

## **05 Wie kann Klima- und Ressourcenschonung im Handlungsfeld Gebäude nachgewiesen werden?**

---

*Svenja Binz, Juliane Jäger*

Da jeder Bauprozess mit einem ökologischen Fußabdruck verbunden ist, ist das im Klimaschutzgesetz (KSG) definierte Ziel der THG-Neutralität als eine Art »Rechenmodell« zur längerfristigen Kompensation des gegenwärtig durch die heutige Emission von Treibhausgasen entstehenden Schadens für das Klima zu verstehen. Eine ausschließliche Reduzierung auf CO<sub>2</sub> oder THG fokussiert aber nur auf einen Aspekt des klimaschonenden Bauens und greift damit zu kurz. Im Rahmen dieses Berichtes wird das Ziel des klima- und ressourcenschonenden Bauens vorgeschlagen und damit die Verwendung dieses Begriffes.

Derzeit bezieht sich die Betrachtung der Emissionen im Gebäudesektor nach dem Quellprinzip nur auf die Betriebsphase mit dem Fokus auf Anforderungen an die direkten Emissionen. Demgegenüber steht die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes als Handlungsfeld Gebäude, einschließlich der Emissionen aus der Herstellungsphase der Baustoffe, der Errichtungsphase des Bauwerks, der Nutzungs- und der Entsorgungsphase (jeweils mit zugehörigen Transportaufwendungen) bis hin zur Ausweisung des Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und Recyclingpotenzials nach dem Verursacherprinzip.<sup>1</sup>

---

1 Die Verwendung des Begriffs Gebäudesektor, wie im KSG eingeführt, ist irreführend, da es keinen Gebäudesektor als solchen gibt; stattdessen eigenen sich eher Begriffe wie Handlungsfeld Gebäude beziehungsweise Bedürfnisfelder, wie etwa das Bedürfnisfeld Wohnen usw. (vgl. Lützkendorf 2021). Der Klimaschutzplan 2050 verwendet den Begriff Gebäudebereich, betrachtet aber ebenso wie im KSG nur die direkten Emissionen in der Betriebsphase von Bauwerken. Sofern eine isolierte Betrachtung nach Quellprinzip gemeint ist, wird in diesem Bericht daher von Gebäudesektor gesprochen; bei sektorenübergreifender Betrachtung mit erweitertem Fokus wird hingegen der Begriff Handlungsfeld Gebäude verwendet.

Die Ökobilanz ist ein anerkanntes Hilfsmittel zur Erfassung und Bewertung von globalen Klima- und Umweltwirkungen im Lebenszyklus von Gebäuden. Das »passende« Instrument ist somit vorhanden. Rechenregeln und Systemgrenzen in Bezug auf die betrachteten Umwelt- und Klimawirkpotenziale sind künftig noch zu schärfen und eine Kopplung beispielsweise an das planetare Grenzkonzept herzustellen.

Gesicherte Daten zur Abbildung der Emissionen im Lebenszyklus (nach Verursacherprinzip beziehungsweise gemäß Lebenszyklusmodell nach DIN EN 15804:2022-03 und DIN EN 15978:2012-10), die mittels Ökobilanzierung erhoben werden können, stehen für viele, aber nicht für alle Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden zur Verfügung. Auch wird beispielsweise mit Energieüberschüssen (zum Beispiel aus gebäudenaher PV-Erzeugung) als Kenngröße in Modul D der Lebenszyklusinformationen sehr unterschiedlich verfahren; Varianten reichen vom informativen Mitführen (wie in der DIN vorgesehen) über teilweise Anrechenbarkeit (wie zum Beispiel im Zuge des QNG umgesetzt) bis hin zur vollständig anrechenbaren Gutschrift (hier werden neu errichtete Gebäude als klimapositiv und somit als CO<sub>2</sub>-Senken deklariert).

Abbildung 22: Unterscheidung von Neutralitätszielen (BBSR, eigene Darstellung)



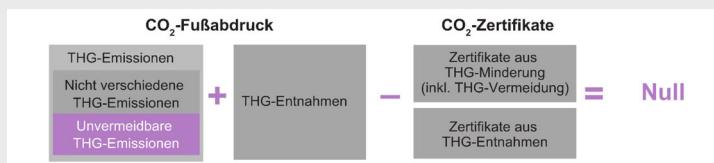
Eine Darstellung vorhandener Ansätze und Definitionen eines »klimanutralen« Gebäudes, die Bezifferung des Deltas betrachteter Emissionen – auch in Bezug auf unterschiedliche Berechnungsansätze – sowie die Ableitung ein-

heitlicher Begriffs- und Rechenregeln wurden als Forschungslücken identifiziert und im Folgenden diskutiert.

### EXKURS: Normative Entwicklung zur Definition von Klimaneutralität im internationalen Kontext

Die im November 2023 erschienene ISO 14068–1:2023 Climate change management — Transition to net zero Part 1: Carbon neutrality, die den Status einer internationalen Norm hat, ist ein erster wesentlicher Schritt, die existierende Lücke einer allgemeingültigen Definition der THG-Neutralität zu schließen. Sie ist auf unterschiedliche Organisationen (Unternehmen, öffentliche Verwaltungen, Finanzinstitute) sowie Produkte (Dienstleistungen, Veranstaltungen und auch Gebäude) anwendbar, jedoch ausdrücklich nicht auf Staaten und andere Gebietskörperschaften (wie Regionen oder Städte). Der normative Ansatz einer THG-Neutralität nach ISO 14068–1 besteht darin, dass Akteure oder Produkte in erster Linie ihren THG-Fußabdruck in Bezug auf Emissionen und Entnahmen minimieren und anschließend die verbleibenden Emissionen durch Zertifikate mit definierten Anforderungen kompensieren (Netto-Null-Prinzip). Damit wird der Hierarchieansatz des Verringerns vor der Kompensation verpflichtend. Der normative Vorschlag eines systematischen und transparenten Prozesses mit definierten Schritten und Berichtsformaten unterstützt die glaubwürdige, nachvollziehbare und einheitliche Dokumentation einer THG-Neutralität.

