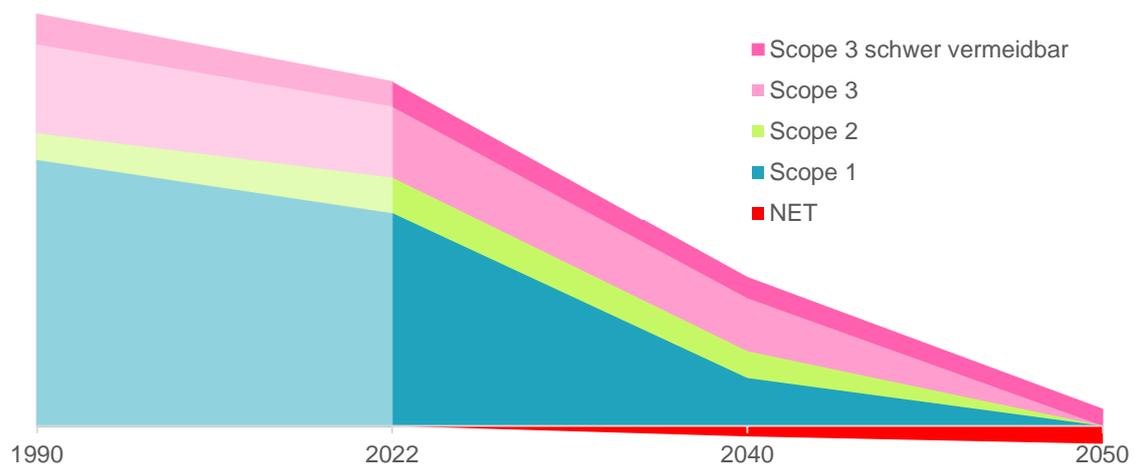




Zwischenbericht vom 26. Juli 2023

Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich

Methodische Fragen



Quelle: TEP Energy, 2023



Datum: 26. Juli 2023

Ort: Zürich, Basel und Bern

Subventionsgeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung und Cleantech
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Subventionsempfänger/innen:

TEP Energy GmbH
Rotbuchstr. 68, CH-8037 Zürich
www.tep-energy.ch

Carbotec AG
St. Alban-Vorstadt 19, Postfach, CH-4002 Basel
www.carbotec.ch

Autor/in:

Martin Jakob, TEP Energy, martin.jakob@tep-energy.ch
Cornelia Stettler, Carbotech, c.stettler@carbotech.ch

Begleitung durch Mitglieder des Projektteams der Projektteile F1 bis F4:

K0: Christine Steiner Bächli, KOS
F2: Guillaume Habert, ETHZ und Thomas Jusselme, HEFR
F3: Meta Lehmann und Amadea Tschannen, Interface

BFE-Projektbegleitung:

Andreas Eckmanns, andreas.eckmanns@bfe.admin.ch
Rolf Frischknecht, treeze Ltd., mandatiert durch das BFE

Mitglieder der Steuergruppe:

Andreas Meyer, Verein Minergie / Verein GEAK
Sabine von Stockar, Verein Minergie / Verein GEAK
Olivier Brenner, EnDK
Andrea Lötscher, EnFK
Christoph Gmür, MuKE
Tom Blindenbacher, 2000W-Gesellschaft
Niko Heeren, AHB Stadt Zürich
René Bäbler, KBOB
Sabrina Krank, ETH Rat

David Hiltbrunner, BAFU
Roger Ramer, BAFU
Adrian Grossenbacher, BFE
Christoph Starck, SIA
Annick Lalive, SIA 2032
Katrín Pfäffli, SIA 390/1
Martin Ménard, SIA 390/1
Marianne Stähler, Verein Ecobau
Joe Luthiger, Verein NNBS

BFE-Vertragsnummer: SI/502615-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autorinnen und Autoren dieses Berichts verantwortlich.



Zusammenfassung

Dieser Zwischenbericht dokumentiert den vorläufigen Abschluss der Arbeiten zu den methodischen Fragestellungen (F0 gemäss Ausschreibung des Bundesamts für Energie vom 17.11.2022) und dient als Grundlage für die weiteren Arbeiten (Fragestellungen F1 bis F4, die als Projektteile von unterschiedlichen Teams bearbeitet werden) des Forschungsprojekts Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich.

Der Zwischenbericht stellt die Ausgangslage und Zielsetzung des Projekts dar und erläutert das methodische Vorgehen inkl. der Rolle der Steuergruppe (Kap. 1). Im Kap. 2 wird auf den Kontext, in den die verschiedenen methodischen Ansätze einzubetten sind, eingegangen. Nebst dem methodischen Kontext gehören dazu auch die Anreizwirkungen, die für unterschiedliche Zielgruppen zu beachten sind. Ebenfalls Bestandteil des methodischen Vorgehens im Kap. 2 ist eine Herleitung und Darstellung des Bewertungsraster, mit dem die verschiedenen methodischen Varianten beurteilt werden. Im Kap. 2 sind zudem die verschiedenen Fragestellungen und die möglichen methodischen Varianten, diese anzugehen, aufgeführt und kurz erläutert, dies im Sinne einer einleitenden Auslegung.

Der Zwischenbericht zeigt dann im Kap. 3 die offenen methodischen Fragen verschiedener Teilaspekte auf, erläutert die jeweilige Problemstellung, legt verschiedene methodische Ansätze dar und bewertet diese.

Je nach Fall werden einer oder mehrere mögliche methodische Lösungsansätze für die Anwendung im weiteren Projektverlauf vorgeschlagen. Die Motivation, mehrere Ansätze anzuwenden beruht auf der Feststellung, dass eine Methodenwahl auch von der Relevanz der einzelnen Einflussfaktoren abhängt. Dies wissenschaftlich und quantitativ abgestützt aufzuzeigen ist Gegenstand der Projektteile F1 und F2.

Im Kap. 4 werden die methodischen Varianten inkl. der Bewertung von zwei Hauptkriterien (Eignung und Anreize) tabellarisch zusammengefasst, ergänzt mit einem Zwischenfazit zur Wahl der Methoden für die weitere Bearbeitung in F1 und F2.

Hinweis zu den Prämissen in diesem Zwischenbericht:

- Grundsätzlich gilt im Projektteil F0 das Primat der Wissenschaft und der etablierten (Bilanzierungs- und Berechnungs-)Methoden der Ökobilanzierung.
- Wichtig sind Transparenz und Nachvollziehbarkeit und das Aufzeigen von Bruttoeffekten.
- Die Berücksichtigung von Anreizsetzungen erfolgt bei der Umsetzung in Normen, Standards, Labels, Empfehlungen etc. (durch spezifische Richt-, Grenz- und Zielwertsetzungen mit Bezug auf (ausgewählte) Ergebnisindikatoren). Grundlagen und Vorschläge zu entsprechenden Stossrichtungen werden in den Projektteilen F3 und F4 erarbeitet.



Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehen	8
1.1	Ausgangslage, Motivation und Problemstellung	8
1.1.1	Ausgangslage	8
1.1.2	Motivation	8
1.1.3	Problemstellung	8
1.2	Projektziele	9
1.3	Vorgehen	10
1.3.1	AP0.1: Auslegeordnung.....	10
1.3.2	AP0.2: Methodenbeschrieb	11
1.3.3	AP0.3: Bewertung.....	11
1.3.4	AP0.4 Finalisierung	11
1.3.5	Einbezug der Steuergruppe.....	12
2	Methodischer Kontext und Auslegeordnung	13
2.1	Allgemeine Definition Netto-Null Treibhausgasemissionen	13
2.2	Methodischer Kontext.....	14
2.2.1	Das nationale Treibhausgasinventar	14
2.2.2	Das internationale Treibhausgas-Protokoll	15
2.2.3	Lebenszyklusanalysen (LCA) im Baubereich	17
2.2.4	Vergleich zwischen THG-Inventar, GHG-Protocol und bauspezifische Regelungen aus dem Bereich der Lebenszyklusanalysen (LCA)	20
2.3	Anreize pro Zielgruppe	24
2.4	Auslegeordnung	25
2.5	Bewertungsraster	28
3	Weitergehende Beschreibung und Bewertung der verschiedenen methodischen Varianten	30
3.1	Emissionsbudget (F0.1).....	30
3.1.1	Welches CO ₂ -Budget bis 2050 leitet sich aus dem Absenkpfad für den Gebäudesektor (direkte Emissionen) gemäss KIG ab?	30
3.1.2	Welcher Anteil des für die Schweiz noch verfügbaren Emissions-Budgets muss in einer umfassenden Lebenswegbetrachtung für den Gebäudebereich ergänzt werden?	30
3.1.3	Welche Festlegungen zum Budget der im Ausland anfallenden Emissionen zu treffen?	31
3.1.4	Bewertung und Fazit.....	32
3.2	Nutzungszeit (F0.2)	34
3.2.1	Methodische Berücksichtigung der Nutzungszeit bei der Anrechnung von Grauer Energie und grauen THG-Emissionen	34
3.2.2	Bewertung und Fazit.....	38
3.3	Negative Emissionstechnologien (F0.3).....	40
3.3.1	Stand der Diskussion bzgl. der Methodik der NET.....	40



3.3.2	Welche NET- Materialien gibt es und welche sind anrechenbar (F0.3.A).....	42
3.3.3	Stand der Diskussion zu nachwachsenden Rohstoffe und deren Anrechnung (temporäre Senken, F0.3.B).....	42
3.3.4	Darstellung und Verrechenbarkeit NET (F0.3.C):	44
3.3.5	Bewertungsraster für Methoden zu den temporären Senken und den NET (F0.3)	44
3.3.6	Anforderungen zur Ergänzung fehlender Ökobilanzgrundlagen	47
3.3.7	Ausblick auf die Fragestellung F1 bis F4	47
3.4	Wiederverwendung (Reuse), Recycling, Einspeisung (F0.4).....	49
3.4.1	Wiederverwendung von Bauteilen und Rezyklieren von Baumaterialien am Ende Nutzungsdauer des Gebäudes (F0.4.A und B)	49
3.4.2	Bewertungsmatrix Reuse und Recycling.....	51
3.4.3	Wiederverwendung von Bauteilen und Rezyklieren von Baumaterialien am Ende Nutzungsdauer: Bewertung und Fazit	52
3.4.4	Einspeisung von Strom aus zum Gebäude zu rechnenden Solaranlagen ins Netz: Bilanzierung (F0.4.C) und zeitliche Auflösung bei der Bestimmung des Eigenstromanteils (F04.D)	52
3.4.5	Einspeisung von Strom von Gebäude-Solaranlagen ins Netz: Bewertung und Fazit.....	53
3.5	Auswirkungen F0.4 Massnahmen auf Absenkpfade und Netto-Null Ziel (F0.5)	54
3.5.1	Rolle von Massnahmen gemäss F0.4.A und B	54
3.5.2	Rolle von Massnahmen gemäss F0.4.C	54
3.6	Rahmenbedingungen und Methoden Betriebsphase (F0.6)	55
3.6.1	Anrechnung von Lieferverträgen und Zertifikaten vs. systemanalytische Bestimmung des Strommixes und des Emissionskoeffizienten von Strom	55
3.6.2	Modellierung des Strommixes Bestimmung der indirekten THG-Emissionen des Stromverbrauchs in der Schweiz.....	56
3.6.3	Berücksichtigung der Zukunftsentwicklung bei der Bestimmung der THG-Emissionsfaktoren von Sekundärenergieträgern (F0.6.D).....	60
4	Zwischenfazit	61
5	Weiteres Vorgehen	69
6	Literaturverzeichnis	70



Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AP	Arbeitspaket
BAT	Best available technology
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BECCS	Bioenergy with Carbon Capture and Storage
BFE	Bundesamt für Energie
BM	Bilanzmodell
CCS	Carbon Capture and Storage
CFF	Circular footprint formula
CRREM	Carbon Risk Real Estate Monitor
DACS	Direct Air Capture and Storage
EN	Europäische Norm
EP 2050+	Energieperspektiven 2050+
GEAK	Gebäudeausweis der Kantone
GHG	Greenhouse Gas
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
KIG	Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit
LCA	Life Cycle Assessment (Ökobilanz)
LCI	Life Cycle Inventory
MuKE	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
NE	Negativemissionen
NET	Negative Emissionstechnologie
NGO	Nicht-Regierungsorganisation
NN	Netto-Null
NNBS	Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz
NNT	Netto-Null Treibhausgasemissionen
PACTA	Paris Agreement Capital Transition Assessment
PCAF	Partnership for carbon accounting financials
SBTi	Science based targets initiative
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SN	Schweizer Norm



SG	Steuergruppe
THG	Treibhausgas
THGE	Treibhausgasemissionen

Begrifflichkeiten

Bestand	Definition umfasst den aktuellen Gebäudebestand inkl. laufender Instandsetzungen und (energetische) Erneuerungen (aber ohne Erweiterungen)
Erstellung	Definition (Bilanzierung, Methodik, Systemgrenzen) gemäss SIA 2032:2020 Die Phase Erstellung umfasst die Phasen Errichtung und Entsorgung
Gebäudebereich	Umfasst die gesamten Emissionen in einer Lebenszyklusbetrachtung direkten Emissionen des Gebäudesektors sowie die indirekten Emissionen, die durch die Bereitstellung von Energie und die Erstellung (gemäss Definition von SIA 2023:2020) der Gebäude und Baumaterialien entstehen
Gebäudesektor	Umfasst die direkten Emissionen der Gebäude (in der Schweiz) gemäss CO ₂ -Gesetz
Langfristig	Bezogen auf die Klimawirkung bedeutet langfristig Zeiträumen von mehreren hundert bis mehreren tausend Jahren
Netto-Null	Gleichgewicht zwischen Treibhausgasquellen und Treibhausgasenken.
Neubau	Definition inkl. Erweiterungen an Bestandsgebäuden (vorbehältlich separate Definition Ersatzneubauten)



1 Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehen

1.1 Ausgangslage, Motivation und Problemstellung

1.1.1 Ausgangslage

Im Rahmen des Übereinkommens von Paris hat sich die Schweiz dazu verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) bis 2050 auf Netto Null zu senken. Die Energieperspektiven EP 2050+ zeigen im Szenario ZERO (Basis sowie Untervarianten) konkrete Absenkpfade für die Endenergienachfrage im Gebäudebereich und der damit verbundenen THG-Emissionen auf. Nicht bzw. nur teilweise erfasst in den Energieperspektiven EP2050+ bzw. der langfristigen Klimastrategie der Schweiz werden die grauen THG-Emissionen aus der Bereitstellung der Energieträger und der Errichtung und Entsorgung von Gebäuden und ihren Bauteilen. Diese müssen jedoch in einer Gesamtbeurteilung des Gebäudebereichs berücksichtigt werden, um zielführende Massnahmen zu formulieren.

1.1.2 Motivation

Politik, Behörden, Bevölkerung, Immobilien- und Baubranche sind sich im Grundsatz mehrheitlich einig: Bis 2050 soll der Schweizer Gebäudesektor keine Treibhausgasemissionen mehr ausstossen. Auch die Energiebranche stellt sich, zumindest teilweise, auf diese Zielsetzung ein. Was damit gemeint ist, scheint oft nicht klar und ein gemeinsames Verständnis des Begriffs Netto-Null und eine Verständigung über die Systemgrenzen, z.B. was die Bewertung des Stroms betrifft, hat sich noch nicht durchgesetzt.

Mit Verweis auf das Pariser Übereinkommen hat der Bundesrat das Ziel «Netto-Null» Treibhausgasemissionen bis 2050 beschlossen und der Bund zeigt im Rahmen der Energieperspektiven 2050+ (EP 2050+) auf, wie dieses Ziel im Energiebereich und sektorübergreifend in seiner langfristigen Klimastrategie erreicht werden könnte. Umsetzungsmassnahmen werden auf verschiedenen Ebenen im Rahmen von laufenden Initiativen, Gesetzesvorlagen und Projekten diskutiert, übergeordnet erarbeitet und vorgeschlagen. Mit Ausnahme des SIA-Effizienzpfades liegt der Fokus in der Schweiz auf dem Betrieb der Gebäude («Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich», MuKE, GEAK, Minergie) bzw. auf einem sektoralen Ansatz (EP2050+, KIG, langfristige Klimastrategie). Herstellung und Transport der verwendeten Baumaterialien sowie der Bauprozess verursachen jedoch einen wesentlichen Anteil der THG-Emissionen (Röck et al. 2020) und eine Reduktion dieser THG-Emissionen auf «Netto-Null» ist ebenfalls erforderlich. Bei der sektoralen Betrachtung (EP 2050+, KIG, langfristige Klimastrategie) wird dies auf der Ebene der Industrie (und Transport) thematisiert, jedoch mit einem territorialen und damit unvollständigen Fokus.

Ungeklärt ist zudem eine damit kompatible konkrete Vorgehensweise bezogen auf einzelne Gebäude (und Areale) und deren gesamten Lebensweg, wobei diesbezüglich zwischen den Phasen Betrieb und Erstellung zu unterscheiden ist.

1.1.3 Problemstellung

Konkret stellen sich folgende Fragen: Wie sehen die Definition und die Systemgrenzen einer Netto-Null-Bilanzierung und -Zielsetzung für die drei Phasen Errichtung, Betrieb und Entsorgung bzw. für die nach GHG Protocol definierten Scopes 1, 2 und 3 (siehe Kapitel 2.2.2) des einzelnen Gebäudes aus? Wie wird Netto-Null berechnet, respektive welche Negativemissionen (NE) sind wie für das «Netto» anrechenbar? Wie würde ein möglicher Absenkpfad aussehen? Sind zwei separate Absenkpfade – einer für die Sanierung des Bestands und einer für den Neubau oder einer für die Erstellung und einer für den Betrieb – zu entwickeln? Mit welchen Anreizen und Gesetzen kann die Absenkung gesteuert werden?

Die entsprechenden Diskussionen zur Festlegung von Standards und (gesetzlichen) Anforderungen zur Zielerreichung auf Bundes- und Kantonebene dürften noch eine Weile dauern. In Anbetracht der



durch die Forschung belegten Dringlichkeit der negativen Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosysteme und Gesellschaft (IPCC, 2022) werden die von Wirtschaft und Nicht-Regierungsorganisationen (NGO) angebotenen Initiativen (wie z.B. SIA, CRREM, PACTA, PCAF, SBTi) und Gebäudestandards und -label (SIA, GEAK, Minergie, NNBS etc.) eine entscheidende Rolle spielen müssen.

