

Impulse zum Entwickeln, Planen und Bauen zirkulärer Gebäude

Stand: September 2024

Verfasser:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Katharina Kleinschrot
Professur für Bauverfahrenstechnik und zirkuläre Wertschöpfung

Technische Universität Dresden
Institut für Baubetriebswesen
Nürnberger Str. 31 A
01187 Dresden

Tel: +49 (0)351 463-34674
katharina.kleinschrot@tu-dresden.de
<http://www.tu-dresden.de/biwibb>

Wahrung der Urheberrechte

Die Inhalte dieses Skriptes unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Diese Unterlagen dürfen nur für eigene Lernzwecke genutzt werden. Darüber hinaus ist keine Nutzung gestattet. Dies betrifft insbesondere die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb des eingeräumten Nutzungsrechtes. Ausdrücklich wird darauf hingewiesen, dass damit auch keine Kopien der Seiten gestattet sind, auch nicht für den privaten, nicht kommerziellen Gebrauch. Derartige Nutzungen bedürfen der ausdrücklichen und schriftlichen Zustimmung des Autors.

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	2
IMPULSE ZUM ENTWICKELN, PLANEN UND BAUEN ZIRKULÄRER GEBÄUDE	3
1 EINLEITUNG IN DAS THEMA: DIE NOTWENDIGKEIT ZIRKULÄRER GEBÄUDE	3
2 HANDLUNGSFELDER DES ENTWICKELNS, PLANENS UND BAUENS ZIRKULÄRER GEBÄUDE	4
2.1 BESTAND	4
2.2 SUFFIZIENZ	5
2.3 MATERIALIEN	6
2.4 FLEXIBILITÄT	7
2.5 DIGITALISIERUNG	9
2.6 CO ₂	9
2.7 SUPPLY CHAIN	10
2.8 ASSESSMENT	11
2.9 ENERGIE	12
2.10 BIODIVERSITÄT	12
2.11 WASSER	14
2.12 BODEN	14
2.13 RESILIENZ	15
2.14 WIRTSCHAFTLICHKEIT	15
2.15 RECHT	15
2.16 MOBILITÄT	16
2.17 MENSCHEN	16
LITERATUR	17

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABB. 1: VERTEILUNG DER GRAUEN ENERGIE [15]	4
ABB. 2: ZU FÜGENDE ELEMENTE IN EINEM GEBÄUDE [IN ANLEHNUNG AN 7]	7
ABB. 3: LÖSBARKEIT VON VERBINDUNGEN NACH DIN 8580 [8]	8
ABB. 4: FÜGETECHNOLOGIEN NACH DIN 8580 [8]	8
ABB. 5: CO ₂ E-EMISSIONEN IM LEBENSZYKLUS EINES GEBÄUDES [10]	9
ABB. 6: ABLAUSCHEMA EINES PARTNERING-VERFAHRENS	11
ABB. 7: KOMPLEXITÄT ÖKOLOGISCHER THEMENFELDER	13

Impulse zum Entwickeln, Planen und Bauen zirkulärer Gebäude

1 Einleitung in das Thema: Die Notwendigkeit zirkulärer Gebäude

Unsere moderne Gesellschaft steht vor einer großen Chance: Der Möglichkeit, die ökologische Krise erfolgreich zu bewältigen. Mit den richtigen Maßnahmen können wir es schaffen, innerhalb der planetaren Grenzen zu wirtschaften und eine nachhaltige Zukunft zu gestalten. Wenn wir uns bewusst in diesen Grenzen bewegen, können wir unsere Lebensgrundlagen langfristig sichern und sicher und nachhaltig wirtschaften. Besonders der Gebäudesektor bietet enormes Potenzial, da er durch gezielte Maßnahmen erheblich zu einer Reduktion des Ressourcenverbrauchs, des Abfallaufkommens und der klimaschädlichen Emissionen beitragen kann.

Lange Zeit lag der Schwerpunkt der Debatte auf der Dekarbonisierung des Gebäudesektors. Natürlich ist die Reduktion der Treibhausgasemissionen essenziell, aber es gilt, weiterzudenken: über die Gestaltung eines energieeffizienten Gebäudebetriebs hinaus. Vielmehr sind die Ressourcennutzung und die korrespondierenden Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden zu betrachten - von der Rohstoffgewinnung über die Bauphase, die Nutzungsphase bis hin zum Rückbau und der Wiederverwendung der Materialien.

Aktuell liegt die Verwendung von recycelten Materialien bei Neubauten im niedrigen zweistelligen Prozentbereich [16]. Beim Rückbau und der Wiederverwendung von Materialien auf gleichbleibendem Qualitätsniveau besteht eine noch erheblichere Wachstumschance. Dies verdeutlicht das Potential mit dem eine nachhaltige Bauwirtschaft vorangetrieben werden kann. Die traditionelle Linearwirtschaft, bei der Ressourcen entnommen, genutzt und anschließend entsorgt werden, bietet uns nun die Gelegenheit, durch innovative Ansätze den Primärressourcenverbrauch und das Abfallaufkommen zu reduzieren und gänzlich neue Geschäftsbereiche und Marktbereiche zu entwickeln, die insbesondere die regionale Wirtschaft stärken werden.

Die Lösung liegt hier in der Etablierung einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft, die entsprechend der Öko-Designrichtlinie Abfall konsequent vermeidet – Müll ist schlichtweg schlechtes Design. Der Kern des zirkulären Bauens adressiert die Thematik, dass Materialien und Produkte in Kreisläufen geführt werden können – entweder im biologischen Kreislauf oder im technologischen Kreislauf. Dies erfordert innovative Designansätze, neue Geschäftsmodelle und eine veränderte Denkweise in der Zusammenarbeit aller an einem Bauprojekt Beteiligten – von Architektinnen und Ingenieurinnen über Bauunternehmen und Baustoffhersteller bis hin zu den NutzerInnen und der Politik.

Durch eine konsequente Umsetzung des zirkulären Bauens können wir den Ressourcenverbrauch deutlich senken, Abfälle minimieren und unsere Umwelt regenerieren. Ein Wirtschaften innerhalb der planetaren Grenzen ist so möglich.