Abbildung 23: Ansatz der THG-Neutralität nach ISO 14068–1:2023 (Annex A, Figure A.1, S. 23) (BBSR, eigene Darstellung und Übersetzung)



Als Schwächen der Norm sind jedoch drei Aspekte zu nennen, die der Überarbeitung bedürfen: Zum einen wird die mangelnde Operationalisierung des Hierarchieansatzes gesehen. Die Norm enthält bislang keine

überprüfaren Anforderungen an wirksame THG-Emissionsminderungen im Einklang mit den Zielen des Übereinkommens von Paris. Die verwendete Definition »unvermeidbarer Emissionen« kann mit Verweis auf die wirtschaftliche Machbarkeit als Schlupfloch dienen, Emissionsminderungen wenig ambitioniert umzusetzen. Der Ansatz des Vermeidens noch vor dem Verringern wird nicht ausreichend thematisiert. Zum anderen sind die Differenzierung von THG-Entnahmen in Bezug auf ökologische und soziale Auswirkungen sowie Maßnahmen gegen Doppelzählungen unzureichend. Dies birgt hohe Risiken, dass THG-Neutralität auf Basis von THG-Entnahmen die Umwelt schädigt.

## **Methodische Grundlagen und Instrumente für Klima- und Ressourcenschonung im Handlungsfeld Gebäude**

### **Ökobilanzierung als Werkzeug**

Die Ökobilanzierung ist ein zentrales Instrument der Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten, Verfahren oder Dienstleistungen. Sie gibt Auskunft über deren Umwelt- und Klimawirkpotenziale und den jeweiligen Ressourcenbedarf. Die Ökobilanzierung unterstützt somit die Identifizierung ökologischer Einflüsse entlang des Lebenswegs eines Gebäudes. Darüber hinaus hilft sie bei der Wahl ökologisch geeigneter Bauprodukte und Konstruktionen, die möglichst wenig beispielsweise zur Klimaerwärmung beitragen.

Um THG-Neutralität als einen Aspekt des Klimaschutzes nachzuweisen, bedarf es einer Bewertung von THG-Emissionen. THG-Emissionen von Gebäuden werden in der Regel durch eine Ökobilanzierung/Lebenszyklusanalyse ermittelt. Die Methode der Ökobilanzierung beschränkt sich nicht allein auf die Ermittlung von THG-Emissionen. Sie gibt bei der Beurteilung von Gebäuden Auskunft über weitere potenzielle Umwelt- und Klimawirkungen und den Ressourcenbedarf für die Herstellung, die Errichtung, den Betrieb und die Entsorgung eines Gebäudes. Die zu verwendenden Daten für einzelne Baustoffe und Prozesse bietet die Datenbank ÖKOBAUDAT des Bundes.

## EXKURS: Instrumente des BBSR für ein ressourcenschonendes und klimaangepasstes Bauen

**ÖKOBAUDAT:** Die ÖKOBAUDAT ist eine Online-Datenbank mit Ökobilanzdaten für Baumaterialien, Bau-, Transport-, Energie- und Entsorgungsprozesse. In der ÖKOBAUDAT werden produkt- und produktgruppenspezifische Daten aus Umweltpunktdeklarationen, generische Daten sowie repräsentative Datensätze (für Holzwerkstoffe, Deutschland) veröffentlicht. Die ÖKOBAUDAT ist von zentraler Bedeutung für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Bauprojekten in Deutschland. Sie spielt eine Schlüsselrolle bei der Zertifizierung öffentlicher Bauvorhaben nach dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) und ist ebenso unverzichtbar für die Zertifizierung privater Gebäude im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) mit QNG. Darüber hinaus findet die ÖKOBAUDAT Anwendung in einer Vielzahl von privatwirtschaftlichen Zertifizierungssystemen. Als umfassende, öffentlich zugängliche Datenbank für generische Datensätze und Datensätze aus Umweltpunktdeklarationen (EPDs) liefert die ÖKOBAUDAT qualitätsgesicherte und international anerkannte Informationen, die für die Erstellung von Gebäudeökobilanzen unerlässlich sind. Sie ist eine der wenigen Datenbanken weltweit, die mit ihren generischen Datensätzen eine vollständige Ökobilanzierung von Gebäuden ermöglicht. Zudem zählen internationale EPD-Programmbetriebe zu den anerkannten Lieferanten von EPD-Daten, was die globale Reichweite und Relevanz der ÖKOBAUDAT weiter unterstreicht.

Das Werkzeug ist unter <https://www.oekobaudat.de/> verfügbar.

**Ökobilanzierungswerkzeug eLCA:** Mit eLCA, dem Online-Ökobilanzierungswerkzeug für Gebäude, lassen sich die potenziellen Umweltwirkungen von Gebäuden einfach, schnell und unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus bestimmen und bewerten. Die Kernkomponente von eLCA ist der Bauteileditor. Dieser ermöglicht dem Anwendenden, Bauteile einfach und anschaulich zu modellieren. Eine integrierte Bauteilbibliothek mit typischen Beispielkonstruktionen unterstützt die Anwendenden bei der Arbeit.

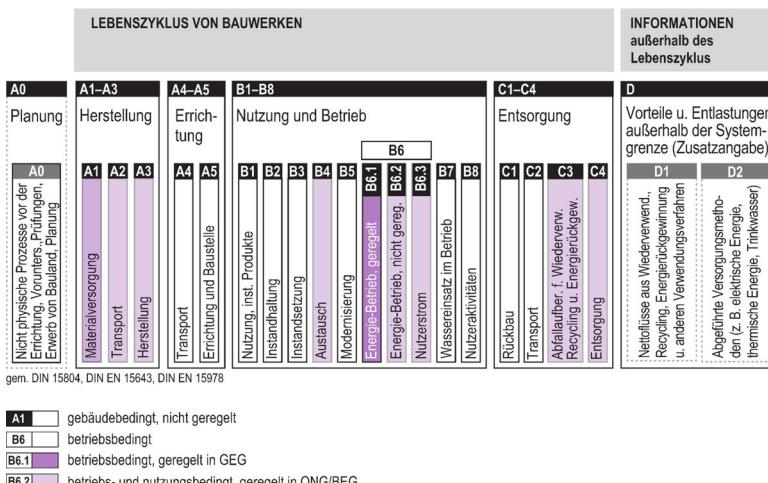
Das Werkzeug ist unter <https://www.bauteileditor.de/> verfügbar.

