

Jährliche gebäudeinduzierte THG-Emissionen (in tCO₂eq)

Mit der Etablierung des entwickelten Indikators können die gebäudeinduzierten Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) über ganz Österreich hinweg erhoben werden, um in weiterer Folge künftige Reduktionsstrategien zu setzen. Das Ziel ist es, bereits im Zuge der Baueinreichung die grauen¹ und betrieblichen THG-Emissionen zu berechnen und für den Erhalt eines positiven Baubescheids festgelegte THG-Emissions-Grenzwerte einzuhalten. Für den Erhalt der Benützungsbewilligung soll nach Fertigstellung von Gebäuden die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte erneut nachgewiesen (SOLL-IST-Vergleich) und bei Überschreitung sanktioniert werden. Schlussendlich sollen die erhobenen Daten über die zuständigen Behörden der Städte und Gemeinden an die Statistik Austria übermittelt werden. Damit soll zum einen ein Beitrag zur Reduktion von gebäudeinduzierten THG-Emissionen erreicht werden und zum anderen die Datengrundlage verbessert werden, um diese beispielsweise für die Berechnung zukünftiger nationaler THG-Budgets verwenden zu können.

Der Indikator

Laut den jährlichen Statusberichten der Global Alliance of Buildings and Constructions (GABC) entfallen etwa 37 Prozent der weltweiten energie- und prozessbedingten THG-Emissionen auf Gebäude und ihren Betrieb. Dieser enorme Anteil an Material- und Energieströmen macht die Bauindustrie zum größten Verursacher von THG-Emissionen (International Energy Agency (IEA) and the United Nations Environment Programme (UNEP), 2022). In diesem Zusammenhang wurde bereits 2002 von der EU die erste Gebäudeenergieeffizienz-Richtlinie (engl. Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) verabschiedet und somit ein gemeinsamer Rahmen für die Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden in den EU-Mitgliedstaaten geschaffen. Die Richtlinie führte den Energieausweis ein und legte Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Neubauten und Renovierungen fest (European Parliament, 2002). Neben dem Energieverbrauch von Gebäuden werden mit der EPBD-Richtlinie auch die damit verbundenen betrieblichen THG-Emissionen von Gebäuden adressiert. Zusätzlich zu Überarbeitungen in den Jahren 2010 und 2018, zielt die Neufassung der EPBD-Richtlinie aus dem Jahr 2023 darauf ab, die Emissionen über den Lebenszyklus von Gebäuden, und somit neben den betrieblichen THG-Emissionen auch graue THG-Emissionen, zu berücksichtigen (European Parliament, 2023). „Buildings and building elements and materials are responsible for greenhouse gas emissions before, during and after their operational lifetime. The whole life-cycle emissions of buildings should therefore progressively be taken into account...” (European Parliament, 2023).

Aufgrund der Entwicklungen und Fortschritte in der Bauindustrie in den letzten Jahrzehnten hinsichtlich der Reduktion von THG-Emissionen sind die Gesamtemissionen, d.h. graue und betriebliche THG-Emissionen, von Gebäuden gesunken (Passer et al., 2017). Diese Reduktion wurde hauptsächlich durch die Reduktion der betrieblichen THG-Emissionen erreicht, welche z.B. auf die erhöhten Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden zurückzuführen ist (Scherz et al., 2022). In Abbildung 1 wird das sich verändernde Verhältnis von grauen und betrieblichen gebäudeinduzierten THG-Emissionen basierend auf den Entwicklungen des Gebäudesektors dargestellt. Neben den sinkenden betrieblichen THG-Emissionen, welche z.B. mit Plusenergie-Gebäuden weiter reduziert werden können, zeichnet sich eine Erhöhung von grauen THG-Emissionen ab. Diese Erhöhung entsteht unter anderem durch erhöhten Material- und Energieeinsatz im Zuge der Herstellung von Baumaterialien und -produkten, aber auch durch den erhöhten Materialeinsatz im Zuge der Errichtungsphase von Gebäuden z.B. durch erhöhten Einsatz von Dämmmaterialien oder Haustechnik (Passer et al., 2017).

¹ Graue Treibhausgasemissionen beziehen sich auf alle Treibhausgasemissionen, die mit Materialien und Bauprozessen während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes verbunden sind. (Horup et al., 2022).

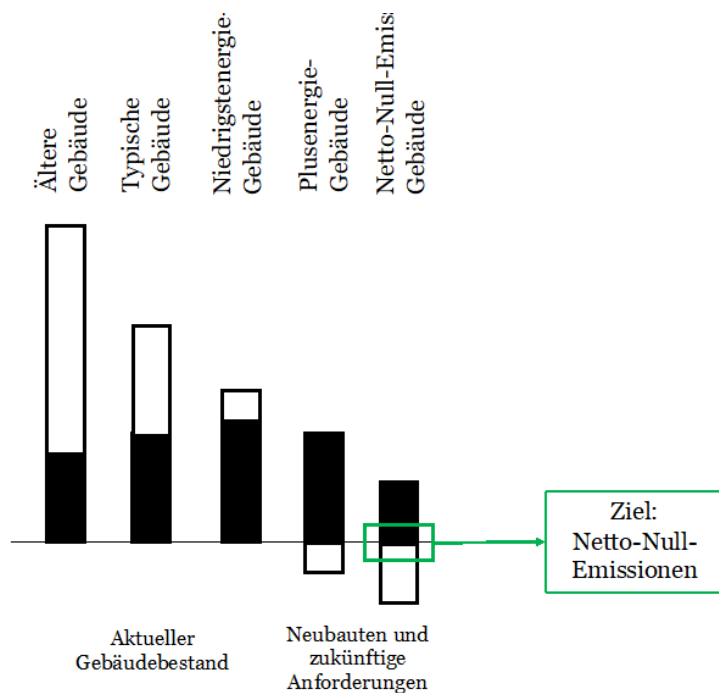


Abb. 1: Verhältnis von grauen und betrieblichen THG-Emissionen unterschiedlicher Gebäudestandards (i.A.a. Passer et al., 2017).

“The enhanced climate and energy ambition of the Union requires a new vision for buildings: the zero-emission building, the very low energy demand of which is fully covered by energy from renewable sources where technically feasible. All new buildings should be zero-emission buildings, and all existing buildings should be transformed into zero-emission buildings by 2050.” (European Parliament, 2023).

Sinngemäß unterstreicht auch der jüngste Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) die Wichtigkeit von Netto-Null-Emissions-Gebäuden, d.h. mit einer zu mindestens ausgeglichenen Bilanz von grauen und betrieblichen THG-Emissionen, indem er aufzeigt, dass mit den derzeitigen Klimazielpfaden, z.B. den COP26-Zielen, die Erreichung der gesteckten Klimaziele bis 2050 verfehlt werden (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023).

