



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



BBSR-
Online-Publikation
33/2021

Klimaschutz im Gebäudebereich

Autor

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf

Klimaschutz im Gebäudebereich

Grundlagen, Anforderungen und Nachweismöglichkeiten
für klimaneutrale Gebäude – ein Diskussionsbeitrag

Impressum

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat WB 5 „Nachhaltiges Bauen“
Merten Welsch (Projektleitung)
merten.welsch@bbr.bund.de

Autorinnen und Autoren

Karlsruher Institut für Technologie
Fachgebiet Immobilienwirtschaft (FIWI)
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf

Redaktion

Löhnert|Dorn-Pfahler|Dalkowski Architekt & Ingenieure PartGmbB, Berlin
Dipl.-Ing. Andreas Dalkowski

Stand

November 2021

Gestaltung

Dipl.-Ing. Andreas Dalkowski

Bildnachweis

Titelbild: Dr. Günter Löhnert
nach BKI, Abb. 13
BMI 2019, Abb. 1
nach DIN 276, Abb. 7
nach EN 15643, Abb. 4,8
T. Lützkendorf, Abb. 5, 6, 9, 10, 11
Ramseier/Frischknecht 2020, Abb. 2
nach SRU 2020, Abb. 12
United Nations o. J., Abb. 3

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitierweise

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): Klimaschutz im Gebäudebereich: Grundlagen, Anforderungen und Nachweismöglichkeiten für klimaneutrale Gebäude – ein Diskussionsbeitrag. BBSR-Online-Publikation 33/2021, Bonn, Dezember 2021.

Inhaltsverzeichnis

1	Kontext.....	8
1.1	Nachhaltiges Bauen - Teilaspekt einer nachhaltigen Entwicklung.....	8
1.2	Schutzgüter und Schutzziele als Basis für Bewertungskriterien	9
1.3	Klimaschutz als ein Teilziel im Kontext nachhaltiger Gebäude.....	10
1.4	Anteil des Bau- und Gebäudebereichs an nationalen THG-emissionen.....	11
1.5	Bezüge zu SDGs, Nachhaltigkeitsstrategien und Rahmenwerken.....	13
2	Grundlagen & Anwendungsfälle der Bewertung von THG-Emissionen.....	15
2.1	Betrachtungsgegenstand.....	15
2.2	Indikatoren und Bewertungsmaßstäbe als Bewertungsgrundlagen.....	15
2.3	Ökobilanzierung als Methode und Hilfsmittel	16
2.4	Zusammenwirken von „Bausteinen“ einer Berechnung & Bewertung	19
2.5	Stand der Normung und weiterer Grundlagen.....	19
2.6	Anwendungsfälle	21
3	Begriffe und Definitionen	23
3.1	Klimaneutral, klimafreundlich, klimaverträglich – eine Annäherung	23
3.2	Begriff „treibhausgasneutral“	25
3.3	Handlungsempfehlungen.....	32
4	Rechenregeln und Nachweisverfahren	33
4.1	Zeitpunkt der Ermittlung.....	33
4.2	Systemgrenzen.....	34
4.3	Datengrundlagen.....	43
4.4	Umgang mit Effekten aus dem Bezug von Ökostrom	48
5	Anforderungswerte (und ihre Erreichbarkeit).....	49
5.1	Planetare Grenzen; Klimaneutralität als Ziel	49
5.2	(Netto-)Treibhausgasneutralität als Ziel-, Planungs- und Nachweisgröße	50
5.3	Anforderungsniveaus bei Teilgrößen und Orientierungswerten.....	50
5.4	Problematik der Wahl von Bezugsgrößen	51
6	Hinweise für die praktische Handhabung.....	53
6.1	Transparenz bei Rechenregeln und Systemgrenzen	53
6.2	Öffentliche Zugänglichkeit der Rechenregeln und Systemgrenzen.....	53
6.3	Übergang zu dynamischen Betrachtungen	53

Hinweis:

Für eine thematische Einarbeitung wird die Befassung mit den Kapiteln 1 bis 3 empfohlen. Dieser Teil schließt mit Handlungsempfehlungen ab. Hinweise zu Teilfragen und Erläuterungen zu konkreten Systemgrenzen sind Gegenstand von Kapitel 4. Die Kapitel 5 und 6 enthalten allgemeine Hinweise für eine praktische Umsetzung.

Vorbemerkungen

[...] Nicht unerwähnt darf an dieser Stelle bleiben, daß die Einsparung an Brennstoff weit vordringlicher und für unseren industriellen Wiederaufbau wichtiger ist als die Einsparung an Baukosten. Wärmetechnisch wichtige Maßnahmen müssen also auch dann noch getroffen werden, wenn die Baukosten (Anlagekosten) sich erhöhen sollten, soweit nur diese Erhöhung durch Einsparungen an Heizungskosten (Betriebskosten) wieder eingebracht wird.

Die Aufgaben im Bauwesen in wärmewirtschaftlicher Hinsicht sind dabei dreierlei Art:

Die erste Aufgabe bezieht sich auf den Brennstoffbedarf zur Erzeugung der Baustoffe. Ihre Lösung führt zu Bauweisen, welche zu einem kleinstmöglichen Betrag von solchen Baustoffen auszukommen suchen, die zu ihrer Herstellung Brennstoffe verbrauchen. [...]

Der zweiten Aufgabe liegt der Gedanke zu Grunde, daß die zur Beheizung der Räume erforderliche Wärme mit einem möglichst hohen Nutzeffekt in den Feuerungsanlagen erzeugt und dadurch der Brennstoffbedarf eingeschränkt wird. [...]

Weitaus den größten Schwierigkeiten begegnet die folgerichtige Durchführung der dritten Aufgabe. Sie besteht in der Forderung, durch bauliche Ausgestaltung der Häuser dafür zu sorgen, daß zur Beheizung überhaupt möglichst wenig Wärme erzeugt zu werden braucht. [...]

Karl Hencky

„Die Wärmeverluste durch ebene Wände unter besonderer Berücksichtigung des Bauwesens“

Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1921, S. 1 ff, Nachdruck 2019

Anmerkung des Verfassers:

Die im Buch beschriebenen Aufgaben bestehen weiterhin. Gemachte Aussagen lassen sich heute in Anforderungen zur Begrenzung des Aufwands an Primärenergie, nicht erneuerbar übersetzen und in Vorgaben zur Minimierung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden überführen. Interessant ist die Aussage aus dem Jahr 1921, wonach die Schonung von Ressourcen noch wichtiger sei als geringe Baukosten und die Betrachtung von Betriebs- bzw. Nutzungskosten einbezogen werden solle.

Anlass

Errichtung, Erhalt und Nutzung von Gebäuden sind in besonderer Weise mit dem Thema Klimaschutz verbunden. Der Seite ihres unverzichtbaren Nutzens als materielle Grundlage für die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung stehen auf der Seite des dafür notwendigen Aufwands Ressourceninanspruchnahme, Wirkungen auf die lokale und globale Umwelt und die hier behandelten und zur globalen Erwärmung beitragenden Treibhausgasemissionen gegenüber. Gleichzeitig sind die Gebäude und baulichen Anlagen sowie insbesondere ihre Besitzer und Nutzer mit den Folgen und Risiken des bereits einsetzenden Klimawandels konfrontiert. Wissenschaft und Politik haben in diesem Zusammenhang den Bau- und Gebäudebereich als ein Handlungsfeld identifiziert, das zur Emissionsminderung beitragen kann. Dieses Handlungsfeld kann daher aus den Perspektiven der Verursachung von Treibhausgasemission im Lebenszyklus, der Betroffenheit von Folgen des Klimawandels und der Lösungsbeiträge zum Klimaschutz gesehen werden – mit den entsprechenden Konsequenzen, Handlungsmöglichkeiten und Handlungserfordernissen für die Akteure der Bau- und Immobilienwirtschaft und die übrigen an Herstellung, Bau, Betrieb, Management, Nutzung, Finanzierung oder Versicherung Beteiligten. Der öffentlichen Hand fällt eine besondere Vorbildrolle und Verantwortung zu - als Bauherr, Nutzer oder Förderer bzw. Gesetzgeber.

Die Diskussion zu Fragen des Klimaschutzes im Bau- und Gebäudebereich hat sich noch einmal beschleunigt und intensiviert. Das Ziel, in Deutschland im Jahr 2045 die Klimaneutralität zu erreichen, stellt die am Bau direkt und indirekt Beteiligten vor die Aufgabe, ihre Anstrengungen zu verstärken und angedachte Lösungen vorzuziehen. Neubau- und Modernisierungsvorhaben, die sich aktuell in Planung und Realisierung befinden, werden 2045 nahezu unverändert Teile des Gebäudebestands bilden. Dies muss bei aktuellen Anforderungen an Neubau- und Modernisierungsaufgaben berücksichtigt werden.

Das Erreichen von Klimaneutralität ist jedoch nicht die Frage des Zeitpunkts, sondern des noch verbleibenden Budgets an Treibhausgasemissionen. Wird dieses schneller aufgebraucht muss das Ziel der Vermeidung bzw. des Ausgleichs von Treibhausgasemission auch im Bau- und Gebäudebereich noch schneller als bisher angedacht erreicht werden.

Treibhausgasemissionen, die aktuell bei der Herstellung von Bauprodukten und bei Transport- und Bauprozessen entstehen, gehen sofort zu Lasten des noch verbleibenden Budgets für noch mögliche Emissionen, das sich an der Begrenzung der globalen Erwärmung und damit an den planetaren Grenzen orientiert. Aktuelle Planungs- und Investitionsentscheidungen stellen zugleich die Weichen für die Treibhausgasemissionen in Folge Betrieb und Nutzung, Erhalt sowie Rückbau, Aufbereitung und Entsorgung und damit für die kommenden Jahre und Jahrzehnte. Auf diese kann ggf. noch Einfluss durch die erwartete Dekarbonisierung der Energieversorgung sowie eine Emissionsminderung bei Herstellung von Bauprodukten, Bauteilen und Anlagen für künftige Ersatzmaßnahmen genommen werden. Dennoch müssen die Dauerhaftigkeit, Anpassbarkeit, Instandhaltungseignung sowie die Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit von Gebäuden und Bauwerksteilen geplant werden. Auch sie wirken sich auf die Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus einer Immobilie aus.

Ein Lösungsansatz zur Erfüllung der beschriebenen Ziele ist die Realisierung von Gebäuden, die keine negativen Auswirkungen auf das Klima verursachen. Diese Anforderung muss jedoch so präzisiert werden, dass sie umsetzungsorientiert in Förderprogramme, Gesetzgebungsinitiativen, Selbstverpflichtungen, Nachhaltigkeitsbewertungssysteme und insbesondere das Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden aufgenommen werden kann. Die nachstehende Ausarbeitung will hierzu einen Beitrag leisten.

Ziel

Über längere Zeit wurde die Thematik einer teilweisen oder vollständigen Klimaneutralität von Gebäuden nur für die Betriebsphase und unter Nutzung von Anforderungen an die energetische Qualität mit entsprechenden Indikatoren behandelt. Derzeit erfolgt ein Übergang zur Betrachtung des vollständigen Lebenszyklus sowie zur Erfassung, Bewertung und gezielten Beeinflussung von Treibhausgasemissionen.

Eine Lücke muss jedoch noch geschlossen werden – die der Grundlagen für einen glaubwürdigen Nachweis des Erreichens definierter Minderungsziele. Wie wird eigentlich „Klimaneutralität“ definiert, planbar und nachweisbar, welche methodischen Grundlagen inklusive der Systemgrenzen, Rechen- und Nachweisregeln sowie

Kompensationsmöglichkeiten und Datengrundlagen werden benötigt und welche Anforderungen und Zielwerte können im Detail formuliert werden? Die nachstehende Ausarbeitung will hierzu Grundlagen vorstellen, Entscheidungsmöglichkeiten aufzeigen und eine Basis für eine mögliche Vorgehensweise liefern. Insofern verstehen sich hier vorgestellte Inhalte als Diskussionsbeitrag und Empfehlung.

Zielgruppen

Diese Broschüre richtet sich an die Politik, die Wirtschaft und die Fachöffentlichkeit inklusive der Wissenschaft sowie interessierte Vertreterinnen und Vertreter der Zivilgesellschaft. Sie soll die genannten Zielgruppen in ihrem Meinungsbildungsprozess zu Fragen der Beschreib- und Bewertbarkeit der Klimaneutralität von Einzelbauwerken unterstützen und gleichzeitig fachlich begründete Lösungsansätze vorstellen.

Ausgewählte Inhalte sind für Zwecke der Aus- und Weiterbildung geeignet.

Abgrenzung

Mit der hier vorliegenden Broschüre werden die Themen im Kontext klimaneutraler Gebäude im Sinne von Einzelbauwerken behandelt. Damit ergeben sich auch Bezüge zur sich an den Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung orientierenden Beschaffung von Planungs- und Bauleistungen.

Fragen im Zusammenhang mit der Sicherstellung der Klimaneutralität des nationalen Gebäudebestandes bzw. institutioneller Gebäudebestände werden hier nicht im Detail diskutiert. Empfohlen wird, sich dafür am Konzept eines Mittelwertes für die jeweilige „Flotte“ zu orientieren.

Für Fragen zu treibhausgasneutralen Institutionen wie z.B. einer klimaneutralen Bundesverwaltung wird auf den Leitfaden des Umweltbundesamtes „Der Weg zur treibhausgasneutralen Verwaltung – Etappen und Hilfestellungen“ verwiesen (Huckestein 2020).

Soweit in die Fragen der klimaneutralen Bundesverwaltung oder sonstiger Verwaltungen und Institutionen die Themen der Errichtung und Nutzung von Gebäuden einbezogen werden, können die hier vorliegenden Vorschläge einen Beitrag zum Teilaspekt „Betriebsökologie“ liefern und in eine Nachhaltigkeitsberichterstattung einfließen. Empfohlen wird dann eine möglichst detaillierte Darstellung erfasster Treibhausgasemissionen sowie ggf. ergriffener Ausgleichs- oder Kompensationsmaßnahmen. Denkbar ist, den vorliegenden Leitfaden des UBA in einer nächsten Version um entsprechende Hinweise zu erweitern.

1 Kontext

Mit den nachstehenden Abschnitten wird der Klimaschutz in den Kontext eines sich an den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung orientierenden Planens, Bauens, Betriebens und Nutzen von Gebäuden eingeordnet. Insbesondere wird die Minderung der Emission von Treibhausgasen dem Ziel des Schutzes des Ökosystems und damit einem von mehreren Zielen der ökologischen Dimension einer nachhaltigen Entwicklung zugeordnet. Auf das UN-Nachhaltigkeitsziel SDG 13 „Klimaschutz“ wird verwiesen. Klimaschutz ist damit eine Voraussetzung für die weitere gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung innerhalb planetarer Grenzen. Das Thema darf sich jedoch trotz seiner herausragenden Bedeutung für den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen nicht verselbständigen. Es kann eine vollständige Nachhaltigkeitsbewertung nicht ersetzen.

1.1 Nachhaltiges Bauen - Teilaspekt einer nachhaltigen Entwicklung

Nachhaltiges Bauen ist ein wichtiges Element der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. In der aktuellen Fassung ihrer Weiterentwicklung aus dem Jahr 2021 kommt dies zum Ausdruck (Die Bundesregierung 2020).

„Der Bau- und Gebäudebereich deckt mit der Bereitstellung von Wohnraum sowie allen weiteren baulichen Strukturen Grundbedürfnisse der Gesellschaft und Wirtschaft. Er ist ein zentrales Element für starke, gemeinwohlorientierte und resiliente Stadt- und Siedlungsstrukturen. Gebäude und Ingenieurbauwerke sind langlebige Güter. Die Planungs- und Investitionsentscheidungen im Bau- und Gebäudebereich wirken sich über viele Jahrzehnte hinweg auf Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt aus. Daher sind im Bau- und Gebäudebereich in besonderer Weise neben aktuellen auch künftige Anforderungen zu berücksichtigen. Diese ergeben sich u. a. aus dem Klimawandel und der Ressourcenverknappung, dem demografischen Wandel sowie den sich ändernden Nutzeranforderungen.“
(Die Bundesregierung 2020), S. 54

Gebäude und bauliche Anlagen prägen mit ihrer gestalterischen und städtebaulichen Qualität die gebaute Umwelt, haben einen wesentlichen Einfluss auf Gesundheit, Komfort, Zufriedenheit und Leistungsfähigkeit der Nutzerinnen und Nutzer und stellen einen hohen betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Wert dar. Im Zusammenhang mit ihrer Planung, Errichtung und Bewirtschaftung sowie weiteren gebäudebezogenen Dienstleistungen ist die Schaffung und Erhaltung von Arbeitsplätzen verbunden. Mit der Errichtung und Modernisierung von Bauwerken sind Energie- und Stoffströme sowie Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt verbunden, die es zu minimieren gilt. Der Gebäudebestand selbst wird zum Stofflager, das es optimal zu managen und als Quelle für die Gewinnung von Sekundärrohstoffen zu erschließen gilt.

Deutlich wird, dass Errichtung, Erhalt, Modernisierung sowie Betrieb und Nutzung von Gebäuden Bezüge zur ökologischen, soziokulturellen und ökonomischen Dimension einer nachhaltigen Entwicklung aufweisen und mit international anerkannten Nachhaltigkeitszielen (SDGs) eng verbunden sind – siehe Abschnitt 1.5.

Besondere Anforderungen bestehen im erwarteten Beitrag des Bau- und Gebäudebereichs zum Klimaschutz. Hier hat ein Prozess des Übergangs von der Betrachtung der Betriebs- und Nutzungsphase zu einer Berücksichtigung des vollständigen Lebenszyklus begonnen.

„Die Erfassung, Bewertung und gezielte Beeinflussung von Energie- und Stoffströmen sowie von Wirkungen auf die lokale und globale Umwelt müssen in der Praxis des Planens, Bauens und Betriebens von Gebäuden und baulichen Anlagen verstärkt etabliert werden. Mit Blick auf den Klimaschutz sollen sektorübergreifende Maßnahmen zu einer Minimierung der im Lebenszyklus von Immobilien entstehenden Treibhausgasemissionen beitragen.“
(Die Bundesregierung 2020), S. 57

Die Bedeutung des Bau- und Gebäudebereichs inklusive vor- und nachgelagerter Prozesse für den Klimaschutz ist nicht zu unterschätzen. Errichtung, Erhalt, Modernisierung und Betrieb verursachen u.a. energiebedingte und prozessbezogene Treibhausgasemissionen und tragen so zur Inanspruchnahme eines noch verbleibenden Budgets an Emissionen bei, das zur Begrenzung der globalen Erwärmung, nicht überschritten werden soll.

Gleichzeitig sind bauliche Strukturen in besonderer Weise den bereits eintretenden lokalen Folgen des Klimawandels ausgesetzt und müssen an diesen angepasst werden. Fragen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung motivieren nicht nur Planerinnen und Planer, die Bauwirtschaft und die Baustoffindustrie, sondern auch die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft einschließlich der institutionellen und individuellen Auftraggeber und Besitzer sich mit ihrem Beitrag zum Klimaschutz zu befassen. Es ist dabei eine anerkannte Aufgabe des Staates, für den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen Vorsorge zu treffen und selbst Vorbild zu sein.

1.2 Schutzgüter und Schutzziele als Basis für Bewertungskriterien

Sowohl in der Normung (u.a. ISO 15392:2019) als auch im damit konformen Leitfadens Nachhaltiges Bauen des Bundes werden die Kriterien zur Bewertung des Beitrages von Einzelgebäuden zu einer nachhaltigen Entwicklung von den Schutzgütern und Schutzziele einer nachhaltigen Entwicklung abgeleitet. Voraussetzung ist die Erfüllung sowohl vorausgesetzter als auch vereinbarter technischer und funktionaler Anforderungen. Hieran orientieren sich auch die in Deutschland für das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) (Bundesbauministerium 2021b) registrierten Bewertungs- und Zertifizierungssysteme zur Nachhaltigkeit von Gebäuden.

Ein wesentliches Schutzgut ist das Ökosystem einschließlich des Klimas. Es besteht das Ziel, es im Rahmen der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und den Klimawandel und seine Folgen zu begrenzen. Die Klimaveränderungen werden deutlich durch menschgemachte Treibhausgasemissionen beeinflusst. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, u.a. die Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden zu erfassen, zu bewerten und gezielt zu beeinflussen. Potenzielle Wirkungen auf die globale Umwelt (hier das Klima) werden zu einem wesentlichen Bewertungskriterium, die Treibhausgasemissionen, ausgedrückt als Treibhauspotenzial GWP100, zum Indikator. Ein thematischer Bezug von Schutzgut und Schutzziel zu Kriterien und Indikatoren ist von Vorteil für die direkte Zielformulierung und Möglichkeiten des Überprüfens ihres Erreichens. In diesem Zusammenhang erfolgt der Hinweis, dass der Indikator des Aufwands an Primärenergie, nicht erneuerbar für das Ziel der Schonung natürlicher Ressourcen steht. Er ergänzt damit die Liste der Indikatoren zur Bewertung der Umweltqualität von Gebäuden, in die sich das Thema Klimaschutz einordnet. Mit Abb. 1 werden die Schutzgüter und Schutzziele vorgestellt, die eine Grundlage für die Ableitung von Bewertungskriterien und Indikatoren zur Bewertung des Beitrags von Einzelbauwerken zur nachhaltigen Entwicklung liefern.

SCHUTZGÜTER		ÖKOLOGIE	ÖKONOMIE	SOZIOKULTURELLES
		Nachhaltigkeit allgemein	<ul style="list-style-type: none"> ▪ natürliche Ressourcen ▪ natürliche Umwelt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kapital /Werte ▪ ökonomische Leistungsfähigkeit
Nachhaltiges Bauen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ natürliche Ressourcen ▪ globale und lokale Umwelt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kapital /Werte 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gesundheit ▪ Nutzerzufriedenheit ▪ Funktionalität ▪ kultureller Wert 	
SCHUTZZIELE		Nachhaltigkeit allgemein	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lebenszykluskosten senken ▪ Verringerung des Subventionsaufwandes ▪ Schulden verringern ▪ Förderung einer verantwortungsbewussten Unternehmenschaft ▪ Schaffung nachhaltiger Konsumgewohnheiten ▪ Schaffung dynamischer und kooperativer internationaler wirtschaftlicher Rahmenbedingungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz und Förderung der menschlichen Gesundheit ▪ sozialen Zusammenhalt und Solidarität stärken ▪ kulturelle Werte erhalten ▪ Chancengleichheit ▪ Sicherung von Erwerbsfähigkeit und Arbeitsplätzen ▪ Armutsbekämpfung ▪ Bildung /Ausbildung ▪ Gleichberechtigung ▪ Integration ▪ Sicherheit / lebenswertes Umfeld
		Nachhaltiges Bauen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz der natürlichen Ressourcen ▪ Schutz des Ökosystems 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierung der Lebenszykluskosten ▪ Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ▪ Erhalt von Kapital /Wert

Abb. 1: Schutzgüter und –ziele der Nachhaltigkeit, allgemein und auf den Baubereich bezogen. Diese im Leitfaden Nachhaltiges Bauen enthaltene Abbildung ist Teil des branchenspezifischen Nachhaltigkeitsverständnisses, das am Runden Tisch Nachhaltiges Bauen unter Einbeziehung interessierter Kreise erarbeitet wurde. (BMI 2019), S. 16

1.3 Klimaschutz als ein Teilziel im Kontext nachhaltiger Gebäude

Auch wenn das Ökosystem ein zentrales Schutzgut und der Klimaschutz ein wesentliches Ziel ist, dürfen sich diese Themen bei aller Priorisierung nicht verselbständigen. Der Beitrag von Gebäuden zu einer nachhaltigen Entwicklung ist eine komplexe Aufgabe mit einem an Wechselwirkungen und Zielkonflikten reichen Anforderungskatalog. Unerwünschte Nebenwirkungen oder eine Verlagerung von negativen Wirkungen in andere Bereiche müssen vermieden werden. Eine alleinige Betrachtung, Bewertung und gezielte Beeinflussung der Treibhausgasemissionen reicht damit nicht aus. Bereits innerhalb der ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit müssen in die Bewertung der Umweltqualität weitere Aspekte einbezogen werden. Beispiele sind die Menge des radioaktiven Abfalls, der Feinstaub, Aufwand und Wirkungen der Herstellung von Anlagen zur Gewinnung/Erzeugung erneuerbarer Energie, Auswirkungen auf die Landnutzung und Landnutzungsänderungen. Klimawandel ist einer von mehreren Megatrends. Ein zukunftsfähiges Planen und Bauen muss u.a. auch Antworten auf die Verknappung von Ressourcen, die bereits einsetzenden lokalen Folgen des Klimawandels

durch Klimaanpassung, den demografischen Wandel, den Wertewandel, die Digitalisierung und Professionalisierung in der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft liefern. Ein Gebäude muss im Interesse der derzeitigen und künftigen Nutz-, Vermiet- und Vermarktbarkeit nicht nur klimaneutral, sondern auch funktional und flexibel, ressourcenschonend und kreislaufgerecht, umwelt- und gesundheitsverträglich, kostengünstig und wertstabil, energieeffizient, flächenoptimiert sowie gestalterisch ansprechend sein. Das Thema der Klimaneutralität schränkt damit die Komplexität des Planens, Bauens und Betriebens nicht ein, sondern erweitert diese um einen wesentlichen Teilaspekt von herausragender Bedeutung. Diese Bedeutung leitet sich sowohl aus dem öffentlichen Interesse an einer Begrenzung der globalen Erwärmung als auch aus den individuellen und institutionellen Anstrengungen zum Klimaschutz als Ausdruck der Wahrnehmung von Verantwortung gegenüber Gesellschaft und Umwelt ab. Die Frage der Auseinandersetzung mit Treibhausgasemissionen und ihren Folgen ist und bleibt damit ein wesentlicher Teilaspekt einer unverzichtbaren Betrachtung der nachhaltigkeitsrelevanten Merkmale und Eigenschaften von Gebäuden im weitesten Sinne. Diese können u.a. dem Leitfaden Nachhaltiges Bauen (BMI 2019) entnommen werden.

Baulich-technische Maßnahmen zur Emissionsminderung sowie der Übergang zu einer verstärkten Nutzung von erneuerbarer Energie sind ihrerseits u.a. mit einem finanziellen Aufwand, der Inanspruchnahme von Energie und Stoffen, Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt sowie Risiken verbunden. Deutlich wird, dass auch Maßnahmen zur Emissionsminderung einer vollständigen Nachhaltigkeitsbewertung unterzogen werden und die Ziele des Klimaschutzes mit den Mitteln des nachhaltigen Planens, Bauens und Betriebens erreicht werden müssen.

Es bleibt daher sinnvoll und notwendig, Anforderungen an den Klimaschutz weiterhin als Teil von ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbetrachtungen bzw. von Nachhaltigkeitsbewertungssystemen weiterzuentwickeln – auch im Kontext ihrer Aufwertung und inhaltlichen Verschärfung. Es wird daher empfohlen, bei der Darstellung von Ergebnissen einer Ökobilanzierung bzw. Nachhaltigkeitsbewertung die Angaben zu den Treibhausgasemissionen und/oder zum Treibhauspotenzial beizubehalten. Im Zusammenhang mit dem wachsenden Interesse am Thema „carbon footprint“ (Global Footprint Network o. J.) ist dies ein Beitrag zur Deckung des Informationsbedarfes auch der Immobilienwirtschaft und der Immobilienfinanzierung. Wichtig bleibt dann aber auch, auf die übrigen Kriterien und Indikatoren hinzuweisen. Grundlagen hierfür liefern u.a. die ISO 21929 (ISO 21929-1: 2011) sowie die Taxonomie (European Commission 2020).

