

# CO<sub>2</sub>-Fußabdruck als Indikator für EU-Taxonomie-konforme Kreislauf-Strategien im Bauwesen

Der Weg in die Dekarbonisierung ist von der EU bereits vorgegeben und die Industrie hat sich Ziele in Form der Minimierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdruckes gesetzt. Ein zentrales Element ist dabei die Kreislaufwirtschaft. Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck dient dabei als guter Indikator, um richtungssichere Kreislaufwirtschaftsstrategien zu identifizieren.

Text Rainer Pamminger, Wolfgang Wimmer

## Kreislaufstrategien – mehr als Recycling

Das derzeitige lineare Wirtschaftssystem mit stetig steigendem Ressourcenbedarf und Abfallaufkommen hat drastische Konsequenzen für unsere Lebens- und Arbeitsbedingungen. Ein Wandel bei der Produktion von Gütern, aber auch bei der Errichtung und dem Abbruch von Gebäuden, ist dringend notwendig, um die Klimakrise meistern zu können. Eben dieser Wandel stellt uns vor neuen Herausforderungen und wirft Fragen wie die Folgenden auf:

- Was bedeutet das nun für die Baubranche? Dürfen wir jetzt nichts mehr bauen? Können wir anders bauen? Wie können wir kreislaufgerecht bauen?
- Wie können wir den Ressourcenverbrauch deutlich reduzieren?
- Wie kann in einer Kreislaufwirtschaft der Wert der Materialien auf Produkt- und Komponentenebene auf hohem Wertniveau gehalten werden? Welche Maßnahmen lassen sich dazu abseits von Recycling implementieren?

Die derzeitig vorherrschenden linearen Wirtschaftssysteme gehen von der Prämisse aus, dass Ressourcen

reichlich vorhanden und einfach abzubauen sind. Zusätzlich sind Rohstoffe billig zu beschaffen und billig zu entsorgen. Diese Prämisse hat sich inzwischen in vielen Bereichen als nicht mehr zeitgemäß herausgestellt.

Ein Denken in Kreisläufen kann helfen, Probleme hinsichtlich Kostenexplosion, Rohstoffabbau, Abfallaufkommen und Schadstoffproduktion zu beheben bzw. zu vermindern. Wir brauchen daher eine grundlegende Umstellung auf eine Kreislaufwirtschaft, in der durch vorausschauende Planung und intelligente Gestaltung von Produkten und Gebäuden Abfall und Emissionen vermieden werden, indem Produkte, Komponenten und Materialien so lange wie möglich genutzt werden und der Wert auf hohem Niveau gehalten wird.

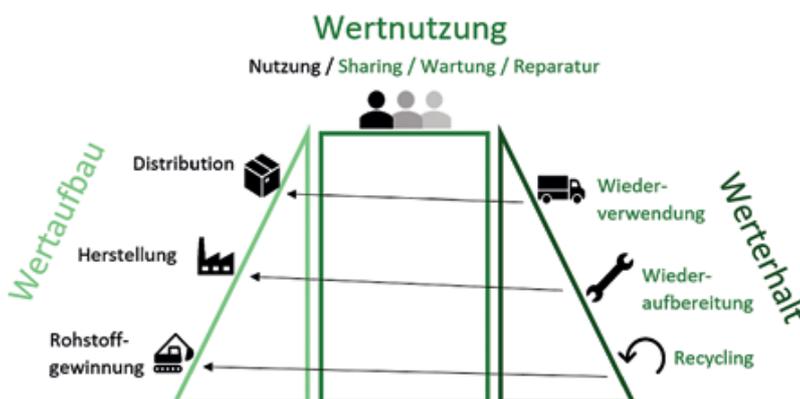
## Produkte auf hohem Wertniveau halten

Ein Wert wird geschaffen, indem Rohstoffe gewonnen, Komponenten hergestellt, zu Produkten verarbeitet und abschließend zum Kunden transportiert werden, → *siehe Grafik 1*. Beim Verkauf ist der Produktwert am höchsten. Nach der Nutzungsphase wird der Wert eines Produktes, im Sinne der Funktionalität und der Kreislauffähigkeit, in der linearen Wirtschaft meist schnell zerstört, indem es zu Abfall wird. Im Gegensatz dazu, soll in einer Kreislaufwirtschaft der Wert durch Maßnahmen wie Wiederverwendung, Wiederaufbereitung oder Recycling erhalten bleiben. Beim Recycling geht viel Wert verloren und man startet am Werthügel wieder von ganz unten.