Die verpflichtende Berechnung des Treibhauspotenzials (engl. Global Warming Potential, GWP) von Gebäuden über den gesamten Lebenszyklus, d.h. unter der Berücksichtigung von grauen und betrieblichen THG-Emissionen, ist somit ein weiterer notwendiger Schritt in Richtung der Dekarbonisierung des Gebäudesektors. In diesem Zusammenhang gibt es bereits Ansätze für Österreich, welche eine frühzeitige, lebenszyklusorientierte Berücksichtigung von THG-Emissionen, zum Beispiel im Zuge des Ausschreibungs- und Vergabeprozesses von Gebäuden, vorschlagen (Scherz et al., 2023a, Scherz et al., 2023b). Darauf aufbauend wurde auch ein Leitfaden für die nachhaltige Beschaffung von öffentlichen Gebäuden abgeleitet (Passer et al., 2023). Die derzeit vorhandenen Indikatoren der Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 (engl. Sustainable Development Goals, SDGs) adressieren jedoch nicht die Bewertung und das Monitoring von gebäudeinduzierten THG-Emissionen (vgl. United Nations Statistics Division, 2023). Um diese Lücke zu füllen, und somit einen weiteren Beitrag zur Dekarbonisierung des Gebäudesektors zu leisten sowie zur Verbesserung der Datengrundlage für die Berechnung zukünftiger THG-Budgets beizutragen, wird ein neuer Indikator (für das Target 11.6, SDG 11) entwickelt, welcher die frühzeitige Berechnung von gebäudeinduzierten THG-Emissionen in tCO_2eq in Städten und Gemeinden adressiert. Das Ziel des Indikators ist es, bereits im Zuge der Baueinreichung die grauen und betrieblichen THG-Emissionen zu berechnen und für den Erhalt eines positiven Baubescheids festgelegte THG-Emissions-Grenzwerte einzuhalten. Für den Erhalt der Benützungsbewilligung soll nach Fertigstellung von Gebäuden die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte erneut nachgewiesen (SOLL-IST-Vergleich) und bei Überschreitung sanktioniert werden. Durch diese obligatorische Überwachung der umweltbezogenen Qualität der errichteten Gebäude und gegebenenfalls durch Sanktionierung mit Ausgleichsverpflichtungen bei Nachhaltigkeitsdefiziten nach der Gebäudebeschaffung (engl. post-procurement) soll die Reduktion von THG-Emissionen sichergestellt werden. Die Ausgleichsverpflichtungen können dabei direkt am Objekt selbst, an anderen Objekten durch Kompensationsmaßnahmen oder durch die Monetarisierung von Umweltdefiziten durch Abgaben erfolgen. Schlussendlich sollen die erhobenen Daten über die zuständigen Behörden der Städte und Gemeinden an die Statistik Austria übermittelt werden. Durch diese österreichweite Erhebung können in weiterer Folge künftige Reduktionsstrategien entwickelt werden.

Methodik

Berechnung und Nachweis der gebäudeinduzierten THG-Emissionen in der Einreichphase:

Mit der Methode der Ökobilanz werden die grauen und betrieblichen THG-Emissionen von Gebäuden, basierend auf den Einreichunterlagen, berechnet. Die allgemeinen Berechnungsgrundlagen der Ökobilanz sind in der ÖNORM EN ISO 14040:2021-03-01 (Austrian Standards International (ASI), 2021a) und der ÖNORM EN ISO 14044:2021-03-01 (Austrian Standards International (ASI), 2021b) geregelt. Detailliertere Berechnungsgrundlagen für die Anwendung der Ökobilanz bezüglich Bauprodukte und Gebäude basieren dabei auf dem Rahmenwerk LEVEL(s) (European Commission, 2018) sowie der ÖNORM EN 15978:2021-10-01 (Austrian Standards International (ASI), 2021c), ÖNORM EN 15643:2021-12-05 (Austrian Standards International (ASI), 2021d) und ÖNORM EN 15804:2022-02-15 (Austrian Standards International (ASI), 2022). Diese Angabe erfolgt in kg CO₂eq/m² (Netto-Grundfläche), Dadurch können mögliche Abweichungen zu den berechneten THG-Emissionen der Einreichphase dargestellt werden. Die grauen THG-Emissionen werden basierend auf den Einreichplänen und Aufbauten der einzelnen Bauteile ermittelt (Modul A1 bis A3). Die Phase der Gebäudeerrichtung (Modul A5) kann vereinfacht mit 5% der Ergebnisse der Module A1 bis A3 angenommen werden (Hoxha et al., 2016; Lützkendorf et al., 2014). Für die Austauschzyklen einzelner Materialien bzw. Bauteile über den betrachteten Lebenszyklus werden technische Nutzungsdauerkataloge herangezogen (Modul B4). Für die End-of-life-Phase kann die Phase des Rückbaus bzw. Abrisses (Modul C1) mit einem Anteil von 2% der Module A1 bis A3 angenommen werden (Hoxha et al., 2016; Lützkendorf et al., 2014). Die Phasen Abfallverarbeitung und -entsorgung (Module C3 und C4) werden auf Basis der Einreichpläne und Aufbauten der einzelnen Bauteile ermittelt. Die betrieblichen THG-Emissionen (Modul B6.1) werden auf Basis des Energieausweises berechnet. In Abbildung 2 werden die zu berücksichtigenden Module dargestellt.