1.4 Anteil des Bau- und Gebäudebereichs an nationalen THG-emissionen

Eine Betrachtung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) aus der Perspektive von Bedürfnisfeldern kann auf Basis von Veröffentlichungen zum persönlichen CO₂-Fußabdruck¹ ((KlimAktiv gGmbH o. J.) erfolgen. Danach entfallen von ca. 11 Tonnen an Treibhausgasemissionen / Kopf (hier CO₂, Methan und Lachgas) und Jahr 2,7 Tonnen auf das Bedürfnisfeld Wohnen, das den Verbrauch an Haushaltsstrom einschließt. Der Anteil des Bedürfnisfeldes liegt damit bei ca. 25 Prozent, umfasst jedoch nicht die Emissionen für die Herstellung von Bauprodukten und Anlagen sowie für Errichtung, Instandhaltung und Rückbau der Gebäude. Bei einer Entwicklung in Richtung Klimaneutralität steht ein persönliches Budget an Treibhausgasen von weniger als 1 Tonne zur Verfügung (Bilharz 2014). Dieser Wert wird auch durch die Bevölkerungsentwicklung beeinflusst.

Derzeit überwiegt eine Betrachtung von „Sektoren“. Danach verursachen die direkten, durch den Betrieb von Gebäuden verursachten Treibhausgasemissionen 14 Prozent der nationalen Treibhausgasemissionen. Werden die dem Energiesektor zuzuordnenden indirekten Treibhausgasemissionen aus dem Betrieb einbezogen erhöht sich der Anteil auf 25 Prozent. (Die Bundesregierung 2019)

Eine Dritte Perspektive ist die Interpretation des Gebäudebereichs als Handlungsfeld, das Herstellung, Errichtung, Erhalt, Betrieb, Nutzung, Rückbau sowie Aufbereitung/Entsorgung einbezieht. Diese Perspektive folgt einem sektorübergreifenden Ansatz und liefert die Grundlage für nachstehende Betrachtungen.

¹ https://uba.co2-rechner.de/de_DE

40 Prozent aller in Deutschland entstehenden energie- und prozessbezogenen Treibhausgasemissionen lassen sich bei einer sektorübergreifenden Betrachtung direkt und indirekt Herstellung, Errichtung, Erhalt, Betrieb, Rückbau, Aufbereitung/Entsorgung von Gebäuden zuordnen. Abb. 2 stellt die dem Handlungsfeld zuzuordnen Beiträge übriger Sektoren vor (Ramseier/Frischknecht 2020).

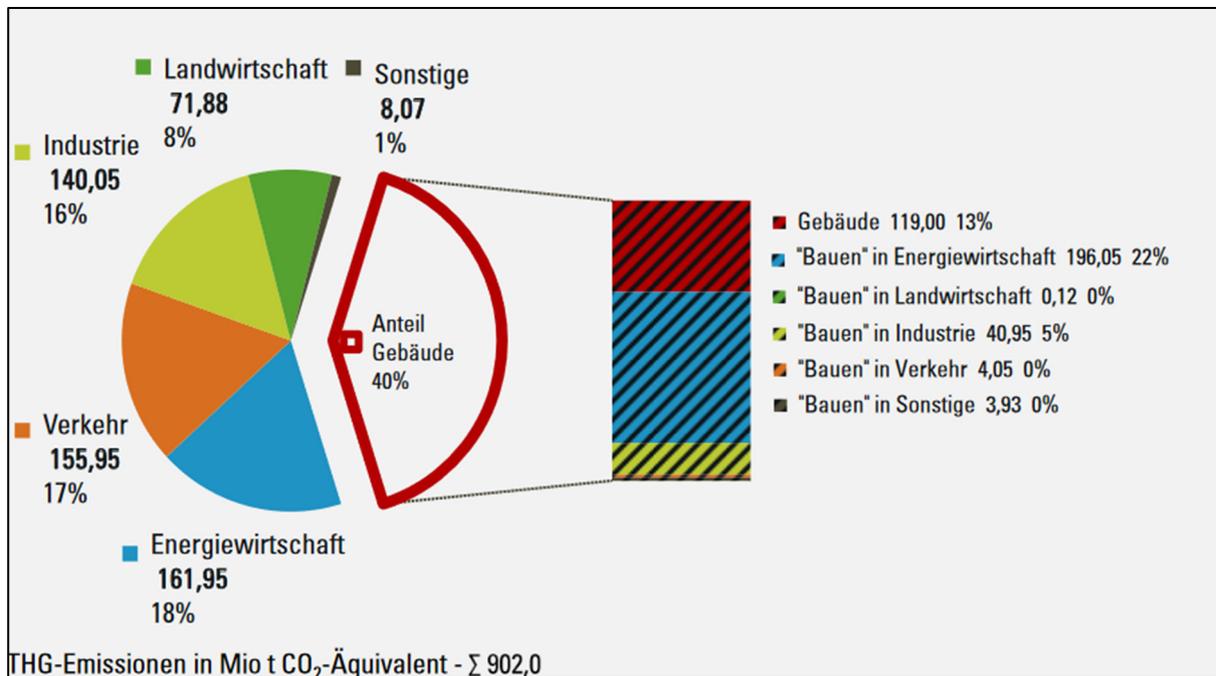


Abb. 2: THG-Emissionen des Handlungsfelds „Errichtung und Nutzung von Hochbauten“, (Ramseier/Frischknecht 2020), S. 26

Das Klimaschutzprogramm 2030 (Die Bundesregierung 2019) verweist auf die Möglichkeit einer sektorübergreifenden Betrachtung insbesondere im Hinblick auf das klimaneutrale Bauen. Angesprochen wird damit die Notwendigkeit der Nutzung von Handlungsmöglichkeiten sowohl u.a. auf Seiten der Produktion von Bauprodukten und Anlagen als auch auf Seiten der Nachfrage im Hinblick auf den Bedarf an Bauleistungen und im Zusammenhang mit Entscheidungen zur Wahl von Bauweise und Bauprodukten sowie der Energieversorgung.

„Damit die im Sektor Industrie möglichen CO₂-Einsparungen aus dem Einsatz von Baustoffen mit geringer CO₂-Bilanz realisiert werden können, werden auch Maßnahmen mit sektorübergreifender Wirkung vorgeschlagen (z.B. im Hinblick auf klimaneutrales Bauen).“

Klimaschutzprogramm 2030 (Die Bundesregierung 2019) S. 49

Im Rahmen einer Meinungsbildung zur volkswirtschaftlichen Bedeutung des Bau- und Gebäudebereiches als Handlungsfeld sowie seines Beitrags zum Klimaschutz durch Emissionsminderung sollte von einer sektorübergreifenden Betrachtung ausgegangen werden.

Es wird weiterhin vorgeschlagen, bei sektoralen Angaben bau- und gebäudebezogene Beiträge u.a. der Sektoren Industrie, Energie, Landwirtschaft zusätzlich als „Davon-Position“ auszuweisen und die Statistiken entsprechend anzupassen. Ein sektoraler Bezug ergibt sich weiterhin durch die Analyse der Beiträge der Bauproduktindustrie, der Bauwirtschaft, der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft sowie der Abfallwirtschaft.

Weiterhin wird empfohlen, Betrachtungen zum Bedürfnisfeld „Wohnen“ auszubauen, um sowohl die persönliche „Erlebbarkeit“ als auch Möglichkeiten einer persönlichen Einflussnahme als Auftraggeber, Erwerber und/oder Nutzer von Wohnbauten zu stärken.

Im Interesse einer einheitlichen Vorgehensweise wird empfohlen, die Betrachtung von CO₂-Emissionen auf die Erfassung und Bewertung der Treibhausgasemissionen auszudehnen. Erfasst werden so auch Emissionen an

Klima- bzw. Treibhausgasen (Wilke 2021), die über eine Umrechnung in CO₂-Äquivalente die Grundlage für eine Erfassung und Bewertung des Treibhauspotenzials (global warming potential) als GWP 100 liefern. Dabei sollte angegeben werden, welche Klimagase unter Nutzung welcher Umrechnungsfaktoren berücksichtigt wurden. Meist wird es sich um energie- und prozessbezogene Emissionen handeln. Bei Angaben zu Anteilen in Prozent sollte angegeben werden, welche Emissionen in die Gesamtmenge von 100% eingeflossen ist.

Globales Erwärmungspotenzial (GWP 100)

„Ein auf den Strahlungseigenschaften von gut durchmischten Treibhausgasen beruhender Index, der den über einen gewählten Zeithorizont integrierten Strahlungsantrieb einer Masseinheit eines bestimmten gut durchmischten Treibhausgases in der heutigen Atmosphäre im Vergleich zu demjenigen von Kohlendioxid angibt. Das GWP repräsentiert den kombinierten Effekt der unterschiedlichen Zeitdauer, für welche diese Gase in der Atmosphäre verbleiben, und des relativen Wirkungsgrades bei der Absorption der abgehenden thermischen Infrarotstrahlung. Das Kyoto-Protokoll beruht auf GWPs von Impuls-Emissionen über einen Zeitraum von 100 Jahren.“

(Bernstein/Best/IPCC 2008), S. 90

1.5 Bezüge zu SDGs, Nachhaltigkeitsstrategien und Rahmenwerken

Der Schutz des Klimas ist mit dem UN-Nachhaltigkeitsziel SDG² 13 „Klimaschutz“ ein international anerkanntes Ziel einer nachhaltigen Entwicklung. Die SDGs der Vereinten Nationen (United Nations 2015) gehen mit ihrem Zielsystem gleichzeitig mit dem SDG 11 auf den Kontext einer nachhaltigen Entwicklung von Städten und Gemeinden und mit SDG 12 auf den Lösungsansatz nachhaltiger Konsum- und Produktionsmuster ein, der sich auf auch die Errichtung und Nutzung von Gebäuden anwenden lässt. Es ergeben sich weitere Bezüge zu den Themen Energie (SDG 7), Komfort (SDG 3) sowie Innovation (SDG 9). Die UN-Nachhaltigkeitsziele, die eine Grundlage für ein aktives Handeln bis 2030 liefern sollen, werden mit Abb. 3 vorgestellt.



Abb. 3: Nachhaltigkeitsziele (United Nations o. J.)

In der Europäischen Union ist die Befassung mit dem Klimaschutz im Baubereich ein zentrales Thema der Bewertung der Umweltqualität von Gebäuden (Dodd et. al. 2015) sowie ein Indikator im Berichtsrahmen zur Nachhaltigkeit von Gebäuden LEVEL(s)³ (European Commission 2019) und soll mit der Taxonomy⁴ (European Commission 2020) zu einer Voraussetzung für die Gewährung günstiger Finanzierungsbedingungen werden.

² SDG - Sustainable development goal (Ziel einer nachhaltigen Entwicklung / Nachhaltigkeitsziel)

³ https://ec.europa.eu/environment/levels_de

⁴ https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

Europa plant, bis 2050 als Kontinent das Ziel der Klimaneutralität im Sinne einer Netto-Treibhausgasneutralität (net-zero greenhouse gas emissions) zu erreichen (European Commission 2021).

Die von Hunderten von Wissenschaftlern, Politikern und am Bau Beteiligten mitgetragene Grazer Deklaration für Klimaschutz im Baubereich (SBE19 Graz 2019) schlägt vor, bis spätestens 2025 die Formulierung verbindlicher Anforderungen zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden vorzunehmen, ein Prozess, der derzeit in Ländern wie Frankreich, Finnland und Dänemark entschlossen vorangetrieben wird. In Deutschland werden derzeit entsprechende Überlegungen in Form von sondierenden Forschungsprojekten angestellt.

Das Projekt des IEA EBC Annex 72 (IEA EBC Annex 72 2021), bei dem Vertreter Deutschlands die Erarbeitung und Weiterentwicklung der Grundlagen einer Lebenszyklusanalyse sowie die Entwicklung einer Basis für Anforderungs- und Zielwerte im Kontext klimaneutraler Gebäude koordinieren, stellt bereits die Grundlagen für Methoden und Anforderungswerte zur Verfügung. Für 2022 sind ausführliche Ergebnisse, Empfehlungen und Beispiele angekündigt. Ein besonderer Berichtsteil analysiert internationale Ansätze für die Definition von Klimaneutralität bei Gebäuden und diskutiert entsprechende Benchmarks. Eine erste Veröffentlichung liegt vor (Satola et. al. 2021). Sie berücksichtigt u.a. entsprechende Initiativen und Rahmenwerke in Deutschland.

Der Klimaschutz im Bau- und Gebäudebereich ist Teil der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Im Klimaschutzgesetz (Bundesrepublik Deutschland 2019) wird die ursprünglich für 2050 geplante Klimaneutralität für Deutschland auf 2045 vorgezogen und es werden u.a. für den Gebäudebereich Minderungsziele sowie verbleibende Budgets für Treibhausgasemissionen benannt. Diese konzentrieren sich auf die direkten Emissionen für den Gebäudebetrieb. Nach 2050 sollen für Deutschland insgesamt bereits negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.

Alle in Deutschland im Einsatz befindlichen Nachhaltigkeitsbewertungssysteme, die auf dem am Runden Tisch Nachhaltiges Bauen entwickelten Nachhaltigkeitsverständnis für den Bau- und Gebäudebereich basieren (QNG, BNB, DGNB, NaWoh, BNK) formulieren Anforderungen an die Ermittlung und Bewertung von Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden als Teilaspekt der Beurteilung der Umweltqualität und benennen Bewertungsmaßstäbe für spezifische Gebäude- und Nutzungsarten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich Maßnahmen zum Klimaschutz durch die Reduzierung von Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden zu einem wichtigen Handlungsfeld entwickelt haben. Dabei ist die Erfassung, Bewertung und Beeinflussung des Treibhauspotenzials eine Aufgabe bei der Planung von Neubau- und Modernisierungsmaßnahmen. Das Treibhauspotenzial ist ein anerkannter und weit verbreiteter Indikator. Er ist Teil einer performanceorientierten Bewertung der Umweltqualität. Ermittlung und Bereitstellung von Datengrundlagen sind Gegenstand internationaler, europäischer und nationaler Normen.

Im Zusammenhang mit dem Ziel der Klimaneutralität bei Gebäuden ergibt sich kein Bedarf an zusätzlichen Indikatoren, der Indikator Treibhauspotenzial als GWP 100 hat sich als geeignet erwiesen und bewährt. In Deutschland liegen bei der Erfassung und Bewertung von Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden durch BNB und DGNB mehr als 10 Jahre Erfahrungen vor. Die Anforderung in Richtung Klimaneutralität ist damit nicht eine Frage des Indikators, sondern eine Frage der Bewertungsmaßstäbe und Zielgrößen. Es handelt sich um einen neuen Typus einer universellen Benchmark für alle Gebäude- und Nutzungsarten. Die Rechen- und Nachweisregeln müssen jedoch weiterhin auf die Besonderheiten der jeweiligen Gebäude- und Nutzungsart eingehen.

Denkbar ist, für die Entwicklung in Richtung Klimaneutralität einen Absenkpfad in Form von Stufen anzugeben. Da aber die ab 2025 neu zu errichtenden bzw. zu modernisierenden Gebäude im Jahr 2045 noch nahezu unverändert einen Teil des Gebäudebestandes bilden sind die Möglichkeiten einer Formulierung von Zwischenstufen begrenzt. Möglich ist es jedoch, die zeitliche Entwicklung einer Dekarbonisierung der Energieversorgung zu berücksichtigen. Soweit die Entwicklung eines Absenkpfadens als Option erwogen wird, sollte dieser zum Zwecke der Orientierung frühzeitig und vollständig veröffentlicht werden, unter dem Vorbehalt einer Anpassung bei Bedarf oder Erfordernis.

2 Grundlagen & Anwendungsfälle der Bewertung von THG-Emissionen

Eine Grundlage für die Erfassung, Bewertung und gezielte Beeinflussung von THG-Emissionen ist die exakte Beschreibung des Betrachtungsgegenstandes – hier von Gebäuden und ihres Lebenszyklus sowie die Nutzung geeigneter Methoden, Bewertungskriterien und Indikatoren, Anforderungswerte und Datengrundlagen. Auf die Grundlagen für eine Festlegung von Systemgrenzen, Rechenregeln und Konventionen wird in den nachstehenden Abschnitten ebenso eingegangen wie auf die Anwendungsfälle. Abschließend wird kurz diskutiert, wo und welche Anforderungen an die Klimaneutralität von Gebäuden bereits existieren bzw. in welchen Zusammenhängen diese von individuellen bzw. institutionellen Auftraggebern formuliert werden können.

2.1 Betrachtungsgegenstand

Betrachtungsgegenstand im Kontext dieser Ausarbeitung ist ein Einzelgebäude auf seinem Grundstück während seines vollständigen Lebenszyklus. Im Sinne der Handhabarmachung zum Zwecke der Planung und Bewertung wird das individuelle Gebäude mit seinen zu prognostizierenden Umweltwirkungen im Lebenszyklus in ein Gebäude- und ein Lebenszyklusmodell überführt. Auf der Basis von Konventionen können diese Modelle gegenüber der Realität Vereinfachungen aufweisen. Details zum Gebäude- und Lebenszyklusmodell werden in den Abschnitten ab 2.3 erläutert.

Der Betrachtungsgegenstand muss normkonform über ein „funktionales Äquivalent“ (DIN EN 15643: 2019) beschrieben werden. Dieses „funktionale Äquivalent“ und nicht eine Bezugsfläche, ist Bezugsgröße und liefert die Vergleichsgrundlage. Voraussetzung ist stets die Erfüllung der vorausgesetzten und vereinbarten Anforderungen an die technisch - funktionale Qualität. Erwartet werden im Minimum Angaben zur Gebäude- und Nutzungsart, zur Nutzungsintensität und zu Besonderheiten, wie einer geplanten Umbau- und Umnutzungsfähigkeit. Es ist sinnvoll, Angaben aus der Standortanalyse und dem Baugrundgutachten zu ergänzen.

2.2 Indikatoren und Bewertungsmaßstäbe als Bewertungsgrundlagen

Um Treibhausgasemissionen im Gebäude-Lebenszyklus gezielt in Richtung einer Verminderung, Vermeidung oder Kompensation zu beeinflussen, müssen sie zunächst in geeigneter Form erfasst und bewertet werden.

Die Erfassung und Bewertung von Treibhausgasemissionen ist Teil der Beurteilung der ökologischen Qualität als Teil einer Nachhaltigkeitsbewertung. Als Indikator wird das Treibhauspotenzial (global warming potential GWP 100) verwendet. Messgröße sind die Treibhausgasemissionen als Summenparameter, ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten. Unter Nutzung von Charakterisierungsfaktoren werden hierbei die Emissionen an sonstigen Treibhausgasen in CO₂-Äquivalente umgerechnet und zusammengefasst. Neuste Entwicklung in der europäischen Normung, die in der EN 15978-1 (DIN EN 15978-1: 2021) ihren Niederschlag finden, machen neben dem *GWP 100, gesamt* die Angabe folgender Teilgrößen erforderlich:

- GWP, fossil
- GWP, biogenic
- GWP, luluc.

Diese Festlegungen wirken sich insbesondere auf die Ökobilanzdaten von Holz und von Bauprodukten gemäß DIN EN 15804 (DIN EN 15804 2020), die überwiegend unter Nutzung nachwachsender Rohstoffe/Biomasse hergestellt werden und damit in der Folge auf die Ökobilanz von Gebäuden gemäß EN 15978-1 aus, die unter Nutzung dieser Produkte entstehen. GWP, luluc⁵ wirkt sich i.d.R. nur in geringem Maße aus.

Zusätzlich zum GWP, gesamt und seiner weiteren Ausdifferenzierung muss künftig der biogene Kohlenstoffgehalt als *carbon content* in kg C ausgewiesen werden.

Die ermittelten Treibhausgasemissionen bzw. das berechnete Treibhauspotenzial müssen bewertet werden. Dies kann durch einen relativen Vergleich mit alternativen Entwurfsvarianten bzw. Gebäuden oder unter Nut-

⁵ luluc = land use and land use change (Landnutzung und Landnutzungsänderung)

zung absoluter Anforderungs- und Zielwerte (Benchmarks) erfolgen. Die im direkten Zusammenhang zu betrachtenden Rechenregeln, Systemgrenzen und Datengrundlagen müssen sich für eine Anwendung in Bezug auf die konkrete Gebäude- und Nutzungsart sowie den zeitlichen und räumlichen Kontext eignen.

„Klimaneutralität“ kann als ein derartiger Bewertungsmaßstab im Sinne eines universellen Anforderungs- oder Zielwertes bzw. einer Benchmark interpretiert werden.

Zur Vermeidung unerwünschter Nebenwirkungen sollten die Erfassung und Bewertung der THG-Emissionen unter Nutzung eines konkreten Indikators und spezifischen Bewertungsmaßstabs in ein System weiterer Indikatoren und Bewertungsmaßstäbe eingebunden werden. Empfohlen wird u.a. die Berücksichtigung weiterer Indikatoren zur Beurteilung der Ressourceninanspruchnahme, der Risiken für die lokale Umwelt und der Wirkungen auf die lokale Umwelt, der Menge an radioaktiven Abfällen usw. – schon um eine Verlagerung von Umweltbelastungen in andere Bereiche zu erkennen und zu vermeiden. Die Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen sollten selbst einer vollständigen Nachhaltigkeitsbewertung unterzogen werden. Dies schließt z.B. auch die Beurteilung von Lebenszykluskosten bei Maßnahmen oder Maßnahmenbündel ein.

2.3 Ökobilanzierung als Methode und Hilfsmittel

Ein geeignetes Hilfsmittel zur Erfassung und Bewertung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden ist die Ökobilanzierung. Das Vorgehen bei der Erstellung und Auswertung von Ökobilanzen ist Gegenstand der Normung – siehe Abschnitt 2.5. Normativ beschriebene Vorgehensweisen und Schritte im Sinne von:

- (1) Festlegung von Ziel und Rahmenbedingungen
- (2) Sachbilanz
- (3) Wirkungsbilanz
- (4) Auswertung

sind typisch für eine Ökobilanzierung gemäß DIN EN ISO 14044 (DIN EN ISO 14044: 2021). Sie müssen jedoch bei einer baubezogenen Anwendung in dieser Form nicht durchlaufen werden. Für eine angewandte Ökobilanzierung von Bauprodukten und Bauwerken existieren spezifische Normen und Bearbeitungsschritte – siehe hierzu auch Abschnitt 2.5. Im Bereich der Gebäude ist der Ausgangspunkt die Beschreibung des Betrachtungs- und Bewertungsgegenstands – hier eines Gebäudes und seines Lebenszyklus. Unter Beachtung von Vorgaben, Randbedingungen und Konventionen werden das Gebäude sowie der Lebenszyklus modelliert. Diese Modelle bilden eine Grundlage für die eigentliche Berechnung und Bewertung der Treibhausgasemissionen.

Der Energieaufwand für den Betrieb, der i.d.R. die Grundlage für die Erfassung der betriebsbedingten Treibhausgasemissionen der Nutzungsphase liefert, kann mit üblichen Methoden und Softwarelösungen der Energiebedarfsberechnung ermittelt werden. Der Endenergiebedarf (ermittelt für konkrete Endenergieträger bzw. Energieversorgungsvarianten) kann unter Nutzung von spezifischen Emissionsfaktoren in Treibhausgasemissionen umgerechnet werden. Besonderheiten einer Berücksichtigung gebäudeintegriert oder gebäudenah erzeugter Energie werden im Abschnitt 4.2 diskutiert. Der bauliche Teil setzt sich aus Herstellung, Errichtung, Instandhaltung, Ersatz, Rückbau, Aufbereitung/Entsorgung zusammen. Den Ausgangspunkt bildet eine Mengenermittlung zur Erfassung verbauter Materialien, Bauteile und Anlagen (ggf. ergänzt um Angaben zu Streu- und Bruch- sowie Verarbeitungsverlusten). Diese werden mit Ökobilanzdaten aus zulässigen Quellen verknüpft. Über Szenarien und Annahmen können zusätzlich Transporte, Baustellenprozesse, Instandhaltungs- und Ersatzmaßnahmen sowie die Aufbereitung und Entsorgung abgebildet und Treibhausgasemissionen ermittelt werden, soweit dies von Systemgrenzen sowie den Rechen- und Nachweisregeln vorgesehen ist.

Damit dient die Ökobilanzierung als Methode und Instrument der Lebenszyklusanalyse der Erfassung von Energie- und Stoffströme sowie der Wirkungen auf die globale Umwelt auf wissenschaftlicher Grundlage. Für diese Form der angewandten Ökobilanzierung stehen im Baubereich Datengrundlagen, Systemgrenzen, Rechenregeln und Hilfsmittel zur Verfügung. Die Erstellung von Ökobilanzen für Gebäude ist eine Planungsaufgabe. Eine Beauftragung entsprechender Dienstleister ist möglich, sofern die Berechnungen nicht von den eingebundenen Architekten durchgeführt werden.

Die Ökobilanz eines Gebäudes basiert zunächst auf einem Modell für das Bauwerk sowie für dessen Lebenszyklus. Die Beschreibung des Gebäudes orientiert sich an den Kostengruppen der (DIN 276 2018) bei elementarbasierter Vorgehensweise. Der Lebenszyklus kann in Phasen und Module unterteilt werden – siehe Abb. 4. Wiedergegeben wird die Übersetzung des DIN zur englischsprachigen Fassung.

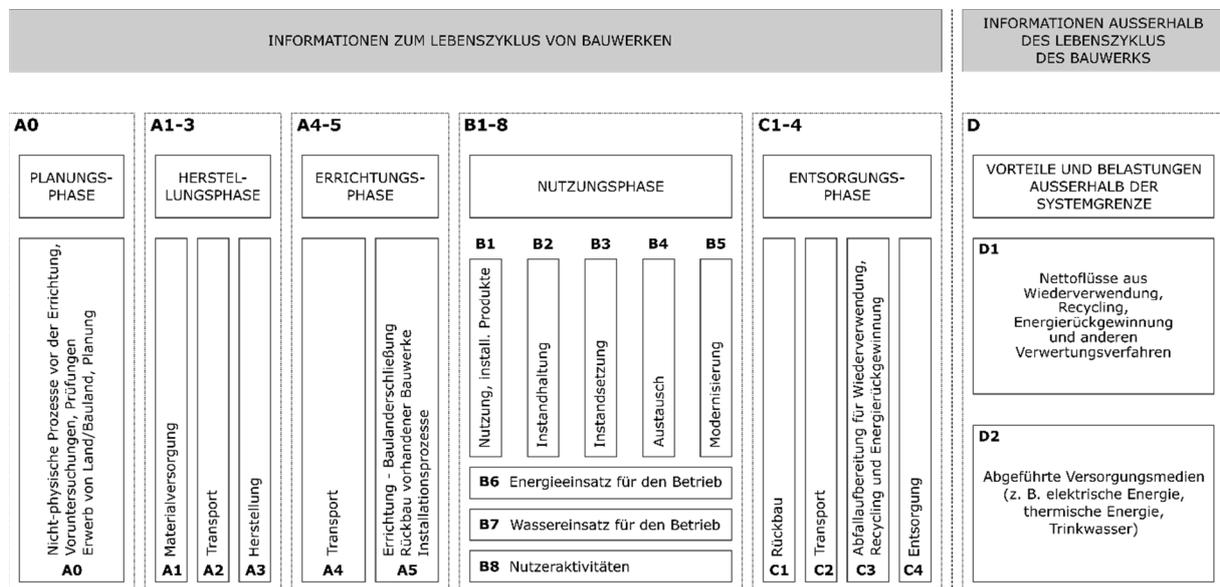


Abb. 4: Lebenszyklusphasen und Informationsmodule nach EN 15643.

Die Bezeichnungen der Module, die Angaben zu entsprechenden Energie- und Stoffströmen sowie Umweltwirkungen für eine definierte Aktivität enthalten, werden in der weiteren Ausarbeitung für die Benennung von Teilen des Lebenszyklus und Teilen lebenszyklusbezogener Informationen (Informationsmodule) verwendet.

Für die Ökobilanzierung ist das Modul A0 (Planungsphase) nicht relevant.

Module, die Informationen enthalten, die außerhalb des Lebenszyklus des Gebäudes verortet werden, können nicht mit übrigen Modulen verrechnet werden. Dies trifft für die Module D1 und D2 zu und damit sowohl für das „Recyclingpotenzial“ als auch für „Effekte exportierter Energie“.