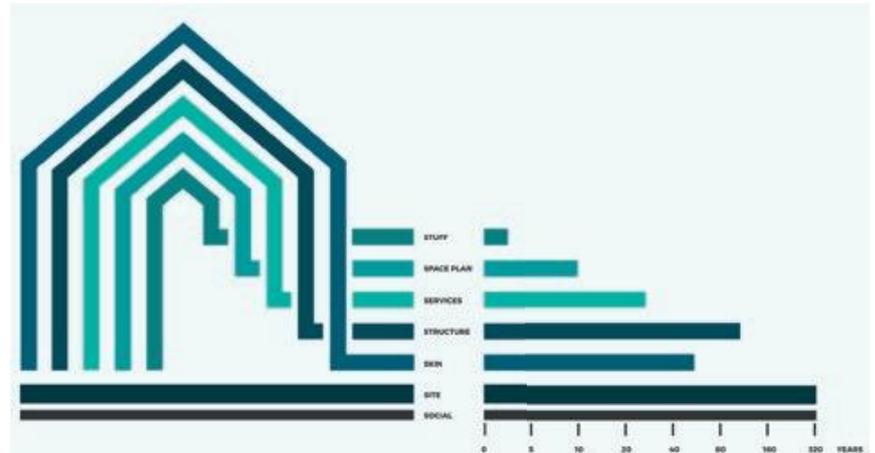
## Denken in Gebäudeschichten

Um diese Gedanken nun in die Bauwirtschaft zu übertragen, dürfen Gebäude nicht mehr als unveränderbare, monolithische Blöcke verstanden werden. Vielmehr sollten Gebäude als veränderbare Schichten, → *siehe Grafik 2*, betrachtet werden. Diese Schichten haben unterschiedliche Funktionen, werden von unterschiedlichen Stakeholdern (z. B. Architekten, Bauingenieuren, Bewohnern etc.) beeinflusst und unterscheiden sich in ihrer Lebensdauer.

Grafik 1  
Werthügel [1]



Das Schichtenmodell bietet eine erste theoretische Grundlage und Orientierung für kreislaufgerechtes Bauen. Es zeigt, dass Schichten mit unterschiedlichen Funktionen und Lebensdauern trennbar und zugänglich sein müssen, um eine lange Verwendung von Gebäuden überhaupt erst zu ermöglichen. Oftmals werden Gebäude etwa aufgrund veralteter Gebäudetechnik (Services) abgerissen, da diese zu dauerhaft in der Gebäudestruktur (Structure) integriert ist, um sie neuen Anforderungen anzupassen. Hier gilt es vor allem die inneren Schichten wie Böden und Türen (Space Plan) oder Leitungen (Services), die eine geringere Lebensdauer aufweisen als die Gebäudestruktur (Structure), so zu gestalten, dass diese auch ausgetauscht werden können.



### Gesetzliche Vorgaben als Treiber der Kreislaufwirtschaft

#### EU-Taxonomie-Verordnung

Vor dem Hintergrund der Kreislaufwirtschaft (des Circular Economy Action Plans) stellt die EU-Taxonomie bestimmte Anforderungen an Gebäude. So müssen bei Neubauten mindestens 90 % (der Masse in kg) wiederverwendet oder recycelt werden (im Bestand mindestens 70 %). Derzeit werden Abbruchabfälle (83 %) meistens nur wertmindernd als Betonbruch, beispielsweise im Straßenbau oder zur Verschüttung, eingesetzt. Ganze Bauteile wie Fenster, Türen, Parkettböden oder Stiegen werden nur selten wiederverwendet. Bei Holz- und Kunststoffabfällen überwiegt die thermische Verwertung (Verbrennung zur Energiegewinnung), weil die Inhaltsstoffe (Holzschutz, flammhemmende Additive etc.) eine stoffliche Verwertung (= Recycling) verhindern.