Der Lebenszyklus eines Bauwerks ist in vier Bereiche mit zugehörigen Modulen aufgeteilt (Abbildung 24):

- A1-3: Herstellung,
- A4-5: Errichtung,
- B1-8: Nutzung und Betrieb sowie
- C1-4: Entsorgung und Verwertung.

Die vorgelagerte Planungsphase und die Module D1 und D2 liegen außerhalb der gemäß DIN definierten Systemgrenze zum Lebenszyklus eines Gebäudes; DIN-konform werden positive und negative Emissionswerte hier nur informativ mitgeführt.

*Abbildung 24: Module des Lebenszyklus eines Gebäudes (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12; DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020: 1)*



Aktuell werden gemäß KSG und GEG, also unter Zugrundelegung des Quellprinzips, allein die direkten Emissionen von Hochbauten in Modul B6.1 (rot gefärbt) als Maßstab für THG-Neutralität im Gebäude sektor herangezogen. Alle anderen Module sind anderen Sektoren (zum Beispiel Energie-, Industrie-, Verkehrs-, Landwirtschaftssektor etc.) zugeordnet. Der hohe

Anteil an Modulen in anderen Sektoren zeigt den eigentlichen Einfluss des Handlungsfelds Gebäude auf andere Bereiche. Verbräuche in anderen Sektoren können maßgeblich durch Planung und Umsetzung, das heißt durch die Architektur von Gebäuden, beeinflusst werden. Diese werden gemäß KSG jedoch nicht betrachtet und somit werden keine Anreize geschaffen, um Klima- und Umweltschutzpotenziale des gesamten Handlungsfelds Gebäude auszuschöpfen. Gemäß (Ramseier/Frischknecht 2020) müssten alle Module im Optimalfall 40 % THG-Emissionen von Deutschland abdecken. Daten fehlen in Teilbereichen. Weiterer Forschungsbedarf besteht vor allem in der Verknüpfung der planetaren Grenzen mit Ökobilanzen beziehungsweise der Ressourceninanspruchnahme.

### **EXKURS: Lebenszyklus von Bauwerken – Erläuterung der Module nach DIN EN 15978:2012-10, DIN EN 15643:2021-12**

**MODULGRUPPE A1-3** beschreibt die Lebenszyklusphase der **Herstellung** (= vom Rohstoff zum Baustoff beziehungsweise Baumaterial):

**A1** Rohstoffbeschaffung (über die ÖKOBAUDAT abgebildet)

**A2** Transport (vom Abbauort ins Werk, einschl. Zwischenschritten; über die ÖKOBAUDAT abgebildet)

**A3** Produktion (über die ÖKOBAUDAT abgebildet)

**MODULGRUPPE A4-5** beschreibt die Lebenszyklusphase der **Errichtung** (= Erstellung eines Bauwerks):

**A4** Transport (vom Werk auf die Baustelle)

**A5** Errichtung/Einbau (alle Tätigkeiten während des Baus, einschl. Energieverbräuche für Baustrom, Baumaschinen etc.)

**MODULGRUPPE B 1-8** beschreibt die Lebenszyklusphase des **Betriebs und der Nutzung** (= Lebensdauer eines Bauwerks, angenommen 50 Jahre):

**B1** Nutzung (Prozesse durch Alterung von Bauteilen, z.B. Ausgasungen von F-Gasen oder Kältemittel-Leckagen; aktuell wird die Berücksichtigung von Carbonatisierungseffekten bei mineralischen Baumaterialien diskutiert)

**B2** Instandhaltung (regelmäßig anfallende Prozesse, z.B. Reinigung, Malern usw.)

**B3** Instandsetzung/Reparaturen (unerwartet anfallende Prozesse, z.B. durch Unfälle, Gebrauchsschäden)

- B4** Austausch (wesentliche Veränderung in geplanten Austauschzyklen gemäß der Haltbarkeit von Bauprodukten oder Bauteilen)
- B5** Modernisierung (wesentliche Veränderung in ungeplanten Austauschzyklen z.B. Nachrüsten, Umbau)
- B6** Energieverbrauch im Betrieb (hier wurde zugunsten höherer Transparenz folgende Unterscheidung vorgenommen):
  - B6.1** betrifft geregelte Energieverbräuche nach GEG (das heißt für Strom, Wärme und Licht für alle fest installierten Lampen)
  - B6.2** betrifft bisher ungeregelte Energieverbräuche für gebäudeintegrierte Mobilität (z.B. Aufzüge)
  - B6.3** betrifft bisher ungeregelte Energieverbräuche für Nutzerstrom (z.B. für im Gebäude betriebene Kleingeräte)
- B7** Wasserverbrauch im Betrieb
- B8** Transport/Förderung/Verteilung (hierin eingeslossen sind z.B. E-Mobilitätsangebote)

**MODULGRUPPE C1-4** beschreibt die Lebenszyklusphase **Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung** (= End of Life):

- C1** Rückbau/Abriss (alle Tätigkeiten während des Rückbaus, z.B. Energieverbräuche für Baumaschinen)
- C2** Transport (von der Baustelle zur Deponie, zum Ort des Umwandelns oder zum neuen Ort des Einbaus)
- C3** Abfallbehandlung (Art der Verwertung; über die ÖKOBAUDAT abgebildet)
- C4** Entsorgung (über die ÖKOBAUDAT abgebildet)

**MODULGRUPPE D1-2** beschreibt über die Systemgrenze des Lebenszyklus hinaus **Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenze**:

- D1** Recyclingpotenzial
- D2** Effekte exportierter Energie

(BBSR, eigene Darstellung)

## Systemgrenzen der Lebenszyklusbetrachtung

Die Lebenszyklusbetrachtung unterscheidet zwischen der Beschreibung des **Gebäudemodells** (Tabelle 4) und des **Lebenszyklusmodells** (Tabelle 5). Im Zusammenhang mit der Einführung des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude des Bundes (QNG) wurden Regeln für die Erstellung von Ökobilanzen erstellt und im Folgenden referenziert.