Das Modul B6 wird weiter unterteilt in B6.1 Treibhausgasemissionen infolge des gebäudebezogenen und normativ geregelten Energieaufwands (hier entsprechend des GEG), B6.2 Treibhausgasemissionen infolge des gebäudebezogenen, jedoch nicht normativ geregelten Energieaufwands (z.B. Aufzüge) sowie in B6.3 Treibhausgasemissionen infolge des nutzer- und nutzungsbezogenen Energieaufwands (z.B. Nutzerstrom). Detaillierte Hinweise zu den Modulen B6.1, B6.2 und B6.3 sind Gegenstand der EN 15978-1.

Es besteht die prinzipielle Möglichkeit, B2 und B3 zu Instandsetzung zusammenzufassen. B4 sollte gesondert betrachtet werden und meint hier Ersatzinvestitionen im Sinne des Austauschs von Bauteilen und Systemen nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer innerhalb des definierten Betrachtungszeitraums für das Gebäude. B5 ist als bereits während der Planung bekannte künftige Modernisierung von Bauteilen und Systemen zu interpretieren – dies kann derzeit i.d.R. ausgeschlossen werden. Werden künftig Anforderungen an die Modernisierungsfreundlichkeit oder Anpassbarkeit zum Gegenstand des funktionalen Äquivalents, muss der Umgang mit Modul B5 neu diskutiert werden.

In B1 können u.a. Emissionen aus Bauprodukten sowie aus Kältemitteln (u.a. F-Gase⁶) berücksichtigt werden, soweit dies in Konventionen vorgesehen ist. Alternativ können auch im Sinne von Konventionen Bauprodukte und/oder Betriebsmittel ausgeschlossen bzw. alternative klimaverträgliche Lösungen vorgegeben werden.

Um die Komplexität der Darstellung zu reduzieren, wird zunächst vorgeschlagen, dass Lebenszyklusmodell nur grob zu unterteilen. Möglich sind die in Abb. 5 und Abb. 6 aufgezeigten Optionen.

⁶ Das Umweltbundesamt erläutert Entwicklung, Bedeutung, Herkunft und den rechtlichen Kontext fluorierter Treibhausgase hier: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/emissionen-fluorierter-treibhausgas-f-gase#herkunft-von-f-gasen>

Es wird vorgeschlagen, gemäß Abb. 5 vorzugehen. Dies entspricht dem international üblichen Ansatz, der einen *operational part* (betriebsbedingten Teil) und einen *embodied part* (gebäudebezogenen Teil) vorsieht.

In der Literatur und in der erweiterten Fachöffentlichkeit werden häufig für die Ökobilanzierung englischsprachige Begriffe verwendet. Beispiele sind life cycle assessment (LCA). Konzentriert sich die Bilanz auf die Erfassung und Bewertung der Treibhausgasemissionen spricht man von einer life cycle carbon analysis, der Ermittlung des carbon footprint bzw. von Angaben zur carbon performance als Teil der environmental performance.

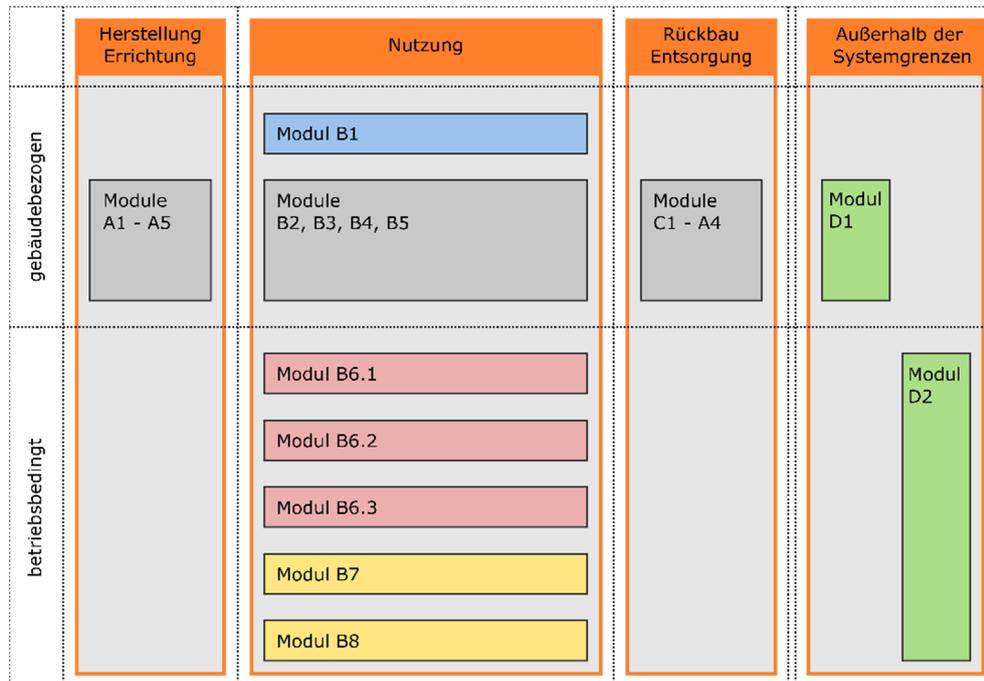


Abb. 5: Zeitbezogene Unterteilung des Lebenszyklusmodells in Herstellung und Errichtung, Betrieb und Nutzung inkl. Erhalt und Ersatz, Ende der Lebens- bzw. Nutzungsdauer

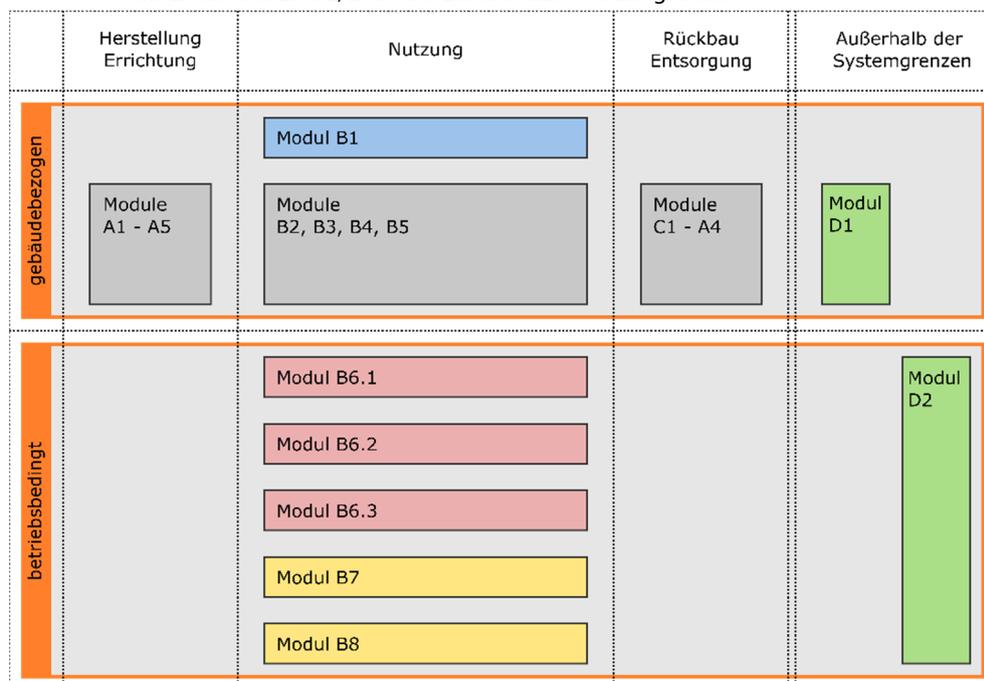


Abb. 6: Lebenszyklusmodell mit sachbezogener Einteilung in den gebäudebezogenen und betriebsbedingten Teil

Abschließend wird nochmals das Zusammenspiel von Rechenregeln, Systemgrenzen und Benchmarks betont. Die Rechenregeln und Systemgrenzen gelten bei der Lebenszyklusbetrachtung zunächst unabhängig von einer Benchmark, die das Erreichen einer Klimaneutralität vorgibt. Dies ist z.B. bei den Regeln des QNG für die Ökobilanzierung der Fall (Bundesbauministerium 2021a).

Mit der Anforderung der „Klimaneutralität“ wird eine neue Benchmark eingeführt – im Sinne einer Weiterentwicklung und Verschärfung bisheriger. Für den Nachweis der Einhaltung der Anforderung gelten dann die Rechenregeln und Systemgrenzen auch weiterhin, ggf. jedoch ergänzt um Regeln für anerkennungsfähige Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen. Im Zusammenhang mit der Einhaltung bisheriger Anforderungen wurden diese nicht betrachtet oder ausgeschlossen.

2.4 Zusammenwirken von „Bausteinen“ einer Berechnung & Bewertung

Die Basis für Berechnungs- und Nachweisverfahren zur Ermittlung und Bewertung von Treibhausgasemissionen inkl. des Nachweises der Klimaneutralität bilden (1) Begriffe und Definitionen, (2) methodische Grundlagen mit Systemgrenzen, (3) Rechenregeln und Ausgleichs-/Kompensationsmöglichkeiten, (4) Daten bzw. Datenbanken, (5) Anforderungen (Benchmarks) und Ziele eine Einheit. Hinzukommen (6) die Planungs- und Bewertungshilfsmittel, die auf entsprechende Daten zugreifen und Rechenregeln umsetzen sowie in ausgewählten Fällen bereits den Vergleich der Ergebnisse mit Anforderungs- und/oder Zielwerten unterstützen. In einer Phase sich herausbildender Rechenregeln und Konventionen zum Thema Klimaneutralität sowie noch unterschiedlicher bzw. sich weiterentwickelnder Datengrundlagen lassen sich die beschriebenen „Bausteine“ nicht beliebig kombinieren. Vielmehr bilden Definitionen, methodische Grundlagen und Systemgrenzen, Anforderungs- und Zielwerte sowie Daten bzw. Datenbanken eine untrennbare Einheit. Es ist wichtig, dass insbesondere für den Nachweis der Erfüllung von Anforderungen bzw. des Erreichens von Zielen die Systemgrenzen, Rechenregeln, Kompensationsmöglichkeiten und Datengrundlagen verwendet werden, die bereits für die Festlegung der Benchmarks verwendet wurden. Eine Weiterentwicklung der Datengrundlagen oder eine Veränderung von Rechenregeln und Systemgrenzen muss eine Überprüfung und ggf. Anpassung der Anforderungen zur Folge haben. Es ist daher hilfreich, die jeweiligen „Bausteine“ mit Versionsnummern zu kennzeichnen und die Dauer ihrer Gültigkeit und Anwendbarkeit zu definieren. Bei komplexen Planungs- und Bewertungshilfsmitteln sollte transparent angegeben werden, auf welchen Grundlagen sie aufbauen. Für Art und Umfang einer Beschreibung von Benchmarks existieren ebenso Normen wie für die Modellierung eines Gebäudes und seines Lebenszyklus sowie die Ermittlung von Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden und die Bereitstellung von Daten für Bauprodukte. Es wird empfohlen, sich an diesen zu orientieren.

2.5 Stand der Normung und weiterer Grundlagen

Im Zusammenhang mit der Ermittlung und Bewertung von Treibhausgasemissionen können eine Reihe von Normen zur Anwendung gelangen. Dazu zählen

a) methodische Grundlagen der Ökobilanzierung

DIN EN ISO 14040:2021-02

Umweltmanagement – Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006 + Amd 1:2020); Deutsche Fassung EN ISO 14040:2006 + A1:2020

DIN EN ISO 14044:2021-02

Umweltmanagement – Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006 + Amd 1:2017 + Amd 2:2020); Deutsche Fassung EN ISO 14044:2006 + A1:2018 + A2:2020

b) Bewertung der Umweltqualität von Gebäuden unter Anwendung der Ökobilanzierung

DIN EN 15643-2: 2011-05

Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 2: Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität

Norm ist in Überarbeitung - künftig als EN 15643 (DIN EN 15643: 2019) - Entwurf.

DIN EN 15978:2012-10

Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011

Norm ist in Überarbeitung - künftig als EN 15978-1 (DIN EN 15978-1: 2021) - Entwurf.

c) Erfassung von Treibhausgasemissionen in der Nutzungsphase von Gebäuden

ISO 16745-1:2017

Sustainability in buildings and civil engineering works — Carbon metric of an existing building during use stage — Part 1: Calculation, reporting and communication

ISO 16745-2:2017

Sustainability in buildings and civil engineering works — Carbon metric of an existing building during use stage — Part 2: Verification

c) Ermittlung des Fußabdrucks an Treibhausgasemissionen (carbon footprint)

ISO 14067:2018

Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification

d) Klimaneutralität

ISO 14068 (in Bearbeitung)

Greenhouse gas management and related activities — Carbon neutrality

e) Anforderungen an die Beschreibung von Benchmarks und Zielwerten für Gebäude

ISO 21678:2020

Sustainability in buildings and civil engineering works — Indicators and benchmarks — Principles, requirements and guidelines

f) Bewertung der Datenqualität

EN 15941

Sustainability of construction works – data quality for environmental assessment of products and construction works – selection and use of data (in Bearbeitung)

Die genannten Normen durchlaufen Zyklen der Anpassung und Weiterentwicklung, teilweise befinden sie sich in Überarbeitung. Es wird empfohlen, jeweils den aktuellen Stand der Normung zu recherchieren und zu berücksichtigen.

Die Europäische Bauproduktenverordnung aus dem Jahr 2011 (Europäische Union 2011) formuliert u.a. Grundanforderungen an Bauwerke. Diese gelten für den Zeitraum ihrer Nutzung und haben insofern einen Lebenszyklusbezug. Danach dürfen sich Bauwerke über ihre Lebensdauer hinweg weder bei Errichtung noch bei Nutzung oder Abriss u.a. durch die Emission von Treibhausgasen übermäßig stark auf das Klima auswirken. Hinweise auf Rechenregeln oder Benchmarks werden nicht angegeben, eine Überarbeitung und Aktualisierung wurde angekündigt.

Für den Geltungsbereich Europa wurde mit LEVEL(s) ein Berichtsformat zur Darstellung der Nachhaltigkeit von Gebäuden entwickelt. Enthalten sind u.a. Systemgrenzen und Regeln zur Ermittlung des Treibhauspotenzials (GWP) von Gebäuden. Diese sind mit Stand 10/2020 öffentlich zugänglich (Dodd/Donatello/Cordella 2020).

Die ebenfalls für den Geltungsbereich Europa veröffentlichte Taxonomie, die Anforderungen an die Prüfung des Beitrags zur nachhaltigen Entwicklung u.a. im Falle einer Immobilienfinanzierung enthält, sieht vor, dass „für Gebäude mit mehr als 5.000 m² das lebenszyklusbezogene Treibhauspotenzial ermittelt und Investoren sowie sonstigen Kunden zur Verfügung gestellt wird“ (Directorate-General for Financial Stability, Financial Services and Capital Markets Union 2021). Vorgesehen ist eine Ermittlung und Angabe je Lebenszyklusphase. Für die Ermittlung des Treibhauspotenzials GWP wird auf EN 15978-1 und den Indikator bei LEVEL(s) – siehe oben – verwiesen.

In Deutschland enthält das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) seit Einführung Berechnungsgrundlagen und Anforderungswerte zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden, ausgedrückt als Treibhauspotenzial. Es wird empfohlen, in aktuelle Überlegungen zur Weiterentwicklung der Anforderungsniveaus das Ziel einer Klimaneutralität von Gebäuden einzubeziehen.

Das 2021 eingeführte Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude des Bundes (QNG) enthält Anforderungswerte zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden. Die hinterlegten Datengrundlagen, Rechenregeln und sonstigen Konventionen unterstützen sowohl eine exaktere Berücksichtigung der Haustechnik als auch den Umgang mit der gebäudeintegriert bzw. grundstückbezogenen Erzeugung erneuerbarer Energie inkl. Eigennutzung und Lieferung an Dritte. Entsprechende Grundlagen sind einschließlich der Vorgaben für die Ökobilanzierung öffentlich zugänglich (Bundesbauministerium 2021a).

Die in Deutschland neben dem BNB im Einsatz befindlichen Nachhaltigkeitsbewertungssysteme enthalten Berechnungsgrundlagen und Anforderungswerte zur Ermittlung und Bewertung lebenszyklusbezogener Treibhausgasemissionen. Auch hier sind Bestrebungen bereits im Gange, um die Anforderungsniveaus in Richtung Klimaneutralität weiterzuentwickeln sowie das Erreichen dieses Niveaus in besonderer Weise herauszustellen und in der Gesamtbewertung zu berücksichtigen.

2.6 Anwendungsfälle

Für die Ermittlung, Bewertung und ggf. gezielte Beeinflussung von Treibhausgasemissionen gibt es Anwendungsfälle wie:

- a) planungsbegleitende Bewertung und Optimierung von Entwurfsvarianten
- b) Feststellung und Kommunikation eines Kennwertes gegenüber Dritten
- c) Nachweis des Erreichens von Anforderungsniveaus in der Nachhaltigkeitszertifizierung
- d) Nachweis der Erfüllung von Anforderungen aus Förderprogrammen
- e) Nachweis der Erfüllung gesetzlicher Anforderungen (zukünftig möglich)
- f) Durchführung von Studien.

Im Fall a) steht das Ziel im Vordergrund, bereits während der Planung den Grad der Erreichung von Anforderungen oder Zielen überprüfen und beeinflussen zu können. Anforderungen und Ziele können aus vorausgesetzten (gesetzlich geforderten) oder mit dem Bauherrn vereinbarten Werten resultieren bzw. auf ein Förderprogramm reagieren. Es wird dringend empfohlen, Anforderungen an die Klimaneutralität in die Aufgabenstellung sowie den Wettbewerb zu integrieren und dabei die Interpretation von „Klimaneutralität“ zu präzisieren.

Aus dem Kontext der Anwendung ergeben sich die Anforderungen an das verwendete Berechnungsverfahren. In den Fällen b) – d) überwiegt das Interesse an transparenten und nachvollziehbaren Ergebnissen auf Basis einheitlicher und nachvollziehbarer Grundlagen. Insbesondere soll ein eindeutiges Ergebnis erzeugt werden, das die Verhältnisse zu einem definierten Zeitpunkt (z.B. Übergabe eines Gebäudes) widerspiegelt. Dies führt

bisher zur Anwendung statisch-deterministischer Modelle, zur Nutzung eines definierten Datensatzes an Rechenwerten und zu einem eindeutigen Ergebnis. Diese Anforderungen gelten auch für e), hinzu kommt hier jedoch der unverzichtbare Aspekt der Rechtssicherheit.

Bei Weiterentwicklung methodischer und datentechnischer Grundlagen kann für die Fälle a) – e) der Übergang zu deterministisch-dynamischen Vorgehensweisen diskutiert werden, jeweils mit festen Vorgaben für eine Berücksichtigung von Veränderungen bei Klimadaten oder dem Energiemix sowie den Primärenergie- und Emissionsfaktoren.

Im Unterschied zu den Anwendungsfällen a) bis e) besteht bei der Durchführung von Berechnungen im Rahmen von Studien (Fall f) mehr Handlungsfreiheit. Es können von Anfang an dynamische Modelle gewählt, unterschiedliche Szenarien definiert, Auswirkungen einer Variation von Eingangsgrößen getestet, die Einflüsse spezifischer Regeln und Konventionen analysiert und die Konsequenzen der Unsicherheiten und Bandbreiten bei Eingangsgrößen untersucht werden. Einen Ansatz liefert die Monte-Carlo-Simulation. Im Idealfall fließen gewonnene Erkenntnisse in die Weiterentwicklung von Ansätzen für a) – e) ein.

Es wird erwartet und empfohlen, mittelfristig einen allgemeinen Übergang von statischen zu dynamischen Betrachtungen zu vollziehen. Eine Voraussetzung ist die Bereitstellung geeigneter Planungs- und Bewertungshilfsmittel sowie Datenbanken mit Ökobilanzwerten, welche die Komplexität einer derartigen Aufgabe nutzerfreundlich und zuverlässig bewältigen.

Die Ergebnisse der Berechnungs- und Nachweisverfahren fließen bereits heute in unterschiedlichste Vorgänge ein, darunter Finanzierungs- und Kaufentscheidungen, Wertermittlung, Due Diligence, Nachhaltigkeitsberichterstattung. Sie werden damit gegenüber Dritten kommuniziert, die nur bedingt die Grundlagen und Hintergründe einer Berechnung einschätzen können. Die Bedeutung der Qualitätssicherung, der Darstellbarkeit und Messbarkeit der Zuverlässigkeit von Aussagen sowie die Rückverfolgbarkeit von Angaben inklusive einer klaren Zuordnung von Verantwortung auch im juristischen Sinne wächst.

Ein Sonderfall der Kommunikation von Ergebnissen an Dritte ist der Nachweis der Erfüllung von Selbstverpflichtungen gegenüber der Gesellschaft. Ein typisches Beispiel ist die glaubhafte Wahrnehmung einer Vorbildrolle durch Einrichtungen der öffentlichen Hand. Der Bund hat sich im Klimaschutzprogramm 2030 zu klimaneutralen Neu- und Erweiterungsbauten verpflichtet.

Neue Gebäude des Bundes sollen ab 2022 mindestens EH 40 entsprechen, für Sondernutzungen sind analoge Zielvorgaben zu entwickeln. Dieses Ziel wird kurzfristig in einem Erlass des Bundeskabinetts für **klimaneutrale Neu- und Erweiterungsbauten** des Bundes verbindlich festgelegt.
(Die Bundesregierung 2019), S. 57

Ein weiterer Anwendungsfall ist die Formulierung von Vorgaben in der Aufgabenstellung, Grundlagenermittlung oder bei Wettbewerben sowie im Rahmen von Selbstverpflichtungen. So sieht (DIN EN 15643: 2019) die Nennung von Anforderungen und Zielwerten u.a. für die Umweltqualität und damit für das lebenszyklusbezogene Treibhauspotenzial in frühen Phasen im Sinne einer Ergänzung vorausgesetzter und vereinbarter Anforderungen vor.

DIN 18206 (2016) zur Bedarfsplanung im Bauwesen (DIN 18205 2016) sieht im Kontext des Schutzes von Ökosystemen eine Reduzierung der durch Herstellung, Errichtung, Betrieb, Instandhaltung und Rückbau verursachten Emissionen im Lebenszyklus von Bauwerken vor und gibt Hinweise zur Berücksichtigung in der Bedarfsplanung. Die Norm befindet sich damit in Übereinstimmung mit EN 15643, die vorausgesetzte und vereinbarte Anforderungen an die Umweltqualität von Gebäuden als Ausgangspunkt für die Planung benennt.

3 Begriffe und Definitionen

Eine Voraussetzung für das Erreichen von Zielen im Bereich des Klimaschutzes aber auch für die Glaubwürdigkeit der Darstellung entsprechender Erfolge ist die Nutzung geeigneter Begriffe und Definitionen. Dies schließt eine Erarbeitung, Abstimmung und einheitliche Interpretation von Systemgrenzen, Rechenregeln, sonstigen Konventionen und Datengrundlagen ein und hat Auswirkungen bis hin zur Entwicklung und Anwendung von Berechnungshilfsmitteln und Planungswerkzeugen. Klimaneutralität von Gebäuden wird zu einer Eigenschaft von Gebäuden, die gegenüber Dritten signalisiert und von Marktteilnehmern aktiv gesucht und bestellt wird. Damit steigt der Bedarf an rechtssicheren Grundlagen, wirkt sich doch inzwischen diese Eigenschaft auf Konditionen der Immobilienfinanzierung und die Vergabe von Fördermitteln sowie u.U. künftig auch auf die Wertmittlung und die Einhaltung gesetzlicher Anforderungen aus. Insbesondere öffentliche Einrichtungen sind über eine allgemeinverständliche Bezeichnung hinaus an eine rechtssichere und normkonforme Interpretation von Begriffen, Definitionen und insbesondere Systemgrenzen gebunden. Entsprechende Vorschläge werden nachfolgend unterbreitet.

3.1 Klimaneutral, klimafreundlich, klimaverträglich – eine Annäherung

Der Begriff „klimaneutral“ wurde trotz häufiger Verwendung bisher im Kontext eines Bezuges zu Gebäuden nicht eindeutig definiert. Er wird oft im Zusammenhang mit Anforderungen an Gebäude für einen Beitrag zur Begrenzung der globalen Erwärmung durch deutlich verringerte oder vollständig vermiedene Treibhausgasemissionen verwendet.

Im weiteren Sinne kann der Begriff dahingehend interpretiert werden, dass im Falle klimaneutraler Lösungen keine Effekte verursacht werden, die in unzulässiger Weise zur weiteren globalen Erwärmung beitragen und das Erreichen von Zielen zur Begrenzung des Temperaturanstieges gefährden. Bei dieser Betrachtung wird i.d.R. von einem verbleibenden Budget an Treibhausgasemissionen ausgegangen, das einzuhalten ist. Ein derartiges Budget, das sich an der Einhaltung planetarer Grenzen orientiert, kann unter Nutzung wissenschaftlicher Methoden und Szenarien für weltweite Emissionen definiert werden. Für eine Zuordnung zu Ländern, Sektoren, Handlungsfeldern, Bedürfnisfeldern oder zu Gebäudebeständen bzw. Einzelbauwerken ergibt sich ein politisch zu lösendes Verteilproblem (Steininger et. al. 2020), (Habert et. al. 2020: 429–452). Für den Bau- und Gebäudebereich wurde bisher kein aus den planetaren Grenzen abgeleitetes Budget definiert.

Wurde in der Literatur noch diskutiert, ob ggf. mittelfristig noch ein Restbudget von weniger als einer Tonne CO₂ pro Kopf und Jahr als Beitrag zu klimaneutralen Verhältnissen zur Verfügung steht (Bilharz 2014), wird „klimaneutral“ heute i.d.R. so definiert, dass keine Treibhausgasemissionen entstehen oder diese ausgeglichen bzw. kompensiert werden.

Eine qualitative Abstufung des Begriffs in „klimaneutral“, „klimafreundlich“, „klimaverträglich“ und ggf. auch „klimaschädlich“ ist denkbar und möglich. Es wird jedoch empfohlen, mit diesen Begriffen ausschließlich umgangssprachlich umzugehen. Mögliche Interpretationen werden mit Tab. 1 zur Diskussion gestellt. Neuere Entwicklungen führen zu Begriffen wie „klimaneutralisiert“. Es wird hier davon ausgegangen, dass damit das aktive Ergreifen von Ausgleichmaßnahmen umschrieben wird.

In der Literatur und in der erweiterten Fachöffentlichkeit werden zusätzlich häufig englische Begriffe verwendet. Weit verbreitet sind u.a. „climate neutral“, „climate friendly“ oder auch „(net) zero-carbon“, (net) zero emission und „low carbon“. Aktuelle Entwicklungen bieten auch Ansätze für ein „zero carbon ready“ an (IEA 2021). Hierunter werden Gebäude mit minimalem Energiebedarf verstanden, die bei Erreichen einer dekarbonisierten Energieversorgung den Zustand der Klimaneutralität erreichen.

Tab. 1: Vorschläge für Begriffe und Definitionen (Quelle: Verfasser, mit (Europäisches Parlament 2019))

Begriff	Interpretation
klimapositiv⁷	Verbleibende oder vollständig vermiedene Treibhausgasemissionen werden durch Effekte der Nutzung von Senken oder der Investition in Maßnahmen mit negativen Emissionen deutlich überkompensiert. Entsprechende Maßnahmen tragen dazu bei, Emissionen Dritter zu auszugleichen. Bei einer Emissionsbilanz übersteigt die Größenordnung negativer Emissionen die der noch verbleibenden bzw. der vollständig vermiedenen Emissionen.
Klimaneutral (absolut / netto)	Bei einer Interpretation im engeren Sinne werden Treibhausgasemissionen entweder vollständig vermieden (absolut zero) oder unter Nutzung zulässiger und anerkannter Lösungen vollständig ausgeglichen/kompensiert (net zero). Dies entspricht dem Ansatz „treibhausgasneutral“. Bei einer Emissionsbilanz muss diese ausgeglichen sein. Bei einer Interpretation im weiteren Sinne liegen die verbleibenden Treibhausgasemissionen im Rahmen eines zulässigen Restbudgets. Dieses entsteht dadurch, dass Kohlenstoffemissionen durch die Aufnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre in Kohlenstoffsenken ausgeglichen werden können. Es wird vorgeschlagen, dies als „klimaverträglich“ zu bezeichnen.
klimaverträglich	Verbleibende Treibhausgasemissionen bleiben in einem Rahmen, der die Einhaltung des verbleibenden Budgets und die Einhaltung der Ziele zur Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs sicherstellt. Insofern treten keine Effekte auf, die das Klima über definierte Grenzen hinaus beeinträchtigen.
klimafreundlich(er)	Verbleibende Treibhausgasemissionen sind geringer als die einer Referenzvariante – hier i.d.R. den Marktdurchschnitt repräsentierend. Bei dieser Interpretation eignet sich der Begriff insbesondere für relative Vergleiche.
weniger klimaschädlich	Verbleibende Treibhausgasemissionen sind geringer als die einer Referenzvariante – im Sinne einer Verbesserung gegenüber einem Negativbeispiel.
klimaschädlich	Entstehende Treibhausgasemissionen liegen weit über dem Marktdurchschnitt und ließen sich unter Nutzung verfügbarer Alternativen deutlich reduzieren. Eine Alternative ist der Verzicht auf eine entsprechende Lösung.