Weitere konkrete Design-Anforderungen in Bezug zur Kreislaufwirtschaft werden zu „design for adaptability and deconstruction“ spezifisch für jede Phase – Konzeptphase, Bauphase, Nutzungsphase – gestellt. Auch der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck wird für Gebäude für jede Lebenszyklusphase gefordert [3].

Ziel der EU-Taxonomie ist es, Kapitalströme in Richtung nachhaltiger, kreislauffähiger Investitionen zu lenken. Werden die Anforderungen nicht erfüllt und die Investition wird als nicht nachhaltig eingestuft, erhöhen sich die Finanzierungskosten.

#### EU-Bauproduktenverordnung

Eine weitere Folge des Green Deals ist die Überarbeitung der Bauproduktenverordnung [4]. Auch hier werden Produkthersteller gefordert, Umweltinformationen zum Lebenszyklus ihrer Produkte bereitzustellen. Die Anforderungen, welche in der Bauproduktenverordnung vorgestellt werden, dienen der Orientierung für die Harmonisierung der Normen spezifischer Produktgruppen. In ihnen sollen in weiterer Folge die Anforderungen konkretisiert werden. Laut Bauproduktenverordnung sollen recycelbare Materialien und Sekundärrohstoffe bevorzugt werden. Zusätzlich werden auch Mindestanforderungen an Recyclinganteilen etc. gefordert und ein

Digitaler Produktpass mit Informationen wie Gebrauchs- und Reparaturanleitungen wird eingeführt.

**Grafik 2**  
Das Gebäude als Schichtenmodell [2]

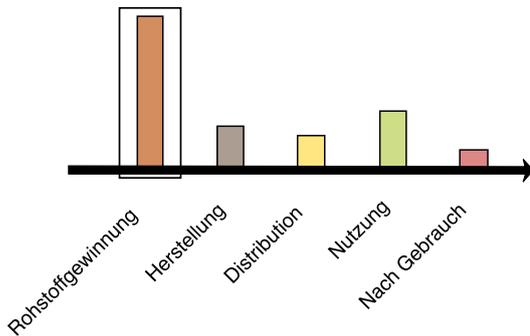
#### Vom Fokus Energie zu den Rohstoffen

Mit dem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck werden alle Treibhausgasemissionen eines Produktes oder eines Gebäudes, im Sinne des Global Warming Potentials – GWP (ISO 14040/44 [5], EN 15804 [6]), erfasst und berechnet.

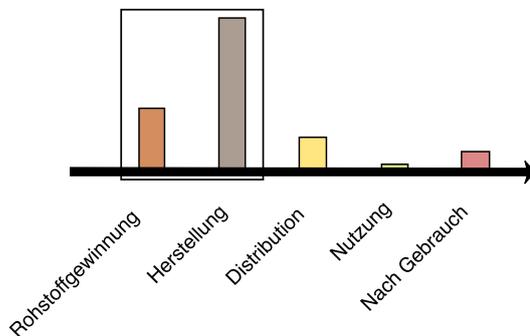
Der Blick auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus (Bau, Nutzung und Entsorgung) hat sich verändert. Durch die Einführung von Energiestandards im Gebäudebereich wurde der Energiebedarf in der Nutzung erfolgreich minimiert und beim Betrieb des Gebäudes mit erneuerbaren Energien geht der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in der Nutzung gegen null. Somit entfällt der Großteil des CO<sub>2</sub>-Fußabdruckes auf die eingesetzten Materialien, die Errichtung und die Entsorgung des Gebäudes. Wenn Gebäude weiter dekarbonisiert werden sollen, verschiebt sich der Fokus zunehmend von Energieeffizienz in Richtung Materialeffizienz. Diese Sichtweise spiegelt sich u.a. in den oben genannten EU-Richtlinien, aber auch bei der Betrachtung des Ressourcenverbrauchs und des Abfallaufkommens im Bauwesen wider.

#### Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck bildet die Umweltperformance gut ab

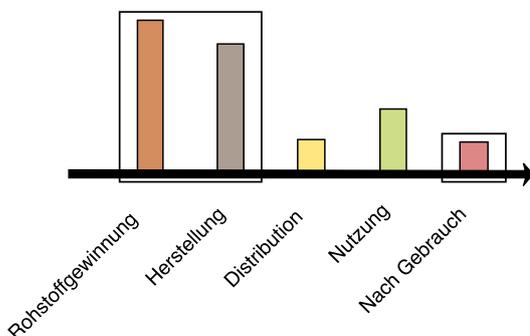
Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck gibt an, welche Produkte, Komponenten bzw. Materialien einen großen Anteil am Klimawandel mit all seinen Folgen haben. Produkte auf Basis fossiler Energien und Ressourcen weisen einen entsprechend hohen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck auf, jene auf Basis erneuerbarer Energien und Ressourcen einen entsprechend geringen. Ziel könnte somit sein, nur mehr Produkte mit einem geringen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck herzustellen, um die Dekarbonisierungsziele zu erreichen. Da das aber in verschiedenen Bereichen nicht möglich ist, muss für jene Produkte mit einem hohen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eine Kreislaufstrategie entwickelt und es muss auch versucht werden, solche einmal eingesetzten (fossilen) Ressourcen in Form der entstandenen Produkte möglichst lange auf



**Grafik 3**  
CO<sub>2</sub>-Profil, rohstoffintensives Produkt, © Pamminger



**Grafik 4**  
CO<sub>2</sub>-Profil, herstellungsintensives Produkt, © Pamminger



**Grafik 5**  
CO<sub>2</sub>-Profil, © Pamminger

hoher Wertebene im Kreislauf zu halten – nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit.

Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist somit ein Schlüsselindikator zur Identifikation von kreislauffähigen Lösungen. Dabei sind die gesamten Treibhausgasemissionen eines Produktes über den gesamten Lebensweg, also von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung und Distribution bis hin zur Nutzung sowie im Nach-Gebrauch zu betrachten. Es ist das sogenannte Umweltprofil bzw. Treibhausgas-Profil, → siehe Grafik 3, zu errechnen. Mit diesem Profil können jene Aufwände, die im Produkt stecken, und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen sehr gut identifiziert werden. Dabei wird auch sichtbar, welche

Bauteile, Komponenten oder Materialien von Produkten oder Gebäuden es auf möglichst hoher Wertebene zu erhalten gilt – Reuse vor Recycling.

### Wesentliche Beiträge zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck als Ausgangspunkte zur Gestaltung von Kreisläufen mit großer Wertschöpfung

Will man nun die oben angestellten Überlegungen umsetzen, ist zunächst eine Umweltbewertung bzw. Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdruckes des Produktes oder auch Gebäudes zu erstellen. Somit können alle Komponenten und Materialien anhand des CO<sub>2</sub>-Fußabdruckes gereiht und die relevantesten identifiziert werden. Ist das erfolgt, wird im nächsten Schritt die Kreislaufstrategie ausgewählt.

Erkennt man einen relevanten Beitrag am CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in den eingesetzten Rohstoffen, → siehe Grafik 3, so gilt es vor allem diese zu erhalten und es ist auf eine gute Rezyklierbarkeit zu achten. Als Beispiel sei Beton genannt, der u.a. durch den enthaltenen Zement einen hohen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in der Rohstoffgewinnung aufweist. Wichtig ist ein Monomaterial ohne Verunreinigungen oder Verklebungen anzustreben, sodass ein Recycling möglich bleibt.