*Tabelle 4: Systemgrenze des Gebäudemodells (BBSR, eigene Darstellung nach Lützkendorf 2021 und ebd.)*

<b>Gebäudemodell</b>	
Beschreibung	Systemgrenze
Es wird der <b>Betrachtungs- und Bewertungsgegenstand</b> beschrieben: Das Gebäudemodell orientiert sich an den Kostengruppen der DIN 276 und bietet die Grundlage der eigentlichen ökobilanziellen Berechnung.	Neben der Ermittlung <b>absoluter Emissionswerte entlang der Kostengruppe gemäß DIN 276</b> ist es im Sinne einer einfachen Handhabung möglich, gewisse Kostengruppen anhand von <b>Pauschalwerten</b> zu bewerten oder auch sogenannte <b>Abschneide-Kriterien</b> festzulegen. KG 200 wird aktuell nicht einbezogen und bewertet. KG 300 (ab KG 320) und KG 400 werden <b>vollständig</b> abgebildet. Kleinkomponenten der KG 400 werden in der Regel <b>pauschal</b> abgebildet. Aufwendungen der KG 500 werden <b>sinngemäß</b> abgebildet, sofern sie der Gebäudeversorgung dienen.

*Tabelle 5: Systemgrenze des Lebenszyklusmodells (BBSR, eigene Darstellung nach Lützkendorf 2021 und BMWSB 2024)*

**Lebenszyklusmodell**

Beschreibung	Systemgrenze
<b>Die zeitbezogene Einteilung</b> lässt sich in Herstellung, Errichtung, Betrieb und Nutzung sowie Entsorgung differenzieren.	Für das Lebenszyklusmodell gilt in der Regel ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren. Dieser endet mit den Prozessen am Ende der Nutzungsdauer des Gebäudes. Hierfür wird in der Regel ein selektiver Rückbau angenommen. Treibhausgasemissionen oder andere Umwelt- und Klimawirkpotenziale, welche im Zusammenhang mit der Rückgewinnung und dem Recycling der Bausubstanz entstehen, befinden sich gemäß DIN EN 15643:2021-12 zwar jenseits der Systemgrenze, sind aber als »Reyclingpotenzial« (Modul D1) und »Effekte der an Dritte gelieferten Energie« (Modul D2) u.a. unter Anwendung der Normen DIN EN 15643:2021-12 und DIN EN 15804:2022-03 zu ermitteln. Die Ergebnisse beider Module fließen jedoch nicht in die Gesamtbewertung ein und werden als ergänzende Informationen separat dargestellt.
<b>Die sachbezogene Einteilung</b> untergliedert sich in den gebäudebezogenen Teil und den betriebsbedingten Teil. Einzelne Module können somit zeitbezogen und sachbezogen eingeordnet werden.	Erfasst werden für den gebäudebezogenen Anteil im Minimum die Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit: - Herstellung der Bauprodukte, Bauteile und Systeme (Module A1-3), - Austausch/Ersatzinvestitionen (Modul B4) sowie - Aufbereitung/Entsorgung (Module C3-4). Erfasst werden für den betriebs- und nutzungsbedingten Anteil im Minimum die Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit: - Gebäudebetrieb, der im GEG geregelt ist (Modul B6.1), - Gebäudebetrieb, der bisher nicht im GEG geregelt sind, z.B. zentrale Dienste und Aufzüge (Modul B6.2) - Gebäude Nutzung, z.B. Nutzerstrom (Modul B6.3). Letztere beide Positionen werden anhand von Kennwerten ermittelt. Aktuell nicht erfasst werden: - Transporte zur Baustelle (Modul A4) und Baustellenprozesse (Modul A5), Nutzung installierter Produkte (Modul B1), mit folgender Ausnahme: für den Fall des Einsatzes nicht natürlicher Kältemittel gilt die Sonderberechnungsvorschrift F-Case zu den LCA-Bilanzierungsregeln des QNG, - Instandhaltung (B2), Instandsetzung (B3), Modernisierung (B5) und Wassereinsatz für den Betrieb (B7) sowie - Rückbauprozesse (C1) und damit verbundene Transporte (C2).

- Bevor mit der Gebäude-Ökobilanzierung begonnen werden kann, müssen die Systemgrenzen und Rechenregeln festgelegt und transparent dargestellt werden. Kurz: Es muss dargelegt werden, welche Aspekte in welcher Art und welchem Maß in die Bilanz von Gebäuden einfließen und welche nicht. Der Regelsetzer sollte gleichermaßen entsprechende Anforderungen formulieren. Diese Regeln sollten dann durch Softwareanbieter und Anwender einheitlich umgesetzt werden.

## Rechenregeln und Benchmarks

Mit der Anforderung der THG-Neutralität wurde im Handlungsfeld Gebäude eine neue Benchmark (= Vergleichsmaßstab) eingeführt. Bisherige Rechenregeln und Systemgrenzen zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen gelten weiterhin, müssen jedoch weiter geschärft und präzisiert werden (Lützkendorf 2021: 19).