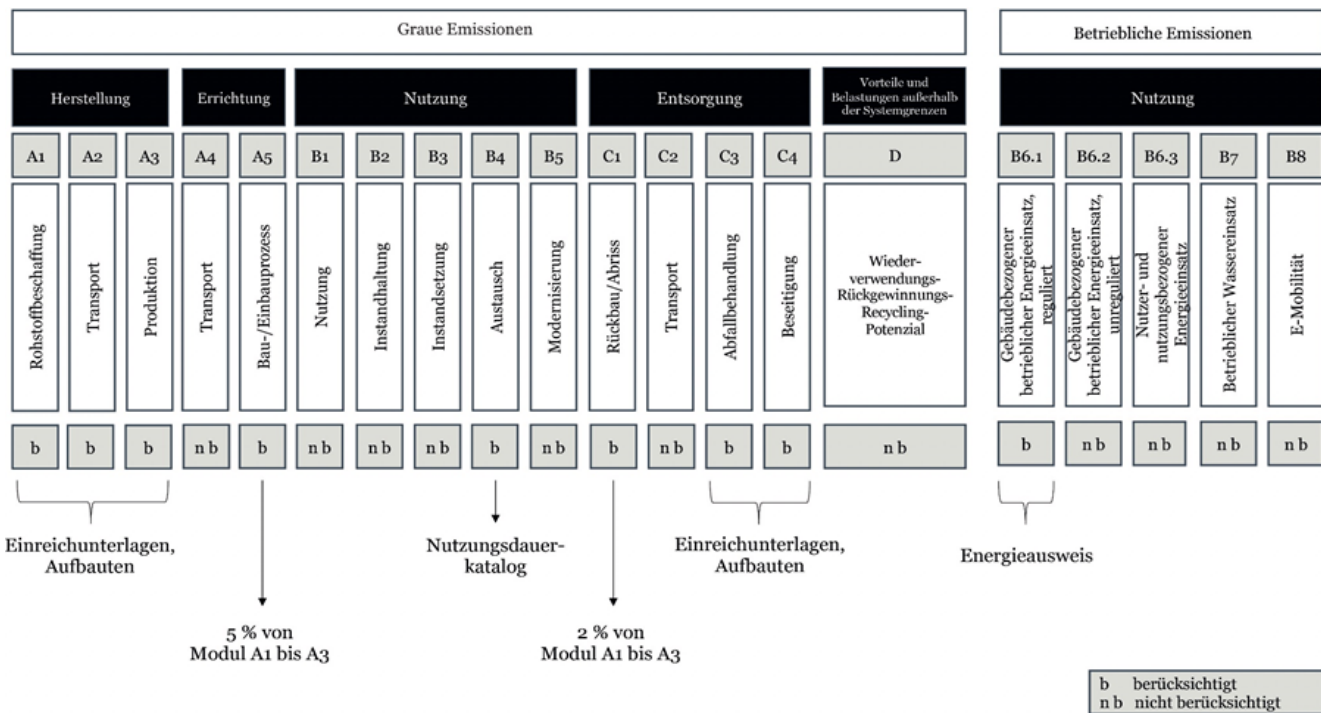


Abb. 2: Berücksichtigte LCA-Module im Zuge der Baueinreichung (ÖNORM EN 15978:2021-10-01).

Berechnung und Nachweis der gebäudeinduzierten THG-Emissionen nach der Fertigstellungsphase:

Nach Errichtung des Gebäudes sollen die THG-Emissionen für den Erhalt der Benützungsbewilligung, analog zur oben beschriebenen Berechnungsmethodik, erneut nachgewiesen werden. Bei Sanierungen sind die Stoff- und Energieströme der neu eingebrachten Materialien und Komponenten über deren Lebenszyklus sowie die Energieperformance der Gebäude nach Sanierung zu bewerten. Für eine Gegenüberstellung mit THG-Emissionsgrenzwerten sind diesbezüglich sinnvolle Benchmarks für Sanierungen zu definieren. Dadurch können die Abweichungen zu den THG-Emissionen der Einreichphase dargestellt werden und bei einer Überschreitung von festgelegten THG-Emissions-Grenzwerten dementsprechend sanktioniert werden.

2 Bei der Gegenüberstellung mit THG-Emissionsgrenzwerten bzw. Benchmarks muss darauf geachtet werden, dass mit einheitlichen Flächen (z.B. Netto-Grundfläche (NGF), Brutto-Grundfläche (BGF), etc.) gearbeitet wird. Weiters ist zu beachten, dass die Benchmarkbildung in den verschiedenen Ländern teilweise unterschiedlich ist. (vgl. beispielsweise EU Richtlinie 2024/1275 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. April 2024 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401275).

Für den Erhalt der Benützungsbewilligung müssen vorhandene Nachhaltigkeitsdefizite, d.h. zu hohe THG-Emissionen, durch verpflichtende Kompensationsmaßnahmen direkt am Objekt, an anderen Objekten oder durch die Monetarisierung von Umweltdefiziten durch Abgaben, ausgeglichen werden.

Zielsetzung

Der Zielwert des Indikators soll sich dabei am noch verfügbaren THG-Budget für den Gebäudesektor in Österreich orientieren. Die Berechnungen des verbleibenden THG-Budgets ist dabei abhängig von der angewandten Methodik bzw. dem zugrundeliegenden Klimaszenarien und deren Erreichungswahrscheinlichkeiten (van den Berg et al., 2019).

Zur Festlegung von Zielwerten werden häufig Bottom-Up-Ansätze, Top-Down Ansätze oder eine Kombination aus beiden Ansätzen, z.B. der Dual Benchmark Ansatz (vgl. Hollberg et al. 2019), gewählt. Bottom-Up Ansätze basieren zum Beispiel auf statistischen Auswertungen von Gebäude Stichproben oder auf Analysen von Gebäudearchetypen (Balouktsi und Lützkendorf 2022). Top-Down Ansätze basieren auf dem globalen Budget von THG-Emissionen pro Kopf, welche auf der Kapazität des Ökosystems im Verhältnis zu den globalen THG-Emissionen und der Weltbevölkerung beruhen (Hollberg et al. 2019). Hierzu gibt es eine Vielzahl an Konzepten, die auf unterschiedlichen ethischen Verteilungsprinzipien basieren wie beispielsweise „equal per capita“. Dies umfasst eine Aufteilung des noch vorhandenen THG-Budgets vom Zeitpunkt der Berechnung in gleichen Anteilen auf alle in dem Berechnungszeitraum lebenden Individuen (Williges et al., 2022). Eine Adaptierung dieses Ansatzes ist „equal per capita + carbon debt“. Dabei wird die Differenz der bisher emittierten Emissionen eines Landes und den noch vorhandenen THG-Budgets nach dem „equal per capita“-Ansatz (= carbon debt oder carbon credit) berechnet (Gregorová et al., 2015). Ein weiterer Ansatz ist „grandfathering“, der auf historischen Emissionen basiert und jenen Ländern, die bereits eine größere Menge an THG-Emissionen in der Vergangenheit emittiert haben, zukünftig ein relativ höheres THG-Budget zuschreiben, als jenen Ländern, die in der Vergangenheit weniger Emissionen ausgestoßen haben (Horup et al., 2022).

Das verbleibende globale THG-Budget, ausgehend vom Jahr 2023 bis 2050, bei einer 50%igen Wahrscheinlichkeit die Zielwerte zu erreichen, abhängig von der Berechnungsmethode, liegt in einer Bandbreite von 380 GtCO₂eq (1,5 Grad Celsius Ziel) bzw. 1230 GtCO₂eq (2 Grad Celsius Ziel) (Alaux et al., 2023). In Tabelle 1 sind die Grad Celsius-Zielwerte für Österreich dargestellt.