Der erste Schritt dazu ist, möglichst rasch eine Auslegeordnung und Bewertung der bestehenden Definitionen vorzunehmen, um dann die «wirksame» Definition von Netto-Null festlegen zu können. Als Basis für die Entwicklung von anwendbaren Instrumenten (Label, Standards, Empfehlungen und Normen) ist dazu ein Netto-Null-Absenkpfad – im Sinne einer zeitlich variablen Zielsetzung und Anforderung – zu definieren. Dies ist insbesondere von Bedeutung, da derzeit noch kein Gebäude mit Netto-Null Emissionen erstellt werden kann (Gugerli & Pfäffli, 2020). Die dafür notwendigen technologischen Entwicklungen und die erforderliche Umstrukturierung des (europäischen) Energiesystems werden schätzungsweise noch 10-30 Jahre benötigen, was etwa dem Zeithorizont des Absenkpfeils entspricht. Erste Analysen zeigen die Grössenordnung der heute erreichbaren Reduktion für die Erstellung (Näf & Sacher et al. 2021) und das Potential für eine weitere Optimierung auf der Ebene der Baumaterialien in der Zukunft mit einer klimafreundlichen Produktion und deren Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen von Erstellung und Betrieb von Gebäuden (Alig & Frischknecht et al. 2021).

In der Vergangenheit haben unterschiedlich gezogene Systemgrenzen, Definitionen und Berechnungsmethoden im Bereich der energetischen Gebäudebewertung zu Verwirrung und Wirkungsverlust geführt. Eine frühzeitige und möglichst harmonisierte Definition von Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich und eines entsprechenden Absenkpfeils auf der Mikro-Ebene (einzelne Gebäude, Gebäudeportfolios und Areale) ist für die Neu- und Weiterentwicklung der verschiedenen Benchmarks, Label und Normen, aber auch für die allgemeine Diskussion in der Bau- und Energiebranche von hohem Nutzen. Diese Definitionen sollen so ausgestaltet werden, dass sie bei der Übertragung auf die Makroebene (Gemeinden/Städte, Kantone, Schweiz) mit den entsprechenden Zielsetzungen kompatibel sind, namentlich mit der langfristigen Klimastrategie sowie mit den Energieperspektiven 2050+ des Bundes.

1.2 Projektziele

Vor dieser Ausgangslage hat das BFE Ende 2022 das vorliegende Projekt ausgeschrieben. Das Ziel des Gesamtprojekts ist es, eine gemeinsame Definition von «Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich» für die Schweiz zu erarbeiten, die von allen Akteuren akzeptiert wird und als Grundlage zur Grenz- und Zielwertsetzung verwendet werden kann. Daraus leiten sich die Ziele des Projektteils zu den methodischen Fragen ab (Fragestellung F0 gemäss Ausschreibung), welche wir wie folgt formulieren:

Im F0 soll eine methodische Grundlage für die Arbeiten der übrigen Fragestellungen (F1 bis F4) erstellt werden. Explizites Ziel hierbei ist, dass die methodischen Ergebnisse in der Folge auch in der praktischen Umsetzung des Konzepts «Netto Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich» angewandt werden sollen. Konkret soll zwischen den verschiedenen Bilanzierungsansätzen, namentlich zwischen dem territorial-direkten (CO₂-Gesetz, THG-Inventar, GHG Protocol, Pariser Übereinkommen) und dem gesamtheitlichen Lebenszyklusansatz ein methodischer Bezug hergestellt werden, so dass eine Durchgängigkeit und Überführbarkeit zwischen beiden Ansätzen erreicht werden kann. Dies gilt analog für die verschiedenen Skalen von den einzelnen Gebäude- bzw. Bauteilen bis hin zum Gebäudepark als Ganzes.

Für die Top-Down und Bottom-Up Betrachtung (Fragestellungen F1 und F2) sollen die methodischen Fragen für die Bilanzierung geklärt werden. Wo mehrere Varianten bestehen, soll mit einer Auslegeordnung und Bewertung, die für den Gebäudebereich zur Definition und Prüfung Zielerreichung optimale Variante definiert werden. Dies umfasst offene Fragen bezüglich der Wahl der Systemgrenze der Bilanzierung, Zielpfad der THG-Absenkung und dabei notwendige Regelungen insbesondere bezüglich der Ansätze zur Anrechnung negativer Emissionen.



Zu beantworten sind insbesondere die folgenden in der Ausschreibung formulierten Forschungsfragen (die nachfolgend verwendeten Kürzel sind mit denen im Ausschreibungstext kongruent):

- F0.1 Emissionsbudget: Welches CO₂-Budget bis 2050 leitet sich aus dem Absenkpfad für den Gebäudesektor (direkte Emissionen) gemäss KIG ab?
- F0.2 Nutzungszeit: Wie wird die Nutzungszeit eines Gebäudes bezüglich Grauer Energie/THG-Emissionen methodisch sinnvoll berücksichtigt? Einmalige Anrechnung beim Einsatz während der Bauphase vs. über Jahre abschreiben (bei letzterem: wie ist mit dem Bestand umzugehen)?
- F0.3 Negativen Emissionstechnologien: Welche Methodiken zur Berücksichtigung von Negativen Emissionstechnologien (z.B. Karbonatisierung von Beton, Pflanzenkohle) bzw. von CO₂-Senken (z.B. Zwischenspeicherung biogener Kohlenstoffe) bestehen?
- F0.4 Wiederverwendung, Recycling, Einspeisung: Welche Methodiken bestehen zur Modellierung
 - a) der Wiederverwendung von Bauteilen?
 - b) des Rezyklierens von Baumaterialien am Ende der Nutzungsdauer des Gebäudes?
 - c) der Einspeisung von Strom aus zum Gebäude gehörenden Solaranlagen ins Netz?
- F0.5 Welche Rolle spielen die Massnahmen gemäss F0.4 in Bezug auf die Entwicklung der Absenkpfade und das Netto-Null Ziel im Gebäudebereich?
- F0.6 Welche Rahmenbedingungen sind für die Berechnungsmethodik des Betriebs von Gebäuden festzulegen (z.B. Anrechnung von ins Netz zurückgespeistem Strom, Bilanzierungsmethodik zur Bestimmung des Strommixes, Anrechnung von Lieferverträgen und Zertifikaten)?

1.3 Vorgehen

Das Vorgehen zur Klärung der methodischen Fragen und zur Erstellung eines methodischen Rahmens besteht darin, die in der Ausschreibung skizzierten Fragestellungen zu analysieren, zu strukturieren und zu bewerten. In einem ersten Schritt soll aufgezeigt werden, in welchen Bereichen verschiedene methodische Ansatzpunkte (Varianten) möglich wären. Eine diesbezügliche Auslegeordnung ist Gegenstand des ersten Arbeitspakts (AP0.1). Diese methodischen Varianten (ggf. eine Auswahl davon) sollen in einem zweiten Schritt vertieft beschrieben werden (AP0.2). Darauf aufbauend soll sie bzgl. Vor- und Nachteilen sowie Implikationen auf die übrigen Fragestellungen der Ausschreibung (F1 bis F4) und auf die praktische Umsetzung bewertet werden (AP0.3: Bewertung). Im abschliessenden AP0.4 erfolgt die detaillierte Ausarbeitung der Methoden.

Die Bearbeitung folgt unter Einbezug der wichtigsten Akteure aus den Bereichen Verwaltung (Bund und Kantone), Herausgeber von Normen, Standards, Labels und Empfehlungen (SIA, Minergie, GEAK, NNBS, KBOB) sowie öffentliche und private Immobilienunternehmen, Investoren, Bauträger-schaften und Leistungserbringer (Bau- und Gebäudetechnikbranche Produkthersteller). Eine Steuergruppe (SG) bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern dieser Akteursgruppen begleitet die Projektbearbeitung. Die SG hat die Aufgabe der fachlich abgestützten strategischen Steuerung des Projekts. Sie äussert sich insbesondere zu methodischen Grundsatzentscheiden, die eines Konsens unter den beteiligten Stakeholdern bedürfen. Die Steuergruppe wird vom BFE eingesetzt und geleitet.

Auf die einzelnen AP wird nachfolgend und auf die Methodik des Einbezugs der SG wird nachfolgend kurz eingegangen.

1.3.1 AP0.1: Auslegeordnung

In einem ersten Schritt werden die methodischen Fragen aus F0.1 bis F0.6 und die möglichen Varianten, diese zu adressieren, in einer Übersicht dargestellt. Mit dieser Auslegeordnung soll namentlich aufgezeigt werden, in welchen Bereichen verschiedene methodische Ansatzpunkte (Varianten) möglich wären.



Hierbei ist der Kontext der relevantesten übergeordneten **methodischen Grundlagen** zu berücksichtigen. Dazu zählen insbesondere

- die Methodik des nationalen Treibhausgasinventars (Berichterstattung gemäss UNFCCC Reporting Guidelines und Berechnungen nach IPCC Guidelines)
- das THG-Protokoll (GHG Protocol)
- die Methodik von Lebenszyklusanalysen (LCA) im Baubereich (Empfehlung KBOB, SIA 2032 und SN EN 15804)

Zudem werden bereits vorhandenen Definitionen zum Begriff «Netto-Null (THGE) Gebäude» und damit zusammenhängende Anwendungen und Projekte in diesen methodischen Rahmen eingeordnet (und umgekehrt) bzw. es wird darauf als zu berücksichtigende Grundlage Bezug genommen (z.B. SIA-Effizienzpfad 2040 bzw. SIA 390/1 (in Vernehmlassung), Energieperspektiven 2050+ inklusive Exkurs zu NET, Langfristige Klimastrategie des Bundes, Projekt EnTeR, MuKE 2014, Studien «Klimapositives Bauen» und «Negativemissionstechnologien im Bauwesen»)

Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden im zielgruppengerecht aufbereitet und synoptisch dargestellt, um zusammen mit dem Methodenbeschreibungen eine effiziente und zielführende Eintretensdebatte zu ermöglichen (1. Sitzung der SG).

1.3.2 AP0.2: Methodenbeschrieb

Die methodischen Varianten der Auslegeordnung (ggf. eine Auswahl davon, falls Auftraggeber (AG) und SG bereits Eingrenzungen beschlossen) werden in einem zweiten Schritt vertieft beschreiben, um eine nachfolgende Bewertung zu ermöglichen. Diese Beschreibung enthält textliche Elemente, graphische Darstellungen und vereinfachte Formeln (so weit wie möglich mit Verweis auf verfügbare Normen, Standards und Methodiken). Diese methodische Ausarbeitung erfolgt weitgehend gestützt auf Dokumentenanalyse und projektinternes Know-how; bei Bedarf werden gezielt Experten beigezogen.

1.3.3 AP0.3: Bewertung

Die verschiedenen methodischen Ansätze mehr oder weniger dezidiert für die Adressierung von unterschiedlichen Fragestellungen und Zielsetzungen geeignet (z.B. wissenschaftlich korrekte oder normenkompatible Bilanzierung, Anreizsetzung) und sie haben weitere Vor- und Nachteile (z.B. Datenbedarf, Berechnungsaufwand, Transparenz). Sie haben zudem Implikationen auf die übrigen Fragestellungen der Ausschreibung (namentlich auch auf die Grenz- und Zielwertsetzung) und auf die praktische Umsetzung. Im Hinblick auf die Projektzielsetzung, eine allgemein akzeptierte Definition von «Netto-Null THGE im Gebäudebereich» sowie von Grenz- und Zielwerten zu erarbeiten, sollen die ausgearbeiteten methodischen Varianten (AP0.2) bewertet werden. Zu diesem Zweck wird ein Bewertungsraster ausgearbeitet. Dieses enthält typischerweise Kriterien wie Eignung für bestimmte Zielsetzungen, Anreizwirkung für bestimmte Zielgruppen, Datenbedarf, Berechnungsaufwand, Transparenz, Eignung für Grenz- und Zielwertsetzung, Umsetzbarkeit (aus Branchenoptik und aus behördlicher, d.h. energie- und klimapolitischer Sicht).

1.3.4 AP0.4 Finalisierung

Im AP0.4 erfolgt die detaillierte Ausarbeitung und Bereinigung derjenigen Methoden, deren Weiterverfolgung AG und SG beschlossen haben. Auch Beschlüsse hinsichtlich gewissen Ausgestaltungsfragen werden berücksichtigt. Ergebnis des AP0.4 und damit der Fragestellung F0 ist ein methodischer Rahmen, der die Grundlage für die Ausarbeitung der übrigen Fragestellungen der Ausschreibung (F1 bis F4) bildet. Falls sich bei der Ausarbeitung der übrigen Fragestellungen der Ausschreibung Erkenntnisse ergeben, können letzte Anpassungen in der letzten Projektphase (Ende 2023/Anfang 2024) vorgenommen werden.



1.3.5 Einbezug der Steuergruppe

Die Steuergruppe wird in der Bearbeitung aller Arbeitspakete einbezogen. Der Einbezug erfolgt in Form von Begleitgruppensitzung und Workshops, ergänzt durch die Möglichkeit von bilateralen Rückmeldungen. Die Schwerpunkt Umsetzung des Einbezugs erfolgt in drei Sitzungen während der Bearbeitungsphase der Fragestellung F0 und zusätzlich bei der Finalisierung des Gesamtprojekts. Der Einbezug erfolgt für folgende Stufen:

- Präsentation einer Vertiefung der Fragestellungen und einer Auslegeordnung zu methodischen Varianten, Fällen von ersten Vorentscheiden (welche Varianten sollen weiterverfolgt werden, welche nicht)
- Erste Version des Bewertungsrasters («leere Matrix») wird zur Diskussion gestellt.
- Darauf basierend werden bzgl. Kriterien Ergänzungen und Konsolidierungen vorgenommen.
- Anschliessend erfolgt die Anwendung der Bewertung («Matrix ausfüllen»)
- Entscheide für das weitere Vorgehen (Forschungsfragen F1 bis F4)
- Finale methodische Festlegungen



2 Methodischer Kontext und Auslegeordnung

Das Verständnis des methodischen Kontexts und der Informations- und Anreizinstrumente inklusive der damit zu erreichenden Zielgruppen ist hilfreich, wenn es darum geht, die verschiedenen Teilfragestellungen zu konkretisieren, die methodischen Varianten auszuarbeiten und zu bewerten. Nach einer allgemeinen Definition von «Netto-Null Treibhausgasemissionen» (Kap. 2.1) wird darauf in den nachfolgenden Kapiteln näher eingegangen: im Kap. 2.2 wird der methodische Kontext dargelegt, im Kap. 2.3 werden mögliche Anreizwirkungen pro Zielgruppe eingeführt und im Kap. 2.4 wird eine Auslegeordnung über die wichtigsten offenen methodischen Fragen und mögliche methodische Varianten (Ansatzpunkte), diese zu adressieren, präsentiert. Das Kapitel schliesst mit einem Vorschlag zu einem Raster, wie die verschiedenen methodischen Varianten bewertet werden können (Kap. 2.5).

2.1 Allgemeine Definition Netto-Null Treibhausgasemissionen

Um die negativen Auswirkungen der globalen Erwärmung zu begrenzen, steht weltweit nur noch ein begrenztes THG-Emissionsbudget zur Verfügung. Je nach Zielsetzung (Begrenzung der Erwärmung auf deutlich unter 1.5°, 1.5°C oder 2°C), je nach Sicherheit, mit der diese Zielsetzung erreicht werden soll und je nach Verlauf des Emissionspfads in den nächsten Jahren sind die THG-Emissionen auf null zu senken, entweder indem alle direkten und indirekten Emissionen vermieden, d.h. auf 0 gesenkt werden oder indem brutto Rest-Emissionen durch negative Emissionen neutralisiert werden, so dass netto null Emissionen resultieren. Wir gehen von folgender Definition aus:

Definition Netto-Null: Netto null THG-Emissionen bedeutet, dass durch Menschen verursachte THG-Emissionen zu vermeiden sind oder durch permanente natürliche Emissionssenken oder durch technische Massnahmen wieder aus der Atmosphäre entfernt und langfristig (mehr als tausend Jahre) sicher zu gespeichert bzw. entsorgt werden müssen und somit die Klimabilanz der Erde netto null ist. Durch diesen Emissionsausgleich ist der langfristige Anstieg der globalen Mitteltemperatur gleich hoch, wie wenn die THG gar nicht erst emittiert worden wären (Schreibweise: Netto-Null).

Je nach weiterem Verlauf des Emissionspfads und je nach Kapazität, Emissionen aus der Atmosphäre zu entfernen und sicher und langfristig zu speichern bzw. zu entsorgen (und je nachdem, ob Überschüssen zugelassen wird oder nicht), muss das Netto-Null Ziel früher oder später erreicht werden, typischerweise zwischen 2035 und 2050.

Dies bedeutet auch für den Gebäudebereich, dass die durch ihn verursachten THG-Emissionen bis zu diesem Zeitpunkt netto null sein müssen. Zum Gebäudebereich zählen hierbei die Aktivitäten, die zur Herstellung der Bauprodukte und Gebäudeelemente, zum Bau und zum Betrieb der Gebäude sowie zur Entsorgung der Bauprodukte und Gebäudeelemente erforderlich sind. Nebst den betrieblichen Emissionen sind also auch die Sektoren Industrie-, Bau-, Energie- und Entsorgung gefordert, ihre Emissionen auf netto null zu reduzieren.

Im Hinblick auf die Umsetzung des vorgenannten Ziels, mittelfristig die THG-Emissionen des Gebäudebereichs auf netto null zu senken, stellen sich

- verschiedene definitorische und methodische Fragen, namentlich im Kontext von etablierten Methoden der Öko- bzw. THG-Bilanzierung wie das nationale THG-Inventar, das internationale THG-Protokoll und Ökobilanzmethoden (der KBOB u.a.).
- Fragen der erforderlichen und erfolgsversprechenden Anreize und Instrumente, um die Zielsetzung zu erreichen, dies anknüpfend an bestehende Vorschriften-, Informations- und Anreizinstrumente wie Normen, Standards, Labels und Produktdeklarationen (und Förderinstrumente).

Darauf in den nachfolgenden Kapiteln 2.2 (Methodischer Kontext) und 2.3 (Anreize pro Zielgruppe) näher eingegangen.



