



Graue Emissionen im Bau- und Immobiliensektor: Potenziale zur Erweiterung kommunaler Treibhausgasbilanzen

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades
M.Sc. Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen
an der TUM School of Engineering and Design der Technischen Universität
München.

Betreut von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Werner Lang
M.Sc. Leander Präger | M.Sc. Jonathan Woytowicz
Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen

Eingereicht von Ruben Jakob Smit
Kaiserstraße 47
80801 München
+4915151148640

Eingereicht am München, den 17.12.2024

Vereinbarung

zwischen

der Technischen Universität München, vertreten durch ihren Präsidenten,
Arcisstraße 21, 80333 München

hier handelnd der Lehrstuhl für Energieeffizientes und Nachhaltiges Planen und Bauen
(Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Lang), Arcisstr. 21, 80333 München

– nachfolgend TUM –

und

Herrn Ruben Jakob Smit
Kaiserstraße 47
80801 München

– nachfolgend Autorin/Autor –

Die Autorin / der Autor wünscht, dass die von ihr/ihm an der TUM erstellte Masterarbeit
mit dem Titel

Graue Emissionen im Bau- und Immobiliensektor: Potenziale zur Erweiterung
kommunaler Treibhausgasbilanzen

auf mediaTUM und der Webseite des Lehrstuhls für Energieeffizientes und
Nachhaltiges Planen und Bauen mit dem Namen der Verfasserin / des Verfassers, dem
Titel der Arbeit, den Betreuer:innen und dem Erscheinungsjahr genannt werden darf.

in Bibliotheken der TUM, einschließlich mediaTUM und die Präsenzbibliothek des
Lehrstuhls für Energieeffizientes und Nachhaltiges Planen und Bauen, Studierenden
und Besucher:innen zugänglich gemacht und veröffentlicht werden darf. Dies schließt
auch Inhalte von Abschlusspräsentationen ein.

mit einem Sperrvermerk versehen und nicht an Dritte weitergegeben wird.

(Zutreffendes bitte ankreuzen)

Vereinbarung

Zu diesem Zweck überträgt die Autorin / der Autor der TUM zeitlich und örtlich unbefristet das nichtausschließliche Nutzungs- und Veröffentlichungsrecht an der Masterarbeit.

Die Autorin / der Autor versichert, dass sie/er alleinige(r) Inhaber(in) aller Rechte an der Masterarbeit ist und der weltweiten Veröffentlichung keine Rechte Dritter entgegenstehen, bspw. an Abbildungen, beschränkende Absprachen mit Verlagen, Arbeitgebern oder Unterstützern der Masterarbeit. Die Autorin / der Autor stellt die TUM und deren Beschäftigte insofern von Ansprüchen und Forderungen Dritter sowie den damit verbundenen Kosten frei.

Eine elektronische Fassung der Masterarbeit als pdf-Datei hat die Autorin / der Autor dieser Vereinbarung beigelegt. Die TUM ist berechtigt, ggf. notwendig werdende Konvertierungen der Datei in andere Formate vorzunehmen.

Vergütungen werden nicht gewährt.

Eine Verpflichtung der TUM zur Veröffentlichung für eine bestimmte Dauer besteht nicht.

Die Autorin / der Autor hat jederzeit das Recht, die mit dieser Vereinbarung eingeräumten Rechte schriftlich zu widerrufen. Die TUM wird die Veröffentlichung nach dem Widerruf in einer angemessenen Frist und auf etwaige Kosten der Autorin / des Autors rückgängig machen, soweit rechtlich und tatsächlich möglich und zumutbar.

Die TUM haftet nur für vorsätzlich oder grob fahrlässig verursachte Schäden. Im Falle grober Fahrlässigkeit ist die Haftung auf den vorhersehbaren Schaden begrenzt; für mittelbare Schäden, Folgeschäden sowie unbefugte nachträgliche Veränderungen der veröffentlichten Masterarbeit ist die Haftung bei grober Fahrlässigkeit ausgeschlossen.

Die vorstehenden Haftungsbeschränkungen gelten nicht für Verletzungen des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit.

Meinungsverschiedenheiten im Zusammenhang mit dieser Vereinbarung bemühen sich die TUM und die Autorin / der Autor einvernehmlich zu klären. Auf diese Vereinbarung findet deutsches Recht unter Ausschluss kollisionsrechtlicher Regelungen Anwendung. Ausschließlicher Gerichtsstand ist München.

München, den 17.12.2024

.....
(TUM)

.....
(Autor:in)

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die von mir eingereichte Abschlussarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ort, Datum, Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

Vereinbarung	I
Erklärung	III
Inhaltsverzeichnis	V
Kurzfassung	1
Abstract	3
Abkürzungsverzeichnis	5
1 Einleitung	7
2 Grundlagen und Stand der Forschung	9
2.1 Politischer und regulatorischer Hintergrund.....	9
2.1.1 Internationale Abkommen	9
2.1.2 Europäische Klimapolitik.....	10
2.1.3 Klimapolitik in Bund und Ländern	14
2.1.4 Kommunaler Klimaschutz	17
2.1.5 Zusammenfassung	18
2.2 Treibhausgasbilanzen auf Unternehmensebene	19
2.2.1 Das Greenhouse Gas Protocol.....	19
2.2.2 Status Quo der Scope 3-Bilanzierung von Unternehmen.....	24
2.3 Treibhausgasbilanzen auf kommunaler Ebene.....	28
2.3.1 Theoretische Grundlagen	28
2.3.2 Subnationale THG-Bilanzen	30
2.3.3 Kommunale THG-Bilanzen in Deutschland	34
2.3.4 Beispielbilanz: Landeshauptstadt München	37
2.4 Treibhausgasbilanzen auf Gebäudeebene	39
2.4.1 Aufbau & Grundlagen von Gebäudeökobilanzen	39
2.4.2 Anwendung von Gebäudeökobilanzen in Deutschland	43
2.5 Zusammenfassung von Theorie und Grundlagen.....	44
3 Methodik	45
3.1 Forschungsfragen	45
3.2 Randbedingungen & Vorgehen.....	46

4	Auswertung	48
4.1	Lösungsvorschläge für Unternehmen.....	48
4.1.1	Embodied Carbon Scope 3 Measurement and Reporting.....	48
4.1.2	Sector Supplement for Measuring and Accounting for Embodied Emissions in the Built Environment.....	54
4.1.3	Gegenüberstellung der Lösungsvorschläge.....	62
4.2	Anwendbarkeit von Gebäudelebenszyklusanalysen nach QNG	63
4.2.1	Abgleich der Rahmenbedingungen	63
4.2.2	Abgleich der spezifischen Bilanzierungsvorgaben	65
4.2.3	Zusammenfassende Gegenüberstellung	70
4.2.4	Zusammenführung der Bilanzierungsmethoden	72
5	Diskussion	75
5.1	Diskussion der Ergebnisse des Methodenvergleichs	75
5.2	Übertragung auf die kommunale Ebene.....	77
5.2.1	Wahl der Systemgrenze auf kommunaler Ebene.....	78
5.2.2	Wahl der Bilanzierungsmethodik auf der Gebäudeebene.....	80
5.2.3	Ableitung von Handlungsempfehlungen.....	82
5.2.4	Potenziale und mögliche Erweiterungen	85
5.3	Limitationen der Arbeit.....	88
6	Fazit	91
	Literaturverzeichnis	93
	Abbildungsverzeichnis	105
	Tabellenverzeichnis	107

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der potenziellen Integration grauer Emissionen aus Bauaktivitäten in kommunalen Treibhausgasbilanzen. Ziel der Untersuchung ist die Ausarbeitung möglicher Erweiterungen von bestehenden Methoden zur Erfassung und Darstellung der kommunalen Gesamtemissionen, um die entsprechenden Bilanzen künftig umfassender und realistischer zu gestalten. Grundlage ist dabei die Erkenntnis, dass die bisher genutzten Standards, wie das Greenhouse Gas Protocol (GHG-Protocol) und die Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISKO) die spezifischen Herausforderungen der Erfassung grauer Emissionen insbesondere in Bezug auf Bauaktivitäten nicht hinreichend adressieren.

Um diese methodische Lücke zu schließen, wird mit Hilfe der durchgeführten Analyse untersucht, wie bestehende Ansätze zur Bilanzierung grauer Emissionen auf Gebäude- sowie Unternehmensebene miteinander verknüpft und auf die kommunale Ebene übertragen werden können. Hierfür werden insbesondere zwei Lösungsvorschläge auf der Unternehmensebene betrachtet und bezüglich ihrer Kompatibilität mit der Methodik des deutschen Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) zur Erstellung von Gebäudeökobilanzen geprüft: das „Sector Supplement for Measuring and Accounting for Embodied Emissions in the Built Environment“ als eine Erweiterung des GHG-Protocols und ein Leitfaden zur Scope 3-Bilanzierung des UK Green Building Councils (UKGBC). Der qualitative Abgleich erfolgt dabei systematisch anhand normativer Grundlagen zur Erstellung von Ökobilanzen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die QNG-Methodik zwar grundsätzlich dazu geeignet ist Daten zu grauen Emissionen aus Bauaktivitäten auf der Unternehmensebene entsprechend der untersuchten Lösungsvorschläge bereitzustellen, für die gemeinsame Anwendung jedoch insgesamt zu große Diskrepanzen bestehen. Bezüglich der Übertragung auf die kommunale Ebene sind zudem Anpassungen erforderlich, um die erfassten Daten innerhalb der gegebenen Systemgrenzen und entsprechend den aktuell genutzten Standards in kommunale THG-Bilanzen zu integrieren. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen werden konkrete Handlungsempfehlungen zur künftigen Umsetzung formuliert. Diese umfassen Maßnahmen, die eine sukzessive Einführung der erweiterten Bilanzierungsansätze ermöglichen – abhängig von den verfügbaren Ressourcen und den angestrebten Genauigkeitsanforderungen.

Die Arbeit leistet somit insgesamt einen Beitrag zur methodischen Weiterentwicklung der THG-Bilanzierung und bietet anwendungsorientierte Lösungsansätze, um künftig Klimaschutzpotenziale sichtbar und Bestrebungen zur Reduktion grauer Emissionen aus Bauaktivitäten auf kommunaler Ebene besser steuerbar zu machen.

Abstract

This study examines the potential integration of embodied emissions from construction activity in municipal greenhouse gas inventories. The aim of the analysis is to develop possible enhancements to existing methods for determining and reporting overall municipal GHG emissions in order to make the corresponding assessments more comprehensive and accurate in the future. The research is based on the findings that the standards used to date, such as the Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) and the “Bilanzierungs-Systematik Kommunal” (BISKO), do not adequately address the specific challenges of accounting for embodied emissions, particularly in relation to construction activities.

To overcome this methodological gap, the conducted analysis examines how existing approaches for accounting embodied emissions at building and company level can be linked and transferred to the municipal level. In particular, two possible approaches at company level are examined and their compatibility with the methodology of the German “Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude” (QNG) for the creation of building life cycle assessments is evaluated: the “Sector Supplement for Measuring and Accounting for Embodied Emissions in the Built Environment” as an extension of the GHG Protocol and a guide to Scope 3 accounting from the UK Green Building Council (UKGBC). The qualitative comparison is carried out based on a systematic approach using normative regulations for the creation of life cycle assessments.

While the results show that the QNG methodology is fundamentally suitable for providing data on embodied emissions from construction activities at the company level in accordance with the examined approaches, there are generally too large discrepancies for their combined application. Regarding the transfer to the municipal level, adjustments are also necessary in order to incorporate the collected data in municipal GHG inventories within the given system boundaries and in accordance with the standards currently in use. Based on these observations, recommendations for future implementation are proposed. These include measures that enable the successive introduction of the advanced accounting approaches - depending on the available resources and the desired level of accuracy.

Overall, the study contributes to the methodological development of GHG inventories and offers application-oriented solutions to identify future climate protection potential and efforts to reduce embodied emissions from construction activities at the municipal level.

Abstract

Abkürzungsverzeichnis

BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EEA	European Environment Agency
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
EPD	Environmental Product Declaration
ESG	Environmental Social and Governance
GHG-Protocol	Greenhouse Gas Protocol
GPC	Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories
GWP	Global Warming Potential
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IOA	Input-Output Analysis
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KSG	Klimaschutzgesetz
LCA	Life Cycle Analysis
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NDC	Nationally Determined Contributions
NFRD	Non-Financial Reporting Directive
NIR	National Inventory Reports
QNG	Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude
RICS	Royal Institution of Chartered Surveyors
SFF	Sustainable Finance Framework
SFRD	Sustainable Finance Reporting Directive
UCF	Urban Carbon Footprint
UKGBC	United Kingdom Green Building Council
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WLCA	Whole Life Carbon Assessment
WRI	World Resources Institute

Abkürzungsverzeichnis

1 Einleitung

Treibhausgasbilanzen sind ein etabliertes Mittel zur Erfassung klimawirksamer Emissionen. Meist werden sie zur Berechnung von sogenannten CO₂-Fußabdrücken in verschiedenen Anwendungsfällen genutzt. So können sie sich je nach gezogener Bilanzgrenze beispielsweise auf Einzelpersonen, Produkte, Aktivitäten, Gebäude oder sogar ganze Städte bzw. Länder beziehen. Alle sollen den übergeordneten Zweck erfüllen, Aufschluss darüber zu geben, welchen Einfluss unser Handeln und unser Konsum durch die damit verbundenen THG-Emissionen auf das Klimasystem der Erde nimmt. Sobald diese Einflüsse und die zugehörigen Emissionsquellen aufgezeigt sind, erlauben diese Bilanzen der betrachtenden Instanz, sei es ein einzelnes Individuum, ein Unternehmen oder die Regierung eines Landes, die beeinflussbaren Teile der Emissionen zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen zur Reduktion einzuleiten. Durch nachfolgende Iterationen der Bilanzen kann dann wiederum die Wirksamkeit dieser Maßnahmen abgesehen werden, um nachzusteuern oder zusätzliche Schritte einzuleiten. [1]

In Deutschland werden THG-Bilanzen auch auf kommunaler Ebene vermehrt eingesetzt [2]. Den Kommunen als kleinster politisch-geographischer Verwaltungseinheit der öffentlichen Hand [3] ist beim Klimaschutz eine besondere Bedeutung zuzuschreiben. Sie nehmen eine wichtige Vorbildfunktion ein, haben direkten Kontakt zu den Bürger*innen sowie ansässigen Unternehmen und nehmen Einfluss auf die lokale gebaute Infrastruktur [4]. Eine Vielzahl von Kommunen hat sich bereits Treibhausgasreduktionsziele gesetzt, die mindestens den nationalen Zielen der Bundesrepublik entsprechen [5]: Laut Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) ist bis zum Jahr 2045 eine Netto-Treibhausgasneutralität in Deutschland zu erreichen [6]. Bei der Umsetzung dieser Ziele spielt der Gebäudebereich eine entscheidende Rolle. Mehr als ein Drittel der THG-Emissionen in Deutschland ist der Errichtung und Nutzung von Hochbauten zuzuordnen [7]. Hier liegt bis heute der Fokus auf dem Energieverbrauch der Nutzungsphase von Gebäuden. Durch verschiedene Bestrebungen, Regulierungen sowie Förderprogramme konnten in dieser Phase bereits große Reduktionseffekte erzielt werden [8]. Die daraus resultierenden Emissionseinsparungen im Betrieb führen dazu, dass der relative Anteil der grauen Emissionen (THG-Emissionen der Baustoffe, die u.a. bei deren Herstellung, Transport, Nutzung und Entsorgung entstehen) im Lebenszyklus der Gebäude steigt: Diese können nach heutigen Neubaustandards über 50 % ausmachen [9]. Durch zusätzliche Effizienzmaßnahmen im Betrieb und eine Zunahme der regenerativen Energien wird dieser Anteil künftig weiter wachsen.

Bei genauerer Betrachtung der heute genutzten Methoden zur Erstellung kommunaler THG-Bilanzen in Deutschland fällt jedoch auf, dass diese dem Umstand der steigenden Bedeutung von grauen Emissionen aus Bauaktivitäten nicht gerecht werden [10]. Da das Erreichen der individuellen Klimaschutzziele der Kommunen jedoch häufig anhand solcher Bilanzen gemessen wird [2], gilt es zu prüfen, wie diese Emissionen künftig mit abgebildet werden können, um ein umfassenderes und realistischeres Bild zu schaffen.

Dazu werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit verschiedene Möglichkeiten zur Erweiterung kommunaler Treibhausgasbilanzen durch die Einbeziehung derjenigen grauen Emissionen untersucht, welche aus Bauaktivitäten resultieren. Aus den gewonnenen Erkenntnissen der Analyse verschiedener bereits bestehender Bilanzierungsansätze sollen dabei Handlungsanweisungen für Entscheidungsträger auf der kommunalen Ebene (z.B. Klimaschutzbeauftragte) abgeleitet werden. Abbildung 1 zeigt den Aufbau der zugrundeliegenden Untersuchung.

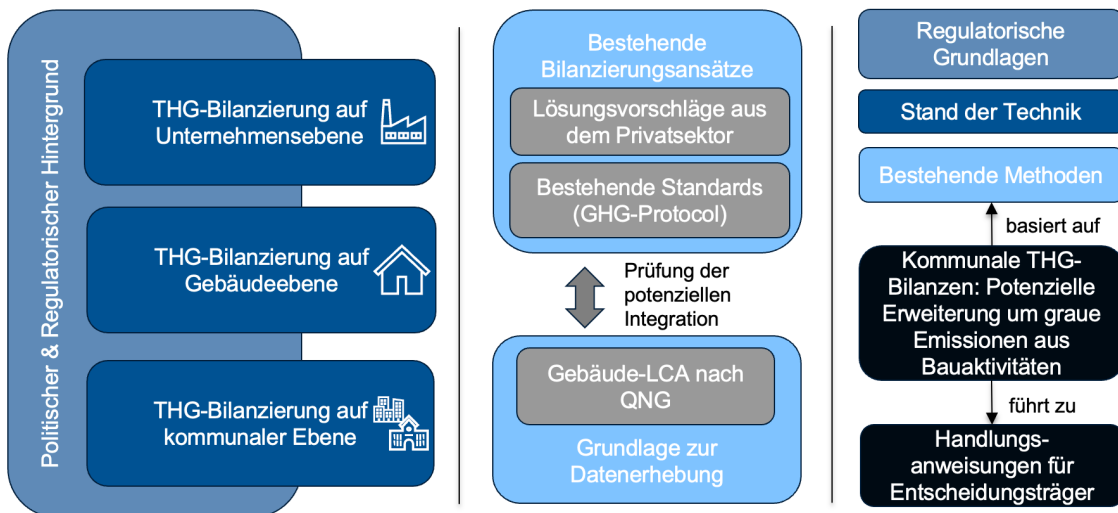


Abbildung 1 Aufbau der Arbeit

Zunächst wird im theoretischen Teil dieser Arbeit eine Übersicht zum aktuellen politischen und regulatorischen Hintergrund der international und national als relevant identifizierten Vorgaben zum Klimaschutz gegeben – insbesondere in Bezug auf die THG-Bilanzierung im Zusammenhang mit Bauaktivitäten und die Frage, wie die damit verbundenen grauen Emissionen bilanziell erfasst werden können. Die anschließende Untersuchung unterschiedlicher bestehender Bilanzierungsansätze erfolgt auf drei Ebenen: Unternehmen, Gebäude und Kommune. Dabei wird analysiert, welche Methoden zur Bilanzierung auf den jeweiligen Ebenen zur Verfügung stehen und inwiefern diese für die Erweiterung der heute auf der kommunalen Ebene eingesetzten Standards genutzt werden können. Die Einbeziehung der Unternehmensebene erfolgt unter der Annahme, dass dort bereits Ansätze bestehen, die zur angestrebten Erweiterung der kommunalen THG-Bilanzen genutzt werden können. Ziel der Einbeziehung der Gebäudeebene ist es, den Lesenden einen Einblick in die Möglichkeit zur Erfassung grauer Emissionen mittels Gebäudeökobilanzen zu gewähren. Die dabei beschriebenen Grundlagen bilden zudem die Basis für die Ausarbeitung der Methodik zur Analyse verschiedener privatwirtschaftlicher Lösungsansätze im Hauptteil der Arbeit. Diese werden dabei zunächst auf ihre inhaltlichen Vorgaben zur Erfassung grauer Emissionen aus Bauaktivitäten untersucht – um anschließend in einer Gegenüberstellung mit der Methodik zur Erstellung von Gebäudeökobilanzen des staatlichen Gütesiegels Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) zu prüfen, inwiefern die darin erhobenen Daten im Rahmen der Lösungsvorschläge genutzt werden können. Abschließend wird diskutiert, welcher der Ansätze sich am besten für die Erweiterung der Bilanzierung auf der kommunalen Ebene eignet, um darauf aufbauend Handlungsanweisungen für die künftige Umsetzung abzuleiten.

2 Grundlagen und Stand der Forschung

Zu Beginn dieser Arbeit sollen zugrundeliegende theoretische Aspekte behandelt werden. Dazu erfolgt zunächst eine Einordnung des Themas in den übergeordneten politischen und regulatorischen Rahmen. Anschließend werden die Grundlagen der Treibhausgasbilanzierung auf den verschiedenen in der Arbeit betrachteten Ebenen genauer dargestellt.

2.1 Politischer und regulatorischer Hintergrund

In den letzten Jahrzehnten wurde eine Vielzahl von Abkommen, Richtlinien und Gesetzen zum Klimaschutz auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene verabschiedet. Um die vorliegende Forschungsarbeit auf dieser Ebene zu erschließen und entsprechend einzuordnen, erfolgt im Folgenden eine Übersicht zu bestehenden sowie künftig geplanten regulatorischen Vorgaben zum Klimaschutz – insbesondere im Hinblick auf die THG-Bilanzierung und die Erfassung grauer Emissionen aus Bauaktivitäten.

2.1.1 Internationale Abkommen

Die Basis für die heute gültigen politischen und regulatorischen Maßnahmen und Vorgaben bildet das 1992 von 197 Vertragsparteien unterzeichnete Umweltabkommen der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC). Übergeordnetes Ziel dieser Konvention ist die Verhinderung von gefährlichen und durch den Menschen hervorgerufenen Störungen des Klimasystems und die dafür nötige Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration. [11] Durch die jährlichen Treffen der Vertragsparteien im Rahmen der UN-Klimakonferenzen (en. Conference of the Parties – COP) [12] und den daraus resultierenden Beschlüssen unterliegt die Konvention einem ständigen Entwicklungsprozess. Die bisher wichtigsten Meilensteine stellen das Kyoto-Protokoll von 1997 und das Übereinkommen von Paris von 2015 dar. Mit dem Beschluss des Kyoto-Protokolls wurde „[...] erstmals eine völkerrechtlich verbindliche Grenze für den Ausstoß von Treibhausgasen festgelegt“ [13]. Im Rahmen der zwei zugehörigen Verpflichtungsperioden legten sich die Vertragsstaaten (vorerst insbesondere Industrieländer bzw. sog. „Annex I Staaten“), darunter auch alle Mitgliedsstaaten der Europäischen Union, auf eine zentral festgelegte Reduktion der nationalen Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 fest. Die Bilanzierung der Emissionen erfolgt durch jährlich zu erhebende Nationale Inventarberichte (en. National Inventory Reports – NIR) nach den Richtlinien des Weltklimarats (en. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) für alle relevanten Sektoren [14]. Der IPCC gibt zudem die sechs wichtigsten zu erfassenden Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs,

PFCs, SF6) [15] und die zugehörigen zu verwendenden Treibhauspotenziale (en. Global Warming Potential – GWP) [16] für nationale Treibhausgasbilanzen vor. In der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls wurde außerdem zusätzlich NF3 als siebtes Gas aufgenommen. Gängige Bilanzierungsstandards für Treibhausgasemissionen wie das Greenhouse Gas Protocol (GHG-Protocol) berufen sich auch heute auf diese Richtlinien des IPCC [17]. Das Übereinkommen von Paris löste das Kyoto-Protokoll im Jahr 2020 ab. Alternativ zu den zuvor zentral festgelegten Emissionsreduktionszielen für Industrieländer gegenüber dem Jahr 1990 müssen seitdem alle Vertragsstaaten eigene nationale Klimabeiträge (en. Nationally Determined Contributions – NDCs) erarbeiten, die nachweislich zu dem gemeinsamen zentralen Ziel führen, die Erderwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen [18]. Zudem sind auch Vertragsstaaten, die nicht im Annex I aufgeführt sind, dazu verpflichtet, mindestens alle zwei Jahre NIRs zu erstellen [14]. Das Übereinkommen von Paris wurde zwar von allen Mitgliedsstaaten der EU unabhängig unterschrieben, sie legen jedoch gemeinsame Ziele auf EU-Ebene zur Reduktion von Treibhausgasemissionen fest und verabschieden entsprechende Rechtsvorschriften [19]. Diese werden im folgenden Abschnitt näher erläutert.

2.1.2 Europäische Klimapolitik

Die Vorgaben zur Treibhausgasbilanzierung auf nationaler Ebene im Rahmen der NDCs und NIRs aus der Klimarahmenkonvention und den zugehörigen Übereinkommen werden auf EU-Ebene durch die Forderungen zur integrierten Berichterstattung und Überwachung im Rahmen der „Verordnung über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz“ [20] rechtssicher integriert.

Mit dem **Green Deal** verabschiedete die EU im Jahr 2019 außerdem ein Paket aus politischen Initiativen mit dem Ziel, ihren Verpflichtungen aus dem Übereinkommen von Paris gerecht zu werden und mit einem ganzheitlichen und sektorübergreifenden Ansatz bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Die EU sieht sich dabei in einer klaren globalen Vorreiterrolle und hat das Ziel, der erste klimaneutrale Kontinent zu werden. Der Gebäudesektor wird vor allem in „Energie- und ressourcenschonendes Bauen und Renovieren“ als eines der zentralen Themenfelder adressiert. Neben dem starken Fokus auf die Steigerung der Energieeffizienz durch z.B. die Verdopplung der Renovierungsraten wird explizit auf die Einbeziehung von Gebäudeemissionen in den europäischen Emissionshandel sowie die Förderung der Kreislaufwirtschaft und eines klimaverträglichen Gebäudebestands eingegangen. [21]

Der Green Deal liefert die Grundlage für eine Vielzahl von Rechtsvorschriften. Eine aktuelle Entwicklung ist die neue **Bauproduktenverordnung** (en. Construction Products Regulation – CPR), die im April 2024 vom Europäischen Parlament angenommen wurde und voraussichtlich am Ende desselben Jahres veröffentlicht werden soll [22]. Darin wird neben der Schaffung einheitlicher EU-Regulationsstandards ein Fokus auf Nachhaltigkeitsaspekte wie die Kreislauffähigkeit und reduzierte Treibhausgasemissionen sowie Digitalisierung gelegt. Die EU sieht für Hersteller unter anderem die Deklaration von bestimmten Umweltindikatoren wie dem GWP über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts vor [23]. Diese Deklaration kann nach Einschätzungen des Instituts für Bauen und Umwelt e.V. (IBU) in Form von

Umweltproduktdeklarationen (en. Environmental Product Declaration – EPD) erfolgen und stärkt somit die Datengrundlage für die Erfassung der Umweltwirkungen von Baumaßnahmen [24]. Im Einklang mit der Revision der **Ökodesign-Verordnung** [25], die ebenfalls im Jahr 2024 gebilligt wurde, wird die EU-Kommission zudem dazu befugt, weitere Kriterien für die Vergabe öffentlicher Aufträge zur Beschaffung umweltfreundlicher Produkte festzulegen. Dies soll unter anderem zusätzliche Anreize für das Angebot ökologisch nachhaltiger Bauprodukte setzen [23].

Im Jahr 2024 wurde zudem eine Neufassung der **EU-Gebäuderichtlinie** (en. Energy Performance of Buildings Directive – EPBD) beschlossen und veröffentlicht [26]. Im Rahmen des „Fit for 55“-Pakets [27] der EU-Kommission soll sie gemeinsam mit der Energieeffizienzrichtlinie (Energy Efficiency Directive – EED) zur Erreichung der Treibhausgasemissionsreduktionsziele bis 2030 (55 %) und einem emissionsfreien Gebäudebestand in der EU bis 2050 beitragen [26]. Zum einen wird darin der Fokus auf die bereits im Green Deal angestrebte Erhöhung der Renovierungsraten zur Steigerung der Energieeffizienz im Betrieb sowie die verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energien und damit eine Abkehr von fossilen Brennstoffen gelegt. Konkret wird beispielsweise eine Sanierungspflicht für Nichtwohngebäude mit der schlechtesten Gesamtenergieeffizienz (gemessen am nationalen Gebäudebestand der jeweiligen Mitgliedsstaaten) eingeführt [26]. Die Richtlinie adressiert zum anderen aber auch explizit den Umstand, dass neben den betriebsbedingten Emissionen die gesamten Lebenszyklusemissionen durch die Einbeziehung der verwendeten Bauprodukte und deren graue Emissionen einen höheren Stellenwert einnehmen sollten. Deshalb ist vorgesehen, dass künftig verpflichtend Lebenszyklusanalysen zur Bilanzierung des Treibhauspotenzials über den gesamten Lebenszyklus für Gebäude durchgeführt werden: Ab 2028 vorerst nur für Neubauten ab einer Nutzfläche von 1000 m², ab 2030 dann für alle neuen Gebäude [26]. In der Richtlinie werden aber auch künftige Ausweitungen dieser Regelung auf Sanierungen erwähnt [26]. Zudem sind nationale Datenbanken für die Gesamteffizienz von Gebäuden einzurichten, die neben der Erfassung von betriebsbedingten Emissionen auch die Erhebung und Speicherung der über den Lebenszyklus anfallenden grauen Emissionen ermöglicht. Die Daten sind neben der digitalen Sicherung in einem Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes festzuhalten, der z.B. Kauf- oder Mietinteressenten gebührenfrei zur Verfügung zu stellen ist [26].

Auf europäischer Ebene wird neben neuen Rechtsvorschriften zur Emissionsreduktion im Gebäudesektor und der Verantwortung der Mitgliedsstaaten zur Reduktion und Bilanzierung der nationalen Treibhausgasemissionen ein weiterer Schwerpunkt auf die Einbindung von Unternehmen in die Transformation zur Nachhaltigkeit gelegt [28]. Im Zuge dessen wurden in den letzten Jahren verschiedene Vorschriften für die Sorgfaltspflichten und die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen verabschiedet, deren Relevanz für die vorliegende Arbeit im Folgenden aufgezeigt wird.

Den Zielen des Green Deals folgend soll der **EU-Rahmen für ein nachhaltiges Finanzwesen** (en. Sustainable Finance Framework – SFF) [29] die Einbeziehung von ESG-Aspekten (Environmental, Social and Governance) bei Investitionen in der EU und darüber hinaus gewährleisten [30]. Die drei wesentlichen Bausteine des Rahmenwerks sind die EU-Taxonomie-Verordnung, die Sustainable Finance Disclosure Regulation

(SFDR) und die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD). Abbildung 2 zeigt eine Übersicht zu deren jeweiligen Funktionen innerhalb der des SFF.

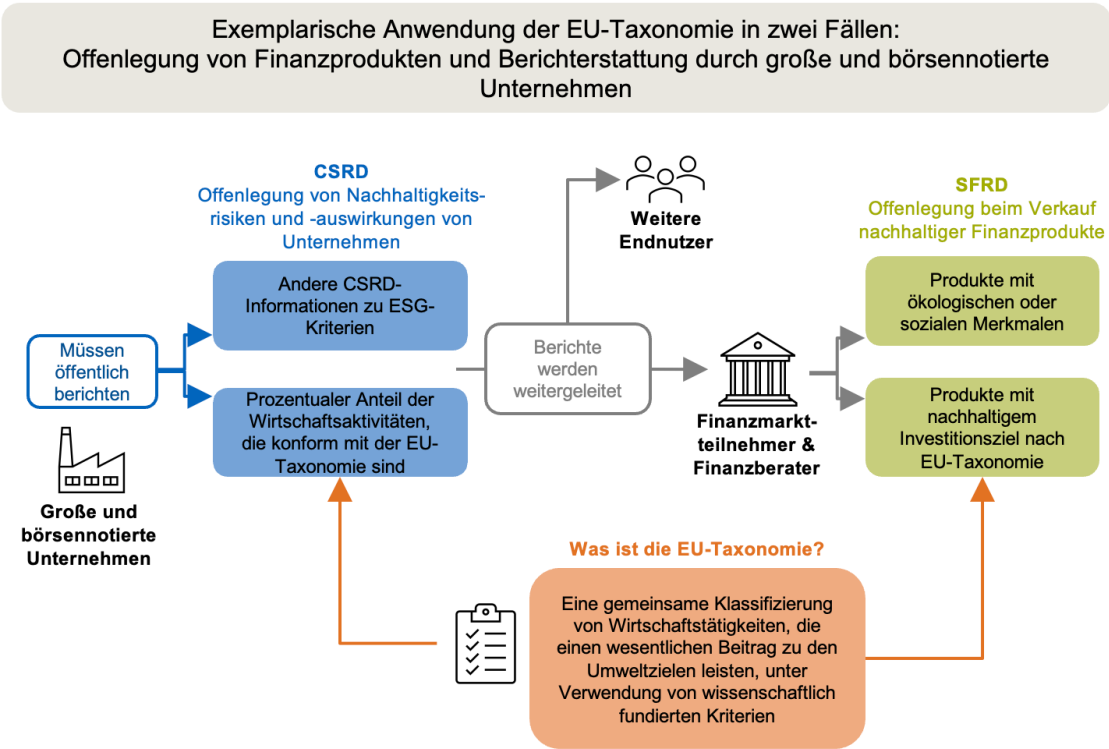


Abbildung 2 Übersicht EU-Rahmen für nachhaltiges Finanzwesen, eigene Darstellung basierend auf [31]

Die **EU-Taxonomie-Verordnung** ist im Jahr 2020 in Kraft getreten und definiert einen Satz von Kriterien, die festlegen, ob eine Wirtschaftstätigkeit als ökologisch nachhaltig angesehen werden kann. Unternehmen, die unter die Berichtspflichten der CSRD fallen, sind dazu verpflichtet, Angaben bezüglich der Taxonomie-konformität ihrer Geschäftsaktivitäten offenzulegen [32]. Für die Klassifizierung sind sechs Umweltziele festgelegt: Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel, nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen, Übergang zur Kreislaufwirtschaft, Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung sowie der Schutz und die Wiederherstellung der Biodiversität und der Ökosysteme. Eine wirtschaftliche Aktivität (z.B. die Errichtung neuer Gebäude oder Sanierungsmaßnahmen) kann dann als taxonomiekonform und somit als ökologisch nachhaltig eingestuft werden, wenn bestimmte soziale Mindeststandards eingehalten werden, ein wesentlicher Beitrag zu mindestens einem der Umweltziele geleistet und keines der weiteren wesentlich negativ beeinträchtigt wird. Graue Energie und Emissionen sind im Umweltziel Klimaschutz einzubeziehen – allerdings nach heutigem Stand ausschließlich bei Neubauten und wenn ein wesentlicher Beitrag zu diesem Ziel angestrebt wird. In diesem Fall ist bei Gebäuden mit einer Fläche über 5000 m² neben der Unterschreitung bestimmter Grenzwerte bezüglich des Primärenergiebedarfs im Betrieb und der Durchführung von Luftdichtheits- und Thermografiemessungen das GWP für jede Lebenszyklusphase gemäß EN 15978 im Rahmen einer Ökobilanz zu berechnen (es sind keine Grenzwerte für das GWP vorgegeben). Der genaue Umfang muss Vorgaben des Level(s)-Rahmens der EU oder alternativ nationalen Berechnungsinstrumenten entsprechen. [33]

Die Richtlinie zur Berichterstattung über die Unternehmensnachhaltigkeit (en. **Corporate Sustainability Reporting Directive – CSRD**) ist im Jahr 2023 in Kraft getreten, löst ab 2024 sukzessiv die zuvor gültige Non-Financial Reporting Directive (NFRD) ab und definiert einen erweiterten Rahmen für die Berichterstattung nichtfinanzieller Daten bezüglich der ESG-Kriterien von Unternehmen [34]. Durch die Einführung wird der Kreis der berichtspflichtigen Unternehmen auf bis zu 50.000 (davon ca. 15.000 in Deutschland) [35] in der EU erweitert. Darunter auch Hunderte von Unternehmen in der Bau- und Immobilienbranche [36]. Die Richtlinie fordert im Bereich Umwelt eine wissenschaftlich fundierte Beschreibung der Ziele zur Minderung der Treibhausgasemissionen und der bereits erfolgten Fortschritte, um diese zu erreichen [37]. Die Berichterstattung muss über die festgelegten ESRS-Standards [38] erfolgen. Für den Bereich Umwelt wurden bisher fünf festgelegt (ESRS E1 – E5). Der ESRS E1 thematisiert den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel und fordert im Abschnitt E1-6 die Bilanzierung der Treibhausemissionen entsprechend der Einordnung des GHG-Protocols in den Scopes 1, 2 und insbesondere auch Scope 3 – also den vor- und nachgelagerten Emissionen in der Wertschöpfungskette [39]. Für Unternehmen in der Bau- und Immobilienbranche schließt dies auch graue Emissionen mit ein (mehr dazu in Kapitel 2.2). Welcher Standard für die Erhebungen genutzt werden muss, wird allerdings nicht spezifiziert.

Die im Jahr 2021 in Kraft getretene EU-Offenlegungsverordnung (en. **Sustainable Finance Disclosure Regulation - SFRD**) verpflichtet Finanzmarktteilnehmer wie z.B. Banken, Versicherungen oder institutionelle Investoren zur Bereitstellung von Informationen bezüglich der Einbeziehung von Nachhaltigkeitsfaktoren bei der Entwicklung ihrer Finanzprodukte [40]. Fonds können nach der SFRD in verschiedene Klassifizierungen eingeteilt werden: sogenannte Artikel 6-, 8- oder 9-Fonds. Die Einordnung erfolgt maßgeblich entsprechend der Berücksichtigung und Offenlegung von ESG-Aspekten in Form von Nachhaltigkeitsrisiken (Wahrscheinlichkeit negativer Auswirkungen von ESG-relevanten Aspekten auf den Wert der Investition) und negativen Auswirkungen der Investition auf Gesellschaft und Umwelt (sogenannte Principal Adverse Impacts – PAI) [41]. Artikel 6- und 8-Fonds müssen keine explizit nachhaltige Anlagestrategie vorweisen, aber Informationen über die Berücksichtigung von ESG-Kriterien zur Verfügung stellen. Artikel 8-Fonds müssen dabei zusätzlich nachweisen, dass ausgewählte ESG-Kriterien in die Anlageentscheidungen einfließen. Artikel 9-Fonds verfolgen ausdrücklich eine nachhaltige Anlagestrategie (z.B. Investitionen in erneuerbare Energien oder den sozialen Wohnungsbau) und die zugehörigen Ziele und Maßnahmen müssen detailliert ausgeführt und öffentlich dargestellt werden. Abbildung 3 zeigt eine vereinfachte Übersicht zur Klassifizierung nach der SFRD. Welche genauen ESG-Ziele in den als nachhaltig deklarierten Fonds angestrebt werden müssen, ist nicht konkret festgelegt, was bis heute neben anderen Kritikpunkten zu Problemen bezüglich der Umsetzung der SFRD führt [40]. In der Immobilienbranche bestehen jedoch bereits verschiedene Ansätze zu Leitlinien für nachhaltige Investitionen, z.B. in einer Erhebung der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Deloitte zu Ambitionsniveaus von Artikel 8- und 9-Immobilienfonds aus dem Jahr 2023 [42]. Darin wird als ein Hauptfaktor die Betrachtung von grauen Emissionen über den gesamten Lebenszyklus der Gebäude genannt.

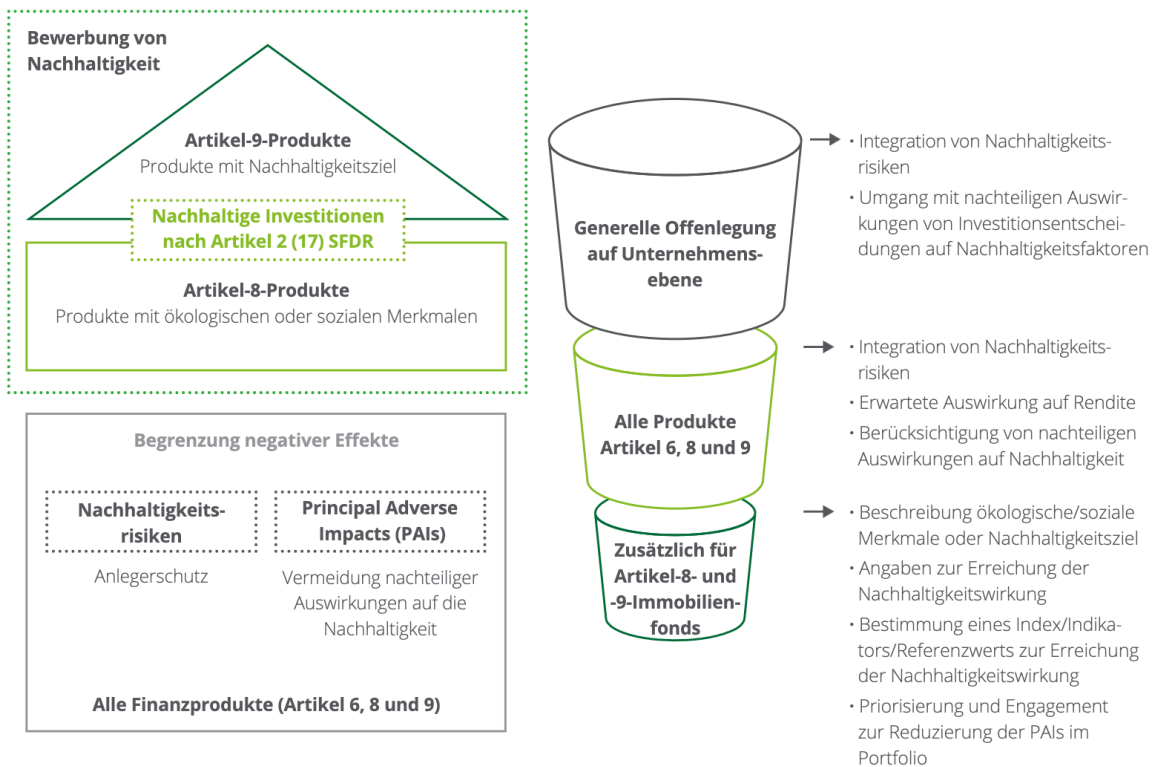


Abbildung 3 Abgrenzung von Finanzprodukten nach der EU-Offenlegungsverordnung (SFRD) [42]

2.1.3 Klimapolitik in Bund und Ländern

Die im Rahmen von internationalen Abkommen und auf EU-Ebene festgelegten Beschlüsse und Rechtsvorschriften werden von den Vertrags- und Mitgliedsparteien zur Umsetzung in nationales Recht überführt.

Als Verordnungen gelten die SFRD und die EU-Taxonomie-Verordnung ab dem Tag ihres Inkrafttretens in der gesamten EU. Sie müssen somit nicht gesondert in nationales Recht umgesetzt werden. [43] Für Richtlinien wie die CSRD gilt dies wiederum nicht – sie muss bis spätestens Juli 2024 in die Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten der EU übernommen werden [37]. Um den bürokratischen Aufwand und die zusätzliche Belastung durch doppelte Berichtspflichten möglichst gering zu halten, setzt die Bundesregierung die CSRD-Richtlinie allerdings ohne Änderungen um und verpflichtet die betroffenen Unternehmen somit künftig dazu, die geforderten Nachhaltigkeitsinformationen zusammen mit dem Jahresabschluss bereitzustellen [44].

Die Bundesregierung hat im Jahr 2016 den **Klimaschutzplan 2050** [45] veröffentlicht, in dem die deutschen Ziele aus dem Pariser Klimaschutzabkommen konkretisiert und die dazu nötigen Maßnahmen dargestellt werden. Dem „Gebäudebereich“ [46] wird darin ein essentieller Beitrag zugeschrieben. Dabei gilt es zu beachten, wie der Gebäudebereich definiert ist. Diesem sind durch die sektorale Abgrenzung nach dem Quellprinzip Emissionen aus drei Sektoren zuzuschreiben: Dem Gebäudesektor werden ausschließlich die Emissionen, die durch den unmittelbaren Brennstoffeinsatz entstehen, zugeordnet. Graue Emissionen sind wiederum dem Industriesektor

zugeordnet und Emissionen aus der Bereitstellung von Energie, wie Strom und Fernwärme, dem Energiesektor. Für die Umsetzung im Gebäudesektor sind primär Anreize durch Förderprogramme vorgesehen. Ein zentrales Ziel des Klimaschutzplans ist die Senkung des Primärenergiebedarfs um 80 Prozent bis 2050 gegenüber 2008 durch die Kombination aus dem Einsatz erneuerbarer Energien und Energieeffizienzsteigerungen. Zudem wird auf Nutzung nachhaltiger und ressourcenschonender Bauweisen und die Einbeziehung von Ökobilanzen über den Lebenszyklus von Gebäuden hingewiesen, was durch eine veränderte Nachfrage wiederum indirekt Einfluss auf den Industriesektor nehmen kann.

Auf dem Klimaschutzplan 2050 aufbauend und zur Umsetzung der darin definierten Ziele sowie der Konkretisierung der dazu notwendigen Maßnahmen wurde im Jahr 2019 das **Klimaschutzprogramm 2030** [46] beschlossen. Graue Emissionen sind darin indirekt über die neu konzipierte Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) adressiert. Seit dem Jahr 2023 werden in dem Förderprogramm „Klimafreundlicher Neubau“ [47] der KfW vergünstigte Kredite für den Neubau von Gebäuden, die bestimmte Nachhaltigkeitskriterien erfüllen, angeboten. Neben der Energieeffizienz (mindestens Erfüllung des KfW-Effizienzhaus/-gebäude 40 Standards) und dem Ausschluss bestimmter Energieträger für die Wärmeerzeugung muss für alle Gebäude unabhängig von der Förderstufe eine Ökobilanz nach dem QNG-Standard erstellt werden. Dabei gilt für Wohngebäude ein Grenzwert von maximal 24 kgCO₂-Äqu./m²a für die Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus (graue Emissionen und Emissionen aus der Nutzungsphase) bei einer angenommenen Lebensdauer von 50 Jahren [48]. Kommunen und kommunale Unternehmen sind unter dem Programm „Klimafreundlicher Neubau – Kommunen“ [49] ebenfalls förderfähig und können im Gegensatz zu anderen Antragstellern zusätzlich zu dem vergünstigten Kredit einen Zuschuss von bis zu 10% der anrechenbaren Kosten erhalten. In den Maßnahmen „Weiterentwicklung der Städtebauförderung (StBauF)“ und „Fortentwicklung des Innovationsprogramms Zukunft Bau“ soll zudem die Nutzung CO₂-armer Baustoffe und die Weiterentwicklung klima- und umweltfreundlicher Bauweisen gefördert werden [46]. Bezüglich des Industriesektors werden darin weitere tiefgreifende Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen vorgestellt. Ein Teil der Maßnahmen, etwa die Beeinflussung von energieintensiven Industrieprozessen wie die Stahl- und Zementherstellung durch Verfahrensumstellungen oder Substitutionen, hat dabei großes Potenzial. Die entsprechenden Maßnahmen wie z.B. Investitionsprogramme werden hier jedoch nicht tiefergehend diskutiert, da dies im Rahmen der vorliegenden Arbeit zu umfangreich wäre und die Maßnahmen nur indirekt Einfluss nehmen. Allerdings wird im Klimaschutzprogramm bezüglich des Industriesektors die Rolle der öffentlichen Hand als Vorbildfunktion und die Nutzung von möglichst CO₂-neutralen Baustoffen in öffentlichen Bau- und Sanierungsvorhaben explizit hervorgehoben [46].