2 Handlungsfelder des Entwickelns, Planens und Bauens zirkulärer Gebäude

Um das Ziel einer nachhaltigen Transformation des Gebäudesektors hin zu einer Kreislaufwirtschaft zu erreichen, hilft die Formulierung konkreter Handlungsfelder. Diese Handlungsfelder dienen dazu, Ideenansätze für die Konzeptionierung, Planung und Umsetzung von Bauprojekten zu liefern. Sie sollen Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Bauwesen inspirieren und unterstützen, ihre Geschäftsmodelle hin zu einer Kreislaufwirtschaft weiterzuentwickeln und zur Entwicklung zirkulärer Gebäude beizutragen. Die im Folgenden diskutierten Handlungsfelder erheben dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern sollen als Ausgangspunkt für eine projektspezifische Prüfung sowie eine fortlaufende Weiterentwicklung und Anpassung an neue Erkenntnisse und Technologien dienen.

2.1 Bestand

Ein wesentlicher erster Schritt zur Etablierung einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen ist der Erhalt von bestehenden Gebäuden. Der Erhalt und die Umnutzung von Bestandsbauten ermöglichen es, den Ressourcenverbrauch und die Umweltbelastung signifikant zu reduzieren, indem die eingesetzten Materialien und die aufgewendete Energie weiter genutzt werden. Selbst wenn bei einer Bestandssanierung lediglich das Tragwerk erhalten bleibt, werden erhebliche klimaschädliche Emissionen im Vergleich zu einem Neubau eingespart, da der Großteil der grauen Energie im Tragwerk gespeichert ist (siehe Abbildung 1).

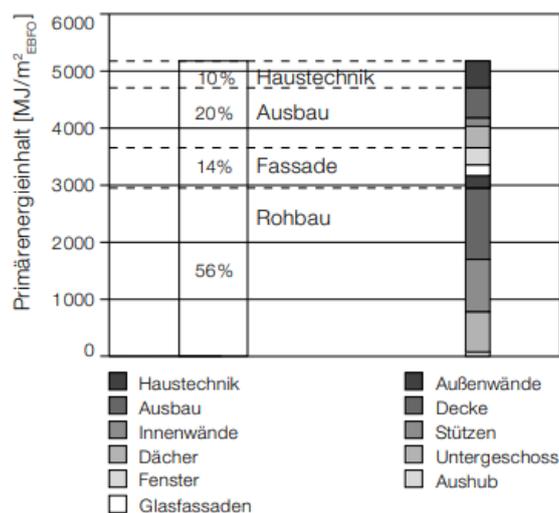


Abb. 1: Verteilung der grauen Energie [15]

Statt Abriss und Neubau zu forcieren, sollten bestehende Strukturen soweit wie möglich erhalten und durch gezielte Modernisierungsmaßnahmen an moderne Anforderungen angepasst werden. Dies erfordert einen bewussten Umgang mit dem

vorhandenen Gebäudebestand, kreative Ansätze zur Umgestaltung und die Integration neuer Nutzungskonzepte. [2]

Der Gebäudebestand wurde in einer Linearwirtschaft errichtet, was die Rückgewinnung von Sekundärmaterialien schwer bis - nach derzeitigem Stand der Technik - unmöglich macht. Viele Gebäude sind so konstruiert, dass die Materialien in nicht lösbaren Verbindungen miteinander verbunden sind und nur schwer bis gar nicht getrennt und für die Wiederverwertung rückgewonnen werden können. Forschungsbedarf sowie Marktpotenziale bestehen daher in der Entwicklung neuer Recyclingverfahren, die es ermöglichen, Materialien effizienter und ohne Qualitätsverlust zu recyceln. Zudem wird die Digitalisierung des Bestandes in Form eines nationalen Materialkatasters, das detaillierte Informationen über die in Gebäuden verbauten Materialien bereitstellt, die Verwendung von Sekundärmaterialien erheblich erleichtern.¹ Solch ein Kataster könnte zukünftig auch regionale und zeitliche Verfügbarkeiten von Sekundärrohstoffen simulieren, um Bauherrn, Planern und bauausführenden Unternehmen eine fundierte Basis für die Distribution von Sekundärmaterialien zu bieten.

Im Rahmen einer Projektentwicklung, bei der ein Abbruch eines Bestandsgebäudes zur Disposition steht, gelten somit zwei Kernfragen:

- (1) Kann das Gebäude erhalten werden?
- (2) Wenn nein, ist Urban Mining möglich?

Weiterführende Informationen finden sich in der DIN SPEC 91484 „Verfahren zur Erfassung von Bauprodukten als Grundlage für Bewertungen des Anschlussnutzungspotentials vor Abbruch- und Renovierungsarbeiten (Pre-Demolition-Audit)“ und der VDI 6210 Blatt 1 „Abbruch von baulichen und technischen Anlagen“, die eine Auseinandersetzung mit dem Gebäudebestand vor einer möglichen Entscheidung zum Abbruch adressieren. Diese Normen stellen Leitlinien für den Prozess und die Erstellung einer Abbruchstudie zur Verfügung, die es ermöglichen, den Bestand systematisch zu analysieren und Potenziale für die Wiederverwendung von Materialien zu identifizieren. Dadurch unterstützen sie Bauherrn und Planer dabei, Bestandsimmobilien zu erhalten, den Rückbau von Gebäuden durch die Identifikation und die Gewinnung von Sekundärmaterialien nachhaltiger zu gestalten und so die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft zu integrieren.

2.2 Suffizienz

Suffizienz im Gebäudesektor ist ein zentrales Konzept, das darauf abzielt, den Ressourcenverbrauch durch bewusste Reduktion (im Idealfall ohne Abstriche in der Bedürfnisbefriedigung) und eine effizientere Nutzung von Gebäuden zu minimieren. Im Gegensatz zu den Ansätzen der Effizienz und Konsistenz, die vor allem auf tech-

¹ Hier sei auf das Informationssystem Gebaute Umwelt (ISBE) des Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. verwiesen, verfügbar unter <https://ioer-isbe.de/>

nische Innovationen und den Einsatz kreislauffähiger Materialien setzen, stellt Suffizienz das Nutzungsverhalten und die tatsächlichen Bedürfnisse in den Mittelpunkt. Das Thema Suffizienz ist in einem ersten Schritt wichtig, weil es direkt dazu beiträgt, den Energie- und Materialverbrauch zu reduzieren, indem es hinterfragt, wie viel Raum, Komfort und Konstruktion wirklich notwendig sind. Dabei werden folgende Aspekte in der Umsetzung von Suffizienz in der Projektentwicklung adressiert [4]:

