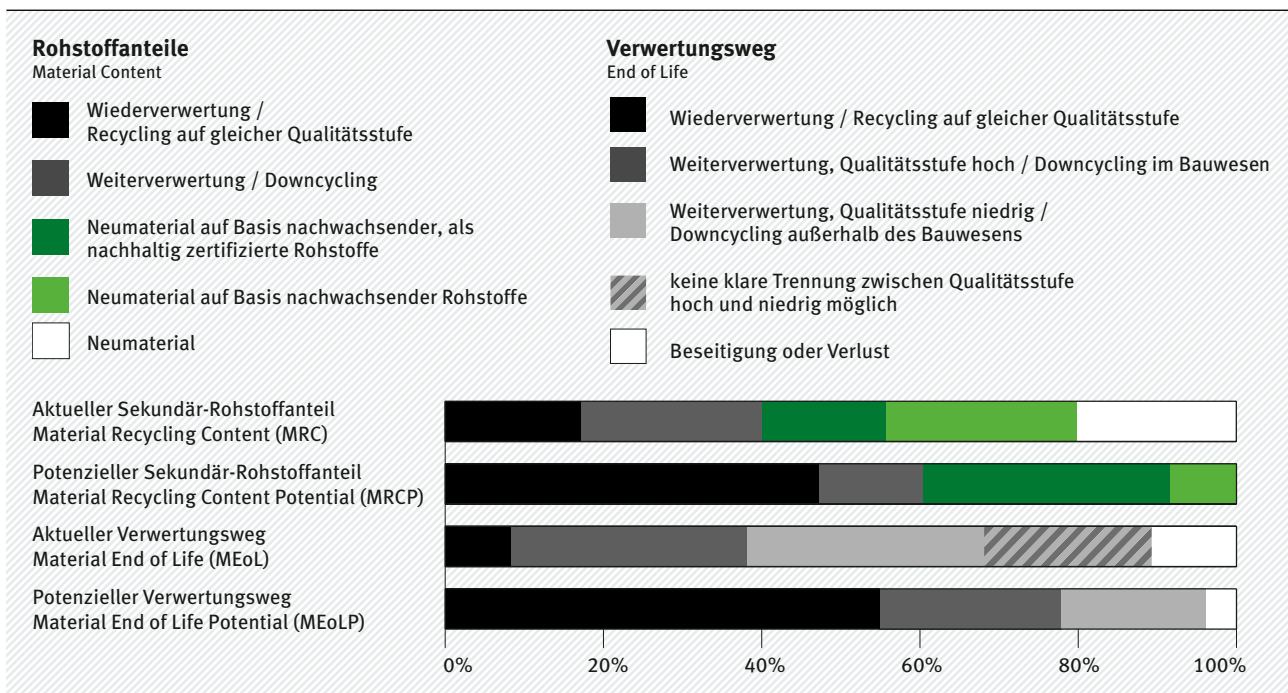
Es wird empfohlen, die Produkt-Zirkularitätsindikatoren aller Baustoffe in Umweltproduktdeklarationen aufzunehmen und in öffentlichen Datenbanken wie der [ÖKOBAUDAT](#) frei zugänglich zu machen.

So können unbewertete Informationen z. B. Sekundärrohstoffanteil als standardisierte Datengrundlage in alle am Markt befindlichen bewertenden Zirkularitätsindices implementiert werden und erleichtern die Materialauswahl unter Zirkularitätsgesichtspunkten.

Abbildung 9 und Abbildung 10 geben einen Eindruck, wie derartige Nachnutzungs- und Verwertungspotenziale allgemein verständlich und schnell erfassbar dargestellt werden können.

Abbildung 9

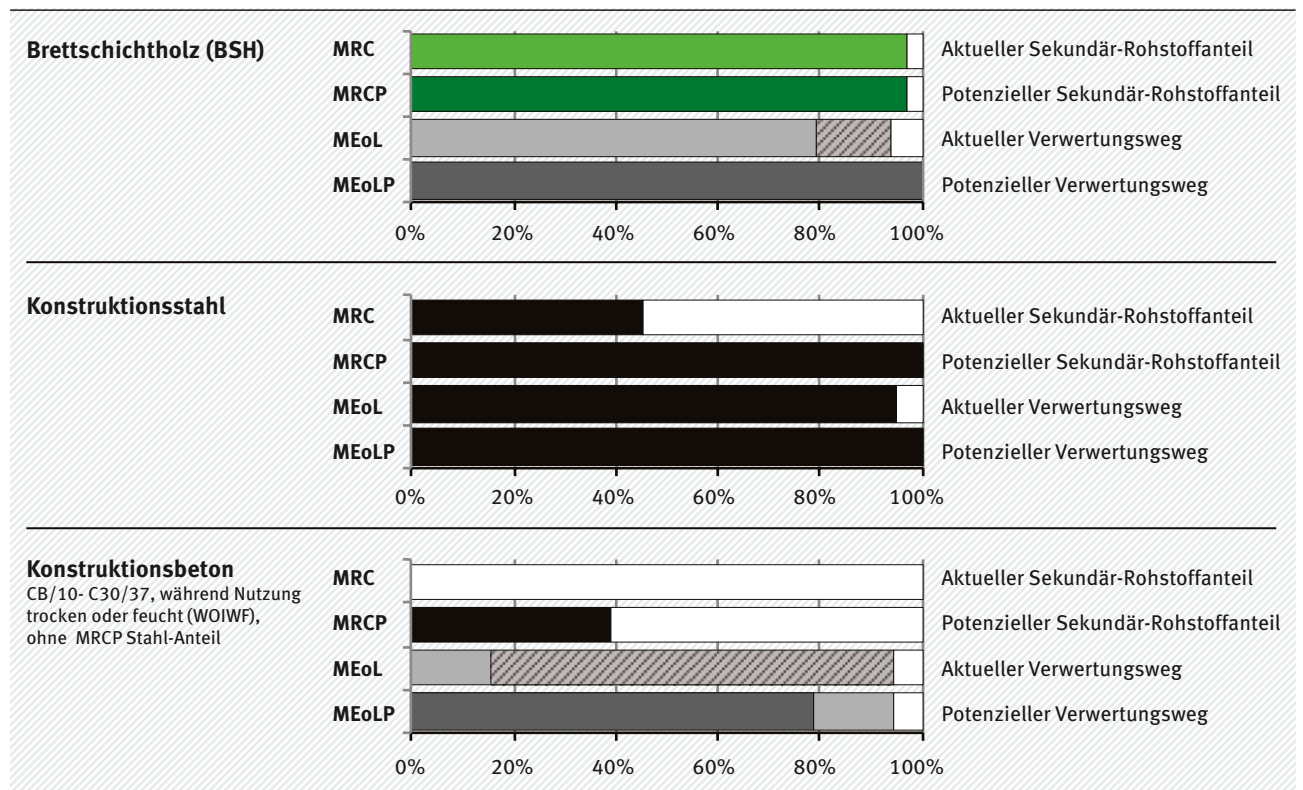
**Material-Kreislauf-Label zur Darstellung des vorangegangenen Materiallebenszyklus (produktspezifische und potenziell mögliche Sekundärrohstoffanteile) und des weiteren Verwertungswegs (aktuell praktiziert und potenziell möglich)**



Quelle: TEAMhillebrandt (2024) [29]

Abbildung 10

**Material-Kreislauf-Label am Beispiel von Brettschichtholz, Konstruktionsstahl und Konstruktionsbeton [29]**



Quelle: TEAMhillebrandt (2024) [29]

#### 4.1.4 Handlungsempfehlungen für öffentliches Bewusstsein

Jede gesellschaftliche Veränderung setzt Bildung und Verständnis voraus, benötigt Zuversicht, ein Mindestmaß an Sicherheit hinsichtlich der Umsetzbarkeit, die Vorstellung von einem besseren und gerechteren

Leben und im besten Fall eigener Wirkmacht. Daher folgen Handlungsempfehlungen auf einer gesellschaftspsychologischen Ebene, um eine Akzeptanz und eine positive Konnotation von kreislauffähigen und kreislaufgeführten Produkten zu erzeugen.

Es wird Folgendes empfohlen:

##### **Bildung und Verständnis zur Kreislaufführung und Zirkularwirtschaft fördern**

- ▶ Transformation im Bauwesen als weltgesellschaftliche Notwendigkeit im politischen Konsens anerkennen
- ▶ Die Notwendigkeit der Transformation von der Linearwirtschaft (Wegwerf- und Verschwendungsgesellschaft) zur [Zirkularwirtschaft](#) klar benennen
- ▶ Benennen der anderenfalls erwartbaren Risiken (Ressourcenmangel, Krisenrisiken, Ausbeutung, Abfallaufkommen, Klimafolgekosten, etc.)
- ▶ Kreislaufführung, [Urban-Mining-Design](#), [Design for Circularity](#) und [Cradle to Cradle](#) als gedanklichen und praktischen Standard im Bauwesen etablieren
- ▶ in Aufklärungskampagnen über die Ziele der Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie informieren
- ▶ Über die Unterschiede von „[Closed](#)- und [Open-Loop](#)“-Materialien, Re- und [Downcycling](#) aufklären.
- ▶ Regulierungen im Wording national und europaweit auf die Zirkularwirtschaft anpassen
- ▶ Den Begriff „Abfall“ in den Begriff „Sekundärrohstoff“, der als „Wertstoff“ zu begreifen ist, im Denken, im Handeln und in Texten verändern. Z. B. die „Abfallhierarchie“ umbenennen in „Ressourcenschutzhierarchie“ oder in Anlehnung an DIN EN 45560 in „Materialwerthierarchie“, vgl. Abbildung 4.
- ▶ Den irreführenden Begriff „[End-of-Life/EoL](#)“ umbenennen, z. B. in Post-Use/Nach-Nutzung, oder Nach-Gebrauch