Tab. 1: Nationales THG-Budget für den österreichischen Gebäudesektor ab 2023 für die Erreichung des 1,5°C und 2,0°C Grad Ziels bei einer Erreichungswahrscheinlichkeit von 50% (Alaux et al., 2023).

Grad Celsius Ziel	Berechnungsansatz		
	equal per capita + carbon debt	equal per capita	grandfathering
+1,5° C	54 MtCO ₂ eq	142 MtCO ₂ eq	294 MtCO ₂ eq
+2,0° C	373 MtCO ₂ eq	461 MtCO ₂ eq	952 MtCO ₂ eq

Aufgrund der unterschiedlichen Berechnungsansätze und der noch unzureichenden Datengrundlage in Österreich, z.B. für die Erstellung eines umfassenden Gebäudebestandsmodells (engl. building stock model), können derzeit keine konkreten Grenzwerte für THG-Emissionen pro m² Gebäudefläche vorgeschlagen werden, welche für die Erreichung unserer Klimaziele ausreichend sind. Daher ist die Forschung (vgl. International Energy Agency (IEA), 2023) bestrebt, diese Werte für Österreich zu erheben.

Im Sinne einer schrittweisen Einführung der vorgeschlagenen Methode zur Messung des entwickelten Indikators wird ein Stufenplan vorgeschlagen (siehe Abb. 4). Somit wird in der ersten Phase bis 2027 das Monitoring der THG-Emissionen fokussiert und die Einhaltung eines vorgegebenen Grenzwerts erst ab Phase 2 angestrebt. In Phase 3 ist eine Anwendung des Indikators auf den gesamten Gebäudesektor, d.h. öffentliche und private Gebäude, angedacht.

Für die Etablierung der Methodik in Phase 1 wird vorgeschlagen, vorerst einen literaturbasierten THG-Emissions-Grenzwert, z.B. in der Höhe des Grenzwertes des DGNB/ÖGNI-Gebäudezertifizierungssystems³, festzulegen.

³ Für die Erreichung der Klimaziele sind diese Grenzwerte noch nicht ausreichend und müssten stufenweise abgesenkt werden.

Datengrundlage

Datenverfügbarkeit in Österreich:

Die notwendigen Datensätze für die Durchführung der Ökobilanz können zum Beispiel aus der frei zugänglichen Datenbank ÖKOBAUDAT⁴ entnommen werden. Zusätzlich werden Daten im Rahmen von gültigen Umweltproduktdeklarationen⁵ (engl. Environmental Product Declarations, EPDs) zur Verfügung gestellt. Derzeit gibt es zahlreiche Ökobilanz-Datenbanken, die frei zugängliche oder kostenpflichtige Datensätze für Ökobilanzen bereitstellen. Da die Datenbanken von unterschiedlichen Organisationen betrieben werden, gibt es methodische Inkonsistenzen (Bewertungsmethoden, Systemgrenzen, Repräsentativität, Hintergrunddaten, Modellierung des Strommixes etc.). Daher wäre eine Harmonisierung der Datenbasis bzw. der Aufbau einer österreichweit standardisierten und frei zugänglichen Datenbank für die Ökobilanz von Gebäuden zielführend. Um die Datenqualität der Ökobilanz-Datensätze sowie deren kontinuierliche Anwendung im Zuge der Baueinreichung bzw. nach Gebäudefertigstellung sicherzustellen, wird empfohlen, eine zuständige öffentliche Stelle mit der Erstellung und der Verwaltung einer Ökobilanz-Datenbank zu betrauen. Neben der Überprüfung und Pflege der Datensätze sollte ein zuständiges Ressort auch als Informationsplattform für zukünftige Baueinreichungen sowie für Bauausschreibungen und -vergaben dienen. Wie bei den derzeit verfügbaren Ökobilanz-Datenbanken gibt es auch zahlreiche unterschiedliche Softwarelösungen zur Durchführung einer Ökobilanz. Im Sinne der Harmonisierung und im Sinne der Sicherstellung eines Informations- und Unterstützungsdienstes ist es zielführend eine Ökobilanz-Software für den Gebäudeeinreichprozess und den Nachweis nach Fertigstellung zu entwickeln und bereitzustellen. Das heißt eine Referenz-Software, die auch potenziellen Bietenden zur Verfügung gestellt werden kann.

Berechnungsbasis:

Normen für die Anwendung der Ökobilanzen sind vorhanden. Für eine Durchführung einer Ökobilanz im Zuge des Einreichprozesses von Gebäuden ist es jedoch nicht ausreichend lediglich auf die vorhandenen Normen und deren Anwendung zu verweisen. Um den Bauwerbenden die Erstellung der Ökobilanz zu ermöglichen, müssen alle Berechnungsgrundlagen transparent und frei zugänglich, z.B. auf den Websites der zuständigen Behörden, zur Verfügung gestellt werden. Das bedeutet, dass alle notwendigen Berechnungsparameter für die Durchführung der Ökobilanz, wie z.B. zu berücksichtigende Lebenszyklusmodule, Betrachtungszeitraum, Datenbanken für Hintergrunddaten, Berechnungssoftware, Datensätze für den Energiemix, etc., festgelegt werden müssen. Analog dazu soll auch der Nachweis nach Fertigstellung für den Erhalt der Benützungsbewilligung (SOLL-IST-Vergleich) berechnet werden.

Kompetenz der Datenerhebung:

Im Zuge der Baueinreichung muss unter anderem die Bebauungsdichte sowie der Energieausweis basierend auf den Einreichplänen und Aufbauten der Bauteile berechnet und nachgewiesen werden.