- (1) Flächenansätze
- (2) Behaglichkeitsbedarfe
- (3) Materialien

Das LowTech-Konzept stellt des Weiteren einen Ansatz zur Suffizienz im Gebäudesektor dar und zielt darauf ab, den Einsatz von hochkomplexen Technologien zu minimieren und stattdessen einfache, robuste und wartungsarme Lösungen zu bevorzugen. LowTech-Ansätze setzen auf natürliche Materialien, passive Konstruktionsweisen und traditionelle Technologien, die den Energie- und Ressourcenverbrauch während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes reduzieren. Durch die Nutzung von LowTech-Prinzipien wird nicht nur die Umweltbelastung verringert, sondern auch die Resilienz und Langlebigkeit der Gebäude erhöht. Einfache, leicht verständliche und regional verfügbare Technologien erleichtern zudem die Instandhaltung und Reparatur und stärken die Unabhängigkeit von globalen Lieferketten. So trägt das LowTech-Konzept als Suffizienz-Ansatz dazu bei, die Kreislaufwirtschaft im Gebäudesektor auf eine ganzheitliche und praxisnahe Weise zu fördern.

2.3 Materialien

Materialien bilden das Herzstück zirkulärer Gebäude und einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft, da sie die Basis für Wiederverwendung und Recycling darstellen. In einem zirkulären Ansatz werden Materialien nicht als Einwegressource betrachtet, sondern als Wertstoffe, die im Kreislauf gehalten werden. Durch die Auswahl wiederverwendbarer und recycelbarer Materialien können der Ressourcenverbrauch reduziert, Abfälle minimiert und die Belastung der planetaren Grenzen erheblich verringert werden. Eine durchdachte Materialwahl ermöglicht es, Gebäude am Ende ihrer Lebensdauer rückzubauen und die gewonnenen Materialien in neuen Projekten oder Produkten wieder einzusetzen. Dies fördert die Ressourcenschonung und schafft geschlossene Materialkreisläufe.

Die Verwendung gesunder Materialien, die keine Schadstoffe oder Risikostoffe enthalten, ist essenziell für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft im Gebäudebereich. Nur solche Materialien können sicher als Sekundärmaterialien dienen und im Kreislauf zirkulieren, ohne die Gesundheit von Menschen oder die Umwelt zu gefährden. Schadstofffreie Materialien ermöglichen es, Komponenten und Produkte wiederzuverwenden oder zu recyceln, ohne komplexe und kostspielige Reinigungsprozesse durchlaufen oder eine Entsorgung durchführen zu müssen. Zudem tragen sie zur Schaffung gesunder Wohn- und Arbeitsumgebungen bei, indem sie die Be-

lastung der Nutzer durch schädliche Emissionen vermeiden. Die konsequente Nutzung gesunder Materialien steigert die Gesundheit der Gebäudenutzer und ermöglicht erst, dass Materialien dauerhaft als Wertstoffe funktionieren können.

Folgende Aspekte können hinsichtlich der Auswahl von Materialien durch die an einem Bauprojekt Beteiligten diskutiert werden [3]:

- (1) Materialgesundheit
- (2) Sekundärmaterialien
- (3) Nachwachsende Primärrohstoffe
- (4) Konzeption eines mineralischen Tragwerks als Ewigkeitskern

2.4 Flexibilität

Flexibilität in den Elementen eines Gebäudes (siehe Abbildung 2) ist wesentlich für zirkuläre Gebäude, da sie die Anpassungsfähigkeit und die langfristige Nutzbarkeit erheblich erhöht. Flexible Gebäudeelemente ermöglichen es, Innenräume und Strukturen einfach an veränderte Anforderungen anzupassen. Dies reduziert den Bedarf an neuen Materialien und den damit verbundenen Ressourcenverbrauch sowie das Abfallaufkommen. Zudem erleichtern flexible Konstruktionen den Rückbau und die Wiederverwendung von Bauteilen, da sie leicht demontiert und wieder eingesetzt werden können. Diese Anpassungsfähigkeit stellt die Grundlage für zirkuläre Gebäude und die Kreislaufführung von Materialien dar.

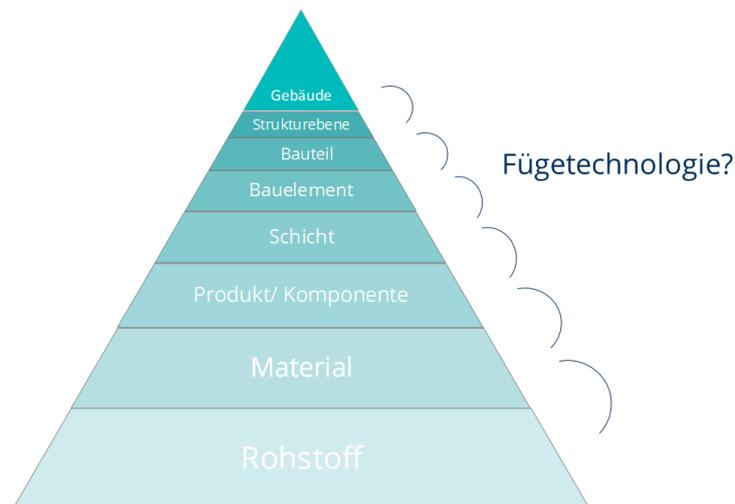


Abb. 2: Zu fügende Elemente in einem Gebäude [in Anlehnung an 7]

Eine **Modulare Bauweise** erleichtert die Umsetzung von anpassungsfähigen Gebäuden, Komponenten und Produkten, die leicht montiert und demontiert werden können. Modulares Design verbessert den Restwert von Komponenten und Materialien, indem es deren Wiederverwendung erleichtert.