##### **Die Aussicht auf ein besseres und gerechteres Leben durch Zirkularwirtschaft publizieren**

- ▶ Suffizienz-Strategien erläutern und in Best Practice-Beispielen erlebbar machen: Refuse- und Reduce-Strategien als „Simplify your life“-Lebensstil verstehbar machen
- ▶ Konsistenzstrategien erläutern und in Best Practice-Beispielen erlebbar machen: Rethink- und Repurpose-Strategien als „Strategie des guten Lebens für alle“ erklären
- ▶ Irreführende Formulierungen/Greenwashing bei Produktinformationen der Hersteller regulativ unterbinden, vgl. 3
- ▶ Verschwendung und Verschmutzungen konsequent ahnden

##### **Über Umsetzbarkeit der Zirkularwirtschaft und Möglichkeiten der Selbstwirksamkeit aufklären**

- ▶ Über neue Berufsbilder und Geschäftsfelder aufklären und in Best Practice-Beispielen erlebbar machen [30]
- ▶ Hilfestellungen zum Umbau von Geschäftsmodellen anbieten
- ▶ Digitale Erfahrungsaustauschplattformen initiieren
- ▶ Vorträge und Weiterbildungsveranstaltungen initiieren
- ▶ Die Deutsche Rohstoffagentur als ressortübergreifende Kompetenzzentrale zur Zirkularwirtschaft nach Vorbild der DENA ausbauen



## 4.2 Wirtschaftlich-regulatorische Ebene: Zirkularwirtschaft fordern und fördern

Um die Zirkularwirtschaft unverzüglich in Gang zu bringen, braucht es einen Paradigmenwechsel: Die Rechtsprechung und unser Handeln müssen vom Vorsorge-, Kooperations- und Verursacherprinzip geleitet werden, vgl. 2.2. Das benötigt eine klare Verantwortungsübernahme und -hierarchie für die Kreislaufgerechtigkeit der Immobilien im Lebenszyklus.

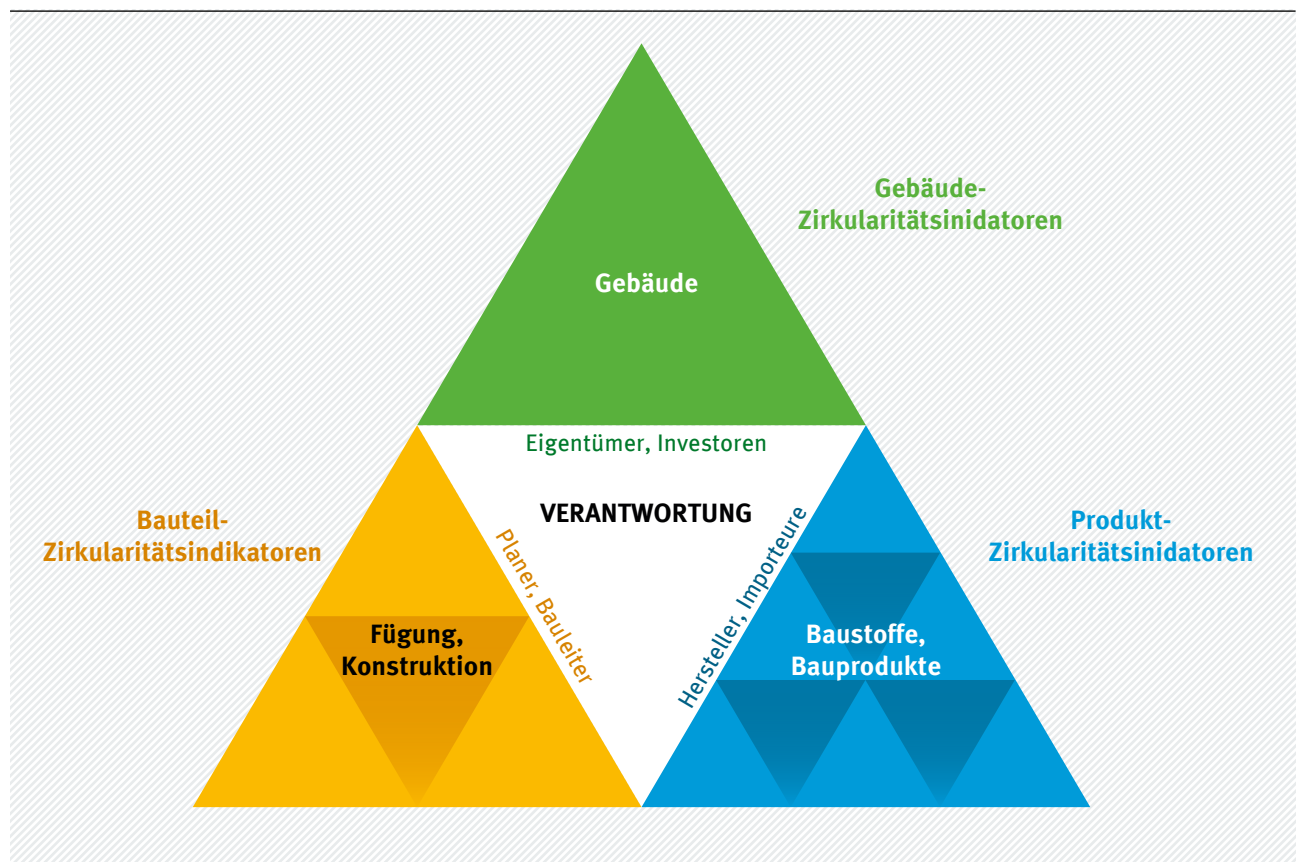
### Verantwortungshierarchie für die Kreislaufgerechtigkeit von Gebäuden

Die Verantwortung für die Zirkularität von Bauwerken teilen sich alle Beteiligten, vgl. Abbildung 11. Eine Verantwortungshierarchie benötigt eine harmonisierte Basis und Regeln. Die Bauproduktenhersteller tragen die Verantwortung für die Kreislauffähigkeit ihrer Erzeugnisse, sind zur Rücknahme und

Kreislaufführung ihrer Produkte verpflichtet und veröffentlichen unbewertete Produkt-Zirkularitätsdaten, die in öffentlichen Datenbanken z. B. [ÖKOBAUDAT](#)) hinterlegt werden und somit Planenden für die Entwicklung und Optimierung der Kreislaufgerechtigkeit von Bauteilen und des Gesamtgebäudes dienen. Diese wiederum übernehmen Verantwortung für die Rückbaufähigkeit der Konstruktion und die Nachnutzungs- oder Verwertungsfähigkeit der ausgewählten Bauteile und Baustoffe. Die Zirkularität auf Bauteil- und Gebäudeebene wird so dokumentiert, dass die Indikatoren in den Gebäuderessourcenpass übernommen werden können. Bauleitende und Bauausführende sind für die kreislaufgerechte Realisierung und Baustellenlogistik zuständig. Die Bauherrschaft übernimmt die Gesamtverantwortung für die Kreislauffähigkeit der Immobilie, dokumentiert als Gebäude-Zirkularitätsindikator im Gebäuderessourcenpass.

Abbildung 11

**Alle Baubeteiligten tragen Verantwortung für die Kreislauffähigkeit eines Gebäudes.**



Quelle: eigene Abbildung

Es wird in dieser Reihenfolge empfohlen,

- ▶ Kreislaufwirtschaftsrelevante Definitionen zu Nutzungs- und Verwertungspotenzialen von Baustoffen und -produkten differenziert und verbindlich festzuschreiben, am besten europaweit, vgl. 3,
- ▶ digitale Gebäuderessourcenpässe verbindlich einzuführen mit der Abbildung der Gesamtgebäude-, Bauteil- und Produkt-Zirkularitätsindikatoren, vgl. 4.1.2,
- ▶ die Ausweisung kreislaurelevanter Daten aller im Handel befindlichen Baustoffe in einem „Material-Kreislauf-Label“ zu veranlassen, bestehend aus Sekundärrohstoffanteilen und -potenzialen und Verwertungsweg(-potenzialen), vgl. 4.1.3
- ▶ produktspezifische, kreislaurelevante Daten in einer öffentlich zugänglichen Datenbank z. B. ÖKOBAUDAT) zu hinterlegen.
- ▶ anhand der Gebäuderessourcenpässe ein deutsches Gebäuderessourcenkataster anzulegen zur Planung der Outputs aus dem Bauwesen.

### Kreislaufgerechtigkeit durch Regulierungen erreichen

Kreislauffähige Gebäude, Baustoffe und Bauprodukte sowie die Kreislaufführung von Bauteilen und Baustoffen sollten gegenüber linearwirtschaftlichen Äquivalenten bevorzugt und subventioniert werden.

Es wird empfohlen,

- ▶ zirkularwirtschaftsbehindernde Subventionen abzuschaffen (vgl. 4.2.1),
- ▶ Suffizienz-Strategien in der Zirkularwirtschaft zu stärken (vgl. 4.2.2),
- ▶ Konsistenz-Strategien in der Zirkularwirtschaft zu stärken (vgl. 4.2.3).