Der häufig auch verwendete Begriff „CO₂-neutral“ ist nicht mit dem nachstehend diskutierten Begriff „treibhausgasneutral“ identisch. Zwar können bei CO₂-neutralen Lösungen die CO₂-Emissionen vermieden oder ausgeglichen/kompensiert werden, die Emissionen an übrigen Treibhausgasen werden jedoch nicht berücksichtigt und entstehen ggf. weiterhin. In derartigen Fällen kommt es durch die Emission von sonstigen Treibhausgasen weiterhin zu einer unerwünschten Wirkung auf das Klima. Damit sind „CO₂-neutrale“ Lösungen nicht automatisch auch „klimaneutral“. Es wird empfohlen, konsequent die Treibhausgasemissionen zum Gegenstand der Betrachtungen zu machen sowie auf die berücksichtigten Treibhausgase hinzuweisen.

Treibhausgase: Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffoxid (N₂O), Schwefelhexafluorid (SF₆), Stickstofftrifluorid (NF₃) sowie teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFKW) gemäß Anhang V Teil 2 der Europäischen Governance-Verordnung in der jeweils geltenden Fassung (Bundesrepublik Deutschland 2019)

⁷ In erweitertem Sinne wird der Begriff „klimapositiv“ teilweise für Maßnahmen verwendet, die zur Verringerung von Treibhausgasemissionen beitragen und sich so „positiv“ auf das Klima auswirken. Hier wird die Interpretation **im engeren Sinne empfohlen**, der eine Bilanz zu Grunde liegt.

Die Diskussion „CO₂-neutral“ versus „treibhausgasneutral“ verdeutlicht die Bedeutung von Systemgrenzen und Konventionen bereits bei der Erfassung und Bilanzierung von Treibhausgasemissionen. Hinweise gibt u.a. der Abschnitt 3.2. Im Minimum sind in Bezug auf Emissionen bzw. Emissionskennwerte anzugeben

- Art und Umfang der Einbeziehung von Treibhaus-/Klimagasen in die Ermittlung der Treibhausgasemissionen
- Eignung der Emissionsfaktoren hinsichtlich zeitlicher, regionaler und technologischer Aspekte
- Art und Umfang der Einbeziehung der indirekten und vor- bzw. nachgelagerten Emissionen (u.a. Vorketten)
- Umgang mit dem Faktor Zeit und den Auswirkungen des technisch-technologischen Fortschritts sowie von Dekarbonisierungsaktivitäten

Wie in Tab. 1 dargestellt bietet der Begriff der Klimaneutralität Interpretationsspielräume durch die Definition im engeren und weiteren Sinne. Er ist jedoch breit eingeführt und wird sowohl umgangssprachlich als auch in Unterlagen der Bundesregierung verwendet. Eine Präzisierung kann und sollte hierauf aufbauen. Im Interesse einer klar abgrenzbaren Definition wird vorgeschlagen, für rechtsverbindliche Anforderungen den Begriff „(netto-)treibhausgasneutral“ zu verwenden – siehe Abschnitt 3.2. Es ist möglich, im Sinne eindeutiger Anforderungen „klimaneutrale Gebäude“ als „(netto-)treibhausgasneutrale Gebäude“ zu definieren. Bisher werden beide Begriffe häufig synonym verwendet. Vorgeschlagen wird eine Formulierung wie „Die Klimaneutralität der Gebäude wird durch ihre (Netto-)Treibhausgasneutralität sichergestellt“, um dann im weiteren Verlauf den Begriff der Treibhausgasneutralität zu nutzen. Das Umweltbundesamt ist in seinen Veröffentlichungen diesen Weg bereits gegangen (Günther et. al. 2019), (Rother/Schuberth/Steinbrenner, Joscha 2020).

3.2 Begriff „treibhausgasneutral“

Der Begriff „treibhausgasneutral“ beschreibt im engeren Sinne Gebäude, die unter definierten Randbedingungen keine Treibhausgasemissionen verursachen (absolute Treibhausgasneutralität) oder eine ausgeglichene Bilanz an Treibhausgasemissionen aufweisen (netto). Im Unterschied zum Begriff „klimaneutral“ ergeben sich hier keine Spielräume im Sinne einer Interpretation im engeren oder weiteren Sinne. Das Klimaschutzgesetz verwendet den Begriff „Netto-Treibhausgasneutralität“, bezieht diesen jedoch auf eine Gesamtbilanz.

„Netto-Treibhausgasneutralität: das Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken.“
(Bundesrepublik Deutschland 2019)

Zu den natürlichen und zu den technischen Senken liegen mit (Öko Institut e.V. et. al. 2021: 76) und (Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) 2021) Ergebnisse von Studien vor. Möglichkeiten des natürlichen Abbaus von z.B. CO₂ sind jedoch sehr eingeschränkt:

„Zusätzlich in die Erdatmosphäre anthropogen emittiertes Kohlendioxid wird durch die natürlichen physikalischen und biogeochemischen Prozesse im Erdsystem nur sehr langsam abgebaut. Nach 1000 Jahren sind davon noch etwa 15 bis 40 Prozent in der Atmosphäre übrig. Der gesamte Abbau dauert jedoch mehrere hunderttausend Jahre.“
(Umweltbundesamt 2020)

Es kann festgestellt werden, dass der Begriff „treibhausgasneutral“ dem Begriff „klimaneutral“ vorzuziehen ist. Eine qualitative Abstufung ist hier nicht gegeben. Eine absolute oder „netto“-Treibhausgasneutralität innerhalb definierter Systemgrenzen und auf Basis vorgegebener Konventionen und Datengrundlagen liegt vor – oder nicht. Anforderungswerte unterhalb einer Treibhausgasneutralität müssen als Kennwerte mit der Einheit *kg CO₂-Äquivalente* angegeben und können auf geeignete Größen bezogen werden.

In einer Treibhausgasbilanz werden zunächst die Treibhausgasemissionen unter Beachtung von Systemgrenzen, Rechenregeln und Datengrundlagen erfasst. Im Bedarfsfall werden ihnen negative Emissionen durch entsprechende Maßnahmen oder in Form von sonstigen Kompensationsmöglichkeiten gegenübergestellt, ebenfalls im definierten und zulässigen Rahmen.

Werden im Begriff „treibhausgasneutral“ bereits Messgröße (Treibhausgase) und Zielwert („Null“ bzw. ausgeglichene Bilanz i.S.v. „Netto Null“) ausgedrückt, bleiben Defizite im Bereich von Systemgrenzen bestehen. Insbesondere wird nicht im ausreichenden Maße zum Ausdruck gebracht, zu welchen Teilen der Betrachtungsgegenstand (hier das Gebäude und sein Lebenszyklus) in die Bilanz eingeht. Während i.d.R. von einer als wünschenswert erscheinenden möglichst vollständigen Erfassung des Gebäudes und seiner baulichen und technischen Teile ausgegangen werden kann, sollte zusätzlich stets konkret angegeben werden, welche Lebenszyklusphasen berücksichtigt werden.

Im Minimum sollte zunächst grob unterschieden werden zwischen:

- (netto) treibhausgasneutral im Betrieb
- (netto) treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung
- (netto) treibhausgasneutral im Lebenszyklus

Es wird dringend empfohlen, im Bereich von Selbstverpflichtungen, Anforderungen und sonstigen Veröffentlichungen im Minimum diese Unterscheidung zu beachten und anzuwenden. Andere Vorgehensweisen sind mit Forderungen nach Transparenz und Nachvollziehbarkeit nicht länger vereinbar.

In Literatur und Fachöffentlichkeit werden englische Begriffe verwendet oder ihre ins Deutsche übersetzten Entsprechungen. Dabei werden häufig Begriffe, die ursprünglich für die Umschreibung eines energetischen Standards Anwendung finden, an die Betrachtung von Emissionen angepasst. So wurde z.B. der Ansatz der „*net-zero-energy buildings*“ zu „*net-zero-emission-buildings*“ weiterentwickelt. Es wird darauf hingewiesen, dass die Übersetzung mit Nullenergiegebäude nie völlig korrekt war, ähnliches trifft nun für Nullemissionsgebäude zu. Weggelassen wird in unzulässiger Weise jeweils der Zusatz „Netto“ als Hinweis auf das Ergebnis einer Bilanz. Empfohlen wird daher, die Nutzung von Begriffen wie „Netto-Nullenergiehaus“ und „Netto-Nullemissionsgebäude“. Beide Begriffe sollten durch umfassende Definitionen ergänzt werden, die im Fall „Energie“ auf die Betrachtung von Primärenergie, nicht erneuerbar und im Fall von „Emissionen“ auf die Betrachtung von Treibhausgasemissionen verweisen. Von Energiebilanzen auf Basis von Endenergie wird abgeraten – der Endenergieaufwand ist durch den Einsatz unterschiedlicher Endenergieträger nicht direkt miteinander vergleichbar.

Alternativ kann von Gebäuden mit „ausgeglichener Energiebilanz (hier PE, ne)“ bzw. mit „ausgeglichener Emissionsbilanz (hier THG)“ gesprochen werden. Der Begriff des „Plusenergiehauses“ kann in einen Zusammenhang mit klimapositiven Lösungen gestellt werden, soweit die positive Energiebilanz zu einer positiven Emissionsbilanz bei Treibhausgasen führt.

3.2.1 (Netto) treibhausgasneutral in Betrieb (und Nutzung) - Grundlagen

Bei der Konzentration der Betrachtungen und damit der Treibhausgasbilanz auf den Betrieb bzw. Betrieb und Nutzung, sollten Art und Umfang sowie Berechnungsbasis der in Betrieb bzw. Betrieb und Nutzung einzubeziehenden Verursacher von Treibhausgasemissionen sowie ggf. die berücksichtigten Phasen oder Module (siehe hierzu Abschnitt 4.2.2) des Lebenszyklus angegeben werden. Dies kann über einen Code oder über öffentlich zugängliche Regeln erfolgen.

Im Bereich „Betrieb“ liefert das GEG eine erste Grundlage für die Ermittlung des Bedarfs an Energie. Über eine Verknüpfung von Mengenangaben zu Energie (Endenergieträgern) und Emissionsfaktoren können die Treibhausgasemissionen berechnet werden. Bei den Emissionsfaktoren ist zu klären, ob diese Vorketten einschließen oder nicht. Das GEG erfasst jedoch nicht alle Größen und Verbraucher, die zu Treibhausgasemissionen im Gebäudebetrieb führen. Insbesondere Aufzüge werden bisher vernachlässigt, bei der Beleuchtung ergeben sich Interpretationsspielräume. Es muss daher unterschieden werden, ob im „Betrieb“ ausschließlich die im GEG erfassten Größen oder zusätzlich auch die bisher nicht erfassten Größen mit ihren Treibhausgasemissionen in die Bilanz eingehen. Für Aufzüge liegen Daten vor, es besteht weiterer Forschungsbedarf. Bei einer detaillierten Betrachtung sollte angegeben werden, ob Treibhausgasemissionen infolge des Energieaufwands

für die im GEG berücksichtigten gebäudebezogenen Verbräuche (Heizung, Warmwasserbereitung, Hilfsenergie, ggf. Kühlung usw.) oder zusätzlich auch die Treibhausgasemissionen infolge des Energieaufwands an gebäudebezogenen, jedoch nicht im GEG erfassten Verbräuche (u.a. für Aufzüge) in die Bilanz eingehen. In der europäischen Normung wird zur Klärung zwischen einem Modul B6.1 und einem Modul B6.2 unterschieden.

Im Zusammenhang mit den lokalen Folgen des bereits einsetzenden Klimawandels kann und muss von einer Erhöhung der mittleren Außentemperaturen im Sommer sowie einer Zunahme der Anzahl, Intensität und Dauer von Hitzeperioden ausgegangen werden. Es wird erwartet, dass Bedeutung und Anteil der Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit Kühlung und Klimatisierung in der Tendenz zunehmen. Für dynamische Betrachtungen lassen sich entsprechende Szenarien entwickeln.

Dem Teil „Betrieb“ können zusätzlich zu den energiebedingten Emissionen prozessbedingte Emissionen zugeordnet werden. In diesem Kontext handelt es sich u.a. um Emissionen im Zusammenhang mit der Nutzung von Kältemitteln. Eine Alternative zur Berücksichtigung derartiger Effekte ist der Ausschluss von Produkten, die während ihrer Nutzung - aber auch bei Wartung oder Ersatz - zu Treibhausgasemissionen führen. Es ist möglich, eine Verwendung klimafreundlicher Lösungen konkret vorzugeben.

Bei einer Systemgrenze „Betrieb und Nutzung“ werden zusätzlich zu den gebäudebedingten Emissionen die Treibhausgasemissionen berücksichtigt, die durch den Energieverbrauch der Nutzer bzw. Nutzung entstehen. Es handelt sich somit um die nutzer- und nutzungsbezogenen Emissionen. Dieser Teil energiebedingter Emissionen kann auf Basis von Pauschalen bzw. unter Nutzung spezifischer Kennwerte ermittelt werden. Benötigt werden Angaben zum Aufwand an Endenergie je Endenergieträger – nur so lassen sich die Emissionsfaktoren zuordnen. In der Normung werden derartige Angaben dem Modul B6.3 zugeordnet.

Die Einbeziehung insbesondere des Nutzerstroms in Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden hat bereits eine längere Tradition und kann nun auf Fragen der Treibhausgasbilanz übertragen werden. Bereits die Anforderung an die Begrenzung des Aufwandes an Primärenergie, nicht erneuerbar für Passivhäuser bezogen mit $120 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$ neben dem Betrieb (u.a. Heizung, Warmwasserbereitung) auch die Nutzung (Haushaltsstrom) ein (Passivhaus Institut 2011). Als Grund kann hier unterstellt werden, dass nicht innere Gewinne in der Bilanz berücksichtigt werden sollten, die aus Energieaufwand und entsprechenden Verlusten außerhalb der Systemgrenze resultieren. Diese Anforderungen wurden inzwischen weiterentwickelt, beziehen aber den Haushaltsstrom weiterhin ein (Passivhaus Institut 2016).

Die Regeln zur Berechnung und zum Nachweis des Primärenergieaufwandes, nicht erneuerbar bei EH 40 PLUS Gebäuden sehen vor, dass der Haushaltsstrom pauschal berücksichtigt wird. Für Wohnbauten liegt diese bei 20 kWh/m^2 beheizte Nettogrundfläche. Diese Pauschale setzt stromsparende Haushaltsgeräte und Leuchtmittel ebenso voraus wie ein stromsparendes Verhalten der Nutzer (BBSR, Referat II 3/Rose/Wöffen 2018).

Die Einbeziehung nutzer- und nutzungsbezogener Treibhausgasemissionen ist in einer Übergangsphase von Gebäuden zu Prosumern (Konsumenten und Produzenten von Energie) und einer bevorzugten Eigennutzung der am Gebäude oder auf dem Grundstück erzeugten erneuerbaren Energie ein unverzichtbarer Schritt.

Ein Sonderfall der Betrachtung von Emissionen im Betrieb sind die nicht-energiebedingten Emissionen aus Bauprodukten. Obwohl sie während der Nutzung entstehen, werden diese Emissionen aus Bauprodukten dem gebäudebedingten Teil zugeordnet und dort behandelt.

Bei der Berücksichtigung von Treibhausgasemissionen (THG) im Betrieb bzw. bei Betrieb & Nutzung ergeben sich zusammenfassend die in Tab. 2 dargestellten Möglichkeiten

Tab. 2: Varianten (V) der Berücksichtigung betriebs- und nutzungsbedingter Emissionen (Verfasser). „n.b.“ kennzeichnet Produkte, die nicht betrachtet werden bzw. nicht verwendet werden dürfen

Modul	Berücksichtigte Treibhausgasemissionen	V (1)	V (2)	V (3)	V (4)
B6.1	THG-Emissionen, gebäudebezogen, gemäß GEG	X	X	X	X
B6.2	THG-Emissionen, gebäudebezogen, zusätzlich zum GEG		X	X	
B6.3	THG-Emissionen, nutzer- und nutzungsbezogen			X	X
B1	THG-Emissionen aus Kältemitteln	<i>n.b.</i>	<i>n.b.</i>	n.b.	<i>n.b.</i>

Es wird deutlich, dass Art und Umfang einbezogener Treibhausgasemissionen nachvollziehbar definiert werden müssen. Ein Vorgehen gemäß Spalte (4) entspricht den Rechenregeln zum Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) mit Stand Sommer 2021 für neu zu errichtende Wohngebäude (Bundesbauministerium 2021a). Es wird vorgeschlagen, ein Vorgehen gemäß Spalte (3) anzustreben.

Weiterhin ist anzugeben, welche Emissionsfaktoren aus welcher Quelle für die Ermittlung der Treibhausgasemissionen herangezogen werden. Zu unterscheiden ist hier zwischen direkten Emissionen und solchen, welche die Vorketten der Energiebereitstellung einbeziehen. Tab. 3 verdeutlicht den Unterschied, der sich bei der Nutzung von Emissionsfaktoren für CO₂ bzw. Treibhausgase jeweils ohne oder mit Vorketten ergibt.

Tab. 3: Emissionsfaktoren zum Stromverbrauch im deutschen Strommix, Datenstand 02/2021, nach (Icha 2021), S16

Indikator	Messgröße	Einheit	2019
direkter CO ₂ -Emissionsfaktor des deutschen Stromverbrauchs	CO ₂	g/kWh	408
direkter THG-Emissionsfaktor des deutschen Stromverbrauchs	CO ₂ -Äquivalent	g/kWh	416
CO ₂ -Emissionsfaktor des deutschen Stromverbrauchs unter Berücksichtigung der Vorketten-Emissionen	CO ₂	g/kWh	444
THG-Emissionsfaktor des deutschen Stromverbrauchs unter Berücksichtigung der Vorketten-Emissionen	CO ₂ -Äquivalent	g/kWh	470

3.2.2 (Netto) treibhausgasneutral in Betrieb (und Nutzung) - Definition

Im Infokasten werden nachstehend mögliche Definitionen für den Fall „(netto) treibhausgasneutral im Betrieb“ vorgestellt. Die Definition zu „(netto) treibhausgasneutral im Betrieb“ lässt sich durch eine Erweiterung um das Modul B6.3 einer Ökobilanz „Treibhausgasemissionen, bedingt durch den nutzer- und nutzungsbezogenen Energieaufwand“ sinngemäß auf den Fall „(netto) treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung“ übertragen.

Das Modul D2 kann im Sinne der potenziell bei Dritten vermiedenen Treibhausgasemissionen im Ergebnis ihres Bezugs von gebäudeintegriert / gebäudenah erzeugter und dann exportierter (Überschuss-)Energie als Zusatzinformation angegeben werden.

Die vermeintlich schwächeren Anforderungen bei den Nebenanforderungen einer Modernisierung (EH 55 statt EH 40) lassen sich u.U. dadurch rechtfertigen, dass wesentliche Teile der vergegenständlichten „grauen“ Emissionen in eine weitere Nutzungsphase überführt und so nicht erneut verursacht werden. Diese Art der Betrachtung wird explizit erst beim Übergang zu einer Treibhausgasbilanz wirksam, die den Lebenszyklus einbezieht, implizit kann sie jedoch als Erklärung dienen.

Es ist möglich, über die im Kasten erwähnten Nebenanforderungen hinaus weitere zu formulieren oder die genannten zu verschärfen. Dies ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten.

Bei einer Einbeziehung des Moduls B6.3 – *nutzer- und nutzungsbezogene Treibhausgasemissionen* erfolgt eine sinngemäße Betrachtung für eine „Treibhausgasneutralität in Betrieb und Nutzung“ – sowohl für den Fall „absolut“ als auch für den Fall der ausgeglichenen Bilanz („netto“).

Es wird eingeschätzt, dass sich eine Netto-Treibhausgasneutralität in Betrieb und Nutzung u.a. durch Minimierung des Energiebedarfs, ein entsprechendes Nutzerhalten sowie die Gewinnung/Beschaffung sowie Nutzung erneuerbarer Energie realisieren lässt. Die weitere Dekarbonisierung der Energieversorgung wird dies erleichtern und Möglichkeiten in Richtung einer absoluten Treibhausgasneutralität in Betrieb und Nutzung eröffnen. Dies wird jedoch auch durch die Anwendung von Emissionsfaktoren ohne bzw. mit einer Berücksichtigung von Vorketten sowie die Szenarien zur Dekarbonisierung der Energieversorgung beeinflusst.

Der Klimawandel mit steigendem Kühlbedarf und weiterer Technisierung verursacht gegenläufige Tendenzen.

Vorgeschlagen wird, die Anforderung an „klimaneutrale Gebäude“ zunächst als ein Ziel für „Netto-Treibhausgasneutralität in Betrieb und Nutzung“ zu interpretieren und auch so zu kommunizieren. Neben den direkten müssen – so der Vorschlag des Verfassers - auch die indirekten Emissionen einbezogen und die Vorketten der

Energiebereitstellung bei Emissionsfaktoren berücksichtigt werden. Da in den Vorketten Herstellungsprozesse für Produkte und Systeme enthalten sind, ist eine kurzfristige absolute Treibhausgasneutralität unter diesen Randbedingungen nicht sehr wahrscheinlich.

Vorgeschlagen wird zunächst ein statisches Modell bei der Ermittlung und Berücksichtigung der Emissionsfaktoren. Denkbar, im Sinne eines Übergangs zu dynamischen Betrachtungen, ist eine Verwendung von Emissionsfaktoren, die erwartete und planbare Dekarbonisierungseffekte der Energieversorgung zunächst als Mittelwert der kommenden fünf Jahre abbilden. Dies würde einer dynamisch-deterministischen Betrachtung entsprechen.

Neben einer Treibhausgasbilanz besteht die Möglichkeit einer Energiebilanz, hier als „technische“ Bilanz eingeführt im Unterschied zu einer „bewertenden“ Bilanz. Dies ermöglicht die Weiterentwicklung des Ansatzes „Effizienzhaus-PLUS“. Vorgeschlagen wird dies als Erweiterung der Möglichkeiten eines Nachweises der Erfüllung definierter Ziele. Im nächsten KASTEN wird ein Vorschlag vorgestellt.

(Netto)treibhausgasneutrales Gebäude im Betrieb

Ein Gebäude wird dann als „**treibhausgasneutral im Betrieb**“ betrachtet, wenn es in der Betriebsphase rechnerisch keine energiebedingten Treibhausgasemissionen infolge des Betriebs (*Modul B6.1 – gebäudebezogen, im GEG geregelt* und ggf. zusätzlich *Modul B6.2 - gebäudebezogen und im GEG nicht geregelt, u.a. Aufzüge*) inklusive aller Vorstufen der Energiebereitstellung verursacht und keine Emissionen von Treibhausgasen aus Betriebsstoffen (Kältemittel) auftreten (**absolut treibhausgasneutral im Betrieb**) oder eine ausgeglichene Bilanz an Treibhausgasemissionen unter Beachtung definierter Systemgrenzen sowie Rechenregeln und anerkannter Ausgleichs- bzw. Kompensationsmöglichkeiten nachgewiesen wird (**netto-treibhausgasneutral im Betrieb**). Art und Umfang der Einbeziehung der Treibhausgasemissionen gemäß Modul B6.1 und ggf. Modul B6.2 sind weiter zu präzisieren, entweder durch Verweise auf das GEG oder auf frei zugängliche Informationsmöglichkeiten.

Soweit die Treibhausgasemissionen im Betrieb nicht vollständig vermieden werden können, sind sie vor einem Ausgleich bzw. ihrer Kompensation durch zulässige Maßnahmen auf ein Anforderungsniveau zu begrenzen, das sich derzeit bei Neubauten aus dem energetischen Standard EH 40, bei Modernisierungsmaßnahmen aus dem energetischen Standard EH 55 ergibt⁸. In diesen Fällen können bei Einhaltung dieser Nebenanforderung Effekte der Beschaffung und Nutzung erneuerbarer Energie (u.a. Ökostrom) unter Beachtung von Auflagen (Huckestein 2020) berücksichtigt werden. Für einen Ausgleich bzw. die Kompensation noch verbleibender Treibhausgasemissionen sind weiterhin zugelassen: technische Maßnahmen für negative Emissionen, Investition in technische Maßnahmen für negative Emissionen, Kauf von Zertifikaten (so weit anerkannt) (Huckestein 2020).

Im Falle einer Darstellung als netto-treibhausgasneutrales Gebäude sollen sowohl die Teile der Bilanz dargestellt (- x kg CO₂-Äquivalent /a zu + y kg CO₂-Äquivalent / a) als auch die Art des Ausgleichs bzw. der Kompensation benannt werden.

⁸ In Anlehnung an Klimaschutzprogramm 2030, (Die Bundesregierung 2019)

Gebäude mit ausgeglichener Energiebilanz im Betrieb

Alternativ wird ein Gebäude dem Status „(netto) treibhausgasneutral im Betrieb“ bzw. „...in Betrieb und Nutzung“ in der Betrachtung dann gleichgestellt, wenn die Treibhausgasemissionen in der Betriebs- (und Nutzungsphase) das Anforderungsniveau gemäß Orientierungswert des Qualitätssiegels „Nachhaltiges Gebäude“ des Bundes Stufe II unter Beachtung definierter Systemgrenzen und Rechenregeln für die jeweilige Gebäude- und Nutzungsart unterschreiten und

am Gebäude/auf dem Grundstück das verfügbare solare Potenzial zu x^9 % für die Erzeugung erneuerbarer Energie ausgenutzt, diese überwiegend genutzt und ein Teil an Dritte geliefert wird

und

in Anlehnung an die Rechen- und Bewertungsregeln der Bilanz an Treibhausgasen eine Energiebilanz erstellt und eine ausgeglichene oder positive Bilanz bei Primärenergie¹⁰, nicht erneuerbar mindestens als Jahresbilanz, besser noch als Monatsbilanz nachgewiesen wird.

Verwendet wird hier die Bezeichnung „(klimafreundliches) Gebäude mit ausgeglichener Energiebilanz im Betrieb“ bzw. „... in Betrieb & Nutzung“. Das Gebäude ist einem treibhausgasneutralen Gebäude im Betrieb (... in Betrieb & Nutzung) gleichgestellt, wird aber nicht als solches bezeichnet.

Die Teile der Energiebilanz werden mit $-x$ kWh/a zu $+y$ kWh/a angegeben. Als Zusatzinformation wird die gebäudeintegriert bzw. gebäudenah erzeugte Energie ausgewiesen, inkl. des eigengenutzten bzw. an Dritte gelieferten Anteils.

Vorgeschlagen wird diese Variante ausdrücklich als Übergangslösung.

3.2.3 (Netto) treibhausgasneutral im Lebenszyklus - Grundlagen

Im Interesse eines Beitrages zu einer allgemeinen Klimaneutralität ist es wünschenswert, bei Neubau- und Modernisierungsvorhaben das Ziel einer (Netto) Treibhausgasneutralität im Lebenszyklus zu verfolgen. In derartige Betrachtungen müssen sowohl die betriebs- (und nutzungs-)bedingten sowie die gebäudebezogenen („grauen“) Treibhausgasemissionen einbezogen werden. Die zeitliche Systemgrenze bezieht sich hier jedoch i.d.R. nicht auf die geplante komplette (Rest-)Nutzungsdauer des Gebäudes, sondern auf einen definierten Betrachtungszeitraum gemäß Modell bzw. Konvention.