Parallel zum Klimaschutzprogramm 2030 wurde im Jahr 2019 das erste **Klimaschutzgesetz (KSG)** auf Bundesebene verabschiedet [6]. Damit wurden die Klimaschutzziele und die zugehörigen Minderungspfade für alle Sektoren erstmals verbindlich auf nationaler Ebene festgelegt [50]. Das Gesetz wurde seitdem immer wieder novelliert und die neuesten Änderungen im Jahr 2024 verabschiedet. Nachdem die Ziele für die Sektoren Verkehr und Gebäude wiederholt nicht erreicht werden konnten [51], wird darin eine sektorübergreifende Gesamtrechnung eingeführt, die

erlauben soll, den Klimaschutz auf Bundesebene „vorausschauender und effektiver“ [52] zu gestalten. Im Rahmen des zugehörigen **Klimaschutzprogramm 2023** [53] wird der Gebäudesektor hauptsächlich durch die Neufassung des **Gebäudeenergiegesetzes (GEG)** adressiert. Dieses betont zwar ebenfalls die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand im Klimaschutz und legt Maßnahmen zur Emissionsreduktion im Betrieb fest, adressiert aber nicht (wie zuvor von verschiedenen Interessengruppen gefordert [54] [55]) die Einbeziehung von grauer Energie. Das KSG schreibt jedoch schon seit 2019 für öffentliche Entscheidungsträger die Berücksichtigung der Klimaschutzziele bei der Entscheidungsfindung vor [6]. Der Bund wird durch das Gesetz zu einer Einbeziehung von Kriterien mit dem Ziel der Minderung von Treibhausgasemissionen gegenüber weiteren Kriterien bei der Planung und Durchführung von Investitionen sowie der Beschaffung verpflichtet. Länder und Kommunen steht es hingegen frei, wie sie das entsprechende Berücksichtigungsgebot bezogen auf ihre Verantwortungsbereiche ausgestalten. Das **Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB)** [56] schreibt außerdem vor, dass auch umweltbezogene Aspekte bei der Vergabe von öffentlichen Aufträgen berücksichtigt werden müssen. Die **Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung klimafreundlicher Leistungen (AVV Klima)** [57] spezifiziert diese Forderung durch die verpflichtende Einbeziehung der Folgekosten der im Lebenszyklus einer Leistung entstehenden Treibhausgasemissionen in die Wirtschaftlichkeitsberechnungen bei Vergabeverfahren des Bundes (mindestens in Höhe des CO₂-Preises des Bundesemissionshandelsgesetzes (BEHG)). Zur konkreten Umsetzung dieser Vorgaben durch die Anwendung eines CO₂-Schattenpreises in der Ausschreibung haben der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie und die KPMG Law Rechtsanwaltsgesellschaft bereits ein Impulspapier [58] veröffentlicht.

Auf Landesebene wurde in den letzten Jahren eine Vielzahl von Klimaschutzgesetzen verabschiedet – das erste bereits im Jahr 1997 durch den Stadtstaat Hamburg [59]. In manchen Bundesländern bestehen zwar aktuell lediglich Gesetzesentwürfe oder Klimaprogramme, -konzepte und -pläne, jedes der Länder hat jedoch zum heutigen Zeitpunkt ein individuelles Bekenntnis zur Klimaneutralität zwischen 2038 (z.B. Bremen [60]) und 2045 (z.B. Brandenburg [61]) abgegeben. In den Klimaschutzgesetzen sind unter anderem konkrete Klimaschutzziele (meist Minderungsziele für Treibhausgase), entsprechende Maßnahmen, um diese zu erreichen und Monitoring- sowie Berichtspflichten vorgegeben [62]. Die Zielsetzung orientiert sich dabei größtenteils an denen des Bundes, teilweise sollen diese aber auch übertroffen werden [63]. Die Erfassung der energiebedingten Treibhausgasemissionen erfolgt auf Landesebene wie auf Bundesebene in Form von Territorialbilanzen [63]. Die Emissionen, z.B. für die Produktion von Gütern, werden somit dem Bundesland zugeschrieben, das sie erzeugt und nicht dem, in dem sie letztlich verbraucht werden (dazu mehr in Kapitel 2.3.1). Zusätzlich zu den energiebedingten Emissionen werden THG-Emissionen aus Industrieprozessen, der Landwirtschaft und der Abfallwirtschaft berücksichtigt. Zentrale Ziele der meisten Bundesländer sind klimaneutrale Landesverwaltungen (entsprechend der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand) und die Förderung der erneuerbaren Energieerzeugung [62]. Bezüglich des Gebäudebereichs werden zudem häufig Schwerpunkte in der energetischen Sanierung gesetzt [62].

2.1.4 Kommunalen Klimaschutz

Kommunen stellen die kleinste politische Verwaltungseinheit des föderalen Systems in Deutschland dar [3] (siehe Abbildung 4).

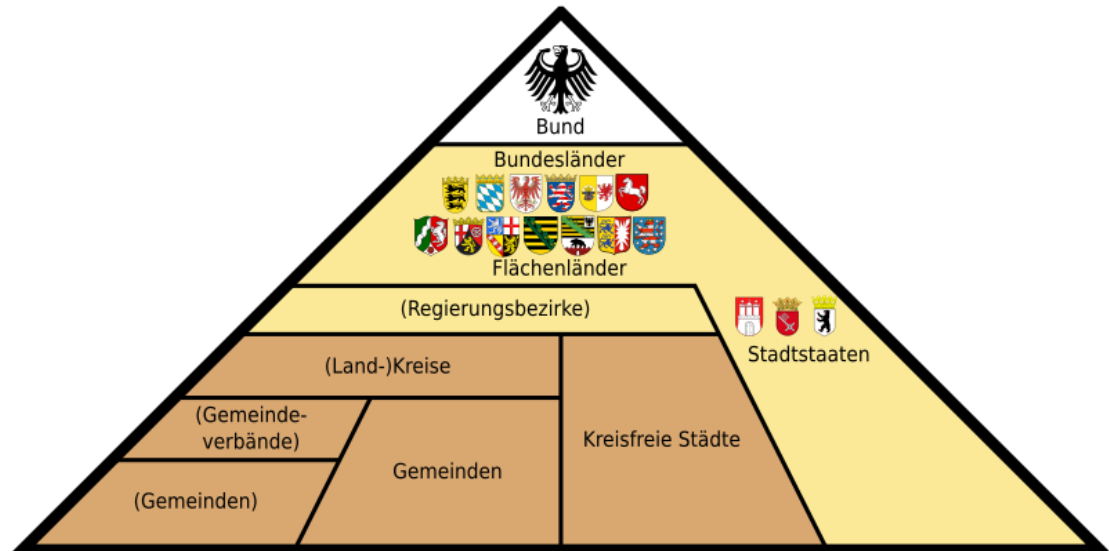


Abbildung 4 Grafik mit der Verwaltungsgliederung der Bundesrepublik Deutschland; Bundesebene (Weiß), Landesebene (Gelb), Kommunalebene (Braun) [64]

Als Teil der öffentlichen Hand gilt es auch für Kommunen, ihre Vorbildfunktion im Klimaschutz zu erfüllen. Sie können durch Maßnahmen im unmittelbaren Einflussbereich ihrer Verwaltung, wie beispielsweise die energetische Sanierung der eigenen Gebäude, die Umstellung auf die Nutzung von THG-reduzierten Technologien zum Gebäudebetrieb oder die nachhaltige Beschaffung, zeigen, wie Klimaschutz in der Praxis effektiv umgesetzt werden kann und so Anreize für private und gewerbliche Akteure schaffen [65]. In dieser Vorbildfunktion spielen sie somit eine wichtige Rolle bei der flächendeckenden Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen sowie der Bildung eines Klimabewusstseins in der Gesellschaft und können gleichzeitig ihre eigenen Treibhausgasemissionen reduzieren [4]. Dabei ergibt sich eine besondere Verantwortung durch die räumliche und institutionelle Nähe zu verschiedenen relevanten Interessengruppen (z.B. Bürger*innen, Immobilieneigentümer*innen und Unternehmen) [4].

Bezüglich der langfristigen Reduktion der THG-Emissionen des Gebäudebereichs im gesamten Verwaltungsgebiet stehen Kommunen verschiedene Instrumente zur Verfügung. Sie können beispielsweise im Rahmen der Bauleitplanung bestimmte Energiestandards für Neubauten festlegen sowie Vorgaben zur Nutzung von emissionsarmen Baustoffen machen oder die Installation von Photovoltaikanlagen auf neuen Gebäuden verpflichtend vorschreiben [4]. Ein Großteil der Maßnahmen, die zur Reduktion der THG-Emissionen beitragen können, beruhen jedoch auf dem Prinzip der Freiwilligkeit [65]. So können Kommunen zusätzlich zu den bindenden Vorgaben, beispielsweise durch Förderprogramme und Beratungsangebote, Bauherr*innen dabei unterstützen, nachhaltige Baustoffe zu verwenden oder energieeffiziente Bauweisen zu wählen [66].

2.1.5 Zusammenfassung

Abbildung 5 zeigt eine Übersicht der heute gültigen und zeitnah in Kraft tretenden politischen und regulatorischen Vorgaben im europäischen und nationalen Kontext in Bezug auf die betrachteten Ebenen „Unternehmen“, „Gebäude“ und „Kommune“.

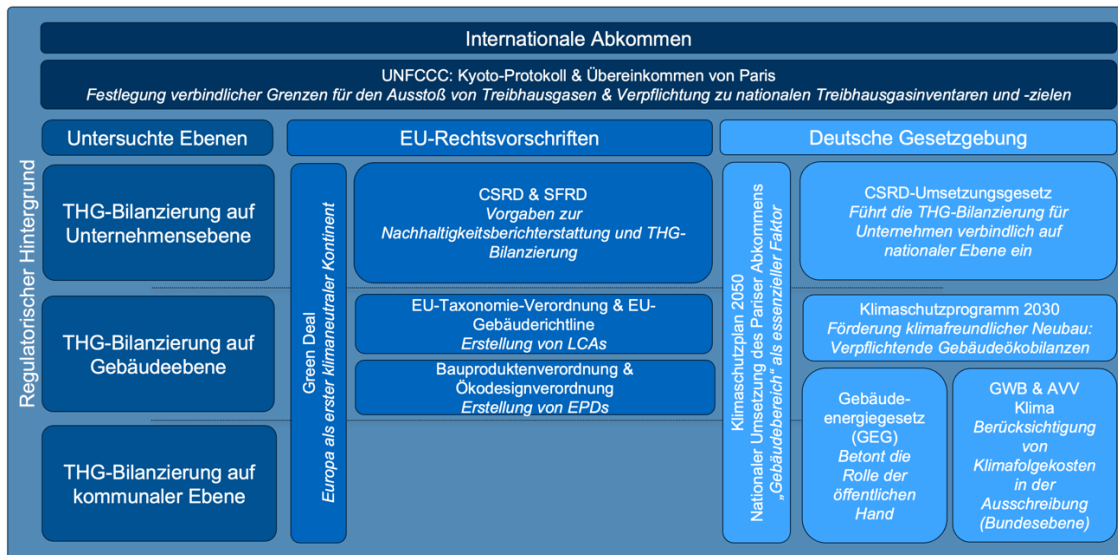


Abbildung 5 Übersicht zu den politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen zur THG-Bilanzierung und der Erfassung von grauen Emissionen aus Bauaktivitäten, eigene Darstellung

Die internationalen Beschlüsse der UNFCCC und die daraus resultierenden Grenzen für den Ausstoß von Treibhausgasen zur Begrenzung der globalen Erwärmung beeinflussen die Gesetzgebung auf europäischer und deutscher Ebene maßgeblich. Auf der **Unternehmensebene** resultieren Vorgaben, dass diese je nach Größe bereits heute THG-Bilanzen im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsberichterstattung erstellen müssen. Je nach Unternehmensform und -größe sind hier auch die grauen Emissionen aus Bauaktivitäten zu erfassen. Auf der **Gebäudeebene** bestehen wiederum Vorschriften, die dazu führen, dass in Zukunft vermehrt Ökobilanzen im Rahmen von Bauaktivitäten erstellt werden müssen und die Hersteller dazu verpflichtet, Emissionsdaten für ihre Bauprodukte zur Verfügung zu stellen. Für die Bilanzierung auf **kommunaler Ebene** bestehen keine direkten gesetzlichen Vorgaben. Allerdings betont das GEG die Vorbildrolle der öffentlichen Hand und nimmt Kommunen damit indirekt in die Pflicht, ihre THG-Emissionen zu erfassen und Maßnahmen zur Reduktion einzuleiten. Auf der Bundesebene werden zudem Fördermaßnahmen teilweise an die Erstellung von Gebäudeökobilanzen gekoppelt und Gesetze verabschiedet, welche die Berücksichtigung von Klimafolgekosten bei Bauvorhaben vorsehen.

Insgesamt rückt das Thema der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten und die Erstellung von Treibhausgasbilanzen immer mehr in den Fokus der Gesetzgebung. Dies wirft die Frage auf, auf welche Weise die dazu notwendigen Daten künftig erhoben werden. Da durch die beschriebenen Vorgaben damit zu rechnen ist, dass künftig mehr Daten durch Gebäudeökobilanzen vorliegen werden, gilt es zu prüfen, inwiefern die darin erhobenen Emissionsdaten auf der Gebäudeebene in Zukunft in den übergeordneten Unternehmens- und Kommunalbilanzen genutzt werden können, um eine genauere und besser beeinflussbare Abbildung zu ermöglichen.

2.2 Treibhausgasbilanzen auf Unternehmensebene

Wie im vorangehenden Kapitel beschrieben, muss eine zunehmende Anzahl von Unternehmen in der EU bestimmte Anforderungen bezüglich ihrer Nachhaltigkeitsberichterstattung erfüllen. Gleichzeitig steigt die Zahl der Unternehmen, die freiwillig Nachhaltigkeitsberichte erstellen und veröffentlichen [67]. Bezüglich der ökologischen Nachhaltigkeit sind im Rahmen dieser Berichterstattung (je nach Richtlinie oder angewendetem Standard) Treibhausgasbilanzen über die gesamte oder über Teile der Wertschöpfungskette zu erstellen. Das GHG-Protocol hat sich weltweit zum führenden Standard für die Erstellung dieser Bilanzen etabliert [68]. Um den Leser*innen ein Grundverständnis für die zugrundeliegende Systematik zu vermitteln, wird diese im folgenden Abschnitt erläutert. Anschließend erfolgt ein Einblick in den aktuellen Status quo der THG-Bilanzierung auf Unternehmensebene, bei dem insbesondere auf die Erfassung und Berichterstattung von Scope 3-Emissionen eingegangen wird – die Kategorie, in die in der Regel auch die grauen Emissionen aus Bauaktivitäten einzuordnen sind.

2.2.1 Das Greenhouse Gas Protocol

Das GHG-Protocol ist ein vom World Resources Institute (WRI) und dem World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) veröffentlichter Standard zur Erfassung und Verwaltung von THG-Emissionen. Im Jahr 2001 wurde der erste „Corporate Accounting and Reporting Standard“ [17] (im Folgenden als „Corporate Standard“ bezeichnet) für die Bilanzierung auf Unternehmensebene veröffentlicht. Bis heute wurde dieser stetig weiterentwickelt und es sind weitere Standards, z.B. für Städte („Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories“ (GPC) [69]) oder Projekte, hinzugekommen. Die Entwicklung erfolgt je nach Kontext unter Einbeziehung relevanter Interessensvertreter*innen und Partnerorganisationen wie NGOs, Regierungen oder Branchenverbänden. Das 2014 veröffentlichte GPC wurde beispielsweise in enger Zusammenarbeit mit der C40 Cities Climate Leadership Group (C40 Cities) [70] ausgearbeitet und findet seitdem weltweit Anwendung bei der Erstellung von THG-Bilanzen von Städten [71]. Zudem können auch externe Organisationen eigene meist auf spezifische Anwendungen zugeschnittene Systeme entwickeln und diese durch eine Überprüfung als GHG-Protocol konform validieren lassen. Die Standards erhalten eine zugehörige Bestätigung durch das „Built on GHG-Protocol“ Label [72]. Auch für den Bausektor wurden in den letzten Jahren entsprechende Systeme veröffentlicht und validiert. Darunter das „Sector Supplement for Measuring and Accounting for Embodied Emissions in the Built Environment“, das im späteren Verlauf dieser Arbeit (Kapitel 4.1.2) genauer analysiert wird.

Unabhängig davon, welcher Standard genutzt wird, sind die fünf **Leitlinien des GHG-Protocols** einzuhalten. Da die Standards bewusst so formuliert sind, dass sie die Nutzung in einem möglichst großen Anwendungsspektrum ermöglichen, ist die Einhaltung dieser Grundsätze besonders in spezifischen Anwendungen, bei denen keine klaren Regeln vorgegeben sind, essenziell. Die fünf Leitlinien lauten wie folgt: [17]

- 1) Relevanz: Die THG-Inventare müssen die THG-Emissionen des Unternehmens angemessen widerspiegeln und eignen sich als Basis für die Entscheidungsfindung der Nutzenden.
- 2) Vollständigkeit: Die THG-Inventare müssen innerhalb der gewählten Systemgrenzen alle für den THG-Ausstoß relevanten Aktivitäten und Quellen abdecken. Spezifische Ausnahmen müssen begründet werden.
- 3) Konsistenz: Um aussagekräftige Vergleiche über die Zeit zu ermöglichen, müssen standardisierte Methoden angewendet und möglichst beibehalten werden. Änderungen an relevanten Elementen wie den Eingangsdaten oder Systemgrenzen sind zu dokumentieren.
- 4) Transparenz: Alle relevanten Aspekte bei der Bilanzierung müssen auf einem kohärenten und sachlichen Weg dokumentiert werden. Die verwendeten Methoden, Annahmen und Datenquellen sind offenzulegen.
- 5) Genauigkeit: Um die Glaubwürdigkeit nicht einzuschränken und den Nutzenden fundierte Entscheidungen zu ermöglichen, müssen Unsicherheiten und Abweichungen bei der Erfassung der THG-Emissionen so weit wie möglich reduziert werden.

Für die **Bilanzierung auf Organisationsebene** (z.B. Unternehmen, NGOs, öffentliche Verwaltungen) sind zwei Standards anwendbar: der „Corporate Standard“ [17] als Basis und der „Corporate Value Chain (Scope 3) Standard“ [73] (im Folgenden als „Scope 3 Standard“ bezeichnet) für die tiefere Analyse der indirekten vor- und nachgelagerten Emissionen in der Wertschöpfungskette.

Grundlage bei der Anwendung der Standards ist die Abgrenzung verschiedener THG-Emissionen und somit auch die Festlegung, ob und in welchem Umfang diese in die Bilanz aufgenommen werden. Dies erfolgt auf zwei unterschiedlichen Ebenen: zum einen über organisatorische Grenzen (en. Organizational Boundaries), zum anderen über operative Grenzen (en. Operational Boundaries) [17].

Organisatorische Grenzen [17] legen fest, ob einer Partei die Verantwortung für die THG-Emissionen zugeschrieben wird. Je nach Struktur der Organisation (z.B. eines betrachteten Unternehmens) erfolgt die Zuteilung entweder entsprechend dem Kapitalanteil an den betrachteten Vermögenswerten (en. Equity share approach) oder nach dem Kontrollansatz (en. Control approach). Bei letzterem wird wiederum nach finanzieller und operativer Kontrolle unterschieden.

- a) Abgrenzung nach Kapitalanteil: Die Emissionen werden auf der Grundlage des Eigentums an Vermögenswerten zugeordnet. Die Idee ist dabei eine Zuteilung, die den Anteilen an den finanziellen Chancen und Risiken im Zusammenhang mit dem betrachteten Vermögenswert entspricht.
- b) Abgrenzung nach finanzieller Kontrolle: Die Emissionen, die im Zusammenhang mit einem Vermögenswert oder einer wirtschaftlichen Tätigkeit entstehen, werden vollständig dem Unternehmen zugeordnet, das die Kontrolle über die damit zusammenhängende Finanz- und Geschäftspolitik ausübt.
- c) Abgrenzung nach operativer Kontrolle: Die Emissionen, die im Zusammenhang mit einem Vermögenswert oder einer wirtschaftlichen Tätigkeit entstehen, werden vollständig dem Unternehmen zugeordnet, das die Kontrolle über die damit verbundene Einführung und Umsetzung betrieblicher Maßnahmen ausübt.

Welcher der Ansätze zur Festlegung der organisatorischen Grenzen gewählt wird, ist abhängig von den Strukturen des berichtenden Unternehmens (z.B. Organisation in einem Joint-Venture oder die Einteilung in Mutter- und Tochterunternehmen), dem Ziel der Bilanzierung (z.B. Risikomanagement) und den Anforderungen an die Berichterstattung (z.B. freiwillig oder gesetzlich vorgegeben).

Die **operativen Grenzen** [17] ordnen THG-Emissionen in drei „Scopes“ ein. Je nach Struktur des betrachteten Unternehmens sowie den damit zusammenhängenden organisatorischen Grenzen und je nach Quelle der Entstehung werden die Emissionen durch diese Scopes in indirekte und direkte Emissionen eingeteilt und wie folgt definiert. Abbildung 6 zeigt zusätzlich eine Übersicht.

- a) Scope 1: Direkte Emissionen aus Quellen, die das betrachtete Unternehmen besitzt oder unmittelbar kontrolliert (z.B. der unternehmenseigene Fuhrpark oder Anlagen zur Wärmeerzeugung in den Gebäuden des Unternehmens)
- b) Scope 2: Indirekte Emissionen, die durch die Erzeugung der vom Unternehmen erworbenen Wärme, Kälte, Dampf und Elektrizität entstehen (z.B. Fernwärme und -kälte)
- c) Scope 3: Indirekte Emissionen, die in der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette auftreten und nicht in Scope 2 eingeordnet werden (z.B. durch die Herstellung gekaufter Waren und Dienstleistungen)

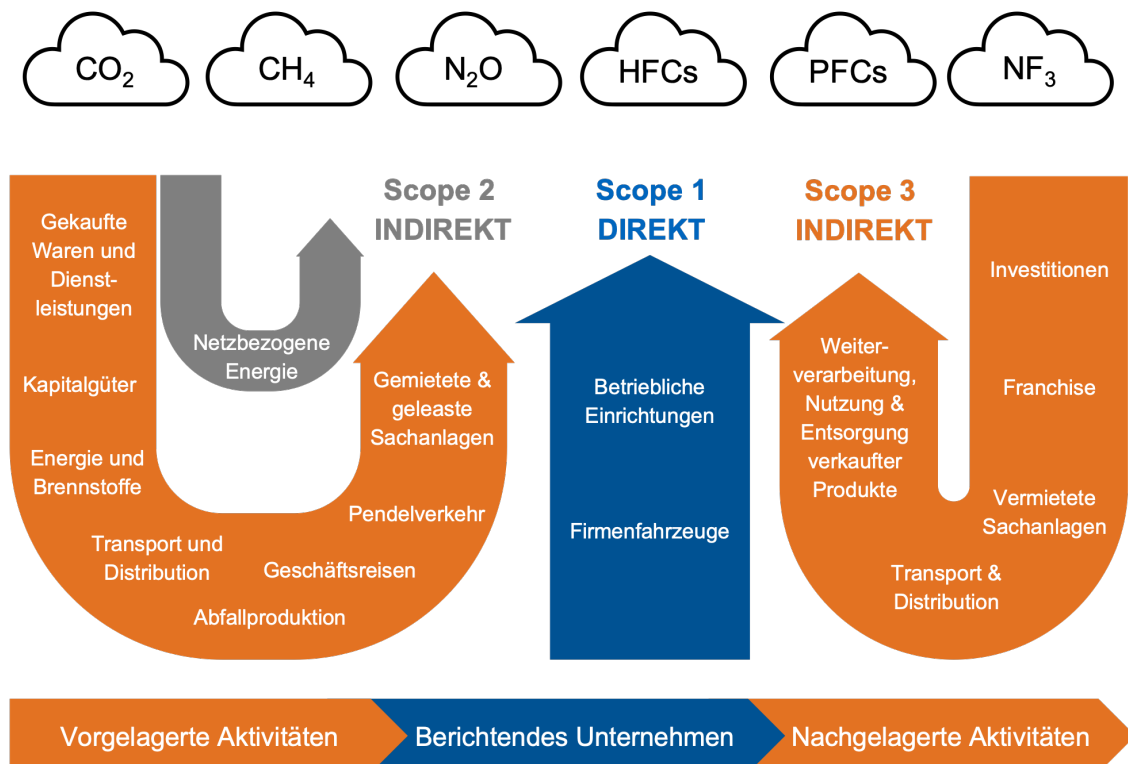


Abbildung 6 Übersicht zu den Scopes des GHG-Protocols entlang der Wertschöpfungskette, eigene Darstellung basierend auf [17]

Die Bilanzierung von Scope 1 & 2 ist bei der Nutzung aller GHG-Protocol-Standards obligatorisch. Die Erfassung von Scope 3 ist dagegen (zumindest im Rahmen der freiwilligen Berichterstattung) optional. Der Corporate Standard empfiehlt jedoch

wenigstens die Bilanzierung der relevantesten Emissionen in Scope 3 für ambitionierte Unternehmen, die ihr Emissionsmanagement verbessern wollen. Als Hilfestellung wurde im Jahr 2011 als Begleitdokument der Scope 3 Standard veröffentlicht, der vor- und nachgelagerte Aktivitäten in weitere 15 Unterkategorien einteilt (siehe Tabelle 1). Die darin enthaltenen Ausführungen können auch für die Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben im Rahmen der CSRD genutzt werden, die für die betroffenen Unternehmen im Gegensatz zur freiwilligen Berichterstattung die Bilanzierung aller relevanten THG-Emissionen in der Wertschöpfungskette vorsieht.

Tabelle 1 Unterkategorien Scope 3 nach GHG-Protocol [73]

	Kategorie
Vorgelagerte Wertschöpfungskette	1 Eingeaufte Waren und Dienstleistungen
	2 Kapitalgüter
	3 Energie- und brennstoffbezogene Aktivitäten
	4 Vorgelagerter Transport und Distribution
	5 Abfallproduktion
	6 Geschäftsreisen
	7 Pendelverkehr der Mitarbeitenden
	8 Gemietete oder geleaste Sachanlagen
Nachgelagerte Wertschöpfungskette	9 Nachgelagerter Transport und Distribution
	10 Weiterverarbeitung verkaufter Produkte
	11 Nutzung verkaufter Produkte
	12 Behandlung und Entsorgung verkaufter Produkte
	13 Vermietete oder verleaste Sachanlagen
	14 Franchise
	15 Investitionen

Welche Kategorien der Scope 3-Emissionen tatsächlich erfasst werden, hängt maßgeblich von einer **Wesentlichkeitsanalyse** [73] ab, die im Rahmen der Bilanzierung zu erstellen ist. In diesem ersten Screening sollen anhand von sieben Kriterien die bedeutendsten der 15 Kategorien ermittelt werden, für die dann wiederum im Anschluss detailliertere Datenerhebungen und Berechnungen durchgeführt werden sollen. Die verbleibenden Kategorien können dann mit weniger spezifischen Methoden abgeschätzt oder ggf. vollständig vernachlässigt werden. Die Kriterien zur Einordnung sind in folgender Tabelle 2 festgehalten.

Tabelle 2 Kriterien der Wesentlichkeitsanalyse

Kriterium	Beschreibung der Kategorien
Größe	Sie tragen in erheblichem Maße zu den erwarteten Scope-3-Gesamtemissionen des Unternehmens bei.
Einfluss	Es gibt potenzielle Emissionsminderungen, die vom Unternehmen vorgenommen oder beeinflusst werden könnten
Risiko	Sie tragen zur Risikoexposition des Unternehmens bei (z. B. mit dem Klimawandel verbundene Risiken wie Finanz-, Regulierungs-, Lieferketten-, Produkt- und Technologierisiken, Risiken im Zusammenhang mit der Einhaltung von Rechtsvorschriften und Reputationsrisiken).
Stakeholder	Sie werden von den wichtigsten Interessengruppen (z. B. Kunden, Lieferanten, Investoren oder der Zivilgesellschaft) als kritisch angesehen.
Ausgliederung	Es handelt sich dabei um ausgelagerte Tätigkeiten, die zuvor intern durchgeführt wurden, oder um Tätigkeiten, die das berichtende Unternehmen ausgelagert hat und die normalerweise von anderen Unternehmen im Sektor der berichtenden Unternehmen selbst durchgeführt werden.
Sektor Leitlinien	Sie wurden in den sektorspezifischen Leitlinien als wichtig eingestuft
Analyse der Ausgaben oder Einnahmen	Es handelt sich um Bereiche, die hohe Ausgaben erfordern oder hohe Einnahmen generieren
Sonstige	Sie erfüllen weitere vom Unternehmen oder der Branche entwickelte Kriterien

Sobald festgelegt ist, welche Scope 3-Emissionen neben den Emissionen aus Scope 1 und 2 bilanziert werden sollen, folgen die zugehörigen Berechnungen. Das Grundprinzip ist dabei durch eine simple Formel zu beschreiben:

$$\text{Aktivitätsdaten} \times \text{Emissionsfaktoren} = \text{Emissionsdaten}$$

Aktivitätsdaten quantifizieren dabei die Aktivitäten, die mit einem Ausstoß von Treibhausgasen zusammenhängen (z.B. die Menge von eingekauftem Material in kg). **Emissionsfaktoren** wiederum stellen die spezifischen THG-Emissionen dar, die mit der Aktivität einhergehen (z.B. $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}_{\text{Material}}$). Als Ergebnis folgen die Emissionsdaten in kgCO_2e .

Die Summe aller so errechneten Emissionsdaten, eingeordnet in die drei Scopes und bezogen auf ein Berichtsjahr, bildet die THG-Bilanz des Unternehmens. Die Beschaffung der Aktivitätsdaten innerhalb der zuvor festgelegten organisatorischen Systemgrenzen und die Festlegung der zugehörigen Emissionsfaktoren kann jedoch je nach Bilanz und gewählter Berechnungsmethodik (insbesondere für Scope 3) mit erheblichem Aufwand verbunden sein. Das GHG-Protocol stellt deshalb gesonderte Handlungsempfehlungen in einem eigenen Zusatzdokument „Technical Guidance for Calculation Scope 3 Emissions“ [74] zur Verfügung, das bei der Datenerhebung und der Auswahl der zugehörigen Berechnungsmethoden hilft.

Bezüglich der verwendeten **Emissionsfaktoren** in der Scope 3-Bilanzierung wird grundsätzlich zwischen zwei Datentypen unterschieden: Primärdaten und Sekundärdaten. Primärdaten sind beispielsweise herstellereinspezifische Daten, die möglichst exakt die Emissionen eines bestimmten Produkts oder einer Aktivität

abbilden. Diese Daten sind bevorzugt zu verwenden, wenn hohe Ansprüche an die Genauigkeit der Berechnungen gestellt werden und wenn verschiedene Produkte miteinander verglichen werden sollen. Ein weiterer Vorteil, der mit der Nutzung von Primärdaten zusammenhängt, ist die daraus resultierende Nachfrage nach emissionsreduzierten Produkten und der damit zusammenhängende Wettbewerb, der bei Lieferanten entstehen kann. Als Nachteil sind jedoch der hohe Aufwand (und die damit verbundenen Kosten) bei der Erstellung dieser Datensätze und die potenziell schwierige Überprüfung der Datenqualität zu nennen. Sekundärdaten können genutzt werden, wenn keine Primärdaten vorhanden sind oder die zu bilanzierenden Aktivitäten im Rahmen der Wesentlichkeitsanalyse mit einer geringen Relevanz eingestuft werden. Sie sind zwar mit geringerem Aufwand zu beschaffen, sind jedoch nur bedingt repräsentativ für die spezifischen Aktivitäten eines Unternehmens (z.B. Austausch eines bestimmten Produkts in der Wertschöpfungskette) und erlauben nur eingeschränkte Aussagen über operative Änderungen (z.B. bei dem Wechsel eines Lieferanten). [73]

Durch die Ausweitung der Systemgrenzen auf die vor- und nachgelagerte Wertschöpfungskette entsteht zudem unabhängig von der Datengüte und den verwendeten Datentypen ein Umstand, dessen sich jedes Unternehmen bei der Bilanzierung und jedem Betrachtenden bei der Auswertung bewusst sein muss: die **Doppelzählung von Emissionen**. Während bei Scope 1- & 2-Emissionen der Anspruch besteht, dass diese nur von einer Partei in der Wertschöpfungskette in deren Bilanz aufgenommen werden, stellen Scope 3-Emissionen per Definition immer die Scope 1- & 2-Emissionen anderer Unternehmen dar. Dieser Umstand ist jedoch erwünscht, da er alle beteiligten Parteien in der Wertschöpfungskette gleichzeitig dazu anregt, Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen durchzuführen. [73]

2.2.2 Status Quo der Scope 3-Bilanzierung von Unternehmen

Zur **Treibhausgasbilanzierung im Privatsektor** wurden relevante Studien bisher vor allem von Kreditinstituten, Kapitalverwaltungs- und Fondsgesellschaften veröffentlicht: Beispielsweise eine Analyse der Deutschen Bank, in der an ausgewählten Unternehmen aufgezeigt wird, dass die vor- und nachgelagerten Teile der Wertschöpfungskette je nach Sektor einen signifikanten Anteil von bis zu über 90% der emittierten Treibhausgase ausmachen [75]. Oder die umfassenden Berichte des Finanzdienstleister Morgan Stanley Capital International (MSCI), die belegen, dass ein Großteil der börsennotierten Unternehmen keine oder nur eine teilweise Bilanzierung der Scope 3-Emissionen vornimmt [76]. Weitere Studien zur Messung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen im Privatsektor [77] weisen ebenfalls auf die Wichtigkeit der Erfassung der indirekten Emissionen in der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette hin. Die dabei erhobenen Daten können zum einen für den Vergleich der Nachhaltigkeitsbestrebungen von Unternehmen dienen – zum anderen sollten sie genutzt werden, um Prozessoptimierungen vorzunehmen, die zu einem geringeren Ausstoß von Treibhausgasemissionen führen [78]. Als größtes Problem der Scope 3-Bilanzierung und -Berichterstattung identifizieren die hier betrachteten Studien und weitere Quellen [79] [80] den hohen Aufwand für die Datenerhebung und die damit verbundenen Unsicherheiten, die z.B. mit notwendigen

Schätzungen der Aktivitätsdaten einhergehen. Diese und weitere Herausforderungen sind auch in Abbildung 7 dargestellt, die Ergebnisse aus Interviews der Unternehmensberatung Deloitte mit 22 Stakeholdern aus verschiedenen Branchen zeigt [79].

Geringe Datenqualität und -verfügbarkeit

Der Zugang zu zuverlässigen, umfassenden und qualitativ hochwertigen Scope 3 Daten wird als die größte Herausforderung angesehen. Im Gegensatz zu den Emissionen der Bereiche 1 & 2 sind die Unternehmen mit unvollständigen oder veralteten Informationen über ihre Emissionen in der Wertschöpfungskette konfrontiert.

Diversität der Bilanzierungsstandards

Die große Bandbreite an Bilanzierungsstandards führt zu einer uneinheitlichen und inkompatiblen Berichterstattung über Scope 3 Emissionen, da die Leitlinien Raum für Interpretationen lassen und Fachwissen erforderlich ist, um die Standards vollständig zu erfassen.

Begrenzte Verfügbarkeit von Ressourcen

Die verfügbaren Ressourcen der Organisationen, einschließlich Personal, Finanzmittel und Hilfsmittel, sind begrenzt, was den Prozess zeitaufwändig und teuer macht.

Schwierigkeiten bei der Einbindung von beteiligten Unternehmen

Die Einbindung der Stakeholder ist entscheidend, um verlässliche Daten zu den Scope 3 Emissionen zu erhalten und die Emissionsreduktionsziele zu erreichen. Zu den Herausforderungen bei der Einbindung der Lieferanten gehören jedoch das fehlende Bewusstsein, vertragliche Hindernisse, die begrenzte Beteiligung der Unternehmen an der Festlegung ehrgeiziger Ziele und unzureichende Anreize für die Berichterstattung und Emissionsreduktion.

Begrenzte Integration von Erkenntnissen in Geschäftsentscheidungen

Die verfügbaren Ressourcen der Organisationen, einschließlich Personal, Finanzmittel und Hilfsmittel, sind begrenzt, was den Prozess zeitaufwändig und teuer macht.

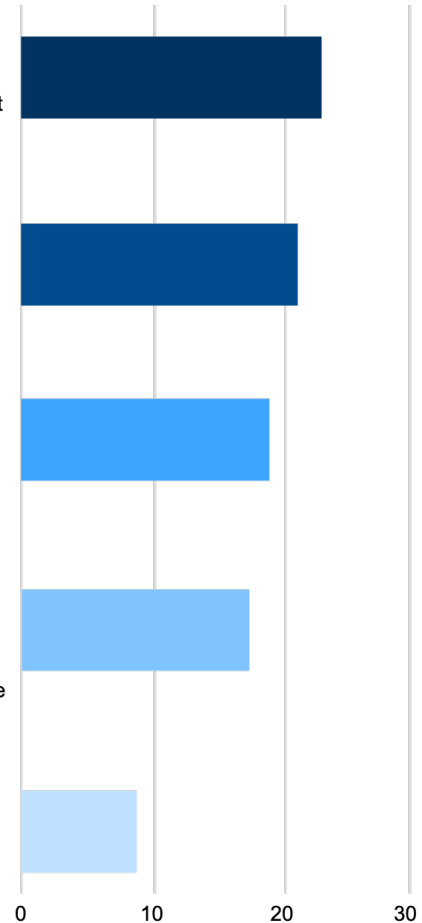


Abbildung 7 Umfrageergebnisse zu den Herausforderungen bei der Bilanzierung von Scope 3-Emissionen in Unternehmen, eigene Darstellung basierend auf [79]

Zum aktuellen Zeitpunkt besteht nur eine geringe Anzahl von Studien zum Status Quo der **Scope 3-Bilanzierung im Bau- und Immobiliensektor**. Ein Artikel aus dem Hapres Journal for Sustainability Research aus dem Jahr 2023 [81], in dem die Berichterstattung von grauen Emissionen durch institutionelle Immobilieninvestoren untersucht wurde, weist ausdrücklich auf den Mangel an einschlägiger Literatur hin. Um die Forschungslücke zu schließen, wurden im Rahmen der zweiteiligen Forschungsarbeit Daten zum Umfang der Scope 3-Berichterstattung von deutschen Immobilieninvestoren gesammelt. Im ersten Schritt analysierten die Autor*innen die veröffentlichten Nachhaltigkeitsberichte von 44 institutionellen Investoren, mit dem Ergebnis, dass über ein Drittel keine Informationen zu grauer Energie veröffentlicht. Die Verbleibenden nutzen zwar Gebäudezertifizierungssysteme wie DGNB, LEED oder BREEAM, die in einem Teil der Bewertung die Berechnung von grauen Emissionen im Rahmen einer Gebäudeökobilanz einschließen (wobei die Erstellung dieser nur bei der DGNB ein verpflichtendes Kriterium darstellt) – ein klares Bekenntnis zur Bilanzierung der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten formulieren jedoch nur zwei der betrachteten Unternehmen. Wobei eines der Unternehmen wiederum die Emissionen aus

Gewerbeimmobilien ausschließt. Somit blieb in der Erhebung nur ein Investor, der die grauen Emissionen aus Bauaktivitäten umfassend bilanziert und entsprechend darüber berichtet. Im zweiten Teil der Studie führten die Autor*innen Interviews mit Vertreter*innen aus den Nachhaltigkeits- und Forschungsabteilungen von drei verschiedenen Immobilieninvestoren. Die Interviewpartner*innen haben darin mehrere Herausforderungen im Zusammenhang mit der Bilanzierung von grauen Emissionen genannt. Zum einen bestanden zum Zeitpunkt der Interviews laut den Befragten keine Benchmarks oder standardisierten Methoden zur Berechnung der grauen Emissionen. Zudem bestätigen sie die Feststellung der sektorübergreifenden Studien bezüglich der mangelhaften Datenverfügbarkeit und den daraus folgenden Ungenauigkeiten. Ein/e Interviewpartner*in deutete außerdem den Unmut von Marktteilnehmenden bezüglich des Themas an: “Market participants are not happy we are discussing and putting the spotlight on EC [Embodied Carbon] accounting for buildings” [81].

Auf internationaler Ebene ergibt sich ein dazu passendes Bild. Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse von Umfragen des Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS) [82], einem globalen Berufsverband von Immobilienfachleuten, aus den Jahren 2021, 2022 und 2023. Zwar ist eine Zunahme bei der Bilanzierung von THG-Emissionen aus Bauaktivitäten zu verzeichnen, jedoch geben im Jahr 2023 weiterhin mehr als 40 % der über 4000 weltweit befragten Stakeholder aus dem Bausektor an, die grauen Emissionen ihrer Bauprojekte nicht zu erfassen. Wiederum rund die Hälfte der Teilnehmenden, die angeben, graue Emissionen zu berechnen, nutzt die Ergebnisse nicht zur Optimierung der Emissionen der Projekte. Zudem bestätigen die Ergebnisse der Umfrage die steigende Nachfrage nach einer standardisierten Herangehensweise für die Bilanzierung, nachdem über 20 % der Befragten angeben, die grauen Emissionen künftig erfassen zu wollen, wenn entsprechende Methoden vorhanden sind.

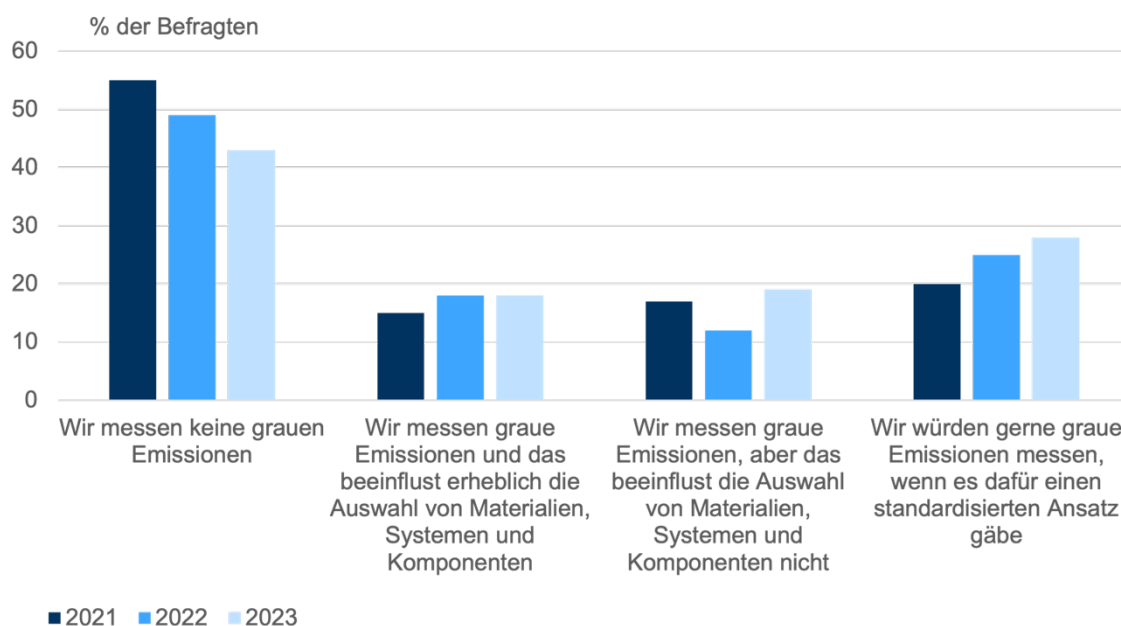


Abbildung 8 Umfrageergebnisse RICS Sustainability Report 2023, eigene Darstellung basierend auf [82]

Auch auf der Auftragnehmerseite im Bausektor bestehen heute noch Probleme mit der Scope 3-Bilanzierung, allerdings nehmen zumindest die Ambitionen der größten Bauunternehmen in Europa immer weiter zu. Um einen Einblick in die entsprechenden Bestrebungen zu gewähren, folgt die kurze Vorstellung von zwei Beispielunternehmen.

„Skanska AB“, ein multinationales Bauunternehmen mit Hauptsitz in Schweden, entwickelte bereits im Jahr 2019 mit dem „Embodied Carbon in Construction Calculator (EC3)“ [83] ein Tool zur Erfassung von grauen Emissionen ihrer Bauprojekte über die gesamte Wertschöpfungskette. Das Unternehmen erkennt die Relevanz der Erfassung der Scope 3-Emissionen an, bezieht diese in ihre THG-Bilanz ein und fordert die zugehörige Zusammenarbeit, die für die Datenerhebung und die daraus mögliche Reduktion der Emissionen notwendig ist, bei allen Branchenbeteiligten ein [84]. Das EC3-Tool und die zugehörige Datenbank stellen sie zusammen mit verschiedenen Industriepartner*innen und dem Carbon Leadership Forum zu diesem Zweck kostenlos zur Verfügung [85]. Ziel der Skanska AB ist die Reduktion der Scope 3-Emissionen von 50 % bis 2030 gegenüber dem Basisjahr 2020. (70 % dieser Emissionen stammten im Jahr 2023 allein aus der Materialbeschaffung). Das Reduktionsziel bezüglich der Scope 1- & 2-Emissionen liegt bei 70 % gegenüber dem Basisjahr 2015. Der Anteil der Scope 3-Emissionen an der Gesamtbilanz beträgt über 85 %. [86] „Vinci“, das größte Bauunternehmen Europas [87], bilanziert ebenfalls seine Scope 3-Emissionen. Die Materialbeschaffung (hauptsächlich für Bauaktivitäten) machte rund ein Fünftel des Ausstoßes im Jahr 2023 aus. Ziel ist eine Reduktion dieser Emissionen von 20 % bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Basisjahr 2019. Das Reduktionsziel der Scope 1- & 2-Emissionen beträgt 40 % gegenüber 2018. Der Anteil der Scope 3-Emissionen an der Gesamtbilanz beträgt ca. 95 %. [88]

Die Beispiele bestätigen den bereits im ersten Abschnitt dieses Kapitels beschriebenen Anteil von Scope 3-Emissionen an der Gesamtbilanz von Unternehmen und zeigen, dass wichtige Stakeholder der Bauindustrie diese bereits erfassen. Die Reduktionsziele der beiden betrachteten Unternehmen unterscheiden sich jedoch stark und der Fokus liegt jeweils trotz der geringeren Anteile eher auf der Minderung der direkten Emissionen aus Scope 1 und der indirekten energiebedingten Emissionen aus Scope 2. Um die Reduktionsziele für Scope 3 zu erreichen, betonen beide Unternehmen die Notwendigkeit des Einsatzes von nachhaltigeren Baustoffen (z.B. insbesondere CO₂-reduzierter Beton) und streben unter anderem die Optimierung der Emissionen bereits in möglichst frühen Planungsphasen an [86] [88].

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Bilanzierung grauer Emissionen im Bau- und Immobiliensektor zwar immer mehr an Bedeutung gewinnt und verschiedene Stakeholder aus der gesamten Wertschöpfungskette Ansätze zur Optimierung erarbeiten, insgesamt aber noch große Unsicherheiten bezüglich der Datenerhebung bestehen und große Teile der Treibhausgasemissionen aus Bauaktivitäten nicht von den beteiligten Unternehmen gemessen oder in deren Bilanzen aufgenommen werden. Diese Problematik wurde in den vergangenen Jahren von verschiedenen Institutionen wie Nachhaltigkeitsberatungsunternehmen oder Interessensverbänden aus der Branche erkannt und durch die Ausarbeitung und Veröffentlichung entsprechender Lösungsvorschläge adressiert. Diese werden im späteren Verlauf der vorliegenden Arbeit näher untersucht und auf ihre Anwendbarkeit im Rahmen kommunaler Treibhausgasbilanzen überprüft.