#### 4.2.1 Zirkularwirtschaftsbehindernde Subventionen abschaffen

Laut Art. 28 Abs. 2 GG obliegt den Gemeinden die Beplanung ihres Gemeindegebiets. Das Bauordnungsrecht liegt in der Hoheit der Bundesländer. Dennoch verfolgt die Bundesregierung eigene baupolitische Ziele, welche sie insbesondere förderpolitisch umsetzt. Regelmäßig wirken sich diese Subventionen nachteilig auf die Ziele einer [Zirkularwirtschaft](#) aus, da oft keine Anforderungen an die ökologische Qualität, insbesondere jedoch nicht an den Umgang mit materiellen Ressourcen gestellt werden. Zu unterscheiden ist dabei in zwei Förderschwerpunkte:

Die soziale Wohnraumförderung verfolgt das Ziel, bezahlbaren Mietwohnraum für Haushalte zu schaffen, „die sich am Markt nicht angemessen mit Wohnraum versorgen können,“ vgl. § 1 WoFG. Wenngleich gegen diese Zielsetzung nichts einzuwenden sein kann, ist zu kritisieren, dass § 2 Abs. 1 Nr. 1 WoFG explizit „Wohnungsneubau“ als Fördergegenstand ermöglicht. Kritisiert wird weiterhin der Objektförderungscharakter: Einem möglicherweise vorübergehenden Unterstützungsbedarf von Haushalten wird mit Förderungen für langfristige Investitionen in Bauwerke begegnet. Die einhergehende Verzerrung von Marktpreisen setzt deren Funktion als Knappheitssignal außer Kraft. [31]

Weiterhin verfolgt die Bundesregierung mit einer Reihe an Förderprogrammen das Ziel, privates Wohneigentum zu fördern. Da es unter Gesichtspunkten der [Kreislaufwirtschaft](#) unerheblich ist, ob Wohnraum angemietet wird oder sich im Eigentum befindet, soll die politische Zielsetzung nicht diskutiert werden. Relevant ist jedoch, dass damit auch Neubaumaßnahmen gefördert werden, ohne dass ambitionierte Anforderungen an die Kreislaufgerechtigkeit der Konstruktionen gestellt werden. Das betrifft die Wohnungsbauprämie, die Eigenheimrente („Wohn-Riester“), die Arbeitnehmersparzulage zu Bausparverträgen oder Immobilienkrediten sowie die KfW-Förderprogramme „Wohneigentum für Familien“ und „Klimafreundlicher Neubau“. [32] Auch in den KfW-Förderprogrammen „Großer Mittelstand“ und „ERP-Förderkredit KMU“ können Baukosten und Gebäude mit subventionierten Krediten finanziert werden. [33] Für kommunale Unternehmen stehen vergleichbare Programme zur Verfügung. [34]

Diese Subventionen behindern die Zirkularwirtschaft im Bauwesen. Ihr Abbau würde den Staatshaushalt entlasten.

Es wird empfohlen, in allen Programmen die Förderung von Neubaumaßnahmen an ambitionierte Auflagen wie hohe Sekundärmaterialquoten zu knüpfen. Weiterhin müssen kreislaufgerechte Bauweisen, also schadstofffreie Bauprodukte und lösbare Materialverbände Voraussetzung für Subventionen sein. Darüber hinaus ist eine Umorientierung der sozialen Wohnraumförderung von der Objektförderung zur Subjektförderung, z. B. mittels Wohngelds angeraten, um Lösungsmöglichkeiten zuzulassen, die ohne Neubaumaßnahmen auskommen.

#### 4.2.2 Regulierungen zur Verringerung des Materialverbrauchs – Suffizienzstrategie

Suffizienzstrategien werden oft als Verzicht gedeutet und als Rückschritt empfunden. De facto nehmen sie jedoch den tatsächlichen Bedarf zum Maßstab und versuchen, materiellen Überkonsum abzulegen. Ihr Ziel ist nicht Enthaltbarkeit, sondern angemessener Wohlstand ohne überbordenden Luxus. Ohne die Umsetzung von Suffizienzstrategien als effektivstes Mittel der Ressourcenschonung und Abfallvermeidung werden weder die Klima- und Umweltschutzziele (z. B. Flächen- und Biodiversitätsschutz) erreicht, noch wird die erforderliche Ressourcenwende gelingen.

#### Suffizienz – Auskommen mit dem, was da ist: Baubestand und Baumaterial erhalten!

##### Allgemeiner Gebäudebestandsschutz durch Abrissmoratorium

Der Gebäudeerhalt ist das wirksamste Mittel, um die graue Energie möglichst lange zu nutzen, Treibhausgasemissionen der Baustoffherstellung zu vermeiden, Materialressourcen einzusparen und Abfall zu vermeiden. Dringend gebrauchter Wohnraum sollte durch das Ermöglichen von Umnutzungen und Erweiterungen entstehen, z. B. durch Reaktivierung leerstehender Gewerbebauten. Ein Abrissmoratorium ist angezeigt.

Es wird ein allgemeiner Gebäudebestandsschutz mit Ausnahmen empfohlen: Dabei wird der Schutz vor Abriss durch Einführung einer Beweislast zur Abrissnotwendigkeit in einer Bauvoranfrage herbeigeführt.

Abriss wäre nur unter nachweisbaren Umständen möglich. Mögliche Gründe wären nicht rückbaubare Kontamination oder Dysfunktionalität, wenn das Gebäude durch Klimawandelauswirkungen akut bedroht ist oder sich für keinerlei infrage kommende Nutzung eignet. Weitere Parameter hierzu müssten noch erarbeitet werden.

##### Neubauten vermeiden durch Entlastung des Wohnungsmarktes

Wenn die regional angespannte Lage am Wohnungsmarkt entspannt wird, erübrigt sich ein Teil des Neubaubedarfs. Entsprechende politische Förderinstrumente, welche eine erhebliche Ressourceninanspruchnahme nach sich ziehen, können zurückgenommen werden. Bezahlbarer Wohnraum sollte im Gebäudebestand gefördert werden.

Es wird empfohlen, Zweckentfremdungsverbote in Regionen mit angespanntem Wohnungsmarkt durchzusetzen, also eine Verpflichtung der Eigentümer und Eigentümerinnen zum Vermieten nicht selbst genutzter Wohnungen.

Diese Vorgabe muss auch Gebäude umfassen, die zunächst durch eine Sanierung in einen bewohnbaren Zustand gebracht werden müssen. Hiervon auszunehmen sind Wohneinheiten während einer Sanierung. Im Fall, dass in einer Immobilie Flächen leerstehend gelassen werden, soll eine Veräußerung in Sinne des Gemeinwohls angeordnet werden können. Leerstand aus finanziellen Nöten oder Spekulation darf keinen Vorrang vor dem Gemeinwohl haben gemäß Art. 14 Abs. 2 GG: „Eigentum verpflichtet. Sein Gebrauch soll zugleich dem Wohle der Allgemeinheit dienen.“

In den 1980er bis 2000er-Jahren wies Berlin einen Höchststand an sozialen Wohnungen auf. Diese Wohnungen existieren noch, sie sind lediglich aus der sozialen Bindung gefallen. Um bezahlbaren Wohnraum zu schaffen, könnten bestehende Bindungen verlängert oder reaktiviert werden. Denn genug Wohnfläche ist vorhanden: Betrug sie 1975 pro Person noch ca. 25 m<sup>2</sup>, so ist sie heute fast doppelt so groß!

Es wird empfohlen zu prüfen, ob der Ankauf von Belegungsrechten für Sozialwohnungen unterstützt werden kann und den Bundeshaushalt weniger belastet als die Subventionierung von Neubau.

##### Bauprodukt- und Baustoffehalt durch selektiven Rückbau und Verpflichtung zur Nachnutzung

Um der Ressourcenschutzhierarchie Genüge zu tun, ist es angezeigt, die systematische Zerstörung intakt zurückgewinnbarer Bauteile und Baumaterialien zu verbieten. Betriebswirtschaftliche Mehrkosten für die separierte Rückgewinnung von Bauprodukten wären dann kein Wettbewerbsnachteil mehr. Dieser Vorschlag ist weitreichender als die von anderen Institutionen geforderte Einführung von Schadstoffsanierungs- und Rückbaukonzepten. Um eine [Circular Material Use-Rate von über 30%](#) zu erreichen, ist der Gebrauchtbauteilemarkt zu unterstützen.

Der Wiederverwendung von zurückgebauten Bauteilen und Baustoffen steht zum einen die unklare

Gewährleistungsübernahme im Weg. Zwar erlischt auch die Gewährleistung für Neuprodukte nach wenigen Jahren, dennoch ist normative und regulatorische Klarheit zu schaffen.

Zum anderen werden abgebrochene Baustoffe bisher automatisch zu Abfall, was ihre Wiederverwendung mit bürokratischen Hürden verknüpft. Die Einführung verbindlicher Rückbaukonzepte könnte die juristische Grundlage liefern, die Abfalleigenschaft nicht entstehen zu lassen. Sowohl Rückbaukonzepte als auch die Pflicht zum selektiven Rückbau sind im allgemeinen Abfallrecht (KrWG) und im speziellen Abfallrecht (GewAbfR) angelegt. [25]

Es wird daher empfohlen,

- ▶ den selektiven Rückbau als Abbruchmethode bundesweit vorzuschreiben,
- ▶ die pauschale Einordnung von Abbruchmaterial als Abfall abzuschaffen,
- ▶ jedes intakt zurückgewonnene Bauteil oder -material verpflichtend auf dem Markt und ggf. anschließend für einen auskömmlichen Zeitraum kostenlos anzubieten und
- ▶ dass Hersteller ihre Neuprodukte nach Gebrauch zurücknehmen müssen, um sie im Idealfall aufzuarbeiten und mit erneuerter Gewährleistung wieder in den Handel zu bringen.