2.2 Methodischer Kontext

Bevor wir auf die einzelnen, gebäudespezifischen methodischen Fragestellungen (F0.1 bis F0.6) und die möglichen Varianten, diese zu adressieren, eingehen, wird nachfolgend der Kontext der relevantesten übergeordneten methodischen Grundlagen dargelegt. Zu berücksichtigen sind insbesondere:

- Die Methodik des nationalen Treibhausgasinventars (Berichterstattung gemäss UNFCCC Reporting Guidelines und Berechnungen nach IPCC Guidelines)
- Die Methodik des THG-Protokolls (GHG Protocol)
- Methoden der Ökobilanzierung im Bauwesen (gemäss SIA 2023, KBOB, SN EN 15804+A2:2019 u.a.)

Nachfolgend wird grob auf den Kontext, die Zielsetzung und die wichtigsten methodischen Aspekte dieser Bezugsrahmen eingegangen.

2.2.1 Das nationale Treibhausgasinventar

Kurzbeschreibung: Das nationale Treibhausgasinventar der Schweiz ist eine umfassende Emissionsstatistik, erstellt nach den Vorgaben der UNO-Klimakonvention. Es zeigt im Detail die Treibhausgasemissionen der Schweiz, aufgeteilt nach verschiedenen Gasen (CO₂, Methan, Lachgas etc), Sektoren (Haushalte, Industrie, Dienstleistungen, Verkehr, Landwirtschaft etc.) und einzelnen Emissionsquellen (Feuerungen, chemische Prozesse, Kraftwerke, Motoren). Ebenfalls ausgewiesen werden die Treibhausgasemissionen aus dem internationalen Flug- und Schiffsverkehr sowie die Treibhausgasbilanz der Landnutzung (z.B. Wälder und Böden).

Zielsetzung: Das nationale Treibhausgasinventar dient zum einen dazu, der internationalen Gemeinschaft bzgl. der THG-Emissionen auf dem Territorium der Schweiz Bericht zu erstatten und zum anderen als Bezugsrahmen und Monitoringinstrument für das Setzen von nationalen klimapolitischen Zielen und dessen Wirkungsüberprüfung.

Methodik: die Methodik des Treibhausgasinventar basiert auf den Vorgaben der UNO-Klimakonvention. Für jedes Jahr werden alle direkten Emissionen berücksichtigt, die innerhalb eines Jahres auf dem Territorium der Schweiz anfallen (im Bereich der Landnutzung gibt es bzgl. des Zeitpunktes gewisse abweichende Konventionen). Sie werden an der Quelle ihres Auftretens bilanziert, d.h. den verursachenden Anlagen und Prozessen zugeordnet. Das Treibhausgasinventar der Schweiz berücksichtigt dementsprechend keine Emissionen, die bei der (Bau-)Produktion von Importgütern (inklusive Energieträger und Dienstleistungen) entstehen.

Bezug zum Gebäudebereich: Ein Grossteil der direkten THG-Emissionen des Gebäudesektors ergibt sich aus der Summe der Sektoren Haushalte und Dienstleistungen (darin nicht enthalten sind die Gebäude der Sektoren Industrie und Landwirtschaft). In Abbildung 1 ist die Entwicklung der THG-Emissionen der beiden Sektoren Haushalte und Dienstleistungen seit 1990 im Vergleich zu den übrigen Sektoren dargestellt. Bestandteil des Treibhausgasinventar sind auch die inländischen indirekten Emissionen, die aus den Gebäudephasen Produktherstellung, Bau, Betrieb und Entsorgung entstehen. Diese Emissionen sind aus dem THG-Inventar allerdings nicht direkt ersichtlich, da sie Bestandteil der Sektoren Industrie (inkl. Energiesektor, d.h. Raffinerien, Fernwärme etc.), Abfall und Verkehr sind und nicht separat ausgewiesen werden.

Besonderheiten, Merkmale:

- Direkte Emissionen des Gebäudesektors aus der Nutzung von fossilen Energieträgern werden jährlich rapportiert.
- Indirekte Emissionen der Gebäudephasen Erstellung und Betrieb werden nicht separat ausgewiesen (wieder inländische noch importierte), aber die inländischen Emissionen sind im Total der verschiedenen Sektoren enthalten.



- Die energetische Nutzung von Holz wird in den Sektoren Haushalte, Dienstleistungen Industrie etc. mit 0 bewertet; die Emissionen der Holzwirtschaft werden als Teil des Inventars Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft LULUCF und den dort ausgewiesenen Veränderungen von Senken in der Biomasse und Holzprodukten bilanziert (natürlicher Zuwachs von Holz als Emissionssenke, Holzschlag für energetische Zwecke als direkte Emission, Netto-Veränderung der Senken von Holzprodukten mit Holzschlag für Verwendungszwecke wie Bau oder Produkt-herstellung als Zuwachs und auf der anderen Seite Freisetzung von CO₂ aus Speichern mit dem Rückbau und der Entsorgung von Holzprodukten).

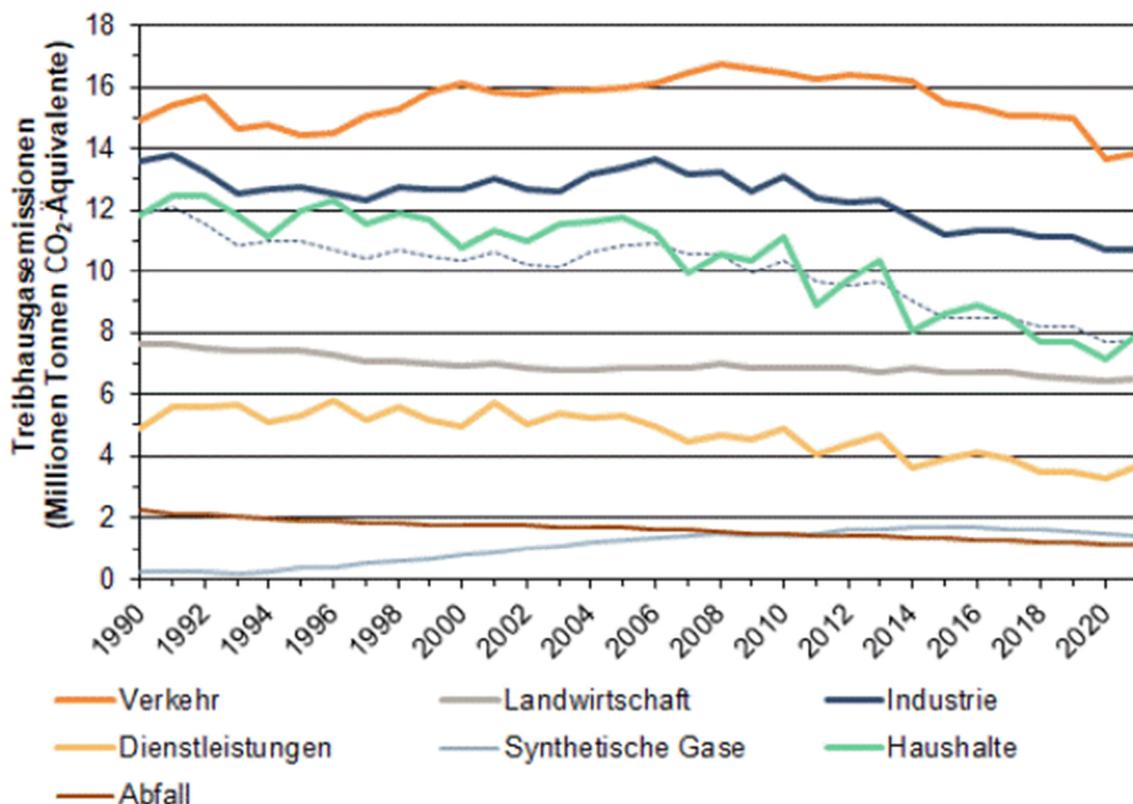


Abbildung 1: Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Schweiz seit 1990 in den Sektoren gemäss CO₂-Verordnung. Die gestrichelte Linie zeigt die Emissionen aus dem Sektor Industrie ohne Abfallverbrennung. Ein Grossteil der Emissionen des Gebäudesektors ergibt sich aus der Summe der Sektoren Haushalte und Dienstleistungen (übernommen von: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/zustand/daten/treibhausgasinventar.html>, abgerufen 7.5.2023).

2.2.2 Das internationale Treibhausgas-Protokoll

Das internationale Treibhausgas-Protokoll bzw. THG-Protokoll (en. Greenhouse Gas Protocol bzw. GHG Protocol) dient der Bilanzierung von Treibhausgasemissionen und der Berichterstattung für private und öffentliche Unternehmen und Organisationen. Das GHG Protocol wird vom World Resources Institute (WRI) und dem World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) koordiniert und gilt als der verbreitetste Standard zur Erstellung von Treibhausgasbilanzen. Es dient als Grundlage für weitere Standards (z.B. ISO 14064) und zahlreiche Initiativen stützen sich auf das GHG-Protokoll bzw. empfehlen dessen Verwendung (z.B. das Carbon Disclosure Project (CDP) und der Carbon Risk Real Estate Monitor, CRREM).



Zielsetzung: Das GHG Protocol knüpft an internationale Klimaregularien und soll Lücken, die von staatlicher Seite noch nicht ausgefüllt wurden, schliessen.¹ Das GHG-Protocoll soll es Unternehmen erlauben, auf einheitliche und vergleichbare Weise die THG-Emissionen ihrer wirtschaftlichen Tätigkeit zu erfassen und strukturiert darüber zu berichten.

Methodik: Gemäss GHG-Protocol werden die direkten und indirekten Emissionen der Aktivitäten eines Unternehmens in drei Bereiche (Scopes) eingeteilt. Scope 1 umfasst die standortbezogenen direkten Emissionen (namentlich aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern), Scope 2 die indirekten Emissionen aus dem Bezug von Energieträgern wie Strom, Fern- und Nahwärme etc. für die eigenen Nutzung und Scope 3 die übrigen indirekten Emissionen, dies basierend auf 15 verschiedenen wirtschaftlichen Aktivitäten. Bei letzteren wird zwischen vorgelagerten Aktivitäten (en. up-stream) und nachgelagerten (en. down-stream) unterschieden (siehe Abbildung 2 für eine stilisierte Darstellung der Emissionen der verschiedenen Aktivitäten und deren Zuordnung zu den drei Scopes).

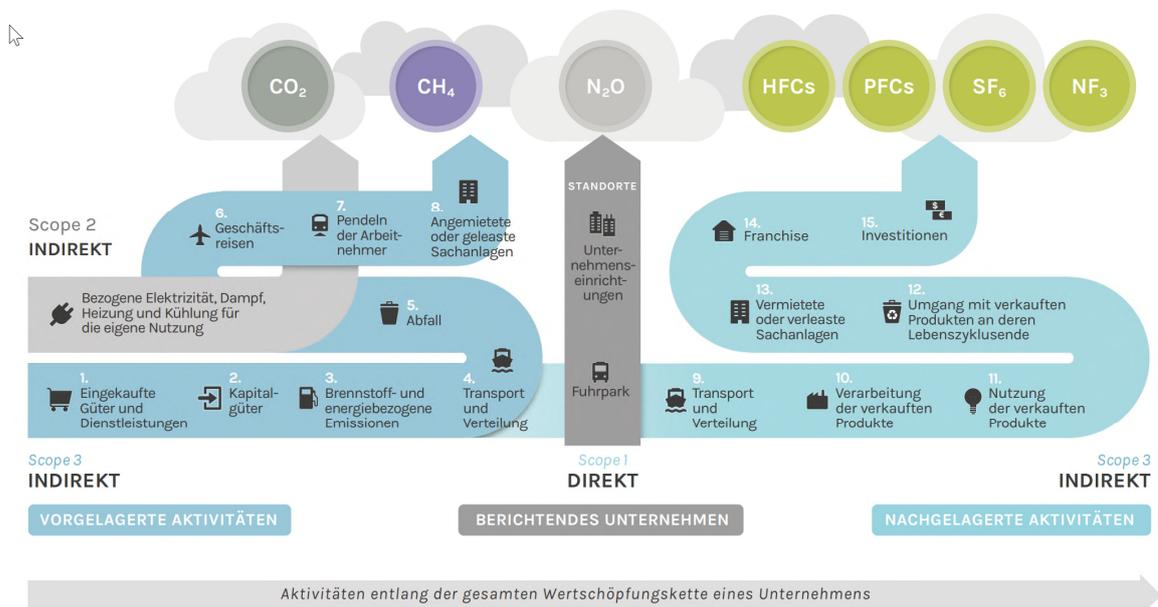


Abbildung 2: Emissionen der verschiedenen Aktivitäten und deren Zuordnung zu den drei Scopes die ein berichtendes Unternehmen gemäss GHG-Protocol zu berücksichtigen hat (übernommen aus «VOM EMISSIONSBERICHT ZUR KLIMASTRATEGIE – Grundlagen für ein einheitliches Emissions- und Klimastrategieberichtswesen» der Plattform Klimareporting.de, abgerufen von https://www.sustainable.de/wp-content/uploads/2016/11/klimareporting.de_leitfaden_0.pdf am 7.5.2023).

Bezug zum Gebäudebereich: Das GHG-Protocol ist grundsätzlich für den Gebäude- und Immobilienbereich anwendbar. Zahlreiche Initiativen im Gebäude-, Immobilien- (und dem damit verbundenen Finanzbereich) wie CRREM, CBI, PCAF etc. beziehen sich darauf. Hierbei ist jeweils zu definieren, aus welcher Perspektive es angewandt wird. Beispielsweise kann die Bilanzierung für ein Unternehmen, das ein Gebäude selbst nutzt und ein Unternehmen, das ein Gebäude vermietet (als Teil seiner wirtschaftlichen Tätigkeit), unterschiedlich ausfallen. In diesem Projekt steht anstelle des «berichtenden Unternehmen» ein (selbst genutztes) Gebäude. Entsprechend sind folgende Emissionen der drei Scopes von Relevanz:

¹ T. Hickmann: Voluntary global business initiatives and the international climate negotiations: A case study of the Greenhouse Gas Protocol. In: Journal of Cleaner Production. 2017, doi:10.1016/j.jclepro.2017.06.183



- Scope 1: direkte Emissionen aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern
- Scope 2: indirekte Emissionen aus dem Bezug von Energieträgern wie Strom, Fern- und Nahwärme
- Scope 3: indirekte Emissionen aus der Herstellung von Baumaterialien und Gebäudeelementen inkl. der damit verbundenen Rohstoffbereitstellung und Einbau, Bau des Gebäudes etc. (up-stream) und Rückbau, Abfallbehandlung, Entsorgung etc. (down-stream), jeweils inkl. der damit verbundenen Transport-Emissionen.

NB: Aus der Optik eines Unternehmens, das Gebäude benutzt oder vermietet, fliessen direkte und indirekte Gebäudeemissionen in Form von Scope 3 Emissionen (z.B. Aktivität 3 und 13) in deren Bilanz ein.

Besonderheiten, Merkmale:

Die mit dem Betrieb der Gebäude bzw. mit dessen wirtschaftlichen Tätigkeit verbundene Mobilität (gebäudeinduzierte Mobilität gemäss Terminologie von SIA 2040) ist gemäss GHG-Protokoll ebenfalls zu berücksichtigen, wird in diesem Projekt jedoch gemäss Auftragsdefinition ausgeklammert.

2.2.3 Lebenszyklusanalysen (LCA) im Baubereich

Methoden der Lebenszyklusanalysen haben sich in den letzten dreissig Jahren etabliert und weiterentwickelt und kommen in der Schweiz im Gebäudebereich seit vielen Jahren zur Anwendung. Eine zentrale Bedeutung haben die Empfehlungen der KBOB, die auf Ökobilanzmethoden und -daten verweist (und diese zum Teil als Arbeitsinstrument zugänglich macht). Zu nennen sind die SIA 2032 («Graue Energie von Gebäuden») und der SIA Effizienzpfad Energie (Merkblatt MB 2040:2017), der sich derzeit (2023) in Überarbeitung befindet (und neu unter SIA 390/1 erscheinen wird). Nebst den betrieblichen Emissionen werden dabei zwei Arten indirekten Emissionen betrachtet: zum einen die der Bereitstellung und Nutzung von Endenergieträger wie Öl und Gas und von Sekundärenergieträgern wie Strom und Fernwärme und zum anderen die Erstellungsemissionen (gemäss Terminologie von SIA 2040). Letztere umfassen die Herstellung von Baumaterialien und Gebäudeelementen inkl. der damit verbundenen Rohstoffbereitstellung und der Einbau, Bau des Gebäudes etc. (up-stream) und Rückbau, Abfallbehandlung, Entsorgung etc. (down-stream), jeweils inkl. der damit verbundenen Transport-Emissionen.

Als internationale Grundlage bietet die SN EN 15804+A2:2019 eine gute Grundlage, um Umweltauswirkungen von Bauprodukten, Bauleistungen und Bauprozessen in einheitlicher Weise abzubilden, dies in Form von Umweltproduktdeklarationen (EPD²). Von Interesse ist hierbei insbesondere das Informationsmodul D und einige andere Ansätze, die Effekte, die ausserhalb der eigenen Systemgrenze erzielt werden, informativ oder mit Gutschriften berücksichtigen. Darauf kann bei einigen methodischen Varianten zu einzelnen Forschungsfragen Bezug genommen werden kann.

Zielsetzung: Beurteilung der Nachhaltigkeit von Bauwerken und von Bauprodukten in der Form von konsistent erarbeiteten Datengrundlagen (KBOB Regelungen und Ökobilanzdaten in der Schweiz, in anderen Ländern unterschiedliche Varianten Regelwerke und Datengrundlagen häufig verwendet Umweltproduktdeklarationen nach EN15804+A2:2019), d.h. qualifizierte Umweltinformation auf harmonisierter und wissenschaftlicher Basis, um die Umweltauswirkungen von Bauprodukten, Bauleistungen und Bauprozessen in einheitlicher Weise ableiten, verifizieren und darstellen.