2.3 Treibhausgasbilanzen auf kommunaler Ebene

Neben den beschriebenen Methoden für die Bilanzierung von TGH-Emissionen auf der Unternehmensebene und den verpflichtenden NIRs auf nationaler Ebene wurden bis heute auch Ansätze für die Erfassung von THG-Emissionsdaten von kleineren geografisch abgegrenzten Bereichen auf der subnationalen Ebene (z.B. Kommunen oder Städte) entwickelt. Diese werden im Folgenden vorgestellt. Zunächst erfolgt jedoch ein kurzer Überblick zu den theoretischen Grundlagen, auf denen die Ansätze aufbauen.

2.3.1 Theoretische Grundlagen

Für die Bilanzierung von THG-Emissionen in geografisch abgegrenzten Bereichen bestehen verschiedene Methoden. Ähnlich zu der organisatorischen Abgrenzung auf Unternehmensebene legt die Wahl der Methodik die Systemgrenzen fest und bestimmt somit den Umfang und die Art der zu erfassenden Emissionen sowie gegebenenfalls deren Zuweisung zu verschiedenen Akteuren. Die Ansätze können je nach Quelle voneinander abweichen und werden je nach Anwendung abgewandelt oder neu entwickelt. Die meisten dieser Methoden stützen sich jedoch im Grundsatz auf drei Perspektiven, die durch die europäische Umweltagentur (en. European Environment Agency – EEA) bereits im Jahr 2013 in einem technischen Report [89] aus dem bis dahin bestehenden Stand der Forschung und Technik abgeleitet und zusammengefasst wurden. Zweck der Ausarbeitung war unter anderem, die THG-Emissionen der Europäischen Union entsprechend den verschiedenen Perspektiven abzubilden und gegenüberzustellen – in dem Bericht wird jedoch explizit erwähnt, dass sich diese auch für die Abgrenzung auf einer kleinteiligeren Ebene eignen. Beispielsweise zur Erfassung von Emissionen auf subnationaler Ebene. Die Definitionen nach der EEA bauen aufeinander auf und werden im Folgenden näher beschrieben:

Territorialbilanzen beziehen sich auf die Erfassung von Emissionen nach dem physischen Standort der Freisetzung. Auf nationaler Ebene ist somit die Summe der innerhalb der geografischen Grenzen eines Landes (oder aus Gebieten, die unter dessen Gerichtsbarkeit stehen) freigesetzten Emissionen zu bilanzieren. Die territoriale Perspektive entspricht damit im Gegensatz zu den anderen hier vorgestellten Ansätzen den Vorgaben des internationalen Rechts (z.B. die des UNFCCC nach dem IPCC) für die TGH-Bilanzierung auf nationaler Ebene. [89] Auch die später in Kapitel 2.3.3 vorgestellte „Bilanzierungssystematik Kommunal – BSKO“ basiert grundsätzlich auf diesem Ansatz.

Produktionsbasierte Bilanzen beziehen sich auf die Emissionen aus der wirtschaftlichen Produktion im Verhältnis zu der Wirtschaftsleistung eines Landes. Auf nationaler Ebene sind somit die Emissionen zu erfassen, die durch wirtschaftliche Aktivitäten der im betrachteten Land ansässigen Unternehmen und Haushalte entstehen – unabhängig vom geografischen Standort dieser Emissionen. Im Gegensatz zum territorialen Ansatz beziehen sich die produktionsbasierten Bilanzen also nicht ausschließlich auf geografische Grenzen, sondern legen ökonomische Grenzen fest.

Dabei werden potenziell auch Aktivitäten außerhalb der Landesgrenzen miteingefasst – beispielsweise Emissionen aus internationaler Logistik (z.B. Flug- und Schiffsverkehr) die durch Exporte von im betrachteten Land ansässigen Unternehmen verursacht werden. Produktionsbasierte Bilanzen sollen vor allem den Zweck erfüllen, die ökonomischen Treiber von Emissionen (z.B. je Industriezweig) zu identifizieren. [89]

Bei der Literaturrecherche zu nationalen und subnationalen Bilanzen konnten verschiedene Quellen identifiziert werden, in denen der produktionsbasierte Ansatz mit dem Territorialansatz gleichgesetzt oder kombiniert wird [90] [91] [92]. Dabei werden Emissionen, die durch wirtschaftliche Tätigkeiten außerhalb der geografischen Grenzen der betrachteten Region (z.B. einer Stadt) ausgestoßen werden, teilweise nicht in der Bilanz integriert. In diesem Fall werden die Begriffe Territorialbilanz und produktbasierte Bilanz dann äquivalent verwendet oder z.B. als „territory-related production“ [90] beschrieben. Andere Quellen orientieren sich wiederum klar an den Abgrenzungen nach der EEA [78] [93]. Für den Fall, dass die Einteilung der territorialen Emissionen nach Sektoren erfolgt (z.B. nach den Vorgaben des IPCC), werden Bilanzen, die dem territorialen Ansatz folgen, auch als „Sector-Based Emissions Inventory (SBEI)“ [94] [95] bezeichnet.

Konsumbasierte Bilanzen beziehen sich auf die Emissionen aus dem Verbrauch von Gütern und Dienstleistungen in einem Land – unabhängig davon, wo diese Emissionen ursprünglich ausgestoßen wurden. Dieser Ansatz ergänzt die zuvor beschriebenen Methoden, indem er die Nachfrageseite mit einbezieht und die Rolle der Verbraucher*innen im Zusammenhang mit dem Ausstoß der mit einem Produkt oder Dienstleistung verbundenen Emissionen in den Vordergrund stellt. In dieser Betrachtung werden somit auch graue Emissionen von beispielsweise Bauprodukten, aber auch Lebensmitteln und anderen Konsumgütern berücksichtigt. Die Bilanzierung basiert meist auf Grundlage produktionsbasierter oder territorialer Erhebungen. Diese werden mit Daten aus dem Handel über die Systemgrenzen hinaus ergänzt. Auf nationaler Ebene beispielsweise in Form von importierten und exportierten Gütern. Vereinfacht ausgedrückt erhöhen importierte Waren die nationalen konsumbasierten Emissionen gegenüber territorialen oder produktionsbasierten Bilanzen, während exportierte Waren diese senken. Zur Berechnung werden meist sogenannte Input-Output Analyses (IOA) bzw. zur Vermeidung von Doppelzählungen im internationalen Handel Multi-Region Input-Output Analyses (MRIOA) genutzt, die in der Lage sind, die umfassenden und komplexen Datenmengen abzubilden, indem sie die Daten der gehandelten Waren mit zugehörigen Emissionsdaten verbinden. [89]

Im globalen Diskurs wird zunehmend kritisiert, dass die internationalen Abkommen zur Treibhausgasreduktion und die daraus resultierenden THG-Budgets, Ziele und Auflagen für individuelle Staaten auf territorialen und nicht auf konsumbasierten Daten beruhen [96] [97]. Durch diese Vorgabe entsteht eine bilanzielle Verlagerung von Emissionen aus den Dienstleistungsgesellschaften zu den Entwicklungs- und Schwellenländern, die deren Konsumgüter produzieren und exportieren [97]. Abbildung 9 veranschaulicht den resultierenden Effekt der unterschiedlichen Bilanzierungsansätze anhand der Beispielländer China und Indien als netto CO₂-Exporteure sowie den USA und den EU27-Staaten als netto CO₂-Importeure.

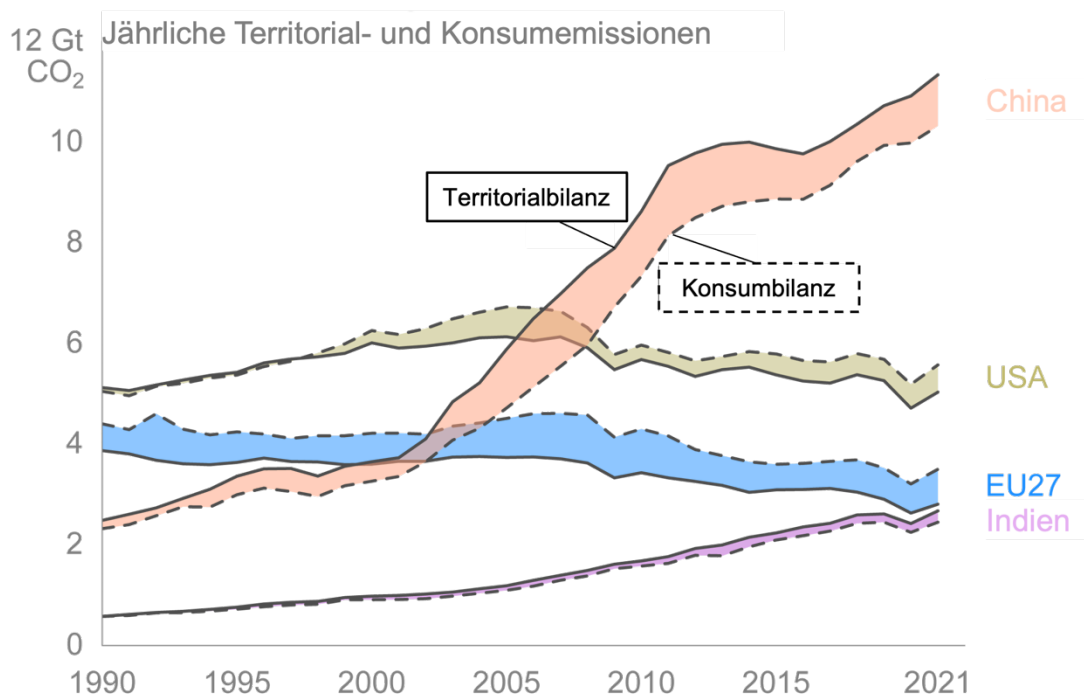


Abbildung 9 Übersicht zu den globalen Differenzen in Treibhausgasinventaren durch konsumbasierte und territoriale Bilanzierungsansätze

Dieses Problem lässt sich auch (teilweise in weitaus deutlicherem Umfang) auf subnationale Bilanzen übertragen [95], die im folgenden Kapitel näher betrachtet werden.

2.3.2 Subnationale THG-Bilanzen

Um genauere Informationen zu den Quellen, Senken und Steuerungsmöglichkeiten von THG-Emissionen zu erhalten, können neben der Bilanzierung auf internationaler und nationaler Ebene kleinteiligere Erhebungen in regional abgegrenzten Bereichen erfasst werden. Die Forschung hat sich in diesem Rahmen in den vergangenen Jahren vorwiegend mit Treibhausgasbilanzen von Städten beschäftigt. Dieser Ansatz ist naheliegend, da laut dem IPCC rund 70 % der globalen Treibhausgasemissionen urbanen Gebieten zugeordnet werden können [98]. Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich jedoch auch auf andere räumlich eingegrenzte subnationale Gebietskörperschaften (wie z.B. Kommunen in Deutschland) anwenden.

Für die Erfassung von urbanen Treibhausgasbilanzen (en. Urban Carbon Footprint – UCF) existieren verschiedene methodische Ansätze. Eine Metastudie zu UCFs [99] fasst die bestehenden Methoden in zwei Kategorien zusammen und ordnet sie den drei grundlegenden Bilanzierungsansätzen sowie den Scopes nach den GHG-Protocol zu (siehe Abbildung 10): „Räumlich/direkt“ für die Erfassung nach dem territorialen Bilanzierungsansatz und „ökonomisch/lebenszyklusbasiert“ für produkt- und konsumbasierten Ansätze. Die territorialen Ansätze benötigen zur Erstellung weniger umfassende Daten, beinhalten insgesamt einen geringeren Anteil von Emissionen (Scope 1 & 2) und folgen den methodischen Vorgaben des IPCC. Die Produktions- und konsumbasierten Ansätze erfordern im Vergleich dazu einen höheren Aufwand in der

Bilanzierung, decken dabei aber auch einen größeren Teil der Emissionen ab (Scopes 1, 2 und 3). Die zugehörigen Methoden zur Datenerhebung sind die bereits im vorherigen Kapitel erwähnten IOAs als top-down Ansatz oder Lebenszyklusanalysen (en. Life Cycle Analysis – LCA) als bottom-up Ansatz. Für die Datenerhebung nach IOAs bzw. EIOAs (en. Environmental Input Output Analysis) zeigt die Studie auf, dass die benötigten Daten gegenüber der Beschaffung von Daten aus Lebenszyklusanalysen zwar potenziell einfacher zu erheben sind, sich aber gleichzeitig nicht für die Abbildung kleinteiliger Systeme (wie z.B. einzelner Prozesse oder Produkte) eignen. LCAs haben wiederum den Nachteil, dass sie sich durch den großen Aufwand bei der Datenerhebung und die damit zusammenhängende Komplexität in der Ausführung nicht für die direkte Erfassung ganzer urbaner Räume eignen. Die Autor*innen beschreiben jedoch, dass die Kombination der beiden Ansätze in einer hybriden Methodik möglich ist und in verschiedenen Forschungsarbeiten als besonders geeignet angesehen wird, da so die Stärken beider Systeme genutzt werden können. [99]

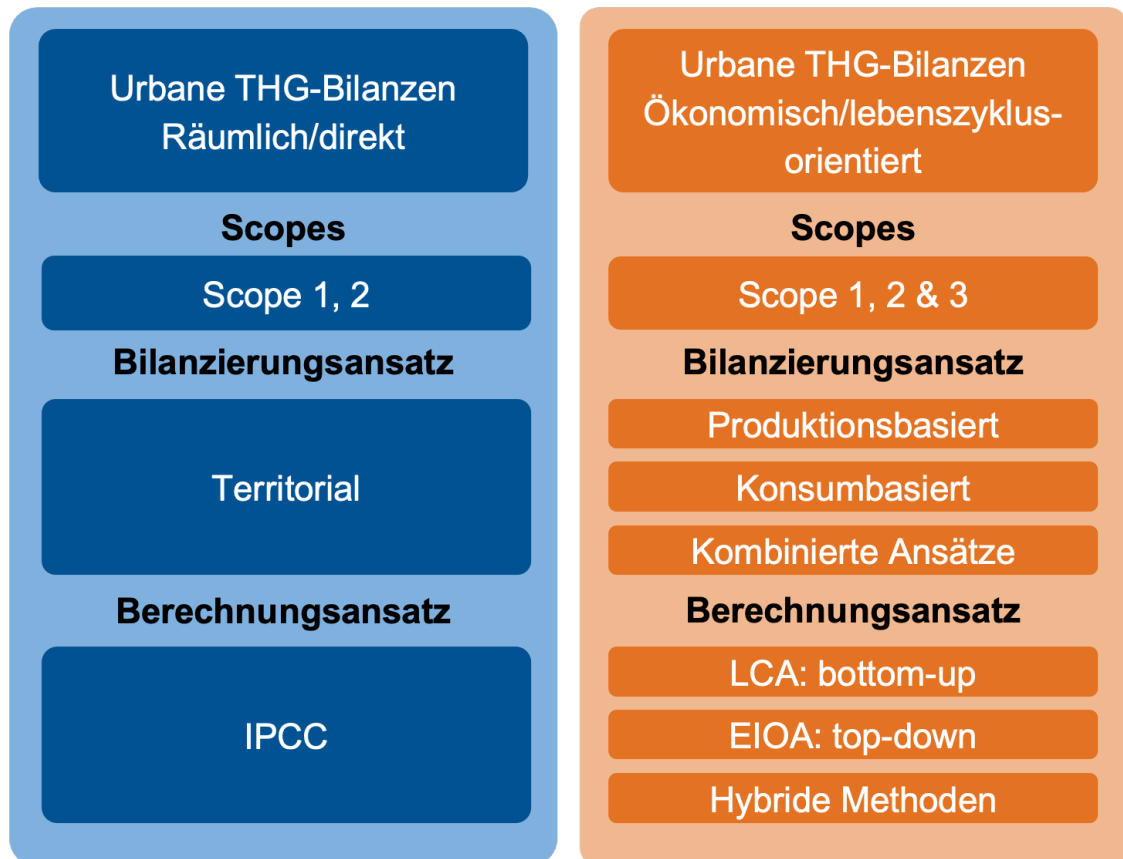


Abbildung 10 Klassifizierung bestehender Methoden und Systeme für Urban Carbon Footprints, eigene Darstellung basierend auf [99]

Die im vorangehenden Kapitel thematisierte Diskrepanz zwischen territorialen und konsumbasierten Bilanzen auf nationaler und internationaler Ebene wird ebenfalls in verschiedenen Forschungsarbeiten zu urbanen THG-Bilanzen untersucht. Die Systemgrenzen, die durch die Anwendung der verschiedenen Bilanzierungsansätze festgelegt werden, sind in Abbildung 11 bezogen auf die städtische Ebene dargestellt.

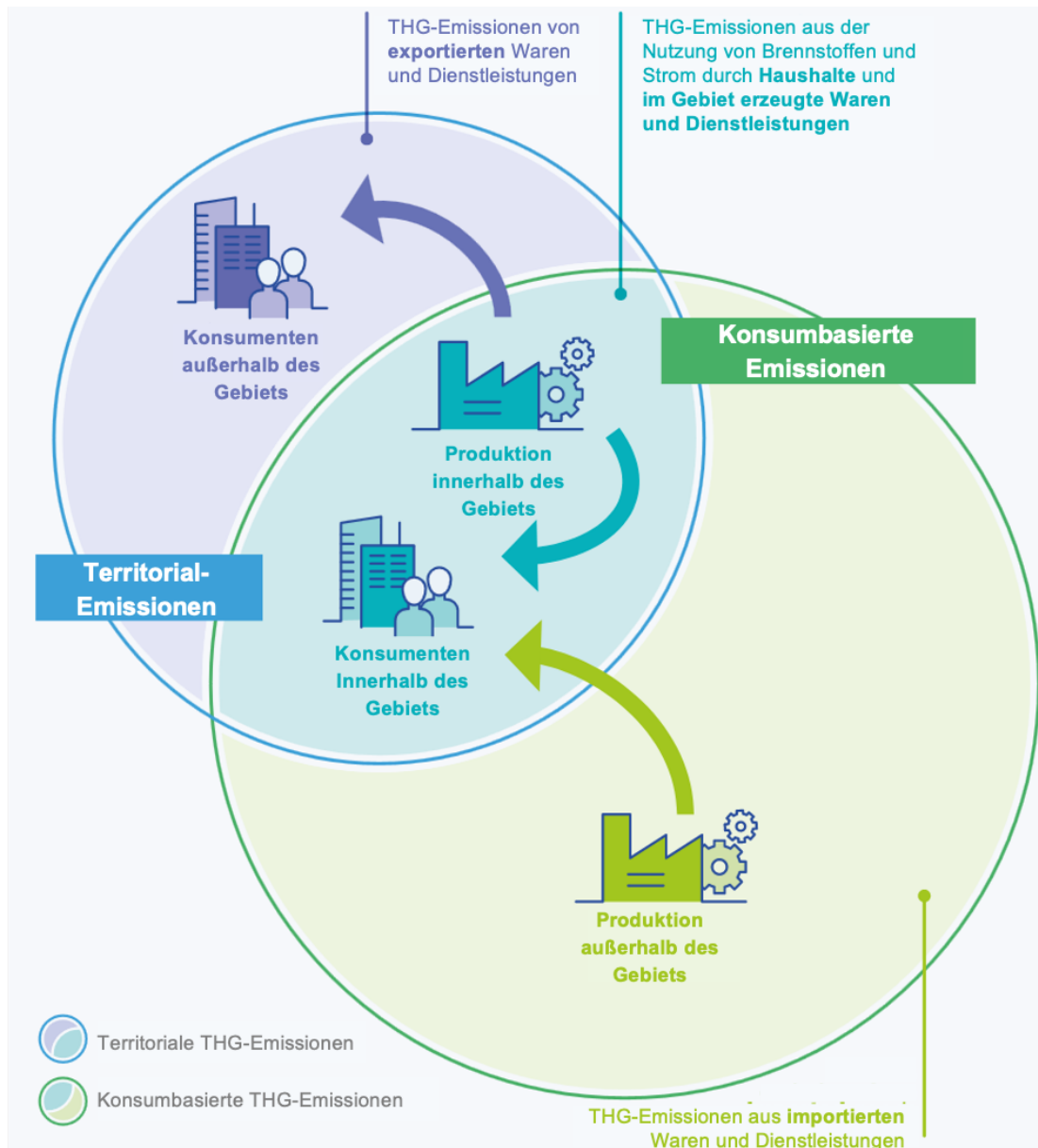


Abbildung 11 Systemgrenzen des territorialen und des konsumbasierten Ansatzes für urbane Treibhausgasbilanzen [100]

Gegenüber der territorialbasierten Bilanz werden bei der konsumbasierten Bilanz vereinfacht ausgedrückt alle Emissionen aus exportierten Waren und Dienstleistungen abgezogen und alle Emissionen aus importierten Waren und Dienstleistungen hinzugenommen.

Eine Studie der C40 Cities Climate Leadership Group (C40) [100] zu konsumbasierten THG-Bilanzen zeigt, dass die dabei berechneten Emissionen im Mittel 60% höher ausfallen als die aus Bilanzen nach dem territorialen Ansatz. Abbildung 12 zeigt das individuelle Verhältnis der THG-Emissionen der 79 in der Studie betrachteten global verteilten Städte. 80% können als Konsumentenstädte bezeichnet werden, da die territorialen kleiner als die konsumbasierten THG-Emissionen sind. Von den 16 Städten, deren konsumbasierte Emissionen dabei mehr als das Dreifache der territorialen Emissionen ausmachen, liegt ein Großteil in Nordamerika oder Europa. Der Großteil

der Städte, in denen die territorialen Emissionen im Verhältnis überwiegen, befindet sich dagegen in Asien oder Afrika. Dies unterstreicht die in Abbildung 9 dargestellten Differenzen auf internationaler Ebene.

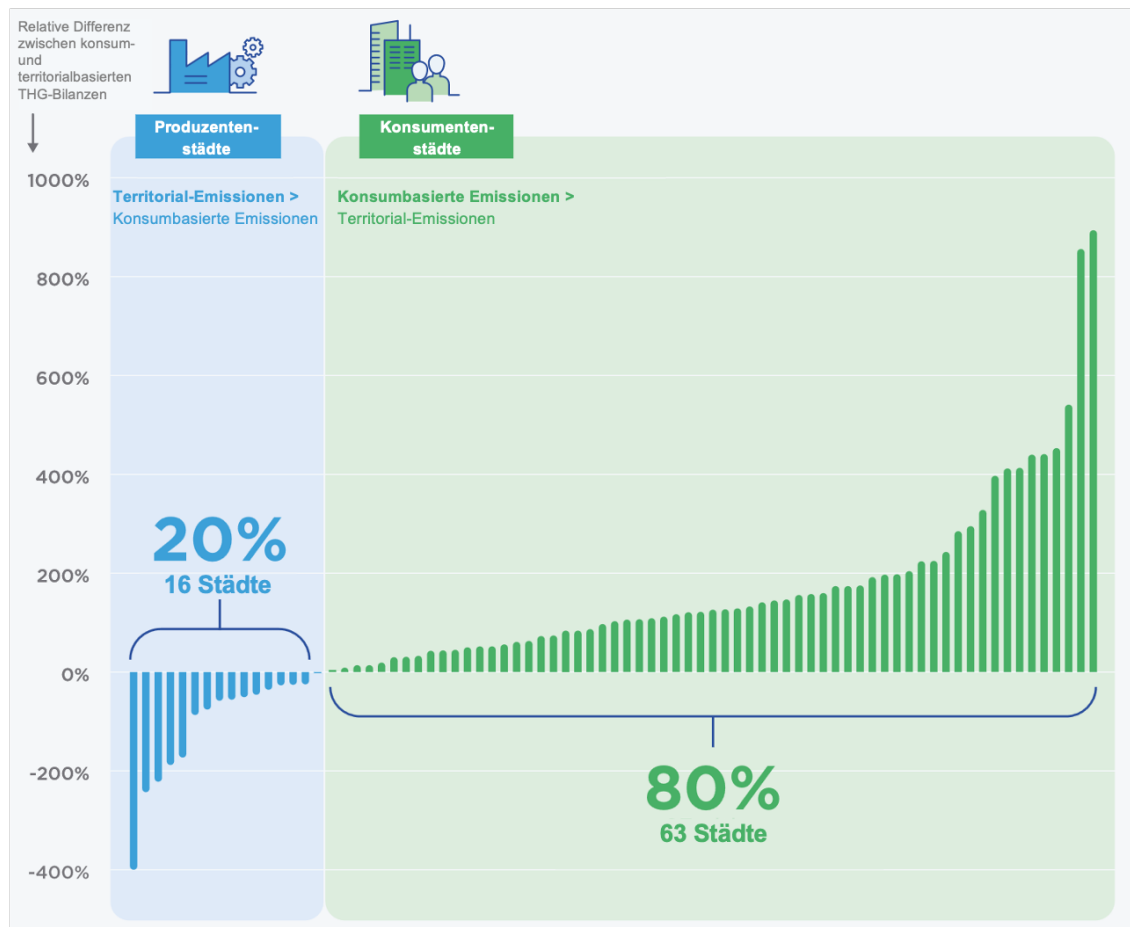


Abbildung 12 Einteilung in "Produzentenstädte" und "Konsumentenstädte" je nach Verhältnis der territorialen und konsumbasierten Emissionen [100]

Dieses Beispiel zeigt außerdem, dass insbesondere auf der subnationalen Ebene die rein territoriale Bilanzierung der THG-Emissionen und darauf basierende Vergleiche verschiedener räumlich abgrenzbarer Bereiche äußerst kritisch zu betrachten sind, da so ein stark verzerrtes Bild der dem jeweiligen Gebiet zuzuschreibenden Emissionen entstehen kann.

Weitere relevante Erkenntnisse zu urbanen THG-Bilanzen können einer Veröffentlichung des Stockholm Environment Institute (SEI) entnommen werden. In einem Leitfaden für Lokalverwaltungen [95] werden die Ergebnisse der C40-Studie und weiterer Analysen zur Einbeziehung konsumbasierter Daten in die THG-Bilanzen von Städten zusammengefasst. Die darin betrachteten Beispielbilanzen verschiedener global verteilter Städte verfolgen grundsätzlich dieselbe Logik bei der Erfassung der konsumbasierten Emissionen: Die Menge aller konsumierten Waren und Dienstleistungen innerhalb der definierten Systemgrenzen multipliziert mit den jeweiligen Emissionen aus deren Lebenszyklus ergibt die Gesamtemissionen des Gebiets. Allerdings kann dabei die Erhebung der dafür benötigten Daten, also zum einen die Ermittlung der Mengen der Konsumgüter und zum anderen die Berechnungen

der zugehörigen Emissionsfaktoren, auf verschiedenen Wegen erfolgen (äquivalent zu den in Abbildung 10 unter „UCF Economic“ gezeigten Methoden). Die meisten der betrachteten Beispielstädte verfolgen den top-down-Ansatz und nutzen zur Quantifizierung der konsumierten Mengen „spending data“ (also wirtschaftliche Daten zu Ausgaben für Waren und Dienstleistungen), um diese dann mit Input-Output-Modellen zur Abschätzung der Emissionen zu kombinieren. Bezüglich der Genauigkeit der Ergebnisse wird jedoch auch hier kritisiert, dass dieser Ansatz nur eine grobe Abschätzung der tatsächlichen Emissionen auf der urbanen Ebene darstellt, da die Daten der Input-Output-Modelle und die Daten zum Konsumverhalten häufig auf nationalen Durchschnittswerten basieren, die für die Bilanzierung auf lokalem Niveau heruntergebrochen werden. Als alternativer Ansatz mit höherer Genauigkeit wird die Erhebung der tatsächlich konsumierten Mengen („physical data“) und die rechnerische Kombination mit deren spezifischen Emissionsfaktoren aus zugehörigen LCAs beschrieben. Dieser Ansatz weist jedoch wiederum das Problem auf, dass meist keine ausreichenden Daten über den gesamten Fluss physischer Güter in und aus einer Stadt vorliegen. Um gleichzeitig eine möglichst umfassende Bilanz und je nach Bedarf zusätzlich Daten mit einer möglichst genauen Auflösung zu erhalten, wird deshalb auch hier auf den potenziellen Einsatz der hybriden Nutzung beider Ansätze verwiesen. Die Kombination von top-down Ansätzen mit prozess- und produktspezifischen Lebenszyklusanalysen und weiteren spezifischen Daten (z.B. Emissionsfaktoren aus der lokalen industriellen Produktion zur Anpassung nationaler Faktoren in den IOAs) kann je nach Anwendung zu belastbareren Ergebnissen führen. Somit erlauben hybride Ansätze die Ableitung von konkreteren Maßnahmen zur Treibhausgasreduktion, während gleichzeitig eine Bilanz erstellt wird, die möglichst alle relevanten Emissionen einbezieht. Die Studie betont zudem, dass sich reine top-down Ansätze insbesondere nicht zur Ableitung lokaler Maßnahmen und Richtlinien eignen, da hierfür lokal spezifische Daten vorliegen sollten, die das Verbraucher*innenverhalten und Konsumententscheidungen möglichst genau abbilden können. Die Nutzung nationaler Durchschnittswerte ist dabei somit nicht unbedingt zielführend. [95]

2.3.3 Kommunale THG-Bilanzen in Deutschland

Wie bereits in den vorangehenden Kapiteln dargestellt, besteht eine Vielzahl von Standards aber auch von nicht standardisierten Methoden zur Bilanzierung von subnationalen THG-Emissionen. Die Wahl des Ansatzes bestimmt die Systemgrenzen, die Abgrenzung und Zuordnung der erfassten Emissionen (z.B. zu verschiedenen Sektoren oder Industriezweigen) sowie die zu verwendenden Berechnungsansätze und ggf. die erlaubten oder notwendigen Annahmen bei der Datenbeschaffung. Um vergleichbare Bilanzen zu erhalten, müssen diese somit anhand von konsistenten Ansätzen, oder im besten Fall auf Grundlage desselben Standards erstellt werden, der die Variablen so gut wie möglich eingrenzt. Wird ein solches Monitoring von möglichst vielen Kommunen in Deutschland regelmäßig durchgeführt, entsteht eine Vielzahl von potenziellen Vorteilen: THG-Bilanzen können die Basis zur Überprüfung der Wirksamkeit von Klimaschutzmaßnahmen bilden, stellen somit ein wichtiges Instrument für das Klimaschutzmanagement auf kommunaler Ebene dar und können gleichzeitig auf Bundes- und Landesebene Aufschluss über die Effektivität von Fördermitteln und

Investitionen geben [4]. Für letzteren Punkt ist besonders die Vergleichbarkeit der erstellten Bilanzen von Bedeutung.

Vor diesem Hintergrund wurde im Jahr 2014 im Rahmen eines Forschungsprojekts durch das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) die Basis für die ein Jahr später veröffentlichte und bis heute weiter entwickelte **Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISKO)** geschaffen [10]. Die Nutzung des BISKO-Standards hat sich seitdem in Deutschland etabliert: Eine Umfrage des Umweltbundesamts aus dem Jahr 2022 zeigt, dass über 80% der 180 aus 297 teilnehmenden Kommunen, die eine Energie- und THG-Bilanz erstellen, den BISKO-Standard nutzen [2]. Die dabei zugrundeliegende Systematik ist eine „Endenergiebasierte Territorialbilanz“ [10]. Darin sind im Rahmen einer sogenannten „Basisbilanz“ [10] alle Endenergieverbräuche im betrachteten Territorium zu erfassen und verschiedenen Verbrauchssektoren zuzuordnen (siehe Abbildung 13).

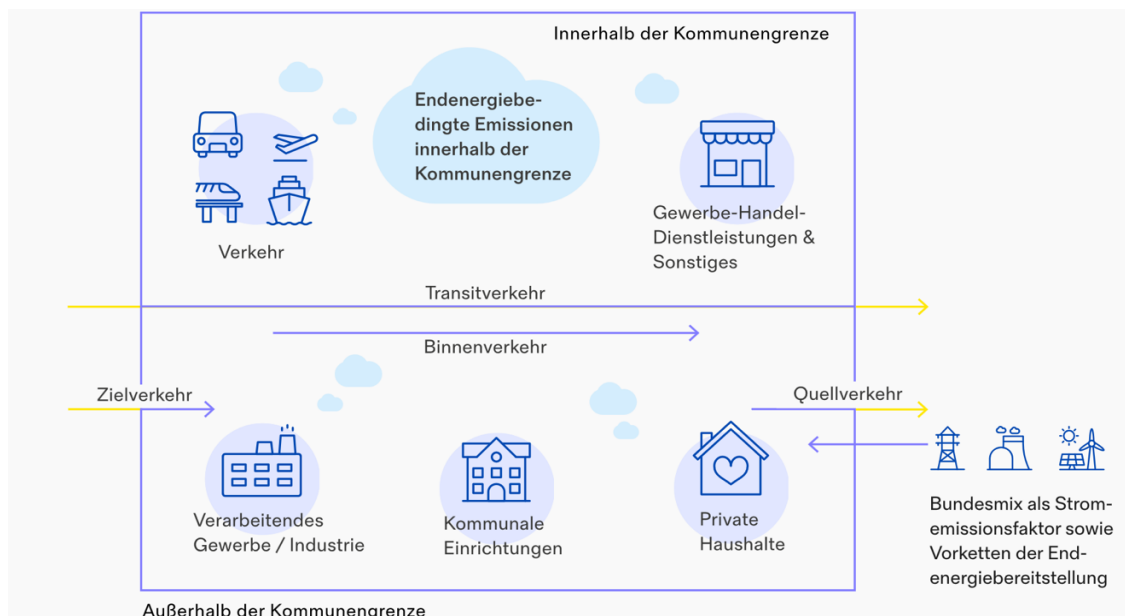


Abbildung 13 Prinzip der Endenergiebasierten Territorialbilanz für Kommunen nach BISKO [101]

Die stationären Sektoren sind dabei: Private Haushalte, Industrie bzw. verarbeitendes Gewerbe, kommunale Einrichtungen und Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD) inklusive aller sonstigen nicht zugewiesenen Energieverbräuche. Zusätzlich sind Daten aus dem nicht-stationären Sektor Verkehr zu erfassen. Die erfassten Energieverbräuche in den einzelnen Sektoren werden dann mit spezifischen Emissionsfaktoren kombiniert, um so die THG-Emissionen zu berechnen. Für die Quelle der Verbrauchsdaten macht der BISKO-Standard dabei keine konkreten Vorgaben, bietet aber eine Hilfestellung bezüglich der Bewertung der Datenqualität. Eine besonders hohe Güte weisen beispielsweise tatsächliche Verbrauchsdaten von Verteilernetzbetreibern oder lokalen Energieversorgern auf – sollten diese jedoch nicht verfügbar sein, können alternativ z.B. Wärmeverbräuche über die Typologien der Gebäude in der Kommune abgeschätzt werden. Weitere Emissionen aus nicht-energetischen Sektoren aus z.B. Landwirtschaft oder industriellen Prozessen werden in der Bilanz nicht erfasst. Auch graue Energie (und somit auch die damit verbundenen grauen Emissionen) wird explizit nicht bilanziert. [10] Anwender*innen müssen sich

somit über die in Kapitel 2.3.2 beschriebenen Problemstellung bezüglich der Verschiebung von Emissionen gegenüber dem alternativen Ansatz der konsumbasierten Bilanz bewusst sein. Allerdings werden durch die Nutzung der Daten zum Endenergieverbrauch gegenüber „klassischen“ Territorialbilanzen zumindest teilweise Konsumaspekte einbezogen, da die Emissionen so den Verbraucher*innen im betrachteten Gebiet und nicht den Produzenten in einem potenziell anderen Gebiet zugeordnet werden. Konsumierte Waren und Dienstleistungen, darunter auch jene aus Bauaktivitäten, werden jedoch nur dann anteilig bilanziert, wenn deren Verbrauch innerhalb derselben territorialen Grenzen wie deren Herstellung oder Entsorgung erfolgt – und dann auch nur indirekt über die damit verbundenen energiebedingten Emissionen.

Neben BSKO bestehen weitere Standards, die sich für die kommunale THG-Bilanzierung eignen. Dazu gehört das global angewendete „**Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC)**“ [69], dessen Nutzung beispielsweise künftig von der Stadt Kassel vorgesehen wird [102]. Der BSKO-Standard wurde bewusst kompatibel zu dem im Jahr 2012 durch das WRI und WBCSD veröffentlichten GPC entwickelt, um die Akzeptanz für die Bilanzierungsmethodik zu steigern und eine Vergleichbarkeit der Methodik in Bezug auf die stationären Sektoren zu gewährleisten [103]. Das GPC stellt eine Variante des bereits in Kapitel 2.2.1 vorgestellten Corporate-Standard des GHG-Protocol dar. Anstelle von THG-Bilanzen für Unternehmen ist das GPC jedoch für die Anwendung in Bezug auf geografisch abgegrenzte Bereiche wie Städte oder Kommunen ausgelegt. Da der Standard global anwendbar sein soll, sind die darin beschriebenen Vorgaben im Gegensatz zum BSKO-Standard weniger spezifisch formuliert – in den Grundsätzen überschneiden sich die Methoden jedoch stark [104]. So gibt das GPC die Systemgrenzen ebenfalls entsprechend dem Territorialansatz vor und bezieht die genutzte netzbezogene Endenergie mit ein. Wie in Abbildung 14 zu sehen, erfolgt die Abgrenzung der Emissionen dabei ähnlich zum Corporate Standard nach drei Scopes.

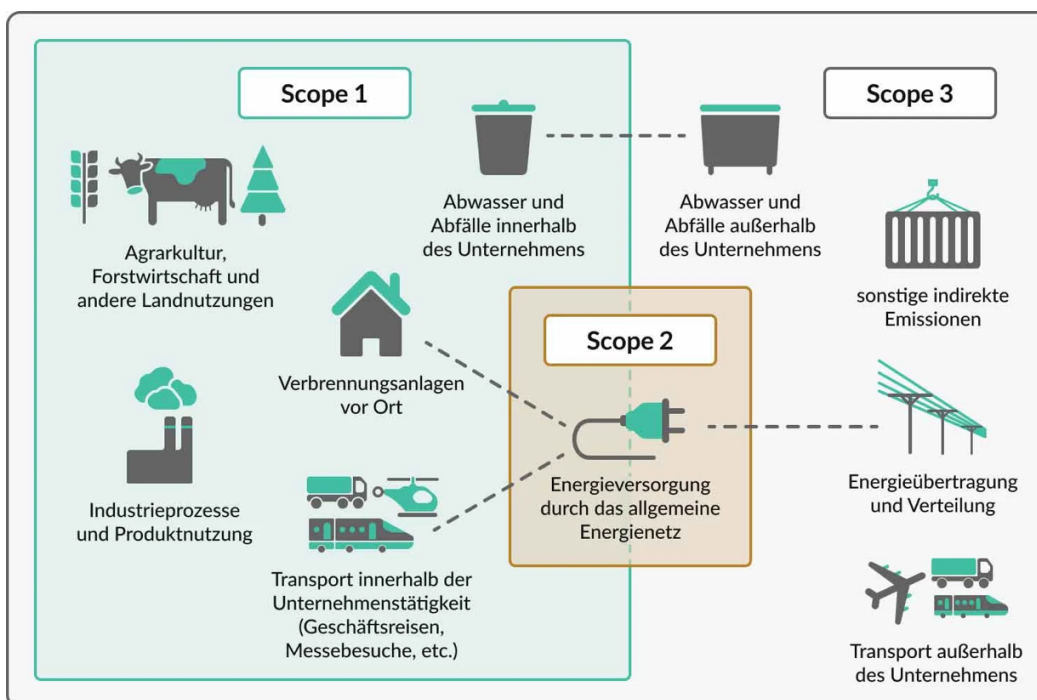


Abbildung 14 Scopes nach GPC [105]

Scope 1 beschreibt alle THG-Emissionen, die innerhalb der geografisch festgelegten Grenzen ausgestoßen werden, während Scope 2 alle Emissionen abbildet, die durch den Bezug von netzgebundener Energie (z.B. Strom und Wärme) entstehen. In Scope 3 werden alle weiteren indirekten Emissionen eigeordnet, die außerhalb der gewählten geografischen Grenzen als Resultat von Aktivitäten innerhalb dieser entstehen. In der Basisbilanz (en. BASIC reporting) nach dem GPC werden jedoch nur bestimmte Scopes erfasst: Äquivalent zum BSKO-Standard sind darin die energiebedingten Emissionen aus Scope 1 & 2 in vergleichbaren stationären Sektoren und dem instationären Verkehrssektor enthalten. Zusätzlich müssen jedoch auch die Emissionen aus der Abfall- und Abwasserbehandlung erfasst werden, selbst wenn diese außerhalb der geografischen Grenzen erfolgt. In einem erweiterten Bilanzrahmen „BASIC+“ können Scope 3-Emissionen, beispielsweise resultierend aus Verlusten aus der vorgelagerten Prozesskette der Stromerzeugung oder weitere nicht-energetische Emissionen aus industriellen Prozessen, einbezogen werden. Graue Emissionen aus konsumierten Produkten und Dienstleistungen wie Nahrungsmitteln und Baumaterialien sind in keinem der Bilanzrahmen enthalten. Die Autor*innen des GPC weisen jedoch darauf hin, dass diese in einer gesonderten Kategorie über „Andere Scope 3-Emissionen“ [69] freiwillig erfasst werden können und planen eine künftige Erweiterung der Methodik, die erlaubt, diese Emissionen in konsistenter Weise in die Bilanzierung zu integrieren. [69]

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die betrachteten Methoden zusätzlich zu den territorialen Bilanzierungsansätzen auch teilweise Emissionen aus konsumbasierten Ansätzen aufnehmen, indem beide die Emissionen aus dem Endenergiebezug in den betrachteten geografischen Grenzen einbeziehen. Das GPC schließt zwar weitere direkte nicht-energetische und indirekte Emissionen mit ein, keiner der Standards berücksichtigt jedoch die indirekten Emissionen aus konsumierten Waren und Dienstleistungen, die wie in Kapitel 2.3.2 gezeigt einen Großteil der THG-Emissionen einer kommunalen Bilanz ausmachen können. Kommunen, die diese Emissionen erfassen wollen, müssen folglich eigene zusätzliche Erhebungen vornehmen.

2.3.4 Beispielbilanz: Landeshauptstadt München

Ein Beispiel, wie diese Erhebungen umgesetzt werden können, stellt die **Treibhausgasbilanz der Stadtverwaltung der Landeshauptstadt München** dar [106]. Die zugehörige Studie wurde im Jahr 2020 vor dem Hintergrund der Zielsetzung erstellt, die Stadtverwaltung bis 2030 klimaneutral zu gestalten. Die dabei erhobenen Daten sollen in den Folgejahren als Vergleichswert für mögliche Zielabgleiche dienen. Das Ziel der klimaneutralen Stadtverwaltung ist wiederum Teil des Beschlusses, die Stadt München als Gesamtes bis 2035 zu einer klimaneutralen Stadt umzugestalten. Für die THG-Bilanz der Stadtverwaltung wurde jedoch nicht auf eine der zuvor vorgestellten Methoden für subnationale Bilanzen zurückgegriffen. Die Studie wurde alternativ in bewusster Anlehnung an den Corporate Standard des GHG-Protocol erstellt. Die **Stadtverwaltung** wird darin folglich in einem erweiterten Sinne **als Unternehmen betrachtet**. Begründung für dieses Vorgehen ist, dass dieser Ansatz (gegenüber der Nutzung von BSKO für das gesamte Stadtgebiet) nicht an die Einschränkungen von Territorialbilanzen gebunden ist [107]. So können neben Emissionen von Liegenschaften außerhalb des Stadtgebiets, an denen die Stadtverwaltung beteiligt ist,

insbesondere auch zusätzlich THG-Emissionen aus Scope 3 abgebildet werden. Zudem ist so eine genauere Darstellung der Emissionen möglich, die direkt durch die Verwaltung beeinflusst werden können. [107] Abbildung 15 zeigt die zugehörige THG-Bilanz.

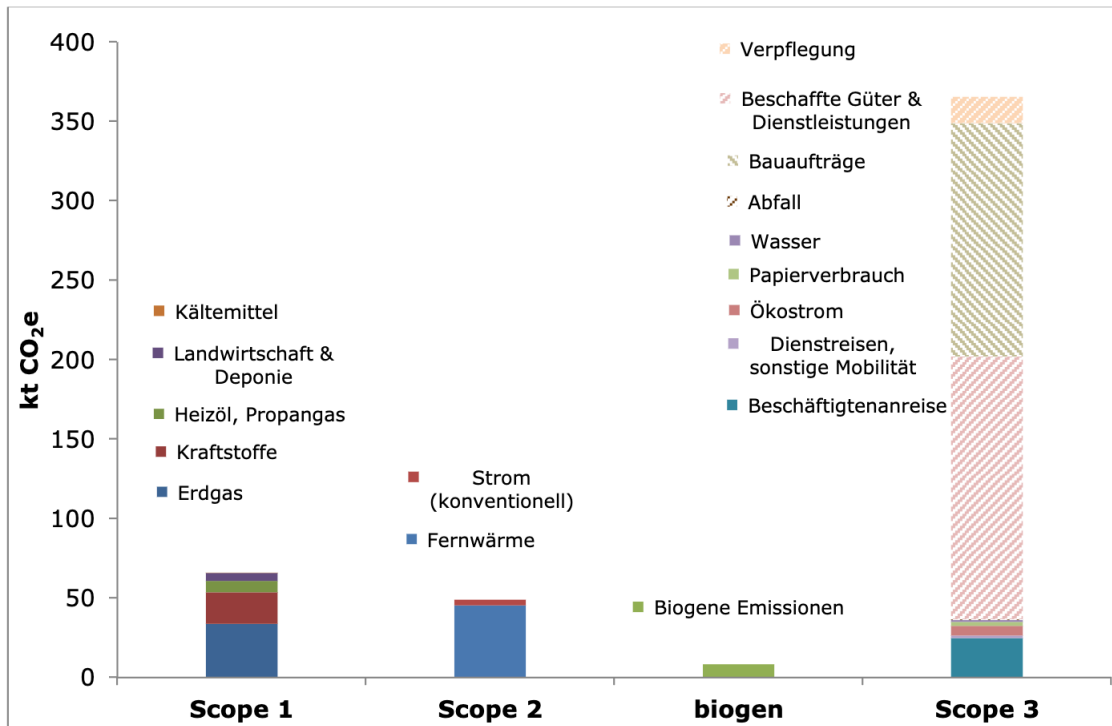


Abbildung 15 THG-Bilanz der Verwaltung der Landeshauptstadt München, abgeschätzte Werte über monetäre Emissionsfaktoren sind schraffiert dargestellt [106]

Die Ergebnisse der THG-Bilanz zeigen das Ausmaß der Scope 3-Emissionen gegenüber den Emissionen aus den Scopes 1 & 2. Die Emissionen aus den beschafften Gütern und Dienstleistungen (165.000 tCO₂e) und aus Bauaufträgen (147.000 tCO₂e) machen allein jeweils einen größeren Anteil an den Gesamtemissionen aus als die Summe der Scopes 1 & 2 (115.155 tCO₂e). Mit der Begründung, dass die Erfassung dieser Emissionen über spezifische Emissionsfaktoren mit einem „nicht tragbaren Aufwand“ [106] verbunden wäre und die nötigen Daten in der Regel bei den Herstellern und Dienstleistern nicht vorliegen, wurden diese lediglich über monetäre Emissionsfaktoren (THG-Emissionen pro ausgegebenen Euro) im Zuge eines kostenbasierten Ansatzes abgeschätzt. Die Berechnung der Faktoren erfolgte anhand von Input-Output-Modellen durch das „Britische Ministerium für Umwelt, Ernährung und ländliche Angelegenheiten“. Die Emissionen aus Bauaktivitäten wurden somit ermittelt, indem die Ausgaben für vergebene Bauaufträge mit den entsprechenden Emissionsfaktoren multipliziert wurden. Bezüglich der Genauigkeit der Ergebnisse, der Möglichkeit der Beeinflussbarkeit der Emissionen und der Überprüfbarkeit des Einflusses von eingeführten Maßnahmen bestehen hier folglich die in Kapitel 2.3.2 beschriebenen Probleme. Nach dem vorliegenden Berechnungsmodell kann die Stadtverwaltung die Emissionen aus Bauaktivitäten ausschließlich über geringere Investitionen in Bauaufträge beeinflussen. Bestrebungen, die grauen Emissionen durch emissionsreduzierte Bauweisen zu beeinflussen, können nicht abgebildet werden.