## Bauteilerhalt durch die Förderung von Wiederverwendung

Es wird empfohlen, die voneinander abhängigen Schritte zur Wiederverwendung gebrauchter Bauteile und Baustoffe über die gesamte Prozesskette finanziell zu unterstützen:

- ▶ Demontageplanung, -Ausschreibung und -Bauleitung
- ▶ Bauteil- und Materialbewertungen
- ▶ Demontage
- ▶ Aufbau von Logistik, Lagerhaltung
- ▶ Aufarbeitung, Neuzertifizierung, Garantieübernahmen
- ▶ Digitale Bauteilbanken und -börsen
- ▶ Kataloge und Archive serieller Fertigteile
- ▶ Neuplanung mit Re-Use-Bauteilen (Zuschüsse zum Planer\*innenhonorar als Ausgleich für erhöhten Aufwand)
- ▶ Realisierung des Bauens mit Re-Use-Bauteilen (Förderung der Investoren/Bauherrenschaft)
- ▶ Experimentelle Planungen und Realisierungen zum Re-Use (Förderung von Hochschul- und Herstellerexperimenten sowie Reallaboren)
- ▶ Geräte- und Maschinenentwicklungen für Demontage/Rückbau



Intakte Dachpfannen enden in der Ressourcenvernichtung



Gebrauchte Dachpfannen können auch wieder- oder weiterverwendet werden [35]

### Schutz von **abiotischen** Ressourcen durch eine Lenkungsabgabe für Primärrohstoff

Um der Flächeninanspruchnahme, dem davon verursachten Biodiversitätsverlust und der Zerstörung von Wasserkreisläufen entgegenzutreten, sollte der Abbau von Primärressourcen reduziert werden.

Es wird empfohlen, eine Lenkungsabgabe für die Inanspruchnahme von Primärrohstoffen in einer Höhe zu erheben, die den Preisvorteil gegenüber Sekundärrohstoffen überkompensiert. [18]

### Schutz von **biotischen** Ressourcen durch Förderung von Wiederverwendung und **Kaskadennutzung biogener Materialien**

Auch nachwachsende Rohstoffe sind nicht im Überfluss zu haben, da der Flächendruck zunehmen wird. Die Erzeugung von biotischen Baustoffen steht in Konkurrenz zu anderen Bedürfnisbefriedigungen wie Nahrungsmittel- und Kleidungsproduktion.

Es wird empfohlen, die Baustoff- und Bauteilproduktion aus gebrauchten nachwachsenden Rohstoffen finanziell zu fördern, um eine Verschwendung von Neumaterial zu vermeiden.

Neben der Wiederverwendung gebrauchter Holzbau- teile geht es hierbei auch um die Wiederverwendung oder Kaskadennutzung schneller nachwachsender Rohstoffe. Als Beispiele seien genannt: die Wieder- verwendung von Recyclingkorkgranulat, die Verwer- tung von Jute aus gebrauchten Kaffeesäcken oder von Zellulose aus Altpapier.

#### 4.2.3 Regulierungen zum Ressourcenerhalt – Konsistenzstrategie

Weniger effektiv als die Mittel der Suffizienzstrategie und komplexer, daher auch schwieriger zu bewerten, sind die Instrumente der Konsistenzstrategie: Han- deln in Übereinstimmung mit der Weltkapazität.

#### Konsistenz – Kreislaufführung konsequent einfordern und fördern

Um konsistent zu wirtschaften, muss die Kreislauffüh- rung im Pre- und Post-Use erreicht werden. Eine mög- lichst große Menge an Altmaterial muss zurück in die Herstellung fließen und der Anteil an Bauteilen und Baustoffen, die eine Nachnutzung ohne Qualitätsver- lust erreichen können, muss gesteigert werden.

### Gebäuderessourcenpässe: Mindeststandards für Zirkularitätsindices

Die **Gebäuderessourcenpässe** müssen mit vergleich- baren, unbewerteten Daten zur Zirkularität gefüllt werden, um Regulierungen und Fördermaßnahmen daran auslegen zu können. Vielversprechende An- sätze finden sich in [28], vgl. Abbildung 8.

Es wird empfohlen, zum Zweck der Vergleichbarkeit von Zirkularitätsindices die kreislaufwirtschaftsre- levanten Definitionen (vgl. 3) bundeseinheitlich ein- zuführen. Dabei sollten sie die Kreislauffähigkeit auf den Ebenen des Gebäudes, der Konstruktion und der Baustoffe von der Herstellung über Erneuerungen bis zum **End of Life** der Immobilie abbilden sowie Demon- tagefähigkeit und Trennbarkeit bewerten, vgl. 4.1.

### Herstellerverantwortung: Vollzug des Kreislauf- wirtschaftsgesetzes

Nach § 23 KrWG zielt Produktverantwortung auf „die Herstellung und das Inverkehrbringen von Erzeugnis- sen, die ressourceneffizient, mehrfach verwendbar, technisch langlebig [und] reparierbar“ sind sowie auf „den vorrangigen Einsatz von verwertbaren Abfällen oder sekundären Rohstoffen, insbesondere Rezykla- ten bei der Herstellung von Erzeugnissen.“ Außerdem umfasst sie „die Rücknahme der Erzeugnisse und der nach Gebrauch der Erzeugnisse entstandenen Abfälle sowie deren nachfolgende umweltverträgliche Ver- wertung oder Beseitigung“ sowie eine „Obhutspflicht [...] dafür zu sorgen, dass die Gebrauchstauglichkeit der Erzeugnisse erhalten bleibt und diese nicht zu Abfall werden.“

Es wird empfohlen, als Sofortmaßnahme die Pro- duktverantwortung gemäß des bestehenden § 23 Kreislaufwirtschaftsgesetz umgehend durchzuset- zen, auf die Bauwirtschaft anzuwenden und alle Bau- produktenhersteller zur Produktverantwortung ihrer gesamten Produktpalette zu verpflichten.

Aufgrund §§ 24 f. KrWG ist die Bundesregierung er- mächtigt, durch Rechtsverordnungen zu bestimmen, „welche Verpflichteten die Produktverantwortung wahrzunehmen haben“ und darüber hinaus „für wel- che Erzeugnisse und in welcher Art und Weise die Produktverantwortung wahrzunehmen ist“.

Der Nutzen dieses Instruments entfaltet sich mehrfach. Zunächst wird ein mächtiger Anreiz für Hersteller geschaffen, kreislauffähige Produkte auf den Markt zu bringen. Erst wenn diese das gebrauchte Material als Rohstoff statt als Abfall auffassen, erzeugen sie zirkuläre Produkte. Da Produkte der Linearwirtschaft mehr Beseitigungskosten verursachen, erhalten zirkuläre Produkte einen Preisvorteil. Weiterhin lässt sich von den Herstellern die Leistungsfähigkeit ihrer Sekundärprodukte besser nachweisen.

Es wird empfohlen, dass die Bundesregierung schnellstmöglich die Abgabe oder das Inverkehrbringen von Produkten, für die Rückgabemöglichkeiten gem. KrWG § 25 nicht gewährleistet sind, unterbindet.

Es wird weiterhin empfohlen, dass die Bundesregierung Gesichtspunkte des KrWG über die Acquis-Gruppe der Bauproduktenverordnung in die Normungsaufträge einfließen lässt. [25]

### **Herstellerverantwortung: Verzicht auf gesundheits- und umweltgefährdende Stoffe**

Seit Jahrzehnten werden Baustoffen in der Herstellung Schadstoffe, gesundheitsgefährdende Stoffe und Umweltgifte beigemischt. Dies geschieht größtenteils, um entweder billiger produzieren zu können oder um ein Marktsegment weiter bedienen zu können, für das sich die materialimmanenten Produkteigenschaften gar nicht eignen.

Ein Beispiel dafür aus zurückliegender Zeit ist der Einsatz von Asbest und aus der jüngeren Vergangenheit das Ausrüsten erdölbasierter, brennbarer Kunststoffdämmstoffe mit dem Flammschutzmittel Hexabromcyclododecan (HBCD). HBCD ist mittlerweile als „besonders besorgniserregender Stoff“ nach den Kriterien der Europäischen Chemikalienverordnung REACH geführt: Flächendeckend in deutschen Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) verbaut, stehen die Kosten und die Treibhausgasemissionen einer schadlosen Verbrennung noch bevor.

Schadstoffe in Baumaterialien vernichten jegliches Nachnutzungspotenzial (vgl. 4.1.1), gefährden menschliche Gesundheit und Biodiversität und führen oft zu einer Vergemeinschaftung der Entsorgungskosten.

Es wird empfohlen, im Sinne einer konsequenten Herstellerverantwortung:

- ▶ ein sofortiges Verbot bedenklicher Stoffe in der Herstellung von Baustoffen auszusprechen und durchzusetzen, sobald der Verdacht aufkommt, dass es sich um einen gesundheitsgefährdenden Schadstoff oder ein Umweltgift handelt (gemäß Vorsorgeprinzip, vgl. 2.2)
- ▶ eine Beteiligung der Hersteller an der Beseitigung von kontaminierten Baustoffen, Schadstoffen, gesundheitsgefährdenden Stoffen und Umweltgiften durchzusetzen
- ▶ die Herstellerrücknahmepflicht für jedes Bauprodukt am Nutzungsende durchzusetzen

### **Kreislauffähige Baustoffe und Bauteile: finanzielle Förderung des Inverkehrbringens**

Die Marktanteile von [Closed-Loop-Rohstoffen](#), [Closed-Loop-Sekundärrohstoffen](#) und [Closed-Loop-Sekundärprodukten](#) müssen vergrößert werden, um mittelfristig dadurch ihre Preise senken zu können.