### **EXKURS: Gebäude-Ökobilanz in frühen Planungsphasen**

(siehe auch BBSR-Forschungsprojekt: Klimaschutz im Gebäudebereich. Grundlagen, Anforderungen und Nachweismöglichkeiten für klimaneutrale Gebäude – ein Diskussionsbeitrag)

Eine detaillierte Ökobilanz allein am Ende des Planungsprozesses macht hinsichtlich des Optimierungspotenzials nur wenig Sinn. Gleichzeitig ist eine detaillierte Ökobilanz für unterschiedliche Entwurfsvarianten aufwendig und wird zumeist nicht vergütet.

Ein gangbarer Weg ist es, ein vereinfachtes Verfahren der Ökobilanz für die frühen Planungsphasen zu entwickeln: In Bezug auf den Detailgrad der Berechnung könnte eine Analogie zur Kostenermittlung nach BKI aufgegriffen werden. Demnach könnte in einer frühen Planungsphase mit Kennwerten beziehungsweise Durchschnittswerten gearbeitet werden, in späteren Leistungsphasen könnte hingegen mit konkreten und objektbezogenen Berechnungen sowie mit Messungen der realen Performance im Betrieb abgeglichen werden. Verbaute Materialien etc. könnten in einem Gebäudepass vermerkt werden. Auch eine Kopplung mit BIM ist denkbar (Lützkendorf 2021).

*Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de/abrufbar>.*

Zur Sicherstellung von Vergleichbarkeit und Validität von Nachweisergebnissen ist es notwendig, dass der Bund einheitliche Rechenregeln für den Nachweis der THG-Neutralität vorgibt. Dies gilt insbesondere im Zusammenhang mit gesetzlichen Anforderungen und Nachweispflichten, ist aber auch für ein gesamtgesellschaftliches Verständnis von THG-Neutralität unabdingbar. Der Bund hat bereits Benchmarks für die Förderung von Bauvorhaben im Neubau und im Bestand sowie eine neue Generation von Regeln für die Ökobilanz eingeführt: Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) und das Qualitäts-siegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) definieren bereits Anforderungsniveaus für die Zertifizierung und Förderung im Rahmen der Bundesförderung für ef-fiziente Gebäude (BEG).

→ Gemäß dem Bottom-up-Prinzip beziehen sich bisherige Benchmarks auf Referenzgebäude und die Unterschreitung der dort ermittelten Werte. Un-klar bleibt, ob die auf Bundesebene bereits definierten Anforderungen ge-mäß KSG ausreichen, um eine nationale Netto-THG-Neutralität bis 2045 im Gebäudesektor zu erreichen, beziehungsweise wie eine zielkonforme, gege-benenfalls dynamische Steuerung erfolgen könnte und ob die auf Bundes-ebene bereits definierten Anforderungen im Gebäudesektor ausreichen, um das global und national verfügbare CO<sub>2</sub>-Budget gemäß IPCC einzuhalten. Hierfür müsste das globale CO<sub>2</sub>-Budget nicht nur auf nationale Sektoren, sondern auf das gesamte Handlungsfeld Gebäude umgelegt werden.

## Indikatoren und Messgrößen

Um THG-Neutralität nachzuweisen, wird in der Regel auf den Indikator Treib-hauspotenzial (GWP 100) zurückgegriffen. Laut Lützkendorf (2021: 14) besteht für den Nachweis der THG-Neutralität zunächst kein Bedarf, zusätzliche In-dikatoren zu entwickeln.

### EXKURS: GWP 100 – Globales Erwärmungspotenzial

(siehe auch BBSR-Forschungsprojekt: Klimaschutz im Gebäudebereich. Grundlagen, Anforderungen und Nachweismöglichkeiten für klimaneutrale Gebäude – ein Diskussionsbeitrag)

Das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) ist der poten-

zielle Beitrag eines Stoffes zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten, das heißt zum sogenannten Treibhauseffekt.

Der Beitrag des Stoffes wird als GWP-Wert relativ zum Treibhauspotential des Stoffes Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) angegeben. Für die Bewertung werden die Werte GWP100 – das heißt der Beitrag eines Stoffes zum Treibhauseffekt gemittelt über den Zeitraum von 100 Jahren – verwendet. Dafür wird das flächen- und jahresbezogene  $\text{CO}_2$ -Äq über den Lebenszyklus für Konstruktion und Betrieb des Gebäudes herangezogen. Je niedriger der Wert des  $\text{CO}_2$ -Äq ist, umso niedriger ist die potenzielle Wirkung auf die globale Erwärmung und die damit verbundenen Umweltwirkungen.

*Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de> abrufbar.*

Aktuelle Entwicklungen in der europäischen Normung (DIN EN 15978–1:2021, DIN EN 15804:2022-03) erfordern neben dem GWP 100 gesamt folgende Aufschlüsselung:

- GWP, fossil,
- GWP, biogenic,
- GWP, luluc (land use and land use change).

Mit diesem Ansatz wäre bereits ein erster Schritt gelungen, das Treibhauspotential als Indikator für den Klimawandel differenzierter zu beschreiben, und zwar in Bezug auf die während des Wachstums von Biomasse aus der Atmosphäre aufgenommene und über die Lebensdauer des Materials gebundene Menge an  $\text{CO}_2$  (GWP, biogenic) sowie in Bezug auf  $\text{CO}_2$ , welches durch Veränderungen des festgelegten Kohlenstoffbestands infolge der Landnutzung und Landnutzungsänderung entsteht oder gebunden wird (GWP, luluc).

Um jedoch nachteilige Wechselwirkungen und Verlagerungen von Umweltbelastungen im Sinne der planetaren Grenzen zu vermeiden, wird vorgeschlagen, die Bewertung der THG-Emissionen in ein System weiterer Indikatoren einzubinden (Lützkendorf 2021: 16). Empfohlen werden mindestens Indikatoren zur Beurteilung der Ressourceninanspruchnahme (beispielsweise RMI – Raw Material Input – oder TMR – Total Material Requirement), der Einsatz der Ressource Süßwasser (FW), des biogenen Kohlenstoffgehalts ( $C_{\text{biogen}}$ ), der Menge an radioaktiven Abfällen (RWD) und Feinstaub beziehungsweise Particulate Matter (PM). Die Definition einer geeigneten und praktikablen Auswahl steht noch aus. Eine reine Betrachtung des Indikators GWP 100 im

Rahmen der Ökobilanzierung greift zu kurz. Ressourcenschonendes Bauen ließe sich über zusätzliche Rohstoffindikatoren wie folgt abdecken.