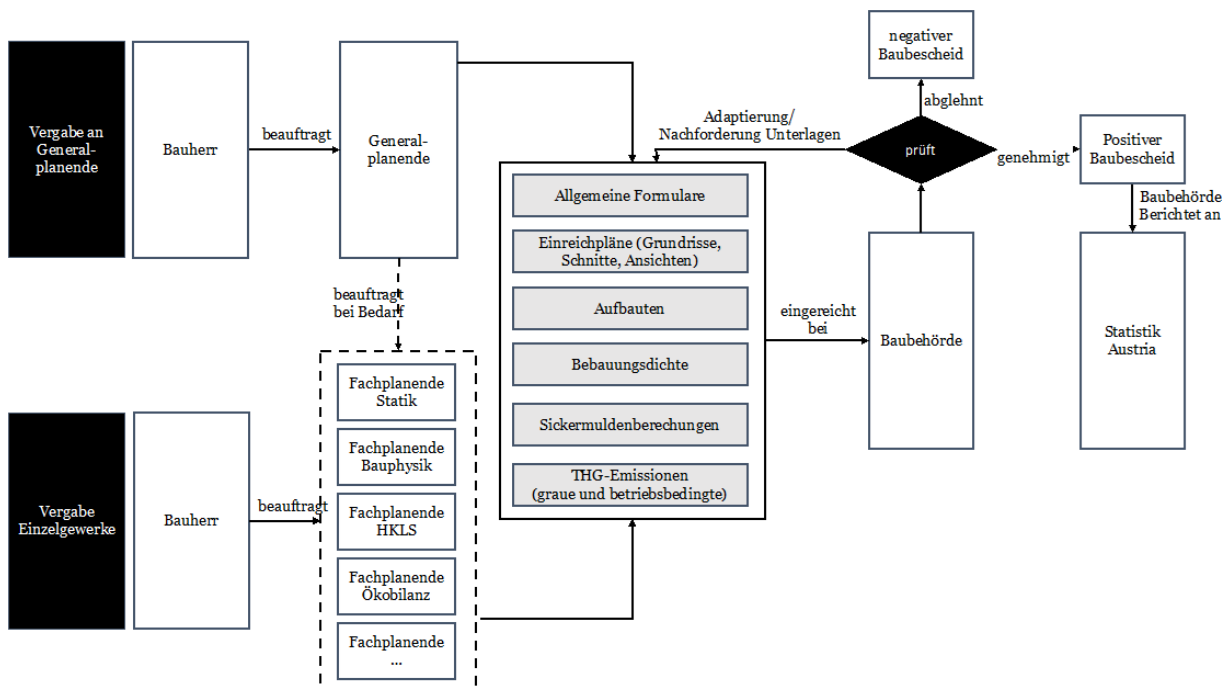


Abb. 3: Ablaufdiagramm Baueinreichung inklusive der Berichterstattung der THG-Emissionen der zuständigen Baubehörde an Statistik Austria.

4 <https://www.oekobaudat.de>

5 <https://www.bau-epd.at>

Diese Nachweise werden prinzipiell von den beauftragten Architekt:innen/Planenden (zum Beispiel durch ein beauftragtes Bauphysikbüro) erstellt und nach Abgabe von der zuständigen Baubehörde geprüft. Analog dazu sollen künftig die grauen und betrieblichen THG-Emissionen im Zuge der Baueinreichung vorgelegt werden (bei Bedarf durch Beauftragung von Ökobilanz-Expert:innen). Abbildung 3 stellt den Ablauf der Baueinreichung für die beiden Varianten (Vergabe an Generalplanende und Vergabe nach Einzelgewerken) dar.

Die zuständigen Behörden (d.h. Städte und Gemeinden) sind somit in der Lage, eine Datenbank von grauen und betrieblichen THG-Emissionen von Gebäuden aufzubauen.

Diese Daten werden jährlich an die Statistik Austria übermittelt, um eine THG-Emissions-Datenbasis für den österreichischen Gebäudesektor aufzubauen und ein einheitliches Monitoring auf nationaler Ebene zu gewährleisten.

Zusätzlich sollen die berechneten THG-Emissionen, welche im Zuge der Einreichplanung eingereicht wurden, am fertiggestellten Gebäude (as-built) vor Erhalt der Benützungsbewilligung auf Basis der tatsächlich verbauten Materialien erneut nachgewiesen werden (SOLL-IST-Vergleich). Die Einhaltung eines definierten THG-Emissions-Grenzwertes ist ab Phase 2 vorgesehen.

Entwicklung des Indikators „Jährliche gebäudeinduzierte THG-Emissionen (in tCO₂eq) in Städten und Gemeinden“ in Österreich.

Stufenplan:

2024 bis 2027: Etablierung der Methodik sowie verpflichtende Angabe von THG-Emissionen bei öffentlichen Gebäuden im Zuge der Baueinreichung sowie die Etablierung der dafür nötigen umsetzenden Stellen.

2027 bis 2030: a) Festlegung eines THG-Emissions-Grenzwertes für öffentliche Gebäude und Überprüfung der Einhaltung der definierten THG-Emissions-Grenzwerte im Zuge der Baueinreichung sowie am fertiggestellten Gebäude zur Erlangung der Benützungsbewilligung. b) Erhebung möglicher sozialer und ökonomischer Auswirkungen für private Bauherren und bei Bedarf Erstellung eines Kompensationskonzepts, um mögliche Implikationen zu adressieren.

2030 bis 2050: Kontinuierliche Anpassung der THG-Emissions-Grenzwerte und Anwendung auf den privaten Gebäudesektor sowie Überprüfung der Einhaltung des definierten THG-Emissions-Grenzwertes im Zuge der Baueinreichung sowie am fertiggestellten Gebäude zur Erlangung der Benützungsbewilligung.

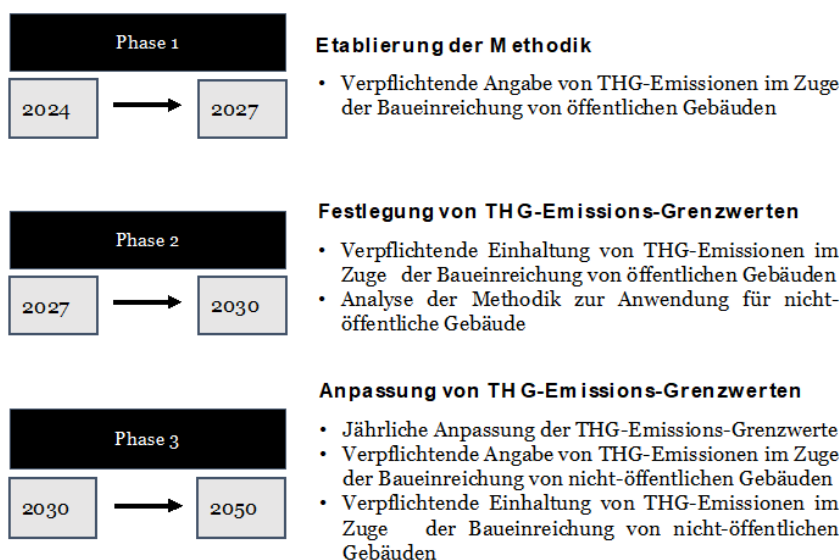


Abb. 4: Stufenplan für die Anwendung des neu entwickelten Indikators.