Methodik: Die einzelnen Elemente (Bauprodukte, Gebäudeelemente, Gebäude) werden in den Kontext der verschiedenen Gebäudephasen gestellt, siehe Figur 1 von SIA 2032:2020 und folgende Abbildung 3 (entnommen aus der SN EN 15804+A2:2019). Struktur und Bezeichnungen sind sehr ähnlich; ein Unterschied besteht bzw. Ersatz von Bauteilen (B4), der in SIA 2032 der Phase Erstellung zugeordnet

² Nicht alle EPD Programmbetreiber orientieren sich am Standard SN EN 15804+A2. Relevante Unterschiede ergeben sich bezüglich der Handhabung Reuse und Recycling und Qualitätsvorgaben für die Bilanzierung. Ein Teil Programmbetreiber verwendet damit die Kennzeichnung «ECO Platform EPD EN 15804 VERIFIED»



ist, in der EN 15804 der Phase Nutzungsphase. Die Abdeckung (Vollständigkeit) ist ebenfalls ähnlich, abgesehen vom Umstand, dass in SIA 2032:2020 die Phase A4 und A5 weggelassen werden. Einzelne Produkte können von der Wiege bis zum Werkstor oder von der Wiege bis zur Bahre deklariert werden (jeweils mit verschiedenen optionalen Modulen, siehe Kap. 5.2 der SN EN 15804+A2:2019). Wird die Nutzungsphase inkludiert, sind gemäss SN EN 15804+A2:2019 auch Angaben zur Entsorgungsphase (Modul C) und zum Modul D zu deklarieren.

INFORMATIONEN ZUR BAUWERKSBEURTEILUNG																	
ANGABEN ZUM LEBENSZYKLUS DES BAUWERKS												ERGÄNZENDE INFORMATIONEN AUSSERHALB DES LEBENSZYKLUS DES BAUWERKS					
A1 - A3 HERSTELLUNGSPHASE			A4 - A5 BAUPHASE		B1 - B7 NUTZUNGSPHASE							C1 - C4 ENTSORGUNGSPHASE				D VORTEILE UND BELASTUNGEN AUSSERHALB DER SYSTEMGRENZE	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau-/Einbauprozess	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz ¹	Umbau/Erneuerung	betrieblicher Energieeinsatz	betrieblicher Wassereinsatz	Rückbau, Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Deponierung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recycling-Potenzial	
Szenario Szenario Szenario			Szenario Szenario		Szenario Szenario Szenario Szenario Szenario Szenario Szenario Szenario							Szenario Szenario Szenario Szenario				Szenario	

Abbildung 3: Einbezogene Phasen des Lebenszyklus und Phasen des Lebenszyklus und Module für die Bewertung von Bauwerken (Ausschnitt aus Bild 1 der SN EN 15804+A2:2019). NB: SIA 2032:2020 ist ähnlich, weicht aber an einigen Stellen ab, siehe Text.

Besonderheiten, Merkmale, Unterschiede zwischen Schweizer Ansätzen KBOB/SIA und SN EN 15804+A2:2019 und weitere relevante Punkte im Hinblick auf verschiedene Fragestellungen:

- Gebäudekontext:** Produktdeklarationen sind grundsätzlich in den Gebäudekontext zu stellen, denn die Bauprodukte werden in Bezug auf ihren Beitrag zur Umweltqualität eines Gebäudes bestimmt. Entsprechend sind für die verschiedenen Phasen Szenarien zu bestimmen. So kann die tatsächliche Nutzungsdauer von der technischen Lebensdauer abweichen (je nach Gebäude-nutzungskontext). Die RSL kann aufgrund von Tests, technischen Anforderungen, Erhebungen, Wahrscheinlichkeiten, statistischen Daten etc. bestimmt werden.
- Nutzungsdauer:** Die SIA 2032:2020 unterscheidet begrifflich zwischen Nutzungsdauer und Amortisationsdauer und macht zu letzteren klare Vorgaben auf Ebene Bauteile und zwar material-unabhängig. Für Bauprodukte sind gemäss SN EN 15804+A2:2019 Referenzlebensdauern (RSL, Abkürzung für Reference Service Life) zu definieren und zu verwenden, welche sich auf zu definierte Referenzbedingungen beziehen. Diese kommen bei der Berechnung der Wirkung von Ersatz und Erneuerungen von Bauprodukten (Baumaterialien, Bauelemente) und Bauwerken (Phasen B4 und B5) zur Anwendung. Im Vergleich zu den Amortisationsdauervorgaben von SIA 2032 lässt die RSL einen grösseren Spielraum zu, z.B. abhängig von produktspezifisch definierten Vorgaben und davon, wo das Baumaterial eingesetzt wird und wie es eingebaut ist. SIA 2032 gibt für Gebäude die Amortisationsdauer vor. In der SN EN 15804+A2:2019 ist die voraussichtliche Lebensdauer (Expected Service Life, ESL) zu bestimmen und zu verwenden, die typischerweise durch die Nutzungsdauer von tragenden oder nicht austauschbaren Konstruktionselementen abhängt.
- Entsorgungswege:**
 - Gemäss KBOB sind materialspezifische Entsorgungswege zu verwenden (mit Anteilen Rezyklieren, Verbrennen, Deponieren sowie vorgängiger Bauschuttsortierung).



- SN EN 15804+A2:2019: Werden Baumaterialien, Bauelemente, Gebäudeteile oder ganze Gebäude ersetzt oder zurückgebaut, gelten sie grundsätzlich als Abfall. Das heisst, dass die Emissionen der Phase C grundsätzlich ebenfalls als Bestandteil des Gebäude- bzw. Bauwerkzyklus zu bilanzieren sind (bis das Ende der Abfalleigenschaft erreicht ist). In Ausnahmefällen können Bauprodukte Baumaterialien, Bauelemente oder Gebäudeteile nicht als Abfall deklariert werden und zwar wenn wiederverwendet oder recycelt werden und sie dabei einen Zweck erfüllen, wenn dafür ein Markt besteht, wenn alle technischen Anforderungen erfüllt werden und wenn dies nicht zu insgesamt schädlichen Auswirkungen führt (siehe Kap. 6.3.5.5 für die exakte Formulierung). Diese grundsätzlich positiven Wirkungen dürfen informativ im Modul D deklariert werden, aber nicht mit den Emissionen der Phasen A bis C saldiert werden.
- **Abfallbehandlung:** Emissionen der Abfallbehandlung (Phase C3) werden entsprechend dem Verursacherprinzip dem Bauprodukt bzw. dem Bauwerk zugeordnet. Für die Weitergabe ins Recycling, Reuse und für die aus der Abfallbehandlung gewonnene Energie sind folgende Ansätze möglich.
 - **Cut-off (KBOB):** Aus der Abfallbehandlung wird ein Output erzeugt (z.B. Strom, Wärme, Gas, Recyclingmaterial, wiederverwendbare Bauteile), diese verlassen das System belastungsfrei und umgekehrt werden mit der Weitergabe keine der darauffolgenden Aufwände der Abfallbehandlung angerechnet (KBOB Regeln).
 - **Cut-off plus Gutschrift (SN EN 15804+A2):** Gemäss SN EN 15804+A2 dürfen dessen potenziellen Vorteile und Belastungen nicht mit den Umweltwirkungen des Bauprodukts bzw. des Bauwerks verrechnet werden und dienen der Information, sondern sind dem nachfolgenden Produktsystem zuzuordnen.
- **Gutschriften:** Im Informationsmodul D der SN EN 15804+A2 wird gemäss Abschnitt 6.4.3.3 auch «das Konzept des „Design für Wiederverwertung, Recycling, und Rückgewinnung“ für Gebäude gewürdigt, indem die potenziellen Vorteile für den zukünftig vermiedenen Einsatz von Primärstoffen und -brennstoffen für die netto verfügbare Menge an Rezyklat dargestellt werden, bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Lasten, die mit den Recycling- und Rückgewinnungsprozessen ausserhalb der Systemgrenze einhergehen». Gemäss KBOB Erfassungsregeln werden diese potentiellen Vorteile und Belastungen nicht ausgewiesen, dies aufgrund von Unsicherheitsüberlegungen (sie basieren auf einer kontrafaktischen Szenariobetrachtung, finden erst in 30 bis 60 Jahren statt, und werden gemäss Experteneinschätzung in der Höhe höchstwahrscheinlich deutlich überschätzt).
- **Biogener Kohlenstoff:** Der biogene Kohlenstoff, der in einem Bauprodukt enthalten ist, muss gemäss KBOB Bilanzierungsregeln und gemäss SN EN 15804+A2:2019 deklariert werden und muss im Fall der KBOB Bilanzierung in kg C (nicht CO₂) angegeben werden.
- **Bilanzierungsregeln C-Speicherung:** Die ergänzten Bilanzierungsregeln der KBOB sehen vor, die C-Speicherung separat auszuweisen und auf das Deklarieren biogener CO₂ Emissionen für eine Anrechnung als NET zu verzichten, falls die Permanenz der Speicherung technisch und/oder gesetzlich bzw. rechtlich nicht gesichert ist.
- **Biogenes Treibhauspotenzial (GWP-biogen):** biogene CO₂-Emissionen werden gemäss SN EN 15804 über die Kenngrösse GWP-biogenic erfasst und in der Summe GWP-Total zusammen mit fossilen Beiträgen und Effekten der Veränderung Landnutzung zu einer Kenngrösse zusammengefasst. Der Entzug von biogenem CO₂ durch Aufnahme in Biomasse und Transfers muss in der Wirkungsabschätzung als $-1 \text{ kg CO}_2\text{Äq./kg CO}_2$ bei Zuführung in das Produktsystem charakterisiert werden. Emissionen von biogenem CO₂ aus Biomasse und Übergänge von Biomasse in nachfolgende Produktsysteme müssen als $+1 \text{ kg CO}_2\text{Äq./kg CO}_2$ des biogenen Kohlenstoffs charakterisiert werden. Gemäss SN EN 15804+A2 ist der Abbau von biogenem Kohlenstoff in einer Abfalldeponie vollumfänglich als biogene CO₂-Emission zu deklarieren. Sinngemässes gilt



das Rezyklieren und für das Verbrennen von biogenen Baustoffen. Über den gesamten Lebensweg muss DIE Entnahme von CO₂ und Freisetzung von CO₂ ungeachtet der Art der Entsorgung (Reuse, Recycling, Deponie, Verbrennung) saldiert netto null ergeben. Ausnahme der obigen Ausführungen: Holz aus Urwäldern wird mit dem Global Warming Potential (GWP) von Land use and land use change (Luluc) bilanziert.

- **Kompensation:** Die Rolle von CO₂-Zertifikaten ist in den KBOB Regeln und in Kap. 5.4.3 der SN EN 15804+A2:2019 geregelt. Dabei darf die Kompensationen von THGE darf nicht in die Berechnung des Treibhausgaspotenzials eingehen.
- **Negative Emissionen:** Gemäss KBOB-Handhabung der Bilanzierung biogener Kohlenstoff (Bilanzierungsregeln v6.0) ist auch die Wirkung von Negativemissionstechnologien bei der Bewertung der Zielerreichung Netto-Null nicht direkt anzurechnen, sondern getrennt zu berücksichtigen. Im Gegensatz dazu ist in den Umweltproduktdeklarationen nach EN 15804+A2: 2019 eine Saldierung mit den Indikator GWP-Total möglich.

2.2.4 Vergleich zwischen THG-Inventar, GHG-Protocol und bauspezifische Regelungen aus dem Bereich der Lebenszyklusanalysen (LCA)

Nachfolgend werden die drei methodischen Grundlagen bzgl. einiger Merkmale verglichen, und zwar bzgl. ihres Zwecks, bzgl. ihrer methodischen Ansätzen und bzgl. ihres Umgangs mit der zeitlichen Allokation der THG-Emissionen. Zunächst erfolgt eine Zusammenstellung des Zwecks und der typischen Anwendungsfälle der drei methodischen Grundlagen (Tabelle 1).



Tabelle 1 Übersicht über Zweck, Anwendungsfälle der drei methodischen Grundlagen

	Zweck, Anwendung
THG-Inventar	<ul style="list-style-type: none"> • Ziel: Erstellen einer umfassenden (jährlichen) nationalen Emissionsstatistik • Strukturierte Inventarisierung der jährlichen THG-Emissionen (in der Regel auf der nationalen Ebene) • Benennung der Emissionsquellen gemäss international abgestimmten Raster • Monitoring (aggregierte Wirkung von verschiedenen Einflussfaktoren, darunter energie- und klimapolitische Massnahmen) und laufende Zielüberprüfung • Berichterstattung (national und international) • Grundlage für Zielsetzungen gemäss nationalen Beschlüssen und internationalen Übereinkommen • Teilzielsetzungen für einzelne Sektoren, u.a. für den Gebäudesektor (direkte Emissionen der Sektoren Haushalte und Dienstleistungen, d.h. der meisten Wohn- und Nicht-Wohngebäude) und für den übrigen Gebäudebereich (aggregiert mit übrigen Teilen der Sektoren Industrie und Abfall)
GHG-Protocol	<ul style="list-style-type: none"> • Ziel: Einheitliche, strukturierte und vergleichbare Berichterstattung zu den THG-Emissionen der wirtschaftlichen Tätigkeit. Bzgl. Gebäudebereich relevant für Immobilienunternehmen und Bauleistungserbringern. • Warum: Aufzeigen der Umweltwirkungen der wirtschaftlichen Tätigkeit gegenüber Dritten (z.B. Finanzsektor, Lieferanten, Kunden) mit dem Ziel, diese in Zusammenarbeit mit der vorgelagerten und der nachgelagerten Wertschöpfungskette zu reduzieren. • Wann: jährlich • Wie: Bilanzierung der aktuellen direkten und indirekten THG-Emissionen, zu unterteilen in die Scopes 1 (direkte Emissionen), 2 (Emissionen verbunden mit der Energienutzung) und 3 (übrige indirekte Emissionen)
Lebenszyklusanalysen im Bauwesen (unterschiedliche länderspezifische Ansätze und EN15804)	<ul style="list-style-type: none"> • Ziel: Modulares System der Ökobilanzierung für den Baubereich über den ganzen Lebenszyklus (Phasen Herstellung und Bau, Nutzungsphase, Entsorgungsphase, d.h. Produktion der Bauprodukte, Bau der Gebäude, Bereitstellung und Nutzung von Energieträgern, Rückbau, Abfallbehandlung etc.). Regelwerke sind auf eine einheitliche strukturierte Bilanzierung ausgerichtet, so dass ausgehend von Informationen zu Baustoffen, Betriebsenergie und anderen Informationen Bilanzen für ganze Gebäude berechnet und strukturiert dargestellt werden können. • Warum: Grundlage für (Investitions-)Entscheidungen mit umweltrelevanten Auswirkungen. Beurteilung von Gebäuden in einem klar definierten und geregelten Umfang mit Unterzielen auf der Ebene der Erstellung und Betrieb. • Wann: Zeitpunkte <ul style="list-style-type: none"> ○ Herstellung von Bauprodukten ○ Konzeption, Planung und Erstellung von Neubauten ○ Variantenvergleiche Sanierung oder Ersatzneubau ○ Auswahl Energiesystem/Energiekonzept für Gebäude ○ Vergabe von Labeln (SIA-Effizienzpfad Energie, Minergie-eco, SNBS, etc.) ○ Ersatz/Modernisierung vs. Erneuerung (Bauteile und ganze Gebäude) ○ Wiederverwendung, Recycling oder Entsorgung am Ende der Nutzungszeit von Bauteilen und Gebäuden • Wie: Bilanzierung der künftigen THG-Emissionen, Vergleich von verschiedenen möglichen Bau- und Erneuerungsprojekten, Vorgehensvarianten (Szenarien)

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf BAFU, dem GHG Protocol, SIA 2032:2020 und SN EN 15804+A2:2019.

Der Vergleich der methodischen Ansätze der drei methodischen Grundlagen ist Tabelle 2 aufgeführt. Daraus geht hervor, dass einige entscheidende Unterschiede bestehen und dass sich diese Ansätze nicht ohne Weiteres ineinander überführen lassen.



Tabelle 2 Synoptischer Vergleich der wichtigsten methodischen Elemente des THG-Inventars, des GHG-Protocols und von Lebenszyklusanalysen (LCA), mit Bezug auf den Gebäudebereich (Gebäudephasen Herstellung und Bau, Nutzung und Entsorgung)

	Phasen Herstellung und Bau	Nutzungsphase	Entsorgungsphase
THG-Inventar Schweiz	Nicht dem direkt dem Gebäudebereich zuordnenbar in der Schweiz anfallende Emissionen: Unbestimmter Teil der Emissionen aus den Sektoren Industrie (ohne Abfallverbrennung), Verkehr und ggf. Landwirtschaft sowie Luluc, die aus der Herstellung von Bauprodukten (inkl. Ersatz und Erneuerung) und dem Bau von Gebäuden entstehen. Zudem Emissionen aus der Bereitstellung von End- und Sekundärenergie (Herstellung der Kraftwerke, Abbau von Rohstoffen und Transport der Energie)	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte Emissionen aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen • Nicht direkt dem Gebäudebereich zuordnenbar: indirekte Emissionen aus der Bereitstellung von End- und Sekundärenergieträgern (nur Emissionen aus dem Primärenergieeinsatz) 	Nicht dem direkt dem Gebäudebereich zuordnenbar: Unbestimmter Teil der Emissionen aus dem Sektoren Industrie inkl. Abfallverbrennung), Abfall, Verkehr und Luluc
GHG-Protocol	Scope 3 Emissionen der vorgelegerten Aktivitäten: Emissionen aus der Herstellung von Bauprodukten (inkl. Ersatz und Erneuerung) und dem Bau von Gebäuden entstehen. Zudem Emissionen aus der Bereitstellung von End- und Sekundärenergie (Herstellung der Kraftwerke, Abbau von Rohstoffen und Transport der Energie)	<ul style="list-style-type: none"> • Scope 1: Direkte Emissionen aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen • Scope 2: indirekte Emissionen aus der Bereitstellung von End- und Sekundärenergieträgern (nur Emissionen aus dem Primärenergieeinsatz; weitere indirekte Emissionen aus der Herstellung der Kraftwerke, dem Abbau von Rohstoffen und dem Transport der Energie sind als Scope 3 zu bilanzieren) 	Scope 3 Emissionen der nachgelagerten Aktivitäten: Emissionen aus der Gebäudephase Entsorgung.
Ökobilanz im Bauwesen	Emissionen aus der Herstellung von Bauprodukten, Bauelementen und Gebäudetechnik (in SIA 2032 inkl. Ersatz (B4), in SN EN 15804+A2:2019 ohne Ersatz (B4) und Erneuerung (B5)) und dem Bau von Gebäuden (inkl. damit verbundene Transportemissionen).	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte Emissionen aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen, nachwachsenden Brennstoffen und Kältemitteln • Indirekte Emissionen aus der Bereitstellung von End- und Sekundärenergieträgern • Emissionen aus der Herstellung von Bauprodukten, Bauelementen und Gebäudetechnik für den Ersatz und Erneuerung selbiger (Phasen B4 und B5) 	Emissionen aus Rückbau, Transport, Abfallbehandlung und Deponierung von Bauprodukten (Materialien, Bauteile, Gebäudeelemente, Gebäudetechnik). Recycling und Re-Use: <ul style="list-style-type: none"> • SIA 2032: Recyclingaufwendungen werden im folgenden Produktlebenszyklus bilanziert, Entsorgungsaufwendungen entfallen. • SN EN 15804+A2:2019: Keine Bilanzierung bei Wiederverwendung oder Rezyklierung. Damit verbundenen nachgelagerten Aufwendungen werden ausserhalb der Systemgrenze im Modul D deklariert.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf BAFU, dem GHG Protocol, SIA 2032:2020 und SN EN 15804+A2:2019.