Die Flexibilität von Gebäuden entscheidet sich maßgeblich in der Fügetechnologie, da die Art und Weise, wie Bauelemente miteinander verbunden werden, die Möglichkeit ihrer Anpassung und Wiederverwendung bestimmt. Zerstörungsfrei lösbare Verbindungen sind dabei unerlässlich, weil sie es ermöglichen, Bauteile einfach zu trennen und erneut zu verwenden, ohne dass die Materialien dabei beschädigt oder ihre strukturelle Integrität beeinträchtigt wird. Solche Verbindungen tragen dazu bei, den Rückbau von Gebäuden effizienter und kostengünstiger zu gestalten, indem sie die Trennung von Materialien und Komponenten erleichtern. Dies reduziert nicht nur den Abfall, sondern fördert auch die Wiederverwendung hochwertiger Bauteile in neuen Projekten. [1]

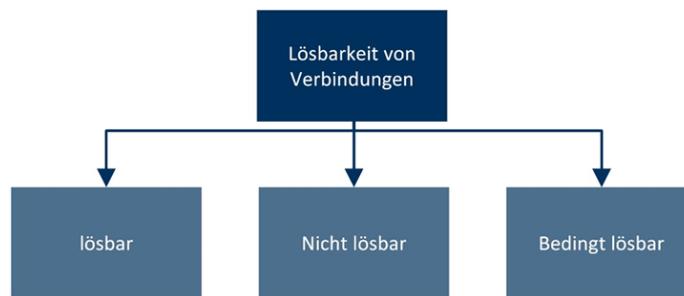


Abb. 3: Lösbarkeit von Verbindungen nach DIN 8580 [8]

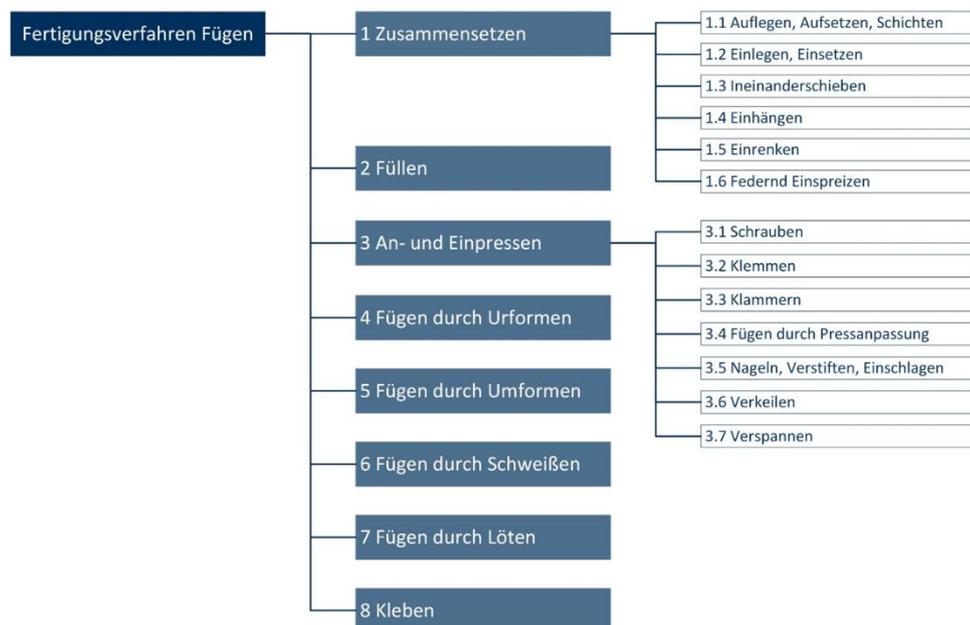


Abb. 4: Fügetechnologien nach DIN 8580 [8]

2.5 Digitalisierung

Digitales Planen und Bauen sowie die Erstellung eines Gebäudepasses sind die Grundlagen für kreislauffähiges Planen und Bauen, da sie die notwendige Transparenz schaffen, um den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes nachhaltig zu gestalten. Durch digitale Methoden wie Building Information Modeling (BIM) können detaillierte Informationen über die verwendeten Materialien, deren Herkunft, Zusammensetzung und Einbauorte genau dokumentiert und verwaltet werden. Ein Gebäudepass, der all diese Daten systematisch erfasst und zugänglich macht, ermöglicht es Planern, Bauunternehmen und späteren Nutzern, genau zu wissen, welche Materialien wo und wie verbaut wurden [17]. Diese Transparenz ist entscheidend, um Materialien am Ende ihrer Nutzungsphase effizient zurückzugewinnen und wiederverwenden zu können. Zudem erleichtert sie die Wartung und Anpassung von Gebäuden während ihrer Nutzungsdauer. Durch digitales Planen und Bauen sowie die Implementierung eines Gebäudepasses wird somit die Basis für eine effektive Kreislaufwirtschaft im Bauwesen gelegt.

2.6 CO₂

Die Reduktion von CO₂e-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes ist von zentraler Bedeutung, um die negativen Auswirkungen des Bauwesens auf den Klimawandel zu minimieren. Dieses Ziel erfordert nicht nur die Betrachtung eines CO₂e-positiven Gebäudebetriebs durch erneuerbare Energiequellen, sondern auch die Berücksichtigung von CO₂e-Emissionen bei der Herstellung, Sanierung und Überführung in weitere Nutzungszyklen (siehe Abbildung 5). Durch die Integration von CO₂-bindenden Maßnahmen in die Projektentwicklung können wir CO₂ langfristig der Atmosphäre entziehen. Hierzu zählen beispielsweise der Einsatz von Materialien, die Kohlenstoff speichern, sowie Technologien und Verfahren, die CO₂ aktiv binden und dauerhaft speichern. Konkrete Strategien und Lösungen für die CO₂e-Reduktion im Bauwesen sind in weiterführender Literatur beschrieben.

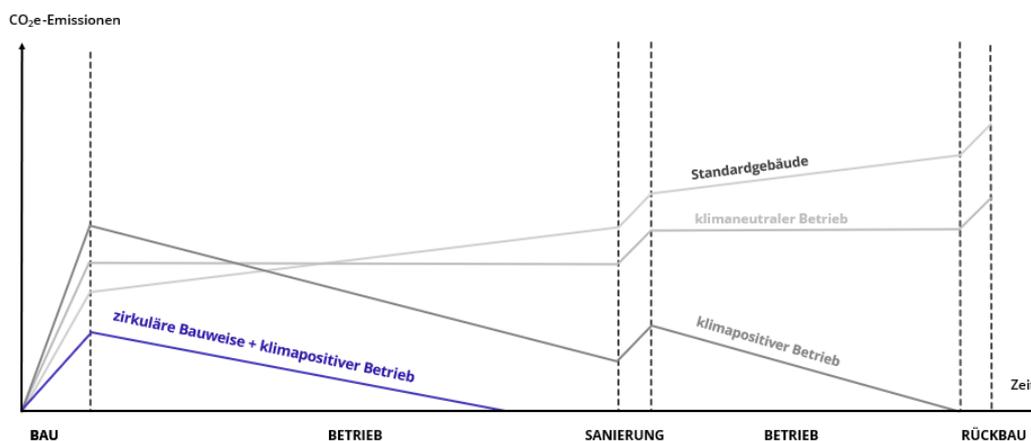


Abb. 5: CO₂e-Emissionen im Lebenszyklus eines Gebäudes [10]