Vergleichsstudien

Gesetzliche Verankerung von THG-Emissions-Grenzwerten in der EU:

In den EU-Ländern Dänemark, Frankreich, Niederlande, Norwegen und Schweden sind die Berechnung und Ausweisung des Treibhauspotentials (engl. Global Warming Potential, GWP) in den Bauvorschriften gesetzlich verankert (vgl. Österreichisches Institut für Bautechnik 2023). Für Finnland wurde im März 2023 ein neues Baugesetz ratifiziert, das ab dem Jahr 2025 in Kraft tritt. Im Folgenden werden beispielhaft die THG-Emissions-Grenzwerte dieser europäischen Länder bzw. deren gesetzliche Verankerung detaillierter dargestellt.

Dänemark: In Dänemark sind seit Januar 2023 THG-Emissions-Grenzwerte für Neubauten gesetzlich in den Bauvorschriften (BR18) verankert (Nordic Sustainable Construction, 2023). Daher ist für den Erhalt der Benützungsbewilligung die umweltbezogene Qualität von Gebäuden in kg CO2eq pro Quadratmeter und Jahr gemäß der Berechnungsmethode „DS/EN15978:2012 - Nachhaltigkeit im Hoch- und Tiefbau - Bewertung der Umweltqualität von Gebäuden“ zu ermitteln (Dansk Standard, 2012). Der Grenzwert reduziert sich etappenweise im Laufe der nächsten Jahre bis 2029. Niedrigere THG-Emissionswerte, als die gesetzlich vorgegebenen Werte, können bereits freiwillig angestrebt werden (The Danish Housing and Planning Authority, 2021). In Tabelle 2 sind die THG-Emissions-Grenzwerte von Dänemark dargestellt.

Tab. 2: Gesetzliche und freiwillige THG-Emissions-Grenzwerte für den Gebäudesektor in Dänemark. (i.A.a. The Danish Housing and Planning Authority, 2021).

		THG-Emissions-Grenzwerte (kgCO2eq/m²/Jahr)						
		Ab 2023	2024	Ab 2025	2026	Ab 2027	2028	Ab 2029
Gesetzlicher Grenzwert	Neubau unter 1000m²	Anforderung für LCA ohne Grenzwert	Festlegung des reduzierten Grenzwerts für 2025	Neuer überarbeiteter Grenzwert (z.B. 10,5)	Festlegung des reduzierten Grenzwerts für 2027	Neuer überarbeiteter Grenzwert (z.B. 9)	Festlegung des reduzierten Grenzwerts für 2029	Neuer überarbeiteter Grenzwert (z.B. 7,5)
	Neubau über 1000m²	12						
Freiwilliger Grenzwert		8		7		6		5

Tab. 3: Gesetzliche THG-Emissions-Grenzwerte für den Gebäudesektor in Frankreich (i.A.a. Lègifrance, 2022).

Gebäude- nutzung	Genutzte Energie	Grenzwert (kgCO2eq/m²/Jahr)					
		2022 - 2024		2025 - 2027		2028 - 2030	
		Icénergie	Icon- struction	Icénergie	Iconstruc- tion	Icénergie	Icon- struction
Einfamilien- oder Reihen- häuser		160	640	160	530	160	475
Mehrfamilienhäuser	An ein Fernwärmenetz	560	740	320	650	260	580
	andere Fälle	560	740	260	650	260	580
Büros	An ein Fernwärmenetz	208	980	200	810	200	710
	andere Fälle	200	980	200	810	200	710
Primar- oder Sekundar- schulen	An ein Fernwärmenetz	240	900	200	770	140	680
	andere Fälle	240	900	140	770	140	680

Frankreich: In Frankreich wurde die neue Umweltschutzverordnung RE 2020 entwickelt, die im „Code de la construction et de l’habitation“ („Bau- und Wohngesetzbuch“) geregelt wird und seit dem Jahr 2022 die vorige Umweltschutzverordnung RT 2012 ersetzt (Ministères Écologie Énergie Territoires, 2022). Diese verfolgt drei Hauptziele: (i) Reduzierung des Energieverbrauchs und die Dekarbonisierung der Energie, (ii) Verringerung des CO₂-Fußabdrucks und (iii) die Sicherstellung von Wohnkomfort bei starker Hitze im Sommer (Oriol, 2022). Im Rahmen der RE 2020 wurden zwei neue Indikatoren eingeführt: Icénergie (THG-Emission des Energieverbrauchs über den Lebenszyklus des Gebäudes in kgCO₂eq/m²) und Iconstruction (THG-Emissionen der Bestandteile des Gebäudes über deren Lebenszyklus in kg CO₂eq/m²). Die Berechnung erfolgt mittels Ökobilanz über einen Bezugsstudienzeitraum von 50 Jahren (Oriol, 2022). Wie in Dänemark werden die THG-Emissions-Grenzwerte im Laufe der nächsten Jahre angepasst. In Tabelle 3 sind die THG-Emissions-Grenzwerte⁶ von Frankreich dargestellt.

Niederlande: Im Jahr 2013 haben die Niederlande als erstes europäisches Land gesetzliche Anforderungen zur Berichterstattung über die grauen Umweltwirkungen von Gebäuden eingeführt (Scholten und van Ewijk, 2013). Im Baugesetzbuch im Kapitel 5 „Technische Bauvorschriften unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz und des Umweltschutzes“ sind im Artikel „Nachhaltig Bauen“ die Anforderungen an die umweltbezogene Qualität der Wohn- und Bürogebäude angeführt (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2011). Die maximale erlaubte umweltbezogene Qualität wird nach der Berechnungsmethode zur Bestimmung der Umweltverträglichkeit von Gebäuden und Ingenieurbauwerken (Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken 2019+WB:2019) berechnet (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2011). Seit 2018 haben die Niederlande einen Umweltkostenindikator (engl. Environmental Cost Indicator, ECI) der während des Genehmigungsverfahrens erfüllt werden muss, als Grenzwert eingeführt. Der Umweltkostenindikator wird in €/m²/Jahr ausgedrückt und für einen Bezugsstudienzeitraum von 50 Jahren (Nicht-Wohngebäude) bzw. 75 Jahren (Wohngebäude) berechnet (Stichting National Environmental Database, 2022). Der Umweltkostenindikator setzt sich aus elf Umweltindikatoren zusammen, wobei die Emissionen für jede Kategorie, einschließlich GWP, mit einem Gewichtungsfaktor (€/Einheit) multipliziert werden, um die Gesamtsumme zu ermitteln (BPiE, 2023). Die Grenzwerte betragen 0,8 €/m²/Jahr für Wohngebäude und 1,0 €/m²/Jahr für Bürogebäude (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2019). In den Niederlanden wird es ab 2027 verpflichtend sein, die THG-Emissionen aller Gebäudetypen zu bewerten und im Energieausweis auszuweisen.