Es ist sinnvoll, hier zunächst die Summe aller Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus des Gebäudes in die Bilanz und die Formulierung von Anforderungen einzubeziehen. Denkbar ist eine zusätzliche Unterteilung in verbindliche bzw. orientierende Teilziele zum gebäudebezogenen und betriebsbedingten Anteil. Eine alleinige Forderung nach einem (netto)treibhausgasneutralen gebäudebezogenen Anteil ohne Anforderung an Betrieb bzw. Betrieb & Nutzung ist nicht sinnvoll. Im umgekehrten Fall ist eine Kombination aus Anforderungen an einen (netto)treibhausgasneutralen Betrieb bzw. Betrieb & Nutzung und Zielwerten für den gebäudebezogenen Teil, die auf Benchmarks größer Null bzw. netto-Null aufbauen, denkbar.

Die zu berücksichtigenden Anteile für Betrieb bzw. Betrieb & Nutzung ergeben sich aus Abschnitt 3.2.1. Zusätzlich zu berücksichtigen sind nun die gebäudebezogenen Treibhausgasemissionen. Es werden hinsichtlich des Gebäudemodells die Bauwerksteile berücksichtigt, die bei einer elementorientierten Vorgehensweise den Kostengruppen 300, 400 und zum Teil 500 entsprechen. Art und Umfang der Berücksichtigung müssen in Konventionen geregelt werden, üblich sind u.a. auch Pauschalen, sonstige Vereinfachungen und/oder Abschneidekriterien. Es wird auf Kapitel 4.2.1 verwiesen. Erfasst werden für den gebäudebezogenen Anteil im Minimum die Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit:

- Herstellung der Bauprodukte, Bauteile und Systeme (Module A1-A3)
- Ersatzinvestitionen (Modul B4)
- Aufbereitung/Entsorgung (Module C3-C4).

⁹ In weiteren Diskussionen und Forschungsarbeiten festzulegen

¹⁰ Von einer z.T. üblichen Endenergie-Bilanz wird abgeraten. Das Addieren unterschiedlicher Energieträger-Aufwände ist nur über Umrechnung in Primärenergie, nicht erneuerbar, Emissionen oder Kosten möglich.

Einzubeziehen sind nicht-energiebedingte Emissionen aus Baustoffen, die zu Beiträgen in B1 führen können. Alternativ können entsprechende Baustoffe oder Hilfsstoffe ausgeschlossen werden.

Das Modul D1 (Recyclingpotenzial) kann als Zusatzinformation ausgewiesen werden. In seine Ermittlung fließen nicht nur Effekte beim Rückbau des Gebäudes, sondern auch beim Austausch von Bauwerksteilen ein.

In Bezug auf die Betrachtung des Lebenszyklus wird eingeschätzt, dass sich eine absolute Treibhausgasneutralität im vollständigen Lebenszyklus auf direktem Wege derzeit kaum erreichen lässt. Limitierender Faktor sind die Treibhausgasemissionen für Herstellung, Errichtung, Instandhaltung, Ersatzinvestitionen, Rückbau und Aufbereitung/Entsorgung. Diese lassen sich durch entsprechende Konstruktionsprinzipien und Bauweisen sowie die Dekarbonisierungsbemühungen der Baustoffindustrie und des Anlagenbaus inkl. ihrer Vorlieferanten weiter reduzieren, aber in absehbaren Zeiträumen noch nicht vollständig vermeiden. Positive Effekte lassen sich durch die Weiter- und Umnutzung vorhandener Bausubstanz sowie den Einsatz von Sekundärrohstoffen im Kontext einer Kreislaufökonomie erreichen. Für verbleibende Emissionen müssten entweder ein verfügbares Restbudget an Treibhausgasemissionen in Anspruch genommen oder zulässige Kompensationsmöglichkeiten umgesetzt werden. Nur für den zweiten Fall kann ggf. von der Erreichbarkeit einer Netto-Treibhausgasneutralität im Lebenszyklus ausgegangen werden.

Denkbar ist ein Ansatz, bei dem für Betrieb bzw. Betrieb & Nutzung eine Netto-Treibhausgasneutralität erreicht und nachgewiesen sowie für den baulichen Teil von Neubau- und Modernisierungsmaßnahmen ein Anforderungswert unterschritten wird, der sich an einem nationalen/sektoralen Restbudget orientiert. Dies erfordert u.a. eine Umrechnung eines Budgets/Kopf in ein Budget/m² Bezugsfläche für Gebäude im Sinne einer Ziel-, Planungs- und Nachweisgröße.

Umgangssprachlich würde dann ein „klimaverträgliches“ Gebäude im Lebenszyklus erreicht.

3.2.4 (Netto) treibhausgasneutral im Lebenszyklus – Definition

Nachstehend wird eine Definition für Gebäude vorgeschlagen, die eine Netto-Treibhausgasneutralität im Lebenszyklus erreichen.

Netto-treibhausgasneutrales Gebäude im Lebenszyklus

Ein Gebäude wird dann als „netto-treibhausgasneutral im Lebenszyklus“ betrachtet, wenn:

die Anforderungen des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude an die Begrenzung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus im höchsten Anforderungsniveau unterschritten werden, soweit diese für die entsprechende Gebäude- und Nutzungsart vorliegen.

- oder - die Treibhausgasemissionen im Betrieb mindestens auf ein Niveau reduziert werden, das sich bei Neubauten aus dem energetischen Standard EH 40, bei Modernisierungsmaßnahmen aus dem energetischen Standard EH 55 ergibt¹¹ und Möglichkeiten der Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energie sowie der Konstruktionsoptimierung und des Einsatzes von Bauprodukten aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. von Baustoffen mit geringen grauen Emissionen ausgeschöpft wurden (z.B. nachgewiesen durch das Erreichen gesonderter Anforderungswerte).

- und - die verbleibenden Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus durch den Bezug von Ökostrom minimiert und/oder durch technische Maßnahmen für negative Emissionen, Investitionen in technische Maßnahme für negative Emissionen ausgeglichen und/oder den Erwerb zugelassener Zertifikate kompensiert werden und so eine Netto-Treibhausgasneutralität im Lebenszyklus nachgewiesen werden kann.

Im Falle einer Darstellung als netto-treibhausgasneutrales Gebäude sollen sowohl die Teile der Bilanz dargestellt (- x kg CO₂-Äquivalent /a zu + y kg CO₂-Äquivalent /a) und die Teilgrößen für den gebäudebezogenen und betriebsbedingten Anteil angegeben, als auch die Ansätze für Ausgleich oder Kompensation benannt werden.

Die Module D1 und D2 sollen als Zusatzinformation angegeben werden.

¹¹ In Anlehnung an Klimaschutzprogramm 2030

Eine Alternative wird gesehen in einer Anforderung an eine Netto-Treibhausgasneutralität in Betrieb und Nutzung sowie einer Anforderung zur Begrenzung gebäudebezogener „grauer“ Emissionen im Lebenszyklus. Eine entsprechende Benchmark für gebäudebezogene Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus muss in diesem Fall für ausgewählte Gebäude- und Nutzungsarten ermittelt werden. Derartige Gebäude können nicht als treibhausgasneutral im Lebenszyklus bezeichnet werden.

Zu diskutieren ist die Einführung einer Nebenanforderung zur Begrenzung des Erstaufwandes für Treibhausgasemissionen (Modul A1-A5). Diese gehen sofort zu Lasten des noch zur Verfügung stehenden Budgets und können später nicht mehr beeinflusst werden. Bei B4 und C können sich bereits künftige Dekarbonisierungseffekte auswirken. Um diese abzubilden, müsste zu einer dynamischen Betrachtung übergegangen werden.

Es ist möglich und sinnvoll, in Nebenanforderungen weitere Vorgaben zur Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit zu machen, z.B. eine Vorgabe für D1 als Prozentsatz von A1-A3 bei Erst- und Ersatzmaßnahmen. Zusätzlich sollte die im Bauwerk gespeicherte biogene Kohlenstoffmenge als *carbon content* ausgewiesen werden.

3.3 Handlungsempfehlungen

In Bezug auf Begriffe und Definitionen zum Thema Klimaschutz im Bau- und Gebäudebereich werden vom Verfasser folgende Handlungsempfehlungen ausgesprochen:

- a) Der Begriff „klimaneutrales Gebäude“ sollte überwiegend umgangssprachlich verwendet und mit einer Erläuterung versehen werden, wonach dies mit einer (Netto)Treibhausgasneutralität erreicht werden soll und nachgewiesen werden muss.
- b) In Publikationen des Bundes sollte der Begriff „klimaneutrales Gebäude“ zunächst in Richtung „(netto)treibhausgasneutral in Betrieb und Nutzung“ interpretiert werden. Dies ist eine universelle Anforderung, die für alle Gebäude- und Nutzungsarten gilt. Sie sollte sowohl für Neubau- und Erweiterungsmaßnahmen gelten als auch auf Modernisierungsmaßnahmen ausgeweitet werden. Zwar ist (netto)treibhausgasneutral eine universelle Anforderung, die jeweiligen Systemgrenzen und Rechenregeln müssen jedoch für konkrete Gebäude- und Nutzungsarten spezifisch festgelegt werden.
- c) Die Auseinandersetzung mit Fragen der Erfassung, Bewertung und Beeinflussung von Treibhausgasemissionen sollten auch unabhängig von einer Nachhaltigkeitsbewertung auf den vollständigen Lebenszyklus ausgeweitet werden. Die Lebenszyklusanalyse muss zum Normalfall werden.
- d) Für (netto)treibhausgasneutrale Gebäude in Betrieb & Nutzung sollten zusätzlich Anforderungen an die Begrenzung gebäudebezogener grauer Emissionen im Lebenszyklus formuliert werden. Ergänzend können Anforderungen an das Recyclingpotenzial D1 formuliert und der *carbon content* ausgewiesen werden. Damit würde ein „klimaverträgliches“ Gebäude im Lebenszyklus adressiert werden.
- e) Eine mögliche Übergangsphase bis zur Einführung derartiger Anforderungen bei Maßnahmen des Bundes sollte zwei Jahre betragen. Grund ist, dass Gebäude, die jetzt errichtet bzw. modernisiert werden, im Jahr 2045 große Teile des Bestands bilden.
- f) Es sollte geklärt werden, ob und wann ein Übergang zu dynamisch-deterministischen Betrachtungen bei der Ökobilanzierung erfolgen kann bzw. soll. Dies betrifft u.a. die Emissionsfaktoren der Energieversorgung, die sich durch Dekarbonisierungseffekte verringern.
- g) Es sollte geklärt werden, welche Maßnahmen bzw. Investitionen in Maßnahmen für negative Emissionen empfohlen werden.
- h) Es sollte geklärt werden, ob und welche Zertifikate als Kompensationsmaßnahme anerkannt werden. Vorgesprochen wird eine Abstimmung mit UBA.
- i) Es sollte geklärt werden, ob, wann und wie die bereits einsetzenden Folgen des Klimawandels in der Energiebedarfsberechnung durch eine Anpassung der Klimadaten berücksichtigt werden. Ein Übergang zu standortspezifischen Betrachtungen wird empfohlen.

4 Rechenregeln und Nachweisverfahren

Zur Sicherung der Nachvollziehbarkeit und der Glaubwürdigkeit von Ergebnissen einer Erfassung und Bewertung der Treibhausgasemissionen in der Betriebs- und Nutzungsphase bzw. im vollständigen Lebenszyklus von Gebäuden bedarf es zusätzlich zu den Anforderungsniveaus auch eindeutiger Rechenregeln und transparenter Nachweisverfahren. Im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) und der Einführung des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude des Bundes (QNG) wurde bereits eine neue Generation von Regeln für die Erstellung von Ökobilanzen, darunter auch Emissionsbilanzen für Treibhausgase, erstellt und veröffentlicht. Zunächst wird hier auf diese verwiesen (Bundesbauministerium 2021a). Nachstehend werden ausgewählte Themen vorgestellt und Entscheidungen begründet. Sie sind in die Rechenregeln und Nachweisverfahren zum QNG mit Stand Sommer 2021 bereits eingeflossen.

Nachstehende Abschnitte richten sich an Zielgruppen, die Grundlagen und Hintergründe benötigen.

4.1 Zeitpunkt der Ermittlung

Eine Ermittlung und Bewertung von Treibhausgasemissionen erfolgt bei unterschiedlichen Anlässen zu ausgewählten Zeitpunkten. Dies hat Einfluss auf die zur Verfügung stehenden Informationen und Daten und ist insofern vergleichbar mit übrigen Berechnungs- und Bewertungsaufgaben in Planungsprozessen. In der Planung von Neubau- und Modernisierungsmaßnahmen bei Einzelgebäuden kann vereinfachend unterschieden werden zwischen:

- a) frühen Phasen der Planung
- b) Ausführungsplanung
- c) Bewertung des realisierten Zustandes.

Es ist darüber hinaus möglich, Treibhausgasemissionen (hier des Betriebs und ggf. der Nutzung) in der

- d) Betriebsphase¹²

zu erfassen. Berechnungsergebnisse können hier durch Messergebnisse ergänzt bzw. ersetzt werden. Dabei werden nicht die Treibhausgasemissionen selbst gemessen, sondern erfasste Verbräuche an Endenergie in diese unter Nutzung von Emissionsfaktoren umgerechnet. Hierbei ist über Art und Umfang einer „Bereinigung“ im Sinne einer Umrechnung auf mittlere Verhältnisse zu entscheiden.

Der Zeitpunkt der Ermittlung soll und kann keinen Einfluss auf Anforderungen und/oder Zielwerte haben. Es ist jedoch festzulegen, wie mit den in frühen Planungsphasen bestehenden Informationslücken, Bandbreiten und Unsicherheiten umgegangen werden kann und soll. Hier ergeben sich Parallelen zur Ermittlung von Bau- und Nutzungskosten in frühen Phasen. Auch dort werden zunächst Kennwerte oder Durchschnittswerte verwendet. In Anlehnung daran können auch für eine Bilanz der Treibhausgasemissionen Rechenwerte für die Bauprodukte, Bauteile und Anlagen sowie für Dienstleistungen und Prozesse vorgegeben und/oder zur Verfügung gestellt werden. Die Verwendung von Zuschlägen und Pauschalen ist möglich und sinnvoll, wenn diese auf der „sicheren Seite“ liegen. Im Bereich der Bereitstellung von Daten können generische Werte, Durchschnittswerte (vorzugsweise unter Angabe von Bandbreiten) sowie Kennwerte von Branchen zu ausgewählten Produktgruppen verwendet werden, die u.a. von Verbänden zur Verfügung gestellt werden. Die frei zugängliche Datenbank für Ökobilanzdaten „ÖKOBAUDAT“ (BMI 2021)¹³ hält derartige Daten vor.

Mit Planungsfortschritt verbessert sich die Informationslage. Insbesondere die Mengen- und Massenermittlung kann verfeinert und die Auswahl von Produkten, Bauteilen und Anlagen konkretisiert und präzisiert werden. Im Bereich der Datengrundlagen können nun hersteller- und produktspezifische Angaben zum Einsatz gelangen, soweit diese die Qualitätsanforderungen und Anwendungsvoraussetzungen nachweislich erfüllen. Vergleichbar der Situation bei der Ermittlung des Einflusses von Wärmebrücken sollte sichergestellt werden,

¹² Häufig auch mit Nutzungsphase bezeichnet. Im Kontext dieser Ausarbeitung wird jedoch stärker zwischen Betrieb und Nutzung unterschieden.

¹³ <https://www.oekobaudat.de/>

dass eine exaktere Berechnung i.d.R. zu Vorteilen führt. Dies setzt die Vorgabe von angemessenen Zuschlägen für Fälle voraus, die überwiegend Pauschalwerte verwenden und Abschneidekriterien nutzen.

Vergleichbar den Angaben in einem Energieausweis sollen bei Übergabe des Gebäudes die zu kommunizierenden Angaben dem tatsächlich realisierten Zustand entsprechen. Dies trifft u.a. für Art, Menge und Einbauort verbauter Materialien, Bauteile und Anlagen sowie die verwendeten Ökobilanzdaten zu. Angaben zu verbauten Materialien, Bauteilen und Systemen können in einem Materialinventar zusammengefasst und zum Bestandteil einer umfassenden Gebäudedokumentation (Hausakte bzw. Gebäudepass) werden (Global Alliance for Buildings and Construction and the United Nations Environment Programme 2021).

4.2 Systemgrenzen

Betrachtungs- und Bewertungsgegenstand der Ermittlung und Bewertung von Treibhausgasemissionen im Kontext dieser Ausarbeitung ist das Gebäude auf seinem Grundstück über seinen Lebenszyklus hinweg. Einbezogen werden die der eigentlichen Nutzung vor- und nachgelagerten Prozesse. Die Grundlage der Bewertung bilden die potenziellen Wirkungen auf die Umwelt, hier das Klima bzw. die Klimaerwärmung durch verursachte Treibhausgasemissionen. Für Berechnungen und Nachweise werden Modelle für das Gebäude und seinen Lebenszyklus verwendet. Diese werden u.a. über Systemgrenzen definiert. Hinweise auf Systemgrenzen müssen klar und umfassend formuliert werden und öffentlich zugänglich sein. Sie gelten sowohl für die Erarbeitung von Anforderungswerten als auch für Berechnungs- und Nachweisverfahren.

Bei den Systemgrenzen ist zu unterscheiden, ob sie für die Rechen- und Nachweisregeln zur (Netto)Treibhausgasneutralität im Betrieb bzw. für Betrieb & Nutzung gelten oder für (Netto)Treibhausgasneutralität im Lebenszyklus anzuwenden sind.

4.2.1 Gebäudemodell

Dem Grundsatz nach ist das Gebäude vollständig zu erfassen, ggf. mit auf dem Grundstück befindlichen Anlagen, die seinem Betrieb dienen. Eine Orientierung an Kostengruppen und der Elementsystematik nach DIN 276 zur Festlegung der Systemgrenzen im Detail hat sich bewährt und kann auch für den Nachweis der Vollständigkeit der Erfassung bzw. der Einhaltung von Konventionen zu Systemgrenzen herangezogen werden - siehe Abb. 7. Neben dem baulichen Teil entsprechend der KG 300 müssen die wesentlichen technischen Anlagen mit ihren Komponenten gemäß KG 400 berücksichtigt werden. Es ist möglich, ausgewählte Teile des Gebäudes zu vernachlässigen und hierfür „Abschneidekriterien“ zu definieren, über Pauschalwerte oder Zuschläge zu erfassen oder unter Nutzung sonstiger Kennwerte auf einer Makro- oder Mikroebene in die Berechnung einzubeziehen. Auf Abschnitt 4.1 und 4.3 wird verwiesen. Es ist möglich und sinnvoll, die Ermittlung und Dokumentation von Art und Menge berücksichtigter Baustoffe, Bauteile und Anlagen als Grundlage für die Erstellung eines Materialinventars als Teil einer lebenszyklusbegleitenden Gebäudedokumentation zu nutzen.

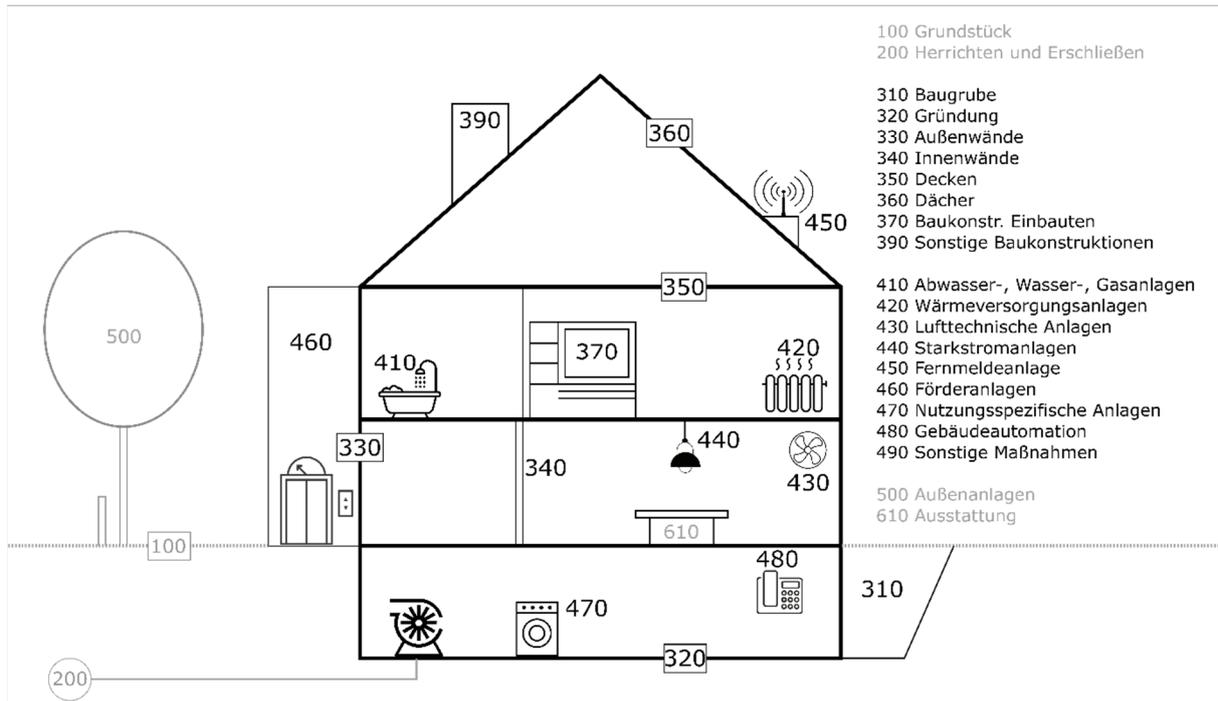


Abb. 7: Systematik der Bauwerksteile in Anlehnung an Kostengruppen der DIN 276

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN. (Bundesbauministerium 2021a). Sie dienen hier als Beispiel für Konventionen, die auch im Rahmen des Nachweises einer Treibhausgasneutralität zur Anwendung gelangen sollten.

Bauwerksteile der KG 300 sind vollständig zu berücksichtigen, im Detail gelten definierte Abschneidekriterien. Die Anlagen und Komponenten der KG 400 sind vollständig zu berücksichtigen. Für Kleinkomponenten erfolgt dies für ausgewählte Anlagen der KG 400 in Form von Pauschalen. Großkomponenten sind detailliert zu erfassen. Bauwerksteile und Anlagen der KG 500 sind sinngemäß dann zu erfassen, wenn sie der Versorgung des Gebäudes dienen. Datengrundlage ist die ÖKOBAUDAT.

4.2.2 Lebenszyklusmodell - gesamt

Das Modell zur Beschreibung des Gebäude-Lebenszyklus basiert auf Phasen und Modulen, orientiert an der DIN EN 15643 in der demnächst gültigen Fassung von 2021. Phasen und Module werden mit Abb. 8 vorgestellt.

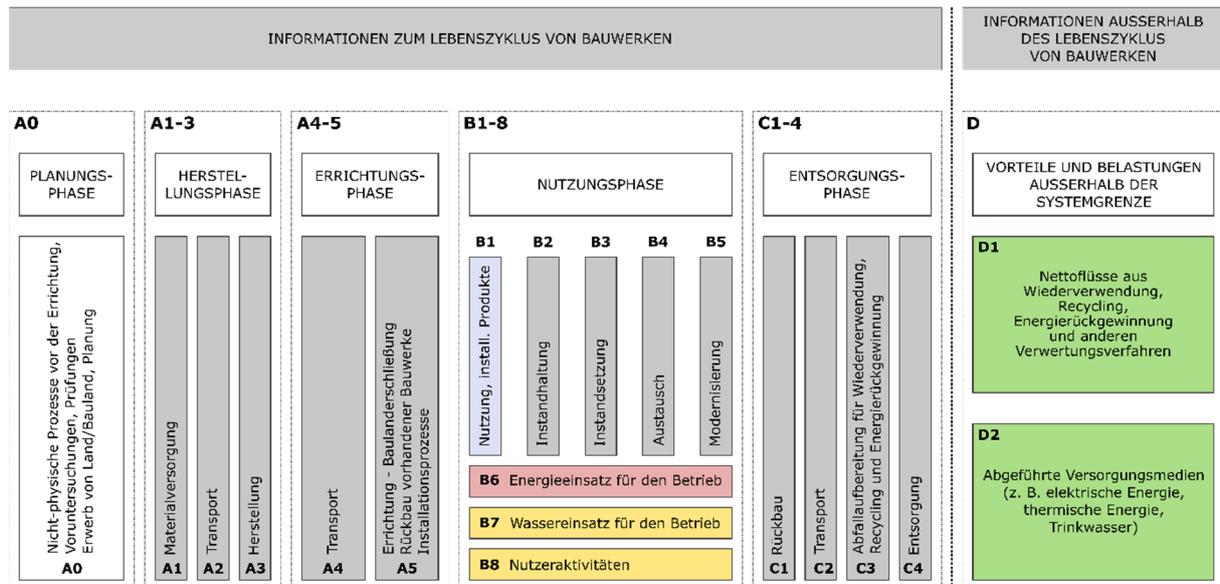


Abb. 8: Phasen und Module gemäß EN 15643

Es ist möglich, den Lebenszyklus im Modell zu unterteilen

- gemäß zeitlichem Verlauf mit (1) Herstellung und Errichtung; (2) Nutzung, Betrieb und Erhalt; (3) Rückbau, Aufbereitung und Entsorgung – siehe Abb. 9.
- nach (1) einem gebäudebezogenen Anteil infolge Herstellung, Errichtung, Erhalt, Rückbau, Aufbereitung und Entsorgung (gebäudebezogener, vergegenständlichter bzw. grauer Anteil) und (2) einem betriebs- (und ggf. nutzungs-)bedingten Anteil mit direkten / indirekten Emissionen – siehe Abb. 10).

Je nach gewählter Unterteilung werden Teilanforderungen bzw. Orientierungswerte für die Planung möglich. Dies führt zu entsprechenden Berechnungen (und ggf. Nachweisen) jeweiliger Teilgrößen. Das Modul 0 repräsentiert den Aufwand für die Planung und wird bei der Betrachtung von Treibhausgasemissionen nicht erfasst. Die Module D1 für das Recyclingpotenzial und D2 für z.B. Art, Menge und potenzielle Effekte von an Dritte gelieferter Energie, die am Gebäude/auf dem Grundstück erzeugt wurde, werden jeweils gesondert betrachtet und kommuniziert. Sie können, um normkonform zu agieren, mit übrigen Modulen nicht verrechnet werden. Die Berechnungen erfolgen auf Basis eines definierten Betrachtungszeitraums. Dieser ist nicht automatisch mit der geplanten Nutzungs- oder Lebensdauer identisch. Er endet jedoch mit den Prozessen am Ende der Lebens- bzw. Nutzungsdauer.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN. Sie sollten in die Rechen- und Nachweisregeln für den Nachweis der Treibhausgasneutralität integriert werden.

Für das Lebenszyklusmodell gilt ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren. Dieser Betrachtungszeitraum beschreibt die ersten 50 Jahre der geplanten Lebens- bzw. Nutzungsdauer und endet per Definition mit den Prozessen am Ende einer Lebens- bzw. Nutzungsdauer. Effekte im Zusammenhang mit Rückgewinnung und Recycling von Baustoffen, Bauteilen und Anlagen sowie der Lieferung von Energie an Dritte finden außerhalb der Systemgrenzen statt und sind gesondert darzustellen.

Für das Ende der Lebens- bzw. Nutzungsdauer wird ein selektiver Rückbau angenommen. Abweichungen hiervon sind anzugeben, zu begründen und in ihren Konsequenzen darzustellen.