### EXKURS: Rohstoffindikatoren

(siehe auch BBSR-Forschungsprojekt: Anwendbarkeit von Indikatoren für den Kumulierten Rohstoffs aufwand im BNB und QNG)

**Rohstoffindikatoren:** Rohstoffindikatoren zeigen die Umweltwirkung auf, die mit der Gewinnung (Extraktion) von natürlichen Rohstoffen in erster Linie aus der Erdkruste (abiotische Rohstoffe) und aus dem Erdboden (biotische Rohstoffe) entstehen. Die Indikatoren stellen das Verhältnis dar, wie viel Rohstoff benötigt wird, um eine bestimmte Menge eines (Bau-)Materials zu erzeugen. Mithilfe der Rohstoffindikatoren ist es möglich, ressourcenschonende Bauweisen anhand einer geeigneten Materialwahl bewusst zu steuern. Das BBSR verfolgt die Indikatoren RMI und TMR, die sich zum Teil deutlich in ihrem Erfassungsbereich (Systemgrenze) unterscheiden.

**TMR – Gesamtprimärmaterialbedarf (Total Material Requirement):** Der TMR umfasst die in- und ausländische Rohstoffentnahme. Es werden neben den genutzten auch die ungenutzten Rohstoffe, wie zum Beispiel Abraum bei bergmännischer Gewinnung oder im Wald bei der Baumfällung verbleibende Äste, mitgezählt.

**RMI – Rohstoffeinsatz (Raw Material Input):** Der RMI misst den genutzten Anteil des aus der Umwelt entnommenen Primärmaterials, d.h. die Menge eingesetzter abiotischer und biotischer Rohstoffe für Produkte, Infrastrukturen und Dienstleistungen. Gezählt werden sowohl stofflich als auch energetisch genutzte Mengen. Damit wird ein Instrument geschaffen, das die ökobilanziellen Vorteile von Recyclinganteilen bei der Materialherstellung adäquat berücksichtigt. Durch die Messung des Massenumsatzes der Primärmaterialentnahme und Rohstoffnutzung können die grundlegenden Determinanten des Umweltbelastungspotenzials der Nutzung von Baustoffen, Bauteilen oder auch ganzer Gebäude bestimmt werden.

Die Studie ist auf der Website des BBSR: <https://www.bbsr.bund.de/abrufbar>.

## Problematik der Auswahl geeigneter Wirkungskategorien für das »Mainstreaming« von LCA

Die Auswahl der Wirkungskategorien sollte die relevanten Umweltwirkungen eines Systems möglichst vollständig und umfassend abbilden (ISO 14040 und ISO 14044). Die Folgenabschätzung der Ökobilanzierung kann auf unterschiedliche Weisen erfolgen. Ein Hauptunterschied bei der Auswahl der untersuchten potenziellen Umwelt- und Klimawirkungen besteht zwischen sogenannten Midpoint- und Endpoint-Methoden, welche sich auf unterschiedliche Stufen der Ursache-Wirkung-Kette beziehen: Eine Endpunkt-methode betrachtet die Umweltauswirkungen am Ende dieser Ursache-Wirkung-Kette, beispielsweise Auswirkungen auf menschliche Gesundheit oder Ökosysteme sowie Erschöpfung von Ressourcen. Die Midpoint-Methode betrachtet die Auswirkungen entlang der Ursache-Wirkung-Kette bevor der Endpunkt erreicht ist, beispielsweise Klimawandel (Global-Warming-Potenzial), toxische Schädigung von Menschen durch Feinstaub (Aerosolbildungspotenzial) oder andere ressourcenbezogene Aspekte. Der Weg von Midpoint zu Endpoint verläuft über die Zuordnung von »damage pathways«, das heißt, mehrere Midpoint-Indikatoren können unterschiedlich gewichtet in einen Endpoint-Indikator einfließen. Die Entwicklung von robusten linearen Wirkungsketten von den Sachbilanzdatensätzen zu Tertiärwirkungen (Endpoints) ist häufig nicht möglich und mit größeren Unsicherheiten in den Charakterisierungsfaktoren verbunden (Busch/Fehrenbach/Vogt 2022).

Somit haben Midpoint-Ergebnisse modellbedingt eine geringere Unsicherheit, sind aber nicht direkt dem Konzept der planetaren Grenzen zugeordnet. Die Umwandlung von Mittelwerten in Endpunkte vereinfacht zwar die Interpretation der LCA-Ergebnisse, mit jeder Aggregationsstufe steigt jedoch die Unsicherheit der Ergebnisse.

Eine Beispieldmethode aus der Schweiz ist die Erfassung der ökologischen Knapphheit. Hierbei erfolgt die Wirkungsabschätzung nach dem Prinzip »Verhältnis zur tolerierten Zielmenge« (distance-to-target). Zentrale Größe der Methode sind die Ökofaktoren, welche die Umweltbelastung einer Emission, einer Ressourcennutzung beziehungsweise weiterer Stoffflüsse in der Einheit Umweltbelastungspunkte (UBP) pro Mengeneinheit angeben. Zur Herleitung eines Ökofaktors wird die aktuelle Situation zur tolerierten Zielmenge ins Verhältnis gesetzt. Die Ökofaktoren basieren auf Gesetzgebungen oder politischen Zielen. Je mehr ein Land seine definierte Schwelle, beispielsweise für Emissionen, überschreitet oder ein Umweltschutz-Ziel verfehlt, desto größer

wird der Ökofaktor. Das heißt, die Ökofaktoren müssen mit der Gesetzgebung regelmäßig aktualisiert und länderspezifisch entwickelt werden.