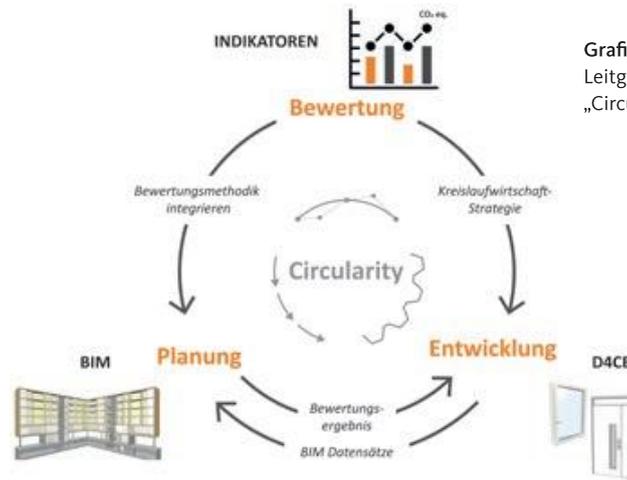
Der Teppichbodenhersteller Desso hat bereits ein hochwertiges Produkt, einen Teppich aus rezyklierbaren Materialien, im Angebot. Dieses Produkt ist für den Hersteller so wertvoll, dass Desso dieses nach der Nutzung beim Kunden wieder zurücknehmen wollte, um die Materialien als Rezyklat in Neuprodukten wiederverwerten zu können. Daher werden diese Teppich-Fliesen in einem neuen Geschäftsmodell als Leasingvariante angeboten [7].

Zeigen sich die relevanten Beiträge zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in der Herstellung, → siehe Grafik 4, und in den Rohstoffen, geht es vor allem darum, die Produkte/Komponenten auf hoher Wertebene zu halten und diese lange zu nutzen – bevorzugte Strategien dazu sind Reuse, Repair oder Remanufacturing. Als Beispiel können Türen genannt werden, die beispielsweise von Baukarussell rückgebaut und über deren Bauproduktekatalog wiederverkauft werden [8].

Ein weiteres Beispiel für ein herstellungsintensives Produkt sind Ziegel, die nach dem Rückbau und der Reinigung wiederverkauft und wiederverwendet werden können. Anforderungen an das Design sind vor allem einfach lösbare Verbindungen, wie sie bei Clickbrick verwendet werden. Dort werden Ziegel ohne Mörtel verbaut, d.h. der Rückbau, die Aufbereitung und Wiederverwendung sind einfach möglich [9].

Auch Parkettböden können aufbereitet und repariert werden. Hier gilt es, das Parkett schon im Vorhinein mit entsprechenden Materialzugaben auszustatten, sodass ein Abschleifen noch möglich ist.

Andererseits kann durch Dienstleistungen, wie dem Verleih von Werkzeugen, die Nutzung intensiviert und so der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck je Service verringert werden. Verringert werden hierbei die anteiligen THG-Emissionen bei der Rohstoffgewinnung, Herstellung und im Nachgebrauch, → siehe Grafik 5. Weiterhin unverändert je Anwendung bleiben der Transport zum Kunden und der Energieverbrauch in der Nutzung. Hilti bietet Werkzeug im Verleih an. Nach der Nutzung geht es zurück zu Hilti, wo es gewartet und repariert und für einen erneuten Einsatz bereitgestellt wird. Somit werden eine lange Lebensdauer sowie eine einfache Wartung auch im Sinne einer Kosteneinsparung für die Firma von zentraler Bedeutung.