Norwegen: In den norwegischen Bauvorschriften TEK17 (Byggteknisk forskrift) wird festgehalten, dass im Zusammenhang mit dem Bau und dem Umbau von Mehrfamilienhäusern und Gewerbegebäuden ein Treibhausgasinventar auf der Grundlage der Methode in der norwegischen Norm „NS 3720:2018 Methode für Treibhausgasberechnungen für Gebäude“ (Standard Norge, 2018) erstellt werden muss (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). Im Zuge der Ökobilanzierung müssen mindestens die Module A1-A4, B2 und B4 für definierte Gebäudekomponenten berechnet werden. Darüber hinaus muss der Abfall von der Baustelle in der Ökobilanz berücksichtigt werden (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). Es muss ein Bezugsstudienzeitraum von 50 Jahren verwendet werden (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

Schweden: In Schweden erfolgt die Integration der Grenzwerte für THG-Emissionen in die geltenden Bauvorschriften erst nach Abschluss der initialen Testphase (Rasmussen et al., 2024). Im Juli 2023 hat das Nationale Amt für Wohnungsbau und Planung die Implementierung der ersten THG-Emissions-Grenzwerte (in kg CO₂eq/m²) für die Module A1-A5 sowie aller Module im Jahr 2025 (frühestens ab 1. Juli 2025) vorgeschlagen (Swedish National Board of Housing, Building and Planning, 2023a).

Die Gebäude werden hierfür in zwei Gruppen unterteilt⁷:

1. Relativ homogene Gebäudetypen für die robuste Referenzwerte zur Verfügung stehen (z.B. Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude, Bildungseinrichtungen, etc.)

- Mehrfamilienhäuser – 375 kgCO₂eq/m²
- Bürogebäude – 385 kgCO₂eq/m²
- Bildungseinrichtungen ohne Vorschule – 380 kgCO₂eq/m²
- Vorschulen – 330 kgCO₂eq/m²
- Einfamilienhäuser – 180 kgCO₂eq /m²
- Sonderwohnungen – 385 kgCO₂eq /m²

2. Andere Gebäudetypen für die noch keine robusten Referenzwerte verfügbar sind

- Andere Gebäudetypen – 460 kgCO₂eq/m² (Swedish National Board of Housing, Building and Planning, 2023a).

⁶ Die THG-Emissions-Grenzwerte beziehen sich auf einen Bezugsstudienzeitraum von 50 Jahren.

⁷ Die THG-Emissions-Grenzwerte beziehen sich auf einen Bezugsstudienzeitraum von 50 Jahren.

Zudem führt das Nationale Amt für Wohnungsbau und Planung eine regelmäßig aktualisierte Klimadatenbank mit den typischen generischen Klimaauswirkungsdaten von den Baustoffen und Energiedienstleistungen (Swedish National Board of Housing, Building and Planning, 2023b).

Finnland: Das finnische Parlament hat am 1. März 2023 das neu verabschiedete Baugesetz ratifiziert, welches ab dem 1. Januar 2025 in Kraft treten wird und Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels in die baurechtlichen Bestimmungen integriert (Ministry of the Environment, 2023). Im Baugesetz, Kapitel 4 „Grundlegende technische Anforderungen“, §38 sind die Vorgaben für kohlenstoffarme Gebäude festgelegt. Die THG-Emissionen von neuen Gebäuden sowie von Gebäuden, welche einer größeren Renovierung unterzogen werden, sind in einem sogenannten Klimabericht für die Baugenehmigung anzugeben. Dabei dürfen die THG-Emissionen festgelegte Grenzwerte nicht überschreiten. Dies gilt für alle Gebäude mit Ausnahme der gemäß §37 angeführten Gebäudetypologien, welche nicht als Niedrigstenergiegebäude geplant und gebaut werden müssen, noch für Einfamilienhäuser oder Gebäude, welche bei einer größeren Renovierung nicht die genannten Verbesserung gemäß §37 der Energieeffizienz erreichen müssen. Die Grenzwerte für die THG-Emissionen von neuen Gebäuden beruhen auf dem Energie- und Materialverbrauch während des gesamten Lebenszyklus (Finlex, 2023).

Momentan gibt es jedoch noch keine konkreten THG-Emissions-Grenzwerte, diese werden aktuell erarbeitet und für 2025 geplant (Buildings Performance Institute Europe, 2023).

Literaturnachweis

Alaux, N., Lackner, T., Nabernegg, S., Truger, B., Röck, M., Steininger, K. W., & Passer, A., 2023. Carbon budget for national building stock life-cycle emissions: a novel approach. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2600/15/152004>.

Austrian Standards International (ASI), 2021a. ÖNORM EN ISO 14040 - Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen.

Austrian Standards International (ASI), 2021b. ÖNORM EN ISO 14044 - Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen.

Austrian Standards International (ASI), 2021c. ÖNORM EN ISO 15978 - Nachhaltigkeit von Bauwerken - Methodik zur Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 1: Umweltqualität.

Austrian Standards International (ASI), 2021d. ÖNORM EN 15643-2 - Nachhaltigkeit von Bauwerken - Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken.

Austrian Standards International (ASI), 2022. ÖNORM EN ISO 15804 - Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte.

Balouktsi, M., Lützkendorf, T., 2022. Net zero emission buildings: next generation of benchmarks and calculation rules. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1078 (1), 12052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012052>.

Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2023. Regulierung der Lebenszyklus-THG-Emissionen von Gebäuden.

Dansk standard (DS), 2012. DS/EN 15978:2012 - Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method

Direktoratet for byggkvalitet, 2017. Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning. <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/17/17-1> (abgerufen am 14.Dezember 2023).

Finlex, 2023. Rakentamislaki 751/2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230751#Pidm46434450028608> (abgerufen am 13.Dezember 2023).

European Commission (EC), 2018. Level(s) - European framework for sustainable buildings. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en (abgerufen am 17.Januar 2024). (abgerufen am 9.Januar 2024)

European Committee for Standardization (CEN), 2021. EN 15978-1 - Sustainability of construction works – Methodology for the assessment of performance of buildings - Part 1: Environmental Performance.

European Parliament, 2002. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:en:PDF> (abgerufen am 17.Januar 2024).

European Parliament, 2023. Energy performance of buildings (recast) Amendments adopted by the European Parliament on 14 March 2023 on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) (COM(2021)0802 – C9-0469/2021 – 2021/0426(COD)). https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068_EN.pdf (abgerufen am 17.Januar 2024).