2.4 Treibhausgasbilanzen auf Gebäudeebene

Das Mittel der Wahl für die Erfassung von Treibhausgasen auf Gebäudeebene sind Gebäudeökobilanzen bzw. Gebäude-Lebenszyklusanalysen (en. Life Cycle Assessment – LCA). Sie stellen eine Methodik dar, die eine umfassende Bewertung der Umweltwirkungen ermöglicht, die mit einem Gebäude während seines gesamten Lebenszyklus verbunden sind. Wie in Kapitel 2.1 beschrieben ist davon auszugehen, dass durch internationale und nationale Vorgaben die Anzahl der erstellten Gebäudeökobilanzen in Deutschland voraussichtlich steigen wird. Bevor im weiteren Verlauf dieser Arbeit eine Einschätzung der Anwendbarkeit der dadurch verfügbaren Daten im Rahmen von privatwirtschaftlichen und kommunalen THG-Bilanzen geprüft wird, erfolgt hier eine kurze Einführung in die Grundlagen zur Erstellung von Ökobilanzen und deren aktuelle Anwendung in der Bau- und Immobilienbranche.

2.4.1 Aufbau & Grundlagen von Gebäudeökobilanzen

Die normative Grundlage für die Erstellung von LCAs bilden die DIN EN ISO 14040 und 14044. Erstere legt die Grundsätze wie beispielsweise Transparenz, Vergleichbarkeit, Konsistenz und Ganzheitlichkeit sowie den Rahmen für Ökobilanzen fest (siehe Abbildung 16), während letztere Anforderungen spezifiziert und Anleitungen bereitstellt. Die darin beschriebenen Phasen einer Ökobilanz werden im Folgenden näher betrachtet und anschließend auf den Gebäudekontext übertragen.

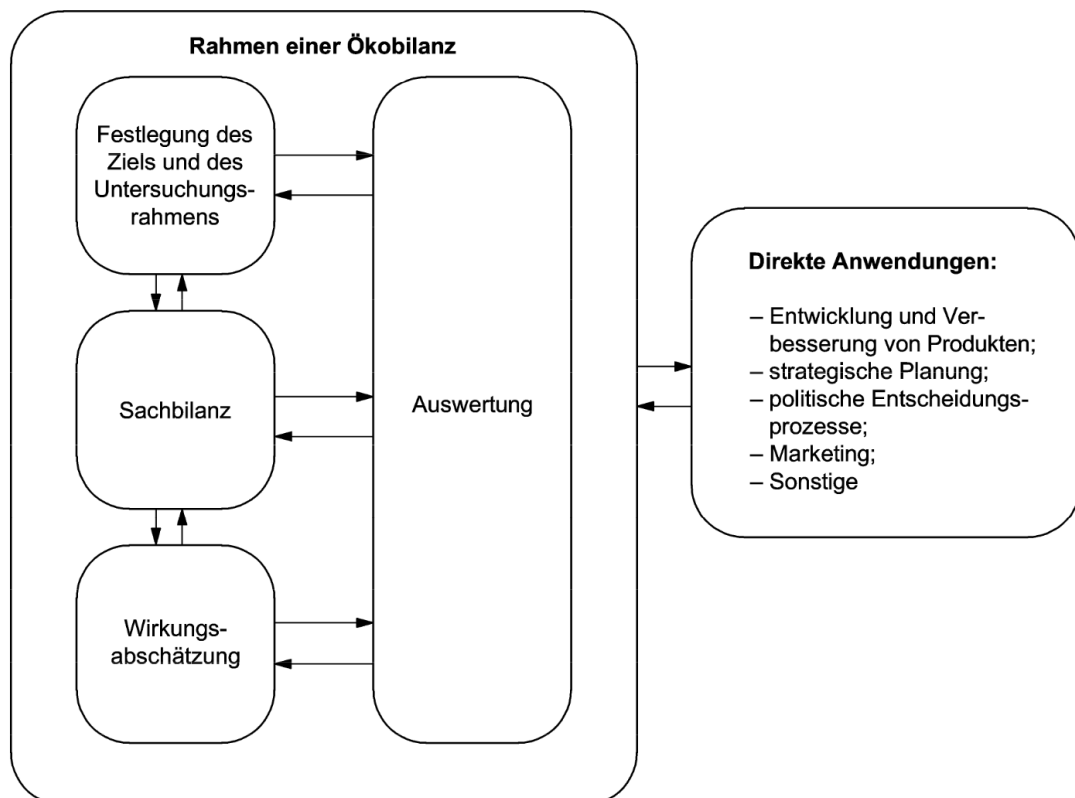


Abbildung 16 Phasen einer Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 [108]

Ökobilanzen haben eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten und können z.B. für die Bewertung der Umweltwirkungen von einzelnen Produkten oder Gebäuden, aber auch von Prozessen oder Dienstleistungen verwendet werden. Die Phasen bei der Erstellung sind jedoch immer dieselben: Zu Beginn muss der **Ziel- und Untersuchungsrahmen** festgelegt werden, in dem die Grenzen des betrachteten Produktsystems abgesteckt werden. Dazu gehört zum einen die Beschreibung des Systems (z.B. des betrachteten Gebäudes) und zum anderen die Festlegung der Ziele, also zu welchem Zweck die Bilanz erstellt wird. Zudem muss an dieser Stelle die funktionelle Einheit festgelegt werden, die bestimmt, in welches Verhältnis die berechneten Umweltwirkungen zu setzen sind. Bei Gebäuden wird hier häufig ein Flächenmaß festgelegt – so können die berechneten absoluten Umweltwirkungen, z.B. das Treibhauspotenzial (en. Global Warming Potential – GWP), auf die realisierte nutzbare Fläche des Gebäudes bezogen und somit in ein relatives Verhältnis gesetzt werden. Dies erlaubt z.B. den Vergleich zwischen Gebäuden unterschiedlicher Größe. Im Rahmen des Ziel- und Untersuchungsrahmens wird außerdem festgelegt, welche Umweltwirkungen bzw. -indikatoren näher untersucht oder überhaupt in der Bilanz abgebildet werden sollen. So kann neben dem GWP beispielsweise der Fokus auf nicht erneuerbare Primärenergie (en. Primary Energy Non Renewable, Total – PENRT) oder das Versauerungspotenzial von Böden und Wasser (en. Acidification Potential – AP) gelegt werden. Im nächsten Schritt ist eine **Sachbilanz** zu erstellen. Darin werden alle In- und Outputströme des betrachteten Produktsystems festgehalten. Dazu gehört bei Gebäuden unter anderem die Ermittlung und Quantifizierung aller Rohstoffe, Bauprodukte, Abfälle und für den Betrieb benötigte Energieformen, die bei der Erstellung, Nutzung und Entsorgung benötigt werden oder anfallen. Im Vergleich zu den in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Bilanzen kann dieser Schritt mit der Erfassung der Aktivitätsdaten gleichgesetzt werden. Bei sogenannten „Sachbilanzstudien“ kann an dieser Stelle bereits zur Auswertung der Ergebnisse der Ökobilanz übergegangen werden. In jedem anderen Fall folgt als dritte Phase die **Wirkungsabschätzung**. Darin werden die Ergebnisse der Sachbilanz mit zugehörigen Wirkungsindikatoren über Charakterisierungsfaktoren verknüpft und somit der Einfluss auf die zuvor festgelegten Umweltindikatoren (z.B. GWP) berechnet. Im Vergleich zu den in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Bilanzen gleicht dies der Festlegung der Emissionsfaktoren und deren Verrechnung mit den Aktivitätsdaten zur Ermittlung der Emissionsdaten. Zusammen mit der zuvor definierten funktionellen Einheit kann so in Bezug auf eine Gebäudeökobilanz beispielsweise das Treibhauspotenzial pro Quadratmeter Nutzfläche in Form von „kgCO₂Äquivalent/m²_{NRF}“ dargestellt werden. Die vierte Phase der Ökobilanz stellt die **Auswertung** dar. Darin sind die Ergebnisse der vorangehenden Phasen hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit dem Ziel- und Untersuchungsrahmen zu prüfen und entsprechend einzuordnen. Zudem sind alle Annahmen und Einschränkungen sowie deren Einfluss auf die Bilanz darzustellen. Die gesamte Auswertung und die zugehörigen Schlussfolgerungen sind dabei in einer möglichst leicht verständlichen und schlüssigen Form zu präsentieren. Es gilt zu beachten, dass es nicht ausreicht, die beschriebenen Phasen der Ökobilanz einmalig und chronologisch abzuarbeiten – vielmehr müssen in einem iterativen Verfahren die Teilergebnisse der einzelnen Phasen miteinander abgeglichen und regelmäßig entsprechende Anpassungen vorgenommen werden. [108] [109]

Für die Erstellung von **Ökobilanzen für Bauwerke** wurde zusätzlich die Norm DIN EN 15978 [110] veröffentlicht. Diese liefert anwendungsbezogene Berechnungsmethoden und Vorgaben, die spezifisch für die Bewertung von Umwelteinflüssen durch Gebäude zugeschnitten sind. Die Norm beschreibt durch die in Abbildung 17 dargestellten Lebenszyklusphasen (Herstellung, Errichtung, Nutzung, Entsorgung) und die zugehörigen Module A1-C4 eine Einteilung aller relevanten Prozesse im Lebenszyklus eines Gebäudes. Zudem sind in Modul D „Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen“, beispielsweise die potenzielle Wieder- oder Weiterverwertung von Produkten, abgebildet.

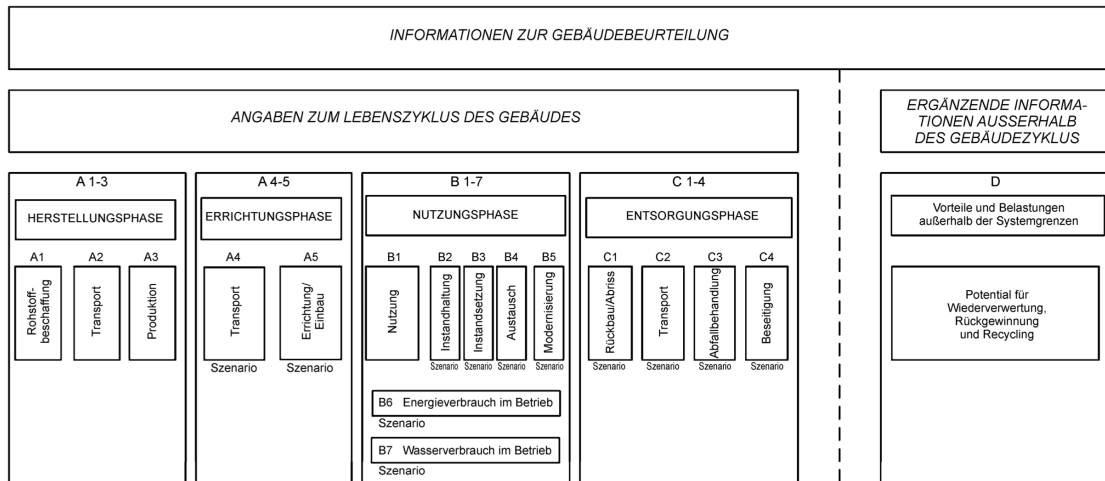


Abbildung 17 Lebenszyklusphasen und Module nach DIN EN 15978 [110]

Im Zuge der Festlegung des **Ziel- und Untersuchungsrahmens** kann bestimmt werden, welche der Module in den Bilanzen betrachtet und welche ausgeschlossen werden sollen. So gibt beispielsweise die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) für die Erstellung von Ökobilanzen die Einbeziehung der Module A1-3, B4, B6, C3, C4 und D vor [111]. Die übrigen können vernachlässigt werden. Für alle Module, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Ökobilanz noch in der Zukunft liegen, sind Szenarien zu entwickeln und anzuwenden. Die darin getroffenen Annahmen und zugrundeliegenden Informationen müssen möglichst umfassend und nachvollziehbar dokumentiert werden. Weitere Einschränkungen bezüglich der Systemgrenzen können anhand der Kostengruppen nach DIN 276 [112] vorgenommen werden. Statt jedes einzelne Teil des Gebäudes und der Außenanlagen zu erfassen, beschränken sich die Bilanzen häufig auf die Kostengruppe (KG) 300 (Bauwerk – Baukonstruktion) und die KG 400 (Bauwerk – Technische Anlagen), wobei letztere z.B. teilweise im Rahmen der DGNB-Bilanzierung in einem vereinfachten Verfahren über einen pauschalen Faktor einbezogen wird [111]. Weiter muss bei einer Gebäudeökobilanz ein Betrachtungszeitraum festgelegt werden – dieser bestimmt unter anderem, wie oft mit einem Austausch von Gebäudeteilen (Modul B4) nach dem Erreichen ihrer individuellen Lebensdauer gerechnet werden muss und auf welchen Zeitraum sich die Berechnungen für den Energiebedarf und den Wasserverbrauch im Betrieb (Module B6 & B7) beziehen. Die **Sachbilanz** kann bei Gebäudeökobilanzen auf unterschiedlichen Quellen basieren – je nach Planungsfortschritt und Leistungsphase beispielsweise auf der Massen- und Mengenermittlung im Rahmen der Kostenermittlung. Die

Wirkungsabschätzung erfolgt anschließend, indem die Daten aus der Sachbilanz mit zugehörigen Datensätzen zu deren Umweltwirkungen verknüpft werden.

Diese Datensätze liegen für Bauprodukte beispielsweise in Form von **Umweltproduktdeklarationen** (en. Environmental Product Declaration – EPD) vor, deren Erstellung in Bezug auf Bauprodukte durch die DIN EN 15804 [113] geregelt ist. Für die EPDs besteht eine Vielzahl von Datenbanken. Für Bauprojekte in Deutschland liefert die Ökobaudat, die auch als verpflichtende Basis für Ökobilanzen nach dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) für öffentliche Bauvorhaben des Bundes zu verwenden ist [114], frei zugängliche Daten. Weitere EPDs können z.B. auf der Website des Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) kostenlos abgerufen werden. Die Genauigkeit der Datensätze und somit auch der Ergebnisse der Ökobilanzen, in denen sie verwendet werden, können je nach Datensatztyp variieren. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) definiert dazu vier verschiedene Typen [115]:

- a) Spezifische Datensätze (en. specific dataset): herstellereigene Datensätze für konkrete Produkte
- b) Durchschnittsdatsätze (en. average dataset): durchschnittliche Datensätze von Industrieverbänden oder dem Zusammenschluss von mehreren Werken/Firmen
- c) Repräsentative Datensätze (en. representative dataset): Datensätze, die repräsentativ für Produkte aus einem bestimmten Land/einer bestimmten Region sind (z.B. Durchschnitt DE)
- d) Generische Datensätze (en. generic dataset): Datensätze, die auf Basis von z.B. Literatur oder Expertenwissen an Stelle von Industriedaten erstellt werden

Nach der DIN EN 15804 müssen bei der Erstellung von EPDs nicht alle Lebenszyklusphasen abgebildet werden. Falls diese jedoch im Ziel- und Untersuchungsrahmen als Bestandteil der Ökobilanz festgelegt werden, müssen für die fehlenden Module Annahmen getroffen und zusätzliche Berechnungen vorgenommen werden. So können in den Szenarien für die Erstellungsphase (Module A4 und A5) z.B. Abschätzungen zur Energie- und Wassernutzung, den anfallenden Abfall und die zurückzulegenden Transportstrecken vorgenommen werden [110]. Je nach Zeitpunkt der Bilanz wäre alternativ aber auch die direkte Datenerfassung im Baubetrieb, beispielsweise über das Abfallmanagement und die Abrechnungen von Baustrom sowie Bauwasser und die Erfassung der tatsächlich zurückgelegten Transporte möglich. Auch für die Nutzungsphase (insbesondere die Module B6 und B7) sind Szenarien zu entwickeln und zusätzliche Berechnungen anzustellen. Der Energieverbrauch im Betrieb (B6) kann dabei durch energetische Modellierungen abgebildet werden. Das BNB fordert hier etwa die Nutzung der Daten aus dem Energiebedarfsausweis des Gebäudes [114].

2.4.2 Anwendung von Gebäudeökobilanzen in Deutschland

Im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern wie Frankreich und Dänemark, in denen in den vergangenen Jahren bereits rechtliche Grundlagen für die Begrenzung von Treibhausgasemissionen im Gebäudelebenszyklus und die Erstellung von Gebäudeökobilanzen geschaffen wurden [116], sind vergleichbare Ansätze in Deutschland nach aktuell gültigem Recht nicht bindend anzuwenden. Eine Ausnahme stellen Bundesbauten ab einer Investitionssumme von 2 Millionen Euro dar [117], bei denen im Rahmen einer verpflichtenden BNB-Zertifizierung eine Gebäudeökobilanz erstellt werden muss. Neben dem BNB bestehen allerdings zahlreiche nationale und internationale Nachhaltigkeitsbewertungssysteme (z.B. DGNB, LEED, BREEAM, QNG), die einheitliche Berechnungs- und Bewertungsgrundlagen für die Durchführung von Gebäudeökobilanzen zur Verfügung stellen und auf freiwilliger Basis genutzt werden können. Die Erstellung von Gebäudeökobilanzen findet in Deutschland heute hauptsächlich im Rahmen dieser Zertifizierungssysteme Anwendung [118], deren Relevanz trotz der freiwilligen Nutzung in den letzten Jahren stark gestiegen ist [119].

Das im Jahr 2021 eingeführte **QNG** erfüllt zwar wie die übrigen Systeme keine rechtlich bindenden Anforderungen bezüglich der Erstellung von Gebäudeökobilanzen, verknüpft diese jedoch als staatliches Gütesiegel mit Förderprogrammen des Bundes im Rahmen der BEG. Für die im Jahr 2023 eingeführte Förderstufe „Klimafreundlicher Neubau (KFN)“ ist beispielsweise für Wohngebäude, unabhängig von der Erfüllung der übrigen Zertifizierungsanforderungen des QNG, eine Ökobilanz nach der QNG-Methodik zu erstellen und somit die Einhaltung von Anforderungen an die Treibhausgasemissionen im gesamten Gebäudelebenszyklus nachzuweisen [120]. Förderberechtigt sind je nach Programm neben Privatpersonen und Unternehmen auch Kommunen. Letztere können beispielsweise im Programm „KFN – Kommunen“ [49] für den Neubau und den Ersterwerb von Wohn- und Nichtwohngebäuden Zuschüsse von bis zu 10 Prozent der förderfähigen Kosten erhalten. Im Programm „Kommunen – Zuschuss“ [121] wird neben Zuschüssen zur energetischen Sanierung eine zusätzliche Förderung (bis zu 500.000 Euro bei Nichtwohngebäuden und bis zu 18.000 Euro pro Wohneinheit bei Wohngebäuden) für die erfolgreiche Zertifizierung nach dem QNG vergeben. In beiden Fällen ist die Durchführung einer Ökobilanz nach der QNG-Methodik verpflichtend nachzuweisen. Die zusätzlichen Kosten, die dabei für die Baubegleitung entstehen, werden zudem mit bis zu 20.000 Euro bezuschusst [121]. Neben der Anwendung im Rahmen von Förderprogrammen wird die Bilanzierungsmethodik des QNG laut einer Untersuchung des BBSR zudem als Grundlage für Einführung von Ökobilanzierungen im Ordnungsrecht empfohlen [118]. Damit soll unter anderem den Forderungen der EPBD nach verpflichtender Ermittlung der THG-Emissionen im Lebenszyklus von Gebäuden ab 2030 in der EU nachgekommen werden.

Zusammenfassend stellt das QNG als ein staatliches Gütesiegel die Schnittstelle zwischen öffentlicher Förderung, Nachhaltigkeitsbewertung und der Ökobilanzierung von Gebäuden dar. Die QNG-Methodik zur Gebäudeökobilanzierung wird deshalb als Grundlage für die weiteren Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit genutzt.

2.5 Zusammenfassung von Theorie und Grundlagen

Die bisherige Untersuchung hat gezeigt, dass auf den verschiedenen betrachteten Ebenen unterschiedliche Methoden zur Bilanzierung von Treibhausgasen vorliegen. Auf der **Unternehmensebene** besteht die Methodik des GHG-Protocols, welches eine Einteilung in indirekte und direkte Emissionen in verschiedenen Scopes vorsieht. Die im Rahmen dieser Arbeit im Fokus stehenden grauen Emissionen stellen eine indirekte Emission in Scope 3 dar, da sie aus Sicht der meisten Unternehmen in den vor- und nachgelagerten Teilen der Wertschöpfungskette auftreten. Die Methodik ermöglicht zwar prinzipiell eine Erfassung der grauen Emissionen, in der realen Durchführung konnte jedoch bereits gezeigt werden, dass Unternehmen Schwierigkeiten haben, dies praktisch umzusetzen, da die aktuellen Standards der Komplexität der zu erfassenden Daten nicht gerecht werden. Um diesem Problem entgegenzutreten, wurden in den letzten Jahren jedoch Zusatzdokumente und Leitfäden veröffentlicht, die im Rahmen des weiteren Verlaufes der Arbeit betrachtet werden.

Auf der **kommunalen Ebene** stehen wiederum je nach ausgewähltem Bereich der Betrachtung verschiedene Möglichkeiten der Bilanzierung zur Verfügung. Für die Erfassung der Emissionen des gesamten geografisch abgegrenzten kommunalen Verwaltungsgebiets setzt aktuell ein Großteil der Kommunen auf die BSKO-Bilanz. Diese folgt jedoch dem Prinzip eines territorialen Bilanzierungsansatzes und vernachlässigt folglich einen Großteil der Emissionen aus der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette – und somit auch die grauen Emissionen aus Bauaktivitäten. Für die Betrachtung der kommunalen Verwaltung eignet sich im Gegensatz dazu grundsätzlich der Einsatz des Corporate Standard des GHG-Protocol, in dem die Strukturen der Verwaltung Unternehmensstrukturen gleichgesetzt werden (Siehe die Beispielbilanz der LH München in Kapitel 2.3.4). Dies führt jedoch zu den bereits auf der Unternehmensebene beschriebenen Problemen. Eine Möglichkeit, um diesen derzeit auf der Unternehmens- und der kommunalen Verwaltungsebene entgegenzutreten, ist, die grauen Emissionen zumindest auf eine vereinfachte Weise darzustellen. Dazu werden diese beispielsweise über monetäre Faktoren geschätzt (ähnlich zu der Logik des konsumbasierten Ansatzes bei subnationalen Bilanzen über IOAs). Folglich werden graue Emissionen aus Bauaktivitäten meist, wenn überhaupt, nur vereinfacht oder im Fall von territorialen Bilanzen nur indirekt und unvollständig abgebildet (über THG-Emissionen aus Baustoffen, die innerhalb der geografischen Grenzen hergestellt werden und somit in den Sektoren GHD & Industrie vorkommen).

Auf der **Gebäudeebene** bestehen bereits seit vielen Jahren klar strukturierte Methoden zur Erfassung der Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus in Form von Gebäudeökobilanzen. Diese müssen aufgrund der zuvor beschriebenen regulatorischen Maßnahmen künftig häufiger erstellt werden. Im Rahmen dieser Arbeit soll nun geprüft werden, inwiefern diese Emissionsdaten auf der Gebäudeebene in Zukunft genutzt werden können, um die bestehenden Probleme auf der Unternehmens- und kommunalen Ebene zu lösen, indem darin graue Emissionen effektiv und möglichst genau bilanziert werden.

3 Methodik

Ziel der Arbeit ist die Darstellung von Potenzialen zur Erweiterung kommunaler Treibhausgasbilanzen durch die Integration grauer Emissionen aus Bauaktivitäten. Die Grundlagenrecherche hat ergeben, dass subnationale Bilanzierungsmethoden meist auf Territorialansätzen aufbauen und somit einen relevanten Anteil der Emissionen in Form von konsumierten Waren und Dienstleistungen (inklusive der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten) vernachlässigen. Das GHG-Protocol für die Bilanzierung auf der Unternehmensebene bietet hingegen grundsätzlich die Möglichkeit, auch Emissionen außerhalb definierter geografischer Grenzen in Form von Scope 3-Emissionen zu erfassen und somit auch die vor- und nachgelagerten Emissionen aus Bauaktivitäten einzuschließen. Dazu wurden in den letzten Jahren Lösungsansätze veröffentlicht, die bei der Erfassung dieser Emissionen helfen und genauere sowie besser beeinflussbare Ergebnisse liefern sollen. Diese Ansätze werden im Rahmen der folgenden Erhebungen untersucht, um anschließend zu prüfen, ob sich die in Deutschland etablierte Methodik des QNG für Gebäudeökobilanzen als Datengrundlage für die Bilanzierung auf der Unternehmensebene eignet. Die Erkenntnisse dieser Untersuchungen werden im Anschluss im Rahmen der Diskussion bezüglich ihrer Eignung zur Übertragung auf den kommunalen Kontext untersucht, um in einem abschließenden Schritt Handlungsempfehlungen für kommunale Entscheidungsträger abzuleiten.

3.1 Forschungsfragen

Aus den beschriebenen Gegebenheiten ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

- 1) Welche Bilanzierungsansätze zur Erfassung von grauen Emissionen aus Bauaktivitäten bestehen aktuell auf der Unternehmensebene und welche Vorgaben beinhalten diese?
- 2) Wie können Daten aus Gebäudeökobilanzen nach der Methodik des QNG im Rahmen dieser Ansätze genutzt werden?
- 3) Inwiefern lassen sich die gewonnenen Erkenntnisse auf die Treibhausgasbilanzierung der kommunalen Ebene übertragen?

Die zugehörige Hypothese lautet:

Die Analyse der betrachteten Bilanzierungsansätze zeigt die aktuellen Problemstellungen auf und gibt Hinweise für konkrete methodische Lösungen. Die Ergebnisse lassen sich auf die Bilanzierung auf kommunaler Ebene übertragen und es können entsprechende Handlungsempfehlungen für kommunale Entscheidungsträger abgeleitet werden.

Die Forschungsfragen werden im Rahmen dieser Arbeit auf Basis von vorhandener Literatur und den Erkenntnissen aus den in Kapitel 2 dargestellten Grundlagen beantwortet. Der folgende Abschnitt des Methodenteils beschreibt die dazu definierten Randbedingungen und Einschränkungen sowie das konkrete Vorgehen bei der Auswertung der untersuchten Dokumente.

3.2 Randbedingungen & Vorgehen

Die Beantwortung der Forschungsfragen erfolgt in Form einer theoriebasierten qualitativen Analyse und baut auf der systematischen Untersuchung und Gegenüberstellung bestehender THG-Bilanzierungsstandards auf.

Dazu werden in einem ersten Schritt (Kapitel 4.1) zwei **Lösungsansätze für die Erfassung von grauen Emissionen auf der Unternehmensebene** analysiert, die im Rahmen der Recherche als besonders relevant identifiziert werden konnten:

Das „Sector Supplement for Measuring and Accounting for Embodied Emissions in the Built Environment“ [122] (in der weiteren Arbeit als *Sector Supplement* bezeichnet) bezieht sich auf die bestehenden Dokumente des GHG-Protocols zur Bilanzierung von Produkten (Product Standard) und Unternehmen (Corporate Standard) sowie insbesondere dem zugehörigen Standard für die Erfassung von Scope 3-Emissionen (Scope 3 Standard). Das *Sector Supplement* wurde im Jahr 2021 in einer Kooperation von zwei Nachhaltigkeitsberatungen (Brightworks Sustainability und WAP Sustainability Consulting) erstellt, durch die Herausgebenden des GHG-Protocols auf seine Konformität mit den übrigen Standards überprüft und mit dem entsprechenden Siegel „Built on GHG-Protocol“ versehen. Unternehmen, die die Methodik anwenden, erfüllen damit folglich die offiziellen Vorgaben des GHG-Protocols und können die erhobenen Daten somit direkt in ihre Bilanzen nach dem GHG-Protocol integrieren. Schwerpunkt des *Sector Supplements* ist die Beschreibung der methodischen Erfassung der grauen Emissionen auf der Projekt- bzw. Gebäudeebene.

Das „UKGBC Embodied Carbon Scope 3 Measurement and Reporting“ [123] (in der weiteren Arbeit als *UKGBC-Dokument* bezeichnet) wurde von dem Green Building Council des Vereinigten Königreichs (UKGBC) im Jahr 2024 veröffentlicht. Es greift neben den GHG-Protocol Standards auf die Erkenntnisse weiterer Forschungsarbeiten und Lösungsansätze für die Bilanzierung grauer Emissionen im Bau- und Immobiliensektor zurück, fasst die darin enthaltenen Erkenntnisse zusammen und spricht daraus abgeleitete Empfehlungen für die Bilanzierung der am Bau beteiligten Parteien je nach deren Stellung in der Wertschöpfungskette aus. Schwerpunkt des Dokuments ist somit im Gegensatz zum *Sector Supplement* nicht die methodische Erfassung der Emissionen, sondern die Zuteilung der auf der Gebäudeebene erhobenen Daten zu den Unternehmensbilanzen.

Die betrachteten Dokumente decken gemeinsam folglich potenziell die Grundlagen für die Erfassung der Emissionsdaten sowohl auf der Gebäude- als auch der Unternehmensebene ab und bilden somit die Basis für die weiteren Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit.

In einem zweiten Schritt (Kapitel 4.2) erfolgt die **Überprüfung der QNG-Methodik** für die Erstellung von Gebäudeökobilanzen bezüglich ihrer **Eignung zur Anwendung im Kontext der GHG-Protocol-konformen Bilanzierung**. Dies erfolgt über einen systematischen Abgleich der zuvor aus den betrachteten Lösungsvorschlägen erarbeiteten Vorgaben zur Datenerfassung auf der Unternehmensebene mit den methodischen Vorgaben des QNG-Standards. Um eine nachvollziehbare und übersichtliche Struktur zu gewährleisten, wird der Abgleich in Anlehnung an die in

Kapitel 2.4 beschriebenen Grundbestandteile von Ökobilanzen nach DIN EN 14040 durchgeführt. Die Untersuchung gliedert sich dabei in zwei Unterkategorien, die in Tabelle 3 dargestellt sind. In der ersten Kategorie „Allgemeine Rahmenbedingungen“ wird die grundsätzliche Eignung der QNG-Methodik zur Anwendung im Kontext der GHG-Protocol-konformen Bilanzierung überprüft. In der zweiten Kategorie „Spezifische Bilanzierungsvorgaben“ erfolgt anschließend ein Abgleich der methodischen Vorgaben zur Datenerhebung auf der Gebäudeebene.

Tabelle 3 Untersuchungsrahmen des systematischen Abgleichs der Bilanzierungsstandards

Allgemeine Rahmenbedingungen	Normative Grundlagen	
	Anwendungsbereiche	
	Zeitpunkt der Datenerhebung	
	Datenquellen und Datenqualität	
Spezifische Bilanzierungsvorgaben	Ziel- und Untersuchungsrahmen	Lebenszyklusphasen
		Gebäudeteile
		Abschneidekriterien
		Umweltwirkungen
		Betrachtungszeitraum und Bauteilnutzungsdauern
		Zentrale Bezugsgrößen
	Sachbilanz	
	Wirkungsabschätzung	
	Auswertung	

Aufbauend auf den Ergebnissen der Gegenüberstellung der Bilanzierungsstandards werden im Rahmen der Diskussion in Kapitel 5 mögliche methodische Erweiterungen zum Angleich der QNG-Methodik an die Vorgaben der GHG-Protocol-konformen Methodik bezüglich ihrer Umsetzbarkeit diskutiert.

Abschließend sollen die gewonnen Erkenntnisse auf die Bilanzierung der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten auf der kommunalen Ebene übertragen werden. Die resultierenden Handlungsempfehlungen werden in mehrere Stufen je nach Ansprüchen an die Vollständigkeit und Genauigkeit der Abbildung in der kommunalen Gesamtbilanz gegliedert. Die Definition der Stufen erfolgt anhand zweier Parameter. Zum einen wird dabei zwischen verschiedenen organisatorischen Systemgrenzen unterschieden, die die zu erfassenden Bauaktivitäten festlegen. Zum anderen wird die Tiefe und der Umfang der notwendigen Datenerhebung bei der Bilanzierung auf der Gebäudeebene einbezogen. Diese Einteilung erfolgt, um eine sukzessive Einführung der vorgeschlagenen Bilanzierungsmaßnahmen in Abhängigkeit des anfallenden Aufwands und der vorhandenen Kapazitäten zur Umsetzung in den Kommunen zu ermöglichen.

4 Auswertung

Im Folgenden werden die Bilanzierungsansätze des *UKGBC-Dokuments* und des *Sector Supplements* zunächst bezüglich ihres Aufbaus untersucht und die relevanten Inhalte aus dem jeweiligen methodischen Vorgehen zusammengefasst. Anschließend werden die Ansätze mit den Vorgaben der QNG-Methodik zur Erstellung von Gebäudeökobilanzen abgeglichen.

4.1 Lösungsvorschläge für Unternehmen

Die Bilanzierung von grauen Emissionen im Bauwesen ist aufgrund der langen und komplexen Wertschöpfungskette, die über mehrere Jahre und Lebenszyklusphasen eines Gebäudes hinwegreicht, besonders herausfordernd. Die Dokumente des GHG-Protocols, insbesondere der Scope 3 Standard und der Product Standard, bieten umfassende Methoden zur Erfassung von indirekten Emissionen auf Unternehmens- und Produktebene. Die spezifisch im Bauwesen auftretenden Emissionen, die von der Herstellung der Baumaterialien über den Bauprozess bis hin zu Betrieb, Renovierungen und letztlich bei Abbruch oder Rückbau und Recycling des Gebäudes anfallen, werden darin jedoch nicht direkt adressiert. In diesem Kapitel soll analysiert werden, welche zusätzlichen branchenspezifischen Bilanzierungsansätze dazu genutzt werden können, die grauen Emissionen aus Bauaktivitäten künftig präziser und konsistenter zu erfassen und in die Bilanzen der Unternehmen zu integrieren, die an der Wertschöpfungskette beteiligt sind.

4.1.1 Embodied Carbon Scope 3 Measurement and Reporting

Der Leitfaden **Embodied Carbon Scope 3 Measurement and Reporting** [123] kritisiert die Ungenauigkeit von Bilanzdaten auf Basis monetärer Faktoren (siehe z.B. Kapitel 2.3.2 „spending data“), die sich als einfaches Mittel zur Abschätzung von Scope 3-Emissionen etabliert haben. Durch die Nutzung von Daten aus EPDs und LCAs soll diesem Umstand in Bezug auf graue Emissionen aus Bauaktivitäten entgegengewirkt werden, indem stattdessen möglichst genaue Emissionsfaktoren genutzt werden, die auf der individuellen Projektebene erhoben und anschließend in die Bilanzen auf Unternehmensebene übertragen werden können. Als Bilanzierungsmethodik für Unternehmen bezieht sich der Leitfaden dabei auf den GHG-Protocol Corporate Standard und zeigt auf, wie nach der darin beschriebenen Logik die grauen Emissionen den verschiedenen Beteiligten aus der gesamten Wertschöpfungskette von Gebäuden zugeordnet werden können. Bezüglich der Methodik zur Erstellung von Ökobilanzen auf der Gebäudeebene wird das „Whole Life Carbon Assessment (WLCA)“ der britischen „Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS)“ referenziert. [123] Das WLCA basiert wiederum unter anderem auf den Vorgaben der DIN EN 15978 und der DIN EN 15804 [124] und ist somit grundsätzlich, zumindest bezüglich der betrachteten Lebenszyklusphasen, vergleichbar mit alternativen Methoden für die Erstellung von

Gebäude-LCAs. Die spezifische Eignung von Ökobilanzen nach dem QNG im Rahmen der hier beschriebenen Lösungsvorschläge wird in Kapitel 4.2 genauer betrachtet. Es gilt zu beachten, dass im *UKGBC-Dokument* der Herstellungs- und Errichtungsphase gemäß dem WLCA neben den Modulen A1-A5 auch zusätzlich das Modul A0 zugeordnet wird. Darin werden Vorbereitungsarbeiten vor der tatsächlichen Bauausführung eingeordnet (z.B. notwendige Flugreisen für Planungsteams) [124]. Da diese jedoch eher für Infrastrukturprojekte und weniger für der Erstellung von Gebäuden relevant sind [124], werden diese im Folgenden vernachlässigt.

Der Leitfaden identifiziert zunächst zwei konkrete Diskrepanzen bezüglich der Komptabilität der Bilanzierungsansätze auf Gebäudeebene (Ökobilanzen) und der auf Unternehmensebene (GHG-Protocol). Zum einen wird die Art der verfügbaren Daten aus Gebäude-LCAs angesprochen. Hier besteht allerdings kein signifikantes Problem, da die Ergebnisse aus Gebäudeökobilanzen meist ohnehin den durch das GHG-Protocol empfohlenen Kategorien für Emissionsfaktoren mit der höchsten Genauigkeit entsprechen: „Cradle-to-gate“ Daten zur Berechnung von Emissionen in der vorgelagerten Wertschöpfungskette und „life-cycle emissions“ für sowohl vor- als auch nachgelagerte Emissionen. Unternehmen, die die grauen Emissionen bereits über monetäre Faktoren oder andere pauschale Aktivitätsdaten abbilden, müssen ihre Prozesse allerdings entsprechend anpassen. [123]

Die zweite Diskrepanz bezieht sich auf die zeitlichen Unterschiede in der Datenerhebung im Rahmen von Gebäudeökobilanzen gegenüber den Vorgaben in der Berichterstattung auf der Unternehmensebene. Während Gebäude-LCAs zwar zu unterschiedlichen Zeiten im Projektablauf erstellt werden können, bilden diese üblicherweise alle Emissionen auf einmal ab, die über den gesamten Lebenszyklus des betrachteten Projekts anfallen, beispielsweise in frühen Planungsphasen und/oder abschließend nach Fertigstellung des Gebäudes. Das GHG-Protocol fordert jedoch eine jährliche Bilanzierung der Emissionen, die in dem ausgewiesenen Berichtsjahr tatsächlich verursacht werden. Um dieser Vorgabe gerecht zu werden, müssten die Erhebungen im Rahmen der Ökobilanzen so angepasst oder ausgewertet werden, dass sie eine jährliche Aufschlüsselung ermöglichen. Diese Differenzierung kann beispielsweise in Bezug auf die Herstellungs- und Errichtungsphase insbesondere bei Großprojekten von Relevanz sein, bei denen sich der Zeitraum von der Planung bis zur Fertigstellung potenziell über mehrere Jahre oder gar Jahrzehnte erstreckt. Der Leitfaden schlägt deshalb die folgenden zwei Optionen für die potenzielle Umsetzung einer jährlichen Bilanzierung in der Errichtungsphase vor. Es gilt jedoch zu beachten, dass eine einmalige Bilanzierung zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Gebäudes je nach Anwendungsfall als Alternative nicht ausgeschlossen ist (mehr dazu in Tabelle 4). [123]

- 1) Direkte Erfassung der verwendeten Materialien: Dieser Lösungsansatz gibt vor, die Emissionen der Herstellungs- und Errichtungsphase (en. upfront carbon, Module A1-A5) in dem Jahr zu bilanzieren, in dem die verwendeten Materialien erworben werden. Die Umsetzung bezüglich der Module A1-A3 kann entweder über die Abrechnungen der Materialien oder über die Erfassung der Materiallieferungen an die Baustelle erfolgen (z.B. über Lieferscheine). Der Leitfaden empfiehlt für eine konsistente Bilanz eine klare Trennung der Optionen. Auch die Emissionen aus dem Transport zur Baustelle (Modul A4) und

den Emissionen aus der Errichtung und dem Einbau (Modul A5) sollen jährlich erfasst werden. Hier wird darauf verwiesen, dass dazu in der Branche bereits Ansätze bestehen (z.B. über das WLCA) und entsprechend genutzt werden sollten. Die Erfassung der übrigen Lebenszyklusphasen, also der Nutzung (B-Module) und der Entsorgung (C-Module), kann hier im Jahr der Fertigstellung oder des Verkaufs des Gebäudes erfolgen. [123] Die darin enthaltenen Emissionen werden in diesem Fall also nicht in dem Jahr bilanziert, in dem sie verursacht werden, sondern wieder pauschal in Form von Szenarien zum Zeitpunkt der Fertigstellung.

- 2) Zuordnung über monetäre Anteile: Dieser zweite Lösungsansatz beschreibt die alternative Zuteilung der Emissionen über die bereits realisierten Anteile des Gesamtprojekts – gemessen an den Anteilen der in Ausführungsplanung (en. Technical Design Stage) errechneten Gesamtausgaben und der zum selben Zeitpunkt erstellten Ökobilanz. Für den Fall, dass in einem Jahr beispielsweise ein Viertel der Baukosten anfällt, sind somit auch 25 % der grauen Emissionen in diesem Jahr zu bilanzieren. [123] Die Zuteilung bezieht sich im Gegensatz zu dem zuvor beschriebenen Ansatz auf alle Lebenszyklusphasen von der Erstellung bis zum Abriss bzw. Rückbau.

Option 2) Zuordnung über monetäre Anteile (Jährlich, anhand der zuvor berechneten Gesamtausgaben)

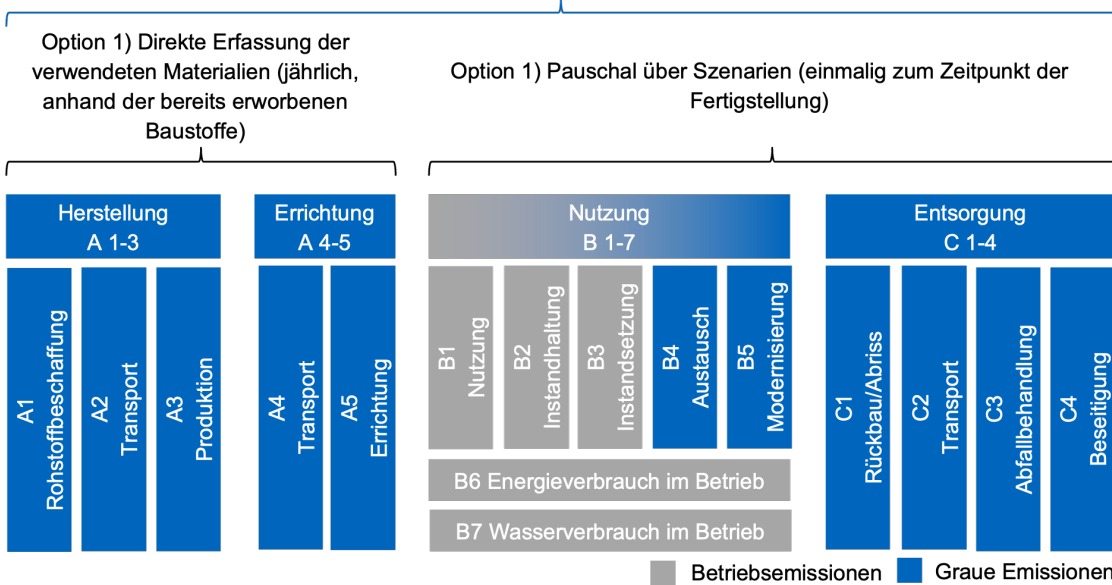


Abbildung 18 Optionen für die potenzielle Umsetzung einer jährlichen Bilanzierung, eigene Darstellung

Beide vorgeschlagenen Lösungsansätze bilden also die Zuordnung der Emissionen aus der Herstellungs- und Errichtungsphase in einer jährlichen Bilanz ab. Die Emissionen aus den übrigen Phasen werden entweder bereits pauschal während der Errichtung entsprechend monetären Anteilen (Option 2) oder im Jahr der Fertigstellung des Gebäudes gebündelt bilanziert (Option 1). Option 2 bringt wiederum zusätzliche Ungenauigkeiten mit sich, da hohe Kosten während der Bauphase ggf. nicht unbedingt mit hohen Emissionen korrelieren und somit keine akkurate Zuordnung mehr möglich ist. Zudem müssen dabei für den Fall, dass im Lauf der Errichtung Änderungen gegenüber der Ausführungsplanung vorgenommen werden, entsprechende

Anpassungen in der Emissionsbilanz nach der Fertigstellung vorgenommen werden. Auch die Emissionen der Errichtungsphase (Module A4 & A5) sind in der zweiten Option potenziell nicht akkurat abgebildet, da diese anhand von zuvor festgelegten Szenarien und nicht den tatsächlich ausgeführten Prozessen berechnet werden. Für Anwendungen mit hohen Ansprüchen an die Genauigkeit der Zuteilung ist folglich Option 1 zu bevorzugen. Diese lässt zudem in bestimmten Fällen (im folgenden Absatz beschrieben) auch eine weitere Unterteilung und Zuordnung der Emissionen aus der Nutzungs- und Entsorgungsphase zu. [123]

In welche Unternehmensbilanzen die auf der Projektebene im Rahmen der Gebäudeökobilanzen berechneten Emissionen letztlich integriert werden, ist abhängig von der Rolle des berichtenden Unternehmens in der Wertschöpfungskette des Projekts. Der Leitfaden definiert zu diesem Zweck verschiedene Gruppen von Projektbeteiligten entsprechend ihrer Beteiligung (siehe Abbildung 19) und zeigt die mögliche Zuordnung der Emissionen aus den einzelnen Lebenszyklusphasen auf (siehe Tabelle 4).