Die Anfertigung und Verwendung der **Ökobilanzierung als Planungsinstrument** und Entscheidungsgrundlage ist notwendig, um den gesamten ökologischen Fußabdruck eines Bauprojekts systematisch zu erfassen und zu bewerten. Eine Ökobilanzierung ermöglicht es, die Umweltauswirkungen eines Gebäudes über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg – von der Rohstoffgewinnung über die Bauphase, Nutzung und Instandhaltung bis hin zum Rückbau und Recycling – detailliert zu analysieren [11]. Durch diese umfassende Bewertung können Planer und Entscheidungsträger fundierte Entscheidungen treffen, die neben dem Treibhauspotenzial (GWP) auch weitere Umweltfaktoren wie den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf (PENRT), das Versauerungspotenzial (AP), das Ozonschichtabbaupotenzial (ODP), das Ozonbildungspotenzial (POCP) und das Überdüngungspotenzial (EP) berücksichtigen. Die Ökobilanzierung hilft dabei, nachhaltige Materialien und Bauweisen zu identifizieren und Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltauswirkung gezielt umzusetzen. Sie stellt sicher, dass ökologische Kriterien von Anfang an in die Planung integriert werden.

2.7 Supply Chain

Es ist von entscheidender Bedeutung, zirkuläre Gebäude über eine partnerschaftliche Projektabwicklung zu konzipieren, planen und umzusetzen, da das erforderliche Know-how entlang der gesamten Wertschöpfungskette verteilt ist. Um zirkuläre und wirtschaftlich tragfähige Bauprojekte zu entwickeln, müssen alle Beteiligten – von Bauherrn und Planern, über bauausführende Firmen und Baustoffhersteller bis hin zu Rückbau- und Recyclingunternehmen – frühzeitig und iterativ zusammenarbeiten (siehe Abbildung 6). Diese kooperative Herangehensweise ermöglicht es, das umfassende Wissen und die Expertise aller Partner zu bündeln und gemeinsam die optimalen Lösungen im Hinblick auf Zirkularität zu entwickeln. Durch die enge Zusammenarbeit können innovative Ansätze identifiziert, Synergien genutzt und die besten Methoden zur Materialauswahl, Bauweise und Wiederverwendung gefunden werden. Eine partnerschaftliche Projektabwicklung fördert nicht nur die Effizienz und Nachhaltigkeit des Bauprozesses, sondern stärkt auch das Vertrauen und die Kommunikation zwischen den Beteiligten, was entscheidend für den Erfolg von zirkulären Bauprojekten ist.

Nach dem Prinzip „Sharing is caring – von der Wertschöpfungskette zur Wertschätzungskette“ beschreibt die Aufgabenstellung des Bestellers die Zirkularitätsziele des Gebäudes von Beginn an. Dies führt zu zielgerichteten Planungsergebnissen, weniger Iterationen im Planungsprozess und weniger Änderungen. Nur so sind kreislauffähige und wirtschaftliche Gebäude überhaupt möglich.

Das Know-How der Wertschöpfungskette wird zudem über ein Value Engineering im Partnering-Verfahren in die frühen Projektphasen eingebracht. Das Partneringverfahren im Bauwesen ist ein kollaborativer Ansatz, der darauf abzielt, alle Projektbeteiligten von Beginn an in den Planungs- und Bauprozess einzubeziehen. Dazu beginnt der klassische Ablauf in der Pre-Construction-Phase, in der ein umfassendes Value Engineering durchgeführt wird (siehe Abbildung 6). In diesem frühen Stadium

arbeiten alle Partner gemeinsam daran, die besten Lösungen zu identifizieren und zu optimieren. Bauausführende Unternehmen und Baustoffhersteller bringen dazu ihre spezifische Expertise und praktische Erfahrung in beratender Funktion ein.

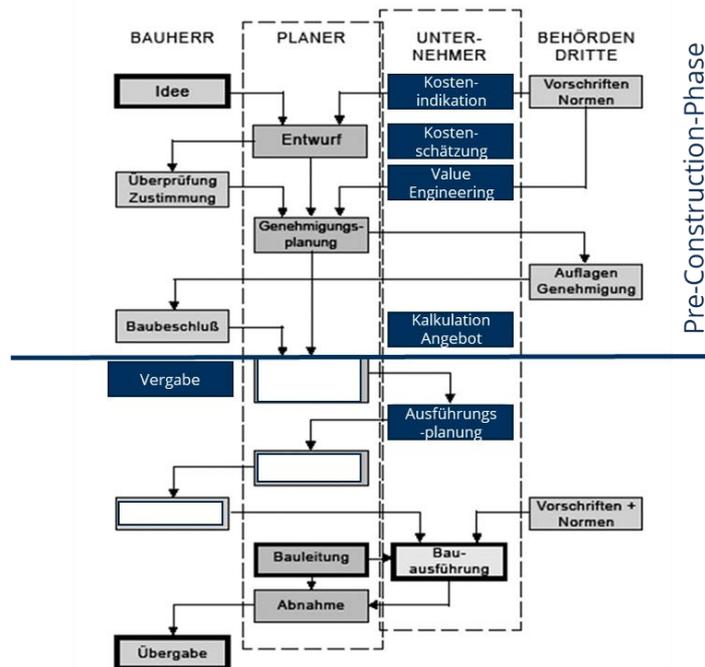


Abb. 6: Ablaufschema eines Partnering-Verfahrens

2.8 Assessment

Ein Assessment als Planungsgrundlage ist notwendig, weil der Grundsatz gilt: "You can't manage what you haven't measured." Dies bedeutet, dass ohne eine genaue Erfassung und Bewertung der relevanten Parameter keine fundierten Entscheidungen getroffen werden können. Ein Circularity Assessment ist hierbei besonders wichtig, da es über die klassische Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment, LCA) hinausgeht und spezifisch auf die Kreislauffähigkeit eines Bauprojekts abzielt. Während eine LCA die Umweltauswirkungen eines Produkts oder Gebäudes über dessen gesamten Lebenszyklus hinweg bewertet, berücksichtigt ein Circularity Assessment die Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit der verwendeten Materialien und Komponenten.