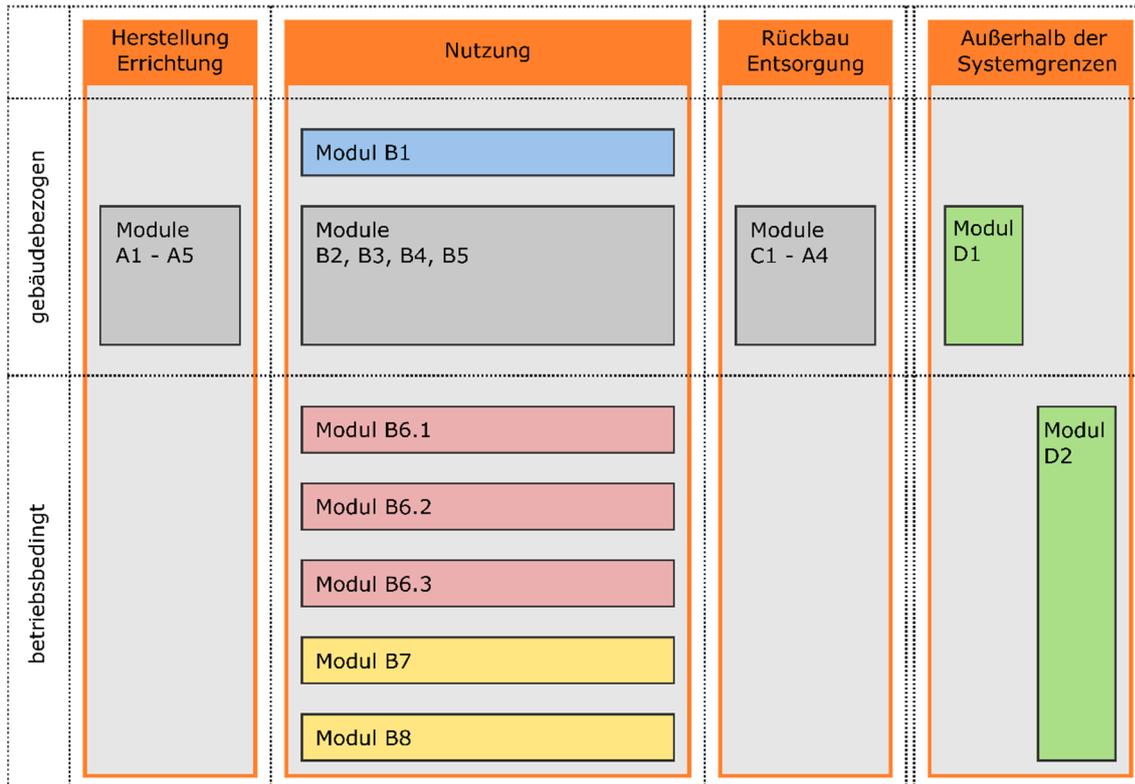


Abb. 9: Zeitbezogene Unterteilung des Lebenszyklus in Herstellung und Errichtung, Betrieb und Nutzung inkl. Erhalt und Ersatz, Ende der Lebens- bzw. Nutzungsdauer

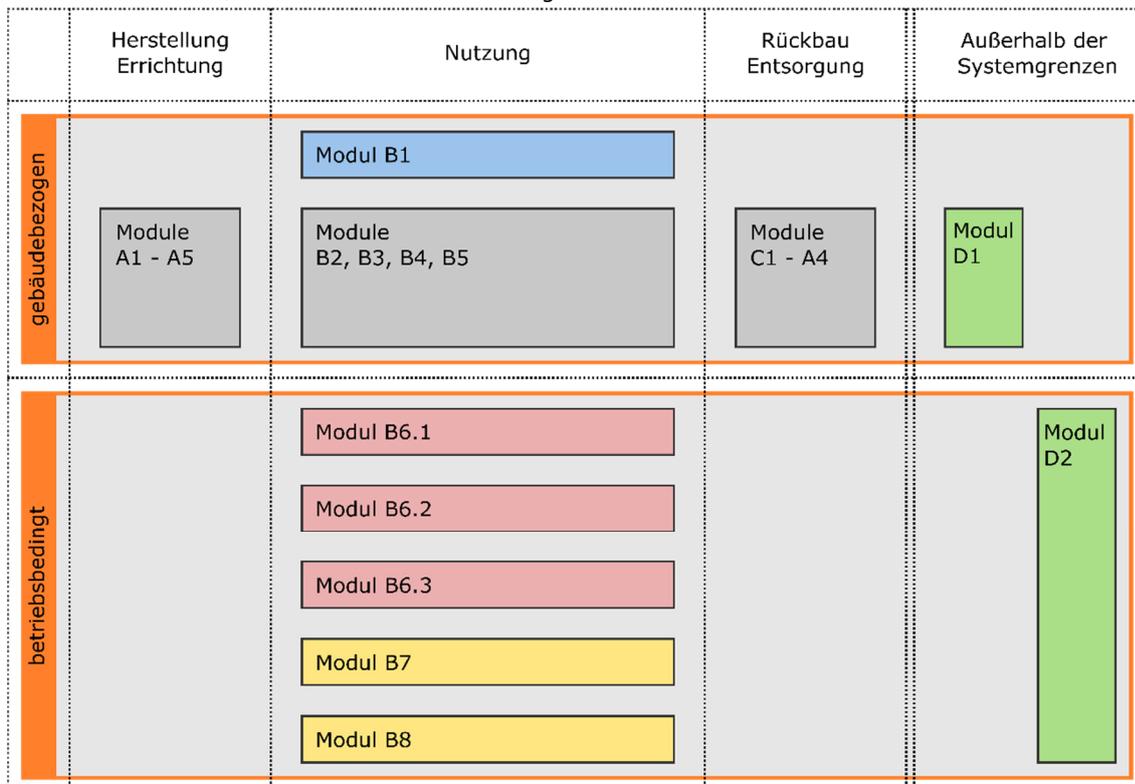


Abb. 10: Sachbezogene Einteilung des Lebenszyklus in einen gebäudebezogenen und einen betriebs- (und nutzungs-)bedingten Teil

4.2.3 Lebenszyklusmodell – Teil Herstellung und Errichtung

Im Bereich der Ermittlung und Bewertung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden ist eine erste Teilgröße die Phase der Herstellung und Errichtung, die mit Übergabe und Inbetriebnahme endet. Sie wird bei einer Unterteilung des Lebenszyklus gemäß a) zeitbezogener Einteilung oder b) sachbezogener Einteilung verwendet. Diese Systemgrenze entspricht der einer Ermittlung von Baukosten ohne Planungs- und Nebenkosten. Einbezogen werden die Module A1-A5. Art und Umfang einer Berücksichtigung von Transporten zur Baustelle (Modul A4) und von Bauarbeiten auf der Baustelle (Modul A5) sind zu definieren.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Die Module A4 Transporte zur Baustelle und B5 Bauprozesse auf der Baustelle werden derzeit nicht erfasst. Aus Gründen einer Gleichbehandlung der Vorfertigung werden bei der Herstellung von Fertigteilen die anteiligen Prozesse in A3 Herstellung nicht berücksichtigt. Sinngemäß trifft dies auch zu für die Transport- und Bauprozesse bei Ersatz (B4) sowie Rückbau (C1 und C2).

In den Modulen A1-A5 (bzw. hier gemäß der Konvention in den Modulen A1-A3) erfasste Treibhausgasemissionen werden vor und während der Errichtung und Fertigstellung des Gebäudes verursacht. Sie gehen zu Lasten des zum Erreichen von Zielen zur Begrenzung der globalen Erwärmung verbleibenden „Budgets“ an Treibhausgasemissionen und können im Unterschied zu späteren Ursachen für Treibhausgasemissionen nicht mehr beeinflusst werden. Möglich sind Orientierungswerte für die Planung bis hin zu Nebenanforderungen.

Mit der Fertigstellung und Übergabe des Gebäudes wird eine erste wesentliche Systemgrenze bei einer zeitlichen Betrachtung erreicht. Für Gebäude ist nicht das „Werktor“ entscheidend, sondern die Inbetriebnahme.

4.2.4 Umgang mit Anlagen zur Gewinnung/Erzeugung erneuerbarer Energie

Bei Anlagen, die im/am Gebäude und/oder auf dem Grundstück zur Gewinnung/Erzeugung erneuerbarer Energie betragen ist zu definieren, ob sie dem Gebäude

- 1) vollständig
- 2) im Umfang der im Gebäude genutzten Energie

zugeordnet werden. Im Fall 2) wird der verbleibende Anteil der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus der Anlage der „exportierten“ i.S. der an Dritte gelieferten Energie zugeordnet. Bei einem Vorgehen nach Fall 2 wird das Gebäude anteilig von den Treibhausgasemissionen entlastet, denen kein gebäudebezogener Effekt gegenübersteht. Gleichzeitig wird deutlich, dass die an Dritte gelieferte (exportierte) Energie nicht frei von Emissionen ist. Insofern treten Widersprüche zu Emissionsfaktoren für erneuerbare Energie nicht auf, sofern diese inklusive der Vorketten angegeben werden. Der hier für gebäudeintegrierte Anlagen zur solaren Stromerzeugung beschriebene Sachverhalt kann sinngemäß auf andere Anlagearten übertragen werden. Für Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) liegen in den Bilanzierungsregeln zum QNG gesonderte Hinweise vor. Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Die Treibhausgasemissionen der Herstellung von Anlagen zur Erzeugung/Gewinnung von erneuerbarer Energie am Gebäude und/oder auf dem Grundstück (Modul A1-A3) werden nur mit dem Anteil in die Bilanz des Gebäudes einbezogen, der dem Anteil der im Gebäude genutzten Energie entspricht (Eigennutzungsgrad). Sinngemäß trifft dies auch zu für übrige Module zur Erfassung übriger Module im Lebenszyklus derartiger Anlagen.

Der letzte Satz der Konvention bezieht sich auf eine sinngemäße Übertragung der Vorgehensweise auf eine Behandlung der Module B4, C3 und C4 sowie D1. Der verbleibende, nicht bereits anteilig dem Gebäude zugeordnete Anteil der Treibhausgasemissionen wird der exportierten Energie zugeordnet und sollte zusätzlich dargestellt und kommuniziert werden. In diesem Fall wird deutlich, dass erneuerbare Energie bei Einbeziehung vor- und nachgelagerter Stufen durch Herstellung, Erhalt und Aufbereitung/Entsorgung der Systeme derzeit nicht frei von Ressourceninanspruchnahme und Wirkungen auf die Umwelt ist.

Künftig müssen hier beschriebene Vorgehensweisen für den Fall weiter ausdifferenziert werden, dass Anlagen zur Erzeugung, Gewinnung erneuerbarer Energie Teile der Gebäudehülle bilden und insofern mehrere Funktionen erfüllen.

4.2.5 Lebenszyklusmodell – Teil Betriebs- und Nutzungsphase

Mit den Module B2 und B3 werden Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit der Instandhaltung inkl. Reparaturen erfasst. Im Rahmen von Konventionen kann auf ihre Ermittlung verzichtet werden, eine Berücksichtigung über Pauschalen und Zuschläge erfolgen oder eine Ermittlung vorgenommen werden. Dies ist transparent und öffentlich zugänglich anzugeben.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Die Module B2 Instandhaltung sowie B3 Instandsetzung und Reparatur werden nicht berücksichtigt.

Dem Modul B1 können nicht-energiebedingte Emissionen aus Baustoffen und Betriebsmitteln zugeordnet werden. Alternativ kann die Verwendung von Alternativen oder ein Ausschluss von Produkten im Rahmen von Konventionen vorgegeben werden.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Treibhausgase, die während der Betriebs- und Nutzungsphase aus Baustoffen oder Betriebsmitteln (Kältemitteln) emittiert werden, werden nicht berücksichtigt. Alternativ ist in der Aufgabenstellung und Planung auf eine Verminderung oder Vermeidung des Einsatzes derartiger Produkte hinzuwirken. Dies trifft insbesondere auf Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial zu.

Treibhausgasemissionen infolge der geplanten Ersatzinvestitionen im Sinne des Austausches von Bauteilschichten, Bauteilen und/oder Anlagen werden im Modul B4 erfasst. Es setzt sich aus Treibhausgasemissionen zusammen, die bei Ersatzmaßnahmen in den Modulen A1-A5 sowie C1-C4 entstehen sowie Effekten außerhalb der Systemgrenzen (Recyclingpotenzial), die dem Modul D1 zuzuordnen sind. Voraussetzung sind Konventionen und Szenarien zu Art und Umfang geplanter Ersatzmaßnahmen sowie die Bereitstellung von Angaben zum Austauschzyklus von Bauteilen und Anlagen.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Das Modul B4 Austausch/Ersatz wird über die Berücksichtigung der Module C3 und C4 ausgebaute Bauteile und Anlagen sowie die Module A1-A3 neu eingebaute Bauteile und Anlagen erfasst. Erfasst werden auch die Beiträge zum Modul D1 (Recyclingpotenzial). Für die Dauer der Nutzung von Bauprodukten, Bauteilen und Anlagen, aus denen sich der Zeitpunkt ihres Austausches ergibt, gelten die vom BBSR veröffentlichten Vorgaben¹⁴. Austausch-/Ersatzmaßnahmen werden bis einschließlich der Maßnahmen berücksichtigt, die im 49. Jahr des mit 50 Jahren definierten Betrachtungszeitraum anfallen.

Mittelfristig kann und sollte hier eine differenziertere Vorgehensweise diskutiert werden. Zu unterscheiden ist dann zwischen Bauteilen und Systemen, die relevant für Sicherheit und Aufrechterhaltung des Gebäudebetriebs sind und solchen, für die dies nicht zutrifft. Für erstere sind Austausch-/Ersatzmaßnahmen nach gesetzlichen und sonstigen Vorgaben unabhängig von der Restnutzungsdauer des Gebäudes vorzusehen, für letztere sind Lösungen denkbar, die Maßnahmen kurz vor Ende der Restnutzungsdauer des Gebäudes vermeiden.

Das Modul B5 erfasst Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit geplanten Modernisierungsmaßnahmen. Im Kontext dieser Ausarbeitung wird dies nicht berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass eine im Verlauf der Nutzung erfolgende Komplettmodernisierung im Modell zu einem weiteren und gesondert zu bewertenden Lebenszyklus(-abschnitt) im Sinne eines eigenständigen Betrachtungszeitraums führt.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

¹⁴ <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/nutzungsdauern-von-bauteilen/>

Von geplanten Modernisierungsmaßnahmen wird nicht ausgegangen, Modul B5 wird nicht berücksichtigt.

Im Modul B6 werden die Treibhausgasemissionen durch Betrieb und Nutzung des Gebäudes erfasst. Es wird unterschieden zwischen Treibhausgasemissionen infolge des

- im GEG erfassten Teil des gebäudebezogenen Energieaufwands (Betrieb 1 – mit Modul B 6.1)
- im GEG nicht erfassten Teil des gebäudebezogenen Energieaufwands (Betrieb 2 – mit Modul B6.2, z.B. durch Aufzüge)
- nutzer- und nutzungsbezogenen Energieaufwands (Nutzung – mit Modul B6.3)

Die Ermittlung der Treibhausgasemissionen infolge des Einsatzes an Energie für den Betrieb gemäß GEG erfolgt unter normierten Randbedingungen für Klima und Nutzerverhalten. Hier stellen sich Fragen zur künftigen Gestaltung des Übergangs von einer standortneutralen zu einer standortspezifischen Betrachtung sowie zum Umgang mit den lokalen Folgen des Klimawandels.

Der Umgang mit den Modulen B6.2 und B6.3 ist über Konventionen und Systemgrenzen zu regeln, für alle Module sind zu verwendende Emissionsfaktoren vorzugeben – siehe hierzu auch Abschnitt 4.3.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

In die THG-Bilanz gehen Emissionen ein, die aus dem Energieaufwand resultieren, der im GEG geregelt ist (Modul B6.1). Emissionen aus einem gebäudebedingten, jedoch im GEG nicht geregelten Energieaufwand (Modul B6.2) werden nicht erfasst. Quelle für Emissionsfaktoren inklusive Vorketten ist die ÖKOBAUDAT.

Insbesondere bei Gebäuden, die über Anlagen zur Gewinnung bzw. Erzeugung von erneuerbarer Energie am Gebäude bzw. auf dem Grundstück verfügen und diese z.T. selbst nutzen ist es nicht mehr sinnvoll, den nutzer- bzw. nutzungsbezogenen Energiebedarf in der Energie- und Emissionsbilanz zu berücksichtigen. Da derartige Gebäude künftig deutlich zunehmen wird vorgeschlagen, generell den Energieaufwand der der Nutzer bzw. der Nutzung zu berücksichtigen.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Der Energiebedarf der Nutzer wird ... im Sinne einer Konvention ... angenommen.

Konkrete Vorgaben und Konventionen müssen für einzelne Gebäude- und Nutzungsarten entwickelt werden.

Im Modul B6 werden die Treibhausgasemissionen berücksichtigt, die dem Betrieb des Gebäudes und seiner Nutzung direkt zugeordnet werden können. Wird am Gebäude bzw. auf dem Grundstück gewonnene/erzeugte Energie genutzt geht sie in das Modul B6 mit einem Emissionsfaktor für Treibhausgase von Null ein. Für den Umgang mit exportierter Energie in der Emissionsbilanz wird auf Abschnitt 4.3.3 verwiesen.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Der Anteil des erzeugten BIPV- und Windkraft -Stroms, welcher zur Abdeckung des Gebäudeenergiebedarfs nach DIN 18599-1 verwendet wird, ist gesondert auszuweisen. Soweit Ressourceninanspruchnahme und Umweltwirkungen aus dem Lebenszyklus der Anlage anteilig dem Gebäude zugeordnet werden geht dieser Strom mit einem Primärenergie- und Emissionsfaktor von Null in die Jahresbilanz ein. Entsprechend verringern sich die Angaben zu Primärenergieaufwand, nicht erneuerbar und zum Treibhauspotenzial im Modul B6 für Betrieb und Nutzung gegenüber reinem Netzbezug.

Weitere Regelungen (derzeit für Wohnbauten) enthält (Bundesbauministerium 2021a).

Mit dem Modul B7 wird primär der Trinkwassereinsatz erfasst. Der Energieaufwand für seine Erwärmung sowie sonstige Hilfsenergie werden i.d.R. dem Modul B6 zugeordnet. Nur im Falle erweiterter Systemgrenzen auf Basis gesonderter Konventionen können im Modul B7 THG-Emissionen im Zusammenhang mit Gewinnung, Aufbereitung und Bereitstellung von Trinkwasser sowie mit einer Abwasseraufbereitung berücksichtigt werden. Für die Bereitstellung von Trinkwasser und die Abwasseraufbereitung liegen Emissionsfaktoren je m³ vor.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Treibhausgasemissionen infolge der Aufbereitung und Lieferung sowie der Behandlung von Wasser (Modul B7) werden nicht erfasst.

Der aktuelle Stand der Normung sieht die Angabe weiterer Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit der Nutzung des Gebäudes im Modul B8 vor. Teilweise wird diese Möglichkeit zur Erfassung von Treibhausgasemissionen durch gebäudeinduzierte Mobilität verwendet. Hierfür werden Vorgaben und Konventionen benötigt. In Deutschland wird das Modul B8 nicht verwendet, es sollte stets gesondert betrachtet werden. Es wird von einem zweistufigen Prozess ausgegangen, bei dem zunächst der Standort bewertet und ausgewählt und dann an diesem Standort ein Gebäude geplant wird. Insofern fließt eine Bewertung des Standortes und der Folgen u.a. für die Mobilität inkl. der daraus resultierenden Treibhausgasemissionen derzeit indirekt ein.

4.2.6 Lebenszyklusmodell – Teil Ende des Betriebs und der Nutzung

Die Erfassung der Treibhausgasemissionen in Verbindung mit dem Ende des Betriebs und der Nutzung konzentriert sich auf die Module C3 Aufbereitung und C4 Entsorgung. Berücksichtigt werden die zum Zeitpunkt der Planung verfügbaren Technologien und bekannten Pfade bzw. Anteile für Aufbereitung und Entsorgung.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

In die Berechnung der Ökobilanzergebnisse sind die Abfallbehandlung / Entsorgung für alle in der Herstellungsphase gelisteten Materialien / Baustoffe, Bauteile und Anlagen einzubeziehen. Folgende Gruppen sind in den Berechnungen und Auswertungen zu unterscheiden:

1. Metalle zur Verwertung
2. Mineralische Baustoffe zur Verwertung
3. Materialien zur thermischen Verwertung (mit einem Heizwert, z. B. Holz, Kunststoffe etc.)
4. Materialien, die nur auf Deponien abgelagert werden

Die Module C1 Rückbau und C2 Transport werden nicht berücksichtigt.

4.2.7 Übersicht zu Systemgrenzen im Lebenszyklusmodell

Zur Darstellung der in die Ermittlung von Treibhausgasemissionen eingehenden Phasen und Module hat sich eine einheitliche Darstellungsform herausgebildet – siehe Abb. 11. Sie ermöglicht eine Darstellung der Systemgrenzen im Hinblick auf berücksichtigte Phasen und Module im Lebenszyklusmodell.

A						B								C				D	
A0	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2 ¹⁵	B3	B4	B5	B6 ¹⁶	B7	B8 ¹⁷	C1	C2	C3	C4	D1	D2
	X	X	X						X		X					X	X	z	z

Abb. 11: Kennzeichnung einbezogener Module mit Ausfülleispiel auf Basis von QNG 2021, „z“ kennzeichnet zusätzlich ausgewiesene Module, die jedoch nicht in die Gesamtbilanz einbezogen werden

Es wird empfohlen, Art und Umfang einzubeziehender Module für die Rechen- und Nachweisregeln zur Treibhausgasneutralität im Lebenszyklus zunächst am QNG 2021 zu orientieren. Dabei ist es wünschenswert, mittelfristig auch B1, A4, A5, C1, C2 zu berücksichtigen, ggf. unter Nutzung von Pauschalwerten.

Die Darstellungsform der Abb. 11 kann grundsätzlich herangezogen werden, um unterschiedlichste Varianten von Systemgrenzen bei einzubeziehenden Phasen und Modulen darzustellen. Die Entwicklung von Kurzbezeichnungen und Codes ist möglich. Ausgewählte Varianten werden in Tab. 4 vorgestellt.

Dargestellt werden ausgewählte Varianten an einbezogenen Modulen für gebäudebezogene und betriebsbedingte Anteile an den Treibhausgasemissionen sowie für eine Gesamtbetrachtung lebenszyklusbezogener

¹⁵ eine Zusammenfassung von Angaben zu B2 und B3 ist möglich

¹⁶ mit weiterer Unterscheidung nach B6.1, B6.2 und B6.3

¹⁷ optional

Treibhausgasemissionen. Weitere Kombinationsmöglichkeiten sind denkbar. Eine detaillierte Angabe von einbezogenen Modulen für den gebäudebezogenen und/oder betriebsbedingten Anteil ist dann von Bedeutung, wenn für diese Anteile verbindliche oder orientierende Teilziele formuliert werden. Angegeben werden jeweils mit a eine theoretisch wünschenswerte Vorgehensweise, mit b eine ggf. mittelfristig anzustrebende Lösung und mit c eine pragmatische Vorgehensweise, die sich am aktuellen Stand der Entwicklung orientiert. Kurzfristig aufgenommen werden sollten Vorgaben, die zum Ausschluss/Ersatz von Produkten und Betriebsstoffen führen, die während der Nutzung zu erheblichen Treibhausgasemissionen führen. Das Modul B5 Modernisierung bleibt hier unberücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass geplante Modernisierungs- bzw. Umnutzungsmaßnahmen nur in Ausnahmefällen bereits in der Planung zu berücksichtigen sind.

Tab. 4: Varianten für Systemgrenzen auf Basis einzubeziehender Phasen und Module
r=Rechenwert, V=Verbot, p=Pauschale, X=detaillierte Ermittlung, (x) Zusatzangabe

	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6.1	B6.2	B6.3	B7	B8	C1	C2	C3	C4	D1	D2
Variante	Module zur Beschreibung des Lebenszyklus																	Zusatz	
1.1 Gebäudebezogener Anteil für Herstellung und Errichtung																			
a	X	X	X																
b	X	r	r																
c	X																		
1.2 Gebäudebezogener Anteil in der Betriebsphase																			
a				X	X	X	X												
b				V		r	X												
c							X												
1.3 Gebäudebezogener Anteil gesamt, ohne Rückbau																			
a	X	X	X	X	X	X	X												
b	X	r	r	V		r	X												
c	X						X												
1.4 Gebäudebezogener Anteil, gesamt, mit Rückbau																			
a	X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	X	(x)	
b	X		X	V		r	X							X		X	X	(x)	
c	X						X									X	X	(x)	
2. Betriebs- (und nutzungs-) bedingter Anteil																			
a				X					X	X	X								(x)
b				V					X	X	p								(x)
c									X										
3. Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus (Carbon footprint) gesamt																			
a	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X	X	X	(x)	(x)
b	X	r	r	V		r	X		X	X	p			r	r	X	X	(x)	(x)
c	X						X		X							X	X	(x)	

Beispiel: QNG 2021 für Wohnbauten

	X			V			X		X		p					X	X	(x)	(x)
--	---	--	--	---	--	--	---	--	---	--	---	--	--	--	--	---	---	-----	-----

In Anlehnung an Tab. 5 sind Kurzformen oder Codes möglich. In Tab. 4 werden Beispiele angegeben.

Tab. 5: Vorschläge für Kurzbezeichnungen (Verfasser)
 CF=carbon footprint, B=Betrieb, 0=keine Treibhausgasemissionen, 5/5=Bilanzgrößen in kg CO₂ equ. /m²a
 5= eingehaltener Anforderungswert in kg CO₂ equ. /m²a

Nr.	Populärwissenschaftliche Umschreibung	Exakte Bezeichnung	Kurzform Code
1	(absolut) klimaneutral im Betrieb	Gebäude ohne (energiebedingte) Treibhausgasemissionen im Betrieb „(absolut) treibhausgasneutral im Betrieb“ „treibhausgasfrei im Betrieb“	CF_B_0
2	Klimaneutral im Betrieb	Gebäude mit ausgeglichener Bilanz der Treibhausgasemissionen „netto-treibhausgasneutral im Betrieb“ „treibhausgasneutralisiert im Betrieb“	CF_B_5/5
3	klimaverträglich im Betrieb (nahezu klimaneutral im Betrieb)	Gebäude, die bei Treibhausgasemissionen im Betrieb einen strengen Anforderungswert einhalten „anforderungskonform im Betrieb“	CF_B_5

ISO 16745-1:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works — Carbon metric of an existing building during use stage - Part 1: Calculation, reporting and communication (ISO 16745-1: 2017) bietet insbesondere für die Betriebsphase weitere Möglichkeiten für eine Kurzbezeichnung, die auf verwendete Systemgrenzen bei der Erfassung der Treibhausgasemissionen hinweist. Soweit Kurzbezeichnungen verwendet werden, sollten ausführliche Beschreibungen mit Erläuterungen öffentlich zugänglich hinterlegt werden.

4.3 Datengrundlagen

Für die Erfassung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von Gebäuden werden Daten für den gebäudebezogenen sowie den betriebs- und nutzungsbedingten Anteil benötigt.

4.3.1 Datengrundlagen für den betriebs- und nutzungsbedingten Anteil

- sämtliche Angaben und Daten, die für die Ermittlung des Bedarfs an Endenergie gemäß GEG benötigt werden
- im Bedarfsfall Angaben und Daten zum Ertrag der am Gebäude/auf dem Grundstück durch die Nutzung entsprechender Anlagen gewonnenen/erzeugten erneuerbaren Energie einschließlich Eigenversorgungs- und Eigennutzungsgrad auf Basis geeigneter Szenarien
- im Bedarfsfall Angaben und Daten, die für die Ermittlung des im GEG nicht erfassten Energiebedarfs benötigt werden (Modul B6.2)
- im Bedarfsfall Angaben und Daten, die für die Ermittlung des nutzer- und nutzungsbezogenen Energiebedarfs benötigt werden (Modul B6.3)
- Emissionsfaktoren, die eine Umrechnung des Aufwands an Endenergie (Brennstoffverbrauch bzw. Energieträgereinsatz) in Treibhausgasemissionen ermöglichen
- im Bedarfsfall Vermeidungsfaktoren¹⁸, die eine Abschätzung potenziell vermiedener Emissionen an anderer Stelle unterstützen
- im Bedarfsfall Angaben und Daten zu Kältemittelverlusten

Von besonderer Bedeutung sind die Emissionsfaktoren beim Einsatz von Energie. Sie werden i.d.R. auf eine kWh Brennstoffverbrauch bzw. Energieträgereinsatz (Endenergie) bezogen.