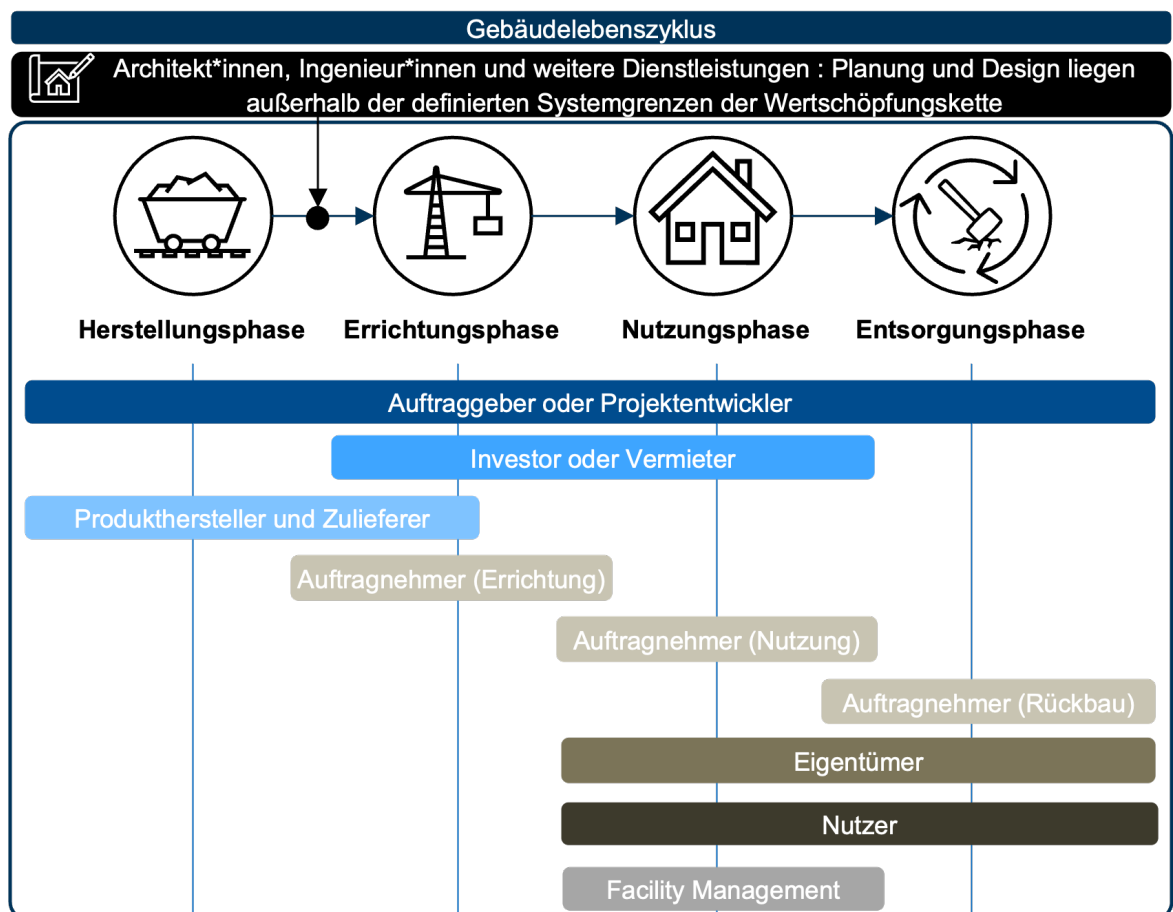


Abbildung 19 Gruppen von Projektbeteiligten und deren Einflussbereiche, eigene Darstellung basierend auf [123]

Innerhalb der individuellen Bilanzen der Projektbeteiligten sind die grauen Emissionen der unterschiedlichen Lebenszyklusphasen wiederum in eine der 15 Scope 3-Unterkategorien (siehe Kapitel 2.2.1) einzuordnen. Die resultierende Zuteilung ist ebenfalls in Tabelle 4 zu sehen. So sollen die Emissionen jeweils den Parteien in der Wertschöpfungskette zugeordnet werden, die diese auch beeinflussen können. [123]

Tabelle 4 Zuordnung der THG-Emissionen in Scope 3-Unterkategorien nach Lebenszyklusphasen und Zeitpunkt der Berichterstattung in Abhängigkeit der Projektbeteiligung des bilanzierenden Unternehmens, eigene Darstellung nach [123]

Projektbeteiligte	Herstellungs- und Errichtungsphase		Nutzungsphase		Entsorgungsphase	
	Zeitpunkt	Scope 3-Kategorie	Zeitpunkt	Scope 3-Kategorie	Zeitpunkt	Scope 3-Kategorie
Auftraggeber oder Projektentwickler	*Jährliche Bilanz während Errichtung	Eingekaufte Waren & Dienstleistungen	<i>Keine: Das GHG-Protocol gibt für die Nutzungsphase in der Kategorie „Nutzung verkaufter Produkte“ nur die Emissionen aus der Betriebsphase vor</i>		Zum Verkauf	Behandlung und Entsorgung verkaufter Produkte
	Einmalig nach Errichtung	Kapitalgüter				
Eigentümer - Vermieter	Zum Kauf	Kapitalgüter	*Bei Durchführung der Arbeiten	Vermietete oder verleaste Sachanlagen	*Zum Abriss o. Rückbau	Vermietete oder verleaste Sachanlagen
Eigentümer - Nutzer	Zum Kauf	Kapitalgüter, oder Eingekaufte Waren und Dienstleistungen	*Bei Durchführung der Arbeiten	Kapitalgüter oder Eingekaufte Waren und Dienstleistungen	*Zum Abriss o. Rückbau	Kapitalgüter oder Eingekaufte Waren und Dienstleistungen
Haupt-auftragnehmer	*Jährliche Bilanz während Errichtung	A1-A3 Eingekaufte Waren und Dienstleistungen A4 Vorgelagerter Transport und Distribution A5 direkte Emissionen in Scope 1	<i>*Einordnung der Emissionen entsprechend den Vorgaben für die Herstellungs- und Errichtungsphase in „Eingekaufte Waren und Dienstleistungen“, „Vorgelagerter Transport und Distribution“ oder direkte Emissionen in Scope 1 – jeweils in den Jahren der Ausführung der Arbeiten</i>			
Subunternehmer	*Jährliche Bilanz während Errichtung	Je nach durchgeführter Tätigkeit (s.o.)				
Investoren & Geldgeber	<i>Für Investoren und Geldgeber liegt der Schwerpunkt der Berichterstattung auf den Emissionen aus der Herstellungs- und Errichtungsphase – grundsätzlich sind diese den Kategorien „Investitionen“ sowie „Vermietete oder verleaste Sachanlagen“ zuzuordnen. Der Leitfaden spezifiziert die Zuordnung jedoch nicht und verweist auf zusätzliche Quellen. Diese beschreiben wiederum, dass je nach Definition der organisatorischen Systemgrenzen auch Emissionen aus der Nutzungs- und Entsorgungsphase erfasst werden müssen [125].</i>					
Nutzer/Mieter	Keine	Keine	*Bei Durchführung der Arbeiten	Gemietete oder geleaste Sachanlagen	Keine	
Facility Management	<i>Für das Facility Management spezifiziert der Leitfaden die Zuordnung nicht und verweist auf zusätzliche Quellen. Diese beschreiben wiederum keine direkte Bilanzierung von grauen Emissionen, die unmittelbar mit dem Gebäude in Verbindung stehen und auf der projektebene im Rahmen einer Gebäude-Ökobilanz nach EN15978 erfasst werden [126].</i>					

*Diese Emissionen werden zum Zeitpunkt der Durchführung der Maßnahme durch eine eigene Berechnung in Form einer neuen LCA erhoben. Bei den übrigen Feldern sind die Daten aus einer LCA zu nutzen, die das Gebäude zum Zeitpunkt der Fertigstellung repräsentiert (en. as-built embodied carbon).

Tabelle 4 zeigt die Komplexität, die mit der Zuordnung der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten in Unternehmensbilanzen verbunden ist. Die Projektbeteiligten müssen entsprechend ihrer Position in der Wertschöpfungskette die Daten aus verschiedenen Lebenszyklusphasen des betrachteten Gebäudes aus bestehenden Ökobilanzen isolieren oder selbst erheben und in ihren Bilanzen auf Unternehmensebene den zugehörigen Scope 3-Kategorien zuordnen. Dazu kann in einzelnen Fällen auf eine Ökobilanz zurückgegriffen werden, die einmalig zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Gebäudes erstellt wird – Besonders bezüglich der Bilanzierung der Emissionen aus der Nutzungs- und Entsorgungsphase fordert der Leitfaden jedoch in einigen Fällen die Erfassung der tatsächlichen Maßnahmen in Form einer eigenen Berechnung. Im Zuge von Renovierungs- oder Sanierungsarbeiten oder im Fall eines Abrisses oder Rückbaus wäre somit die Erstellung von weiteren Ökobilanzen für die jeweilige bauliche Maßnahme nötig. Dies widerspricht jedoch teilweise den Aussagen des Leitfadens zu Option 1 bezüglich der direkten Erfassung der verwendeten Materialien in einer jährlichen Bilanz, die zu Beginn dieses Kapitels beschrieben wurde. An dieser Stelle wird davon ausgegangen, dass sich die Ausführungen darin ausschließlich auf die Bilanzierung von Projektbeteiligten bezieht, die eine jährliche Bilanzierung in der Bauphase abbilden wollen oder müssen – und im Fall eines anschließenden Verkaufs die Emissionen aus den Lebenszyklusphasen, auf die sie keinen Einfluss mehr nehmen können, pauschal über die festgelegten Szenarien aus der Ökobilanz zum Zeitpunkt der Fertigstellung abbilden. Dies trifft beispielsweise auf die Rolle der Projektentwickler zu.

Bezüglich der konkreten Umsetzung der im Leitfaden vorgeschlagenen Methoden räumt das UKGBC ein, dass diese nicht von heute auf morgen auf alle relevanten Projekte angewendet werden können und schlägt deshalb eine schrittweise Einführung vor [123]. Unternehmen könnten die Emissionen in ihren Berichten dann, wie in Abbildung 20 dargestellt, entsprechend den verwendeten Methoden zur Berechnung ausweisen. So kann dargestellt werden, welche Anteile mit welcher Genauigkeit in die Bilanz einfließen.

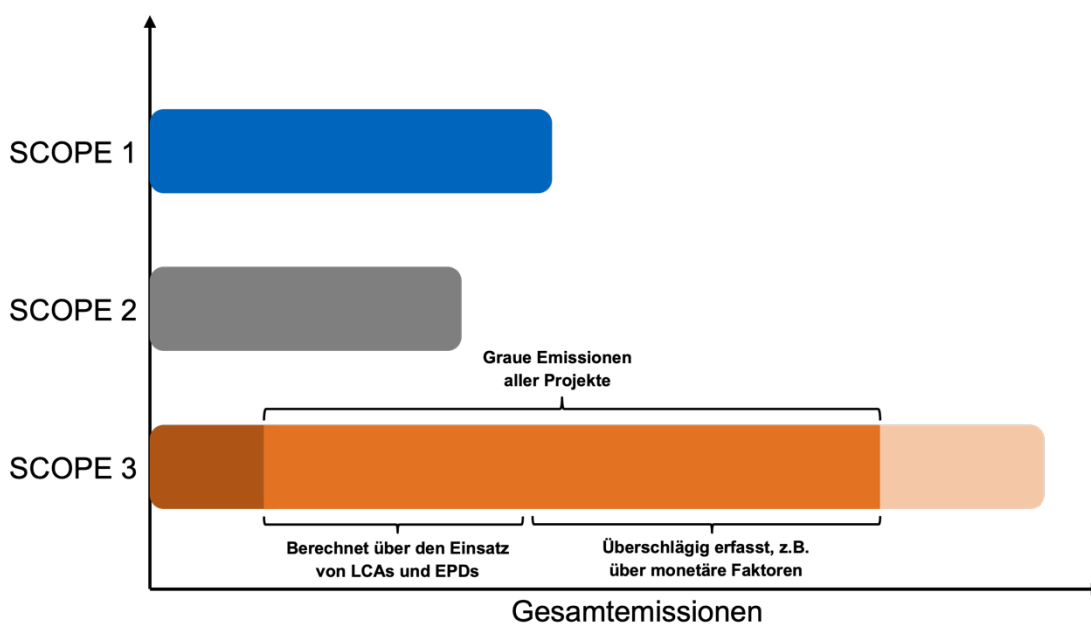


Abbildung 20 Darstellung der Scope 3-Emissionen im Rahmen von THG-Bilanzen nach dem GHG-Protocol, eigene Darstellung basierend auf [123]

4.1.2 Sector Supplement for Measuring and Accounting for Embodied Emissions in the Built Environment

Das **“Sector Supplement for Measuring and Accounting for Embodied Emissions in the Built Environment”** [122] soll offene Fragen zur Erfassung von grauen Emissionen aus Bauaktivitäten klären und so eine genauere und konsistentere Integration dieser Emissionen in Unternehmensbilanzen ermöglichen. Die im Dokument vorgeschlagenen Lösungsansätze und die darin beschriebenen Methoden zur Erreichung dieses Ziels werden im Folgenden zusammengefasst.

Zentrales Element des Dokuments ist die **Integration von Gebäude-LCAs und EPDs** für eine möglichst präzise und umfassende Erfassung der grauen Emissionen. Die Inhalte beziehen sich dabei unter anderem konkret auf die Festlegung von Systemgrenzen (sowohl auf Gebäude- als auch auf Unternehmensebene), die Zuteilung der Emissionen je nach Lebenszyklusphase sowie die Bewertung der Datenqualität und den Umgang mit fehlenden Daten. Bei der Bilanzierung der grauen Emissionen als Teil der Gesamtbilanz eines Unternehmens sind dieselben fünf Grundprinzipien einzuhalten, die auch im Corporate Standard aufgeführt sind (siehe auch Kapitel 2.2.1): Relevanz, Vollständigkeit, Konsistenz, Transparenz und Genauigkeit. [122]

Die **normativen Grundlagen** für die Ausführungen stellen die EN 15978 für Gebäude und die EN 15804 für Produkte dar. Die darin festgelegten Module zur Aggregation der Emissionen aus den unterschiedlichen Lebenszyklusphasen (siehe auch Kapitel 2.4.1) bilden somit die Basis für die Zuteilung innerhalb der Unternehmensbilanzen: Herstellungsphase (A1-A3), Errichtungsphase (A4-A5), Nutzungsphase (B1-B7), Entsorgungsphase (C1-C4) sowie Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen (Modul D). Die beschriebenen Module lassen sich wiederum, wie in Abbildung 21 zu sehen, mit den **Definitionen der Scopes** aus dem Corporate Standard verknüpfen. Direkte Emissionen aus der Nutzungsphase (exklusive Module B4 und B5) sind den Scopes 1 & 2 zuzuordnen und somit im Rahmen der Betrachtung der grauen Emissionen in dieser Arbeit nicht weiter relevant. Die Module A1-A5 aus der Herstellungs- und Errichtungsphase werden als vorgelagerte Emissionen in Scope 3 eingeordnet. Die Module B4 und B5 aus der Nutzungsphase, sowie alle Module aus der Entsorgungsphase (C1-C4) sind wiederum als nachgelagerte Emissionen in Scope 3 zu erfassen. [122] Diese Zuordnung in vor- und nachgelagerte Emissionen kann jedoch in bestimmten Anwendungsfällen je nach der Rolle des bilanzierenden Unternehmens in der Wertschöpfungskette des betrachteten Gebäudes abweichen (siehe Kapitel 4.1.1). Das *Sector Supplement* begrenzt außerdem graue Emissionen (en. Embodied Emissions) abweichend zu der sonst in dieser Arbeit verwendeten Definition auf die vorgelagerten Emissionen (Module A1-A5). Die nachgelagerten Emissionen werden zwar als ergänzende Datenpunkte aufgeführt, bei der Berechnung der Summe der grauen Emissionen werden sie jedoch nicht direkt mit eingerechnet. [122]

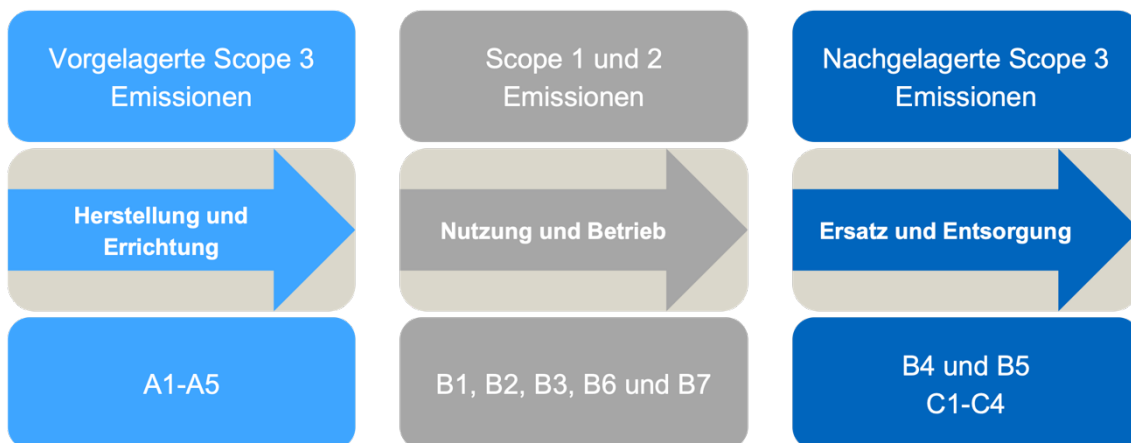


Abbildung 21 Zuordnung der Lebenszyklusphasen nach EN 15978 zu den Scopes des GHG-Protocols, eigene Darstellung basierend auf [122]

Für alle Scope 3-Emissionen bestehen wiederum die bereits in Kapitel 2.2.1 beschriebenen 15 Unterkategorien zur weiteren Einordnung in den Unternehmensbilanzen. Abbildung 22 zeigt eine vereinfachte Darstellung dieser Zuordnung. Es gilt jedoch zu beachten, dass auch hier die Unterkategorien je nach bilanzierendem Unternehmen in der Wertschöpfungskette des untersuchten Gebäudes von der Darstellung abweichen können. Die Abbildung beinhaltet außerdem zusätzliche Informationen zum Zeitpunkt der Bilanzierung der jeweiligen Emissionen, also in welchem Bilanzjahr diese jeweils ausgewiesen werden müssen (siehe Kapitel 4.1.1).

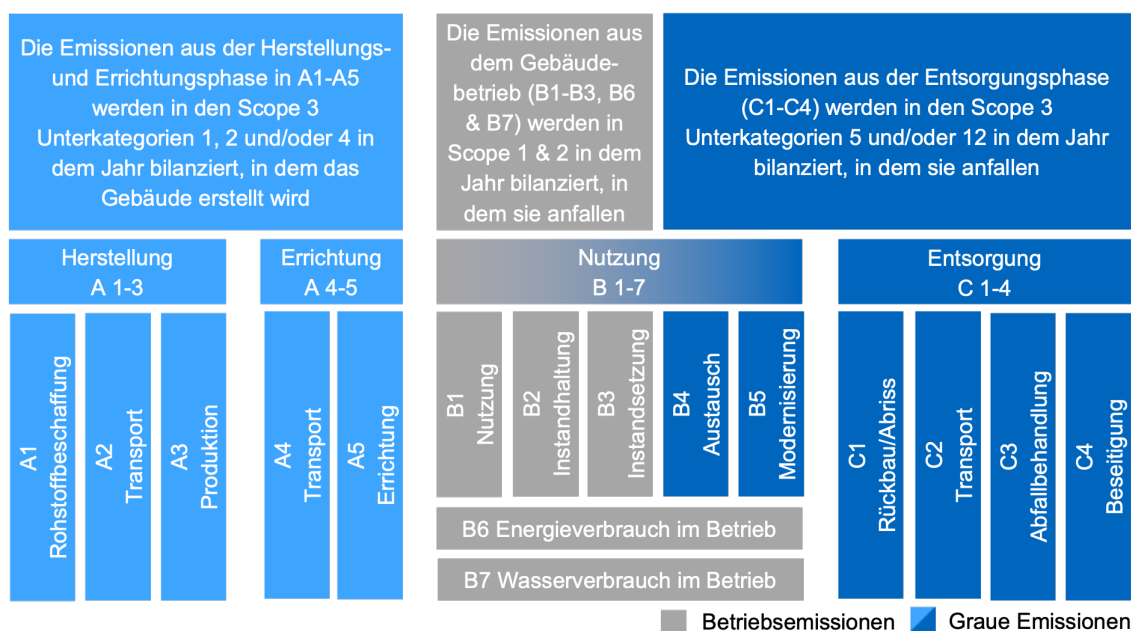


Abbildung 22 Zuordnung der vor- und nachgelagerten Emissionen zu den Scope 3-Unterkategorien, eigene Darstellung basierend auf [122]

Die Umsetzung der Bilanzierung der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten erfolgt in zehn Schritten, die in Tabelle 5 zusammenfassend zur Übersicht aufgeführt sind und anschließend ausführlich beschrieben werden. Alle Schritte beziehen sich primär auf die vorgelagerten Emissionen (A1-A5), Schritt 7 beschreibt jedoch zusätzlich auch die Erfassung der nachgelagerten Emissionen (B4, B5 & C1-C4).

Tabelle 5 Zusammenfassung der Prozessschritte nach dem Sector Supplement

Ausführungsschritt	Beschreibung
1: Bestimmung der Projektart, Zusammenstellung eines Projektteams und Festlegung des Ziels	Welche Art der Bilanz soll auf der Projektebene durchgeführt werden? 1) Umfassende Bilanz (Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Projekts) 2) Teilbilanz (Betrachtung einzelner Lebenszyklusphasen und/oder einzelner Gebäudeteile) 3) Bilanz eines Portfolios (Zusammenführung von umfassenden Bilanzen und Teilbilanzen)
2: Festlegung der organisatorischen Systemgrenzen und Planung des Datenmanagements	Welche Bestandteile des betrachteten Projekts werden untersucht (Abgrenzung je nach Wahl des Konsolidierungsansatzes entsprechend dem Corporate Standard) und wie werden die benötigten Daten beschafft und verwaltet?
3: Identifikation und Zusammenstellung aller verwendeten Produkte	Erfassung aller relevanten Produkte innerhalb der vorgegeben Systemgrenzen und in den vorgegebenen Produktkategorien. Mögliche Produktkategorien sind a) Technische Gebäudeausstattung (en. Mechanical, Electrical and Plumbing Systems – MEP) b) Innen-/Mieterausbau (en. Tenant Improvement – TI) c) Rohbau, Erschließung und Gebäudehülle (en. Core & Shell – C&S)
4: Beschaffung von Datenquellen für Emissionsfaktoren	Beschaffung von Produkt-LCAs, EPDs und/oder weiterer Quellen für die Emissionsfaktoren der zuvor identifizierten Produkte. Einordnung nach Datenqualität entsprechend dem Corporate und Scope 3 Standard
5: Bewertung der Datenqualität	Nutzung einer erweiterten „Pedigree-Matrix“ für alle Produkte
6: Optimierung der Datenqualität und Berechnung der Unsicherheiten	Ggf. Anpassung der Datenquellen bei unzureichender Qualität; Quantifizierung der Unsicherheiten über Umrechnungstabellen
7: Berechnung der grauen Emissionen	Berechnung der vorgelagerten Emissionen (verpflichtend) und der nachgelagerten Emissionen (optional)
8: Verifizierung durchführen	Verifizierung durch unabhängige Partei zur Steigerung der Belastbarkeit der Daten
9: Berichterstattung und Offenlegung	Umfassende Beschreibung und Veröffentlichung der Ergebnisse und der getroffenen Annahmen bei der Bilanzierung
10: Festlegung von Reduktionszielen	Identifikation von Möglichkeiten zur Emissionsreduktion und Festlegung von zugehörigen Zielen. Durchführung von zusätzlichen Iterationen zur Überprüfung der Wirksamkeit der potenziellen Maßnahmen

Die **Schritte 1 und 2** hängen eng zusammen, da die darin vorzunehmenden Abgrenzungen bezüglich der betrachteten Maßnahmenart und den zu erfassenden Prozessschritten maßgeblich von den organisatorischen Grenzen des bilanzierenden Unternehmens abhängen. Die Wahl des Konsolidierungsansatzes (Abgrenzung nach Kapitalanteil, finanzieller oder operativer Kontrolle, siehe Kapitel 2.2.1) kann signifikanten Einfluss auf die Abgrenzung der relevanten Lebenszyklusphasen und/oder die Anteile an der Summe der Gesamtemissionen haben, die dem bilanzierenden Unternehmen letztlich zugeschrieben werden. Zudem werden dabei auch die Verantwortlichkeiten für die Datenbeschaffung festgelegt. Da die Entscheidung, welcher der Ansätze in der Bilanz anzuwenden ist, von den Festlegungen in der übergeordneten Gesamtbilanz des Unternehmens (inklusive Scope 1- & 2- und weiteren Scope 3-Emissionen) und den Unternehmensstrukturen im Einzelfall abhängt, werden diese hier nicht weiter vertieft. [122] In Kapitel 4.1.1 sind jedoch Vorschläge beschrieben, welcher Partei in der Wertschöpfungskette die Emissionen aus den einzelnen Lebenszyklusphasen zugeordnet werden könnten.

In **Schritt 3** sind alle relevanten Produkte im Rahmen der vorgegebenen Systemgrenzen zu erfassen und in die definierten Produktkategorien einzuordnen (siehe Tabelle 5). Das Sector Supplement gibt die Kategorisierung jedoch nicht fest vor, sondern zählt diese als Beispiel auf und betont, dass die Einteilung flexibel und je nach zuvor festgelegten Systemgrenzen durchgeführt werden kann. So ist prinzipiell auch die Erstellung von Teilbilanzen innerhalb einzelner Produktkategorien möglich. Wenn in der Bilanz jedoch angegeben wird, dass die Gesamtheit der grauen Emissionen aus den betrachteten Bauaktivitäten erfasst wird, sind alle beschriebenen Kategorien und somit die Gesamtheit des Gebäudes mit einzubeziehen. Unabhängig von der Definition der Systemgrenzen muss die resultierende Zusammenstellung der relevanten Produkte die folgenden Informationen beinhalten:

- a) Definition des Ziels der Untersuchung und die zugehörigen Systemgrenzen
- b) Definition des Betrachtungszeitraums (optional zusätzlich Angabe der Austauschzyklen der Produkte)
- c) Auflistung aller genutzten Produkte innerhalb der Systemgrenzen (inklusive Quantifizierung in den relevanten Einheiten, z.B. Masse oder Volumen)

In **Schritt 4** müssen Datensätze für alle im vorangehenden Schritt erfassten Produkte beschafft werden, die deren Emissionen abbilden. EPDs, die nach EN 15804 oder vergleichbaren internationalen Normen erstellt wurden, sind aufgrund ihrer Genauigkeit als bevorzugte Datenquelle angegeben. Je nach Art der EPD sind diese wiederum nach dem Scope 3 Standard in zwei Kategorien einzuteilen: Primärdaten (herstellerspezifische oder produktspezifische Datensätze) und Sekundärdaten (regions- oder industriespezifische Durchschnittsdatsätze). Für den Fall, dass für einzelne Produkte keine EPDs verfügbar sind, erlaubt das *Sector Supplement* den Einsatz weiterer Ersatzdatsätze. Dazu werden verschiedene Alternativen als Datenquellen genannt, beispielsweise eine Datenbank für graue Emissionen aus der Herstellungsphase von gängigen Baustoffen (Inventory of Carbon and Energy Database – ICE) oder die Nutzung verschiedener Durchschnitts- oder Schätzwerte. Feste Vorgaben dazu, welche Datenquellen genutzt und welche ausgeschlossen werden müssen bestehen jedoch nicht. Vielmehr wird empfohlen bei der Erhebung bezüglich der Datenqualität die Geschäftsziele des Unternehmens, die Bedeutung der verschiedenen Aktivitäten im Rahmen von Scope 3 sowie die Verfügbarkeit der Daten zu berücksichtigen. Hochwertige Primärdaten sollten dabei jedoch grundsätzlich bevorzugt werden, da sie eine genauere und somit auch relevantere Abbildung der tatsächlichen Emissionen ermöglichen. Unabhängig von der genutzten Quelle fordert das *Sector Supplement* für jedes Produkt mindestens die Angabe der in Tabelle 6 aufgeführten Datenpunkte. [122]

Tabelle 6 Verpflichtende Datenpunkte bei der Produkterfassung [122]

Produkt- und Herstellername
Adresse des Herstellers
Produkttyp/-kategorie
Gültigkeitsdauer der Daten/Ablaufdatum des EPD
Art der Datenverifikation (extern oder intern)
Gültige Produktkategorieregeln
Funktionelle oder deklarierte Einheit
Gewicht des Produkts pro funktionelle/deklarierte Einheit
Treibhauspotenzial (GWP) pro funktionelle/deklarierte Einheit (A1-A3 verpflichtend; A4 & A5 optional)
Im Datensatz beinhaltete Lebenszyklusmodule
Angaben zur Datenqualität (aus den Schritten 5 & 6)

Auswertung

In den **Schritten 5 und 6** wird die Qualität der initial erhobenen Daten bewertet und optimiert. Die darin beschriebene Methodik wird letztlich dafür genutzt, Unsicherheiten bezüglich der errechneten Emissionswerte abzuschätzen, um diese wiederum im Endergebnis der Bilanz auszuweisen und entsprechende Korrekturen vorzunehmen. Die Bewertung erfolgt anhand einer Pedigree-Matrix (Abbildung 23), die es erlaubt, qualitative Angaben zur Datenqualität in numerische Werte umzuwandeln, und so eine anschließende Bewertung und Verrechnung der Unsicherheit der Daten ermöglicht. Neben den üblichen Parametern der Matrix (technologische Korrelation, zeitliche Korrelation, geografische Korrelation, Vollständigkeit und Zuverlässigkeit), die auch im Scope 3 Standard verwendet werden [73], wurden darin abgeleitet aus dem Product Standard drei zusätzliche Faktoren definiert: Spezifität des Produkts, Spezifität der Installation und Lieferkettendaten. [122] In der Tabelle sind Kurzbeschreibungen der fünf Bewertungsstufen (0-3 Punkte) zu den acht Parametern enthalten. Umfassendere Ausführungen und eine Beispielanwendung anhand der Software „Embodied Carbon in Construction Calculator (EC3)“ können dem *Sector Supplement* entnommen werden.

Daten-indikator Punktzahl	Repräsentativität des Prozesses im Sinne von:							
	Spezifität des Produkts	Spezifität der Installation	Daten zur Lieferkette	Technische Korrelation	Zeitliche Korrelation	Geografische Korrelation	Vollständigkeit	Verlässlichkeit
Sehr gut (erreicht 3 Pkt.)	Genaues Produkt	Genaues Produkt	100% der Materiallieferanten stellen lieferantenspezifische Lebenszyklusdaten oder eine verifizierte LCA zur Verfügung.	Die Daten repräsentieren die spezifische Technologie und Ausstattung, die der Kunde für das spezifische Produkt besitzt und betreibt. Auf Prozessebene gesammelte Daten.	Die Daten wurden innerhalb eines Jahres vor Abschluss der Studie erfasst; erhoben für einen Zeitraum von mindestens einem Jahr.	Alle Daten wurden für die jeweilige Region erhoben; beinhaltet alle verwendeten Energie-, Abfallverwertungs- und sonstigen Datensätze.	Die Daten umfassen alle relevanten Prozesse, Inputs und Standortbedingungen.	Verifizierte Daten auf der Grundlage von Messungen
Gut								
(erreicht 2 Pkt.)	Produkt aus einer Gruppe ähnlicher Produkte desselben Herstellers	Produkt aus einer Gruppe ähnlicher Produkte desselben Herstellers	>150% der Materiallieferanten stellen lieferantenspezifische Lebenszyklusdaten oder eine verifizierte LCA zur Verfügung. Die übrigen Materialproxies wurden validiert	Die Daten stellen einen Technologiemix dar, der dem Unternehmen zur Verfügung steht und von ihm betrieben wird. Die Daten werden auf Werksebene gesammelt.	Die Daten wurden innerhalb 1-3 Jahren vor Abschluss der Studie erfasst; erhoben für einen Zeitraum von mindestens einem Jahr.	>75% der Daten wurden für die jeweilige Region erhoben; beinhaltet alle verwendeten Energie-, Abfallverwertungs- und sonstigen Datensätze.	Die Daten umfassen >50% der relevanten Prozesse, Inputs und Standortbedingungen.	Verifizierte Daten auf der Grundlage von Annahmen oder nicht geprüfte Daten auf der Grundlage von Messungen
Ausreichend								
(erreicht 1 Pkt.)	Branchen-durchschnitt	Branchen-durchschnitt	Berücksichtigung der Lieferkette mit validierten Lieferketten-Proxydatensätzen aus einer renommierten LCA-Datenbank	Die Daten repräsentieren eine spezifische Technologie aus einer Quelle außerhalb des Unternehmens.	Die Daten wurden innerhalb 1-3 Jahren vor Abschluss der Studie erfasst; erhoben für einen Zeitraum von weniger als 6 Monaten.	50-75% der Daten wurden für die jeweilige Region erhoben; beinhaltet alle verwendeten Energie-, Abfallverwertungs- und sonstigen Datensätze.	Die Daten umfassen <50% der relevanten Prozesse, Inputs und Standortbedingungen.	Nicht verifizierte Daten auf der Grundlage von Annahmen oder qualifizierte Abschätzungen (z.B. durch Experten)
Unbekannt (erreicht 0,5 Pkt.)	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt
Schlecht (erreicht 0 Pkt.)	Proxy	Proxy	Berücksichtigung der Lieferkette ohne validierte Lieferketten-Proxydaten	Die Daten repräsentieren eine vergleichbare Technologie aus einer Quelle außerhalb des Unternehmens oder eine veraltete Version der Technologie innerhalb des Unternehmens.	Die Daten wurden >3 Jahre vor Abschluss der Studie erfasst; erhoben für einen Zeitraum von weniger als einem Jahr.	<50% der Daten wurden für die jeweilige Region erhoben; beinhaltet alle verwendeten Energie-, Abfallverwertungs- und sonstigen Datensätze.	Es werden Proxies für die relevanten Prozesse, Inputs und Standortbedingungen verwendet.	Nicht qualifizierte Schätzung

Übernommen vom GHG Product Standard

Abbildung 23 Pedigree-Matrix zur Bewertung der Repräsentativität von Datensätzen, eigene Darstellung basierend auf [122]

Die Matrix ist für jedes verwendete Produkt zu erstellen. Um die acht darüber festgelegten Einzelwerte zu einem produktspezifischen Gesamtwert zusammenzufassen, sind diese anteilig unter Anwendung der zugehörigen Faktoren aus den Tabellen in Abbildung 24 zu gewichten. Das Ergebnis ist dann wiederum abzurunden und über die Gesamtwertung einer relativen Unsicherheit bezüglich des GWP zuzuordnen. Für jedes Produkt entsteht so je nach Grad der Unsicherheit eine mehr oder weniger große Spanne sowohl in positiver als auch in negativer Richtung, die in der weiteren Berechnung der Gesamtemissionen in der Summe aller verwendeten Produkte miteinbezogen werden muss. [122]

Gewichtung		Gesamtwertung	Punktzahl für die Bewertung der Datenqualität	GWP relative Unsicherheit	
Produktspezifität	25%			Sehr gut	3
Spezifikation für den Einbau	5%		2.5	+ -	15%
Daten zur Lieferkette	25%	Gut	2	+ -	20%
Technologische Repräsentativität	10%		1.5	+ -	25%
Zeitliche Repräsentativität	5%	Ausreichend	1	+ -	30%
Geografische Repräsentativität	5%		0.5	+ -	35%
Vollständigkeit	10%	Schlecht	0	+ -	40%
Verlässlichkeit	15%				

Abbildung 24 Umrechnungstabellen für die Unsicherheitsfaktoren, eigene Darstellung basierend auf [122]

Schritt 7 definiert die Gesamtheit der grauen Emissionen als Summe der Module A1-A5 aller verwendeten Produkte. Die nachgelagerten Emissionen aus den verbleibenden Phasen können optional als Ergänzung ausgewiesen werden. Die Berechnung der vorgelagerten Emissionen erfolgt in drei Teilen. Diese Separierung erfolgt aus zwei Gründen. Zum einen, um die Zuteilung der einzelnen Module zu den Scope 3-Unterkategorien zu ermöglichen, zum anderen werden die Emissionen ohnehin anhand verschiedener Methoden berechnet. Die Emissionen der Module A1-A3 ergeben sich aus der Summe der Mengen aller zuvor erfassten Produkte (Schritt 3), multipliziert mit deren jeweiligen Emissionsfaktoren. Die Emissionen des Moduls A4 sind ggf. bereits in einzelnen Datensätzen enthalten. Die zum Transport zur Baustelle angegebenen Werte in EPDs sind jedoch entweder produktionsgewichtete Durchschnittswerte oder in den Produktkategorieregeln vorgegebene Pauschalwerte, die sich aus vordefinierten Transportentfernungen zum Kunden ergeben. Somit sind durch die Werte in den Datensätzen mit großer Wahrscheinlichkeit nicht die realen Emissionen aus den Transporten zur Baustelle dargestellt. Das *Sector Supplement* gibt deshalb vor, für jedes Produkt die Transportdistanzen zwischen der in Schritt 4 festgehaltenen Adresse des Herstellers und der Baustelle zu erfassen – und diese mit spezifischen Emissionswerten je nach verwendetem Verkehrsmittel und dem Gewicht des Produkts zu multiplizieren. Die Emissionen des Moduls A5 werden je nach Datenverfügbarkeit unterschiedlich entsprechend dem Flussdiagramm in Abbildung 25 ermittelt. Für den Fall, dass Werte zu den Emissionen aus der Errichtung bereits in der produktspezifischen EPD vorliegen, sind diese zu nutzen. Alternativ können Werte aus anderen EPDs verwendet werden, oder es sind Abschätzungen anhand der Herstellerrichtlinien und ggf. zusätzlichen Datenbanken (z.B. GaBi) für die Emissionsfaktoren zu treffen.

Auswertung

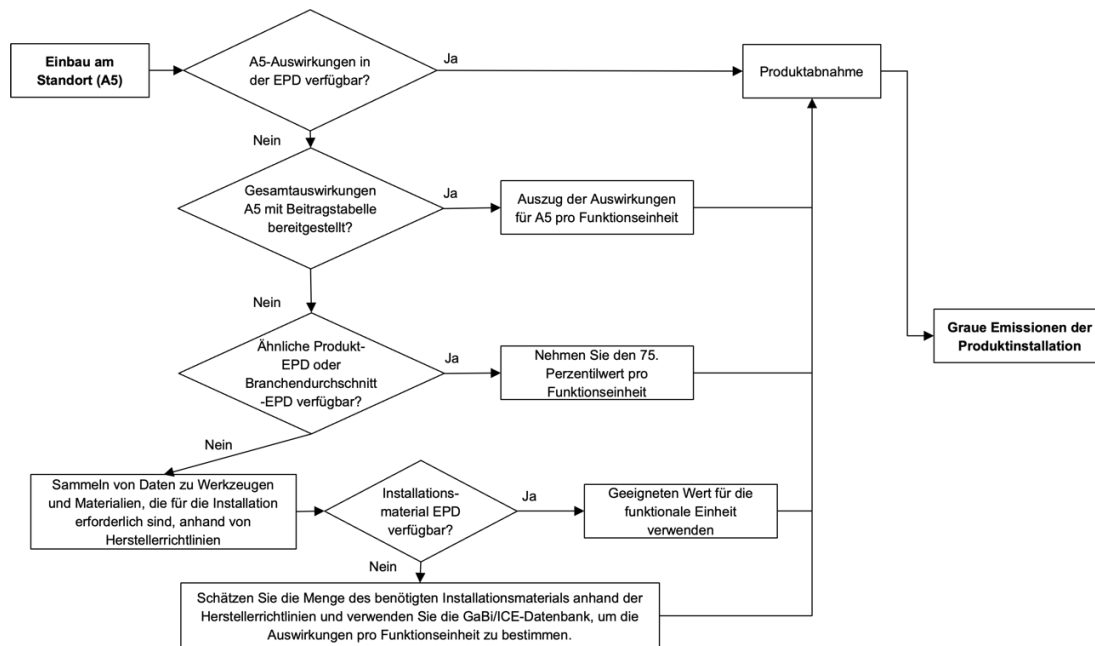


Abbildung 25 Flussdiagramm zur Berechnung der grauen Emissionen aus Modul A5, eigene Darstellung basierend auf [122]

Die optionale Erfassung der nachgelagerten Emissionen (Module B4, B5 & C1-C4) ist nur teilweise im *Sector Supplement* beschrieben. Zudem weist das Dokument darauf hin, dass die Emissionen zum Zeitpunkt der Erstellung des Gebäudes nur als zukünftige Szenarien erfasst werden können und somit separat als diese ausgewiesen werden müssen, um Verwechslungen mit tatsächlich ausgestoßenen Emissionen zu vermeiden. Allerdings wird die Relevanz der Erfassung der potenziell auftretenden nachgelagerten Emissionen in der Planung und Beschaffung betont, da der Austausch und die Erneuerung von Produkten je nach Häufigkeit einen signifikanten Teil der Gesamtemissionen im Gebäudelebenszyklus ausmachen kann. Die Erfassung der Emissionen aus den nachgelagerten Modulen kann und sollte also bereits zum Zeitpunkt der Errichtung des betrachteten Gebäudes erfolgen. Die Integration in die Unternehmensbilanzen ist jedoch erst in dem Jahr der Umsetzung der Renovierung oder Entsorgung der Produkte durchzuführen – und zwar entsprechend der tatsächlich durchgeführten Maßnahmen, die sich ggf. von den zuvor aufgestellten Szenarien unterscheiden. Die Berechnung der Emissionen aus Modul B4 wird durch die Summe der Module A1-A5 und C1-C4 der ausgetauschten Produkte vorgegeben. Zusätzlich können die in den Schritten 5 & 6 errechneten Unsicherheiten auf die Emissionen der Module A1-A3 angewendet werden, um auch hier die potenziellen Ungenauigkeiten im Ergebnis abzubilden. Die Erfassung der Emissionen aus Modul B5 wird im Dokument nicht genauer adressiert. Auch in Bezug auf die Entsorgungsphase (Module C1-C4) wird nur die Erfassung der Module C2 und C4 aufgeführt. Für den Ausschuss der vernachlässigten Module wird jeweils keine Begründung vorgegeben. Bezüglich der Erfassung der Emissionen aus der Entsorgungsphase verweist das *Sector Supplement* jedoch auf die Einbeziehung der Vorgaben aus dem Scope 3 Standard. Die Erfassung der Emissionen aus Modul C2 sind äquivalent zu den Emissionen aus Modul A4 zu berechnen. Für Modul C4 sind Emissionsfaktoren je nach Material vorgegeben (entnommen aus der LCA-Software GaBi). Bezüglich der Art der Entsorgung der Produkte ist im Rahmen eines konservativen Ansatzes von einer vollständigen

Deponierung auszugehen. [122] Dies könnte wiederum die Begründung für die Vernachlässigung des Moduls C3 darstellen, da in diesem Fall keine Abfallbehandlung zwecks Wiederverwendung, Rückgewinnung oder Recycling nach den Szenarien der DIN 15978 erfolgt – und somit auch keine zugehörigen Emissionen anfallen.

Nach der Berechnung der Gesamtemissionen ist in **Schritt 8** eine Verifikation der Bilanz durchzuführen. Primäres Ziel dabei ist die Steigerung der Glaubhaftigkeit der Ergebnisse und die Überprüfung der Einhaltung der in den relevanten Standards des GHG-Protocol vorgegebenen Regeln – insbesondere der fünf Prinzipien der Bilanzierung. Die Verifikation kann durch externe Dritte oder möglichst unabhängige interne Mitarbeiter erfolgen, die nicht im übrigen Teil der Bilanzierung involviert sind. **Schritt 9** beschreibt die Berichterstattung und Offenlegung der Ergebnisse. Dabei sind neben den ohnehin durch die übrigen GHG-Standards vorgegebenen Inhalten mindestens die verpflichtenden Bestandteile in Tabelle 7 auszuweisen.

Tabelle 7 Verpflichtende Bestandteile der Berichterstattung [122]

Einordnung der gesamten grauen Emissionen in die Scope 3-Unterkategorien des betrachteten Bilanzjahres
Angabe der Gesamtemissionen in metrischen Tonnen CO ₂ -Äquivalent
Beschreibung der bilanzierten Emissionen
Beschreibung der vernachlässigten Emissionen (inklusive Begründung des Ausschlusses)
Beschreibung der Berechnungs- und Allokationsmethoden sowie aller im Rahmen der Bilanz getroffenen Annahmen
Beschreibung aller verwendeten Datensätze und -quellen, Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten, die für die Berechnungen genutzt wurden
Quantitative und qualitative Bewertung der Datenqualität
Angabe des Anteils an Gesamtemissionen, der direkt anhand von Herstellerdaten ermittelt wurde gegenüber dem Anteil, der über andere Daten berechnet wurde
Angaben zur Unsicherheit der Daten (inklusive Begründung und Umfang) und Beschreibung der ergriffenen Maßnahmen zur Reduktion der Unsicherheit
Vorgabe von internen Richtlinien für künftige Berechnungen grauer Emissionen aus Bauaktivitäten
Beschreibung von Anpassungen an Berechnungen des Basisjahres (falls vorgenommen)

Neben den verpflichtenden Bestandteilen wird eine Vielzahl von optionalen Zusatzinformationen angegeben – beispielsweise zum Engagement der Hersteller bei der Bereitstellung relevanter Daten oder produktspezifische Angaben wie die erwartete Lebensdauer und die Erfüllung bestimmter Standards oder Zertifizierungen. **Schritt 10** beschreibt die Revision und Auswertung der Ergebnisse. Aufbauend auf der zuvor erstellten Basisbilanz sollen mögliche Maßnahmen zur Reduktion der grauen Emissionen identifiziert und Reduktionsziele abgeleitet werden. Nach der Implementierung der Maßnahmen sind Aktualisierungen der Bilanz und der Berichterstattung vorzunehmen und Änderungen gegenüber der Basisbilanz aufzuzeigen.

Zusammenfassend kann das beschriebene Vorgehen auch als GHG-Protocol-konforme Gebäudeökobilanz bezeichnet werden: Die zehn Schritte lassen sich im erweiterten Sinne den vier Phasen einer Ökobilanz nach DIN EN 14040 zuordnen. Die Phasen 1 und 2 stellen die Festlegung des Ziel- und Untersuchungsrahmens dar, Phase 3 entspricht der Sachbilanz, die Phasen 4-7 sind mit der Wirkungsabschätzung und die Phasen 8-10 mit der Auswertung vergleichbar. Diese Zuordnung dient als Grundlage für den Vergleich der Methodik des QNG zur Erstellung von Gebäudeökobilanzen im weiteren Verlauf der Arbeit (siehe Kapitel 4.2).

4.1.3 Gegenüberstellung der Lösungsvorschläge

Beide Lösungsvorschläge weisen weitestgehend konsistente Vorgaben auf. Das *Sector Supplement* beschreibt die konkrete methodische Umsetzung zur Datenerhebung, während das Dokument des *UKGBC* stärker auf die Zuweisung der Emissionen an die am Bau beteiligten Parteien eingeht. Bei der Analyse der Inhalte können jedoch auch einzelne Differenzen zwischen den beiden Ansätzen sowie Widersprüche oder zumindest unpräzise Angaben innerhalb der individuellen Dokumente identifiziert werden. Während das *UKGBC* graue Emissionen als die Gesamtheit aller THG-Emissionen und -Entnahmen definiert, die mit den verwendeten Materialien und den durchgeführten Bauprozessen über den Lebenszyklus eines Gebäudes zusammenhängen, grenzt das *Sector Supplement* diese auf vorgelagerte Emissionen aus der Herstellungs- und Errichtungsphase ein. Beide Ansätze geben jedoch vor, die nachgelagerten Emissionen zu erfassen – und zwar (mit wenigen Ausnahmen) zum Zeitpunkt der Umsetzung der zugehörigen Maßnahmen. Das *Sector Supplement* formuliert allerdings nur unpräzise Vorgaben zur methodischen Umsetzung der Bilanzierung dieser Emissionen und auch nur für einen Teil der nachgelagerten Module. Es verweist dabei zudem häufig auf die Nutzung des nicht speziell auf Bauaktivitäten zugeschnittenen Guides zur Scope 3-Bilanzierung des GHG-Protocols. Das Dokument des *UKGBC* adressiert dagegen zwar explizit die Problematik der zeitlichen Diskrepanz zwischen der Erhebung der Daten im Rahmen von konventionellen Gebäudeökobilanzen und den Forderungen des GHG-Protocols, bietet dann jedoch nur konkrete Lösungen für die (optionale) jährliche Zuordnung der vorgelagerten Emissionen. Die nachgelagerten Emissionen werden demnach je nach der Rolle des bilanzierenden Unternehmens entweder pauschal als Szenarien beim Verkauf des Gebäudes in die Bilanz integriert, oder erfordern zusätzliche maßnahmenspezifische Erhebungen zum Zeitpunkt der Umsetzung. Die Frage, wie die Erfassung der nachgelagerten Emissionen konkret methodisch umgesetzt werden soll, lässt aber auch dieses Dokument offen.