Es wird empfohlen, wiederverwendbare oder wiederverwertbare Baustoffe und Produkte entsprechend ihrer Material-Kreislauf-Labels finanziell zu fördern

- ▶ bei Herstellerrücknahme oder Verleihmodellen von Produkten
- ▶ bei Lösbarkeit/Demontagefähigkeit der Konstruktion
- ▶ bei Reparierfähigkeit mit Vorhaltung von Ersatzbauteilen und Wartungs- und Reparatordienst
- ▶ abgestuft entsprechend der [Pre-Use-Performance](#) des Produktes nach prozentualem Sekundärrohstoffanteil im Produkt, (vgl. 4.1.3)
- ▶ abgestuft entsprechend der [Post-Use-Performance](#) des Produktes/des Nachnutzungspotenzials des Produktes nach der Wirksamkeit ihrer Ressourcenschonung und Abfallvermeidung (vgl. 4.1.3):

- 1a. hohes Wiederverwendungspotenzial
- 1b. hohes Wiederverwertungspotenzial mündend in einem Closed-Loop-Sekundärrohstoff
2. niedrigeres Wiederverwertungspotenzial mündend in einem Closed-Loop-Sekundärrohstoff\_kaskadiert

### Kreislaufschließung mineralischer Baustoffe

Für mineralische Baustoffe werden Geländegruben ausgehoben oder Berge abgetragen, die örtlichen Pflanzen werden vernichtet, die Bodenlebensfähigkeit geht verloren, Biodiversität und Wasserkreisläufe empfindlich gestört. Es ist von großer Priorität dem entgegenzuwirken.

#### Beton

Schweizer Beton kann einen Sekundärrohstoffanteil von über 85 % haben: Es darf 100 % gebrauchte Gesteinskörnung eingesetzt werden. Nicht so in Deutschland: Je nach Expositionsklasse des Bauteils sind nach Norm (DIN 10452:08/2023 Anhang E) nur zwischen 20 % und 45 % Sekundärgesteinskörnung zulässig. Für hochfeste Betone ist gar keine Sekundärgesteinskörnung zulässig. Gemessen am Gesamteinsatzvolumen liegt der tatsächliche Anteil an recycelten Gesteinskörnungen für Betone in Deutschland unter 1 %. [10] Es handelt sich um eine nicht nachvollziehbare Potenzialverschwendung.

Um dem entgegenzuwirken, müssen die Kreisläufe nach Schweizer Vorbild soweit wie möglich geschlossen werden. Der Zusatz von primärem Zement bleibt dabei jedoch unverzichtbar.

Es wird empfohlen, die Normen und Regeln, die den Sekundärrohstoffeinsatz mineralischer Baustoffe beschränken, sofort anzupassen, wenn durch Forschung oder Praxisbeweis in Europa eine Eignung der Sekundärstoffe bewiesen ist.

#### Gips

Gips ist voll kreislauffähig. Dennoch werden von den jährlich ca. 750.000 t Gipsrückläufen aus Deutschland ca. 60 % „verwertet“ und ca. 40 % deponiert. [20] Mehr als 100.000 t/a Gipsabfällen enden fragwürdigerweise in Tschechien in der Sanierung uranhaltiger Schlammteiche. [36] Nur Produkte mit hohem Gipsanteil sind grundsätzlich recyclingfähig: Gipskartonplatten, Gipsfaserplatten, nicht jedoch Estriche und Putze. Doch auch von diesen (ca. 210.000 t) potenziell recyclingfähigen Gipsprodukten, werden nur 10 % recycelt, [36] vgl. 3.2.

Gips wird in absehbarer Zukunft knapp werden, da einerseits der Flächendruck steigen wird (ca. 40 % des Gipsbedarfes wird aus Naturvorkommen gedeckt [36]) und weil die Gipsgewinnung in Rauchgasentschwefelungsanlagen der Kohleindustrie

(derzeit ca. 60 % [36]) durch den Kohleausstieg beständig sinken wird. Der absehbaren Verknappung von Gips kann dank seiner perfekten Recyclingfähigkeit durch die akkurate Getrenntsammlung von Rückläufen entgegengewirkt werden.

Es wird empfohlen,

- ▶ die nicht nachvollziehbaren Hemmnisse in der Wiederverwertung von Gips sofort aufzuheben z. B höhere Ansprüche an die Gipsqualität im Vergleich zu anderen europäischen Ländern und Staubemissionen [36])
- ▶ die differenzierte Getrenntsammlung von gipshaltigen Produkten vorzuschreiben
- ▶ den Aufbau von (am besten mobilen) Gipsrecyclinganlagen finanziell zu fördern
- ▶ die Deponierung von recyclingfähigen Gipsbaustoffen regulatorisch zu unterbinden.

#### Lehm und Ton

Lehm ist voll recyclingfähig. Er lässt sich, anders als gebrannte Ziegel, durch Mischen mit Wasser replastifizieren. Einem neuen Ziegelstein kann bisher maximal 40 % Ziegelmehl zugesetzt werden. Der Rest muss frischer Ton sein, ein Open-Loop-Produkt.

Der Closed-Loop-Baustoff Lehm kann viele gebrannte Open-Loop-Baustoffe ersetzen, das sollte genutzt werden.

Es wird empfohlen,

- ▶ recyclingfähige Lehmprodukte finanziell zu fördern
- ▶ wiederverwendbare, gebrannte (daher nicht recyclingfähige) mineralische Produkte finanziell zu fördern, wenn die Demontagefähigkeit und zerstörungsfreie, sortenreine Rückgewinnung gewährleistet ist.

### Kreislaufschließung metallischer Baustoffe

Metalle sind voll kreislauffähige Rohstoffe, das Recycling wird sehr erfolgreich betrieben: Stahlschrotte z. B. werden zu 99 % zurückgeführt, und der Anteil von Sekundärstahl an der Rohstahlproduktion beträgt rund 45%. [37] Allerdings ist Primärstahl, wie alle im Bauwesen verwendeten Metalle, sehr energieintensiv in der Herstellung. Daher ist es angezeigt, bei allen Metallen eine komplette Kreislaufführung anzustreben, wodurch die Herstellungsemissionen deutlich sinken.

Die Kreislaufführung von Aluminium in Deutschland ist bedauerlicherweise rückläufig, der Anteil von Sekundäraluminium betrug 2017 noch fast 60 %, 2021 nur noch etwas über 50%. Und insgesamt sank die Aluminiumproduktion in Deutschland um ca. 22 %. [37] Hier sollte unterstützt werden.

Die bauwesenrelevante Metallindustrie (Stahl, Aluminium, Kupfer, Zink, Baubronze, Messing) in Deutschland muss erhalten und das Metallrecycling weiter maximiert werden.

Es wird empfohlen,

- ▶ die Produktionsumstellung auf klimaneutral produzierten Wasserstoff finanziell zu fördern
- ▶ die akkurate Sammlung und Sortierung von Metallschrotten finanziell zu fördern (auch und vor allem, um dem schleichenden [Downcycling](#) von Aluminium zuvorzukommen).

### Kreislaufschließung nachwachsender Rohstoffe

#### *Erhalt des biogenen Nährstoffkreislaufes*

Die [Kompostierung](#) biogener Baustoffe am Nutzungsende erhält den Naturkreislauf in Form von Nährstoffen, wohingegen die energetische Verwertung/Verbrennung diesen Kreislauf vernichtet. Bedauerlicherweise ist zurzeit der Trend zu beobachten, [biotische Baustoffe](#) mit Bindemitteln aus Kunststoffen zu kontaminieren, obwohl kompostierfähige, biotische Bindemittel (Lignin, Polylactid/PLA) bereits erfolgreich eingesetzt wurden.

Es wird empfohlen,

- ▶ das Beimischen von nicht kompostierfähigen Zusätzen aus der fossilen Materialgruppe (erdölbasiert) in biotischen Baustoffen sofort zu unterbinden, sofern die Zusätze auch biotischer Herkunft sein könnten
- ▶ nach einer Kaskadennutzung die Kompostierung von Baustoffen im Verfahren „[Vergärung mit Nachrotte](#)“ regulatorisch zu ermöglichen z. B. durch Erweiterung der Bio-Abfall-VO) und einer thermischen Verwertung vorzuziehen.

#### *Schutz der Wälder und Forsten*

Durch die wünschenswerte Erhöhung des Anteils an Holzverwendung im Bauwesen ist der wirtschaftliche Druck auf Forstflächen und die wenigen verbliebenen Wälder gestiegen. Langsam wachsende Pflanzen wie Bäume stellen jedoch eine der wichtigsten Kohlenstoffsinken und Sauerstofflieferanten dar, Neuanpflanzungen leisten dies bei Weitem nicht: Alter Baumbestand ist daher zu erhalten.

Es wird empfohlen, die Produktion von Holzsubstituten auf Basis schnell wachsender, [biotischer Baustoffe](#) z. B. Hanf) und aus biotischen Nebenprodukten z. B. Stroh) finanziell zu fördern.

Voraussetzung ist jedoch eine Recyclingfähigkeit/Kompostierung am EoL oder mehrstufige [Kaskadennutzung](#), vgl. 3.2.