Nachfolgend der Umgang der drei methodischen Grundlagen in Bezug auf zeitliche Allokation der THG-Emissionen verglichen (Tabelle 3). Daraus geht hervor, dass sich die drei methodischen Ansätze stark unterscheiden. Das GHG-Protocol enthält Elemente des THG-Inventars (Bilanzierung zum Zeitpunkt des Entstehens der Emissionen) und der SN EN 15804+A2:2019 (Möglichkeit der Zuordnung der THG-Emissionen auf die verschiedenen Gebäudephasen). Die SN EN 15804+A2:2019 liesse sich grundsätzlich ebenfalls jährlich anwenden und sich damit dem Ansatz des GHG-Protocols annähern. Bei einer jährlichen Anwendung wäre der Fokus auf die Nutzungsphase zu legen (falls jeweils zutreffend inkl. B5 und B6, d.h. Ersatz von Bauteilen und Erneuerung/Modernisierung von Bau- und Gebäudeteilen).

Tabelle 3 Zeitliche Allokation der THG-Emissionen im Fall des THG-Inventars, des GHG-Protocols und von Lebenszyklusanalysen (LCA), mit Bezug auf den Gebäudebereich (Gebäudephasen Herstellung und Bau, Nutzung und Entsorgung).

	Phasen Herstellung und Bau	Nutzungsphase	Entsorgungsphase
THG-Inventar	k.A. (Gebäudebereich nicht identifizierbar)	Direkt zum Zeitpunkt des Entstehens der Emissionen	k.A. (Gebäudebereich nicht identifizierbar)
GHG-Protocol	Gegebenenfalls leicht verzögert: Inbetriebnahme des Gebäude	<ul style="list-style-type: none">• Scope 1: direkt (Berichterstattungsjahr)• Scope 2: direkt (Berichterstattungsjahr)	Gegebenenfalls leicht vorgezogen: Rückbau des Gebäude
Ökobilanzen im Bauweisen (SIA 2032 und 390/1 und SN EN 15804+A2:2019)	Zuordnung der THG-Emissionen auf die verschiedenen Gebäudephasen, aber keine Allokation auf die einzelnen Jahre der Nutzungs- bzw. der Betriebsphase (grundsätzlich liesse sich die Methodik diesbezüglich relativ einfach erweitern und auch die Datenlage würde dies zulassen)		

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf BAFU, dem GHG Protocol, SIA 2032:2020 und SN EN 15804+A2:2019.



2.3 Anreize pro Zielgruppe

Wenn von der Arbeitshypothese ausgegangen wird, dass nebst gesetzlichen Anforderungen auch Informationsinstrumente wie Normen, Standards und Labels sowie Produktdeklarationen eine Wirkung entfalten, ist es wichtig, sich der Anreizwirkung der verschiedenen möglichen methodischen Ansätze bewusst zu werden, dies für verschiedene Zielgruppen und Fälle (Produktherstellung, Bau, Nutzung, Ersatz/Modernisierung, Rückbau, Wiederverwendung/Recycling, Abfallbehandlung). Als Beispiel zu nennen wäre hier das Thema der gebäudeeigenen PV-Anlagen: Je nach methodischen Vorgaben (z.B. bzgl. Anrechnung der Erstellungsemissionen) entsteht ein Anreiz, die PV-Anlage grösser oder kleiner zu dimensionieren. Hier könnte die Methodik bewusst so gewählt werden, dass die volle Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Dachfläche erfolgt oder zumindest keine Nachteile gegenüber einer kleiner dimensionierten PV-Anlage entstehen.

Zudem können solche Informationsinstrumente auch eine Grundlage für gesetzliche Anforderungen und Förderinstrumente sein, was es umso wichtiger macht, dass anreizwirksame Definitionen und Methoden erarbeitet werden. Transparenz bezüglich der realen Situation der anfallenden Emissionen und der Anreizsetzung ist wesentlich und muss nachvollziehbar sein, um Differenzen zu jährlich rapportierten Emissionen der Industrie und davon abweichende Anrechnungen auf der Ebene der Produkte zu klären.

Entsprechend wird in Tabelle 4 eine Übersicht über zu beachtende Anreizwirkung gegeben, differenziert nach verschiedenen Zielgruppen. Dies wird bei der Bewertung der verschiedenen methodischen Ansätze berücksichtigt.

Tabelle 4 Übersicht über zu beachtende Anreizwirkung (Auswahl)

Für Wen (Zielgruppe)	Was soll erreicht werden
Bauprodukthersteller	<ul style="list-style-type: none">• Tiefe Emissionen in Herstellung und Entsorgung• Langlebige Bauprodukte (*)• Wiederverwendbare Bauprodukte (*)• Recyclierfähige Bauprodukte (*)• Einsatz Baustoffe mit Senkenwirkung (hoher Beitrag anrechenbare Negativemissionen)• Bereitstellung von Reuse-Bauteilen
Bauträgerschaft/Bauherr (und ihre beauftragten Leistungserbringer)	<ul style="list-style-type: none">• Konzeption von Gebäuden mit tiefen Emissionen der Erstellung (bzw. Scope 2 und 3) und null direkte Emissionen im Betrieb (Scope 1), dies durch<ul style="list-style-type: none">○ Energetisch optimierte Gebäude, geringer Energiebedarf, hohe Eigenproduktion Energie○ Den Einsatz von erneuerbaren Energien im Bereich Wärme und Strom○ Einsatz von Bauprodukten tiefen grauen Emissionen (inkl. Reuse-Bauteile) und solchen, die langlebig, wiederverwendbar, recyklierbar sind (*)
Gebäudeeigentümer (Bestand)	<ul style="list-style-type: none">• Starke und rasche Reduktion der betrieblichen Emissionen (so rasch als möglich auf null) durch<ul style="list-style-type: none">○ Vorgaben zu Belegung○ Den Einsatz von erneuerbaren Energien im Bereich Wärme und Strom○ Die energetische Gebäudeerneuerung (unter Beachtung des Einsatzes von Bauprodukten tiefen grauen Emissionen und solchen, die langlebig, wiederverwendbar, recyklierbar sind (*)• Lokale Produktion von erneuerbaren Energien, namentlich mittels PV (**)• Verlagerung des Verbrauchs in emissionsarme Zeiten (*)• Zurückhaltender Einsatz von Holz und weiterer Biomass zur reinen Wärmeerzeugung (**)• Steigerung der Energieeffizienz im Bereich Gebäudetechnik
Gebäudebetreibende und --nutzende	<ul style="list-style-type: none">• Steigerung der Energieeffizienz im Bereich Wärme und Strom durch Benutzerverhalten und ganzheitliche energetische Betriebsoptimierung gemäss SIA eBO• Verlagerung des Verbrauchs in emissionsarme Zeiten
Energieversorgungsunternehmen	<ul style="list-style-type: none">• Beschaffung von erneuerbaren Energien anstelle von fossilen



	<ul style="list-style-type: none">• Steigerung der Produktion von Wärme und Strom aus erneuerbaren Energiequellen zulasten fossiler Quellen• Zurückhaltender Einsatz von Holz und weiterer Biomass zur reinen Wärmeerzeugung (**)• Steigerung des erneuerbaren Anteils beim Winterstrom (**)
<p>(*) bei gleichbleibender oder besser Umweltqualität im Vergleich zu kürzerlebigen bzw nicht-wiederverwendbaren bzw. nicht-rezyklierbaren Bauprodukten</p> <p>(**) aufgrund von übergeordneten strategischen Überlegungen, siehe Energieperspektiven 2050+</p>	

Quelle: Eigene Darstellung (dieses Projekt).

2.4 Auslegeordnung

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die wichtigsten offenen methodischen Fragen und mögliche methodische Varianten (Ansatzpunkte), diese zu adressieren, zusammengefasst:



Tabelle 5 Übersicht über offene methodische Fragen und mögliche, methodische Ansätze

	Grundsatzfrage Methodik	Methodische Ansätze
F0.1 Emissionsbudget indirekte Emissionen Industrie und Energie	Welcher Ansatz soll zur Bemessung des Emissionsbudgets für Importware und Energieimporte verwendet werden?	<ul style="list-style-type: none"> • M1: Gleichbehandlung von Importen mit inländischer Produktion (d.h. gleicher relativer Absenkpfad im Ausland wie in der Schweiz) • M2: auf aktuelle Regelungen der EU in Richtung Netto-Null THGE (z.B. Green Deal) • M3: Orientierung an EU oder IEA Szenarien mit Reduktionspfaden für die Sektoren Industrie und Energie
F0.2 Berücksichtigung der Nutzungszeit von Gebäuden und Bauteilen	THGE beim Zeitpunkt ihres Auftretens bilanzieren oder über Nutzungszeit abschreiben?	<ul style="list-style-type: none"> • M1: Investitionsprinzip: THGE beim Zeitpunkt ihres Auftretens bilanzieren. • M2: Aufkumulierendes Investitionsprinzip: Für umweltrelevante Entscheidungen wie Ersatz von Bauteilen, Gebäudeerneuerungen etc über Nutzungsdauer sukzessive über die Phasen der SN EN 15804:2013+A2:2019 aufkumulieren • M3: Über die Nutzungszeit abschreiben (d.h. Erstellungs-Emissionen werden nicht dann bilanziert, wann sie auftreten)
F0.3.A NET Technologien/-Materialien	Welche NET-Materialien gibt es und welche sind anrechenbar?	<ul style="list-style-type: none"> • M1: Nur mineralische Baustoffe: z.B. Rekarbonatisiertes Betongranulat • M2: Mineralische und zusätzlich mineralisch-organische Baustoffe (z.B. Pflanzenkohlebeton*) und organische Baustoffe (z.B. Holz, Bambus, Stroh) unter vorgegebenen Bedingungen, siehe «temporäre Senken» F0.3B
F0.3.B Temporäre Senken	Anrechenbarkeit temporärer Senken (organische Baustoffe)	<ul style="list-style-type: none"> • M1/M2: biogenes CO₂ ist «klimaneutral» (0/0 oder -1+1 gemäss EN 15804+A2) • Senkenwirkung gilt mit 30 Jahren Speicherung als gegeben (Basis CO₂-Verordnung 641.711, Stand 1. Juni 2022). Diskutiert und verwendet werden in diesen Kontext im Bereich wissenschaftlicher Publikationen zur Ökobilanzierung die nachfolgenden Varianten einer Anrechnung: <ul style="list-style-type: none"> ○ M3: Dynamischer Ansatz, zeitliche Beobachtung C-Speicher und Gewichtung ○ M4: Dynamischer Ansatz, zeitliche Beobachtung Regeneration Ökosysteme und Gewichtung • M5: Anrechenbarkeit, falls rechtsverbindliche Absicherung einer langfristigen (3000-8000 Jahre) Speicherung (Nichtfreisetzung) des biogenen C • M6 Stoffflussanalyse zum Potential der Erhöhung des C-Speichers im Gebäudepark-Ökosystem, mittelfristige Betrachtung Einfluss auf die kommenden Jahrzehnte (Verfügbarkeiten von Anschlusslösungen wie CCS als Szenarioannahmen)
F0.3.C Darstellung NET Beitrag	Verrechenbarkeit des Effekts neuer Technologien zur CO ₂ -Entnahme mit einem abgesicherten Potential einer langfristigen Speicherung	<ul style="list-style-type: none"> • M1: anrechenbarer NET-Beitrag separat erfassen und ausweisen. Kein Saldieren auf Ebene Baumaterial und Bauelement • M2: Netto Ergebnis Baustoffe, z.B. Angaben CO₂-Bilanz Hersteller
F0.4.A und B Re-Use und Recycling	Systemgrenzen Primär- und Sekundärmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • M1: Ansatz «Zusatzaufwand» für Reuse und Recycling, Cut-off für bereits erfolgte Emissionen • M2a: Ansatz Re-use «Amortisation», Abschreibungsprinzip zur Anrechnung bereits erfolgter Emissionen • M2b: Ansatz Recycling «CFF (circular footprint formula)» mit einer Mischrechnung Primär- und Sekundärmaterial
F0.4.C Einspeisen PV Strom	Modellierung Einspeisen Überschussstrom	<p>M1 «Investieren und verkaufen»: Umweltbelastung Herstellung/Entsorgung gesamtes PV System bei Errichtung verbuchen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jahresbilanz Stromverbrauch Gebäude minus Stromerzeugung PV. Verkaufte bzw. ins Netz eingespiesener Strom trägt Umweltkennwerte von PV Strom; Umweltbelastung des verkauften bzw. eingespiesenen Stroms wird in Phase Betrieb abgezogen. <p>M2 «Investment aufteilen»: Eigenverbrauchsanteil (oder Deckungsgrad) bestimmen.</p>



	Grundsatzfrage Methodik	Methodische Ansätze
		<ul style="list-style-type: none"> • Anteil (=Eigenverbrauchsanteil oder Deckungsgrad) der Umweltbelastung Herstellung/Entsorgung PV System bei Errichtung verbuchen. • Ins Netz eingespeister Strom trägt Umweltkennwerte von PV Strom; kein Abzug in Phase Betrieb M3 «Amortisation aufteilen»: Eigenverbrauchsanteil (oder Deckungsgrad) bestimmen. • Anteil Gebäude (=Eigenverbrauchsanteil oder Deckungsgrad) trägt Umweltkennwerte von PV Strom. • Ins Netz eingespeister Strom trägt Umweltkennwerte von PV Strom.
	Zeitliche Auflösung für Bestimmung Eigenverbrauchsanteil	<ul style="list-style-type: none"> • M1:: Eigenverbrauchsanteil mit stündlicher Auflösung bestimmen und auf Jahreswert aggregieren • M2:: Eigenverbrauchsanteil mit Jahresbilanz bestimmen
F0.6.A Modellierung Strommix Schweiz, Ist-Zustand, Bilanzmodell	Modellierung des Schweizer Strommix: unter Berücksichtigung von Import und Export: Welches ist das richtige Bilanzmodell?	Integral der Stundenwerte Inlandproduktion, der Exporte und der Importe Gemäss einem der folgenden Bilanzmodelle (BM): BM1: Verbrauchermix=Produktionsmix BM2: Verbrauchermix =Mix Produktion +Importe BM3: Verbrauchermix = Inlanderzeugung – Exporte + Importe (Modell für Gebäudeökobilanzen gemäss KBOB-Empfehlung 2009/1 und Energieetikette für Personenwagen, BFE) BM4: Verbrauchermix = Inlanderzeugung – Exportsaldo + Importsaldo (perfekter Transit über gleichzeitigem Import und Export)
F0.6.B Modellierung Strommix Schweiz, zeitliche Auflösung	Modellierung des Schweizer Strommix: Welches ist die richtige zeitliche Auflösung bei der Darstellung?	<ul style="list-style-type: none"> • M1: Stundenwerte zu Jahresbilanzen aggregieren • M2: Stundenwerte zu Monatsbilanzen aggregieren.
F0.6.C Modellierung Strommix Schweiz, Gewichtung Nachfrageprofil	Welche Gewichtungen (Wärme, Kälte, Gebäudetypen) sind bei der Bestimmung des Strommixes und der THGE vorzunehmen	<ul style="list-style-type: none"> • M1: Keine Gewichtung • M2: Erzeugen von verschiedenen Emissionsfaktoren für die Anwendungen Wärme und Kälte, ggf. unterschiedlich nach Gebäudetyp, durch entsprechende Gewichtungen der stündlichen Emissionsfaktoren
F0.6.D Modellierung Strommix Schweiz, Berücksichtigung Zukunftsentwicklung	Berücksichtigen möglicher zukünftiger Entwicklungen beim Strommix, bei Kraftwerkstechnologien und bei übrigen Energieträgern wie Fernwärme, synthetische Brennstoffe (gasförmig oder flüssig) etc.	<ul style="list-style-type: none"> • M1: Statische Betrachtung: Heutige Situation Strommix und Kraftwerke für die gesamte Betriebsphase, dito für alle anderen Energieträger • M2: Dynamische Betrachtung: Umweltkennwerte gemittelt zwischen Situation heute und 2050 (evtl. darüber hinaus) basierend auf einem mit der Netto-Null-THGE-Zielsetzung kompatibelen Szenario.

Quelle: Eigene Darstellung (dieses Projekt).