Damit ergibt sich bereits die Antwort auf die **erste Forschungsfrage** „Welche Bilanzierungsansätze zur Erfassung von grauen Emissionen aus Bauaktivitäten bestehen aktuell auf der Unternehmensebene und welche Vorgaben beinhalten diese?“ Die zwei untersuchten Lösungsansätze definieren die Grundlagen für die mögliche Verbindung zwischen Emissionsdaten aus Bauaktivitäten und Unternehmensbilanzen nach dem GHG-Protocol. Dabei besteht der Konsens, dass die Erfassung dieser Emissionsdaten auf der Gebäudeebene über Lebenszyklusanalysen erfolgen sollte, um möglichst genaue Daten zu erhalten, die es erlauben, Reduktionspotenziale und damit zusammenhängende Optimierungen abzubilden. Bezüglich der konkreten methodischen Umsetzung weisen beide Ansätze zwar Ungenauigkeiten auf, die darin enthaltenen Vorgaben eignen sich jedoch trotzdem, um zu prüfen, inwiefern Daten aus Lebenszyklusanalysen nach dem QNG mit diesen übereinstimmen. So kann im nächsten Schritt abgeschätzt werden, ob und in welchem Umfang QNG-Bilanzen im Kontext von GHG-Protocol konformen Unternehmensbilanzen genutzt werden können.

4.2 Anwendbarkeit von Gebäudelebenszyklusanalysen nach QNG

Die beschriebenen Lösungsansätze für die Erfassung grauer Emissionen aus Bauaktivitäten auf der Unternehmensebene definieren Vorgaben zur GHG-Protocol konformen Erfassung der Daten (im weiteren Verlauf auch als „GHG-konforme Methodik“ bezeichnet) und deren Verrechnung und Einordnung in die Bilanzen der in der Wertschöpfungskette beteiligten Parteien. Im Folgenden wird geprüft, inwiefern die im Rahmen von Gebäudeökobilanzen nach der Methodik des QNG erhobenen Daten die definierten Vorgaben erfüllen. Dazu werden in einem ersten Schritt die allgemeinen Rahmenbedingungen bezüglich der Anwendbarkeit des QNG untersucht, um anschließend die methodischen Vorgaben bezüglich der konkreten Datenerhebung auf der Gebäudeebene abzugleichen. In einem letzten Schritt wird diskutiert, welche zusätzlichen methodischen Erweiterungen möglich wären, um zum einen die Daten aus QNG-Ökobilanzen zu ergänzen und diese so für die GHG-konforme Bilanzierung nutzbar zu machen – und um zum anderen die in den untersuchten Lösungsansätzen bestehenden Unklarheiten bezüglich der konkreten Umsetzung aufzulösen. Die Ergebnisse sind zur Übersicht in Kapitel 4.2.3 zusammengefasst.

4.2.1 Abgleich der Rahmenbedingungen

In der Methodik des QNG zur Erstellung von Gebäudeökobilanzen werden klare Vorgaben zu den Rahmenbedingungen definiert, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten [127]. Bezüglich der **normativen Grundlagen** bei der Bilanzierung greifen sowohl die GHG-konformen Methoden als auch das QNG auf die DIN EN 15978 zurück [128] [129].

Eine erste Einschränkung ergibt sich aber aus den **möglichen Anwendungsbereichen** der Methodik. Diese sind durch zwei Faktoren eingegrenzt: zum einen die Maßnahmenart, zum anderen die Gebäude- bzw. Nutzungsart. Vom QNG abgedeckte Maßnahmen sind die Komplettmodernisierung (im erweiterten Sinne bauliche Aktivitäten unter Beibehalt der statisch relevanten Baukonstruktion) und der Neubau von Gebäuden [128] [129]. Diese Maßnahmen sind Teil der GHG-Protocol-konformen Methodik, decken jedoch nicht die Gesamtheit der möglichen zu erfassenden Bauaktivitäten ab. Im Rahmen der THG-Bilanzierung auf der Unternehmensebene als relevant identifizierte Bauaktivitäten, beispielsweise die Teilmodernisierungen oder der Abriss bestehender Gebäude, können durch die QNG-Methodik nicht direkt erfasst werden. Bezüglich der Gebäude- bzw. Nutzungsart grenzt das QNG Wohn- und Nichtwohngebäude voneinander ab, wobei letztere in eine Vielzahl von Unterkategorien und diese wiederum in sieben LCA-Klassen eingeteilt werden [128] [129]. Die LCA-Klassen geben die Anforderungswerte für die im Rahmen der Analyse errechneten zulässigen Gesamtemissionen des Gebäudes vor. Da das GHG-Protocol aber keine Grenzwerte bei der Bilanzierung vorgibt, werden diese hier nicht weiter thematisiert. Auch die Art der einzubeziehenden Gebäude oder deren Nutzung wird nach der GHG-Protocol-konformen Methodik nicht präzisiert. Die Abgrenzung erfolgt alternativ anhand der organisatorischen Grenzen. Wenn eine Bauaktivität innerhalb dieser Grenzen liegt

und als wesentlich eigeordnet wird, sind die zugehörigen Emissionen zu erfassen. Hier ist folglich davon auszugehen, dass keine direkten Differenzen bestehen. Der Anwendungsbereich der QNG-Methodik liegt lediglich innerhalb der Bauaktivitäten, die in einer GHG-konformen Bilanzierung erfasst werden können.

Eine größere Diskrepanz besteht bezüglich des bereits in vorangehenden Kapiteln diskutierten **Zeitpunkts der Datenerhebung**. Eine Ökobilanz nach QNG wird einmalig erstellt und muss den Zustand des neu errichteten oder umfassend modernisierten Gebäudes zum Zeitpunkt der Fertigstellung bzw. Übergabe abbilden [128] [129]. Dieselben Anforderungen gelten für die GHG-konforme Erfassung der Emissionen – allerdings nur für den vorgelagerten Teil in der Herstellungs- und Errichtungsphase. Die nachgelagerten Emissionen aus den übrigen Modulen müssen je nach betrachtetem Lösungsansatz zu abweichenden Zeitpunkten erfasst werden. Das *Sector Supplement* gibt die Erfassung der nachgelagerten Emissionen zum Zeitpunkt der Erstellung als optionale, aber, bezogen auf die Reduktionspotenziale im Planungsprozess, zu empfehlende Leistung vor. Die Erfassung in der Unternehmensbilanz erfolgt jedoch erst zum Zeitpunkt der tatsächlichen Durchführung und anhand des Umfangs der zugehörigen Maßnahmen. Dazu ist potenziell die Erstellung einer neuen Bilanz nötig. Auch nach dem Lösungsansatz des *UKGBC* kann, je nach Position des berichtenden Unternehmens in der Wertschöpfungskette eine erneute Bilanzierung für die nachgelagerten Emissionen erforderlich sein. Außerdem kann auch eine jährliche Bilanz während der Herstellungsphase je nach Projektgröße und Betrachtungsrahmen der Bilanz gefordert sein. Die QNG-Methodik lässt prinzipiell auch die Erstellung von Ökobilanzen vor der Fertigstellung des Gebäudes zu, die nötig wären, um diesen Vorgaben nachzukommen. Diese Bilanzen müssten allerdings zusätzlich beauftragt und erstellt werden, da entsprechende Erhebungen kein fester Bestandteil des Standards sind. Bezüglich der Umsetzung der GHG-Protocol-konformen Erfassung der nachgelagerten Emissionen werden in Kapitel 4.2.4 Vorschläge ausgearbeitet.

Ein weiterer Faktor, den es bezüglich der Anwendbarkeit zu überprüfen gilt, sind die Ansprüche an die **Datenquellen und -qualität**. Das *Sector Supplement* definiert keine klaren Vorgaben bezüglich der Datenherkunft oder -art. Grundsätzlich können alle Datensätze verwendet werden, die den Ansprüchen des Scope 3 Standards entsprechen. Dieser gibt wiederum auch keine konkreten Datenbanken vor, sondern verweist auf eine nicht erschöpfende Liste auf der Website der Herausgeber des GHG-Protocols [130] sowie die Einhaltung der grundlegenden Ansprüche an die verwendeten Daten (Anwendbarkeit, Vollständigkeit, Transparenz), die Ausweisung der Datenqualität (u.a. durch z.B. die Nutzung der Pedigree-Matrix) und die Einhaltung der fünf Bilanzierungsprinzipien bei der Erstellung der Bilanzen [73]. Das QNG legt hingegen in der zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit gültigen Version klare Vorgaben bezüglich der zu verwendenden Datenquellen fest. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen der QNG-Bilanzen zu gewährleisten, muss bei der Erstellung ausschließlich auf einen eigens zusammengestellten Datensatz (Ökobilanzierung-Rechenwerte 2023 [131]) zurückgegriffen werden [128] [129]. Dieser beinhaltet generische Produktdatensätze aus der frei verfügbaren Datenbank ÖkobaDat. Die darin enthaltenen Daten basieren wiederum auf der Hintergrunddatenbank GaBi [132], die auch auf der zuvor erwähnten Website des GHG-Protocol als grundsätzlich geeignet ausgewiesen wird. Datensätze aus der ÖkobaDat

erfüllen außerdem alle verpflichtenden Datenpunkte bei der Produkterfassung nach den Vorgaben des *Sector Supplements* (vgl. Tabelle 6). Generische Datensätze, die in der Ökobaudat zur Verfügung gestellt werden, stellen keine verifizierten EPDs nach EN15804 dar, werden aber nach den darin enthaltenen Vorgaben qualitätsgeprüft und vor der Aufnahme in die Datenbank derselben Routine zur Prüfung unterzogen wie produktspezifische EPDs [132]. Die Ersteller der Datensätze müssen zudem Sicherheitszuschläge von 10, 20 oder 30 Prozent berechnen, alle deklarierten Module um diese erweitern und in der Dokumentation ausweisen [133]. Die Berechnung erfolgt anhand einer modifizierten Pedigree-Matrix, die sowohl die Vollständigkeit als auch die Repräsentativität (technologisch, zeitlich, geografisch) des Datensatzes bewertet [133] und somit vergleichbar mit der Methodik des Scope 3 Standards ist. Im Rahmen dieser Arbeit kann nicht abschließend geklärt werden, ob die Überschneidungen groß genug sind, dass die Unsicherheitsanalyse der GHG-konformen Methodik durch diese Berechnung ersetzt werden kann. Da die Sicherheitszuschläge in jedem Datensatz gesondert ausgewiesen sind, können diese aber bei Bedarf aus den Ergebnissen herausgerechnet und durch die entsprechend dem *Sector Supplement* erhobenen Unsicherheitsfaktoren ersetzt werden. Die Nutzung generischer Datensätze stellt insgesamt nur die zweite Wahl in Form von Sekundärdaten nach den Vorgaben des Scope 3 Standards dar, demzufolge eine höhere Datenqualität durch die Nutzung produkt- oder herstellerepezifischer Primärdaten zu erreichen wäre. Laut den Herausgebern des QNG soll ab Ende des Jahres 2024 die Anwendungs verpflichtung der Ökobilanzierung-Rechenwerte 2023 entfallen und somit auch die Verwendung herstellerepezifischer Datensätze erlaubt werden [134]. Spätestens wenn diese ab diesem Zeitpunkt genutzt werden, sind die Unsicherheiten entsprechend den Vorgaben des *Sector Supplements* zu berechnen und in den Bilanzen zu integrieren. Da herstellerepezifische EPDs nach EN 15804 als Primärdaten gelten, die zusätzlich die Eingangsprüfung des BBSR durchlaufen, jedoch den höchsten Datenqualitätsansprüchen der GHG-Protocol-konformen Bilanzen entsprechen, fallen die errechneten Unsicherheiten voraussichtlich gering aus. Insgesamt erfüllen die im Rahmen der QNG-Methodik anzuwendenden Datensätze die Vorgaben für GHG-Protocol-konforme Bilanzen und können grundsätzlich für diese genutzt werden. Bis zum Wegfall der Anwendungs verpflichtung der Ökobilanzierung-Rechenwerte 2023 sind aber Einbußen in der Bewertung der Datenqualität in Kauf zu nehmen.

4.2.2 Abgleich der spezifischen Bilanzierungsvorgaben

Neben den zuvor beschriebenen allgemeinen Rahmenbedingungen bezüglich der möglichen Anwendungsbereiche, dem Zeitpunkt der Datenerhebung und den zugelassenen Datenquellen müssen für die Überprüfung der möglichen Integration von Daten aus QNG-Bilanzen auch die spezifischen Bilanzierungsvorgaben abgeglichen werden. Dies erfolgt im Rahmen dieses Kapitels anhand der Strukturen, die für Ökobilanzen nach den Normen DIN EN ISO 14040 und 14044 vorgegeben sind: Definition des Ziel- und Untersuchungsrahmens, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung.

Der **Ziel- und Untersuchungsrahmen** ist bei der Erstellung einer Ökobilanz nach dem QNG klar vorgegeben. Neben den im vorherigen Kapitel beschriebenen allgemeinen

Auswertung

Rahmenbedingungen sind weitere Vorgaben zu den Systemgrenzen auf verschiedenen Ebenen definiert. Bezüglich der erfassten **Lebenszyklusphasen** erfolgt eine erste Einteilung in einen betriebs- und nutzungsbezogenen Anteil, der die Betriebsenergie und die daraus resultierenden Umweltwirkungen betrachtet, sowie einen gebäudebezogenen Anteil, in dem die Umweltwirkungen aus der Herstellung, dem Ersatz und der Abfallbehandlung sowie der Entsorgung aller berücksichtigten Anlagen sowie Bauteile- und Stoffe abgebildet werden [128] [129]. Letzterer beinhaltet die für diese Arbeit relevanten grauen Emissionen. Die Umweltwirkungen aus dem betriebs- und nutzungsbezogenen Anteil werden somit im Weiteren nicht näher betrachtet. In Abbildung 26 sind alle Lebenszyklusphasen abgebildet, die in der Bewertung nach der Methodik des QNG einbezogen werden. Zudem sind gesondert die Module D1 und D2 auszuweisen, die jedoch nicht in die Bewertung einfließen [128] [129].

Lebenszyklusphasen	Herstellung	Errichtung	Betrieb und Nutzung		Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung	Vorteile & Belastungen außerhalb Systemgrenze												
Modulgruppen	A 1-3		B 1-7		C 1-4													
	Rohstoffbeschaffung	Transport	Produktion	Transport	Errichtung / Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Instandsetzung/Reparaturen	Austausch	Modernisierung	Energieverbrauch im Betrieb	Wasserverbrauch im Betrieb	Rückbau / Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Entsorgung	Recyclingpotenzial	Effekte exportierter Energie
Module	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D1	D2

Abbildung 26 Integrierte Lebenszyklusphasen nach QNG [128]

In einer Gegenüberstellung mit den Vorgaben der GHG-konformen Methodik (siehe Abbildung 27) wird deutlich, dass Bilanzen nach dem QNG einen Teil der zu betrachtenden Module nicht abbilden.

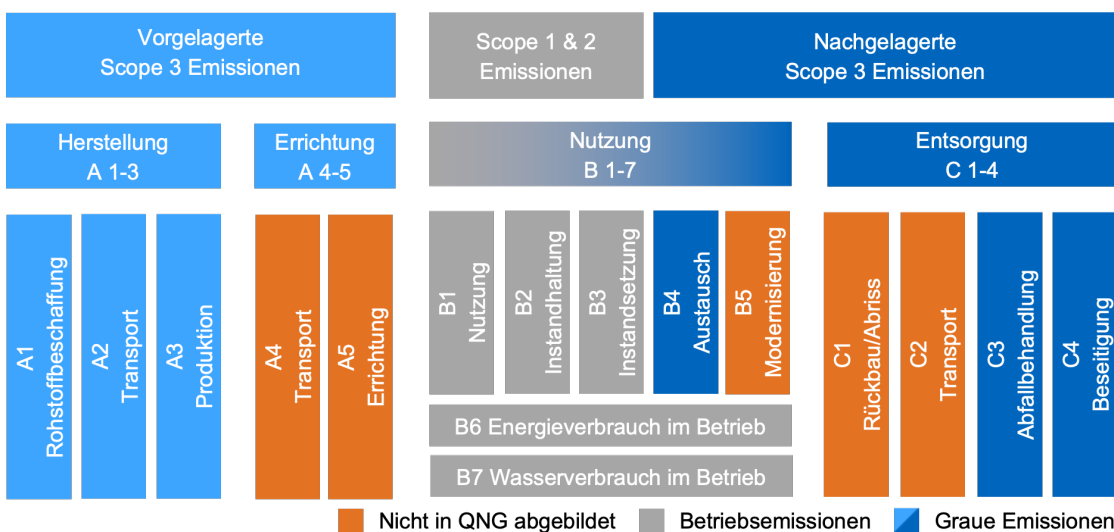


Abbildung 27 Gegenüberstellung der Lebenszyklusmodule nach QNG und den Vorgaben der GHG-Protocol-konformen Methodik

Die fehlenden Module stellen der Transport zur Baustelle (A4), die Errichtung des Gebäudes (A5), die Modernisierung (B5), der Rückbau/Abriss (C1) und der anschließende Transport zur Abfallbehandlung (C2) dar. Für den Fall, dass Daten aus QNG-Bilanzen für eine GHG-Protocol konforme Bilanzierung genutzt werden sollen, müssen diese Module folglich zusätzlich bzw. je nach gefordertem Zeitpunkt der Erhebung, nachträglich erfasst werden. In Kapitel 4.2.4 werden dazu mögliche Vorschläge ausgearbeitet. Weitere Vorgaben zu den Systemgrenzen beziehen sich auf die zu **betrachtenden Gebäudeteile**. Das QNG greift dabei auf die Kostengruppen der DIN 276 zurück. Zu erfassen sind ausgewählte Teile der KG 300 (Bauwerk-Baukonstruktion) und der KG 400 (Bauwerk – Technische Maßnahmen) [128] [129]. Gegebenenfalls sind zusätzlich Bauwerksteile und Anlagen aus KG 500 (Außenanlagen und Freiflächen) zu ergänzen, falls diese zum Gebäudebetrieb zwingend erforderlich sind [128] [129]. Diese Zuteilung lässt sich mit den Vorgaben des *Sector-Supplements* vergleichen, in dem jedoch ohnehin explizit auf eine klare Festlegung der Kategorisierung verzichtet wird, um den bilanzierenden Parteien eine flexible Zuteilung zu ermöglichen. Es wird an dieser Stelle folglich davon ausgegangen, dass keine Diskrepanzen bestehen. Bezüglich der KG 400 gilt es jedoch zu beachten, dass diese in der aktuell gültigen Version des QNG nur teilweise anhand der tatsächlich verbauten Anlagen erfasst wird (z.B. Anlagen zur Wärmeerzeugung, Lüftungsgeräte und Tanks). Weitere Teile wie ein Großteil der Rohre, Leitungen und Kabel sind durch einen Sockelbetrag abgebildet, der bei der Bewertung der Ungenauigkeit nach dem *Sector Supplement* als Proxy in der schlechtesten Kategorie eingeordnet werden würde. Für diesen Teil der Bilanz sind entsprechende Sicherheitszuschläge nach der GHG-konformen Methodik einzubeziehen. Bezüglich der Genauigkeit bei der Erfassung der Massen der verwendeten Baustoffe und -teile gibt das QNG zusätzlich **Abschneidekriterien** vor [128] [129]. Demnach müssen alle Baumaterialien berücksichtigt werden, die einen Anteil größer 1 % der Gesamtmasse des Gebäudes oder der betrachteten Umweltwirkungen ausmachen. Die Summe der so vernachlässigten Baumaterialien darf jedoch einen Gesamtanteil von 5 % nicht überschreiten. In der GHG-konformen Methodik bestehen keine entsprechenden Vorgaben und es kann somit davon ausgegangen werden, dass durch das QNG folglich eher eine Übererfüllung der Genauigkeitsanforderungen erreicht wird. In jedem Fall sind die vernachlässigten Anteile nach der QNG-Methodik transparent darzustellen. Das Vorgehen entspricht also den Bilanzierungsgrundsätzen des GHG-Protocols. Auch die Systemgrenzen bezüglich der betrachteten **Umweltwirkungen** weisen hohe Überschneidungen auf. Sowohl bei GHG-Protocol konformen Bilanzen als auch bei der Methodik des QNG wird das Treibhauspotenzial in Form des GWP_{100} berechnet [128] [129]. Bilanzen nach dem QNG bilden zusätzlich den nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand (PE_{ne}) ab, der jedoch im Rahmen der GHG-konformen Bilanz keine Relevanz hat und somit in diesem Vergleich nicht weiter betrachtet wird. Zusätzliche Einschränkungen bezüglich der Systemgrenzen ergeben sich durch die vorgegebenen **Betrachtungszeiträume** der Bilanzen. Hier definiert die QNG-Methodik 50 Jahre [128]. Die Berechnung der Emissionen aus Ersatzmaßnahmen (Modul B4) sind für diesen Zeitrahmen unter Zuhilfenahme fest vorgegebener Bauteilnutzungsdauern des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) [135] durchzuführen [128] [129]. In der GHG-konformen Methodik bestehen diese Vorgaben nicht. Für die meisten beschriebenen Anwendungen ist die Berechnung der Emissionen

des Moduls B4 aber ohnehin erst zum Zeitpunkt der tatsächlichen Durchführung der Maßnahmen nötig. In diesen Fällen ist ein vorgegebener Betrachtungszeitraum hinfällig. Für den Fall, dass die Emissionen bereits zum Zeitpunkt der Fertigstellung abgebildet werden sollen, trifft jedoch weder das *Sector Supplement* noch das Dokument des UKGBC eine direkte Aussage. An dieser Stelle wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit davon ausgegangen, dass die Annahmen bezüglich der Bauteilnutzungsdauern und dem Betrachtungszeitraum nach dem QNG genutzt werden können, um das Modul B4 bei Bedarf im Rahmen der GHG-konformen Berichterstattung abzubilden. Die letzte Differenz in Bezug auf den hier betrachteten Ziel- und Untersuchungsrahmen stellen die **zentralen Bezugsgrößen** in den jeweiligen Bilanzen dar. Das QNG gibt vor, dass die zunächst zu berechnenden absoluten Emissionen sowohl auf den festgelegten Betrachtungszeitraum als auch die Nettraumfläche des betrachteten Gebäudes bezogen angegeben werden [128] [129]. Als bewertungsrelevante Bilanzgröße ergibt sich das Treibhauspotenzial in $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2_{\text{NRF(R)}} \cdot a$ [128] [129]. Das GHG-Protocol fordert dagegen ausschließlich die Berechnung der absoluten Emissionen in kgCO_2e und greift somit auf ein Zwischenergebnis der QNG-Bilanzen zurück.

Bezüglich der Durchführung der **Sachbilanz** werden im *Sector Supplement* für alle im Rahmen der definierten Systemgrenzen zu erfassenden Produkte Vorgaben zu den zu erfassenden Datenpunkten gemacht (siehe Tabelle 6 in Kapitel 4.1.2). Diese sind weitestgehend durch die Datensätze der Ökobaudat abgedeckt. Eine Ausnahme stellen die Datenpunkte „Adresse des Herstellers“ und „Angaben zur Datenqualität“ dar. Bei der Verwendung spezifischer Datensätze kann die Herstelleradresse den Datensätzen der Ökobaudat entnommen werden – die generischen Datensätze aus den Ökobilanzierung Rechenwerten 2023 enthalten diese Information jedoch nicht. Für die Ermittlung der Transportemissionen nach den Vorgaben des *Sector Supplements* müssten für die Ermittlung der Transportdistanzen (Modul A4) folglich zusätzlich die zu den tatsächlich verwendeten Produkten zugehörigen Herstelleradressen ermittelt werden. Zudem sind für alle verwendeten Datensätze Angaben zur Datenqualität entsprechend den Vorgaben des *Sector Supplements* in Form der berechneten Unsicherheiten und den zugehörigen Sicherheitszuschlägen anzugeben. Dies kann, wie zuvor erwähnt, gegebenenfalls bei der Verwendung generischer Datensätze entfallen, da für diese nach den Vorgaben der Ökobaudat bereits ein Sicherheitsfaktor vorliegt. Die Umsetzung der Sachbilanz fällt bei den betrachteten Bilanzierungsmethoden gleich aus: Für alle Produkte, die innerhalb der definierten Systemgrenzen liegen, sind die Massen bzw. Mengen und zugehörige Datensätze zu ermitteln und in möglichst transparenter Weise darzustellen. Für die bereits beschriebenen Lebenszyklusphasen, die sich bei den Ansätzen nicht überschneiden, müssen für die GHG-konforme Methodik außerdem zusätzliche Daten entsprechend den Vorgaben des *Sector Supplements* erhoben werden.

Bezüglich der **Wirkungsabschätzung** bestehen für die Herstellungsphase der vorgelagerten Emissionen (Module A1-A3) keine Differenzen bei den Ansätzen. Für diese werden jeweils die im Rahmen der Sachbilanz ermittelten Mengen der einzelnen Produkte mit den GWP-Emissionsfaktoren aus den zugehörigen Datensätzen multipliziert. Die resultierenden Ergebnisse werden wiederum für die Module aufsummiert und entsprechend ausgewiesen. Im Rahmen der GHG-Protocol-konformen Methodik erfolgt dieser Schritt gegebenenfalls mehrfach und neben dem

Zeitpunkt der Fertigstellung zu weiteren Zeitpunkten im Verlauf der Errichtungsphase – das grundsätzliche Vorgehen bleibt aber bestehen. Die Berechnung der weiteren vorgelagerten Module (A4 & A5) kann an dieser Stelle nicht verglichen werden, da diese nicht in der QNG-Methodik enthalten sind. Dasselbe gilt für die nachgelagerten Module B5, C1 und C2. Die übrigen Module (B4, C3 und C4) unterscheiden sich in der Wirkungsabschätzung grundsätzlich durch den abweichenden Zeitpunkt der Durchführung der Erhebung und den Umstand, dass diese anhand der tatsächlich durchgeführten Maßnahmen und nicht der im Rahmen der QNG-Methodik festgelegten Szenarien berechnet werden sollen. Die Wirkungsabschätzung des Moduls B4 erfolgt methodisch jedoch auf dieselbe Weise wie für die Module der Herstellungsphase. Die Wirkungsabschätzung von Modul C3 wird wie zuvor beschrieben nicht in der GHG-Protocol-konformen Methodik präzisiert und entfällt für den Fall, dass für alle Produkte der konservative Ansatz der vollständigen Deponierung bezüglich der Entsorgung gewählt wird. Modul C4 ist, abweichend zu den übrigen Modulen und der QNG-Methodik, nicht nach den Werten in den zugehörigen EPDs abzubilden, sondern wird über fest vorgegebene Emissionswerte je nach Materialtyp des Produkts berechnet. Für Bilanzen nach dem QNG müsste folglich eine Anpassung erfolgen und die fehlenden Module müssten entsprechend den Vorgaben der GHG-konformen Methodik zusätzlich berechnet werden. Abbildung 28 fasst den beschriebenen Vergleich zusammen.

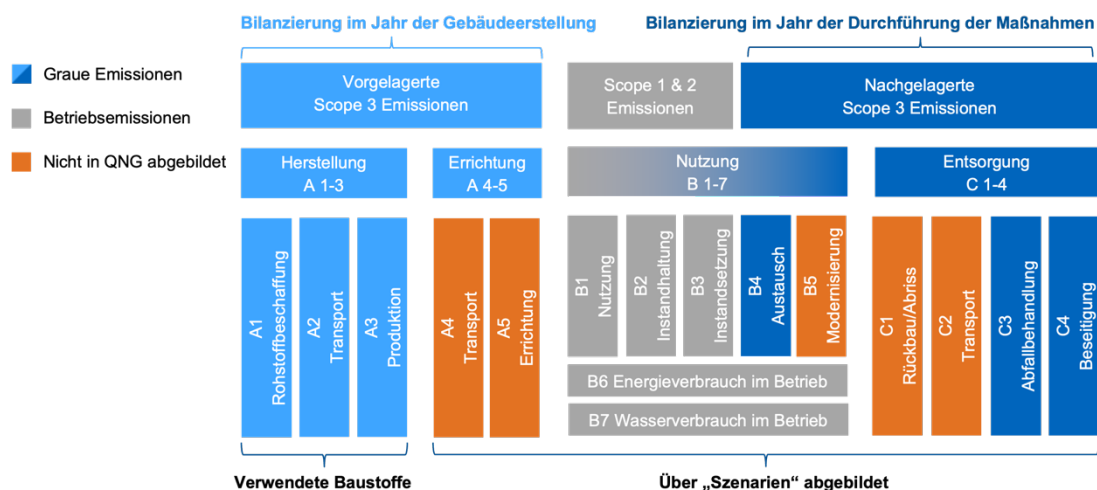


Abbildung 28 Übersicht zu den Diskrepanzen bzgl. des Zeitpunkts der Datenerhebung

Die **Auswertung** erfolgt unabhängig von der Wahl der Ansätze in einem iterativen Prozess. Die Ergebnisse aus der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzungen werden jeweils analysiert und in Bezug auf die Ziele der Gesamtbilanz interpretiert. Nach jedem Durchgang sind die Erhebungen gegebenenfalls anzupassen und die Berechnungen erneut durchzuführen. Das *Sector Supplement* fordert zusätzlich die Festlegung von Reduktionszielen bei jeder vollständigen Iteration und die Dokumentation der sukzessiven Verminderung der Emissionen, die daraus folgt. Das QNG gibt abweichend dazu konkrete Zielwerte vor, die je nach LCA-Klasse und angestrebter Siegelvariante festgelegt sind. In der Dokumentation sind somit nur die Daten transparent darzustellen, die für die Berechnung der abschließenden Iteration genutzt wurden und zu dem finalen Ergebnis geführt haben. Die GHG-Protocol-konforme Methodik gibt zudem die Einordnung der Ergebnisse aus den einzelnen Modulen in die zugehörigen Unterkategorien der Scope 3-Emissionen vor.

Insgesamt zeigt die Untersuchung zwar methodische Überschneidungen, aber auch Diskrepanzen zwischen den betrachteten Ansätzen. Diese werden im folgenden Kapitel gegenübergestellt, um die konkreten Differenzen darzulegen (Tabelle 8) und anschließend entsprechende Lösungsvorschläge zur Zusammenführung der Methoden ausarbeiten zu können (Kapitel 4.2.4).

4.2.3 Zusammenfassende Gegenüberstellung

Tabelle 8 Vereinfachte Gegenüberstellung der Bilanzierungsansätze und Identifizierung notwendiger Anpassungsmaßnahmen

		Kategorie	GHG-Protocol-konforme Methodik	QNG-Methodik	Notwendige Anpassungen
		Allgemeine Rahmenbedingungen		Normative Grundlagen	DIN EN 15978 oder vergleichbare ISO-Norm
	Anwendungsbereiche		Alle als relevant identifizierten Baumaßnahmen	Neubau und Komplettmodernisierung definierter Wohn- und Nichtwohngebäude	Zusätzliche Erhebungen für nicht abgebildete Baumaßnahmen
	Zeitpunkt der Datenerhebung		Einmalig zur Fertigstellung & ggf. weitere Bilanzen zum Zeitpunkt der Maßnahmen	Einmalig zur Fertigstellung	Zusätzliche Erhebungen zu späteren Zeitpunkten & ggf. während der Errichtungsphase
	Datenquellen und Datenqualität		Keine spezifischen Vorgaben zu Datenquellen, aber vorgeschriebene Bewertung der Datenqualität	Fest vorgegebene Datensätze; Datenquellen und Datenqualität entsprechen Vorgaben des GHG-Protocols	Keine, ggf. zusätzliche Ausweisung von Unsicherheitsfaktoren
Spezifische Bilanzierungsvorgaben	Ziel- und Untersuchungsrahmen	Lebenszyklusphasen	A1-A5, B4, B5, C1-C4	A1-A3, B4, C3, C4	Zusätzliche Erhebungen zu den fehlenden Modulen A4, A5, B5, C1, C2
		Gebäudeteile	Technische Gebäudeausstattung; Innen-/Mieterausbau; Rohbau, Erschließung und Gebäudehülle	KG300 (Baukonstruktion) KG400 (Technische Maßnahmen)	Keine
		Abschneidekriterien	Nicht spezifisch definiert	< 1 % Individualanteil und < 5 % Gesamtanteil	Keine
		Umweltwirkungen	GWP ₁₀₀	GWP ₁₀₀ & PE _{ne}	Keine

	Betrachtungszeitraum und Bauteilnutzungsdauern	Keine direkten Vorgaben	50Jahre Betrachtungszeitraum; Bauteilnutzungsdauern nach BNB	Keine
	Zentrale Bezugsgrößen	Absolute Emissionen in kgCO ₂ e	Absolute (kgCO ₂ e) und relative Emissionen (kgCO ₂ e/m ² _{NRF(R)} *a)	Keine
	Sachbilanz	Vorgaben zu verpflichtenden Datenpunkten	Datensätze der Ökobaudat decken nur einen Teil der Datenpunkte ab.	Ggf. zusätzliche Ausweisung der Herstelleradresse und der Datenqualität
	Wirkungsabschätzung	Zusammenführen der Massen und den zugehörigen Datensätzen; zusätzliche Emissionswerte für einzelne Module	Zusammenführen der Massen und den zugehörigen Datensätzen aus der Ökobaudat	Anpassung der Berechnung einzelner Module
	Auswertung	Dokumentation des Bilanzierungsprozesses und zugehöriger Emissionsreduktionen; Einordnung der Ergebnisse in Scope 3-Unterkategorien	Dokumentation der finalen Bilanzierungsiteration und Gegenüberstellung mit vorgegebenen Zielwerten	Erweiterung der Dokumentation

Tabelle 8 fasst die im vorangehenden Kapitel beschriebenen Überschneidungen und Diskrepanzen zwischen der GHG-Protocol-konformen Bilanzierungsmethodik und der Methodik des QNG zusammen. Zudem sind daraus abgeleitete Anpassungen dargestellt, die notwendig sind, um die Daten aus QNG-Bilanzen in eine GHG-konforme Form zu überführen. Insgesamt zeigt die Gegenüberstellung, dass die QNG-Methodik grundsätzlich mit den Vorgaben der GHG-Protocol-konformen Bilanzierung vergleichbar ist und den Ansprüchen in einem Großteil der allgemeinen Rahmenbedingungen sowie den spezifischen Bilanzierungsvorgaben gerecht wird. Es müssen jedoch insbesondere die folgenden zusätzlichen Daten erhoben werden, um eine möglichst umfassende Überschneidung und Konformität zu gewährleisten:

- 1) Erfassung der Emissionen aus den nicht vom QNG abgebildeten Lebenszyklusmodulen (A4, A5, B5, C1, C2)
- 2) Erfassung der Emissionen aus den Modulen A4 & A5 und allen nachgelagerten Emissionen zum Zeitpunkt der Durchführung der jeweiligen Maßnahmen
- 3) Weitere Erhebungen bzgl. der Bewertung der Datenqualität oder Datenpunkten zu Herstelleradressen (je nach Datensatztyp), zusätzliche Anforderungen an die Dokumentation in Form der Darstellung von Emissionsreduktionen und Anpassung der Berechnungsmethodik einzelner Module

Zudem müssten für Bauaktivitäten, die aufgrund ihrer Maßnahmenart nicht durch die QNG-Methodik erfasst werden können (alle Maßnahmen außerhalb des Neubaus und der Komplettsanierung), alternative zusätzliche Ökobilanzen erstellt bzw. zugehörige Methoden entwickelt werden. Diese fallen per Definition jedoch wiederum mit der Erfassung der Emissionen aus obigem Punkt 2 zusammen, da diese letztlich über Teilbilanzen aus dem Lebenszyklus dargestellt werden können. Die Ausarbeitung der Erweiterung der QNG-Methodik um die Möglichkeit der Erfassung von Emissionen aus ausgewählten Teilen des Lebenszyklus zum Zeitpunkt der Umsetzung der jeweiligen Maßnahmen würde somit den Anpassungsbedarf in Bezug auf beide Problemstellungen abdecken und auch die Erfassung von Bauaktivitäten im Bestand ermöglichen.

4.2.4 Zusammenführung der Bilanzierungsmethoden

Im vorangehenden Kapitel konnte identifiziert werden, welche zusätzlichen Erhebungen notwendig sind, um die Daten aus Bilanzen, die nach der QNG-Methodik erstellt werden, so zu erweitern, dass diese im Rahmen einer GHG-Protocol konformen Gesamtbilanz eingesetzt werden können. In diesem Kapitel wird dargestellt, welche Möglichkeiten bestehen, um die dazu notwendigen methodischen Erweiterungen zu etablieren und welche Daten auf welche Weise und zu welchem Zeitpunkt erhoben werden müssen, damit die grauen Emissionen in einer GHG-Protocol-konformen Form vorliegen und in zugehörige Gesamtbilanzen überführt werden können. Die Lösungsansätze zur Erweiterung der Bilanzierungssystematik des QNG werden dazu entsprechend den zu bilanzierenden Lebenszyklusmodulen nach DIN EN 15978 gegliedert. Dabei wird davon ausgegangen, dass die bilanzierende Partei plant, eine Gebäudeökobilanz nach dem QNG durchzuführen, jedoch zusätzlich den Anspruch stellt, dass die erhobenen Daten auch für Bilanzen nach dem GHG-Protocol verwendet werden können.

Bezüglich der Erfassung der Emissionen der **Module A1-A3** aus der Herstellungsphase müssen je nach Anspruch der bilanzierenden Partei an die Genauigkeit der zeitlichen Abbildung Anpassungen vorgenommen werden. Für den Fall, dass eine einmalige Bilanz zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Gebäudes ausreicht, können die Daten aus der QNG-Bilanz ohne größere Anpassungen übernommen werden. Es muss lediglich je nach verwendetem Datensatztyp eine zusätzliche Bewertung der Unsicherheit durchgeführt und ausgewiesen werden. Falls die Herstellungsphase sich jedoch beispielsweise bei einem Großprojekt über mehrere Jahre erstreckt und die bilanzierende Partei als Projektentwickler oder Auftraggeber, Hauptauftragnehmer bzw. Subunternehmer in den Bauprozess integriert ist, sind die Emissionen über diese Jahre aufzuteilen. Dazu bestehen die zwei in Kapitel 4.1.1 beschriebenen Möglichkeiten, also entweder die direkte Erfassung über die jährlich verwendeten Materialien (beispielsweise über die Sammlung und Auswertung der Lieferscheine der verwendeten Produkte) oder über monetäre Anteile an den vor Baubeginn berechneten Gesamtkosten für die jeweilige Bauaktivität.

Modul A4 wird im Rahmen der QNG-Methodik nicht abgebildet. Die GHG-Protocol-konforme Methodik gibt hierfür vor, die Emissionen über die Transportdistanzen zwischen dem Hersteller und der Baustelle sowie den zugehörigen Emissionswerten je Tonnenkilometer entsprechend dem gewählten Verkehrsmittel zu berechnen. Dazu sind

im *Sector Supplement* Emissionsfaktoren vorgegeben. Diese könnten jedoch für Projekte in Deutschland alternativ auch z.B. über das Umweltbundesamt [136] bezogen werden, um eine genauere Abbildung zu gewährleisten. Die Erhebungen sind äquivalent zu den Emissionen der Herstellungsphase gegebenenfalls in einem kontinuierlichen Turnus durchzuführen und jährlich darzustellen.

Modul A5 ist ebenfalls nicht in der QNG-Methodik enthalten. Die GHG-Protocol-konforme Methodik gibt hierfür die Nutzung des Flussdiagramms in Abbildung 25 vor. Somit sind je nach Datenverfügbarkeit entweder die Emissionen aus den Datensätzen der verwendeten oder vergleichbaren Produkte zu nutzen und andernfalls eigene Erhebungen durchzuführen, beispielsweise unter Zuhilfenahme von Herstellerangaben zu erforderlichen Werkzeugen, Installationsmaterialien und Maschinen.

Die **Module B1-B3** sind in keinem der betrachteten Ansätze thematisiert und werden somit auch in der vorliegenden Arbeit nicht weiter behandelt. Daten aus QNG-Bilanzen zu Emissionen aus **Modul B4** können nicht direkt zur GHG-Protocol-konformen Bilanzierung genutzt werden, da diese nicht die tatsächlich durchgeführten Maßnahmen, sondern Abschätzungen in Form von Szenarien abbilden. Die bilanzierende Partei muss somit neue Erhebungen vornehmen, wenn Veränderungen am Gebäude in Form des Austauschs von Produkten durchgeführt werden. Das gilt ebenso für Modernisierungsmaßnahmen (**Modul B5**), die in der QNG-Methodik ohnehin nicht erfasst werden. Ein Problem bei der Umsetzung der Bilanzierung der grauen Emissionen aus der Nutzungsphase anhand der tatsächlich umgesetzten Maßnahmen dürfte die Abgrenzung der relevanten Aktivitäten darstellen. Die untersuchten Lösungsansätze für die GHG-Protocol-konforme Methodik spezifizieren nicht, ab welchem Umfang diese Emissionen erfasst werden müssen. Nach dem *Sector Supplement* sind die nachgelagerten Emissionen nicht verpflichtend zu berechnen und das Dokument des *UKGBC* gibt zwar vor, diese zu erfassen, definiert jedoch keine Grenzen bezüglich des Maßnahmenumfangs. Somit muss zur Einschätzung, ob bestimmte Maßnahmen bilanziert werden, auf die Wesentlichkeitsanalyse des Scope 3 Standards zurückgegriffen werden. Für den Fall, dass demnach eine bauliche Maßnahme als relevant eingestuft wird, sind alle damit zusammenhängenden Emissionen aus den Modulen A1-A5 und C1-C4 entsprechend den hier beschriebenen Vorgaben neu zu berechnen. Die betrachteten Lösungsansätze spezifizieren die Datenerhebung für diesen Fall jedoch nicht explizit. An dieser Stelle wird angenommen, dass nach der GHG-Protocol-konformen Methodik nur die nachgelagerten Emissionen der rückgebauten Produkte und die vorgelagerten Emissionen der neu eingebrachten Produkte zum Zeitpunkt der Umsetzung der Maßnahmen zu bilanzieren sind. Die nachgelagerten Emissionen der neu eingebrachten Produkte sind erst zu erfassen, wenn diese tatsächlich zu einem späteren Zeitpunkt rückgebaut werden.

Auch die Emissionen aus der Rückbau-, Abriss-, und Entsorgungsphase (**Module C1-C4**) sind mit wenigen Ausnahmen zum Zeitpunkt der Durchführung der Maßnahmen und entsprechend den tatsächlich ausgeführten Prozessen zu erfassen. Die Emissionen aus den Szenarien der QNG-Methodik können hier folglich ebenfalls nicht genutzt werden. Die Ausnahme stellt die Rolle des Projektentwicklers oder Auftraggebers dar, da diese die Emissionen der C-Module zum Zeitpunkt des Verkaufs über Szenarien abschätzen und in ihre Gesamtbilanzen aufnehmen müssen. Die Berechnung des **Moduls C1** wird in keinem der GHG-Protocol-konformen

Lösungsansätze spezifiziert. An dieser Stelle wird angenommen, dass diese jedoch als Bauprozess äquivalent zu Modul A5 entsprechend dem zugehörigen Flussdiagramm erfasst werden können. Bezüglich des **Moduls C2** verweist das *Sector Supplement* jedenfalls auch auf die Methodik zur Berechnung von Transportemissionen aus Modul A4. Dazu müsste jedoch alternativ zu der Nutzung der Herstelleradressen der Produkte der Ort zur Weiterverarbeitung oder endgültigen Entsorgung der anfallenden Abbruchmassen ermittelt werden. **Modul C3** entfällt nach den Vorgaben des *Sector Supplements*, nachdem für alle Materialien angenommen werden muss, dass diese vollständig deponiert werden. Entsprechend sind die Emissionen des **Moduls C4** unter Zuhilfenahme der fest vorgegebenen Emissionsfaktoren je nach Materialtyp des betrachteten Produkts zu ermitteln.

Wenn alle Emissionsdaten aus den jeweiligen Modulen zum geforderten Zeitpunkt erfasst wurden, sind diese entsprechend den Vorgaben in Tabelle 4 den jeweiligen Parteien in der Wertschöpfungskette zuzuordnen, die diese dann wiederum in ihren Gesamtbilanzen in die entsprechende Scope 3-Kategorie einfließen lassen müssen. Die Dokumentation ist dabei möglichst transparent und entsprechend den Vorgaben der GHG-Protocol-konformen Methodik durchzuführen. Im Vergleich zur QNG-Methodik müssen dabei insbesondere zusätzliche Reduktionspotenziale ausgewiesen werden und es ist darzustellen, wie die jeweilige bauliche Maßnahme im Zuge der Gebäudeökobilanz optimiert wurde.

Anhand der beschriebenen Erkenntnisse kann an dieser Stelle die **zweite Forschungsfrage** beantwortet werden: „Wie können Daten aus Gebäudeökobilanzen nach der Methodik des QNG im Rahmen [der untersuchten Bilanzierungsansätze zur Erfassung von grauen Emissionen aus Bauaktivitäten auf der Unternehmensebene] genutzt werden?“. Beide untersuchten Bilanzierungsansätze zur GHG-Protocol-konformen Bilanzierung fordern die Nutzung von Gebäudeökobilanzen und EPDs für eine genauere Erfassung der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten. Die Methodik des QNG erfüllt zwar grundsätzlich einen Großteil der Rahmenbedingungen der GHG-Protocol-konformen Methodik – weicht jedoch in Bezug auf die konkrete Datenerhebung an einigen Stellen deutlich von deren spezifischen Bilanzierungsvorgaben ab. So können zwar die Daten der vorgelagerten Emissionen der Module in der Herstellungsphase aus QNG-Bilanzen genutzt werden – die Emissionen aus den verbleibenden Modulen müssen jedoch durch gegebenenfalls weitreichende zusätzliche Erhebungen erfasst werden und es sind darüber hinaus Anpassungen in der Dokumentation vorzunehmen. Eine direkte Einbindung von QNG-Daten in die von den betrachteten Lösungsvorschlägen vorgegebene Methodik ist folglich nicht ohne größere Anpassungen möglich.

5 Diskussion

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, Potenziale für die Erweiterung von kommunalen THG-Bilanzen aufzuzeigen, um darin künftig auch die grauen Emissionen aus Bauaktivitäten abbilden zu können. Im theoretischen Teil konnte dargestellt werden, dass sowohl private Unternehmen als auch Kommunen zum aktuellen Zeitpunkt Probleme bei der Erfassung dieser Emissionen haben, da sie durch die heute etablierten Standards und Methoden entweder nicht oder nur unpräzise erfasst werden können. Die untersuchten Lösungsvorschläge für die Bilanzierung grauer Emissionen auf der Unternehmensebene bieten Anhaltspunkte zur methodischen Erfassung auf der Gebäudeebene und beschreiben Gebäudeökobilanzen als Mittel der Wahl für eine belastbarere und genauere Datenerhebung. Sie liefern zudem Vorschläge zur anschließenden Zuordnung der Daten in die übergeordneten Gesamtbilanzen der an der Wertschöpfungskette beteiligten Parteien. Die zugehörigen Ausführungen zur methodischen Umsetzung einer GHG-Protocol-konformen Ökobilanz sind jedoch teilweise unpräzise und lassen somit einen Interpretationsspielraum zu, der sich negativ auf die Vergleichbarkeit der resultierenden Bilanzen auswirken könnte. Die Ergebnisse der Untersuchung konnten trotz dieser Unzulänglichkeiten genutzt werden, um zu prüfen, inwiefern sich Ökobilanzen nach der QNG-Methodik zur Datenerhebung im Rahmen von Unternehmensbilanzen nach dem GHG-Protocol eignen. Der dazu durchgeführte Vergleich der Methoden zeigt zwar teilweise Überschneidungen, aber auch signifikante Unterschiede auf. In Kapitel 5.1 wird deshalb diskutiert, ob eine Kombination der Bilanzierungsansätze überhaupt zielführend wäre. In Kapitel 5.2 werden anschließend Möglichkeiten erläutert, wie die Integration der untersuchten Ansätze trotz der identifizierten Schwierigkeiten künftig auf kommunaler Ebene umgesetzt werden kann. Um abschließend die Endresultate einzuordnen, werden in Kapitel 5.3 zudem die Limitationen der Arbeit diskutiert.