### Ökologische nachhaltige Kultivierung schnell wachsender Pflanzen-Rohstoffe

Die nachhaltige Forstwirtschaft ist in Deutschland erfolgreich etabliert. Um jedoch weitere (landwirtschaftliche) Flächen nachhaltig zu bewirtschaften, ist es angezeigt, die ökologische, nachhaltige Kultivierung von anderen, schnell nachwachsenden Rohstoffen zu fördern, die im Bauwesen Anwendung finden können.

Es wird empfohlen, die Zertifizierung von ökologisch-nachhaltig kultivierten, voll kompostierfähigen Produkten aus [NawaRos](#) z. B. Reet, Stroh, Hanf, Jute, Rohrkolben, Schafschurwolle) finanziell zu fördern.

### Zirkularwirtschaft ankurbeln: Top-Runner-Modell für neue Bauprodukte

Japan hat Ende der 1990-er Jahre zur Begrenzung seiner Treibhausgasemissionen ein „Top-Runner-Programm“ aufgelegt, dadurch die Energieeffizienz aller in Gebrauch befindlichen elektrischen Geräte innerhalb weniger Jahre extrem gesteigert und einen Innovationsschub in diesem Wirtschaftszweig ausgelöst. [38]

Ein „Spitzenreiter“/„Top-Runner-Programm“ für die deutsche Bauproduktenherstellung in Anlehnung an das Kreislaufwirtschaftsgesetz würde die Bauproduktenindustrie rasch reformieren, auf den Pfad der Kreislaufführung von Baustoffen führen und zum weltweiten Marktführer kreislauffähiger Bauprodukte machen. Dazu ist ein aussagekräftiges Bewertungssystem für die Kreislauffähigkeit von Bauprodukten, wie in dieser Arbeit vorgeschlagen, notwendig, vgl. 4.1.3.

Es wird empfohlen, dass ein „Inverkehrbringen“ von neuen Baustoffen nur noch erfolgen kann, wenn sie hinsichtlich ihrer Funktion gegenüber bereits auf dem Markt befindlichen

- ▶ mehr Sekundärrohstoffanteil enthalten
- ▶ voll recycling- oder [kompostierfähig](#) sind ([Closed-Loop-Material](#))
- ▶ bauartypisch demontagefähig und sortenrein rückgewinnbar befestigt werden können, und dies in einer Rückbau-/Demontageanleitung dargestellt ist
- ▶ keine Schadstoffe und nachweislich nur unbedenkliche Stoffe enthalten
- ▶ und (ggf. ergänzend) weniger Treibhausgase über den Lebenszyklus emittieren.

### Kautionserhebung bei Neubauten in Höhe der zu erwartenden EoL-Kosten

In den vergangenen sieben Jahrzehnten wurde das Neu- und Umbauen nicht nach den Maßstäben der Kreislaufführung von Baustoffen und Bauteilen gedacht: Sie sind keine lukrativen urbanen Minen, die nach dem Rückbau Verwertungserlöse generieren, sondern größtenteils teurer Bauschutt. Der verengte Blick auf die Herstellungskosten führt dazu, dass die billigsten, verklebten und damit nicht rückbaubaren und nicht recyclingfähigen, sogar belasteten Materialien verbaut werden. Doch das Entsorgen von Bauabfällen wird immer teurer, da die Abfalldeponien voll sind (vgl. 2.1). Es ist absehbar, dass Entsorgungskosten vergemeinschaftet werden: Ziehen sich die (ehemaligen) Immobilienbesitzer aus der Verantwortung, muss die Gemeinde einspringen, will sie die Abwärtsspirale ihrer Attraktivität stoppen. Um dem entgegenzutreten, muss eine „Herstellerverantwortung“ auch von den Immobilienbesitzenden im Sinne der Bauwerkshersteller eingefordert werden.

Es wird empfohlen,

- ▶ das Hinterlegen einer Kautions in Höhe der prognostizierten EoL-Rückbau- und Entsorgungskosten zur Voraussetzung einer Baugenehmigung für Neu- und Erweiterungsbauten zu machen
- ▶ die Kautions bei der Gemeinde zu hinterlegen – alternativ wäre es auch denkbar, eine Baulast im Grundbuch in Höhe der Entsorgungskosten eintragen zu lassen
- ▶ die Höhe der Kautions auf Basis des Gebäude-Zirkularitätsindicators (vgl. 4.1.2 und 4.1.3) festzulegen.

Auf diese Art und Weise werden der tatsächliche Wert einer Immobilie abgebildet, die Neuplanungen kreislauffähig und die Verantwortung für verbaute Schadstoffe und Abfall nicht länger auf nachfolgende Generationen abgeschoben, sondern bleiben beim Projektentwickler und Immobilienbesitzer.

#### 4.2.4 Forschungsförderung

##### Forschungsförderung für den Pre-Use

Zur Kreislaufführung von Baustoffen ist schon sehr viel Wissen vorhanden. Vor allem im [Urban-Mining-Design/Cradle to Cradle/Design-for-Circularity](#) gibt es eine gute Planungsbasis und auch die Umsetzung in die Praxis, nicht nur in Pilotprojekten.

Dennoch besteht weiterer Forschungsbedarf: Vor allem die Substituierung und Ausschleusung von Kompositmaterialien muss angegangen werden, da sie [Downcycling](#), Materialkomplettverlust oder unweigerliche Treibhausgasemissionen durch Verbrennung am EoL verursachen. Recycling-/Kompostierungsbehindernde Kunststoff-Bindemittel z. B. in biogenen Dämmungen, Kunststoffanstriche und -Beschichtungen auf biotischen Basismaterialien z. B. Lack auf Holzbauteilen) und sogenannte Veredelungen z. B. gewässergefährdende Nano-Beschichtungen auf Keramik) müssen aus den Bauprodukten ausgeschleust werden. Auch sind die großen [Downcycling](#)-Stoffströme mineralischer Baustoffe nicht länger hinzunehmen. Hier braucht es dringend Innovationen zur Maximierung von Sekundärstoffanteilen in Neuprodukten.

Es wird empfohlen, neue Forschungsprogramme in den folgenden Bereichen des Pre-Use aufzulegen:

- ▶ Entwicklung schadstofffreier, gesundheitlich unbedenklicher Kunststoff-Substitute im Bereich Bindemittel,
- ▶ Entwicklung schadstofffreier, gesundheitlich unbedenklicher Kunststoff-Substitute für Anstriche, Beschichtungen, Überzüge und Veredelungen,
- ▶ Entwicklung leicht lösbarer Verbindungstechniken,
- ▶ Innovationen zur Erhöhung der Sekundäranteile in mineralischen Bauprodukten, wie Mauersteinen und Beton hin zum Design von [Closed-Loops](#).

##### Forschungsförderung für den Post-Use

Vor allem die großen [Downcycling](#)-Stoffströme mineralischer Baustoffe sind anzugehen. Hier braucht es dringend Innovationen zur Re-Use-Fähigkeit z. B. Lösen von Mörtel an vermauerten Steinen), aber auch zur Verwertung von mineralischem Abbruchmaterial, mit dem Ziel [Closed-Loops](#) zu erzeugen.

Aber auch die Verwertung von fossilen, erdölbasierten Stoffen endet meist im Downcycling bzw. im Komplettverlust mit Treibhausgasemissionen durch Verbrennung.

Es wird empfohlen, neue Forschungsprogramme in den folgenden Bereichen des Post-Use aufzulegen:

- ▶ Verbesserung der Verbindungs- und Demontage-technik mineralischer Stoffe mit dem Ziel einer Wiederverwendungsfähigkeit,
- ▶ Verbesserung der Rückgewinnungs-, Aufbereitungs- und Verwertungstechnik mineralischer Stoffe (Geräte- und Maschinenentwicklungen für Demontage/Rückbau, Sortierung und Verwertung),
- ▶ Verbesserung der Rückgewinnungs-, Aufbereitungs- und Verwertungstechnik fossiler, erdölbasierter Stoffe,
- ▶ Abbruchkostenkalkulationshilfe als systematischer Abbruchkostenindex zur Kostenermittlung von Rückbauaufwand einschließlich Verwertungserlösen/Entsorgungskosten, vergleichbar mit dem etablierten Baukostenindex/BKI, angewandt zur Kalkulation von Herstellungskosten. Erste Versuche dazu sind in Forschungen belegt. [39]
- ▶ Aufbau einer Datenbank zur Hinterlegung der Nachnutzungs- und Verwertungspotenziale aller im Handel befindlichen Baustoffe, vgl. 4.1.3, eventuell als Implementierung in die [ÖKOBAUDAT](#).

## Glossar

### **Abiotische Baustoffe**

Abiotische Baustoffe sind Baustoffe, die auf Materialien nicht biotischen (nicht nachwachsenden) Ursprungs basieren, also den anorganisch-mineralischen, anorganisch-metallischen oder organisch-fossilen Baustoffen zuzuordnen sind.

### **Anorganische Baustoffe**

Anorganische Baustoffe sind Baustoffe, die auf Materialien nicht lebendigen (nicht organischen) Ursprungs basieren. Sie gehören entweder der Materialklasse anorganisch-mineralisch oder anorganisch-metallisch an.

### **Biotische Baustoffe**

Biotische Baustoffe sind Baustoffe, die auf Materialien lebendigen (organischen) Ursprungs basieren und nachwachsend sind, also der Materialklasse organisch-biotisch zuzuordnen.