Dieses Assessment kann auf verschiedenen Ebenen durchgeführt werden: auf Materialebene, um die Eigenschaften und Kreislauffähigkeit einzelner Werkstoffe zu prüfen; auf Produktebene, um zu bewerten, wie gut Bauprodukte demontiert und wiederverwendet werden können; und auf Gebäudeebene, um die Gesamtheit der kreislauffähigen Strategien und Maßnahmen eines Bauwerks zu analysieren.

Ein Circularity Assessment ist ein integraler Bestandteil eines Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA), das ökologische, ökonomische und soziale Aspekte der

Nachhaltigkeit umfassend betrachtet. Durch die Durchführung eines Circularity Assessments können Planer und Entscheider fundierte Maßnahmen zur Verbesserung der Kreislauffähigkeit ergreifen und somit den Übergang zu einer nachhaltigen Bauwirtschaft unterstützen. Daher sollten im Zuge einer Projektentwicklung in Erwägung gezogen werden, neben der Ökobilanzierung auch ein Circularity Assessment durchzuführen. Das Circularity Assessment wird zudem als Instrument zur Optimierung der Planung genutzt.

Als methodische Grundlage können zum Beispiel die Ausführungen der Publikation „DGNB Qualitätsstandard für Zirkularitätsindizes für Bauwerke“ der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) [9] angewendet werden.

2.9 Energie

Die Versorgung mit erneuerbarer Energie ist ein unerlässlicher Supportprozess für die Entwicklung zirkulärer Gebäude, da sie die Grundlage für eine nachhaltige und klimafreundliche Bauweise bildet. Zirkuläre Gebäude streben nicht nur danach, Materialien effizient zu nutzen und zu recyceln, sondern auch ihren gesamten Energiebedarf aus erneuerbaren Quellen zu decken, um ihre Umweltauswirkungen zu minimieren. Auf Gebäudeebene kann dies durch die Integration von Solaranlagen, Geothermie, Wärmepumpen und anderen Technologien erreicht werden, die eine autarke Energieversorgung ermöglichen. Auf Quartiersebene bietet sich die Möglichkeit, ein gemeinschaftliches Energieversorgungssystem zu etablieren, das mehrere Gebäude vernetzt und Synergien nutzt. Durch den Einsatz erneuerbarer Energien können zirkuläre Gebäude nicht nur ihren eigenen Energiebedarf decken, sondern auch überschüssige Energie ins Netz einspeisen und somit einen positiven Beitrag zur Energiewende leisten. Diese Umstellung ist entscheidend, um die Ziele der Kreislaufwirtschaft zu erreichen und den CO₂-Fußabdruck des Gebäudesektors langfristig zu reduzieren.

2.10 Biodiversität

Biodiversität, die Vielfalt des Lebens auf der Erde, trägt wesentlich zur Stabilität und Resilienz von Natur- und Kulturlandschaften bei und liefert essentielle Dienstleistungen wie saubere Luft und Wasser, Bestäubung von Pflanzen und Klimaregulierung. Im Gebäudesektor spielt Biodiversität eine zunehmend wichtige Rolle, da Bauprojekte sowohl erhebliche Auswirkungen auf natürliche Lebensräume haben als auch das Potenzial bieten, diese positiv zu beeinflussen. Durch die Integration von grünen Dächern, Fassadenbegrünungen und naturnahen Freiflächen können Gebäude Lebensräume für Pflanzen und Tiere schaffen und zur Förderung der Artenvielfalt beitragen. Zudem unterstützen nachhaltige Planungs- und Bauweisen den Schutz und die Wiederherstellung von Ökosystemen, indem sie Flächenversiegelung minimieren und natürliche Kreisläufe berücksichtigen. Indem der Gebäudesektor

Biodiversität aktiv fördert, kann ein wichtiger Beitrag zur Regeneration der biologischen Vielfalt geleistet und gleichzeitig lebenswertere, gesündere Umgebungen für den Menschen geschaffen werden.

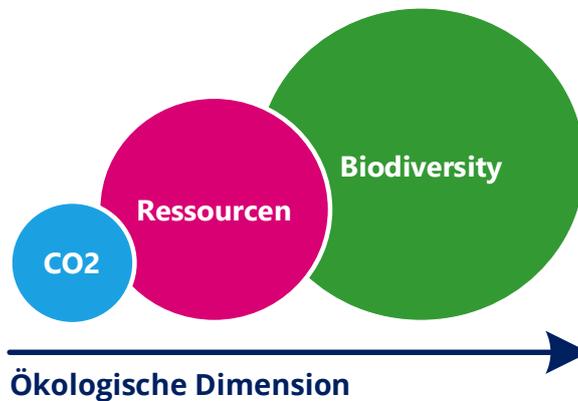


Abb. 7: Komplexität ökologischer Themenfelder

Die Komplexität der Biodiversität übersteigt die Komplexität der CO₂- und der Ressourcenbetrachtung (siehe Abbildung 7) und liegt in den vielfältigen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Arten und ihren Lebensräumen. Diese Faktoren beeinflussen sich gegenseitig auf unterschiedliche Weisen: Pflanzen benötigen bestäubende Insekten, Böden werden durch Mikroorganismen fruchtbar gehalten, und Räuber-Beute-Beziehungen regulieren Populationen. Änderungen in einem Faktor können weitreichende Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem haben. Zum Beispiel kann der Verlust einer Pflanzenart das Nahrungsangebot für Insekten verringern, was wiederum Vögel und andere Tiere betrifft, die diese Insekten fressen. Zusätzlich spielen abiotische Faktoren wie Klima, Wasserverfügbarkeit und Bodenbeschaffenheit eine entscheidende Rolle, und menschliche Eingriffe wie Landnutzung und Umweltverschmutzung können diese natürlichen Prozesse weiter beeinflussen. Diese komplexen und dynamischen Beziehungen machen es herausfordernd, die Auswirkungen von Veränderungen auf die Biodiversität vorherzusagen und unterstreichen die Notwendigkeit eines ganzheitlichen Ansatzes zum Schutz und zur Förderung der biologischen Vielfalt.