5.1 Diskussion der Ergebnisse des Methodenvergleichs

Die Anwendung der QNG-Methodik im Rahmen der THG-Bilanzierung nach dem GHG-Protocol weist verschiedene potenzielle Vorteile aber auch Herausforderungen auf. Angesichts der zunehmenden Bedeutung von Nachhaltigkeitsberichten, der Erfassung von grauen Emissionen auf der Unternehmensebene und der möglichen Übertragung auf die kommunale Ebene stellt sich somit die Frage, inwiefern die QNG-Methodik eine sinnvolle Ergänzung zur Integration der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten in übergeordnete Gesamtbilanzen nach dem GHG-Protocol darstellt. Dazu werden im Folgenden die Stärken und Schwächen der QNG-Methode in diesem spezifischen Kontext diskutiert.

Ein Vorteil der QNG-Methodik liegt in ihrer klaren Strukturierung und ihren festen Vorgaben zur Durchführung von Gebäudeökobilanzen. Die Methodik ist normativ fundiert und basiert auf der DIN EN 15978, was ihre Vergleichbarkeit und Transparenz

in der Datenerhebung gewährleistet und den Forderungen der untersuchten GHG-Protocol-konformen Leitlinien entspricht. Speziell für Neubauten oder umfassende Modernisierungen ermöglicht die QNG-Methodik die Erfassung der grauen Emissionen, die in den abgebildeten Modulen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes anfallen. Die klare Systematik zur Festlegung von Systemgrenzen und die verpflichtende Nutzung geprüfter Datensätze der Ökobaudat sorgen dabei für konsistente und nachvollziehbare Ergebnisse. Für die verschiedenen Parteien, die an der Wertschöpfungskette von Bauprojekten beteiligt sind, bietet die Anwendung der QNG-Methodik somit potenziell eine fundierte Grundlage für die Erfassung der THG-Emissionen und die Identifizierung von Optimierungspotenzialen.

Allerdings bestehen auch erhebliche Herausforderungen, die die Sinnhaftigkeit der Anwendung der QNG-Methodik im Rahmen der THG-Bilanzierung nach den untersuchten Lösungsansätzen einschränken. Eine zentrale Schwäche liegt in der fehlenden Flexibilität der QNG-Methodik hinsichtlich der zeitlichen Erfassung von Emissionen. Das GHG-Protocol fordert eine fortlaufende, jährliche Erhebung und Berichterstattung der Emissionen, während die QNG-Methodik eine einmalige Bilanzierung zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Gebäudes vorsieht. Diese Diskrepanz kann insbesondere bei Großprojekten oder komplexen Bauvorhaben problematisch sein, bei denen sich die Bauphasen über mehrere Jahre erstrecken. Die einmalige Erfassung der Emissionen zum Projektabschluss bildet nicht vollständig den tatsächlichen Emissionsverlauf während des Lebenszyklus der betrachteten Gebäude ab, was zu Verzerrungen in der THG-Berichterstattung führen kann. Hier wären Erweiterungen der QNG-Methodik notwendig, um eine jährliche Aufschlüsselung der Emissionen zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang besteht jedoch das Problem, dass die QNG-Methodik nicht alle für die THG-Bilanzierung relevanten Bauaktivitäten abdeckt: Teilmodernisierungen, Renovierungen oder der Abriss bestehender Gebäude können durch die QNG-Methodik aktuell nicht erfasst werden. Dies stellt ein Problem dar, da das GHG-Protocol die Berücksichtigung aller als wesentlich identifizierten Emissionsquellen eines Unternehmens fordert. Sollten Baumaßnahmen außerhalb des Neubaus und der umfassenden Modernisierung als relevant eingestuft werden, kann eine Bilanz nach QNG aktuell nicht angewendet werden. In diesem Kontext müsste die QNG-Methodik erweitert oder durch die Anwendung von zusätzlichen Methoden ergänzt werden, um potenziell alle Bauaktivitäten in die THG-Bilanzierung zu integrieren. Dasselbe gilt für die Erfassung der nicht abgedeckten Lebenszyklusmodule aus der Errichtungsphase und dem Rückbau sowie die ungenaue Erfassung der technischen Gebäudeausrüstung über pauschale Sockelbeträge. Ein weiterer kritischer Punkt betrifft die Nutzung von generischen Datensätzen in der QNG-Methodik. Während die Verwendung der Ökobaudat eine gewisse Konsistenz in der Datenerhebung gewährleistet, erfüllen die aktuell verbindlich zu nutzenden generischen Datensätze als Sekundärdaten nur einen geringen Standard bezüglich der Datenqualität, da das GHG-Protocol primär auf die Nutzung hersteller- und produktspezifischer Primärdaten abzielt, um möglichst hohe Genauigkeiten zu gewährleisten. Die verpflichtende Nutzung der generischen Daten schränkt die Flexibilität der Anwender*innen ein, spezifischere Datenquellen heranzuziehen, die eine höhere Genauigkeit und Relevanz für die individuelle Bilanzierung und Planung bieten könnten. Diese Einschränkung soll jedoch bis Ende 2024 aufgehoben werden. Dennoch bleibt insgesamt Anpassungsbedarf in

bestimmten Bereichen bestehen, insbesondere in Bezug auf die zeitliche Aufschlüsselung der Emissionen und die Erfassung nachgelagerter Emissionen durch die erneute Bilanzierung zum Zeitpunkt der Umsetzung kleinteiliger baulicher Maßnahmen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die QNG-Methodik grundsätzlich als Basis für die THG-Bilanzierung nach dem GHG-Protocol genutzt werden kann. Für eine vollständige Überschneidung mit den betrachteten Lösungsansätzen muss sie jedoch um die beschriebenen Möglichkeiten für kleinteiligere Bilanzen und spezifische methodische Erweiterungen ergänzt werden. Besonders die einmalige Erfassung der Emissionen im Rahmen der QNG-Methodik muss durch eine kontinuierliche Berichterstattung während des gesamten Lebenszyklus erweitert werden, um den Anforderungen des GHG-Protocols bezüglich einer jährlichen Berichterstattung gerecht zu werden. Ebenso ist die Anwendung spezifischerer Datenquellen erforderlich, um eine höhere Genauigkeit in der Bilanzierung zu gewährleisten. Für den Fall, dass eine oder mehrere am Bau beteiligte Parteien eine GHG-Protocol-konforme Bilanzierung auf der Gebäudeebene anstreben, sind somit je nach Anwendungsfall zusätzliche Erhebungen durchzuführen, die gegebenenfalls mit einem erheblichen Ressourcenaufwand in Form von Kosten, Zeit und fachkundigem Personal einhergehen.

Es gilt deshalb abzuwägen, ob dieser zusätzliche Aufwand durch die potenziellen Vorteile einer GHG-Protocol-konformen Bilanzierung nach den Lösungsansätzen auf der Gebäudeebene gerechtfertigt ist, oder gegebenenfalls alternativ bereits die Durchführung einer Bilanz nach der QNG-Methodik ausreichend und zielführend sein könnte. Diese Frage kann in der vorliegenden Arbeit nicht abschließend beantwortet werden. Im Rahmen des folgenden Kapitels zur Übertragung der Ansätze auf die kommunale Ebene werden jedoch in Kapitel 5.2.2 Abwägungen bezüglich des Einsatzes der unterschiedlichen Bilanzierungsmethoden auf der Gebäudeebene getroffen und in Kapitel 5.2.3 entsprechende Handlungsempfehlungen ausgeführt.

5.2 Übertragung auf die kommunale Ebene

In diesem Kapitel sollen die bisher gewonnenen Erkenntnisse auf die kommunale Ebene übertragen werden, um Möglichkeiten aufzuzeigen, wie künftig graue Emissionen aus Bauaktivitäten in kommunalen Treibhausgasbilanzen abgebildet werden können. Dabei ist es auf dieser Ebene von besonderer Relevanz, passende Bilanzierungsansätze für verschiedene kommunale Strukturen zu identifizieren. Dazu wird in Kapitel 5.2.1 aufgezeigt, warum eine Abgrenzung der Bilanzierung der Kommunalverwaltung gegenüber der Bilanzierung des Verwaltungsgebiets der Kommune als Ganzes sinnvoll ist. In Kapitel 5.2.2 wird anschließend diskutiert, welche Möglichkeiten bestehen, um künftig die Emissionsdaten auf der Gebäudeebene so zu erheben, dass diese auf die jeweils übergeordnete Ebene der kommunalen Strukturen übertragen werden können. In Kapitel 5.2.3 werden darauf aufbauend konkrete Handlungsempfehlungen für die Bilanzierung auf der kommunalen Ebene ausgesprochen und abschließend Möglichkeiten für künftige Erweiterungen und notwendige Maßnahmen zu deren Umsetzung aufgezeigt.

5.2.1 Wahl der Systemgrenze auf kommunaler Ebene

Die Analyse der bestehenden Bilanzierungssysteme auf den verschiedenen Betrachtungsebenen hat gezeigt, dass für Kommunen je nach Wahl der Systemgrenze verschiedene Möglichkeiten bestehen, um THG-Bilanzen zu erstellen. Die zur Verfügung stehenden Methoden lassen sich konkret in Ansätze für die Kommunalverwaltung und Ansätze für das gesamte Verwaltungsgebiet der Kommune unterscheiden.

Kommunalverwaltung: Kommunale Verwaltungen können auf den Corporate Standard des GHG-Protocols zurückgreifen. Die grauen Emissionen der Bauaktivitäten, die im direkten Einflussbereich der Kommunalverwaltung liegen, sind dabei in Scope 3 zu erfassen und je nach Rolle der Verwaltung im Bauprozess in die entsprechenden Unterkategorien einzuordnen. Dabei kann auf die Ausführungen des *UKGBC* in Tabelle 4 zurückgegriffen werden – wobei an dieser Stelle davon ausgegangen wird, dass die Profile „Nutzer – Eigentümer“ oder ggf. „Nutzer – Vermieter“ bei den meisten Bauvorhaben zutreffen werden. In beiden Fällen sind die Emissionen aus allen Lebenszyklusphasen der als relevant eingeordneten Bauaktivitäten zu erfassen. Welche baulichen Maßnahmen als relevant definiert werden, hängt wiederum von der Festlegung der organisatorischen Systemgrenzen ab (Abgrenzung nach Kapitalanteil, operativer oder finanzieller Kontrolle). Bei dieser Definition muss auch festgelegt werden, ob und wie die Emissionen aus Bauaktivitäten kommunaler Unternehmen (z.B. lokale Ver- und Entsorgungsunternehmen, Verkehrsbetriebe des ÖPNV, Kultureinrichtungen, Gesundheitsbauten etc.) darin eingeschlossen werden. Dies beruht jedoch weitestgehend auf Einzelfallentscheidungen, welche im Rahmen dieser Arbeit nicht pauschal abgebildet werden können, sondern bei der individuellen Erstellung der Bilanzen beschlossen werden müssen.

Gesamtes Verwaltungsgebiet der Kommune: Bezüglich der Bilanzierung aller weiteren Bauaktivitäten, die außerhalb des direkten Einflussbereichs der Kommunalverwaltung stehen (z.B. gewerblicher/privater Wohnungsbau, Bau von Nichtwohngebäuden in der Privatwirtschaft etc.) und somit nicht im Rahmen des Corporate Standard abgebildet sind, muss auf zusätzliche Methoden zurückgegriffen werden. Die Erfassung der THG-Emissionen innerhalb der geografischen Grenzen der Kommune sollte eigentlich durch BSKO und das GPC umgesetzt werden – die Standards können Emissionen aus konsumierten Waren und Dienstleistungen jedoch nicht direkt abbilden. Das Umweltbundesamt schlägt deshalb für die Weiterentwicklung von BSKO vor, Konsumaspekte mit einzubeziehen, diese jedoch in einer separaten Bilanz zu erfassen und nachrichtlich auszuweisen [104]. Auch das GPC empfiehlt die Erstellung einer zusätzlichen Bilanz für die Erfassung grauer Emissionen aus unter anderem den genutzten Baumaterialien [69]. Keiner der Standards bietet jedoch konkrete methodische Vorgaben zur Erfassung dieser Emissionen. Für den Fall, dass die Emissionen aus Bauaktivitäten künftig für das gesamte kommunale Verwaltungsgebiet erfasst werden sollen, sind folglich methodische Erweiterungen nötig. Nachdem im Rahmen dieser Arbeit bereits aufgezeigt werden konnte, dass die dafür häufig verwendete vereinfachte Bilanzierung über monetäre Faktoren mit starken Einschränkungen in der Genauigkeit und Beeinflussbarkeit einhergeht, empfiehlt es sich künftig, auch hier Ökobilanzen zur Datenerhebung auf der Gebäudeebene zu nutzen. Dabei kann zumindest für Neubauten ab 2028 bereits auf Daten aus nach EU-Recht verpflichtenden Gebäudeökobilanzen für Gebäude ab 1000 m² und ab 2030 für alle

Gebäude zurückgegriffen werden. Für alle anderen Bauaktivitäten wie Modernisierungen, Renovierungen oder den Rückbau von Gebäuden müssten weitere Regelungen durch die Kommunen (oder alternativ auf der Bundes- oder Landesebene) eingeführt werden, die definieren, für welche Maßnahmen zusätzliche Ökobilanzen zu erstellen sind und welche beteiligten Akteure aus der Privatwirtschaft dafür die Verantwortung übernehmen müssen. Eine denkbare Lösung für die Abgrenzung relevanter Baumaßnahmen könnte beispielsweise die Einführung eines Grenzwertes darstellen, der festlegt, dass ab einer bestimmten Auftragssumme für bauliche Maßnahmen eine Ökobilanz erstellt werden muss – so, wie es beispielsweise bei Bundesbauten in Bezug auf das BNB gehandhabt wird. Die im Rahmen dieser Ökobilanzen erfassten Emissionsdaten könnten von den Kommunen gesammelt und zu einer eigenen übergeordneten Bilanz für graue Emissionen aus Bauaktivitäten im Verwaltungsgebiet zusammengefasst werden. Mehr zur konkreten Umsetzung in Kapitel 5.2.3. Abbildung 29 zeigt die Verortung der THG-Bilanzen der Verwaltungsebene als Teil der Bilanz des gesamten Verwaltungsgebiets und die darin jeweils mögliche Integration der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten.

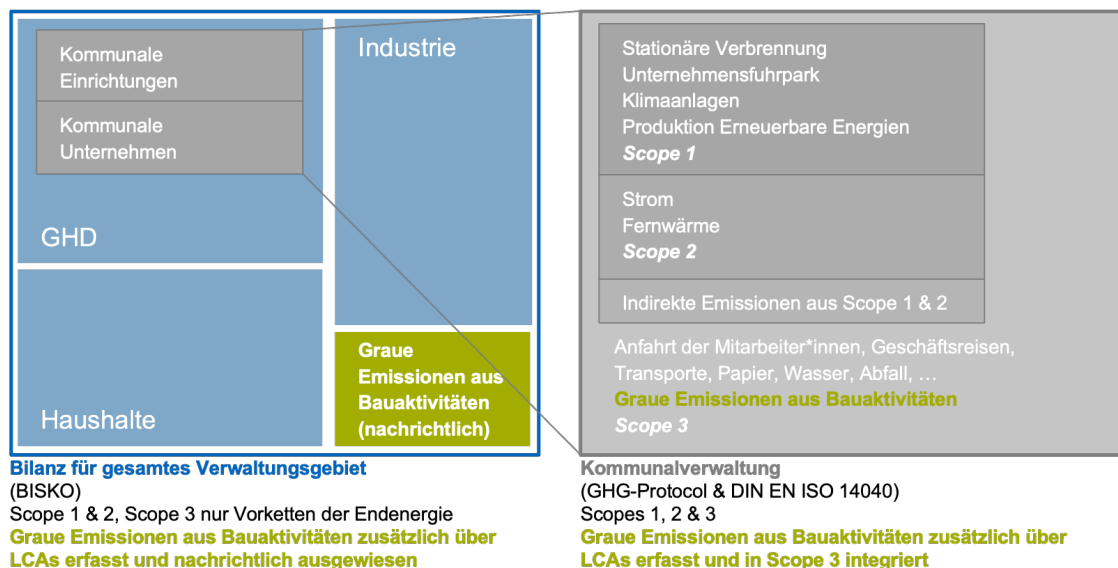


Abbildung 29 Systemgrenzen in der kommunalen THG-Bilanzierung, eigene Darstellung basierend auf [66], erweitert um graue Emissionen aus Bauaktivitäten (grün)

Insgesamt ist festzuhalten, dass sich die im Rahmen der Auswertung gewonnenen Erkenntnisse hauptsächlich auf die Bilanzierung der Kommunalverwaltung anwenden lassen. Sie könnten aber auch auf weitere Bauaktivitäten im gesamten kommunalen Gebiet übertragen werden, da die Grundidee sich in beiden Fällen nicht unterscheidet: Ausgesprochenes Ziel ist es, Daten zu THG-Emissionen auf der Gebäudeebene im Rahmen von Gebäudeökobilanzen möglichst genau und differenziert zu erheben, um diese dann auf einer übergeordneten Ebene in Form einer Gesamtbilanz, die auch Emissionen abseits von Bauaktivitäten enthält, einzubetten. Kommunen haben die Wahl, ob sie diese Vorgehensweise im Rahmen einer Bilanz der Kommunalverwaltung anwenden oder zusätzlich Daten von Bauaktivitäten außerhalb ihres direkten Einflussbereichs für eine umfassendere Darstellung der THG-Emissionen im Rahmen einer Bilanz für ihr gesamtes Verwaltungsgebiet einholen – wobei letztere Option mit erheblichem Aufwand verbunden wäre und für die Umsetzung solcher umfangreichen Datenerhebungen voraussichtlich eine eigene Methode entwickelt werden müsste, die zusätzlich von entsprechenden Regulierungen und Gesetzen gestützt wird.

5.2.2 Wahl der Bilanzierungsmethodik auf der Gebäudeebene

Neben der im vorangehenden Kapitel beschriebenen Wahl der Systemgrenze auf der kommunalen Ebene muss entschieden werden, welcher Ansatz zur Datenerhebung auf der Gebäudeebene gewählt wird. Der Vergleich der GHG-Protocol-konformen Methodik und der des QNG hat gezeigt, dass die Ansätze einige Differenzen aufweisen, die dazu führen, dass die gemeinsame Anwendung mit erheblichem Aufwand verbunden wäre und somit gegebenenfalls nicht sinnvoll ist. Im Folgenden werden deshalb zwei verschiedene Möglichkeiten zur Anwendung der betrachteten Bilanzierungsmethoden auf der Gebäudeebene im kommunalen Kontext vorgestellt.

- 1) Nutzung der GHG-Protocol konformen Methodik:** Der methodisch sauberste, aber zugleich aufwändigste Ansatz ist die Einführung der GHG-Protocol-konformen Methodik als neuer Standard für die Ökobilanzierung auf der Gebäudeebene – unabhängig von der Nutzung des QNG. Dabei kann auf die bereits bestehenden Bilanzierungsansätze des *UKGBC* und des *Sector Supplements* zurückgegriffen werden. Die Emissionsdaten liegen bei korrekter Ausführung in einer Form vor, in der sie direkt in übergeordnete Bilanzen nach dem GHG-Protocol eingeordnet werden können. Je nach Wahl der Systemgrenze auf der kommunalen Ebene kann die Umsetzung ausschließlich für Bauaktivitäten der Kommunalverwaltung eingesetzt, oder alternativ auf das gesamte Verwaltungsgebiet ausgeweitet werden, indem die GHG-Protocol konforme Methodik auch für nicht kommunale Bauvorhaben als Standard vorgegeben wird. Die Datenerhebung wäre jedoch komplex und mit einem hohen administrativen und operativen Aufwand verbunden – insbesondere in Bezug auf die Umsetzung im gesamten Verwaltungsgebiet. Die untersuchten Bilanzierungsansätze weisen zudem noch vereinzelt Unklarheiten und Widersprüche auf und müssten somit vor einer potenziellen flächendeckenden Einführung überarbeitet werden, um konsistente und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.
- 2) Nutzung der QNG-Methodik:** Ein vergleichsweise einfacher alternativer Ansatz ist die Nutzung der QNG-Methodik zur Datenerhebung auf der Gebäudeebene und der bewusste Verzicht auf die Umsetzung der konkreten Vorgaben der betrachteten Lösungsvorschläge zur GHG-Protocol-konformen Methodik. Ökobilanzen nach dem QNG stellen eine bereits etablierte und konsistente Methodik dar, die sich ab sofort und ohne weitere Anpassungen auf die davon abgedeckten Bauvorhaben (Neubau und Komplettmodernisierungen) anwenden lässt und vergleichbare Ergebnisse liefert. So könnten mit einem überschaubareren Aufwand detaillierte Emissionsdaten auf der Gebäudeebene erhoben werden, um diese anschließend (je nach gewählter Systemgrenze) auf der übergeordneten Ebene nachrichtlich in die Bilanzen der Kommunalverwaltung oder des gesamten Verwaltungsgebiets einfließen zu lassen. Für alle weiteren Bauvorhaben müsste festgelegt werden, wann diese als relevant einzustufen sind und wie die entsprechenden Daten erhoben

werden sollen. Die Datenerhebung könnte dann durch die Erweiterung der vom QNG abgedeckten Maßnahmenarten um z.B. die Bilanzierung des Abrisses oder der Teilmodernisierung und die entsprechende Veröffentlichung angepasster Siegelvarianten durch das BBSR ermöglicht werden. Für die Übertragung in die übergeordneten jährlichen Bilanzen könnten zumindest bereits die THG-Emissionen aus der Herstellungsphase (A1-A3) ohne größere Anpassungen übernommen werden. Die direkte Einbindung der übrigen über Szenarien abgebildeten Module ist nicht möglich – allerdings könnten diese alternativ in einer separaten Darstellung ausgewiesen werden, die zeigt, mit welchen Emissionen künftig im Zusammenhang mit den bereits ausgeführten Bauaktivitäten (z.B. durch den abzusehenden Ersatz von Bauteilen oder den Abriss der Gebäude und die anschließende Entsorgung) zu rechnen ist. Für den Fall, dass künftig weitere Siegelvarianten für kleinteiligere bauliche Maßnahmen zur Verfügung stehen, können die prognostizierten nachgelagerten Emissionen sukzessiv durch eine Bilanzierung der tatsächlich durchgeführten Maßnahmen validiert bzw. angepasst und im jeweiligen Jahr mit abgebildet werden. Damit nähert sich dieser Ansatz potenziell weiter an die Logik der GHG-Protocol-konformen Methodik an, die Diskrepanzen bezüglich der nicht erfassten Module und den spezifischen Ansprüchen an die Aufbereitung und Darstellung der Ergebnisse (z.B. Berechnung von Unsicherheitsfaktoren oder die Darstellung von Reduktionspotenzialen) bestünden jedoch trotzdem.

Als dritte Alternative besteht potenziell die Möglichkeit einer **Kombination der beiden Ansätze**. Je nach den Ansprüchen der bilanzierenden Partei an die Genauigkeit und Vergleichbarkeit können die Daten aus den QNG-Bilanzen als Basis für die Erfassung der grauen Emissionen auf der Gebäudeebene genutzt und um einzelne Aspekte der GHG-Protocol-konformen Bilanz erweitert werden. Dieser Ansatz erlaubt maximale Flexibilität in der Bilanzierung und kann somit an die Bedürfnisse in der Anwendung angepasst werden. Um trotz der Anpassungsmöglichkeiten in diesem Ansatz eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, könnten einzelne Teile der Bilanz verpflichtend vorgegeben werden (z.B. die Emissionen aus den Modulen der Herstellungsphase), während die übrigen optional und nach Ermessen der bilanzierenden Partei erhoben und separat ausgewiesen werden können (z.B. die Emissionen aus den Modulen der Errichtungsphase).

Insgesamt sollte die Entscheidung, welcher Ansatz gewählt wird, in Abhängigkeit der Ansprüche an die Vergleichbarkeit und Genauigkeit der erhobenen Daten getroffen werden. Dabei gilt es zudem zu beachten, dass der Umfang der abgebildeten Lebenszyklusmodule neben der Erhöhung der Genauigkeit der Bilanz auch maßgeblich Einfluss auf die Steuerungsmöglichkeiten der Emissionen im Planungsprozess hat, da mit einer zunehmenden Anzahl von Modulen ein umfassenderes Bild der Gesamtemissionen der Bauaktivitäten erstellt werden kann. Bezüglich all dieser Faktoren ist letztlich eine Abwägung zwischen dem Aufwand für die Datenerhebung und dem erwartbaren Nutzen zu treffen. Für den Fall, dass die hier vorgeschlagene Anwendung von Ökobilanzen flächendeckend in Deutschland eingeführt werden soll, ist es im Sinne der Vergleichbarkeit zudem ratsam, wenn nur eine der beiden Bilanzierungsmethoden als Standard für alle Kommunen eingeführt würde.

5.2.3 Ableitung von Handlungsempfehlungen

Aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen aus der Gegenüberstellung der verschiedenen Bilanzierungsmethoden auf der Gebäudeebene und entsprechend den beschriebenen Möglichkeiten zur Festlegung der Systemgrenzen auf der kommunalen Ebene werden nun vier mögliche Optionen zur konkreten Umsetzung diskutiert. Diese sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9 Umsetzungsmöglichkeiten in Abhängigkeit der Wahl der Systemgrenzen auf kommunaler Ebene und der Bilanzierungsmethodik auf der Gebäudeebene

Wahl der Bilanzierungsmethodik auf der Gebäudeebene → Wahl der Systemgrenzen auf kommunaler Ebene ↓	QNG-Methodik	GHG-Protocol-konforme Methodik nach den untersuchten Lösungsvorschlägen
Kommunalverwaltung (GHG-Protocol)	Option A	Option B
Gesamtes Verwaltungsgebiet (BISKO)	Option C	Option D

Die **Option A** stellt die Nutzung der QNG-Methodik auf der Gebäudeebene im Rahmen der Systemgrenzen der Kommunalverwaltung dar. Die Kommunalverwaltung greift in diesem Szenario für die Bilanzierung ihrer Gesamtemissionen grundsätzlich auf die Logik des GHG-Protocols zurück und ordnet ihre direkten und indirekten Emissionen entsprechend in die vorgebenden Scopes ein. Scope 1- & 2- sowie Emissionen aus Scope 3, die nicht mit Bauaktivitäten zusammenhängen, sind dabei in gewohnter Weise und entsprechend den Vorgaben des GHG-Protocols zu erheben. Für die Emissionen aus Bauaktivitäten, welche in Scope 3 einzuordnen sind, ist festzulegen, wie die benötigten Daten erhoben werden können. Das GHG-Protocol lässt dabei grundsätzlich die häufig eingesetzte Abschätzung über monetäre Faktoren zu – um eine genauere Darstellung zu gewährleisten, wird jedoch empfohlen, die Emissionsdaten über alternative spezifischere Faktoren zu erheben, die den tatsächlich verwendeten Produkten und durchgeführten Maßnahmen entsprechen. Eine Möglichkeit dazu stellt die Anwendung der QNG-Methodik dar. Im Vergleich mit den untersuchten Lösungsvorschlägen, welche eine GHG-Protocol-konforme Datenerhebung auf der Gebäudeebene beschreiben, konnte zwar gezeigt werden, dass die QNG-Methodik den darin geforderten Qualitäten nicht im vollen Umfang entspricht – sie erlaubt jedoch trotzdem eine genauere Darstellung der grauen Emissionen als die alternative Abschätzung über pauschale Werte, die sich rein an den kommunalen Ausgaben für Bauaktivitäten orientieren. Im Sinne einer akkurateren Ergebnisdarstellung könnten die Daten aus QNG-Ökobilanzen folglich trotzdem genutzt werden, es muss jedoch eindeutig gekennzeichnet sein, dass diese nach der Methodik des QNG erhoben wurden und somit an einzelnen Stellen Defizite, etwa durch die Vernachlässigung verschiedener Lebenszyklusmodule, bestehen. Dabei können die Emissionen aus der Herstellungsphase direkt in den Scope 3 der übergeordneten jährlichen GHG-Bilanz der

Kommunalverwaltung übertragen werden, während die Emissionsdaten der übrigen Lebenszyklusphasen separat auszuweisen sind.

Option B stellt die Möglichkeit dar, die Datenerhebung nicht entsprechend der QNG-Methodik durchzuführen, sondern stattdessen auf die in den untersuchten Zusatzdokumenten beschriebene GHG-Protocol-konforme Methodik der Datenerhebung auf Gebäudeebene zurückzugreifen. Die dabei erhobenen Daten können in diesem Fall ohne Einschränkungen in die übergeordnete Bilanz der Kommunalverwaltung im Rahmen der Scope 3-Emissionen übernommen werden. Die Bilanzen nach dieser Methode bieten dabei gegenüber dem QNG den zusätzlichen Vorteil, dass sie die Lebenszyklusmodule in einem größeren Umfang abbilden und nicht auf spezifische bauliche Maßnahmen beschränkt sind. Damit können sie auch Emissionen aus kleinteiligeren baulichen Maßnahmen in der Nutzungsphase sowie Emissionen, die im Zuge der Rückbau- und Entsorgungsphase anfallen, darstellen. Diesen Vorzügen steht jedoch gegenüber, dass die untersuchten Zusatzdokumente teilweise unpräzise Angaben zur methodischen Umsetzung machen und die damit zusammenhängenden Erhebungen mit einem erhöhten Aufwand und der Einführung einer in Deutschland nicht etablierten Methodik verbunden sind.

Option C beschreibt eine flächendeckende Erhebung von Emissionsdaten aus Bauaktivitäten durch die Anwendung der QNG-Methodik auf der Gebäudeebene im gesamten kommunalen Verwaltungsgebiet und deren Abbildung in den entsprechenden übergeordneten Bilanzierungsmethoden (BISKO oder GPC). Damit werden auch Bauaktivitäten erfasst, die nicht im unmittelbaren Einflussbereich der kommunalen Verwaltung stehen und es entsteht ein umfassenderes Bild der Gesamtemissionen, indem die territorialen Bilanzierungsansätze um relevante Konsumaspekte aus Bauaktivitäten erweitert werden. Da weder BISKO noch das GPC spezifische Vorgaben zur Art der Datenerhebung für graue Emissionen machen, unterliegt die Wahl der Bilanzierungsmethodik auf der Gebäudeebene keinen Einschränkungen und kann somit frei getroffen werden. Die Anwendung der QNG-Methodik innerhalb dieser Systemgrenze unterliegt deshalb folglich auch nicht den Vorgaben, die im Rahmen der Bilanzierungen nach dem GHG-Protocol auf der Ebene der Kommunalverwaltung vorliegen. Die erhobenen Emissionsdaten können somit auf nachrichtlicher Ebene im Rahmen der übergeordneten Bilanz neben den übrigen Sektoren dargestellt werden. Dabei gilt es zu beachten, dass auch die subnationalen Bilanzen nach BISKO und dem GPC jährlich und anhand der tatsächlich ausgestoßenen Emissionen zu erstellen sind und folglich auch hier vorerst nur die Daten aus der Herstellungsphase direkt einfließen sollten. Die Emissionen, die im Rahmen der übrigen Module in Form von Szenarien abgebildet werden, können jedoch äquivalent zum Vorgehen auf der Ebene der Kommunalverwaltung als Prognose für künftig anfallenden Emissionen genutzt werden. Die Erstellung der einzelnen Ökobilanzen auf der Gebäudeebene kann bei diesem Ansatz jedoch nicht allein durch die Kommune erfolgen. Deshalb müssen dazu weitere Verantwortlichkeiten festgelegt werden, die definieren, welche am Bau beteiligten Parteien künftig für die Erhebung der Emissionsdaten auf der Gebäudeebene zuständig sind.

Option D stellt wiederum die Möglichkeit dar, die im Rahmen der Zusatzdokumente beschriebene GHG-Protocol-konforme Methodik im gesamten kommunalen Verwaltungsgebiet einzusetzen. Sie unterscheidet sich im Prinzip der Umsetzung nicht

von der zuvor beschriebenen Option C. Auch hier sind vor allem Verantwortlichkeiten bzgl. der Durchführung der Datenerhebung zu klären. Dabei kommt jedoch erschwerend hinzu, dass flächendeckend eine in Deutschland noch nicht etablierte Methode eingeführt werden müsste, was die Komplexität bei der Realisierung deutlich erhöht. Ähnlich wie bei der Anwendung auf der Kommunalverwaltungsebene führt die Anwendung dieser Methode jedoch potenziell zu umfassenderen Ergebnissen.

Zur tatsächlichen Umsetzung wird nach Abwägung der einzelnen Optionen an dieser Stelle eine stufenweise Einführung empfohlen. Dabei sollte zunächst Option A eingeführt werden, da diese mit dem QNG auf eine in Deutschland bereits etablierte Methodik zur Erhebung von grauen Emissionen auf der Gebäudeebene zurückgreift und die auszuführende Datenerhebung sich auf den unmittelbaren Einflussbereich der Kommunen bezieht. Folglich ist dies die Option, die mit dem geringsten administrativen und operativen Aufwand in Verbindung steht und somit auch zeitnah realistisch umgesetzt werden kann. Dabei wird zunächst in Kauf genommen, dass lediglich die grauen Emissionen aus Neubauten und Komplettmodernisierungen adäquat erhoben werden können, zumindest bis das BBSR weitere Siegelvarianten für kleinteiligere Baumaßnahmen zur Verfügung stellt. Die Emissionen aus diesen Maßnahmen könnten bis dahin weiterhin über monetäre Faktoren abgeschätzt werden, um die Bilanz zu vervollständigen. Abbildung 30 zeigt eine Übersicht zur entsprechenden Umsetzung der Datenerhebung auf der Gebäudeebene und die Übertragung in die Gesamtbilanzen der Verwaltung nach dem GHG-Protocol. Die vorgelagerten Emissionen aus den A-Modulen können dabei direkt im zugehörigen Bilanzjahr ausgewiesen werden. Die nachgelagerten Emissionen aus den B- und C-Modulen sollten nicht direkt übernommen werden – es ist jedoch möglich, diese zu sammeln und daraus künftig anfallende Emissionen abzuschätzen.

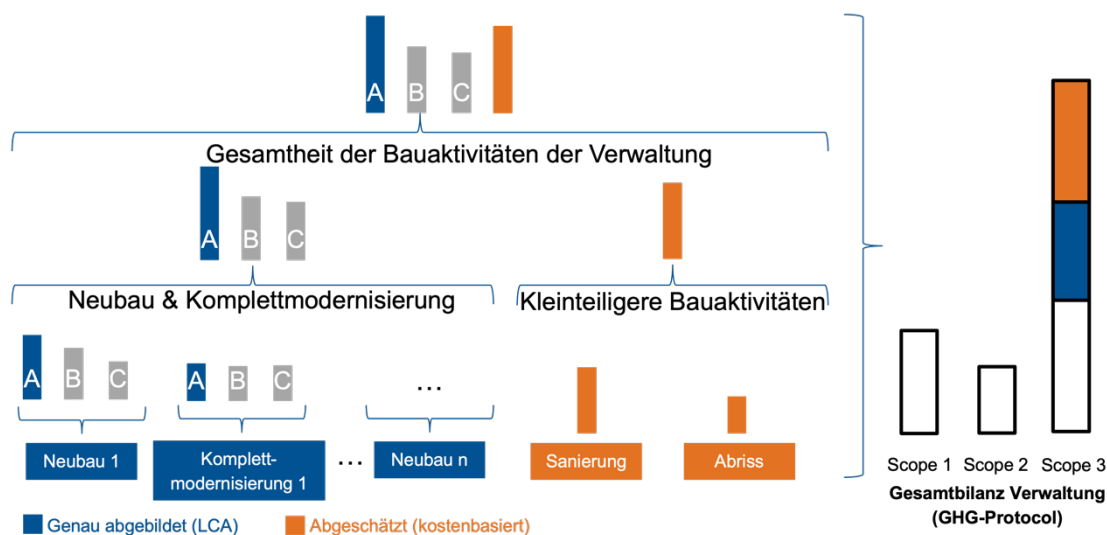


Abbildung 30 Vereinfachte Darstellung der Umsetzung der Option A auf Ebene der Kommunalverwaltung

Sollte sich die hier vorgeschlagene Umsetzung der Option A innerhalb der Systemgrenzen der Kommunalverwaltung als erfolgreich abzeichnen, können die dabei erhobenen Daten in einer nächsten Stufe, im Rahmen von Option C, zusätzlich mit Daten zu Bauaktivitäten außerhalb des direkten Einflusses der Kommunalverwaltung ergänzt werden. Abbildung 31 zeigt eine Übersicht zur entsprechenden Umsetzung der

Datenerhebung auf der Gebäudeebene und die Übertragung auf die Gesamtbilanz des Verwaltungsgebiets nach BSKO. Dabei sind neben den Bauaktivitäten der Kommunalverwaltung z.B. auch jene aus dem privaten Wohnungsbau oder dem gewerblichen Nichtwohnungsbau abzubilden.

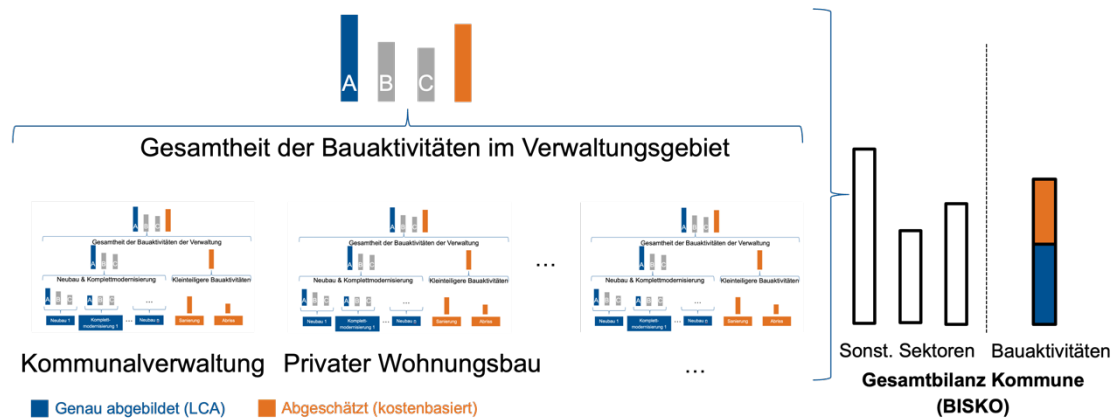


Abbildung 31 Vereinfachte Darstellung der Umsetzung der Option C im gesamten Verwaltungsgebiet

Zusammenfassend lässt sich somit auch die **dritte Forschungsfrage** beantworten: „Inwiefern lassen sich die gewonnenen Erkenntnisse auf die Treibhausgasbilanzierung der kommunalen Ebene übertragen?“. Die Nutzung der untersuchten Lösungsansätze für die GHG-Protocol-konforme Bilanzierung (Option B und D) wird auf der Gebäudeebene zum aktuellen Zeitpunkt nicht empfohlen, da diese durch unpräzise Vorgaben und die teilweise enthaltenen Widersprüche keine belastbaren Ergebnisse liefern. Zudem scheint der mit der Einführung dieser neuen Methodik verbundene Aufwand aktuell nicht realistisch mit einer Initiierung in die Praxis vereinbar. Die Methodik zur Erstellung von Gebäudeökobilanzen nach dem QNG lässt sich jedoch im Rahmen der Erfassung kommunaler Treibhausgasbilanzen aus Bauaktivitäten nutzen, um durch eine bereits etablierte Methodik die notwendigen Daten bereitzustellen und diese entsprechend der Logik der untersuchten Lösungsansätze in die übergeordneten Bilanzen zu integrieren (Option A und C).

5.2.4 Potenziale und mögliche Erweiterungen

Die im Rahmen dieser Arbeit empfohlene Umsetzung der Option A und der darauf aufbauenden Option C bietet verschiedene Potenziale für den zielgerichteten Klimaschutz auf kommunaler Ebene. So entsteht damit zunächst die Möglichkeit, einen **klarerer und umfassenderer Blick auf die grauen Emissionen** aus Bauaktivitäten zu erhalten. Zum einen in Bezug auf bauliche Maßnahmen der Kommunalverwaltungen, die diese selbst in Auftrag geben und somit direkt beeinflussen können. Zum anderen im Falle einer Erweiterung auf das gesamte Verwaltungsgebiet zusätzlich in Bezug auf bauliche Maßnahmen, die diese aktuell nur indirekt z.B. im Zuge der Bauleitplanung beeinflussen können. Dabei kann (zumindest in einem ersten Schritt hinsichtlich Neubauten und Komplettmodernisierungen) die konkrete Höhe der mit dem Bau zusammenhängenden Emissionen berechnet werden, die zuvor nur über pauschale Werte abgebildet werden konnten oder schlicht nicht erfasst wurden. Durch die Übertragung in die übergeordneten Bilanzen können diese dann den weiteren Emissionen aus den Scopes auf der Ebene der Kommunalverwaltung bzw. den weiteren

Emissionen aus den Sektoren auf der Ebene des gesamten Verwaltungsgebiets gegenübergestellt und im Gesamtkontext gewichtet werden. So entsteht eine belastbare Einordnung der Relevanz grauer Emissionen aus Bauaktivitäten, die dazu führen könnte, dass diesen künftig mehr Bedeutung zugeschrieben wird und der Fokus in der kommunalen THG-Bilanzierung und den daraus abgeleiteten Maßnahmen nicht mehr ausschließlich auf Emissionen liegt, die mit der unmittelbaren Nutzung von Endenergie zusammenhängen. Im Zuge der Auswertung der Daten aus den Gebäudeökobilanzen könnten zudem bestimmte Bauweisen oder Baustoffe, die einen besonders hohen Einfluss auf die Gesamtemissionen der Bauaktivitäten aufweisen, identifiziert werden und **konkrete Schlüsse für spezifische Anpassungen bei zukünftigen Bauvorhaben** abgeleitet werden. Anhand der Übertragung in die übergeordneten Bilanzen, die in einem regelmäßigen Turnus erhoben werden und die Bauaktivitäten in den jeweils gewählten Systemgrenzen gesammelt abbilden, könnten dann wiederum die getroffenen Anpassungen evaluiert und ggfs. nachjustiert werden, um sich so Schritt für Schritt einer emissionsreduzierten Bauweise für alle künftigen Bauvorhaben anzunähern. Durch die Umsetzung der vorgeschlagenen Option A erfüllen Kommunen zudem ihre **Vorbildfunktion** in verschiedener Hinsicht. So können sie zunächst mit der Anwendung von standardisierten Ökobilanzen auf der Gebäudeebene bei Bauvorhaben der Kommunalverwaltung zeigen, dass bereits etablierte Tools zur Berechnung der damit verbundenen grauen Emissionen zur Verfügung stehen. Dabei können die Kommunen auf das Ausmaß der durch Bauaktivitäten ausgestoßenen Treibhausgase hinweisen und gleichzeitig anhand von durchgeführten THG-optimierten Bauvorhaben zeigen, wie darauf sinnvoll Einfluss genommen werden kann. Dies dürfte wiederum insgesamt positiven Einfluss auf die Glaubwürdigkeit politischer Bestrebungen zum Klimaschutz im Bausektor nehmen, indem transparent und nachvollziehbar die fortschreitende Emissionsreduktion der Kommunen als Teil der öffentlichen Verwaltung dargestellt wird. Eine bundesweite Einführung des vorgeschlagenen Monitorings der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten erlaubt zudem eine effizientere **Steuerung von kommunalen Förderprogrammen** bezüglich des ökologisch nachhaltigen Bauens durch Bund und Länder. So werden nicht nur wie bereits im Rahmen der BEG einzelne Baumaßnahmen finanziell unterstützt, sondern die Mittel können anhand eines umfassenderen Bildes von deren Emissionen denjenigen Kommunen zugewiesen werden, die die Mittel besonders benötigen, aber auch denen, die durch das Monitoring nachweisen, dass sie diese Mittel effektiv zur Emissionsreduktion einsetzen und damit einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele beisteuern.

Neben den Potenzialen, welche unmittelbar durch die Einführung der beschriebenen Optionen entstehen, ergeben sich zudem durch den Einsatz von Gebäudeökobilanzen weitere Möglichkeiten zur längerfristigen Erweiterung der kommunalen THG-Bilanzierung. Neben der einmaligen Erstellung einer Ökobilanz nach der QNG-Methodik zum Ende der Fertigstellung eines betrachteten Gebäudes besteht die Möglichkeit, **Ökobilanzen bereits umfassend in den Planungsprozess einzubinden**. So können zusätzlich zu der reinen Erfassung der Emissionsdaten bereits vor der Durchführung von Baumaßnahmen Reduktionspotenziale identifiziert und umgesetzt werden. Dies kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Eine Möglichkeit ist die Erstellung mehrerer Ökobilanzen im Zuge des Planungsprozesses. In frühen Entwurfsphasen können so z.B. durch die Architekt*innen in einer ersten Iteration bereits verschiedene Bauweisen miteinander verglichen werden. Auch wenn für die spätere Übertragung auf die übergeordneten THG-Bilanzen primär die Emissionen aus

der Herstellungsphase benötigt werden, ist es dabei entscheidend, auch die Module der Nutzungs-, Rückbau- und Entsorgungsphase mit einzubeziehen. Nur so können sinnvolle Variantenvergleiche angestellt werden, da sonst ggf. Bauprodukte oder Baumaterialien mit geringen Emissionen in der Herstellungsphase bevorzugt werden, obwohl diese bei Betrachtung der gesamten Lebenszyklusemissionen durch z.B. kurze Lebensdauern oder hohe Emissionen bei der Entsorgung im Vergleich insgesamt schlechter abschneiden würden. Zusätzlich zur Anwendung in frühen Planungsphasen können **Ökobilanzen auch im Zuge der Ausschreibung von Bauleistungen** genutzt werden. Im Rahmen der Einführung von Konzepten wie einem CO₂-Schattenpreis können sich Bieter neben der ökonomischen Optimierung durch innovative ökologisch nachhaltige Ansätze von anderen absetzen. Hierzu bestehen bereits Vorschläge zur konkreten Umsetzung im Rahmen einer Studie des Hauptverbandes der deutschen Bauindustrie e.V. [58]. Insbesondere wenn dieses Konzept neben der Ausschreibung für die ausführenden Firmen auch auf planerische Wettbewerbe ausgeweitet wird, können bereits früh im Prozess Varianten bevorzugt werden, die mit geringeren THG-Emissionen verbunden sind. So würden die Ökobilanzen insgesamt nicht nur nachträglich zur einmaligen Bewertung bereits festgelegter oder umgesetzter Pläne genutzt werden, sondern können zusätzlich dazu beitragen, den gesamten Bau- und Planungsprozess zu optimieren. Die Integration der Emissionen aus Bauaktivitäten in kommunalen THG-Bilanzen kann dabei künftig auch ein **Argument für den Bestandserhalt** darstellen – insbesondere, wenn zusätzlich zu den Emissionen aus dem Neu- und Umbau auch jene aus dem Abriss und der Entsorgung der bestehenden Bausubstanz bei der Abwägung verschiedener Varianten aufgenommen werden. Die Methodik des QNG bietet allerdings aktuell nur die Möglichkeit, die Emissionen aus der Herstellungsphase der Bauteile, die im Falle einer Renovierung im Gebäude verbleiben, aus der Bilanz auszuschließen. Für die Erfassung der Emissionen, die aus dem Abriss entstehen, sind wie bereits beschrieben entsprechende methodische Erweiterungen notwendig. Der Einsatz von Ökobilanzen in der Planungsphase und die daraus abgeleiteten Maßnahmen führen zudem potenziell zu einer **erhöhten Nachfrage an emissionsarmen Bauprodukten und -stoffen** und es werden Anreize für Hersteller gesetzt, ihre Produkte bezüglich ihrer Emissionen in der Herstellungsphase zu optimieren. Die künftige Einbeziehung von Transportemissionen im Modul A4 kann zusätzlich zur Bevorzugung lokaler Produkte beitragen und die Einbeziehung des Moduls A5 stößt möglicherweise die Nutzung emissionsarmer Baumaschinen oder Konstruktionsmethoden an. Wenn die Module aus der Errichtungsphase auf der Gebäudeebene in die übergeordneten Bilanzen für das gesamte Verwaltungsgebiet nach BSKO übernommen werden sollen, ist jedoch darauf zu achten, dass in diesen teilweise bereits die Anteile aus den Verkehrsemissionen abgebildet werden, die im betrachteten Verwaltungsgebiet ausgestoßen werden. Dieser Umstand wäre zusätzlich auszuweisen und es gilt zu klären, ob und wie die Doppelzählung langfristig verhindert werden kann. Dasselbe gilt für die Emissionen aus den Modulen C1 und C2. Sollten Ökobilanzen zukünftig durch die vorgeschlagenen Methoden flächendeckend eingesetzt und gesammelt ausgewertet werden, bietet sich zudem der Vorteil, eine **große Menge an standardisierten und einheitlichen Daten** zu gewinnen, welche im Rahmen von verschiedenen weiterführenden Forschungsvorhaben zum emissionsreduzierten Bauen verwendet werden können.