### **C2C – Cradle to Cradle – von der Wiege bis zur Wiege**

Mit Cradle to Cradle wird die Betrachtung eines geschlossenen Produktlebenszyklus beschrieben, von der Rohstoffgewinnung bis einschließlich der Abfallaufbereitung. Angewendet als Designkonzept umfasst der Begriff das Zurückgreifen auf Sekundärmaterialien sowie eine Gestaltung, welche die vollständige Rückgewinnung der Materialien ermöglicht.

Cradle to Cradle ist zugleich der Name einer internationalen Organisation, die die Idee verlustfreier Stoffkreisläufe in ein Zertifizierungssystem für Produkte überführt hat, vgl. <https://c2c.ngo/>.

**Circular Economy** – siehe [Zirkularwirtschaft](#)

### **Closed-Loop – geschlossener Kreislauf**

Closed-loop beschreibt einen geschlossenen Materialkreislauf, der bei Qualitätserhalt ohne die Ausschleusung einer nennenswerten Menge von Altanteilen und ohne die Einschleusung einer nennenswerten Menge neuer Materialanteile auskommt.

### **Design-for-Circularity – Kreislaufgerechter Entwurf, siehe auch [Design for Urban Mining](#)**

Design-for-Circularity fasst Entwurfsprinzipien zusammen, die auf die Schließung von [Post-Use](#)-Kreisläufen und die Verlangsamung von Produktlebenszyklen abzielen.

### **Design-for-Deconstruction – Demontierbares Entwerfen**

Design-for-Deconstruction ist ein Entwurfsprinzip, das den Rückbau einer Konstruktion am Ende des Lebenszyklus einplant.

### **Downcycling – Weiterverwertung**

Rückführung von gebrauchten Materialien in einen Herstellungsprozess unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen mit geringerem Qualitätsanspruch gegenüber dem Ursprungszweck, also unter Qualitätsverlust.

### **EoL – End of Life – Produktlebensende**

Das End of Life beschreibt den Lebenszyklusabschnitt eines Produkts oder eines Bauwerks am Ende der Nutzungsphase am Übergang zur Nachnutzung.

### **EPD – Environmental Product Declaration – Umweltproduktdeklaration**

Umweltproduktdeklarationen sind standardisierte Dokumente, die Umweltauswirkungen und Stoffflüsse entlang des Lebenswegs eines Bauprodukts ausweisen. Sie bieten eine einheitliche Darstellungsweise für Ergebnisse der Ökobilanzen von Bauprodukten und können zugleich als Eingangsdaten für die Ökobilanz aggregierter Produktsysteme wie z. B. Bauwerke dienen. Maßgeblich ist die Norm DIN EN 15804+A2:2022-03.

### **Floatglas**

Floatglas ist Flachglas, aus dem zum Beispiel Fensterscheiben hergestellt werden. Die Bezeichnung verweist auf den Herstellungsprozess, in dem die Glasschmelze auf flüssigen Zinn schwimmend erstarrt.

### **Fossile Baustoffe**

Fossile Baustoffe sind Baustoffe, die organischen Ursprungs sind, aber nicht nachwachsen, sondern aus Umwandlung von biotischem in abiotisches Material entstanden, also der Materialklasse organisch-fossil zuzuordnen sind.

### **Further-Use – Weiterverwendung**

Erneute Verwendung eines gebrauchten Produkts für den gleichen oder einen anderen Verwendungszweck unter Beibehaltung der Gestalt, aber mit niedrigerem Qualitätsanspruch gegenüber dem Ursprungszweck, also unter Qualitätsverlust.

**Geplante Obsoleszenz**

Die geplante Obsoleszenz beschreibt die Planung und Steuerung der Alterung von Produkten durch den Hersteller. Dabei wird unterstellt, dass die Alterung künstlich beschleunigt wird, um die Nachfrage nach neuen Produkten aufrecht zu erhalten.

**Kompostierung – biotisches Recycling**

Rückführung von gebrauchten Materialien in einen biotischen Umwandlungsprozess unter Auflösung der Gestalt zu bioverfügbaren Nährstoffen, also unter Qualitätserhalt.

**Kreislaufwirtschaft**

Die Kreislaufwirtschaft ist der materialbezogene Teil des [Zirkularwirtschaft](#)ssystems.

**Materialklassen**

Materialklassen sind Differenzierungskategorien zur Einteilung von Materialien in vier Materialklassen: anorganisch-mineralisch, anorganisch-metallisch, organisch-biotisch und organisch-fossil.

**Metallische Baustoffe**

Metallische Baustoffe sind Baustoffe, die auf Materialien nicht lebendigen (anorganischen), metallischen Ursprungs basieren, sind also der Materialklasse anorganisch-metallisch zuzuordnen.

**Mineralische Baustoffe**

Mineralische Baustoffe sind Baustoffe, die auf Materialien nicht lebendigen (anorganischen), mineralischen Ursprungs basieren, sind also der Materialklasse anorganisch-mineralisch zuzuordnen.

**MRC – Material-Recycling-Content – Sekundärrohstoffanteil**

Der Material-Recycling-Content ist eine Kennzahl, die den aktuellen Massenanteil an Sekundärmaterialien in einem Produkt angibt.

**MRCP – Material-Recycling-Content-Potenzial – Potenzieller Sekundärrohstoffanteil**

Das Material-Recycling-Content-Potenzial ist eine Kennzahl, die nach dem Stand der Forschung oder basierend auf Best Practice-Beispielen den maximal möglichen Anteil an Sekundärmaterialien in einem Produkt angibt.

**NawaRo**

NawaRo ist eine Abkürzung für die Gruppe der nachwachsenden Rohstoffe, vgl. auch biotische Baustoffe.

**ÖKOBAUDAT**

Die ÖKOBAUDAT ist das Informationsportal Nachhaltiges Bauen des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: <https://oekobaudat.de/> Hier werden qualitätsgeprüfte EPDs von Bauprodukten kostenfrei zur Verfügung gestellt. Die ÖKOBAUDAT ist die Datengrundlage des Bewertungssystems Nachhaltige Bundesgebäude (BNB).

**Open-Loop – offener Kreislauf**

Open-Loop beschreibt einen offenen Materialkreislauf, der nur unter Ausschleusung einer nennenswerten Menge von Altanteilen oder unter Einschleusung einer nennenswerten Menge neuer Materialanteile den Qualitätserhalt ermöglicht.

**Organische Baustoffe**

Organische Baustoffe sind Baustoffe, die auf Materialien lebendigen (organischen) Ursprungs basieren. Sie gehören entweder der Materialklasse organisch-biotisch - wenn nachwachsend - oder organisch-fossil - wenn nicht nachwachsend - an

**Post-Use – nach der Nutzung**

Mit Post-Use werden alle Lebenszyklusabschnitte eines Produkts bezeichnet, die auf die Nutzungsphase folgen.

**Pre-Use – vor der Nutzung**

Mit Pre-Use werden alle Lebenszyklusabschnitte eines Produkts bezeichnet, die vor der Nutzungsphase liegen.

**Product-as-a-Service – Produkt als Dienstleistung**

Rückführung von gebrauchten Materialien in eine Abfolge von Herstellungsprozessen unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen unter Qualitätsverlust auf jeder Downcyclingstufe, in einem Verlust mündend.

**Qualitätserhaltende Kaskadierung**

Rückführung von gebrauchten Materialien in eine Abfolge von Herstellungsprozessen unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen unter Qualitätsverlust. Auf einer Stufe des Downcyclings mündet die Verwertung in einer Wiederverwertung/einem Recycling.



### **Qualitätsverlierende Kaskadierung**

Rückführung von gebrauchten Materialien in einen Herstellungsprozess unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen unter Qualitätsverlust auf jeder Downcyclingstufe, in einem Verlust mündend.



### **Re-Use – Wiederverwendung**

Erneute Verwendung eines gebrauchten Produkts für den gleichen Verwendungszweck unter Beibehaltung der Gestalt und mit gleichem Qualitätsanspruch gegenüber dem Ursprungszweck, also unter Qualitätserhalt.

### **Urban-Mining-Design – Entwurf einer urbanen Mine, vgl. auch [Design for Circularity](#)**

Urban-Mining-Design fasst Entwurfsprinzipien zusammen, die auf die Schließung von [Pre-Use](#)- und [Post-Use](#)-Kreisläufen und die Verlangsamung von Produktlebenszyklen abzielen. Es hebt die Überlegungen des kreislaufgerechten Produktdesigns auf die Ebene des Städtebaus. Der Anwendungsbereich reicht von der Erfassung und Kartierung des urbanen Materiallagers, über dessen Erschließung und Verwertung in neuen Bauvorhaben bis zu Entwurfsprinzipien, damit auch neue Bauwerke Teil der urbanen Mine werden (vgl. auch [www.urban-mining-design.de](http://www.urban-mining-design.de)).



### **Upcycling – Höherverwertung**

Rückführung von gebrauchten Materialien in einen Herstellungsprozess unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen mit höherem Qualitätsanspruch gegenüber dem Ursprungszweck, also unter Qualitätsgewinn.



### **Wiederverwertung – [abiotisches Recycling](#)**

Rückführung von gebrauchten Materialien in einen Herstellungsprozess unter Auflösung der Gestalt zu neuen Erzeugnissen mit gleichem Qualitätsanspruch gegenüber dem Ursprungszweck, also unter Qualitätserhalt.

### **Zirkularwirtschaft**

Die Zirkularwirtschaft ist ein nachhaltiges Wirtschaftssystem, das planetare Grenzen achtet und natürliche Primärressourcen für nachfolgende Generationen möglichst hochwertig erhält, indem Produkte aus nachwachsenden oder wiedergewonnenen Rohstoffen unter Einsatz erneuerbarer Energie hergestellt werden und mit minimiertem Qualitätsverlust im Kreislauf geführt werden.