2.5 Bewertungsraster

Die verschiedenen methodischen Varianten, die für die Adressierung einer bestimmten Fragestellung zur Anwendung kommen könnten, sollen abschliessend bzgl. verschiedener Kriterien bewertet werden, um informiert über das weitere Vorgehen im Projekt entscheiden zu können. Die zu berücksichtigenden Kriterien basieren auf Vorschlägen des Projektteams und ergänzenden Rückmeldungen der Steuergruppe. Tabelle 6 zeigt die Bewertungskriterien in der Übersicht. Nachfolgend wird kurz auf einzelne der aufgeführten Kriterien eingegangen:

- Eignung für Zielsetzung: Eine zentrales Bewertungskriterium (im Sinne einer Voraussetzung) ist das Kriterium, ob die zu bewertende Variante geeignet ist, Massnahmen abzubilden, die einen Beitrag zur Zielsetzung Netto-Null THG Emissionen im Gebäudebereich zu leisten und zumindest diesem Ziel nicht widersprechen. Dieses Bewertungskriterium soll aufgeteilt werden auf die beiden Sichtweisen:
 - a) «Klimapolitik», d.h. die mittelfristige nationale politische Perspektive bis 2050 und
 - b) «Klimaphysik», d.h. die langfristige klimaphysikalische Perspektive von einigen hundert bis einige tausend Jahren.
- Informationsanreiz: Beim Anreizkriterium geht es beim aktuellen Stand der Bearbeitung darum, ob die Akteure durch die Anwendung einer bestimmten methodischen Variante und der damit verbundenen Information zur THG-Bilanz einen Anreiz erhalten (=Informationsanreiz), ihre Entscheidungen in dem Bereich in Richtung Reduktion oder Vermeidung der THGE anzupassen (Netto-Null ist je nach Fragestellung für sich allein genommen nicht möglich, sondern erst im Gebäudekontext und im Zusammenspiel der Massnahmen). Falls zutreffend sollen die Zielgruppen benannt und bei Bedarf nach ihnen differenziert werden: Produzenten von Baustoffen und Bauelementen, Planende, Bauherrschaften/Eigentümer, Energieversorgungsunternehmen etc.
- Datenbedarf und -verfügbarkeit sowie Aufbereitungs- und Berechnungsaufwand; Bei diesem Kriterium ist zwischen der Aufbereitungsphase im Hintergrund (z.B. für das Bereitstellen von Datenbanken und Software-Lösungen) und der Anwendungsphase (Anwenden der Methode) zu unterscheiden.
- Transparenz und Nachvollziehbarkeit: dies ist ein wichtiges Bewertungskriterium hinsichtlich Akzeptanz und Flexibilität der Anwendung in unterschiedlichen Kontexten. Bei hoher Transparenz und gute Nachvollziehbarkeit ist mit besserer und breiterer Akzeptanz zu rechnen und es besteht eine höhere Flexibilität, die Ergebnisse der Methodenanwendung zielgerichtet in Informationsinstrumenten (Standards, Labels, Empfehlungen) und für die Grenz- und Zielwertsetzung zu verwenden.
- Die Eignung, Richt-, Grenz- und Zielwerte setzen zu können, ist für die meisten Fragestellungen ebenfalls von zentraler Bedeutung (Ausnahme: Fragestellungen mit geringer Relevanz oder Bereiche, für die keine Richt-, Grenz- und Zielwerte gesetzt werden sollen).
- Die Umsetzbarkeit ist aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten: politisch / gesellschaftlich, technisch, beziehungsweise in Bezug auf Behörden / Verwaltung

Weitere Beurteilungskriterien, die von der Steuergruppe eingebracht wurden, betreffen die Generationenverträglichkeit sowie die Sozial- und Gendergerechtigkeit. Diese sind bei der weiteren Bearbeitung zu berücksichtigen. Zu berücksichtigen sind u.U. auch methodenspezifische Herausforderungen, soweit sie nicht bei einem der o.g. Kriterien bereits adressiert werden.



Tabelle 6 Bewertungsraster für die Beurteilung von unterschiedlichen methodischen Varianten, um eine jeweilige Fragestellung zu adressieren (hier dargestellt für zwei Varianten, weitere können ergänzt werden)

	Methodische Variante M1	Methodische Variante M2
1) Eignung für Zielsetzung Netto-Null THG Emissionen im Gebäudebereich		
1a) Klimapolitisch: Netto-Null THG Emissionen bis 2050 gemäss Pariser Übereinkommen		
1b) Klimaphysik: Eignung für Zielsetzung langfristige Klimawirkung		
2) Anreize für Zielgruppen (Beurteilung unter Umständen zielgruppenspezifisch)		
3) Datenbedarf, Datenverfügbarkeit sowie Aufbereitungs- und Berechnungsaufwand		
3a) Aufbereitung z.B. für Datenbanken und Software-Lösungen		
3b) Anwendung der Methode (z.B. für Planer, Berater, Gebäudeeigentümer etc.)		
4) Transparenz und Nachvollziehbarkeit		
5) Eignung für Richt-, Grenz- und Zielwertsetzung		
6) Umsetzbarkeit, differenziert nach verschiedenen Blickwinkeln		
7) Generationenverträglichkeit sowie Sozial- und Gendergerechtigkeit		
8) Methodenspezifische Herausforderungen		

Quelle: Eigene Darstellung (dieses Projekt).



3 Weitergehende Beschreibung und Bewertung der verschiedenen methodischen Varianten

3.1 Emissionsbudget (F0.1)

3.1.1 Welches CO₂-Budget bis 2050 leitet sich aus dem Absenkpfad für den Gebäudesektor (direkte Emissionen) gemäss KIG ab?

Das CO₂-Budget bis 2050 für den Gebäudesektor, also das Budget der direkten Emissionen aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern in Gebäuden (Scope 1), ergibt sich als Summe der Emissionen unter dem durch das KIG definierten Absenkpfad (bis 2040 Reduktion um 82%, bis 2050 um 100%, jeweils im Vergleich zum Basisjahr 1990). In Abbildung 4 entspricht dies der Summe der türkisfarbenen Fläche „Scope 1“ zwischen 2022 und dem Zielsetzungsjahr (2050). Die Berechnung der Budgets der übrigen Sektoren erfolgt analog (die Zielvorgaben für die direkten Emissionen des Industriesektors betragen 50% für 2040 und 90% für 2050 und für diejenigen des Verkehrssektors 57% für 2040 und 100% für 2050).

3.1.2 Welcher Anteil des für die Schweiz noch verfügbaren Emissions-Budgets muss in einer umfassenden Lebenswegbetrachtung für den Gebäudebereich ergänzt werden?

Da die Erstellung und der Betrieb von Gebäuden zu weiteren induzierten Emissionen führen, ist dem Gebäudebereich ein weiteres Budget für indirekte Emissionen zuzuordnen (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5 mit der schematischen Darstellung der wichtigsten Beiträge für die Emissionen der Scopes 2 und 3). Hierbei handelt es sich zum Teil um inländische Emissionen und zum Teil um Emissionen, die im Ausland anfallen (Abbildung 5).

Die im Inland anfallenden Emissionen beanspruchen demzufolge einen Teil des inländischen Emissionsbudgets der Sektoren Industrie (Herstellung von Baumaterialien und -elementen) und Energie bzw. Umwandlungssektor (Erzeugung von Fernwärme und Strom). Die Budgets dieser Sektoren sind also entsprechend aufzuteilen:

1. Budget für gebäudebezogene Emissionen für die
 - Herstellung von Baumaterialien und -elementen (Industriesektor)
 - Erzeugung von Fernwärme, Strom und ggf. weiteren Sekundärenergieträgern (THG-Inventar: Industriesektor; Energiestatistik: Umwandlungssektor)
 - Gebäudebezogene Transporte auf Strasse und Schiene (bezogen auf die Erstellung (inkl. Gebäudeerneuerung) und die Lieferung von Energie, ohne induzierte Mobilität durch die Gebäudenutzung)
2. Budget für übrige Emissionen wie z.B. Tiefbau, Nahrungsmittelproduktion und weitere industrielle Erzeugnisse.

Bei der Aufteilung der Budgets auf diese beiden Bereiche kann unterschiedlich vorgegangen werden:

- Proportionale Aufteilung
- Berücksichtigen oder nicht, dass bei der Herstellung von Baumaterialien und -elementen mehr «schwer vermeidbare» Emissionen anfallen als im restlichen Industriesektor



3.1.3 Welche Festlegungen zum Budget der im Ausland anfallenden Emissionen zu treffen?

Für den Teil der im Ausland anfallenden Emissionen sind ebenfalls Festlegungen zum Budget zu treffen. Hierbei sind im Industriebereich (Import von Baumaterialien und -elementen) die folgenden verschiedenen Ansätze zu diskutieren:

1. M1: Gleichbehandlung von Importprodukten mit inländischen Erzeugnissen, d.h. es sind vergleichbare Ziele und Budgets für den Industriesektor zu definieren,
M2: Bezugnahme auf die aktuellen Regelungen der EU in Richtung einer stärkeren Reduktion der THGE und Anstreben des Netto-Null Ziels vor 2050
2. M3: Orientierung an den verfügbaren Szenariorechnungen.

Um einen Anreiz einer Verschiebung der Produktion ins Ausland für die Zielerreichung Schweiz zu vermeiden, ist aus unserer Sicht eine mindestens gleich ambitionierte Reduktion für Importware notwendig. Bei den Importwaren sind zudem die Emissionen des Transports der Importware zu berücksichtigen.

Auch in Bezug auf den Energie- bzw. Umwandlungssektor kommen verschiedene Möglichkeiten in Frage, wobei wir folgende zur Diskussion stellen:

1. M1: Treffen von (rechnerischen) Annahme, dass die importierten Sekundärenergieträger bzgl. spezifischen THG-Emissionen nicht besser (aber u.U. schlechter) zu beurteilen sind (dies betrifft z.B. Sekundärenergieträger wie biogene oder synthetische Gase und Brennstoffe, im Strombereich auch zertifizierte Produkte)
2. M2: Abstützen auf aktuelle Regelungen und Zielsetzungen der EU, die in Richtung Netto-Null gehen
3. M3: Abstützen auf verfügbaren Szenariorechnungen der EU wie z.B. des JRC (Tsiropoulos et al. 2020) oder des FitFor55-Pakets als Bestandteil des EU Green Deals.

Im Strombereich ist zudem der starke internationale (europäische) Handel, der sowohl hohe kommerzielle als auch physikalische Import- als auch Exportmengen aufweist³. Die Frage der THG-Bewertung des Stroms stellt sich aus Sicht des THG-Budgets für den Zeitraum zwischen heute und dem Zielsetzungsjahr (2050). Ab dem Zielsetzungsjahr ist grundsätzlich von Netto-Null Treibhausgasemissionen auszugehen (u.a. gemäss Annahme in den EP2050+ des Bundes und mit Verweis auf die Zielsetzung der EU im Rahmen des „Green Deals“). Auf die Bilanzierungsfrage im Strombereich wird weiter unten im Kap. 3.6 näher eingegangen.

³ <https://transparency.entsoe.eu/dashboard/show>

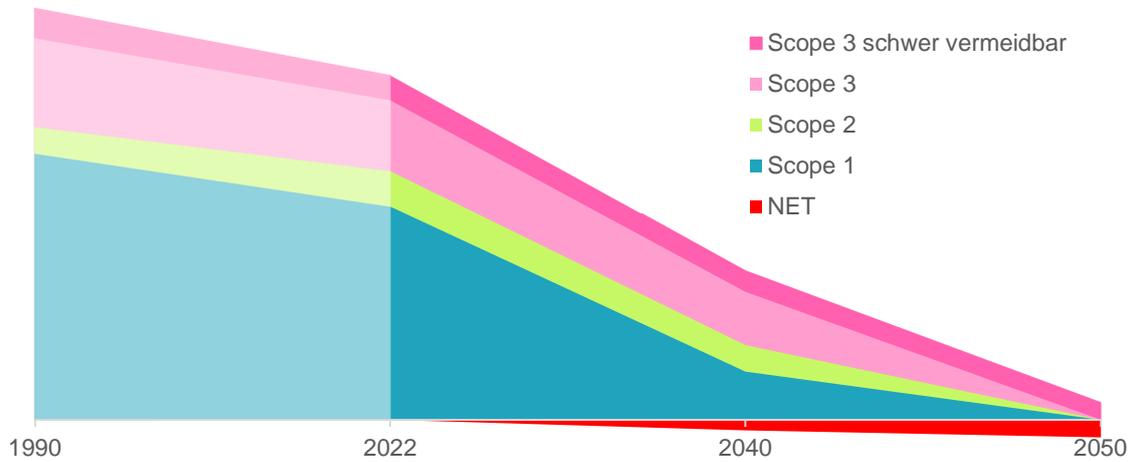


Abbildung 4: Schematische Darstellungen. Emissionsbudget des Gebäudesektors (türkis) und des Gebäudebereichs (alle Farben) inkl. Der Emissionen der Negativen Emissionstechnologien (NET). Pastellfarben: bereits verbrauchtes Budget zw. 1990 und heute. Satte Farben: Restbudget bis 2050. Quelle: Eigene Darstellung.

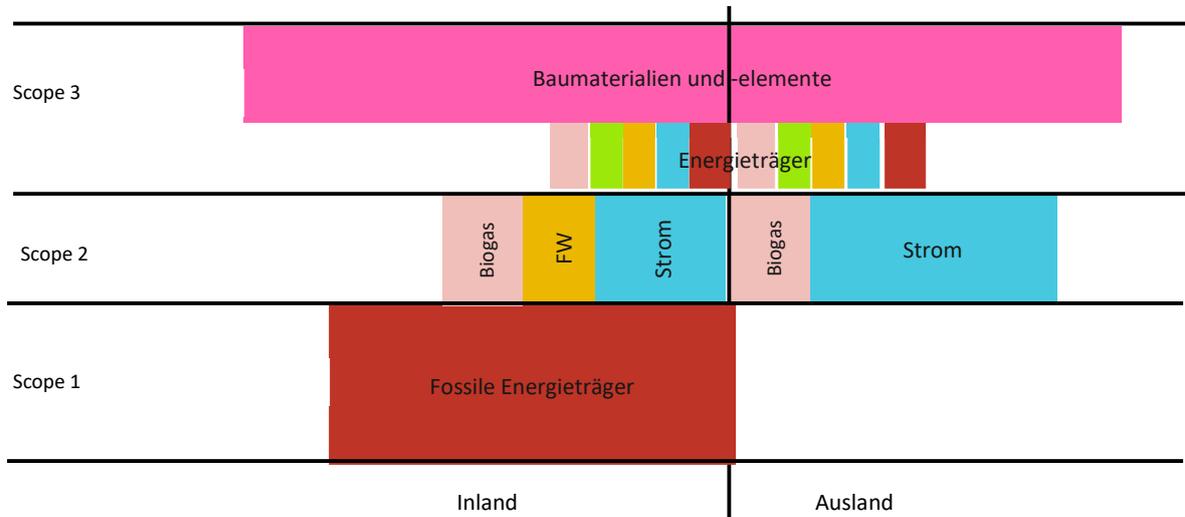


Abbildung 5: Zuordnung des Emissionsbudgets der verschiedenen Quellen des Gebäudebereichs auf die Scopes 1 bis 3 und auf die Territorien Inland und Ausland. Quelle: Eigene Darstellung.

3.1.4 Bewertung und Fazit

Für Importprodukte analoge Zielsetzungen und Budgets wie für inländische Erzeugnisse anzusetzen (methodische Variante M1), ist auf den ersten Blick nachvollziehbar und gut kommunizierbar. Voraussetzung für einen solchen Ansatz ist allerdings, dass dies in der Praxis, d.h. beim Import der Produkte, durchgesetzt wird. Will die Schweiz bei ihren Anforderungen von den Entwicklungen und Regelungen der EU abweichen, stellen sich bei der Umsetzung grosse Herausforderungen, um nicht mit Regulierungen (z.B. der technischen Handelshemmnisse) in Konflikt zu kommen. Einfacher wäre diesbezüglich die Variante M2 (aus der bottom-up Perspektive) bzw. M3 für eine übergeordnete Betrachtung (top-down Perspektive).



Um den Einfluss der methodischen Variantenwahl aufzuzeigen, empfehlen wir, in den Modulen F1 und F2 für ausgewählte Fälle mit zwei Varianten zu rechnen (M1 und M2 für die bottom-up Betrachtung und M1 und M3 für die top-down Betrachtung). Damit kann auch aufgezeigt werden, wie aufwändig und herausfordernd die verschiedenen methodischen Varianten in ihrer Anwendung wären.

Tabelle 7 Bewertung der methodischen Varianten M1 bis M3 für das Festlegungen des Budgets der im Ausland anfallenden Emissionen

	M1: Analoge Zielsetzungen und Budgets für Importprodukte wie für inländische Erzeugnisse	M2: Bezugnahme auf aktuelle Regelungen der EU in Richtung Netto-Null THGE	M3: Abstützen auf verfügbare Szenario-rechnungen der EU
1) Eignung für Zielsetzung Netto-Null THGE im Gebäudebereich	Gut, aber nur wenn Zielsetzungen beim Import durchgesetzt werden können	Gut, wenn EU ähnliche anforderungsreiche Ziele setzt	Gut, wenn die EU Massnahmen ergreift, um die Szenarien umzusetzen
2) Anreize für Zielgruppen (Beurteilung ggf. zielgruppenspezifisch)	Unter Umständen kontraproduktiv (falls Gleichbehandlung nicht durchgesetzt werden kann)	Gut, wenn Akteure NNT-Ziel hoch gewichten und Produktdeklaration beachten.	Gut, wenn Akteure NNT-Ziel hoch gewichten und Produktdeklaration beachten.
3) Datenbedarf, Datenverfügbarkeit sowie Aufbereitungs- und Berechnungsaufwand	Tief	Mittel bis hoch, falls einzeln betrachtet	Mittel
4) Transparenz / Nachvollziehbarkeit	Tief / gut	Gut, aber aufwändig	Gut, wenn Szenarien gut dokumentiert
5) Eignung für Richt-, Grenz- und Zielwertsetzung	Gut	Gut, aber aufwändig	Nicht anwendbar
6) Umsetzbarkeit, differenziert nach verschiedenen Blickwinkeln	Zu prüfen (Regulierungsfolgeabschätzung)	Einfach	Nicht anwendbar
7) Generationenverträglichkeit und Gendergerechtigkeit	k.A.	k.A.	k.A.
8) Methoden spezifische Herausforderungen	Beurteilung hängt stark von der konkreten Ausgestaltung ab		

Quelle: Eigene Darstellung.



3.2 Nutzungszeit (F0.2)

3.2.1 Methodische Berücksichtigung der Nutzungszeit bei der Anrechnung von Grauer Energie und grauen THG-Emissionen

Im Fokus von F0.2 steht die Fragestellung: Wie wird die Nutzungszeit eines Gebäudes bezüglich Grauer Energie/THG-Emissionen methodisch sinnvoll berücksichtigt: einmalige Anrechnung beim Einsatz während der Bauphase vs. über Jahre abschreiben (bei letzterem: wie ist mit dem Bestand umzugehen)?