Konventionen geben die Art, Quelle und ggf. Version/Geltungsdauer zu verwendender Emissionsfaktoren vor. Im Kontext dieser Ausarbeitung handelt es sich um Emissionsfaktoren für Treibhausgasemissionen inklusive aller Vorstufen. Emissionsfaktoren bei Fern- und Nahwärmenetzen können unter Anwendung zugelassener Verfahren individuell ermittelt werden.

¹⁸ für Daten siehe u.a. (Huckestein 2020), S. 110 ff

Bei den Emissionsfaktoren stehen neben Daten, welche die aktuelle Situation repräsentieren auch Prognosen für künftige Werte bei einer voranschreitenden Dekarbonisierung der Energieversorgung zur Verfügung. Sie eignen sich für dynamische Modelle, soweit Konventionen diese zulassen. I.d.R. werden derartige Daten bisher in wissenschaftlichen Studien genutzt.

Für die Nachhaltigkeitszertifizierung und Nachweisverfahren bei Förderprogrammen wird empfohlen¹⁹, zunächst von einem Rechenwert auszugehen, der die prognostizierten Entwicklungen bei der Dekarbonisierung der Energieversorgung in den kommenden fünf Jahren als Mittelwert ausdrückt.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Als Datengrundlage für sämtliche Berechnungen ist ausschließlich die ÖKOBAUDAT-2020_II zu verwenden, die öffentlich und kostenfrei zugänglich ist.

4.3.2 Datengrundlagen für den gebäudebezogenen Teil

Für den gebäudebedingten Anteil wird davon ausgegangen, dass die Ergebnisse einer Mengen- und Massenermittlung bereits vorliegen. Zusätzlich werden benötigt:

- Ökobilanzdaten (hier zum GWP100) für Bauprodukte, Bauteile und Anlagen, die in technischer, räumlicher und zeitlicher Hinsicht geeignet und zugelassen sind und einer vorgegebenen bzw. zu dokumentierenden Quelle entnommen wurden
- Ökobilanzdaten für Transportprozesse inkl. Angaben zu Transportmitteln und Transportentfernungen, soweit diese berücksichtigt, werden
- Ökobilanzdaten für Baustellenprozesse, soweit diese berücksichtigt, werden
- ggf. Angaben zu Treibhausgasemissionen aus verbauten Produkten
- Lebensdauern für Bauprodukte, Bauteile, Anlagen inkl. von Szenarien für Instandsetzung, Reparatur und Austausch

Ökobilanzdaten (hier Angaben zum GWP100 je Mengeneinheit in kg CO₂-Äquivalent /ME) können auf Basis von Konventionen aus Zusammenstellungen von Rechenwerten oder zugelassenen Datenbanken einer vorgegebenen Version entnommen werden. Bei Verwendung von hersteller- und produktspezifischen Angaben müssen Daten verwendet werden, die im Falle von Bauprodukten die DIN EN 15804 in der aktuellen Fassung einhalten. Dies betrifft besonders Umweltproduktdeklarationen (EPDs), bei denen Programmhalter eine normkonforme Qualitätssicherung betreiben. Sinngemäße Anforderungen gelten für technische Anlagen und Komponenten. Deren Herstellern wird eine Bereitstellung von Angaben in Anlehnung an DIN EN 15804 empfohlen. Zur Bearbeitung der Module C, D müssen Informationen zu Bauprodukten, Bauteilen und Systemen vorliegen.

Normkonforme Datensätze enthalten immer auch Angaben zu den Modulen C und D, soweit es sich um Produkte mit eigenem Lebenszyklus handelt.
DIN EN 15804:2020-03 Nachhaltigkeit von Bauwerken- Umweltproduktdeklarationen- Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Deutsche Fassung EN 15804:2012+A2:2019

Nicht für alle Systeme und Komponenten der technischen Anlagen liegen bereits Umweltproduktdeklarationen (EPDs) vor. In der entsprechenden Branche sind alternativ auch andere Formate im Einsatz, darunter ein product environment profile (PEP)²⁰.

Zu beachten ist: bis zur flächendeckenden Verfügbarkeit von Daten in Übereinstimmung mit DIN EN 15804:2020 besteht eine Übergangsphase, in der auch Unterlagen gemäß Vorgängernorm vorliegen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer nachvollziehbaren Darstellung von Datengrundlagen für die Berechnung sowie für die Erarbeitung der Benchmarks, die mit der verwendeten Datengrundlage übereinstimmen müssen.

¹⁹ Siehe Ergebnisse einer dena-Workshopreihe

²⁰ <http://www.pep-ecopassport.org/create-a-pep/>

Es kann und muss davon ausgegangen werden, dass Energiewirtschaft und Baustoffindustrie ihre Anstrengungen zur Dekarbonisierung ihrer Prozesse erhöhen und beschleunigen. Damit stellen sich Fragen wie:

(1) Wie oft können und sollen Ökobilanzdaten aktualisiert werden?

(2) Wann kann und soll von einer rein statischen zu einer dynamischen Betrachtung übergegangen werden, bei der für die Module B4 und B6 Prognosedaten zugelassen werden?

Es wird vorgeschlagen, Möglichkeiten und Konsequenzen einer dynamischen Betrachtung zum Gegenstand von Forschungsprojekten zu machen. Gleiches gilt für einen Übergang von generischen Werten und Branchen-EPDs (auch künftig für frühe Planungsphasen zu verwenden und als Rechenwerte denkbar) zu hersteller- und produktspezifischen Daten für die Detailplanung mit entsprechenden Nachweisen.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Als Datengrundlage für sämtliche Berechnungen ist ausschließlich die *ÖKOBAUDAT-2020_II* zu verwenden, die öffentlich und kostenfrei zugänglich ist.

4.3.3 Ausgleichs- und Kompensationsmöglichkeiten

In Fällen, wo Treibhausgasemissionen nicht vollständig vermeidbar sind, aber eine ausgeglichene oder negative Bilanz der Treibhausgasemissionen erreicht werden soll, stellt sich die Frage nach Mittel und Wegen, um dies zu erreichen und nachzuweisen. Dies gilt auch für Fälle, in denen ein vorgegebenes Anforderungsniveau nicht mit technischen bzw. stofflich-konstruktiven Mitteln erreichbar. Im Sinne von Konventionen ist zu definieren, ob und welche Kompensationsmöglichkeiten zugelassen werden, ob sie frei wählbar oder erst nach Ausschöpfung sonstiger Emissionsminderungsmöglichkeiten oder eine Erfüllung von Nebenanforderungen anwendbar sind. Folgende Möglichkeiten den Ausgleich bzw. eine Kompensation von THG-Emissionen befinden sich in der Diskussion. Nachstehend verwendete Kurzbezeichnungen entsprechen Tab. 6:

A2a Gutschriften durch potenziell vermiedene Emissionen aus exportierter Energie

Durch die am Gebäude/auf dem Grundstück gewonnene und als Überschuss an Dritte gelieferte erneuerbare Energie, können an anderer Stelle Treibhausgasemissionen potenziell vermieden werden. Diese sind u.a. über Emissionsfaktoren für Verdrängungsstrom ermittelbar. Für Strom aus PV-Anlagen gelten besondere Werte.

Dieser Effekt nimmt in der Tendenz durch die Dekarbonisierung der Energieversorgung ab. Es besteht die Gefahr der Doppelzählung. Der Bezieher dieser Energie, der sie im Interesse der Minderung eigener Emissionen bezieht und bezahlt, wird sie in seiner Emissionsbilanz bereits berücksichtigen. Die Ausführung als Jahres-, Monats-, Tages- oder Stundenbilanz hat einen Einfluss auf das Ergebnis.

A2b Zusatzinformationen zu potenziell vermiedenen Emissionen an anderer Stelle

Potenziell vermiedene Emissionen an anderer Stelle durch eine Lieferung von Energie an Dritte werden als Zusatzinformation gesondert angegeben und ausgewiesen (z.B. im Modul D2), nicht jedoch in die Bilanz als Gutschrift einbezogen. Insofern entlasten sie die Bilanz nicht.²¹

Es kann diskutiert werden, ob alternativ oder zusätzlich eine Energiebilanz erstellt wird, bei der dem Energiebedarf des Gebäudes im Sinne einer technischen Bilanz die Menge an gewonnener Energie gegenübergestellt wird und der eigengenutzte sowie der exportierte Anteil ausgewiesen wird. Einzelne Nachhaltigkeitsbewertungssysteme verwenden hierfür den Indikator „Gelieferte Energie an Dritte“. Die Ausführung als Jahres-, Monats-, Tages- oder Stundenbilanz hat einen Einfluss auf das Ergebnis.

B Ökonomische Kompensation durch den Erwerb von Emissionszertifikaten²²

In der Jahresbilanz verbleibende Treibhausgasemissionen werden durch den jährlichen Erwerb von Emissionszertifikaten ausgeglichen. Über Konventionen müssen Art und Anerkennungsfähigkeit von Emissionszertifikaten definiert werden. In einer Emissionsbilanz sollte die ursprüngliche Restmenge an Treibhausgasemissionen weiterhin erkennbar ausgewiesen werden, ergänzt durch eine Angabe: „Teilweise oder vollständig ausgeglichen durch Emissionszertifikate“.

C Ausgleich durch technische Maßnahmen

Durch eine einmalige oder laufende Investition in Technologie für „negative Emissionen“ können die jährlichen Effekte als Ausgleich angerechnet werden. Wirksamkeit und Nebenwirkungen einzelner Technologien befinden sich in der Diskussion (UBA 2019).

Mit Tab. 6 werden die Ausgleichs-/Kompensationsmöglichkeiten in eine Zusammenstellung von Begriffen und Definitionen eingeordnet. Die Tabelle wurde in ähnlicher Form international zur Diskussion gestellt (Lützkendorf/Frischknecht 2020). Der Farbecode weist darauf hin, dass, soweit keine absolute Treibhausgasneutralität zu erreichen ist, eine technische Lösung für einen Ausgleich einer rein ökonomischen Kompensation vorzuziehen ist. Die Tabelle gilt für den Betrieb, lässt sich aber sinngemäß auf Lebenszyklusbetrachtungen übertragen.

²¹ Das UBA äussert sich im Leitfaden für treibhausgasneutrale Verwaltungen wie folgt: „Verwaltungen, die auf ihren Liegenschaften selbst erneuerbare Energie erzeugen, haben in der Regel ein Interesse daran, sich dies im Rahmen ihrer Treibhausgasbilanz anrechnen zu lassen. Eine direkte Anrechnung entspricht nicht den Anforderungen des Greenhouse Gas Protocols, wonach die Erzeugung erneuerbarer Energie die Treibhausgasbilanz einer Organisation nur reduziert, indem sie die erzeugte Energie selbst nutzt und damit die Verbrennung fossiler Emissionen innerhalb der Organisation (Scope1) oder den Bezug leitungsgebundener Energie (Scope2) verringert. Die systemischen Emissionsminderungen außerhalb der Organisation, die aus der Substitution fossiler Energieträger außerhalb der Organisation resultiert, werden durch die Bilanzierungsregeln des Greenhouse Gas Protocols nicht berücksichtigt. Das führt dazu, dass weder die Einspeisung ins öffentliche Stromnetz noch die direkte Lieferung an Endnutzer sich in der Treibhausgasbilanz der Verwaltung niederschlagen. Um diesen positiven Beitrag für den Klimaschutz und die Energiewende dennoch sichtbar zu machen, empfiehlt das UBA, die systemische Emissionsminderung durch die erneuerbare Stromerzeugung auf Liegenschaften der Verwaltung nachrichtlich auszuweisen. Die indirekten Emissionsminderungen durch die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien können anhand der Vermeidungsfaktoren aus der Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger herangezogen werden“ (Huckestein 2020), S. 38

²² Solange ... direkte und indirekte Treibhausgasemissionen verursacht werden, lässt sich Treibhausgasneutralität erreichen, indem unvermeidbare und nicht mehr reduzierbare Emissionen in einem letzten Schritt durch die Finanzierung zusätzlicher Klimaschutzprojekte ausgeglichen werden (Kompensation). Dabei werden für Klimaschutzprojekte, die für die Kompensation genutzt werden, Emissionsminderungsgutschriften – auch als Zertifikate bezeichnet – ausgestellt. Die Menge der generierten Gutschriften entspricht dabei dem Ausmaß der zusätzlichen Emissionsminderung in einem Klimaschutzprojekt. Eine Gutschrift verbrieft dabei eine Tonne CO₂äq. Abhängig von Standard und der darin enthaltenen jeweiligen Methodologien prüfen unabhängige Fachleute die ermittelten Emissionsminderungen, bevor diese als Gutschriften ausgegeben werden (Huckestein 2020), S. 71

Tab. 6: Vorschlag für eine Typologie von Kompensations- und Ausgleichsmaßnahmen (Lützkendorf/Frischknecht 2020)

Ansätze mit ausgeglichener Emissionsbilanz (net zero)		Null-Emission (absolute zero)		
A		B	C	D
„Bilanzansatz“		„Ökonomische Kompensation“	„Technische Lösung“	„Absolut null / treibhausgasneutral“
A1 Technische Bilanz				
Gegenüberstellung der am/im Gebäude erzeugten und genutzten Energie mit Darstellung des exportierten Überschusses in kWh/a				
A2 Bewertende Bilanz				
A2a: Vermiedene THG-Emissionen an anderer Stelle durch exportierte Energie dürfen in der THG-Bilanz des Gebäudes berücksichtigt werden	A2b: Potenziell vermiedene THG-Emissionen an anderer Stelle durch exportierte Energie dürfen in der THG-Bilanz des Gebäudes nicht berücksichtigt werden und sind gesondert darzustellen.			
Gebäude mit ausgeglichener Emissionsbilanz in der Nutzungsphase lassen sich durch eine Minimierung des Energiebedarfs sowie die Maximierung der am/im Gebäude produzierten erneuerbaren Energie bei gleichzeitig hohem Eigennutzungsanteil erreichen. Potenziell vermiedene Emissionen an anderer Stelle durch Export erneuerbarer Energie werden in der Bilanz berücksichtigt.	Gebäude mit ausgeglichener Emissionsbilanz in der Nutzungsphase lassen sich durch eine Minimierung des Energiebedarfs sowie die Maximierung der am/im Gebäude produzierten erneuerbaren Energie bei gleichzeitig hohem Eigennutzungsanteil erreichen. Zusätzlich werden eine ökonomische Kompensation (B) oder eine technische Lösung (C) erforderlich.	Gebäude mit ausgeglichener Emissionsbilanz werden dann erreicht, wenn die verbleibenden Emissionen durch den Erwerb von Zertifikaten bzw. Emissionsrechten kompensiert werden.	Gebäude mit ausgeglichener Emissionsbilanz werden dann erreicht, wenn verbleibende Emissionen durch technische Maßnahmen zur Abscheidung und Speicherung von CO ₂ (Negative Emission Technologies (NET) oder Carbon Dioxide Removal (CDR) ausgeglichen werden.	Gebäude, die in der Nutzungsphase keine energiebedingten Treibhausgasemissionen verursachen, setzen die Minimierung des Energiebedarfs und seine vollständige Deckung mit (selbst erzeugter und beschafften) erneuerbarer Energie voraus. Es dürfen keine Produkte verwendet werden, die in der Nutzungsphase (prozessbedingt) Treibhausgase abgeben.

Der hier vorgeschlagene Ansatz folgt der Variante A2b.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Das ... Modul D2 „Effekte der an *Dritte* gelieferten Energie“ wird bilanziert, fließt jedoch nicht in die Bewertung ein. Die Ergebnisse ... zu Modul D2 werden als ergänzende Information separat dargestellt.

4.4 Umgang mit Effekten aus dem Bezug von Ökostrom

Nicht im Sinne einer Kompensationsmöglichkeit, sondern als Minderungsmaßnahme kann der Bezug von Ökostrom angesehen werden. Dieser ist nicht emissionsfrei, sondern geht mit den Treibhausgasemissionen aus dem Lebenszyklus der Anlage im Sinne der Berücksichtigung von Vorketten ein. Eine Berücksichtigung der Effekte aus dem Bezug von Ökostrom ist an Voraussetzungen geknüpft. Der physische Bezug von Ökostrom muss mit Herkunftsnachweisen gekoppelt sein²³. Im Idealfall kommt er aus dem Zubau von Anlagen.

Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Für bezogene leitungsgebundene Energie für Betrieb und Nutzung sind die Primärenergie- und Emissionsfaktoren der ÖKOBAUDAT-2020_II zu entnehmen. Spezifische Werte (z.B. für *Ökostrom*) können nicht in Ansatz gebracht werden.

Hauptargument für den derzeitigen Verzicht einer Berücksichtigung emissionsmindernder Effekte des Bezugs von Ökostrom ist die Sorge, dass sich individuelle und institutionelle Akteure von Anfang an auf diese Möglichkeit konzentrieren und keine sonstigen Maßnahmen zur Emissionsminderung ergreifen. Dem kann durch Nebenanforderungen begegnet werden. Über diese sollte sichergestellt werden, dass zunächst unmittelbare Emissionsminderungsmaßnahmen ergriffen werden. Erst wenn die in Nebenanforderungen formulierten Ziele einer Emissionsminderung erreicht werden kann der Bezug von Ökostrom dazu beitragen, noch verbleibende Emissionen zu reduzieren. Es wird empfohlen, auf Basis derartiger Überlegungen und Ansätze künftig die Berücksichtigung der Effekte aus dem Bezug von Ökostrom zuzulassen.

²³ „Ökostrom ist ein Stromprodukt, dessen Stromkennzeichnung ausschließlich erneuerbare Energieträger ausweist, die mit mengenmäßig korrespondierenden Herkunftsnachweisen (HKN) hinterlegt werden müssen. Ggf. wird ein als „Mieterstrom, finanziert aus der EEG-Umlage“ gekennzeichnete Anteil ergänzt. Somit setzt sich ein Ökostromprodukt aus mindestens zwei Komponenten zusammen: der eigentlichen Stromlieferung und den mengenmäßig korrespondierenden Herkunftsnachweisen (HKN). Neben der Herkunft des Stroms können Ökostromprodukte zusätzlich mittels optionaler Merkmale differenziert werden. Diese Merkmale (z.B. Investitionen in zusätzliche Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie, Energiesparangebote des Lieferanten oder auch Investitionen in Umweltschutzprojekte) sollen einen Zusatznutzen schaffen, denn hinsichtlich der aktuellen europäischen Marktlage verändert der Bezug von Ökostrom den europäischen Strommix noch immer nicht. Der Zusatznutzen kann jedoch aus dem Ökostromprodukt ein für die Energiewende oder für andere gesellschaftliche Belange förderliches Produkt machen.

Bei Ökostrom handelt es sich um Strom aus erneuerbaren Energien, der in Deutschland nicht über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vergütet wird.“

Quelle: UBA: Marktanalyse Ökostrom. Climate Change 30/2019, Dessau-Roßlau 2019, S.33

5 Anforderungswerte (und ihre Erreichbarkeit)

5.1 Planetare Grenzen; Klimaneutralität als Ziel

Das Ziel der Klimaneutralität leitet sich top down aus den planetaren Grenzen (planetary boundaries) ab und basiert im Bereich der Bestimmung eines Gesamtbudgets an verbleibenden Treibhausgasemissionen auf wissenschaftlichen Methoden (science based targets). Das Erreichen des Ziels sichert den Erhalt natürlicher Lebensgrundlagen innerhalb zulässiger Leitplanken (save operating space) (Rockström et. al. 2009: 472–475).

Das Erreichen einer Klimaneutralität ist weniger als ein zeitpunktbezogenes Ziel zu interpretieren. Es versteht sich mehr als ein einzuhaltendes Budget an noch möglichen Treibhausgasemissionen im Interesse einer Begrenzung der globalen Erwärmung. Wichtig ist damit nicht nur das Erreichen einer Klimaneutralität zu einem definierten Zeitpunkt, sondern das Haushalten mit dem noch verfügbaren Budget – siehe Abb. 12. Je stärker dieses in Anspruch genommen wird – auch im Kontext wünschenswerter Maßnahmen und Transformationsaufgaben – desto höher müssen die Anstrengungen gegen Ende des geplanten Zeitraums werden bzw. desto unwahrscheinlicher wird die Begrenzung der globalen Erwärmung und ihrer Folgen – siehe hierzu auch das Urteil des Bundesverfassungsgerichts zu Fragen des Klimaschutzgesetzes (Bundesverfassungsgericht 2021).

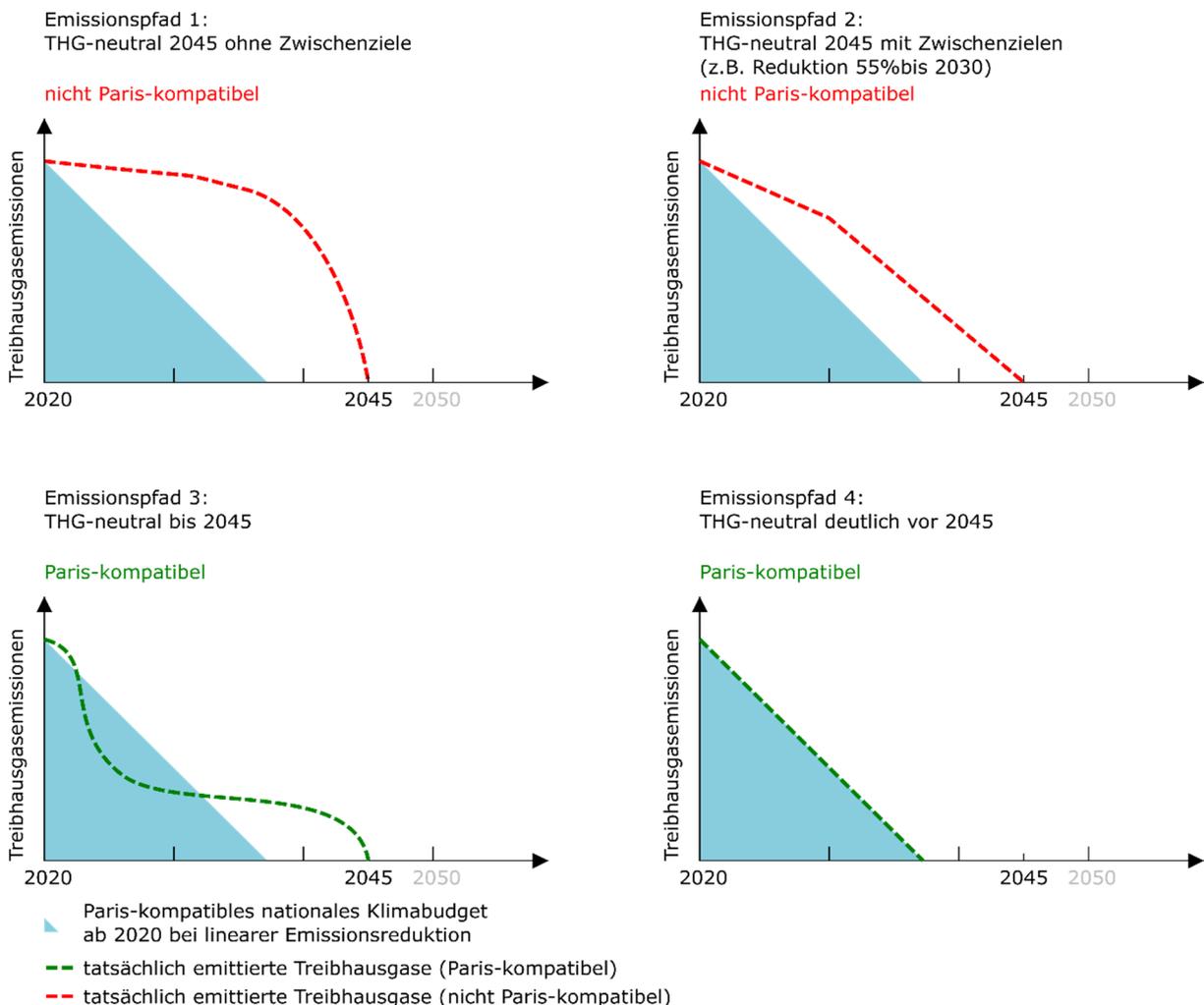


Abb. 12: Emissionspfade zur Einhaltung der Pariser Klimaziele in Deutschland. Nach (SRU 2020)

Es wird deutlich, dass in den kommenden Jahren je nach Pfad ein jährlich abnehmendes (oder ggf. einem Stufenplan folgendes) Restbudget existiert. Dieses nationale Budget muss unter Nutzung geeigneter Verteilprinzipien und Methoden den Sektoren, Handlungs- und Bedürfnisfeldern zugeordnet werden. Im Idealfall werden die drei Perspektiven bedient und ergeben jeweils die identische Summe.

Aus dem Restbudget für das Handlungsfeld Hochbau lassen sich Grenz- und Zielwerte für die gebäudebezogenen Emissionen infolge Herstellung, Errichtung und Erhalt ableiten, die auf m^2 Bezugsfläche jeweiliger Gebäude- und Nutzungsarten umgerechnet werden müssen. Es ist möglich, sich an den Vorgehensweisen zu orientieren, die in der Schweiz zur Entwicklung der SIA 2040 geführt haben (SIA 2017).

Deutlich wird aber auch, dass nach Inanspruchnahme des verbleibenden Restbudgets an Treibhausgasemissionen auch die gebäudebedingten „grauen“ Emissionen in Richtung „Nett-Null“ tendieren müssen. Durch eine kurze Übergangsphase muss dies nicht sofort der Fall sein. Insofern stehen noch „graue Emissionen“ für die Modernisierung und für (Ersatz-)Neubauten zur Verfügung. In Lebenszyklusmodellen kann dann ggf. davon ausgegangen werden, dass spätere Austausch- und Ersatzmaßnahmen bereits unter Nutzung von dann verfügbaren low-carbon Produkten möglich sind.

Ein zunächst noch vorhandenes Restbudget kann auch im Bedarfsfall für betriebsbedingte Emissionen genutzt werden. Es sollte dann geprüft werden, wie rasch durch die Dekarbonisierung der Energieversorgung eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen eintritt.

Es ergibt sich die Schlussfolgerung, dass für die Forschung und die Politikberatung und die Forschung eine Notwendigkeit für dynamische Betrachtungen ergibt und für die Anforderungen in Gesetze, Förderprogrammen und Nachhaltigkeitsbewertungssystemen Absenkpfade/Stufenpläne sinnvoll sind. Werden diese frühzeitig veröffentlicht können sie der Orientierung für relevante Akteursgruppen dienen.

5.2 (Netto-)Treibhausgasneutralität als Ziel-, Planungs- und Nachweisgröße

Bei der Treibhausgasneutralität von Gebäuden handelt es sich im Kontext dieser Ausarbeitung um eine Ziel-, Planungs- und Nachweisgröße bzw. ein Anforderungsniveau. Im Ergebnis des Entstehens über einen top-down Prozess der Zielfindung und –bestimmung handelt es sich zunächst um eine universelle Anforderung, die auf alle Gebäude- und Nutzungsarten übertragen werden kann. Deren Spezifik wird erst in den Systemgrenzen und Rechenregeln für konkrete Gebäude- und Nutzungsarten deutlich.

Im engeren Sinne handelt es sich um Gebäude, die, wie bereits beschrieben, innerhalb vorgegebener Systemgrenzen, unter Vorgabe von Methoden und Konventionen, auf der Grundlage definierter Datensätze oder Datenbanken und ggf. bei Anwendung zulässiger Kompensationsmöglichkeiten eine ausgeglichene oder positive Bilanz an Treibhausgasemissionen erreichen. Im Nachweis sollten die Bilanzgrößen als Zusatzinformationen angegeben werden (i.S.v. $- 10 \text{ kg CO}_{2\text{equ}}/\text{m}^2\text{a}$ / $+ 10 \text{ kg CO}_{2\text{equ}}/\text{m}^2\text{a}$) Damit kann u.a. gezeigt werden, ob die Treibhausgasneutralität absolut oder netto erreicht wird. Ebenso sollte deklariert werden, wie ein Ausgleich bzw. die Kompensation von Treibhausgasemissionen erfolgt.