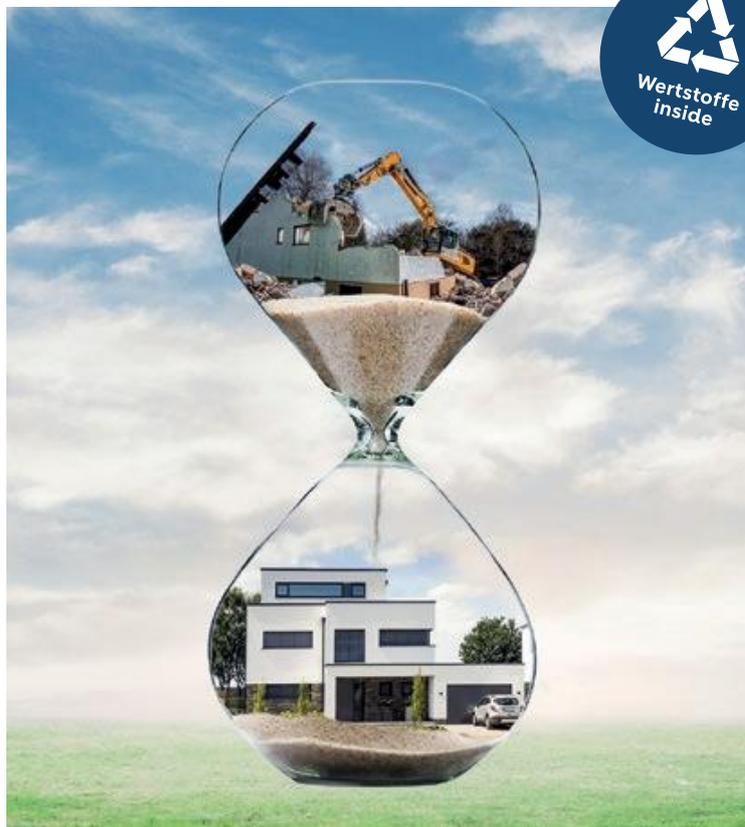


Grafik 6  
Leitgrafik CD-Labor  
„Circularity“, © CD-Labor

**Circularity Bewertung:** Entwicklung von Kreislaufwirtschafts-Indikatoren (Building Circularity Indicator, Material Circularity Indicator, Reuse Indicator etc.) zum EU-Taxonomie-Nachweis bzw. zur Optimierung von Bauprodukten, indem Kreislaufpotenziale erkannt werden.

**Circularity Entwicklung:** Ableitung von konkreten Anforderungen an Bauprodukte und Entwicklung von Design-Guidelines zur Anwendung in der Produktentwicklung.

**Circularity Planung:** Integration in BIM für eine (frühzeitige) Berechnung der Indikatoren und damit mögliche kreislaufwirtschaftliche Gebäudekonzeption und -planung.



# ECOPlanet RC

## WIR SCHLIESSEN BAUSTOFFKREISLÄUFE

**Der Bausektor spielt eine Schlüsselrolle beim Übergang zur Kreislaufwirtschaft. Wir stellen uns den Herausforderungen einer nachhaltig gebauten Zukunft.**

Deshalb investieren wir laufend in die Entwicklung von Materialien und Lösungen, die natürliche Ressourcen schonen und Baustoffkreisläufe schließen. Unser neuer Zement, ECOPlanet RC ist eine Antwort auf genau diese Herausforderungen.

ECOPlanet RC ist der erste Zement in Österreich mit Betonbruch aus rückgebauten Gebäuden! Der Betonbruch wird in unserem eigenen Recyclingcenter für uns aufbereitet, in der Rohmühle fein gemahlen, mit CO<sub>2</sub> beaufschlagt und anschließend in der Zementproduktion eingesetzt.

## Forschungsvorhaben Christian-Doppler-Labor „Circularity“<sup>1</sup>

Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist ein guter Indikator, um erste Ansatzpotenziale für die Kreislaufwirtschaft zu finden. Um die Kreislauffähigkeit in seiner Gesamtheit zu bewerten und vor allem um die EU-Taxonomie-Konformität nachweisen zu können, bedarf es allerdings weiterer Indikatoren. Diese sollen im Rahmen eines Forschungsvorhabens mit Industriepartnern namens „Circularity“ im Format eines Christian-Doppler-Labors (CD-Labor) entwickelt werden. Ziel des CD-Labors ist es, die entwickelten Kreislaufwirtschafts-Indikatoren direkt in die Planung und in BIM zu integrieren und eine Entwicklungsmethodik zur Umsetzung von Kreislaufstrategien im Bausektor zu erarbeiten. Die Methodik soll auf gebaute Gebäude, aber im Speziellen auch auf Bauproduktebene, eingesetzt werden können. Um diese Ziele zu realisieren, wird dieses Forschungsvorhaben in drei Module unterteilt, → siehe Grafik 6, Seite 33.