Die EU-Biodiversitätsstrategie als weiterführende Informationsquelle ist ein umfassender Plan der Europäischen Union, um den Verlust der biologischen Vielfalt in Europa bis 2030 zu stoppen und umzukehren. Sie zielt darauf ab, geschädigte Ökosysteme wiederherzustellen, den Schutz von Arten und Lebensräumen zu verbessern und die nachhaltige Nutzung von Land und Meeresressourcen zu fördern. [5]

Konkret adressiert die EU-Biodiversitätsstrategie ein Handlungsfeld für die „Begrünung städtischer und stadtnaher Gebiete“, in dem die Förderung gesunder Ökosysteme, grüner Infrastrukturen und naturbasierte Lösungen systematisch in die Stadtplanung und damit in die Gestaltung öffentlicher Räume, Infrastrukturen und Gebäude und ihre Umgebungen einbezogen werden soll. [5]

2.11 Wasser

Wasser ist eine lebenswichtige Ressource, die für das Überleben aller lebenden Organismen unerlässlich ist und eine zentrale Rolle in unseren Ökosystemen, der Landwirtschaft und der Industrie spielt. Im Gebäudesektor hat die Nutzung und Verwaltung von Wasser erhebliche Auswirkungen auf die Verfügbarkeit und Qualität dieser kostbaren Ressource. Bauprojekte können durch den hohen Wasserverbrauch, die Versiegelung von Flächen und die Belastung von Abwassersystemen zur Wasserknappheit und Verschmutzung beitragen. Gleichzeitig bietet der Gebäudesektor vielfältige Möglichkeiten, Wasser effizienter zu nutzen und zu schützen. Durch die Implementierung wassersparender Technologien, die Wiederverwendung von Grauwasser und die Gestaltung wasserdurchlässiger Flächen können Bauprojekte dazu beitragen, den Wasserverbrauch zu reduzieren und die Ressource Wasser zu schonen [4]. Eine kreislauffähige Wasserbewirtschaftung im Gebäudebereich ist somit entscheidend für den Schutz der Wasserressourcen und die Sicherstellung ihrer Verfügbarkeit für zukünftige Generationen.

2.12 Boden

Die EU-Bodenstrategie ist ein umfassender Rahmen, der darauf abzielt, die Bodengesundheit in Europa zu verbessern und den nachhaltigen Umgang mit dieser essenziellen Ressource zu fördern. Die Strategie erkennt die Schlüsselrolle des Bodens für die Biodiversität, die Wasserfiltration, die Nahrungsmittelproduktion und den Klimaschutz an. Sie beinhaltet Maßnahmen zur Bekämpfung der Bodendegradation, zur Wiederherstellung geschädigter Böden und zur Verhinderung weiterer Verschlechterungen. Zu den Hauptzielen gehören die Förderung nachhaltiger Landnutzungspraktiken, der Schutz und die Wiederherstellung von Mooren und anderen kohlenstoffreichen Ökosystemen, die Reduzierung von Bodenversiegelung und Erosion sowie die Verbesserung der Bodenqualität durch eine Reduzierung von Schadstoffeinträgen. Die EU-Bodenstrategie fordert die Mitgliedstaaten auf, nationale Maßnahmenpläne zu entwickeln und umzusetzen, um diese Ziele zu erreichen und sicherzustellen, dass Böden gesund und produktiv bleiben. [5]

In der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie hat sich die Bundesregierung das Ziel gesetzt, den täglichen Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland von derzeit rund 52 Hektar pro Tag bis zum Jahr 2030 auf unter 30 Hektar pro Tag zu reduzieren, um bis 2050 einen Flächenverbrauch von netto Null im Sinne einer Flächenkreislaufwirtschaft zu erreichen.

Die Zielerreichung kann gelingen, wenn der Nachnutzung von Grundstücken und dem Bauen im Bestand konsequent Vorrang vor der Neuausweisung von Siedlungsflächen gegeben wird. Die Inanspruchnahme neuer Flächen ist so weit wie möglich zu vermeiden und eine Innenentwicklung zu bevorzugen. Das Leitbild der dreifachen Innenentwicklung berücksichtigt dabei a) flächensparendes Bauen, b) ausrei-

chende Grünversorgung und c) Verkehrsvermeidung gleichermaßen, um eine zukunftsfähige, ökologisch intakte und klimaresiliente Stadtentwicklung zu gewährleisten. [12]

2.13 Resilienz

Die Notwendigkeit resilienter Gebäude wird immer dringlicher angesichts der zunehmenden Häufigkeit und Intensität extremer Wetterereignisse sowie der Herausforderungen des Klimawandels. Resiliente Gebäude sind so konzipiert, dass sie den Belastungen durch Naturkatastrophen wie Stürme, Überschwemmungen, Hitzewellen und Erdbeben standhalten können und somit die Sicherheit und das Wohlbefinden der Bewohner gewährleisten. Darüber hinaus tragen sie zur Minimierung von Schadens- und Wiederherstellungskosten bei und fördern die Kontinuität der Nutzung. Durch die Integration von widerstandsfähigen Materialien, intelligenten Bauweisen und vorausschauenden Planungsstrategien können Gebäude so gestaltet werden, dass sie sich an veränderte Umweltbedingungen anpassen und schnell von Schäden erholen [5]. Die Schaffung resilienter Gebäude ist daher entscheidend, um die gebaute Umwelt nachhaltig zu schützen. [13]

2.14 Wirtschaftlichkeit

Das Thema Wirtschaftlichkeit ist für zirkuläre Gebäude von zentraler Bedeutung, da wirtschaftliche Überlegungen die maßgebende Größe für die Umsetzung zirkulärer Bauprojekte darstellen. Bisherige Methoden der Kostenkalkulation externalisieren die Klimafolgekosten. Der CO₂-Schattenpreis ist ein erster Ansatz der Internalisierung von Klimafolgekosten. Die Methodik ist z. B. in der Veröffentlichung des Hauptverbandes der deutschen Bauindustrie „Klimaverträglich Bauen mit einem Schattenpreis für CO₂-Emissionen“ [14] erläutert. Zudem werden Finanzierungsinstrumente entwickelt, die Investitionen in zirkuläre Bauprojekte unterstützen und Anreize für das Entwickeln zirkulärer Gebäude schaffen. Eine echte Kreislaufwirtschaft bietet zudem Unternehmen die Chance zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle.