Wie die Nutzungszeit eines Gebäudes bzw. ihre Elemente (Bauteile, Gebäudetechnik) berücksichtigt werden soll, hängt von der Zielsetzung ab, auf welche sich die Methodik bezieht. Insbesondere zu unterscheiden sind die beiden Zielsetzungen

- „Zielführende Anreize bei Entscheidungen auf Ebene Einzelgebäude setzen“
- „Emissionen gemäss GHG Protocol korrekt bilanzieren“, ggf. inkl. Antizipieren von induzierten künftigen Emissionen im Gebäudebereich (durch Instandsetzung sowie Rückbau/Entsorgung).

Dieser Aspekt der unterschiedlichen Zielsetzung wird bei der Bewertung von unterschiedlichen Bilanzierungsmethoden und entsprechend bei der Beurteilung des Einflusses der Nutzungszeiten zu berücksichtigen sein (siehe vorgesehener Arbeitsschritt „Bewertung“).

Bezüglich der Bilanzierung von Treibhausgasemissionen sind im Wesentlichen zwei methodische Ansätze zu unterscheiden:

- **Investitionsprinzip** (analog zur Ökonomie): Gemäss CO₂-Gesetz, Empfehlung des THG-Protokolls (GHG Protocol) und darauf aufbauenden Ansätzen werden die Emissionen einmalig zum Zeitpunkt ihres Entstehens angerechnet. Die Emissionen der Erstellung werden also zum einen während der Bauphase, während dem Betrieb beim Ersatz von Bauelementen und zum anderen am Ende der Lebensdauer bilanziert. Die Frage der Nutzungszeit stellt sich aus dieser Perspektive vor allem aus einer Portfolio- und Gebäudeparkbetrachtung (Bilanzierung der Neubau-, Erneuerungs-, und Rückbautätigkeit), wenn es darum geht, Emissionspfade oder -budgets zu berechnen.
- **Abschreibungsprinzip** (analog zur Ökonomie): In Lebenszyklusbetrachtungen (LCA) im Gebäudebereich werden die Emissionen häufig auf jährliche Emissionen umgerechnet, dies unter der Annahme von Amortisationszeiten. Sowohl bei der Betrachtung des einzelnen Gebäudes als auch bei darauf aufbauenden Ansätzen (z.B. Gebäudeportfolio- und Gebäudeparkbetrachtungen) hat die Nutzungszeit einen grossen Einfluss, v.a. wenn die normative Nutzungszeit von der tatsächlichen abweicht (wie dies z.B. beim SIA Effizienzpfad teilweise der Fall ist).

Der Unterschied zwischen dem Investitions- und dem Abschreibungsprinzip und der Einfluss der Annahme von unterschiedlichen Annahmen zur Nutzungszeit wird in der nachfolgenden Abbildung 6 illustriert. Daraus geht zum einen hervor, dass die Emissionen auf sehr unterschiedliche Zeitpunkte alloziert werden und zum anderen, dass beträchtliche Unterschiede entstehen je nach Annahme der Nutzungs- bzw. Amortisationszeit.

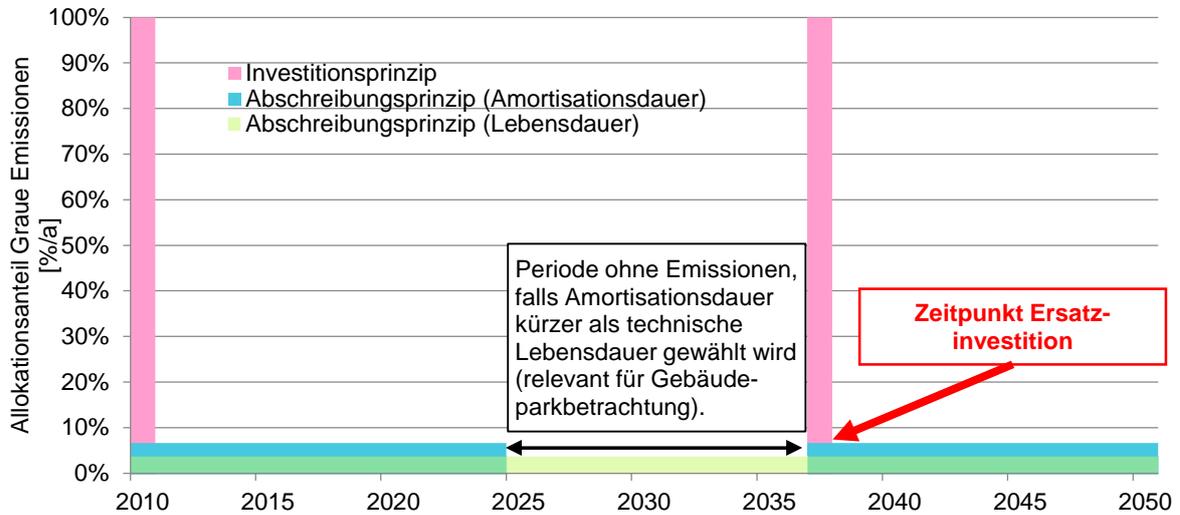


Abbildung 6: Zeitliche Allokation der Graue Emissionen gemäss Investitionsprinzip (Methodik GHG Protocol, Übereinkommen Paris 2015 und Schweiz. CO₂-Gesetz) und Abschreibungsprinzip (Methodik angewandte Lebenszyklusanalysen inkl. SIA-Effizienzpfad)

Um die beiden Perspektiven besser ineinander überführen zu können und einander anzunähern, stellen wir einen Kumulierungsansatz zur Diskussion. Dieser könnte für die Einzelgebäudeperspektive bzw. für die Lebenszyklusbetrachtung auch für die Schweiz zielführend sein:

Beim Kumulierungsansatz werden die Emissionen aus der Phase Erstellung für den Zeitpunkt bilanziert, an dem sie anfallen und sie werden für die Phasen Bau, Betrieb (inkl. Instandsetzung / Erneuerung) und Entsorgung kumuliert. Analog wird für betriebliche Emissionen verfahren: sie werden laufend kumuliert und zu den Erstellungsemissionen hinzugerechnet. Mit Blick auf die Netto-Null bis 2050 Zielsetzung hat dies den Vorteil, dass alle Emissionen innerhalb eines beliebigen Betrachtungszeitraums (z.B. Emissionsbudget bis 2050, typische Nutzungsdauer) beinahe vollständig bilanziert werden (und nur Emissionen aus Betrieb und Entsorgung, die dann aber bei null sein müssten, über den Betrachtungshorizont hinausreichen), dies im Gegensatz zum Abschreibungsprinzip, bei dem ein substantieller Anteil erst nach 2050 anfällt.

Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 7 für das Beispiels eines Neubaus und in Abbildung 8 für ein bestehendes Gebäude exemplarisch illustriert.

Um bzgl. der Entscheidung Sanierung/Weiterbetrieb vs. Abbruch und Ersatzneubau Fehlanreize zu vermeiden, stellen wir für alle Methoden zur Diskussion, einen zu vereinbarenden Zeitpunkt zu definieren, ab dem die Emissionen zu bilanzieren sind (z.B. 1990 oder 2020). In Abbildung 9 werden die drei Bilanzierungsmöglichkeiten aufgezeigt.

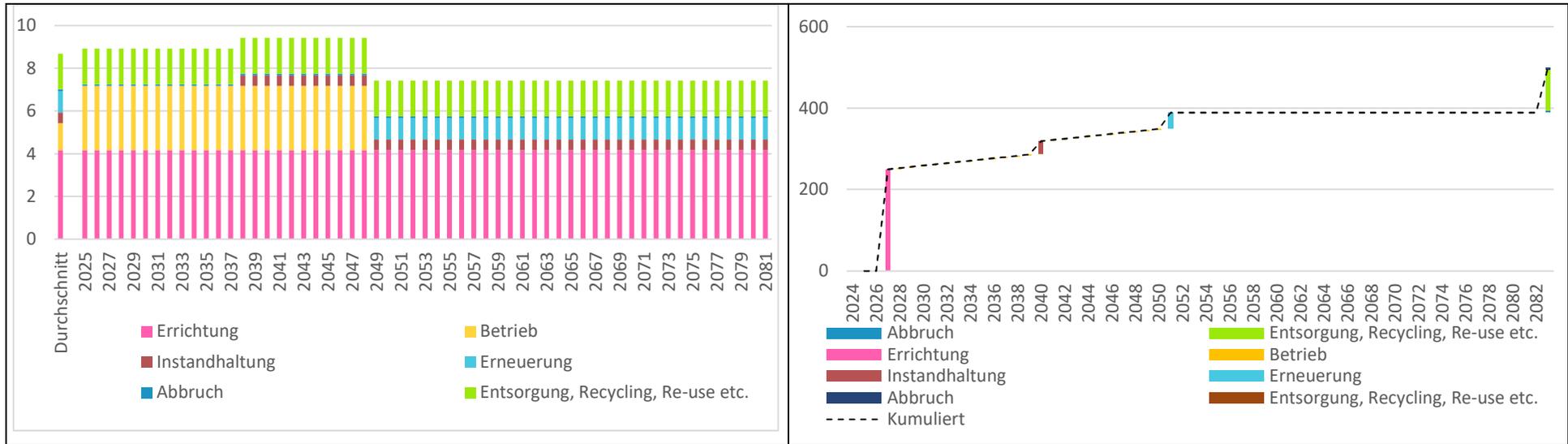


Abbildung 7: Exemplarische Darstellung der THG-Emissionen eines Neubaus gemäss Abschreibungsprinzip (kg/m² pro Jahr, linkes Diagramm) bzw. gemäss Kumulierungsprinzip (kg/m², rechtes Diagramm).

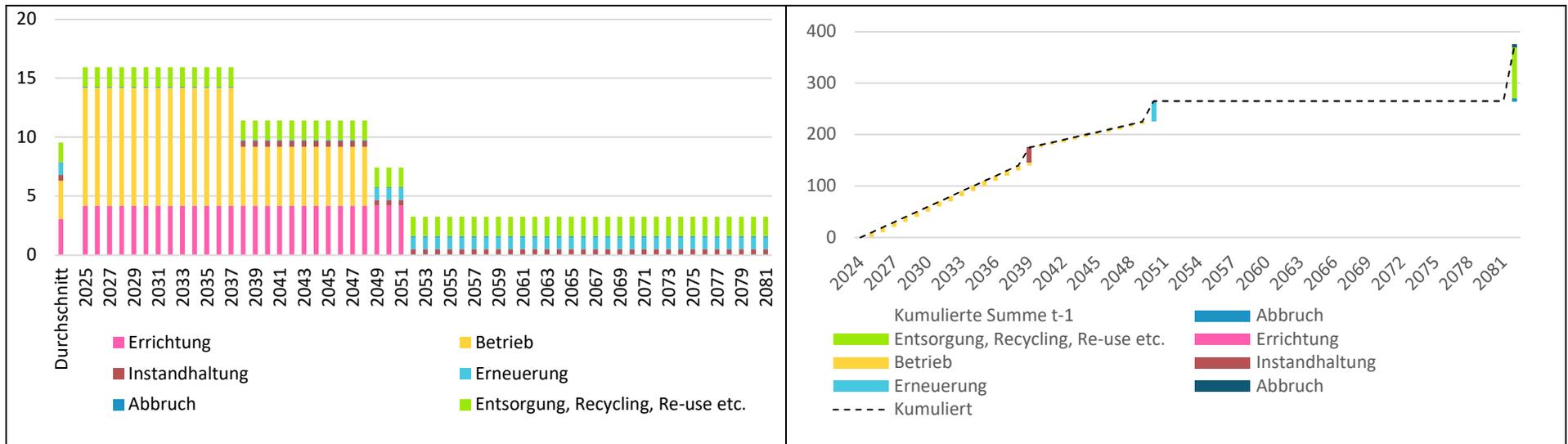


Abbildung 8: Exemplarische Darstellung der THGE eines bestehenden Gebäudes gemäss Abschreibungsprinzip (kg/m² pro Jahr, linkes Diagramm) bzw. gemäss Kumulierungsprinzip (kg/m², rechtes Diagramm).

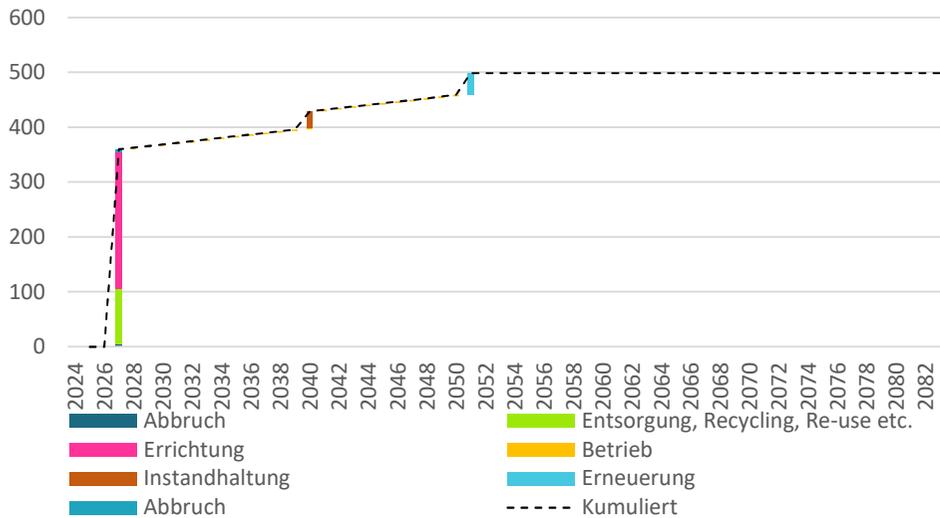
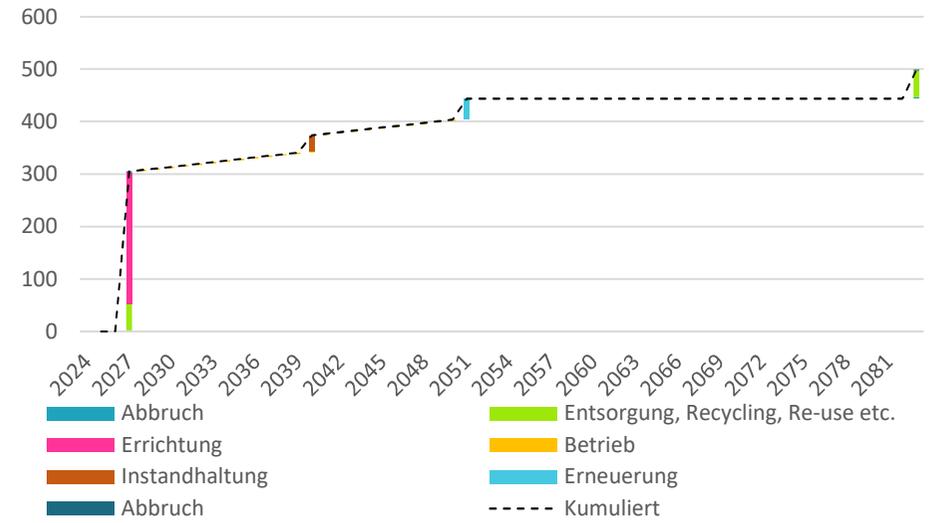
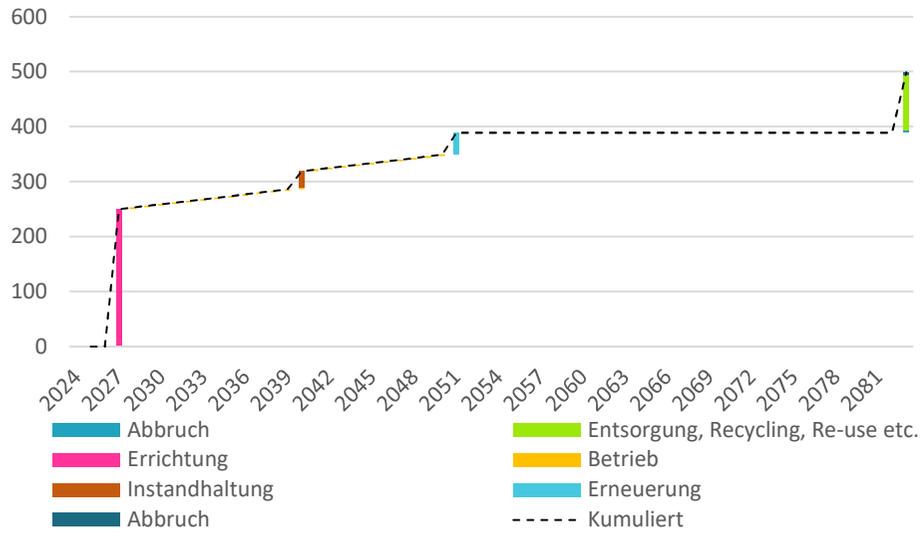


Abbildung 9 3 Bilanzierungsmöglichkeiten der THGE bei einem Ersatzneubau. Links oben: Bilanzierung der THGE zum Zeitpunkt des Abrisses auf das Bestandsgebäude. Oben rechts: Bilanzierung THGE zur Hälfte auf den Zeitpunkt des Abruchs und dem Bestandsgebäude und zur anderen Hälfte auf den Bau des Neubaus. Unten links: Bilanzierung der THGE gänzlich auf den Neubau.



Ebenfalls zur Illustration dargestellt ist ein Beispiel eines Rasters, mit dem die THG-Emissionen des Gebäudebereichs für den gesamten Lebenszyklus dargestellt werden können (Abbildung 10).

		BUILDING STAGES					BEYOND LIFE	
		PRODUCT	CONSTRUCTION	USE		END OF LIFE		EMISSIONS
		A1-A3	A4-A5	B1-B5	B6-B7	C		kgCO ₂ /m ²
BUILDING LAYERS	Structure Foundation, load-bearing						In CH nicht verwendet	
	Skin Windows, roof, insulations							
	Space Plan Interior finishes							
	Services Mechanical, electrical, plumbing							
	Stuff (optional) Furniture & appliances							
	Building carbon emissions							
Carbon compensation Removals and offset	In CH: CO ₂ -Negativemissionen							

● Embodied carbon
 ● Operational carbon
 ● Partial and total sums

Abbildung 10: Raster zur Darstellung der THG-Emissionen des Gebäudebereichs für den gesamten Lebenszyklus. Quelle: Figure 3 «The Building System Carbon Framework», übernommen aus WBCSD (2020).