- Die Frage, welche Art und Auswahl von Indikatoren bundeseinheitlich vorgegeben werden sollte, bringt folgenden Konflikt mit sich: Einerseits ist das Ziel, eine möglichst ganzheitliche Nachhaltigkeitsbetrachtung zu fordern, was eine breite Auswahl von sichereren Indikatoren voraussetzt. Andererseits besteht der Bedarf nach der Reduktion von Komplexität, um die Lebenszyklusanalyse möglichst schnell in die Praxisanwendung zu bringen (= »Mainstreaming«) sowie in die Logik der globalen Berichterstattung einzubetten. Eine Logik gemäß dem Prinzip »Verhältnis zur tolerierten Zielmenge« ließe sich an das planetare Grenzkonzept koppeln.

## Bezugsgrößen

In der Ökobilanzierung von Gebäuden werden die potenzielle Umwelt- und Klimawirkungen des gesamten Lebenszyklus addiert [ $\text{UWG}_{\text{ges},i}$ ] und durch die Netto-Raumfläche [NRF] geteilt. Indem Fläche damit als Referenzwert wirkt, werden Effizienzziele in Bezug auf die Gebäudekonstruktion erreicht. Der klimawirksame Faktor des tatsächlich notwendigen Flächenverbrauchs im Sinne der Suffizienz wird auf diese Weise jedoch vernachlässigt. Ein möglicher Ansatz, um Suffizienzziele innerhalb der Bezugsgrößen zu verankern und gleichzeitig einen möglichst sozial-gerechteren Transformationspfad zu gehen, wäre eine Umrechnung auf »pro Kopf« oder »pro Nutzungsstunden«. Zusätzlich sollte ein Versiegelungsfaktor beziehungsweise Entsiegelungsfaktor zur Umsetzung des 30-ha-Ziels (max. Versiegelung für Siedlungen und Verkehr pro Tag) gefordert werden, formuliert in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung 2021a). Vor- und Nachteile sollten im Rahmen einer weitergehenden Forschung diskutiert werden. Beispielsweise kann ein Budget pro Kopf mit dem Ziel der Förderung von Flächensuffizienz eine sinnvolle Bezugsgröße sein, jedoch kann die Anzahl der Nutzenden stark schwanken. Bezugsgrößen und übergeordnetes Ziel eines Nachweises sind also nicht voneinander zu trennen. Exemplarisch werden verschiedene Bezugsgrößen in der Case Study als Rechenbeispiel beurteilt. Der Klimawandel im Zusammenspiel mit Gemeinwohlorientierung und sozialer Gerechtigkeit steht mehr und mehr im Fokus aktueller Betrachtungen.

## Begriffsdefinitionen

»Klima- und ressourcenschonendes Bauen« muss sich mindestens am Lebenszyklus von Gebäuden, an den planetaren Grenzen und an einem entsprechenden Indikatoren-Set orientieren. Ziel ist es, Klima- und Umweltwirkpotenziale mittels Ökobilanzierung den planetaren Grenzen zuzuordnen.

Die planetare Grenze »Klimawandel« wird aktuell über den Indikator GWP als Treibhauspotenzial abgebildet. Als Teilespekt des Klima- und ressourcenschonenden Bauens wird nachfolgend die aktuelle Diskussion um Klimaneutralität ausgewertet und die Abbildung weiterführender Umwelt- und Klimawirkpotenziale ergänzend angerissen.

Der Begriff »klimaneutral« wird aktuell in unterschiedlichem Kontext, oft umgangssprachlich, aber auch in Unterlagen der Bundesregierung verwendet (Lützkendorf 2021: 25). Der Begriff ist problematisch, weil er Spielräume im Sinne einer weiten oder engen Interpretation zulässt. Ebenfalls problematisch ist die Verwendung des Begriffs »CO<sub>2</sub>-neutral«, weil allein das Treibhausgas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) betrachtet wird.<sup>2</sup> Neben weiteren Treibhausgasen (zum Beispiel Methan) werden relevante Wirkungskategorien ausgeblendet, wie zum Beispiel Ressourcenverbrauch, Nutzung von (Süß-)Wasser (FW), Naturraumbeanspruchung, Ozonabbaupotenzial (ODP), Versauerungspotenzial (AP), Eutrophierungspotenzial (EP) und Feinstaub (PM), um nur eine Auswahl zu nennen. Gerade im Kontext aktueller politischer Entwicklungen (beispielsweise EU-Taxonomie), aber auch in Anbetracht der eintretenden Folgen des Klimawandels (beispielsweise Extremwetterereignisse wie Starkregen, anhaltende Hitze- und Dürreperioden, Wasserknappheit usw.) zeigt sich, dass neben der planetaren Grenze »Klimawandel« auch die weiteren Dimensionen beziehungsweise Grenzen zu beachten und in entsprechenden Indikatoren im Bauwesen zu messen sind.

- Im Interesse einer klar abgrenzbaren Definition wird vorgeschlagen, mindestens die Zwillinge Zelle Ressourcenschonung und Klimaschutz zu adressieren. Weitere Ziele, wie der Erhalt und die Förderung von Biodiversität sollten perspektivisch ebenfalls adressiert werden.
- 
- 2 Nicht betrachtet würden die Treibhausgase Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>), Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>) sowie teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFKW) gemäß Anhang V Teil 2 der Europäischen Governance-Verordnung in der jeweils geltenden Fassung (Deutscher Bundestag 2019).

- Für rechtsverbindliche Anforderungen im Bereich Ressourcenschonung muss künftig eine entsprechende Begrifflichkeit vereinbart werden. Für rechtsverbindliche Anforderungen im Bereich Klimaschutz wird vorgeschlagen, zunächst den Begriff »(netto-)treibhausgasneutral« zu verwenden.