2.15 Recht

Die Berücksichtigung rechtlicher Rahmenbedingungen wie der EU-Taxonomieverordnung [6] ist im Rahmen einer Projektentwicklung selbstverständlich. Es bieten sich darüber hinaus jedoch vertragliche Möglichkeiten, um die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft in Bauprojekten zu verankern. Auch der Gesetzgeber befindet sich in der Erarbeitung der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie, die gesetzliche Themen adressieren wird. Bis dahin können jedoch stets durch spezifische vertragliche Vereinbarungen zirkuläre Ansätze in die Planung und die bauliche Umsetzung integriert werden. Auch bieten erste Landesbauordnungen, wie z. B. in Niedersachsen

oder Bayern, entsprechende Lösungsansätze. Vertragliche Regelungen zum Umgang mit den ‚Anerkannten Regeln der Technik‘ sind zur Umsetzung und Ausnutzung des Gebäudetyp E / des Vergaberechts zu diskutieren. Auch die Integration der Öko-design-Verordnung der EU, die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie und die Umweltziele der EU-Taxonomieverordnung [6] bieten Ansätze für zirkuläre Gebäude.

2.16 Mobilität

Auf den ersten Blick ist die Mobilitätswende durch den Gebäudesektor nur bedingt beeinflussbar. Jedoch spielt die gebaute Umwelt eine entscheidende Rolle bei der Integration nachhaltiger Mobilitätslösungen. Gebäude und Quartiere müssen so geplant und entwickelt werden, dass sie umweltfreundliche Mobilitätskonzepte unterstützen und fördern. Dazu gehören die Bereitstellung von Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge, die Integration von Fahrradabstellplätzen und -wegen sowie die Förderung von Carsharing-Modellen und öffentlichem Nahverkehr auf Nutzerbene. Durch die Berücksichtigung von Mobilitätsaspekten in der Gebäudeplanung können die Abhängigkeit vom Individualverkehr reduziert und nachhaltige Verkehrsmittel begünstigt werden. Somit trägt auch der Gebäudesektor indirekt zur Mobilitätswende bei und unterstützt die damit verbundene Schaffung lebenswerter, umweltfreundlicher Städte und Gemeinden.

2.17 Menschen

Menschen akzeptieren und fördern darüber hinaus die zirkuläre Nutzung von Gebäuden eher, wenn sie durch partizipative Formate in den Entwicklungsprozess eingebunden wurden. Diese Einbindung ermöglicht es den zukünftigen Nutzern, ihre Bedürfnisse und Ideen aktiv in die Planung und Gestaltung einzubringen, was zu einer stärkeren Identifikation mit dem Projekt führt. Partizipative Formate fördern das Verständnis und die Akzeptanz zirkulärer Konzepte, da die Menschen die Vorteile direkt erleben und ihre Perspektiven berücksichtigt sehen. Dadurch entsteht ein gemeinschaftliches Verantwortungsgefühl, das die Bereitschaft erhöht, sich für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Gebäude und der entsprechenden Infrastruktur einzusetzen. Nachhaltigkeit ist ein Transformationsprozess, der Mindset, Kultur, Strategie und Prozesse flankiert von einer integrativen Nachhaltigkeitskommunikation ganzheitlich berücksichtigen muss.

Eine Social Life Cycle Assessment (S-LCA) bewertet die sozialen und sozioökonomischen Auswirkungen eines Produkts oder einer Dienstleistung über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Der Fokus liegt dabei auf den Auswirkungen auf verschiedene Stakeholder, einschließlich Arbeitnehmern, Konsumenten, Gemeinden und Gesellschaften. Die S-LCA untersucht Aspekte wie Arbeitsbedingungen, Gesundheit und Sicherheit, Menschenrechte, sozioökonomische Auswirkungen und die Verteilung von Wohlstand. Ziel ist es, soziale Risiken und Chancen entlang der Wertschöpfungskette zu identifizieren und Maßnahmen zur Verbesserung der sozialen Nachhaltigkeit zu entwickeln.

LITERATUR

- [1] Hebel, D.; Prof. Wappner, L. (2023): *Sortenrein bauen – Material, Konstruktion, Methodik*, Edition Detail (Hrsg.)
- [2] Institut Konstruktives Entwerfen der ZHAW, u.a. (2021): *Bauteile wiederverwenden – Ein Kompendium zum zirkulären Bauen*, Park Books (Hrsg.), Zürich
- [3] Cradle to Cradle NGO (2024): *C2C im Bau: Orientierung für Kommunen*, URL: <https://c2c-bau.org/>, (11.06.2024)
- [4] C2C NGO, Architects for Future (2020): *München 2020 – Forderungen an den Stadtrat*, URL: <https://muenchen2020.org/forderungen/>, München
- [5] DGNB System (11.04.2024): *Zukunftsprojekt – Version 2030*, DGNB GmbH (Hrsg.), Stuttgart
- [6] (2020) 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 (EU-Taxonomieverordnung)
- [7] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB): *Begleitdokument zum DGNB Gebäuderessourcenpass*, September 2023, S. 4
- [8] Deutsches Institut für Normung: *DIN 8580:2003-09: Fertigungsverfahren – Begriffe, Einteilung*
- [9] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB): *DGNB Qualitätsstandard für Zirkularitätsindizes für Bauwerke*, Mai 2024
- [10] LXS Architekten, Berlin (2024): *Vortrag polisFORUM*
- [11] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen System (DGNB System): *Kriterienkatalog Gebäude Neubau, Version 2023, 3. Auflage*, Mai 2024
- [12] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV): *Flächenverbrauch – Worum geht es?*, URL: <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/reduzierung-des-flaechenverbrauchs>, (12.06.2024)
- [13] Europäische Kommission: *EU-Strategie für die Anpassung an den Klimawandel*, Brüssel, 24.02.2021, Kapitel 2: *Forging a climate-resilient Union*
- [14] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.: *Klimaverträglich bauen mit einem Schattenpreis für CO₂-Emissionen*, Berlin, August 2023
- [15] Hegger, M. u.a.: *Nachhaltiges Bauen – Zukunftsfähige Konzepte für Planer und Entscheider*, DIN (Hrsg.), Berlin, 2011
- [16] Umweltbundesamt (2015): *Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft*, S. 178
- [17] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen: *Checkliste zur Anwendung zirkulärer Strategien*, <https://www.dgnb.de/de/nachhaltiges-bauen/zirkulaeres-bauen/checklisten> [Zugriff: 06.09.2024]