## Referenzen

- [1] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Modell der R-Strategien, <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/circular-economy/normenrecherche/modell-der-r-strategien> (15.12.2023)
- [2] Meadows, D. H.; Meadows, D. L.; Randers, J.; Behrens, W. W.; Anderson, A.; Anderson, J.; Bayar, I.; Hakimzadeh, F.; Machen, J.; Milling, P.; Murthy, N.; Naill, R.; Shantzis, S.; Seeger, J.; Williams, M.; Zahn, E.: *The Limits of Growth: A Report for THE CLUB OF ROME'S Project on the Predicament of Mankind*, New York: Universe Books, 1972
- [3] BBR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: *Umweltfußabdruck von Gebäuden in Deutschland: Kurzstudie zu sektorübergreifenden Wirkungen des Handlungsfelds „Errichtung und Nutzung von Hochbauten“ auf Klima und Umwelt*, BBSR-Online-Publikation, Bonn, 2020
- [4] Bundesstiftung Baukultur: *Baukulturbericht 2022/23: Neue Umbaukultur*, 2. Aufl., Potsdam, 2023
- [5] Decken, h. von der: *Biodiversität in Deutschland: Artenvielfalt geht verloren*, <https://www.boell.de/de/2019/01/09/biodiversitaet-deutschland-artenvielfalt-geht-verloren> (13.11.2023)
- [6] Guerra, C. A.; Bardgett, R. D.; Caon, L.; Crowther, T. W.; Delgado-Baquerizo, M.; Montanarella, L.; Navarro, L. M.; Orgiazzi, A.; Singh, B. K.; Tedersoo, L.; Vargas-Rojas, R.; Briones, M. J. I.; Buscot, F.; Cameron, E. K.; Cesarz, S.; Chatzinotas, A.; Cowan, D. A.; Djukic, I.; van den Hoogen, J.; Lehmann, A.; Maestre, F. T.; Marín, C.; Reitz, T.; Rillig, M. C.; Smith, L. C.; Vries, F. T. de; Weigelt, A.; Wall, D. H.; Eisenhauer, N.: *Tracking, targeting, and conserving soil biodiversity: A monitoring and indicator system can inform policy*, *Science (new york, n.Y.)* 371 (2021), no. 6526, pp 239–241
- [7] Umweltbundesamt: *Abfallaufkommen*, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen> (06.12.2023)
- [8] Haeming, H.: *Aktuelle und zukünftige Deponiesituation in Deutschland: derzeitiges Abfallaufkommen und zukünftige Mengen- und Kostenentwicklung*, InwesD-Vollversammlung in Hamburg, 2021
- [9] Müller, F.; Lehmann, C.; Kosmol, J.; Keßler, H.; Bolland, T.: *Urban Mining: Ressourcenschonung im Antropozän*, Dessau-Roßlau, 2017
- [10] Deilmann, C.; Reichenbach, J.; Krauß, N.; Gruhler, K.: *Materialströme im Hochbau: Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft*, *Forschung für die Praxis*, Bonn, 2017
- [11] TEAMhillebrandt: *Ergänzung aktueller und möglicher End-of-Life-Weg auf Basis von: Bundesstiftung Baukultur (Hrsg.): Baukulturbericht 2022/23: Neue Umbaukultur. 2. Aufl., Potsdam, 2023, URL [https://www.bundesstiftung-baukultur.de/fileadmin/files/content/publikationen/BBK\\_BKB-22-23-D.pdf](https://www.bundesstiftung-baukultur.de/fileadmin/files/content/publikationen/BBK_BKB-22-23-D.pdf), 14.04.2023., 2024*
- [12] Garcia Schmidt, A.; Holzmann, S.; Wortmann, M.; Petersen, T.: *Circular Economy: Ein Schlüssel für eine Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft?*, *Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft Focus Paper*, Gütersloh, 2023
- [13] BMWK Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: *Eckpunktepapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK): Wege zu einer nachhaltigen und resilienten Rohstoffversorgung*, Berlin, 2023
- [14] Umweltbundesamt: *Vorsorgeprinzip*, <https://www.umweltbundesamt.de/vorsorgeprinzip> (13.11.2023)
- [15] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen: *Studie zur Circular Economy-Taxonomie: Gebäude erfüllen EU-Vorgaben nicht*, <https://www.dgnb.de/de/dgnb-richtig-nutzen/newsroom/presse/artikel/studie-zur-circular-economy-taxonomie-gebaeude-erfuellen-eu-vorgaben-nicht> (03.01.2024)
- [16] Tauer, R.; Aechtner, J.: *Eine umfassende Circular Economy für Deutschland 2045: zum Schutz von Klima und Biodiversität*, Berlin, 2023
- [17] Hillebrandt, A.; Riegler-Floors, P.; Rosen, A.; Seggewies, J.-K.: *Atlas Recycling: Gebäude als Materialressource*, Edition Detail, München, 2021
- [18] Baronick, M.; Burger, A.; Golde, M.; Keßler, H.; Unnerstall, H.: *Positionspapier zur Primärbaustoffsteuer*, Position, Dessau-Roßlau, 2019
- [19] *Kommission nachhaltiges Bauen am Umweltbundesamt: Schonung natürlicher Ressourcen durch Materialkreisläufe in der Bauwirtschaft*, Dessau-Roßlau, 2018
- [20] Bundesverband Baustoffe–Steine und Erden e. V.: *Mineralische Bauabfälle Monitoring 2020: Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2020*, Berlin, 2023
- [21] *Kommission nachhaltiges Bauen am Umweltbundesamt: Umwelt und Klima schützen – Wohnraum schaffen – Lebensqualität verbessern: Empfehlungen von UBA und KNBau für einen nachhaltigen Wohnungs- und Städtebau*, Dessau-Roßlau, 2023
- [22] Helbig, C.; Huether, J.; Joachimsthaler, C.; Lehmann, C.; Raatz, S.; Thorenz, A.; Faulstich, M.; Tuma, A.: *A terminology for downcycling*, *Journal of Industrial Ecology* 26 (2022), Nr. 4, S. 1164–1174
- [23] Edelmann, W.; Schleiss, K.: *Ökologischer, energetischer und ökonomischer Vergleich von Vergärung, Kompostierung und Verbrennung fester biogener Abfallstoffe*, Baar, 2001
- [24] Umweltbundesamt: *Klimaverträgliche Abfallwirtschaft*, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/klimavertraegliche-abfallwirtschaft> (13.11.2023)
- [25] Franßen, G.; Halstenberg, M.: *Interview der Autoren mit Franßen & Nusser Rechtsanwälte PartGmbH*, schriftlich, 21.11.23
- [26] Schwede, D.; Störl, E.: *Methode zur Analyse der Rezyklierbarkeit von Baukonstruktionen*, *Bautechnik* 94 (2017), Nr. 1, S. 1–9

- [27] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB): Technische Ausführung: Rückbau, Trennung und Verwertung, 2013
- [28] Rosen, A.: Urban Mining Index: Entwicklung einer Systematik zur quantitativen Bewertung der Kreislaufkonsistenz von Baukonstruktionen in der Neubauplanung, Dissertation, Wuppertal, Bergische Universität Wuppertal, 2021
- [29] TEAMhillebrandt: MEoLP möglicher Verwertungsweg, als Ergänzung zu Hillebrandt, A., P. Riegler-Floors, A. Rosen & J.-K. Seggewies (2021): Atlas Recycling: Gebäude als Materialressource. Edition Detail. Detail Business Information GmbH, München., 2024
- [30] Petersen, T.: Makroökonomische Effekte der zirkulären Ökonomie, Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft Focus Paper, Gütersloh, 2023
- [31] Burger, A.; Bretschneider, W.: Umweltschädliche Subventionen in Deutschland: Aktualisierte Ausgabe 2021, TEXTE, Dessau-Roßlau, 2021
- [32] KfW: Ihre Förderung für neue Häuser und Eigentumswohnungen, <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/> (10.12.2023)
- [33] KfW: Unternehmen ausbauen oder erfolgreich starten, <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Investitionen-und-Wachstum/> (10.12.2023)
- [34] KfW: Kommunale Gebäude bauen und modernisieren, gefördert von der KfW, <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Kommunale-Geb%C3%A4ude/index-2.html> (10.12.2023)
- [35] Tegnestuen Vandkunsten: Rebeauty: Nordic Built Component Reuse, Kopenhagen, 2016
- [36] Umweltbundesamt: Gips: Factsheet, Dessau-Roßlau, 2019
- [37] Statista: Recycling in Deutschland: Statistik-Report zum Recycling in Deutschland, <https://de.statista.com/statistik/studie/id/7013/dokument/recycling-in-deutschland/> (17.11.2023)
- [38] Böhling, A.: Top Runner: Vorschlag für ein Energieeffizienzgesetz, [https://web.archive.org/web/20070928061720/http://www.initiative-energieeffizienz.de/uploads/media/Vortrag\\_B\\_hling.pdf](https://web.archive.org/web/20070928061720/http://www.initiative-energieeffizienz.de/uploads/media/Vortrag_B_hling.pdf) (03.01.2024)
- [39] Kesting, H.: Entwicklung eines Entkernungs- und Abbruchkostenindex für den Hochbau (EAKI), Dissertation, Wuppertal, Bergische Universität Wuppertal, 2023



► **Unsere Broschüren als Download**  
Kurmlink: [bit.ly/2dowYYI](https://bit.ly/2dowYYI)