5.3 Limitationen der Arbeit

Nach der inhaltlichen Interpretation der Ergebnisse, der Ableitung möglicher Handlungsempfehlungen sowie einem ersten Ausblick, wie die gewonnen Erkenntnisse künftig auf der kommunalen Ebene genutzt werden könnten, soll zur Einordnung der Ergebnisse in diesem Kapitel die methodische Vorgehensweise sowie die Limitationen der Arbeit diskutiert werden.

Die vorliegende Untersuchung kann als Grundlagenforschung eingeordnet werden. Sie liefert einen umfassenden Einblick in den einschlägigen regulatorischen Hintergrund und die Bilanzierungsmethoden, die heute zur Erfassung von grauen Emissionen aus Bauaktivitäten auf den verschiedenen betrachteten Ebenen zur Verfügung stehen. Im Rahmen der Literaturrecherche konnten sowohl auf der kommunalen als auch auf der Unternehmensebene verschiedene Missstände und Problemstellungen identifiziert werden und es wurde deutlich, dass – anders als ursprünglich angenommen – auch große Unternehmen heute noch Schwierigkeiten haben, graue Emissionen adäquat in ihren Bilanzen zu erfassen. Um diesen Missständen entgegenzutreten und um Potenziale zur Erweiterung kommunaler Treibhausgasbilanzen zu untersuchen, wurden daraufhin Lösungsvorschläge unabhängiger Institutionen zur Integration grauer Emissionen auf der Unternehmensebene untersucht – mit dem Ziel, daraus präzise Vorgaben abzuleiten, die anschließend unter geringen Anpassungen auf die kommunale Ebene übertragen werden können.

Zur Durchführung dieser Analyse war es im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich, auf eine standardisierte Methodik zurückzugreifen, da keine relevante Literatur identifiziert werden konnte, welche eine vergleichbare Problemstellung in der Vergangenheit wissenschaftlich untersucht hat. Deshalb musste eine selbst ausgearbeitete Systematik herangezogen werden. Um trotzdem eine nachvollziehbare Struktur sowie eine gute Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde dabei auf die normativen Grundlagen für Ökobilanzen nach den Normen DIN EN 14040/44 Bezug genommen. Da die so ausgearbeitete Methode im Rahmen dieser Arbeit erstmalig Anwendung fand, sind die Ergebnisse dennoch hinsichtlich ihrer Reproduzierbarkeit kritisch zu hinterfragen.

Die Umsetzung der Methode und die Auswertung der Ergebnisse hat gezeigt, dass selbst die aktuell zur Verfügung stehenden Lösungsvorschläge auf der Unternehmensebene – entgegen den anfänglichen Erwartungen – keine ausreichend präzisen und direkt umsetzbaren Methoden darstellen. Dies hatte zur Folge, dass der geplante Vergleich mit der Methodik des QNG erschwert war, da zum Teil Interpretationen der Lösungsvorschläge vorgenommen werden mussten und somit einzelne Fragestellungen bezüglich der Umsetzung nicht abschließend beantwortet werden konnten. Zudem haben sich Schwierigkeiten bei der anschließenden Übertragung auf die kommunale Ebene ergeben, da sich die Umsetzung der bereits bestehenden Lösungsvorschläge nach Auswertung der Ergebnisse als zu komplex darstellt, um deren Anwendung ohne Einschränkungen empfehlen zu können.

Um die als Alternative entwickelten Optionen zur Integration der QNG-Methodik auf kommunaler Ebene zu implementieren, ist außerdem die Klärung rechtlicher,

organisatorischer und struktureller Fragestellungen erforderlich. Dabei müssen Verantwortlichkeiten festgelegt und die Tiefe des Eingriffs in die etablierten Planungsprozesse auf kommunaler Ebene abgewogen werden. Die zusätzliche Beantwortung dieser Fragestellungen hätte den Umfang dieser Arbeit überschritten, stellt jedoch Potenzial für weiterführende Forschungsarbeiten dar. So könnten die bereits vorliegenden Erkenntnisse beispielsweise dazu genutzt werden, anhand einzelner Beispielkommunen konkret die praktische Anwendbarkeit der vorgeschlagenen Methodik zu untersuchen. Dabei entsteht neben der Erhebung der grauen Emissionen aus Bauaktivitäten auf kommunaler Ebene zusätzlich die Möglichkeit zu untersuchen, wie praxisnah und aufwändig die Umsetzung der vorgeschlagenen Methode tatsächlich ist.

Abschließend bleibt trotz der beschriebenen Limitationen festzuhalten, dass die vorliegende Arbeit belastbare Ergebnisse liefert. Sie identifiziert einerseits aktuelle Problemstellungen sowie Forschungslücken und beschreibt andererseits erste mögliche Ansätze zur methodischen Umsetzung der Erweiterung kommunaler Treibhausgasbilanzen um graue Emissionen aus Bauaktivitäten durch die Nutzung von Daten aus Gebäudeökobilanzen.

Diskussion

6 Fazit

Auf den Punkt gebracht geht es um Verantwortung. Jede Partei, die für den Ausstoß einer Emission verantwortlich ist, sollte sich dessen bewusst sein und sich an der Ausarbeitung von Maßnahmen beteiligen, die zu einer Reduktion beitragen. Kommunen als kleinste Verwaltungseinheit der öffentlichen Hand spielen dabei durch ihre Vorbildfunktion eine wichtige Rolle. Besonders bei komplexen Produktsystemen wie Gebäuden, die über ihren gesamten Lebenszyklus einen signifikanten Anteil der deutschen Emissionen ausmachen, ist es von Relevanz, die einzelnen Phasen in der Wertschöpfungskette und die damit zusammenhängenden Emissionen genauer zu verstehen und gemeinsam mit allen am Bau beteiligten Parteien Optimierungen zu erarbeiten.

Im Rahmen dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Grundlagen für eine Integration der grauen THG-Emissionen aus Bauaktivitäten in die übergeordneten THG-Bilanzen dieser Parteien und somit auch für die Zuweisung der damit verbundenen Verantwortung bereits bestehen: Für die Erfassung der Emissionen aus dem gesamten Lebenszyklus von Gebäuden steht das Instrument der Ökobilanz zur Verfügung, das nach der aktuell und künftig geltenden Regulatorik auf europäischer und nationaler Ebene zunehmend an Bedeutung gewinnt. Um die darin berechneten Emissionen den am Bau beteiligten Parteien zuzuordnen, bestehen zudem bereits Ansätze aus der Privatwirtschaft, die sich, wie in Rahmen der Arbeit gezeigt, auch grundsätzlich auf die kommunale Ebene übertragen lassen. Bezüglich der Anwendbarkeit der QNG-Methodik im Rahmen der Vorgaben der untersuchten Lösungsvorschläge wurde jedoch deutlich, dass bezüglich der Datenerfassung auf der Gebäudeebene für eine direkte Zusammenführung der Ansätze zu große Diskrepanzen bestehen, die QNG-Daten jedoch trotzdem entsprechend der Logik der Lösungsvorschläge in übergeordnete Bilanzen integriert werden können. Allerdings kann durch die Anwendung der QNG-Methodik nur ein Teil aller Bauaktivitäten aus umfassenderen Maßnahmen und den daraus resultierenden Emissionen erfasst werden. Die Emissionen aus kleinteiligeren Bauaktivitäten sind in den Gesamtbilanzen bis zu einer Erweiterung der QNG-Methodik weiterhin über kostenbasierte Abschätzungen zu berechnen und einzelne Lebenszyklusphasen sind vorerst zu vernachlässigen. Diese Umstände werden bezüglich der Handlungsempfehlungen im Rahmen der Übertragung auf die Bilanzierung der kommunale Ebene jedoch zugunsten der Vergleichbarkeit der Ergebnisse und der höheren Praktikabilität in der Anwendung in Kauf genommen.

Die der Arbeit zugrunde gelegte Hypothese, dass die Untersuchung und der Vergleich der bestehenden Bilanzierungsansätze konkrete Hinweise auf methodische Lösungen geben und Handlungsempfehlungen für kommunale Entscheidungsträger ableitbar sind, konnte folglich grundsätzlich bestätigt werden. Entgegen den ursprünglichen Erwartungen lieferten die eingangs betrachteten Lösungsansätze jedoch keine ausreichend präzisen Vorgaben, um diese vollumfänglich auf der kommunalen Ebene integrieren zu können. Deshalb wird als Alternative die Nutzung von Daten aus der QNG-Methodik zur Erstellung von Gebäudeökobilanzen sowie deren Übertragung entsprechend der grundsätzlichen Logik der Lösungsansätze in die übergeordneten Bilanzen empfohlen.

Fazit

Im Kontext des aktuellen Forschungsstandes reiht sich die Arbeit in das wachsende Interesse an THG-Bilanzen für den Bausektor und an der Erforschung geeigneter Methoden ein, um graue Emissionen auch auf der subnationalen Verwaltungsebene sichtbar und beeinflussbar zu machen. Die vorgeschlagene Integration von Ökobilanzen in die kommunale THG-Bilanzierung entspricht den Empfehlungen aktueller Studien, indem ein umfassender und datenbasierter Bilanzierungsansatz gefördert wird, der nicht nur direkte oder territoriale Emissionen berücksichtigt, sondern auch indirekte und konsumbasierte Emissionen abbilden kann. Die Handlungsempfehlungen dieser Arbeit sind dabei methodisch als hybrider Ansatz einzuordnen und stoßen einen stufenweisen Übergang an, in dem die bisherige meist kostenbasierte Emissionsabschätzung durch Lebenszyklusdaten auf der Gebäudeebene ergänzt und langfristig abgelöst wird.

Die vorliegende Arbeit zeigt somit insgesamt Möglichkeiten für eine gezielte Erweiterung der bestehenden Bilanzierungspraktiken um die grauen Emissionen des Bausektors auf und stellt damit Optionen zur Verfügung, die Bestrebungen zur Treibhausgasneutralität der Kommunen umfassender und realistischer abzubilden. Indem die Emissionen durch die Lebenszyklusperspektive differenziert dargestellt und in ihrer Komplexität steuerbar gemacht werden, können Kommunen ihre Rolle im Klimaschutz damit weiter ausbauen und so eine nachhaltige Entwicklung auf sowohl lokaler als auch nationaler Ebene unterstützen.

Literaturverzeichnis

- [1] Stiftung Allianz für Entwicklung und Klima, „Was ist eine Treibhausgasbilanz?“ Zugegriffen: 21. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://allianz-entwicklung-klima.de/toolbox/was-ist-eine-treibhausgasbilanz/>
- [2] Umweltbundesamt (UBA), „Klimaschutz-Monitoring in Kommunen: Empfehlungen für die Weiterentwicklung auf dem Weg zur kommunalen Treibhausgasneutralität“. Oktober 2022. Zugegriffen: 1. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-12-05_climate-change_46-2022_klimaschutz-monitoring-in-kommunen.pdf
- [3] Bundeszentrale für politische Bildung, „Was ist eine Kommune? Zur Bedeutung von Kommunalpolitik heute“, bpb.de. Zugegriffen: 1. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/izpb/kommunalpolitik-333/257291/was-ist-eine-kommune-zur-bedeutung-von-kommunalpolitik-heute/>
- [4] Umweltbundesamt (UBA), Hrsg., „Kommunales Einflusspotenzial zur Treibhausgasminderung Beitrag kommunaler Maßnahmen zum nationalen Klimaschutz: Auswirkungen flächendeckender strategischer Klimaschutzelemente und deren Potenzial für die NKI.“ Dezember 2022. Zugegriffen: 30. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_48-2022_kommunales_einflusspotenzial_zur_treibhausgasminderung.pdf
- [5] Umweltbundesamt (UBA), Hrsg., „Treibhausgasneutralität in Kommunen“. Juni 2021. Zugegriffen: 15. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-07-02_factsheet_treibhausgasneutralitaet_in_kommunen_0.pdf
- [6] „KSG - Bundes-Klimaschutzgesetz“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/BJNR251310019.html>
- [7] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Hrsg., „Umweltfußabdruck von Gebäuden in Deutschland“, Dez. 2020.
- [8] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Hrsg., „Energieeffizienz: Regulierung für Wohngebäude wirkt“. September 2017. Zugegriffen: 21. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.564843.de/17-38-3.pdf
- [9] Gebäudeforum Klimaneutral, „Graue Energie und Emissionen“. Zugegriffen: 21. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gebaeudeforum.de/wissen/ressourcen-und-emissionen/graue-energie-und-emissionen/>
- [10] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu), „Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland: Kurzfassung“. November 2019. Zugegriffen: 1. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BISKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf
- [11] Vereinte Nationen, „Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen“. 9. Mai 1992. [Online]. Verfügbar unter:

<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf>

[12] Vereinte Nationen, „Conference of the Parties (COP) | UNFCCC“. Zugegriffen: 1. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop>

[13] P. I. der Bundesregierung, „REGIERUNGonline - Kyoto-Protokoll - globale Klimaziele und die Klimapolitik der Bundesregierung“. Zugegriffen: 1. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/statisch/klimakonferenz/Webs/Breg/un-klimakonferenz/DE/Kyoto-Protokoll/kyoto-protokoll.html>

[14] Vereinte Nationen, „National Inventory Reports | UNFCCC“. Zugegriffen: 1. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review/reporting-and-review-under-the-paris-agreement/national-inventory-reports>

[15] Vereinte Nationen, „Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period | UNFCCC“. Zugegriffen: 1. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>

[16] Vereinte Nationen, „Global Warming Potentials (IPCC Second Assessment Report) | UNFCCC“. Zugegriffen: 1. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials>

[17] World Resources Institute (WRI) und World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), „Corporate Standard | GHG Protocol“. Zugegriffen: 1. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>

[18] Umweltbundesamt (UBA), „Übereinkommen von Paris“, Umweltbundesamt. Zugegriffen: 1. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/uebereinkommen-von-paris>

[19] „Die EU und das Übereinkommen von Paris: Auf dem Weg zur Klimaneutralität“, Themen | Europäisches Parlament. Zugegriffen: 1. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.europarl.europa.eu/topics/de/article/20191115STO66603/die-eu-und-das-uebereinkommen-von-paris-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet>

[20] Publications Office of the European Union, *Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz*, Bd. 328. 2018. Zugegriffen: 2. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/1999/oj/deu>

[21] Publications Office of the European Union, *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Der europäische Grüne Deal*. 2019. Zugegriffen: 2. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

[22] Redaktion Ernst & Sohn GmbH, „Europäisches Parlament stimmt für neue Bauproduktenverordnung“, nbau. Nachhaltig bauen. Zugegriffen: 2. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nbau.org/2024/04/17/europaeisches-parlament-stimmt-fuer-neue-bauproduktenverordnung/>

[23] Publications Office of the European Union, *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised conditions for the*

- marketing of construction products, amending Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Regulation (EU) 305/2011*. 2022. Zugegriffen: 2. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0144>
- [24] Redaktion Ernst & Sohn GmbH, „IBU sieht Stärkung der EPD im Entwurf der neuen Bauproduktenverordnung“, nbau. Nachhaltig bauen. Zugegriffen: 2. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nbau.org/2022/06/28/ibu-sieht-staerkung-der-epd-im-entwurf-der-neuen-bauproduktenverordnung/>
- [25] Publications Office of the European Union, *Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen für nachhaltige Produkte und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/125/EG*. 2022. Zugegriffen: 2. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0142>
- [26] Publications Office of the European Union, *Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast) (Text with EEA relevance)*. 2024. Zugegriffen: 4. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401275&pk_keyword=Energy&pk_content=Directive
- [27] „Fit für 55 – Der EU-Plan für den grünen Wandel“, Consilium. Zugegriffen: 4. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/green-deal/fit-for-55/>
- [28] Rat der Europäischen Union, „Nachhaltigkeit von Unternehmen“. Zugegriffen: 4. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/corporate-sustainability/>
- [29] Publications Office of the European Union, *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Strategie zur Finanzierung einer nachhaltigen Wirtschaft*. 2021. Zugegriffen: 4. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0390>
- [30] Europäische Kommission, „Overview of sustainable finance“. Zugegriffen: 4. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/overview-sustainable-finance_en
- [31] Europäische Kommission, „Übersicht der Europäischen Kommission zum Sustainable Finance Framework“. Zugegriffen: 4. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://commission.europa.eu/system/files/2021-04/sustainable-finance-taxonomy-factsheet_en.pdf
- [32] „EU Taxonomie-Verordnung - Wirtschaftsprüferkammer“. Zugegriffen: 4. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wpk.de/nachhaltigkeit/kompass/regulatorische-anforderungen/eu-taxonomie-verordnung/>
- [33] Publications Office of the European Union, *Delegierte Verordnung (EU) .../... der Kommission zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates durch Festlegung der technischen Bewertungskriterien, anhand deren bestimmt wird, unter welchen Bedingungen davon auszugehen ist, dass eine Wirtschaftstätigkeit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz oder zur Anpassung an den Klimawandel leistet, und anhand deren bestimmt wird, ob diese Wirtschaftstätigkeit erhebliche Beeinträchtigungen eines der übrigen Umweltziele vermeidet*. 2021. Zugegriffen: 4. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal->

content/DE/TXT/?uri=PI_COM%3AC%282021%292800#footnote286

[34] Europäische Kommission, „Corporate sustainability reporting“. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en

[35] KPMG Deutschland, „Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)“, KPMG. Zugegriffen: 4. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://kpmg.com/de/de/home/themen/uebersicht/esg/corporate-sustainability-reporting-directive.html>

[36] Haufe, „Immobilienunternehmen in der CSRD-Berichtspflicht“, Haufe.de News und Fachwissen. Zugegriffen: 4. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.haufe.de/immobilien/wirtschaft-politik/corporate-social-responsibility-zehn-tipps-wie-es-gelingen-kann_84342_384508.html

[37] Publications Office of the European Union, *Directive (EU) 2022/2464 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 amending Regulation (EU) No 537/2014, Directive 2004/109/EC, Directive 2006/43/EC and Directive 2013/34/EU, as regards corporate sustainability reporting (Text with EEA relevance)*. 2022. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <http://data.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng>

[38] European Financial Reporting Advisory Group, „The first set of ESRS - the journey from PTF to delegated act (adopted on 31 July 2023)“. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.efrag.org/lab6#subtitle2>

[39] European Financial Reporting Advisory Group, Hrsg., „Draft European Sustainability Reporting Standards: ESRS E1 Climate Change“. November 2022. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.efrag.org/Assets/Download?assetUrl=%2Fsites%2Fwebpublishing%2FSiteAssets%2F08%2520Draft%2520ESRS%2520E1%2520Climate%2520Change%2520November%25202022.pdf>

[40] PwC Deutschland, „Der Summary Report zur SFDR Level 1 Konsultation – Herausforderungen und Chancen der regulatorischen Überarbeitung / Sustainability - Der Blog zur Nachhaltigkeitsagenda / PwC Deutschland“, PwC-Blogs. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://blogs.pwc.de/de/sustainability/article/243415/der-summary-report-zur-sfdr-level-1-konsultation-herausforderungen-und-chancen-der-regulatorischen-ueberarbeitung/>

[41] S. Dürr, „SFDR, Doppelte Wesentlichkeit und Principal Adverse Impacts (PAI)“. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://nordesg.de/sfdr-und-principal-adverse-impacts-pai-indikatoren/>

[42] Deloitte GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Hrsg., „Artikel-8- und -9-Immobilienfonds – Vergleich der Ambitionsniveaus“. Februar 2023. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/real-estate/Deloitte_Immobilienfonds.pdf

[43] Europäische Kommission, „Anwendung des EU-Rechts“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://commission.europa.eu/law/application-eu-law/implementing-eu-law_de

[44] Bundesministerium der Justiz, „Umsetzung der europäischen Vorgaben zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmj.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2024/0322_CS RD-

UmsG.html

[45] BMWK-Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Klimaschutzplan 2050“. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-klimaschutzplan-2050.html>

[46] Bundesministerium der Finanzen, „Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 - Bundesfinanzministerium - Themen“. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Klimaschutz/klimaschutzprogramm-2030-der-bundesregierung-zur-umsetzung-des-klimaschutzplans-2050.html>

[47] Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), „Aktuelle Informationen zur neuen Förderung“. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.kfw.de/Über-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/Bauen-und-Wohnen.html>

[48] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, „QNG Anforderungen“, QNG. Zugegriffen: 25. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.qng.info/qng/qng-anforderungen/>

[49] „Klimafreundlicher Neubau – Kommunen (498, 499) | KfW“. Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Förderprodukte/Klimafreundlicher-Neubau-Kommunen-\(498-499\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Förderprodukte/Klimafreundlicher-Neubau-Kommunen-(498-499)/)

[50] BMWK-Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Neues Klimaschutzgesetz“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2021/10/14-neues-klimaschutzgesetz.html>

[51] Deutscher Bundestag, „Klimaziele im Bereich Gebäude und Verkehr werden verfehlt“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundestag.de/presse/hib/kurzmeldungen-982858>

[52] „Bundesregierung beschließt neues Klimaschutzgesetz | Bundesregierung“, Die Bundesregierung informiert | Startseite. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/tipps-fuer-verbraucher/klimaschutzgesetz-2197410>

[53] „Bundesregierung beschließt Klimaschutzprogramm 2023 | Bundesregierung“, Die Bundesregierung informiert | Startseite. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/tipps-fuer-verbraucher/klimaschutzprogramm-2023-2226992>

[54] Architects4Future, „Berücksichtigung der Grauen Energie im GEG“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.architects4future.de/portfolio/publikationen/beruecksichtigung-der-grauen-energie-im-geg>

[55] Bauwende e.V., „Die Graue Energie in das GEG mit einbeziehen!“ Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://bauwende.de/graueenergieinsgeg/>

[56] „GWB - Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/gwb/BJNR252110998.html>

[57] „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung klimafreundlicher Leistungen (AVV Klima)“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter:

https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_19102021_IB3.htm

[58] KPMG Law Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, „Klimaverträglich bauen mit einem Schattenpreis für CO₂-Emissionen: Wie die öffentliche Hand Bauprojekte ausschreiben kann, um ihre Klimaschutzziele zu erreichen - ein Impulspapier“. August 2023. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Media/Veroeffentlichungen/2023_Impulspapier_Klimavertraeglich_Bauen_mit_einem_Schattenpreis_fuer_CO2_Emissionen.pdf

[59] Prof. Dr. Martin Wickel, „Klimaschutz - im Namen des Gesetzes“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cen.uni-hamburg.de/about-cen/news/11-news-2020/2020-07-02-abendblatt-wickel.html>

[60] Senatspressestelle Bremen, „Senat beschließt Weg zur Klimaneutralität“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.senatspressestelle.bremen.de/pressemitteilungen/senat-beschliesst-weg-zur-klimaneutralitaet-392435>

[61] Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK), „Klimaschutz in Brandenburg - auf dem Weg zur Netto-Null“. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/klimaschutz/klimaschutz/#>

[62] WWF Deutschland, Hrsg., „Landesklimaschutzgesetze in Deutschland: Überblick und Bedeutung für ein Klimaschutzgesetz des Bundes“. Mai 2019. Zugegriffen: 9. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_KSG_Gutachten1_Landesklimaschutzgesetze_DE_Webfassung.pdf

[63] Agentur für Erneuerbare Energien e.V., Hrsg., „Energieverbrauch und CO₂-Emissionen in den Bundesländern: Analyse der Primärenergieverbräuche, Emissionsentwicklungen und politischen Zielsetzungen“, Nr. 26, Mai 2022, Zugegriffen: 8. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/4711.RenewsKompakt_Klimaschutz_in_den_BL_mai22.pdf

[64] „Administrative divisions of Germany“, Wikimedia Commons. Zugegriffen: 15. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Administrative_divisions_of_Germany.svg?lang=de

[65] Umweltbundesamt (UBA), „Klimaschutzmanagement und Treibhausgasneutralität in Kommunen: große Potenziale wirksam erschließen“. November 2022. Zugegriffen: 30. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/broschuere_klimaschutzmanagement_und_treibhausgasneutralitaet_in_kommunen_bf.pdf

[66] Deutsches Institut für Urbanistik (difu), Hrsg., „Klimaschutz in Kommunen: Praxisleitfaden“. 2023. Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de/>

[67] Industrie- und Handelskammer (IHK), „Freiwilliger Nachhaltigkeitsberichtsstandard für kleine und mittlere Unternehmen“. Zugegriffen: 25. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ihk-muenchen.de/de/Service/Nachhaltigkeit-CSR/Nachhaltigkeitsberichterstattung/freiwilliger-kmu-standard/>

[68] World Resources Institute (WRI) und World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), „About Us | GHG Protocol“. Zugegriffen: 11. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://ghgprotocol.org/about-us>

- [69] World Resources Institute, C40 Cities, und Local Governments for Sustainability, „Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories: An Accounting and Reporting Standard for Cities Version 1.1“. Juni 2021. Zugegriffen: 1. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GPC_Full_MASTER_RW_v7.pdf
- [70] C40 Cities Climate Leadership Group, Inc., „The Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC)“. Zugegriffen: 24. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/The-Global-Protocol-for-Community-Scale-Greenhouse-Gas-Emission-Inventories-GPC?language=en_US
- [71] C40 Cities Climate Leadership Group, Inc., „More than 60 cities now use “gold-standard” global protocol to report on GHG emissions“, C40 Cities. Zugegriffen: 11. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.c40.org/news/more-than-60-cities-now-use-gold-standard-global-protocol-to-report-on-ghg-emissions/>
- [72] „Guidance Built on GHG Protocol | GHG Protocol“. Zugegriffen: 11. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://ghgprotocol.org/guidance-built-ghg-protocol>
- [73] World Resources Institute (WRI) und World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), „Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard“. September 2011. Zugegriffen: 10. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf
- [74] World Resources Institute (WRI) und World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), „Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions“. 2013. Zugegriffen: 10. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf
https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf
- [75] D. Jones, L. Templeman, und L. Fitzpatrick, „What are Scope 3 emissions and why are they important?“ April 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dbresearch.com/PROD/RPS_EN-PROD/PROD000000000518185/dbSustainability_Spotlight%3A_What_are_Scope_3_emiss.pdf?undefined&reaload=ct18Nt~xL~uwkl7r6ge3ooPlcGj6FHDkbRvtTe3Og5FbyhRJYgXe34CIXGzbp~0
- [76] Morgan Stanley Capital International (MSCI), „The MSCI Net-Zero Tracker“. Zugegriffen: 31. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.msci.com/research-and-insights/net-zero-tracker>
- [77] Mobilityways Limited, „Road to Net Zero Study“. Zugegriffen: 21. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mobilityways.com/insights/road-to-net-zero-study/>
- [78] E. G. Hertwich und R. Wood, „The growing importance of scope 3 greenhouse gas emissions from industry“, *Environ. Res. Lett.*, Bd. 13, Nr. 10, S. 104013, Okt. 2018, doi: 10.1088/1748-9326/aae19a.
- [79] Deloitte Global, „Challenges and solutions in measuring and reporting Scope 3 emissions - Report - Government.nl“. Ministerie van Algemene Zaken, 22. Dezember 2023. Zugegriffen: 18. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.government.nl/documents/reports/2023/12/22/challenges-and-solutions-in-measuring-and-reporting-scope-3-emissions>
- [80] PricewaterhouseCoopers, „Scope 3 emissions: four major challenges“, PwC. Zugegriffen: 18. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.pwc.nl/en/insights->

and-publications/themes/sustainability/scope-3-emissions-four-major-challenges.html

[81] „Embodied Carbon Reporting by German Real Estate Institutional Investors“, *J. Sustain. Res.*, 2023, doi: 10.20900/jsr20230003.

[82] Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), „RICS sustainability report 2023“, Nov. 2023. Zugegriffen: 18. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.rics.org/content/dam/ricsglobal/documents/reports/rics-sustainability-report-2023-final.pdf>

[83] „Article - EC3: tool helping industry cut construction emissions“, [foresight.skanska.com](https://foresight.skanska.com/decarbonizing-construction/article-EC3/). Zugegriffen: 20. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://foresight.skanska.com/decarbonizing-construction/article-EC3/>

[84] „No more “Business as usual” – time to scale up smart solutions towards net-zero“, Skanska - Global corporate website. Zugegriffen: 20. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://group.skanska.com/media/articles/no-more-business-as-usual-time-to-scale-up-smart-solutions-towards-net-zero/>

[85] Carbon Leadership Forum, „Embodied Carbon in Construction Calculator (EC3)“. Zugegriffen: 20. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://carbonleadershipforum.org/ec3-tool/>

[86] Skanska AB, „Annual and Sustainability Report 2023“, März 2024. Zugegriffen: 20. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=skanska+scope+3+emissions>

[87] Statista GmbH, „Größte Bauunternehmen weltweit nach Umsatz 2023“, Statista. Zugegriffen: 25. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/225668/umfrage/groesste-bauunternehmen-weltweit-nach-umsatz/>

[88] Vinci, „Acting for the climate - Environment - Sustainability“. Zugegriffen: 20. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vinci.com/vinci.nsf/en/item/acting-for-the-climate.htm>

[89] European Environment Agency, *European Union CO2 emissions: different accounting perspectives*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. Zugegriffen: 24. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2800/10691>

[90] A. Franzen und S. Mader, „Consumption-based versus production-based accounting of CO2 emissions: Is there evidence for carbon leakage?“, *Environ. Sci. Policy*, Bd. 84, S. 34–40, Juni 2018, doi: 10.1016/j.envsci.2018.02.009.

[91] K. Dahal und J. Niemelä, „Cities’ Greenhouse Gas Accounting Methods: A Study of Helsinki, Stockholm, and Copenhagen“, *Climate*, Bd. 5, Nr. 2, S. 31, Apr. 2017, doi: 10.3390/cli5020031.

[92] E. Dawkins und S. Croft, „Consumption-based accounting reveals global redistribution of carbon emissions“, Feb. 2017, Zugegriffen: 22. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.sei.org/publications/consumption-based-accounting-reveals-global-redistribution-of-carbon-emissions/>

[93] Centraal Bureau voor de Statistiek, „Production-based greenhouse gas emissions“, CBS. Zugegriffen: 22. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cbs.nl/en-gb/society/nature-and-environment/green-growth/environmental-efficiency/production-based-greenhouse-gas-emissions>

[94] City of Toronto, „Sector-Based Emissions Inventory“, City of Toronto. Zugegriffen: 23. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.toronto.ca/services->

payments/water-environment/environmentally-friendly-city-initiatives/transformto/sector-based-emissions-inventory/

[95] Stockholm Environment Institute (SEI), „Estimating consumption-based greenhouse gas emissions at the city scale: A guide for local governments“, Feb. 2019. Zugriffen: 23. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2019/03/estimating-consumption-based-greenhouse-gas-emissions.pdf>

[96] S. Ala-Mantila, J. Heinonen, J. Clarke, und J. Ottelin, „Consumption-based view on national and regional per capita carbon footprint trajectories and planetary pressures-adjusted human development“, *Environ. Res. Lett.*, Bd. 18, Nr. 2, S. 024035, Feb. 2023, doi: 10.1088/1748-9326/acabd8.

[97] Stockholm Environment Institute (SEI), „Consumption-based emissions: a new frontier for EU climate policy“. Zugriffen: 23. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.sei.org/perspectives/consumption-emissions-eu-climate-policy/>

[98] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), „IPCC Sixth Assessment Report - Chapter 8: Urban systems and other settlements“. Zugriffen: 23. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-8/>

[99] M. Lombardi, E. Laiola, C. Tricase, und R. Rana, „Assessing the urban carbon footprint: An overview“, *Environ. Impact Assess. Rev.*, Bd. 66, S. 43–52, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.eiar.2017.06.005.

[100] C40 Cities Climate Leadership Group, Inc., Hrsg., „Consumption-Based GHG Emissions of C40 Cities“. März 2018. Zugriffen: 29. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5ad4c0c274c4837def5d3b91/files/C40_GHGE-Report_040518.pdf?1540555698

[101] Agentur für kommunalen Klimaschutz am Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), Hrsg., „BISKO Bilanzierungs-Systematik Kommunal: Methoden und Daten für die kommunale Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland“. April 2024. Zugriffen: 1. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/mediathek/dokumente/Agentur_Methode_npapier_BISKO_2023-24.pdf

[102] Klimaschutzrat der Stadt Kassel, „Empfehlung des Klimaschutzrates der Stadt Kassel für eine Klimaschutzstrategie 2030“. Juni 2022. Zugriffen: 1. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.kassel.de/umwelt-und-klimaschutz/klimaschutzrat-mit-themenwerkstaetten/massnahmenempfehlungen/Klimaschutzrat_Klimaschutzstrategie-Stadt-Kassel.pdf

[103] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu), „Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland: Im Rahmen des Vorhabens ‚Klimaschutz-Planungsassistent für Energie und Klimaschutz‘“. April 2014. Zugriffen: 1. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Bilanzierungsmethodik_IFEU_April_2014.pdf

[104] Umweltbundesamt (UBA), Hrsg., „Weiterentwicklung des kommunalen Bilanzierungsstandards für THG-Emissionen: Bilanzierungssystematik kommunal – BISKO“. April 2020. Zugriffen: 1. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_19-

2020_endbericht_sv-gutachten_bisko.pdf

[105] Klimahelden, „Das GHG-Protocol (Greenhouse Gas Protocol): GHG-Protocol for Cities (GPC)“. Zugegriffen: 25. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://blog.klimahelden.eu/ghg-protocol-und-scopes-verstehen>

[106] Arqum, „Carbon Footprint der Stadtverwaltung München: Ergebnisbericht“. Februar 2020. Zugegriffen: 6. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://risi.muenchen.de/risi/dokument/v/6317183>

[107] LH München: Referat für Klima- und Umweltschutz, „Corporate Carbon Footprint im erweiterten Verantwortungsbereich der Landeshauptstadt München – Berichtsjahre 2020 und 2021: Sitzungsvorlage Nr. 20-26 / V 11336“. 20. Februar 2024. Zugegriffen: 14. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://risi.muenchen.de/risi/dokument/v/8232995>

[108] Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg., „DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen“. 2020.

[109] Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg., „DIN EN ISO 14044: Umweltmanagement — Ökobilanz — Anforderungen und Anleitungen“. 2020.

[110] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN EN 15978: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode“. 2012.

[111] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, „DGNB System: Version 2023 für Neubauten“, DGNB GmbH. Zugegriffen: 31. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dgnb.de/de/zertifizierung/gebaeude/neubau/version-2023>

[112] Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg., „DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen“. 2018.

[113] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN EN 15804: Nachhaltigkeit von Bauwerken — Umweltproduktdeklarationen — Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“. 2021.

[114] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Nukleare Sicherheit (BMU), Berlin, „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB): Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen“. 2015. Zugegriffen: 8. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebaeude/neubau/v_2015/LC-A-Bilanzierungsregeln_BNB_BN_2015.pdf

[115] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), „eLCA Online Handbuch: Datensatztypen“, eLCA Online Handbuch. Zugegriffen: 8. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.r-i-g.de/Handbuch/Datensatztypen.html>

[116] Deutscher Bundestag, „Unterrichtung durch die Bundesregierung: Gemeinsamer Bericht über Forschungsergebnisse zu Methodiken zur ökobilanziellen Bewertung von Wohn- und Nichtwohngebäuden“. Oktober 2023. Zugegriffen: 26. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://dserver.bundestag.de/btd/20/088/2008830.pdf>

[117] Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, „Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit der Bundesregierung“, Die Bundesregierung informiert. Zugegriffen: 29. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/bregde/themen/nachhaltigkeitspolitik/massnahmenprogramm-nachhaltigkeit-der-bundesregierung-427896>

[118] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), „Ökobilanzielle

- Bewertung im Ordnungsrecht: Grundlagen und erste Ansätze zur vereinfachten Bewertung von Gebäuden mit angewandten Ökobilanzen“. Oktober 2023. Zugegriffen: 21. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2023/bbsr-online-44-2023-dl.pdf;jsessionid=08A847E4D0500C17742D5211840630CD.live21324?__blob=publicationFile&v=3
- [119] BNP Paribas Real Estate, „Green Buildings: Nachhaltiges Bauen auf dem Vormarsch“. Zugegriffen: 29. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.realestate.bnpparibas.de/blog/esg/green-buildings-nachhaltiges-bauen-auf-dem-vormarsch>
- [120] Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), „Klimafreundlicher Neubau – Wohngebäude (297, 298) | KfW“. Zugegriffen: 26. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Foerderprodukte/Klimafreundlicher-Neubau-Wohngebäude-\(297-298\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Foerderprodukte/Klimafreundlicher-Neubau-Wohngebäude-(297-298)/)
- [121] Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), „Kommunen – Zuschuss | KfW“. Zugegriffen: 29. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Oeffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Foerderprodukte/Bundesfoerderung-fuer-effiziente-Gebäude-Kommunen-Zuschuss-\(464\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Oeffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Foerderprodukte/Bundesfoerderung-fuer-effiziente-Gebäude-Kommunen-Zuschuss-(464)/)
- [122] Brightworks Sustainability und WAP Sustainability Consulting, „Sector Supplement for Measuring and Accounting for Embodied Emissions in the Built Environment“. November 2021. Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/wri-embodied-emissions-sector-supplement-2022_1.pdf
- [123] UK Green Building Council, „UKGBC Embodied Carbon Scope 3 Measurement and Reporting“. März 2024. Zugegriffen: 1. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://ukgbc.org/resources/embodied-carbon-scope-3-measurement-and-reporting/>
- [124] Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), „Whole life carbon assessment (WLCA) for the built environment“. Zugegriffen: 26. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.rics.org/profession-standards/rics-standards-and-guidance/sector-standards/construction-standards/whole-life-carbon-assessment>
- [125] UK Green Building Council, „UKGBC Guidance to Scope 3 Reporting in Commercial Real Estate“. Juli 2019. Zugegriffen: 1. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://ukgbc.org/resources/embodied-carbon-scope-3-measurement-and-reporting/>
- [126] Sustainable Facilities Management Index (SFMI), „SFMI Scope 3 Emissions in FM Report - Stage 1“. Zugegriffen: 16. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.acclaro-advisory.com/sfmi/insights/sfmi-scope-3-emissions-in-fm-report/>
- [127] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, „Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG): Neubau und Modernisierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden“. Juli 2023. Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/bauen/qng-neubau-und-modernisierung-von-wohn-und-nichtwohngebäude.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- [128] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Hrsg., „Handbuch Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude - Anhangdokument 3.1.1 LCA-Bilanzregeln Wohngebäude“. 19. Juli 2024. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online].

Verfügbar unter: <https://www.qng.info/qng/qng-anforderungen/qng-siegeldokumente/>

[129] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Hrsg., „Handbuch Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude - Anhangdokument 3.2.1.1 LCA-Bilanzregeln Nichtwohngebäude“. 19. Juli 2024. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.qng.info/qng/qng-anforderungen/qng-siegeldokumente/>

[130] World Resources Institute (WRI) und World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), „Life Cycle Databases“. Zugegriffen: 26. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://ghgprotocol.org/life-cycle-databases>

[131] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Hrsg., „Ökobilanzierung Rechenwerte 2023 Version 1.3“. 19. Juli 2024. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.qng.info/qng/qng-anforderungen/qng-siegeldokumente/>

[132] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), „Grundsätze zur Aufnahme von Ökobilanzdaten in die Online-Datenbank ÖKOBAUDAT“. 18. Dezember 2023. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.oekobaudat.de/service/downloads.html>

[133] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), „ÖKOBAUDAT-Handbuch Technische/formale Informationen und Regeln zur ÖKOBAUDAT-Datenbank Version 2.1“. 20. November 2023. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.oekobaudat.de/service/downloads.html>

[134] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Hrsg., „Informationen zur Weiterentwicklung der LCA-Methodik im QNG: Anstehende Entwicklungen in 2024“. 21. Mai 2024. Zugegriffen: 3. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.qng.info/qng/qng-anforderungen/qng-siegeldokumente/>

[135] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, „Nutzungsdauern von Bauteilen - Informationsportal Nachhaltiges Bauen“. Zugegriffen: 27. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/nutzungsdauern-von-bauteilen/>

[136] Umweltbundesamt (UBA), „Emissionen im Güterverkehr - Tabelle“, Emissionsdaten. Zugegriffen: 14. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/emissionsdaten>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Aufbau der Arbeit	8
Abbildung 2 Übersicht EU-Rahmen für nachhaltiges Finanzwesen, eigene Darstellung basierend auf [31].....	12
Abbildung 3 Abgrenzung von Finanzprodukten nach der EU-Offenlegungsverordnung (SFRD) [42].....	14
Abbildung 4 Grafik mit der Verwaltungsgliederung der Bundesrepublik Deutschland; Bundesebene (Weiß), Landesebene (Gelb), Kommunalebene (Braun) [64].....	17
Abbildung 5 Übersicht zu den politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen zur THG-Bilanzierung und der Erfassung von grauen Emissionen aus Bauaktivitäten, eigene Darstellung.....	18
Abbildung 6 Übersicht zu den Scopes des GHG-Protocols entlang der Wertschöpfungs-kette, eigene Darstellung basierend auf [17].....	21
Abbildung 7 Umfrageergebnisse zu den Herausforderungen bei der Bilanzierung von Scope 3-Emissionen in Unternehmen, eigene Darstellung basierend auf [79].....	25
Abbildung 8 Umfrageergebnisse RICS Sustainability Report 2023, eigene Darstellung basierend auf [82].....	26
Abbildung 9 Übersicht zu den globalen Differenzen in Treibhausgasinventaren durch konsumbasierte und territoriale Bilanzierungsansätze	30
Abbildung 10 Klassifizierung bestehender Methoden und Systeme für Urban Carbon Footprints, eigene Darstellung basierend auf [99].....	31
Abbildung 11 Systemgrenzen des territorialen und des konsumbasierten Ansatzes für urbane Treibhausgasbilanzen [100]	32
Abbildung 12 Einteilung in "Produzentenstädte" und "Konsumentenstädte" je nach Verhältnis der territorialen und konsumbasierten Emissionen [100].....	33
Abbildung 13 Prinzip der Endenergiebasierten Territorialbilanz für Kommunen nach BSKO [101].....	35
Abbildung 14 Scopes nach GPC [105].....	36
Abbildung 15 THG-Bilanz der Verwaltung der Landeshauptstadt München, abgeschätzte Werte über monetäre Emissionsfaktoren sind schraffiert dargestellt [106]	38
Abbildung 16 Phasen einer Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 [108]	39
Abbildung 17 Lebenszyklusphasen und Module nach DIN EN 15978 [110].....	41

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 18 Optionen für die potenzielle Umsetzung einer jährlichen Bilanzierung, eigene Darstellung	50
Abbildung 19 Gruppen von Projektbeteiligten und deren Einflussbereiche, eigene Darstellung basierend auf [123]	51
Abbildung 20 Darstellung der Scope 3-Emissionen im Rahmen von THG-Bilanzen nach dem GHG-Protocol, eigene Darstellung basierend auf [123]	53
Abbildung 21 Zuordnung der Lebenszyklusphasen nach EN 15978 zu den Scopes des GHG-Protocols, eigene Darstellung basierend auf [122]	55
Abbildung 22 Zuordnung der vor- und nachgelagerten Emissionen zu den Scope 3-Unterkategorien, eigene Darstellung basierend auf [122]	55
Abbildung 23 Pedigree-Matrix zur Bewertung der Repräsentativität von Datensätzen, eigene Darstellung basierend auf [122]	58
Abbildung 24 Umrechnungstabellen für die Unsicherheitsfaktoren, eigene Darstellung basierend auf [122]	59
Abbildung 25 Flussdiagramm zur Berechnung der grauen Emissionen aus Modul A5, eigene Darstellung basierend auf [122]	60
Abbildung 26 Integrierte Lebenszyklusphasen nach QNG [128]	66
Abbildung 27 Gegenüberstellung der Lebenszyklusmodule nach QNG und den Vorgaben der GHG-Protocol-konformen Methodik	66
Abbildung 28 Übersicht zu den Diskrepanzen bzgl. des Zeitpunkts der Datenerhebung	69
Abbildung 29 Systemgrenzen in der kommunalen THG-Bilanzierung, eigene Darstellung basierend auf [66], erweitert um graue Emissionen aus Bauaktivitäten (grün)	79
Abbildung 30 Vereinfachte Darstellung der Umsetzung der Option A auf Ebene der Kommunalverwaltung	84
Abbildung 31 Vereinfachte Darstellung der Umsetzung der Option C im gesamten Verwaltungsgebiet.....	85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Unterkategorien Scope 3 nach GHG-Protocol [73]	22
Tabelle 2 Kriterien der Wesentlichkeitsanalyse.....	23
Tabelle 3 Untersuchungsrahmen des systematischen Abgleichs der Bilanzierungs-standards	47
Tabelle 4 Zuordnung der THG-Emissionen in Scope 3-Unterkategorien nach Lebenszyklusphasen und Zeitpunkt der Berichterstattung in Abhängigkeit der Projektbeteiligung des bilanzierenden Unternehmens, eigene Darstellung nach [123].....	52
Tabelle 5 Zusammenfassung der Prozessschritte nach dem Sector Supplement.....	56
Tabelle 6 Verpflichtende Datenpunkte bei der Produkterfassung [122].....	57
Tabelle 7 Verpflichtende Bestandteile der Berichterstattung [122]	61
Tabelle 8 Vereinfachte Gegenüberstellung der Bilanzierungsansätze und Identifizierung notwendiger Anpassungsmaßnahmen.....	70
Tabelle 9 Umsetzungsmöglichkeiten in Abhängigkeit der Wahl der Systemgrenzen auf kommunaler Ebene und der Bilanzierungsmethodik auf der Gebäudeebene.....	82