Ungelöst bleibt die Frage, welche Abschnitte beziehungsweise, im Sinne der Normung, welche Module des Lebenszyklus von Gebäuden einbezogen werden und welche nicht. Hierzu sollte im Minimum zunächst grob unterschieden werden, auf welchen Zeitraum sich bezogen wird. Folgende Differenzierung wurde bereits durch unterschiedliche wissenschaftliche Akteure u.a. (Lützkendorf 2021: 26), vorgeschlagen und im Rahmen dieser Studie als Definitionen DEF 1 bis 4 fortgeschrieben:

*Tabelle 6: Differenzierung aktueller Definitionen und Abstufungen von THG-Neutralität im Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung nach Lützkendorf 2021)*

---

#### **DEF 1 (netto-)treibhausgasneutral im Betrieb**

---

Ein Gebäude wird dann als (netto-)treibhausgasneutral im Betrieb betrachtet, wenn:

- eine ausgeglichene Bilanz an THG-Emissionen unter Beachtung definierter Systemgrenzen sowie Rechenregeln und anerkannter Ausgleichs- beziehungsweise Kompensationsmöglichkeiten nachgewiesen wird.
- 

#### **DEF 2 (netto-)treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung**

---

Ein Gebäude wird dann als (netto-)treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung betrachtet, wenn:

- eine (Netto-)THG-Neutralität im Betrieb (gemäß o. s. Definition) sowie keine energiebedingten THG-Emissionen infolge der Nutzung, beispielsweise Haushaltsstrom (Modul 6.3 und 8), nachgewiesen wurden; am Gebäude/auf dem Grundstück das verfügbare solare Potenzial für die Erzeugung erneuerbarer Energie ausgenutzt, diese überwiegend genutzt und ein Teil an Dritte geliefert wird sowie
  - eine Energiebilanz erstellt wird und eine ausgeglichene oder positive Bilanz der Primärenergie, nicht erneuerbar mindestens als Jahresbilanz, besser als Monatsbilanz nachgewiesen wird.
-

### **DEF 3 (netto-)treibhausgasneutral im limitierten Lebenszyklus**

Ein Gebäude wird dann als (netto-)treibhausgasneutral im Lebenszyklus betrachtet, wenn:

- eine Netto-THG-Neutralität gemäß Begriff »(netto-)treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung« gegeben ist und darüber hinaus
- die Module zu Herstellung (Modul A1-3), Austausch (Modul B4) sowie Abfall und Entsorgung (Modul C2 und C4) in Summe die Anforderungen an eine Netto-THG-Neutralität erfüllen.

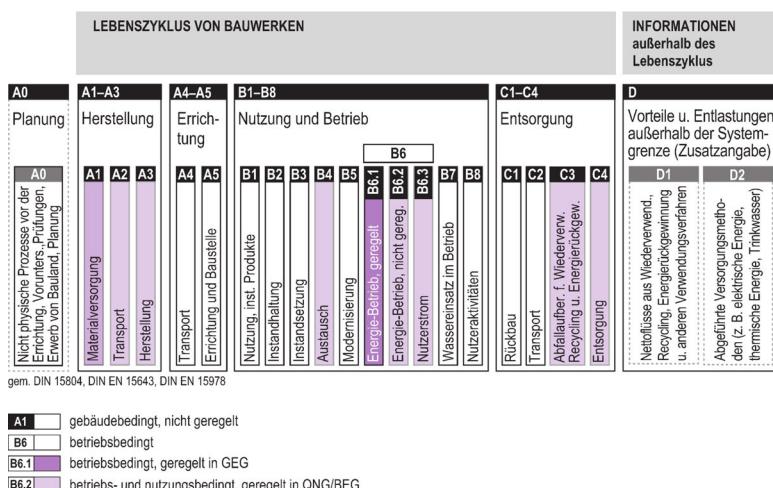
### **DEF 4 (netto-)treibhausgasneutral im Lebenszyklus**

Ein Gebäude wird dann als (netto-)treibhausgasneutral im gesamten Lebenszyklus betrachtet, wenn:

- alle Module gemäß DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12 und DIN EN 15978:2012-10 sektorenübergreifend und in Summe die Anforderungen an eine Netto-THG-Neutralität erfüllen.

Aufgrund fehlender Daten und individueller Gebäudesituationen ist diese Definition aktuell nur mit hoher Aufwand und großen Unsicherheiten umzusetzen und damit noch nicht praktikabel.

*Abbildung 25: Vergleich der in die ökobilanzielle Betrachtung eingeschlossenen Module im Lebenszyklus eines Gebäudes bei unterschiedlichen Rechen- und Bilanzierungsregeln (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12, DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020)*



Die oben stehende Abbildung veranschaulicht die in ökobilanziellen Betrachtungen in Bezug genommenen Module des Lebenszyklusmodells.

Die Definitionen DEF 1 bis 3 repräsentieren Anforderungen aus Ordnungs- und Förderrecht; der Vorschlag einer praktikablen BBSR-Definition ist im folgenden Kapitel erfasst.

- Aufgrund fehlender Daten und individueller Gebäudesituationen ist die breite Umsetzung von DEF 4 aktuell nur mit hohem Aufwand und großen Unsicherheiten möglich. Um (Netto-)THG-Neutralität umfassend abzubilden, besteht somit dahingehend Handlungsbedarf, die Lücken aufzuarbeiten und die Module zu quantifizieren. Dies könnte schrittweise geschehen; vorerst per Annahmen oder über Pauschalwerte, später evidenzbasiert.
- Unklar bleibt, ob die heutigen QNG-Standards beziehungsweise ein EH-40-Standard bei Neubau/EH-55-Standard bei Modernisierung tatsächlich der THG-Neutralität gemäß IPCC entspricht. Ein Bezug zu den gemäß SRU ermittelten verbleibenden nationalen CO<sub>2</sub>-Budgets oder dem KSG ist bisher nicht gegeben beziehungsweise wäre künftig herzustellen.