5.3 Anforderungsniveaus bei Teilgrößen und Orientierungswerten

Es kann davon ausgegangen werden, dass bis 2045 und möglichst deutlich davor die Gebäude im Mittel des Bestands (Flottenbetrachtung) das Niveau der Netto-Treibhausgasneutralität im Betrieb erreichen müssen. Problematisch ist, dass hierfür bei der Betrachtung des „Sektors“ Gebäude bisher nur die direkten Emissionen herangezogen werden. Dies deckt sich nicht mit den Systemgrenzen des GEG und erst recht nicht mit der Einbeziehung von Modulen B6.2 und B6.3. Da auch die Energiewirtschaft im Jahr 2045 klimaneutral sein muss (SRU 2020) ist eine Einbeziehung der indirekten Emissionen und der Anteile von B6.2 und B6.3 bei einer sektorübergreifenden Herangehensweise in Bezug auf Nutzung und Betrieb sowohl möglich als auch unproblematisch. Hieraus lässt sich das mittelfristige Ziel einer absoluten Vermeidung von Treibhausgasemissionen bzw. einer ausgeglichenen Emissionsbilanz für Betrieb und Nutzung ableiten – zumindest im Mittel des Bestands. Dem Gedanken eines Budgets folgend, dass dann sinngemäß für den Gebäudebereich zu Verfügung steht, können Gebäude mit einer positiven Bilanz die noch vorhandenen Emissionen bei Bestandsbauten ausgleichen. Dies ist jedoch zunächst eine rein statistische Betrachtung und lässt sich erst im Nachgang feststellen. Die Konsequenzen für die Zielfestlegung bei Einzelprojekten wurden bisher nicht ausreichend diskutiert.

Die Herstellung von Bauprodukten und damit verbundene Emissionen wird bisher den Sektoren Industrie, teilweise auch der Landwirtschaft zugeordnet. Hinzu kommen Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit der Abfallwirtschaft. Auch unter Berücksichtigung anspruchsvoller Dekarbonisierungsstrategien in der (Baustoff-)Industrie kann derzeit nicht davon ausgegangen werden, dass die Ver- und Entsorgung im Bereich der

Baustoffe zeitnah vollständig emissionsfrei erfolgen wird. Entweder müssen hier bei Teilzielen Restemissionen akzeptiert werden oder Kompensationsmöglichkeiten geschaffen und anerkannt werden.

Die Forderung nach Gebäuden, die 2045 oder davor vollständig treibhausgasneutral zu errichten, zu betreiben und nutzen sowie zu erhalten sind ist zwar denkbar, aber ohne Kompensationsmaßnahmen wenig realistisch. Denkbar ist folgendes Vorgehen bei der Formulierung von Zielwerten für Neubau und Modernisierungen:

a) Anforderungen an eine zu erreichende Treibhausgasneutralität in Betrieb und Nutzung (die je Gebäude- und Nutzungsart einen unterschiedlichen baulichen und technischen Aufwand auslöst und sich insofern indirekt auf b) auswirkt

b) Anforderungen an deutlich begrenzte Treibhausgasemissionen für Herstellung, Errichtung, Erhalt, Rückbau, Aufbereitung und Entsorgung (führt zum Bedarf an Anforderungen und Zielwerten für den baulichen Teil oberhalb von Null und damit zum Bedarf an spezifischen Werten für ausgewählte Gebäude- und Nutzungsarten, ggf. mit Nebenanforderungen zur Begrenzung des Erstaufwandes)

Teilanforderungen nach a) und b) verstehen sich entweder als Nebenanforderungen oder unverbindliche Orientierungswerte für die Planung. Lebenszyklusbezogene Anforderungen ergeben sich damit aus b).

5.4 Problematik der Wahl von Bezugsgrößen

Die wissenschaftlichen Grundlagen, die zur Ermittlung eines noch zur Verfügung stehenden Budgets an Treibhausgasemissionen führen, orientieren sich an Tragfähigkeitsmodellen des Ökosystems. Dieses Budget wird i.d.R. auf die Weltbevölkerung aufgeteilt und führt so zu einem Budget pro Kopf der Weltbevölkerung. Unterschiedlichste Verteilmodelle führen entweder zu identischen Werten weltweit oder zu solchen, die unter Berücksichtigung des Standes der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung an die Situation in ausgewählten Ländern angepasst werden. Bei solchen Betrachtungen wird z.B. Ländern, die zur Verbesserung der Lebensverhältnisse erst einen angemessenen Gebäudebestand aufbauen müssen ein höheres Budget zugeordnet als Ländern, die über angemessene Gebäudebestände und Infrastrukturen bereits verfügen.

Innerhalb von Ländern gibt es ein Verteilproblem, das sich i.d.R. einer rein wissenschaftlichen Betrachtung entzieht. Die noch mögliche Menge an Treibhausgasemissionen wird Sektoren (z.B. Bau- und Immobilienwirtschaft inklusive vor- und nachgelagerter Bereiche), Handlungsfeldern (hier Errichtung, Erhalt und Betrieb von Gebäuden) und Bedürfnisfeldern (hier Wohnen) anteilig zugeordnet. Nicht immer entspricht der Sektorenzuschnitt einer volkswirtschaftlichen Herangehensweise. Der „Sektor“ Gebäude bildet z.B. nach Klimaschutzprogramm 2030 die direkten Treibhausgasemissionen durch den Betrieb der Wohn- und Nichtwohnbauten ab²⁴.

Budgets an Treibhausgasemissionen stehen damit entweder als Angaben pro Kopf der Bevölkerung oder als absolute Vorgabe für volkswirtschaftliche Sektoren, ressortspezifische Sektoren, Handlungs- und oder Bedürfnisfelder zur Verfügung.

Für Ziel- Planungs- und Nachweisgrößen im Baubereich werden Bezugsgrößen benötigt, die sich für gebäudebezogene Anforderungen eignen und den eingeübten Vorgehensweisen entsprechen. Zunächst sind dies die Flächen gemäß DIN 277 (2016). Damit stehen u.a. folgende Bezugsflächen zur Verfügung:

²⁴ „Der Sektor Gebäude umfasst laut Klimaschutzplan 2050 den Brennstoffeinsatz für Gebäudewärme und -kühlung sowie für Warmwasserbereitung in Haushalten sowie im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (ohne Landwirtschaft) und in Gebäuden der öffentlichen Hand. Wegen der Abgrenzung der Sektoren nach dem Quellprinzip werden dem Gebäudesektor nur die unmittelbar durch den Brennstoffeinsatz entstehenden THG-Emissionen zugerechnet.“ (Die Bundesregierung 2019)

- a) Brutto-Grundfläche (BGF)
- b) (beheizte) Netto-Raumfläche (NRF)
- c) (beheizte) Nutzungsfläche

Zusätzliche Möglichkeiten für Bezugsgrößen sind u.a.

- d) Wohnfläche (gemäß spezifischer Definitionen)
- e) vermietete Fläche
- f) Anzahl der Nutzer
- g) Arbeitsplätze oder andere Nutzungseinheiten
- h) Vollbenutzungstunden.

Ein Vorgehen nach f) erlaubt zwar Bezüge zu einem Budget pro Kopf, führt jedoch in der konkreten Planung und Nachweisführung zu Problemen. Die Anzahl der Nutzer kann stark schwanken, die Festlegung einer „Normbelegung“ oder „Sollbelegung“ für Zwecke der Planung erweist sich i.d.R. als problematisch.

Die Wahl von Bezugsgrößen sollte sich an eingeübten Vorgehensweisen orientieren, insbesondere auch, um eine Kontinuität bei der Interpretation von Kennwerten zu sichern. In der Praxis treffen bei einer Betrachtung des vollständigen Lebenszyklus gewachsene Strukturen aufeinander. Während sich für eine Beschreibung des baulichen Aufwands die Brutto-Grundfläche als Bezugsgröße anbietet, konzentrieren sich Angaben zu Energiebedarf und Treibhausgasemissionen oft auf die (beheizte) Nettoraumfläche (ehemals Netto-Grundfläche).

Vorgeschlagen wird, Angaben auf mehrere Flächenarten und ggf. ergänzende Größen zu beziehen. Eine Orientierung an der Angabe von Kostenkennwerten beim Baukostenindex (BKI) ist möglich – siehe Abb. 13 (BKI 2020). Angaben zu Kosten in € würden dann ersetzt oder ergänzt durch Angaben zu kg CO₂-equ. Wichtig ist auch der Hinweis auf mögliche Bandbreiten.

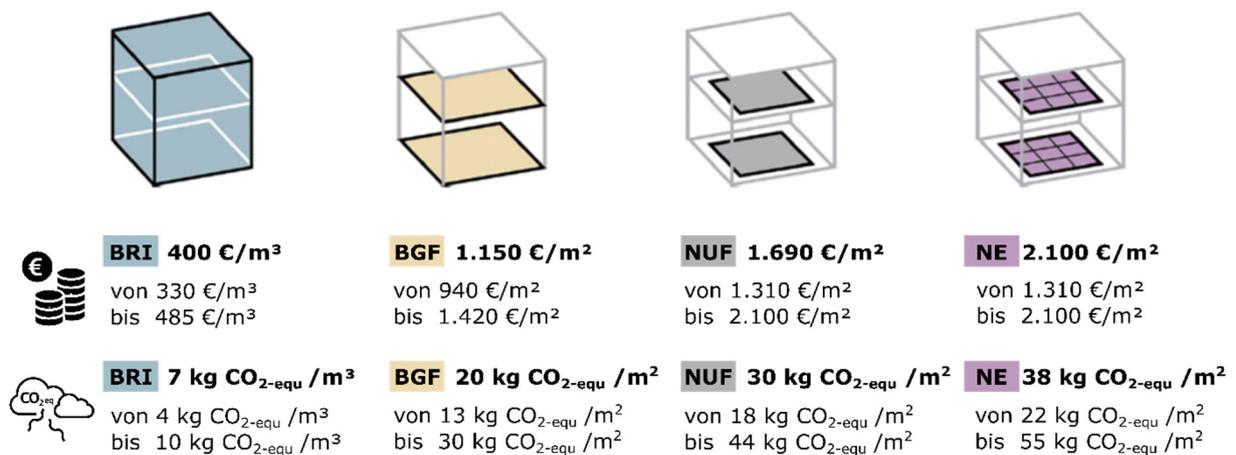


Abb. 13: Kostenkennwerte mit unterschiedlichen Bezugsgrößen für Mehrfamilienhäuser ergänzt um mögliche Angaben zu Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus (fiktives Beispiel) nach (BKI 2020)

Es wird deutlich, wie stark die Wahl der Bezugsgröße Kennwerte beeinflusst. Durch eine hier vorgeschlagene parallele Angabe von Treibhausgasemissionen unter Nutzung verschiedener Bezugsgrößen wird das Risiko von Verwechslungen verringert und es werden Plausibilitätsprüfungen möglich. Sollten die Treibhausgasemissionen parallel zu Kosten ermittelt werden, lässt sich aus der Kostenhöhe auf die Vollständigkeit der Erfassung des Gebäudes schließen. Deutlich wird auch der Vorteil einer ergänzenden Angabe von Bandbreiten. Ermittlung und Bewertung der THG-Emissionen im QNG basieren aktuell auf den Konventionen im KASTEN.

Die Bezugsfläche ist die Netto-Raumfläche (NRF) nach DIN 277 (2016). Im Sinne der Kontinuität der Darstellung von Kennwerten sind die Bilanzgrößen zusätzlich bezogen auf die Brutto-Grundfläche (Regelfall 1) nach DIN 277 (2016) auszuweisen.

6 Hinweise für die praktische Handhabung

6.1 Transparenz bei Rechenregeln und Systemgrenzen

Die Ermittlung von Treibhausgasemissionen im vollständigen Lebenszyklus kompletter Gebäude bzw. jeweils definierter Teile sowie der Nachweis der Einhaltung von Anforderungen zu ihrer Begrenzung bis hin zur ausgeglichenen oder positiven Bilanz ist eine komplexe Aufgabe. Wie bereits erwähnt und begründet bilden hierbei Begriffe und Definitionen, Rechenregeln und Systemgrenzen, Datengrundlagen sowie die Anforderungen und Zielwerte eine Einheit. Der Nachweis der Einhaltung von Anforderungen bzw. der Zielwerterreichung setzt daher stets die Angabe der Systemgrenze, Rechen- und Nachweisregeln und Datengrundlagen voraus.

Nachstehend wird ein Vorschlag für eine vereinheitlichte Darstellungsform unterbreitet. Es wird empfohlen, die mit Tab. 7 und Tab. 8 angegebenen Möglichkeiten miteinander zu kombinieren sowie Art und Umfang der Angaben noch auszubauen. Das jeweilige Ausfüllbeispiel orientiert sich am Stand der Rechenregeln zum Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude, auch wenn dieses kein Anforderungsniveau zur Netto-Treibhausgasneutralität umfasst.

6.2 Öffentliche Zugänglichkeit der Rechenregeln und Systemgrenzen

Angaben zu den Regeln für einen Nachweis der (Netto-)Treibhausgasneutralität für Gebäude unter Beachtung der jeweiligen Systemgrenzen sind sehr komplex. Sie entziehen sich der Möglichkeit einer kompakten Kurzbeschreibung. Vorgeschlagen wird daher die Entwicklung eines Systems von Codes, über die auf eine Variante verwiesen werden kann und die Bereitstellung öffentlich zugänglicher Langfassungen derartiger Rechen- und Nachweisregeln. Beim jeweiligen Nachweis muss auf die konkrete Variante (hier insbesondere in Bezug auf Systemgrenzen und Kompensationsmöglichkeiten) hingewiesen und ein Bezug zur zugänglichen Langfassung hergestellt werden.

6.3 Übergang zu dynamischen Betrachtungen

Der fünfzigjährige Betrachtungszeitraum eines Gebäudes, das 2022 neu errichtet oder modernisiert wird, reicht bereits bis 2072. Spätestens 2045 soll u.a. in den Bereichen der Energieversorgung und der Baustoffproduktion ein klimaneutraler Zustand erreicht werden. Dies hat Konsequenzen für die Abbildung künftiger Energie- und Stoffströme im Lebenszyklusmodell von Gebäuden. Der Übergang von rein statischen zu dynamischen Betrachtungen unter Nutzung von definierten Absenkpfeilen bietet sich hier als Lösung an und ist damit ein Thema, was rasch geklärt werden sollte.

Tab. 7: Angaben zu Systemgrenzen, Regeln, Datengrundlagen (am Beispiel QNG 2021)

Teilaspekt	Ausfüllbeispiel
Indikator	GWP100 total
Charakterisierungsfaktoren	IPCC
Bezügen der Rechenregeln zu Normen	EN 15643; EN 15978-1
Gebäude- und Nutzungsart	Wohngebäude
Standort	Deutschland
Betrachtungszeitraum	50 Jahre
Bezugsgröße(n)	Netto-Raumfläche NRF
Abschneidekriterien KG 300	Baumaterialien kleiner 1%
Umgang mit dem Keller	berücksichtigt
Erfassung KG 400	Sockelbetrag + Großgeräte
Einbeziehung von Teilen der KG 500	ja
Einbeziehung von B6	B6.1 und B6.3
Umgang mit PV-Anlage, soweit vorhanden	anteilige Zuordnung zum Gebäude
Umgang mit Stromspeicher, soweit vorhanden	volle Zuordnung zum Gebäude
Art der Einspeisung, soweit vorhanden	netzdienlich
Datengrundlage 1 ²⁵ für Bauprodukte, Bauteile, Anlagen	Rechenwerte ÖKOBAUDAT 21
Datengrundlage 1 für Emissionsfaktoren	Rechenwerte ÖKOBAUDAT 21
Datengrundlage 2 ²⁶ für Bauprodukte, Bauteile, Anlagen	Rechenwerte ÖKOBAUDAT 21
Datengrundlage 2 für Emissionsfaktoren	Rechenwerte ÖKOBAUDAT 21
Lebensdauern von Bauteilen und Anlagen	Lebensdauertabelle BBSR
Instandhaltungsszenario	planmäßige Instandhaltung
Rückbauszenario	selektiver Rückbau
Umgang mit Veränderungen in der Baustoffproduktion	statisch
Umgang mit Veränderungen in der Energieversorg.	statisch
Umgang mit potenziell vermiedenen Emissionen	Zusatzangabe
Physische Diskontierung von Emissionen	keine
Zulässige Kompensationsmöglichkeiten	keine
Effekte des Bezugs von Ökostrom	nicht berücksichtigt
Effekte von Quartierslösungen	nicht berücksichtigt
Systemgrenze für Produktion erneuerbarer Energie	Grundstücksgrenze

²⁵ Frühe Phasen der Planung

²⁶ Detailplanung

Tab. 8: Darstellung von Systemgrenzen im Lebenszyklusmodell (am Beispiel von QNG 2021)

In das Lebenszyklusmodell einbezogene Phasen und Module

A					B								C				D				
A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6.1	B 6.2	B 6.3	B 7	B 8	C 1	C 2	C 3	C 4	D 1	D 2	
x	x	x						x		x		x						x	x		

Modul	X/-	Erläuterungen zu Annahmen, Randbedingungen, Grundlagen
A 1	x	In Angaben zu A1-A3 aus ÖKOBAUDAT enthalten
A 2	x	In Angaben zu A1-A3 aus ÖKOBAUDAT enthalten
A 3	x	In Angaben zu A1-A3 aus ÖKOBAUDAT enthalten
A 4	-	nicht betrachtet
A 5	-	nicht betrachtet
B 1	-	nicht betrachtet, klimaschädliche Kältemittel ausgeschlossen
B 2	-	nicht betrachtet
B 3	-	nicht betrachtet
B 4	x	Berücksichtigung unter Verwendung der Nutzungsdauertabellen, in den letzten drei Jahren vor Ende des Betrachtungszeitraums keine Ersatzmaßnahmen enthält für Ersatz anteilig C3-C4 und A1-A3 und zusätzlich Beiträge zu D1
B 5	-	nicht betrachtet
B 6.1	x	Berechnung gemäß GEG
B 6.2	-	nicht betrachtet
B 6.3	x	Annahme eines Bedarfs an Haushaltsstrom von 20 kWh/m ² NRF /a
B 7	-	nicht betrachtet
B 8	-	nicht betrachtet
C 1	-	nicht betrachtet
C 2	-	nicht betrachtet
C 3	x	Berücksichtigung gemäß Angaben in ÖKOBAUDAT
C 4	x	Berücksichtigung gemäß Angaben in ÖKOBAUDAT
D 1	x	Zusatzangabe für Recyclingpotenzial
D 2	x	Zusatzangabe für potenziell vermiedene Emissionen bei Dritten (Zusatzangabe für Treibhausgasemissionen/kWh exportierte Energie)
CC	-	Biogener Kohlenstoffgehalt (carbon content), derzeit nicht ausgewiesen

Quellenangaben

BBSR, Referat II 3; Rose, Arnd; Wöffen, Daniel, 2018: Wege zum Effizienzhaus Plus: Grundlagen und Beispiele für energieerzeugende Gebäude. 6. aktualisierte Auflage. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Referat BW I 3, Hrsg.

Bernstein, Lenny; Best, Carola; IPCC (Hrsg.), 2008: Klimaänderung 2007: Synthesebericht. IPCC-Koordinierungsstelle: Stuttgart.

Bilharz, Michael, 2014: Klimaneutral leben: Verbraucher starten durch beim Klimaschutz. Umweltbundesamt, Hrsg.

BKI, Baukosteninformationszentrum (Hrsg.), 2020: BKI Baukosten: Statistische Kostenkennwerte für Gebäude.

BMI, 2021: ÖKOBAUDAT.

BMI, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, 2019: Leitfaden Nachhaltiges Bauen.

Bundesbauministerium, 2021a: LCA-Bilanzierungsregeln des QNG für Wohngebäude.

Bundesbauministerium, 2021b: Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG).

Bundesrepublik Deutschland, 2019: Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG).

Bundesverfassungsgericht, 2021: Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich. Nr. 31/2021

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.), 2021: dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität.

Die Bundesregierung (Hrsg.), 2020: Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Weiterentwicklung 2021.

Die Bundesregierung, 2019: Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050.

DIN 276, 2018: 2018-12 Kosten im Bauwesen.

DIN 18205, 2016: DIN 18205:2016-11 Bedarfsplanung im Bauwesen.

DIN EN 15643, 2019: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken; Deutsche und Englische Fassung prEN 15643:2019.

DIN EN 15804, 2020: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Deutsche Fassung EN 15804:2012+A2:2019.

DIN EN 15978-1, 2021: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Methodik zur Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 1: Umweltqualität; Deutsche und Englische Fassung prEN 15978-1:2021.

DIN EN ISO 14044, 2021: DIN EN ISO 14044:2021-02 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006 + Amd 1:2017 + Amd 2:2020); Deutsche Fassung EN ISO 14044:2006 + A1:2018 + A2:2020.

Directorate-General for Financial Stability, Financial Services and Capital Markets Union, 2021: EU Taxonomy Compass. Zugriff: https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/tool/index_en.htm [abgerufen am 20.10.2021].

Dodd, Nicholas; Donatello, Shane; Cordella, Mauro, 2020: Level(s) indicator 1.2: Life cycle Global Warming Potential (GWP). User manual: overview, instructions and guidance (Publication version 1.0).

Dodd, Nicholas; Gama-Caldas, Miguel; Garbarino, Elena; Donatello, Shane; European Commission; Joint Research Centre, 2015: Identifying macro-objectives for the life cycle environmental performance and resource efficiency of EU buildings working paper 1. Publications Office: Luxembourg.

Europäische Union, 2011: VERORDNUNG (EU) Nr. 305/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates.

- Europäisches Parlament**, 2019: Was versteht man unter Klimaneutralität? | Aktuelles | Europäisches Parlament. Zugriff: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20190926STO62270/was-versteht-man-unter-klimaneutralitaet> [abgerufen am 20.10.2021].
- European Commission**, 2020: EU taxonomy for sustainable activities. Zugriff: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en [abgerufen am 22.10.2021].
- European Commission**, 2019: Level(s). Zugriff: https://ec.europa.eu/environment/levels_de [abgerufen am 22.10.2021].
- European Commission**, 2021: Umsetzung des europäischen Grünen Deals. Zugriff: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_de [abgerufen am 28.10.2021].
- Global Alliance for Buildings and Construction and the United Nations Environment Programme**, 2021: The Building Passport: A tool for capturing and managing whole life data and information in construction and real estate – Practical Guidelines.
- Global Footprint Network** Climate Change & the Carbon Footprint - Global Footprint Network. Zugriff: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/climate-change/> [abgerufen am 22.10.2021].
- Günther, Jens; Lehmann, Harry; Lorenz, Ullrich; Purr, Katja**, 2019: Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcen- schonend gestalten.
- Habert, Guillaume; Röck, Martin; Steininger, Karl; Lupísek, Antonin; Birgisdottir, Harpa; Desing, Harald; Chandrakumar, Chanjief; Pittau, Francesco; Passer, Alexander; Rovers, Ronald; Slavkovic, Katarina; Hollberg, Alexander; Hoxha, Endrit; Jusselme, Thomas; Nault, Emilie; Allacker, Karen; Lützkendorf, Thomas**, 2020: Carbon budgets for buildings: harmonising temporal, spatial and sectoral dimensions. *Buildings and Cities* 1, 1, S.429–452.
- Huckestein, Dr. Burkhard**, 2020: Der Weg zur treibhausgasneutralen Verwaltung - Etappen und Hilfestellungen. Umweltbundesamt, hrsg.
- Icha, Petra**, 2021: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2020. Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau.
- IEA EBC Annex 72**, 2021: IEA EBC Annex 72 - Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Zugriff: <https://annex72.iea-ebc.org/> [abgerufen am 18.10.2021].
- IEA, International Energy Agency (Hrsg.)**, 2021: Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.
- ISO 16745-1, 2017**: Sustainability in buildings and civil engineering works — Carbon metric of an existing building during use stage - Part 1: Calculation, reporting and communication.
- ISO 21929-1, 2011**: ISO 21929-1:2011 Sustainability in building construction — Sustainability indicators — Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings.
- KlimAktiv gGmbH** CO2-Rechner des Umweltbundesamtes.
- Lützkendorf, Thomas; Frischknecht, Rolf**, 2020: (Net-) zero-emission buildings: a typology of terms and definitions.
- Öko Institut e.V.; Reise, Judith; Hennenberg, Dr. Klaus; Böttcher, Dr. Hannes; Benndorf, Anke**, 2021: Natürliche Senken – Die Potenziale natürlicher Ökosysteme zur Vermeidung von THG-Emissionen und Speicherung von Kohlenstoff. Modellierung des LULUCF-Sektors sowie Analyse natürlicher Senken. Kurzgutachten zur dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität.
- Passivhaus Institut**, 2016: Kriterien für den Passivhaus-, EnerPHit- und PHI-Energiesparhaus-Standard.
- Passivhaus Institut**, 2011: Zertifizierung als „Qualitätsgeprüftes Passivhaus“ - Kriterien für Passivhäuser mit Nicht-Wohnnutzung (NiWo).
- Ramseier, Livia; Frischknecht, Rolf**, 2020: Umweltfußabdruck von Gebäuden in Deutschland. BBSR, hrsg.
- Rockström, Johan; Steffen, Will; Noone, Kevin; Persson, Åsa; Chapin, F. Stuart; Lambin, Eric F.; Lenton, Timothy M.; Scheffer, Marten; Folke, Carl; Schellnhuber, Hans Joachim; Nykvist, Björn; de Wit, Cynthia**

A.; Hughes, Terry; van der Leeuw, Sander; Rodhe, Henning; Sörlin, Sverker; Snyder, Peter K.; Costanza, Robert; Svedin, Uno; Falkenmark, Malin; Karlberg, Louise; Corell, Robert W.; Fabry, Victoria J.; Hansen, James; Walker, Brian; Liverman, Diana; Richardson, Katherine; Crutzen, Paul; Foley, Jonathan A., 2009: A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 7263, S.472–475.

Rother, Stefan; Schuberth, Jens; Steinbrenner, Joscha, 2020: 13 Thesen für einen treibhausgas-neutralen Gebäudebestand: Drängende Herausforderungen der Wärmewende.

Satola, D.; Balouktsi, M.; Lützkendorf, T.; Houlihan Wiberg, A.; Gustavsen, A., 2021: How to define (net) zero greenhouse gas emissions buildings: The results of an international survey as part of IEA EBC annex 72. *Building and Environment* Volume 192, S.

SBE19 Graz, 2019: Grazer Deklaration für Klimaschutz im Baubereich - Ein Ergebnis der SBE19. Zugriff: <https://gd.ccca.ac.at/> [abgerufen am 18.10.2021].

SIA, 2017: SIA-Effizienzpfad Energie – Korrigenda C1 zum Merkblatt SIA 2040:2017.

SRU, 2020: Pariser Klimaziele erreichen mit dem CO₂-Budget - Umweltgutachten 2020, Kapitel 2.

Steininger, Karl W.; Meyer, Lukas; Nabernegg, Stefan; Kirchengast, Gottfried, 2020: Sectoral carbon budgets as an evaluation framework for the built environment.

UBA, 2019: CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre muss sicher und nachhaltig sein. Zugriff: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-entnahme-aus-der-atmosphaere-muss-sicher> [abgerufen am 28.10.2021].

Umweltbundesamt, 2020: Die Treibhausgase. Zugriff: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> [abgerufen am 20.10.2021].

United Nations, 2015: Sustainable Development Goals. Zugriff: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> [abgerufen am 22.10.2021].

United Nations Sustainable Development Goals Communications materials Zugriff: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/> [abgerufen am 22.10.2021].

Wilke, Sibylle, 2021: Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. Zugriff: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland> [abgerufen am 20.10.2021].