Dipl.-Ing. Dr. Rainer Pammlinger,  
Senior Researcher, TU Wien,  
Institut für Konstruktionswissenschaften und Produktentwicklung, Forschungsgruppe ECODESIGN.  
rainer.pammlinger@tuwien.ac.at



Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Wimmer,  
Leiter der Forschungsgruppe ECODESIGN, TU Wien, Institut für Konstruktionswissenschaften und Produktentwicklung.  
wolfgang.wimmer@tuwien.ac.at

### Industriepartner können noch mitmachen – Vorteile

- Wettbewerbsvorteil durch frühzeitige Erfüllung zukünftiger Anforderungen
- Direkt anwendbar im Unternehmen und an den eigenen Produkten
- Interdisziplinäres Vorhaben mit Beteiligung der TU Wien durch den Forschungsbereich Integrale Planung und Industriebau (Fakultät Bau- und Umweltingenieurwesen) und der Forschungsgruppe Ecodesign (Fakultät Maschinenbau)
- Hohe Förderquote (50 %) und Beanspruchung der Forschungsprämie für die Investitionen
- Langjährige, interdisziplinäre und gesicherte Forschungsk Kooperation
- Mitgestalten der Forschungsinhalte und Ziele des CD-Labors

### Resümee

Kreislaufwirtschaft ist ein zentrales Element der EU-Taxonomie und der neuen Bauproduktenverordnung und gilt als Hebel zur Dekarbonisierung. Mit dem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck können jene Materialien, Bauteile und Komponenten identifiziert werden, die über ihren gesamten Lebensweg mit hohen THG verbunden sind und daher möglichst lange auf hoher Wertebene erhalten werden sollen. Somit können auf Gebäude- oder Produktebene richtungssichere Kreislaufwirtschaftsstrategien identifiziert werden. Um jedoch die Kreislauffähigkeit in ihrer Gesamtheit bewerten zu können, bedarf es allerdings

weiterer Indikatoren. Diese sollen im Rahmen eines neuen Christian-Doppler-Labors „Circularity“ entwickelt werden.

### Literatur- und Normenverzeichnis

- [1] Achterberg, E.; Hinfelaar, J.; Bocken, N.: Master Circular Business with the Value Hill, 2016.
- [2] Thelen, D.; Acoleyen, v. M.; Huurman, W.; et al.: Scaling the Circular Built Environment: Pathways for Business and Government. Arcadis, Circle Economy and WBCSD, November 2018.
- [3] Anhang II zur Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088, veröffentlicht im Abl. L 198 vom 22. Juni 2020, S. 13 – 43.
- [4] Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten, zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 (COM(2022)) 144 final, 30. März 2022.
- [5] ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. ISO 14040:2006, 30. Juni 2006.
- [6] DIN EN 15804: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte, März 2022.
- [7] Desso, Carpet Leasing, <https://www.brandstory.nl/work/circular-carpet-lease-concept/>, geprüft am 9. August 2023.
- [8] Baukarussell Reuse, <https://www.baukarussell.at/>, geprüft am 9. August 2023.
- [9] ClickBrick Ziegel, <https://www.wienerberger.nl/en/clickbrick.html>, geprüft am 9. August 2023.

<sup>1</sup> Christian-Doppler-Labor: Ist eine durch die Christian-Doppler-Forschungsgesellschaft geförderte Forschungsgruppe (fünf bis zehn Personen) an einer Universität, in diesem Fall die TU Wien, die in enger Verbindung mit Partnerunternehmen über maximal sieben Jahre anwendungsorientierte Grundlagenforschung betreibt. Die Finanzierung erfolgt zu 50 % von der Christian-Doppler-Forschungsgesellschaft (60 % für KMUs) und 50 % durch Unternehmenspartner.