Gregorová, J., Kalesný, F., Polomová, B., Gignac, R. and Matthews, D., 2015. Allocating a 2°C cumulative carbon budget to countries. *Environmental Research Letters*. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/7/075004>.

- Hollberg, A., Lützkendorf, T., Habert, G., 2019. Top-down or bottom-up? – How environmental benchmarks can support the design process. *Building and Environment* 153, 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.026>.
- Horup, L.H., Steinmann, J., Le Den, X., Röck, M., Sørensen, A., Tozan, B., Birgisdóttir, H., 2022. Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe - #3 Defining budget-based targets: A top-down approach. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6411884>.
- Hoxha, E., Jusselme, T., Andersen, M., Rey, E., 2016. Introduction of a dynamic interpretation of building LCA results: the case of the Smart Living (Lab) building in Fribourg, Switzerland. *Proceedings of Sustainable Built Environment (SBE) Conference*. <https://infoscience.epfl.ch/record/214885> (abgerufen am 17.Januar 2024).
- International Energy Agency (IEA) and the United Nations Environment Programme (UNEP), 2022. 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector.
- International Energy Agency (IEA), 2023. IEA EBC - Annex 89 - Ways to Implement Net-zero Whole Life Carbon Buildings. <https://annex89.iea-ebc.org/> (abgerufen am 16.November 2023).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023. Summary for Policy-Makers, in: Shukla, P. R. et al. (Eds.), *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001>.
- Légifrance, 2022. Code de la construction et de l'habitation. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006074096/LEGISCTA000043819399/2023-11-08/#LEGISCTA000043819399 (abgerufen am 7.November 2023).
- Lützkendorf, T., Balouktsi, M., König, H., 2014. Ecological advantageousness of net-zero-energy buildings: assessment methods. *Net Zero Build Environment Symposium, University of Florida, Gainesville, USA, 06.-07.03.2014, Proceedings*.
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2011. Bouwbesluit 2012. <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd5> (abgerufen am 14.Dezember 2023).
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2019. Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken 2019+WB:2019. <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/sbk/bepalingsmethode-milieuprestatie-2019> (abgerufen am 14.Dezember 2023).
- Ministères Écologie Énergie Territoires, 2022. Textes de la RE2020 en version consolidée. <https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/textes-de-la-re2020-en-version-consolidee-a617.html?lang=fr> (abgerufen am 7.November 2023).
- Ministry of the Environment, 2023. Parliament adopted acts that will reduce emissions from building and promote digitalization. https://ym.fi/-/eduskunta-hyvaksyi-rakentamisen-paastoja-pienentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lait?languageId=en_US (abgerufen am 13.Dezember 2023).
- Nordic Sustainable Construction, 2023. Buildings' Life Cycle Assessments gain ground in the Nordics. <https://nordicsustainableconstruction.com/news/2023/january/denmark-introduces-co2-limit-for-new-constructions> (abgerufen am 10.Oktober 2023).
- Oriol, J., 2022. Energiepolitische Ziele und Rechtsrahmen für den Neubau in Frankreich: neue Umweltschutzverordnung (RE 2020).
- Österreichisches Institut für Bautechnik, 2023. OIB-Grundlagen-Dokument zur Ausarbeitung einer OIB-Richtlinie 7 Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen. https://www.oib.or.at/sites/default/files/oib-rl_7_grundlagendokument_ausgabe_mai_2023.pdf (abgerufen am 20.Dezember 2023).
- Passer, A., Balouktsi, M., Lützkendorf, T., Kreiner, H., 2017. IEA EBC Annex 57 - Leitfaden für Hersteller von Bauprodukten. <https://doi.org/10.3217/978-3-85125-520-1>.
- Passer et al., 2023. Transition of the procurement process towards Paris compatible public buildings. Endbericht des Projekts ParisBuildings, TU Graz (derzeit noch unveröffentlicht).
- Rasmussen, F. N., Birgisdóttir, H., Malmqvist, T., Kuittinen, M., & Häkkinen, T., 2024. Embodied carbon in building regulation – Development and implementation in Finland, Sweden and Denmark, in: Azari, R. & Moncaster, A. (Eds.), *The Routledge Handbook of Embodied Carbon in the Built Environment* (1st ed.). <https://doi.org/10.4324/9781003277927-10>.
- Scherz, M., Hoxha, E., Maierhofer, D., Kreiner, H., Passer, A., 2022. Strategies to improve building environmental and economic performance: an exploratory study on 37 residential building scenarios. *Int J Life Cycle Assess.* <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02073-6>.

- Scherz, M., Kreiner, H., & Passer, A., 2023a. Sustainable procurement for carbon neutrality of buildings: A Life Cycle Assessment (LCA)-based bonus/malus system to consider external cost in the bid price. *Developments in the Built Environment*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100161>
- Scherz, M., Kreiner, H., Alaux, N., & Passer, A., 2023b. Transition of the procurement process to Paris-compatible buildings: consideration of environmental life cycle costing in tendering and awarding. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 28(7), 843-861. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02153-1>
- Scholten, N. & van Ewijk, H., 2013. Environmental performance regulations in the Netherlands. 4th International Conference Civil Engineering`13 Proceedings.
- Standard Norge, 2018. NS 3720:2018 - Method for greenhouse gas calculations for buildings.
- Stichting National Environmental Database, 2022. Environmental Performance Assessment Method for Construction Works – Calculation method to determine environmental performance of construction works throughout their service life, based on EN 15804.
- Swedish National Board of Housing, Building and Planning, 2023a. Limit values for climate impact from buildings and an expanded climate declaration. <https://www.boverket.se/en/start/publications/publications/2023/limit-values-for-climate-impact-from-buildings/> Hämtad 2023-12-21. (abgerufen am 14.Dezember 2023).
- Swedish National Board of Housing, Building and Planning, 2023b. About the climate database from Boverket. <https://www.boverket.se/en/start/building-in-sweden/developer/rfq-documentation/climate-declaration/climate-database/about-climate-database/> (abgerufen am 14.Dezember 2023).
- The Danish Housing and Planning Authority, 2021. The National Strategy for Sustainable Construction.
- United Nations Statistics Division, 2023. SDG Indicators – Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/> (abgerufen am 20.Dezember 2023).
- Van den Berg, N.J., van Soest, H.L., Hof, A.F. et al., 2019. Implications of various effort-sharing approaches for national carbon budgets and emission pathways. *Climatic Change* 162, 1805–1822 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02368-y>.
- Williges, K., Meyer, L.H., Steininger, K.W., Kirchengast, G., 2022. Fairness critically conditions the carbon budget allocation across countries. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102481>.