Aus Abbildung 10 und der nachfolgenden Abbildung 11 mit der Darstellung der Abgrenzungen nach SIA 2040 und nach dem GHG Protocol wird ersichtlich, dass die herkömmliche Gebäude-Ökobilanzmethodik nicht hinreichend ist, um die in den letzten Jahren immer wichtiger werdenden Reporting-Verpflichtungen, mit denen die Immobilienwirtschaft von verschiedener Seite zunehmend konfrontiert ist, zu berücksichtigen. Diese Reporting-Verpflichtungen sind nicht Gegenstand dieses Forschungsprojekts, sind jedoch bei der Umsetzung der zu erwartenden Ergebnisse zu berücksichtigen.

SIA 2040: kg/m ² pro Jahr über Lebensdauer		GHG Protocol kg/m ² im Betrachtungsjahr
Betrieb	Direkte Emissionen	Scope 1
	Indirekte Emissionen Eigentümer	Scope 2
	Indirekte Emissionen Mieter	Scope 3
	Graue Emissionen Energiebereitstellung	Scope 3
Erstellung		Scope 3
Betrieb+Erstellung		Scope 1 bis 3

Abbildung 11: Unterschied der Abgrenzungen zwischen SIA 2040 und GHG Protocol

3.2.2 Bewertung und Fazit

Der Emissionswahrheit und der Methodik des THG-Inventars am nächsten kommt M1, d.h. das Bilanzieren der THGE zum Zeitpunkt ihres Auftretens (M1). Durch das sukzessive Aufkumulieren über die Nutzungsdauer wird eine Gesamtbeurteilung des betrachteten Gebäudes bzw. Projekts erreicht, und in der top-down Betrachtung ein Vergleich mit dem Emissionsbudget ermöglicht. Wenn die Aufkumulierung separat pro Phase der KBOB Bilanzierungsregeln erfolgt, erhöht sich die Transparenz und die Überführbarkeit zwischen den Ansätzen.



Tabelle 8 Bewertung der methodischen Varianten M1 bis M3, um die THGE Erstellung und die Nutzungszeit miteinander in Beziehung zu bringen.

	Variante M1: Investitionsprinzip	Variante M2: Kumulierungs- ansatz	Variante M3: Abschreibungs- prinzip
Eignung für Zielsetzung Netto-Null THG Emissionen im Gebäudebereich Klimapolitisch: Netto-Null THG Emissionen bis 2050 gemäss Bundesratsziel, durch das Volk 2023 mit Annahme des KIG legimiert Klimaphysik: Eignung für Zielsetzung langfristige Klimawirkung	Gut, THGE sind bzgl. ihres zeitlichen Anfalls konsistent mit Berichterstattung des THG-Inventar	Gut und ziemlich konsistent mit Lebenszyklusemissionen (selbst wenn die THGE-Bilanz im Jahr 2050 abgeschnitten wird (Ausnahme: NET und temporäre Speicher))	Weniger gut für die Definition von Zielsetzungen auf Gebäudepark-ebene geeignet
	Keine Differenzierung zwischen Varianten, wenn THGE vollständig (ohne Abschneiden 2050 oder am Ende der Nutzungszeit) über den Lebenszyklus erfasst werden		
Anreize für Zielgruppen (Beurteilung bei Bedarf zielgruppenspezifisch)	Gut geeignet, da gut kompatibel mit THG-Inventar, GHG-Protocol, KBOB Bilanzierungsregeln etc	Gut geeignet, da gut kompatibel mit THG-inventar, GHG-Protocol, KBOB Bilanzierungsregeln etc.	Gut geeignet für einzelene Gebäude und Projekte
Datenbedarf, Datenverfügbarkeit sowie Aufbereitungs- und Berechnungsaufwand	Etwas aufwändiger als bei M2 und M3 (*)		
Transparenz und Nachvollziehbarkeit	Höher als bei M2 und M3 (*)		
Eignung für Richt-, Grenz- und Zielwertsetzung	Besonders gut geeignet auch für Portfoliobetrachtungen gem GHG-Protocol u.ä.	Gut geeignet für Portfolio und Gebäudepark-betrachtungen	Wenig geeignet für Portfolio und Gebäudepark-betrachtungen
Umsetzbarkeit, differenziert nach versch. Blickwinkeln	Unterschiedlich je nach Aggregationslevel (Gebäude, Portfolio, Gebäudepark) und Anforderung		
Generationenverträglichkeit und Gendergerechtigkeit	Hoch	Hoch	Tief (teilweise Übertrag auf nächste Generation)
Methoden spezifische Herausforderungen		Robust gegenüber Lebensdauerannahmen, besonders unter der Annahme, dass sich die Länder um 2050 Netto-Null Zielen annähern	Tendenzielle Überschätzung der THGE Erstellung, wenn zu kurze Lebensdauer angenommen wird (betrifft v.a. Rohbau)

(*) da Ergebnisdifferenzierung höher (Darstellung jährlich Emissionen)



3.3 Negative Emissionstechnologien (F0.3)

Welche Methodiken zur Berücksichtigung von Negativen Emissionstechnologien (z.B. Karbonatisierung von Beton, Pflanzenkohle) bzw. von CO₂-Senken (z.B. Zwischenspeicherung biogener Kohlenstoffe) bestehen?

Nicht alle Treibhausgasemissionen sind komplett vermeidbar. Von den schwer vermeidbaren Emissionen sollen namentlich die Emissionen der Industrie (Zementwerke u.a.) und der Kehrlichtverbrennungsanlagen mittels CCS reduziert werden. Für die übrigen schwer vermeidbaren Emissionen braucht es Negative Emissions-Technologien (NET). Solche Technologien entnehmen CO₂ aus der Atmosphäre oder biogenes CO₂ aus der Abluft von Anlagen und speichern es dauerhaft. In Bezug auf die Konventionen der etablierten Ökobilanz- und Treibhausgasinventar-Bilanzierungsmethoden handelt es sich dabei in beiden Fällen um negative Emissionen. Negativemissionen beruhen also auf einer dauerhaften Beseitigung oder einer ausreichend langfristigen Speicherung (insbesondere, wenn sie zum Ausgleich von Treibhausgasen mit langer atmosphärischer Lebensdauer wie Kohlendioxid verwendet werden) und Pläne zum Umgang mit potenzieller Unbeständigkeit. Die Einordnung der nachfolgend verwendeten Begriffe orientiert sich am nachfolgenden Schema des BAFU (Abbildung 12). Anzumerken ist hierzu, dass in dieser Abbildung die Rolle der CSS und NET mit Fokus auf das Jahr 2050 dargestellt ist; auf die mögliche Rolle der NET zwischen heute und 2050 wird am Ende dieses Kapitels eingegangen.

3.3.1 Stand der Diskussion bzgl. der Methodik der NET

Mit der Methodik der Bilanzierung und Anrechnung negativer Emissionen befassen sich zum einen Projekte in der Schweiz, namentlich Frischknecht & Pfäffli (2023). Thematisiert werden darin unterschiedliche Varianten einer Speicherung im Bereich der Baustoffe und deren potentieller Beitrag als NET sowie Unsicherheiten bezüglich der Dauerhaftigkeit. Aufgrund der Dringlichkeit, die Emissionen drastisch zu senken und aufgrund der offenen Fragen und Unsicherheiten wird das Potential negativer Emissionen nicht direkt verrechnet, sondern das mit dem Speicherwert vorhandene Potential wird getrennt vom Wert der CO₂-Bilanz angegeben. Der Aspekt der Dringlichkeit ginge mit einem Saldieren verloren, weil die tatsächlichen Emissionsmengen nicht mehr sichtbar wären.

Zum anderen zu nennen sind Publikationen zum Stand wissenschaftlicher Diskussionen in diesem Bereich: "When are negative emissions negative emissions?" (Tanzer and Ramirez, 2019) und "The meaning of net zero and how to get it right" (Fankhauser und Smith et al., 2021). Aufgrund der beschränkten Verfügbarkeit von Biomasse ergeben sich neben der Frage der Anrechnung auch Fragen zur Priorität des Einsatzes im Baubereich gegenüber z.B. Alternativen in der Landwirtschaft.

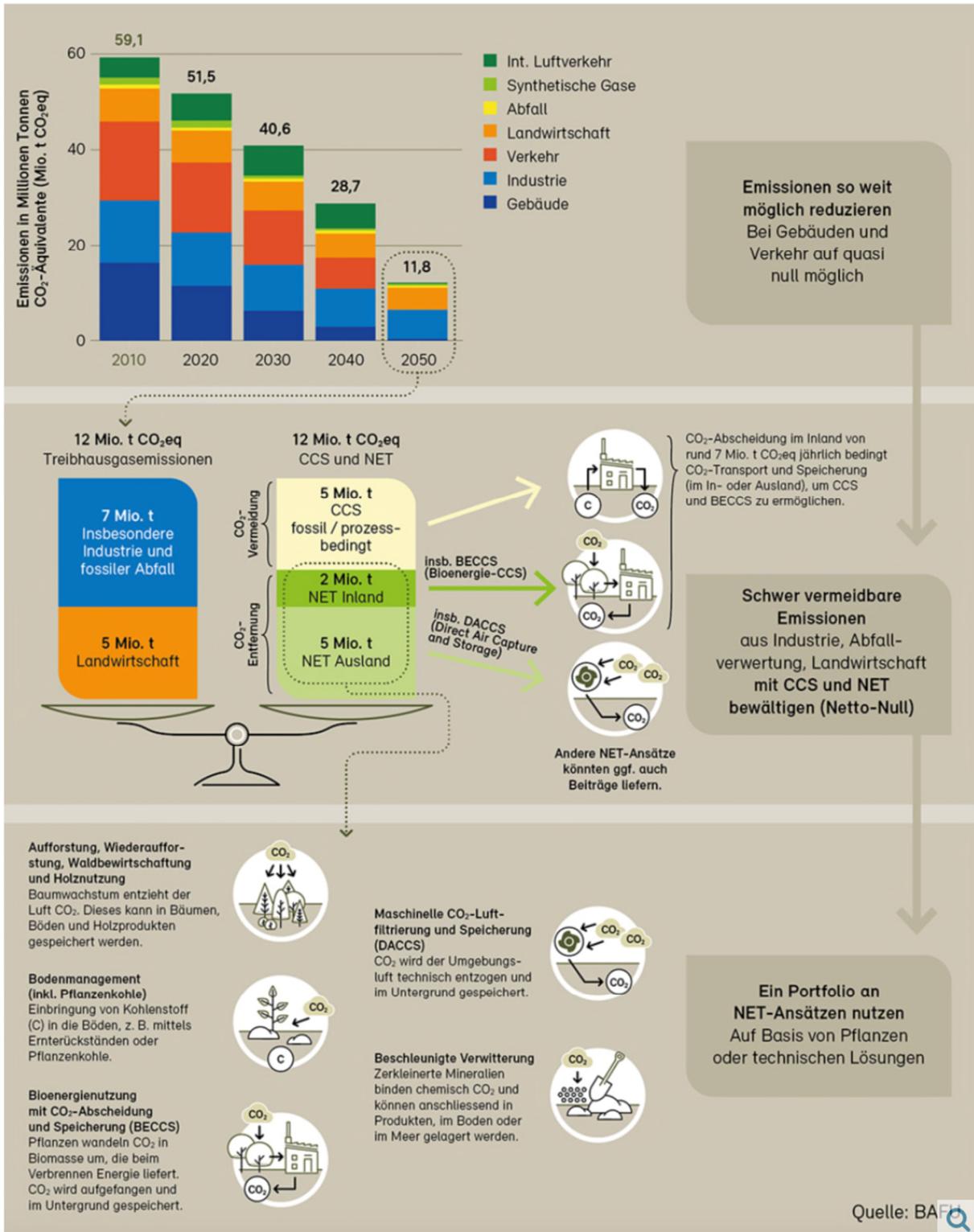


Abbildung 12 Definition und Einordnung Negative Emissionstechnologien (NET). Unterschieden wird bei der Karbonatisierung und langfristigen Speicherung zwischen aus fossilen Quellen abgeschiedenem CO₂, d.h. «vermeidene Emissionen» (CCS) und CO₂ aus der Atmosphäre, d.h. «negative Emissionen» (NE). Darunter fällt direkt aus der Luft gewonnenes und gespeichertes CO₂ (DACCS) und abgeschiedenes biogenes CO₂ aus der Abluft der Produktion von Bioenergie (BECCS).



3.3.2 Welche NET- Materialien gibt es und welche sind anrechenbar (F0.3.A)

Der Gebäudebereich ermöglicht einen Ausgleich von Restemissionen mit NET-Ansätzen. Neue Technologien bzw. Materialien bieten ein Potential für eine vorübergehende Speicherung oder für eine mittel bis langfristige Speicherung. Mit Verweis auf Frischknecht & Pfäffli 2023 sind drei Kategorien zu unterscheiden, die wir zu den beiden methodischen Varianten M1 und M2 zusammenfassen:

- M1: Mineralische Baustoffe, z.B. rekarbonatisierte Zuschlagstoffe im Beton (CO₂ aus DACS/BECCS, Reinigung Rohbiogas)
- M2: Baustoffe mit organischen Komponenten:
 - Mineralisch-organische Baustoffe: z.B. Hanfbeton, Beimischung von Pflanzenkohle im Beton
 - Materialien auf Basis nachwachsender Rohstoffe: z.B. Holz, Stroh, Bambus

Offene Fragen zur Dauerhaftigkeit der Speicherung und zur Einordnung der Wirkung einer temporären Speicherung für diese Technologien können derzeit aufgrund mangelnder Erfahrungswerte nicht vollständig geklärt werden. Dies betrifft z.B. die Entsorgung von Beton mit Pflanzenkohle, z.B. der Anteil, der bei der Zerkleinerung freigesetzt wird. Eine Beurteilung soll deshalb auf dem aktuellen Stand des Wissens erfolgen. Bei fehlenden Ökobilanzdaten in diesem Bereich sollen die nachfolgende Regelungen als Grundsatz für die Verwendung von Literaturangaben und von Herstellerangaben berücksichtigt werden. Kapitel 0 beschreibt für eine Beurteilung unterschiedlicher Methoden den Stand der Diskussion einer Anrechnung von NET im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe mit den dort vorhandenen Varianten der Anrechnung als temporäre Senken. Kapitel 3.3.1 beschreibt den Stand Diskussion allgemein für die Anrechnung der NET.

3.3.3 Stand der Diskussion zu nachwachsenden Rohstoffe und deren Anrechnung (temporäre Senken, F0.3.B)

Es besteht ein Konsens, dass eine Verzögerung der biogenen CO₂-Emissionen durch eine temporäre Senke (z.B. biogene/nachwachsende Baustoffe) einen temporären Einfluss auf den Verlauf des Anstiegs der globalen Mitteltemperatur hat (Matthews et al. 2022). Dadurch, dass der Einfluss nur temporär, quasi wie ein Puffer, wirkt, lässt sich dieser Effekt nicht mit dem klassischen dauerhaften Indikator „Treibhauspotential“ quantifizieren. Ein Vorteil der Verzögerung liegt insbesondere im Zeitgewinn für das Entwickeln neuer Technologien, z.B. für Verfahren zur Emissionsentnahme und –speicherung bei der Entsorgung dieser biogener Stoffe am Lebensende.

Mit der Anrechnung eines zeitlichen Effektes biogener Baumaterialien befassten sich 2022 die Ökobilanz Expert:innen am 80. LCA Diskussion Forum (<https://lca-forum.ch/>). Trotz des Wunsches, hier einen Anreiz zu setzen, fehlt ein Konsens zur Methode für die konkrete Anrechnung in der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen.

In der Wissenschaft werden die Unterschiede verwendeter Ansätze in der Ökobilanzierung in Form von Metastudien/Reviews diskutiert. Eine Übersicht bzw. Auslegeordnung gibt der Beitrag „Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods. Buildings and Cities von (Hoxha, E., et al. (2020) und ein Review mit unterschiedlichen Varianten ist im Beitrag “Assessing the Climate Change Impacts of Biogenic Carbon in Buildings: A Critical Review of Two Main Dynamic Approaches» von (Breton und Blanchet et al., 2018) zu finden. Aus der Übersicht lässt sich für das Projekt keine eindeutige Empfehlung für die Auswahl ableiten.

Zur Beurteilung der Biomasse auf den Effekt der Speicherung wird zwischen folgenden Ansätzen und Methoden der Bilanzierung unterschieden:

- M1: Klimaneutral 0/0: biogene CO₂-Emissionen und Entnahmen werden in der Bilanzierung weder bei der Entnahme des CO₂ aus der Atmosphäre anlässlich des Aufbaus der Biomasse (z.B. Holz-



wachstum) noch bei der Freisetzung am Ende des Zyklus der Biomasse (z.B. Holzverbrennung) berücksichtigt (Effekt = 0)

- M2: Tracking der Entnahme des CO₂ durch Pflanzen aus der Atmosphäre (-1) und Freisetzung des CO₂ beim Verbrennen, Kompostieren oder beim natürlichen Abbau der Biomasse (+1). Ansatz -1/+1, biogene Aufnahme und Emission des biogenen CO₂- (langfristiger Effekt nachwachsender Rohstoffe = 0)
- M3: Dynamischer Ansatz «zeitlich gewichtet» für biogenes CO₂: zeitlich gewichteter Verlauf in einem definierten Zeitfenster der Beobachtung (meist zwischen 50 bis 100 Jahren ab Baubeginn), CO₂-Aufnahme durch Pflanzen und zeitliche Dauer ab Ernte bis zur Freigabe. Biogenes CO₂, welches nach dem gesetzten Zeitraum von 50 bzw. 100 Jahren emittiert wird, hat ein Treibhauspotenzial von 0.
- M4: Dynamischer Ansatz «Regeneration» für biogenes CO₂: zeitlich gewichteter Verlauf in einem definierten Zeitfenster (meist zwischen 50 und 100 Jahren ab Baubeginn) der Beobachtung, zeitliche Dauer der Speicherung ab dem Zeitpunkt der Ernte bis zur Freisetzung und Zeitbedarf Regeneration Ökosystem. Biogenes CO₂, das nach 50 bzw. 60 Jahren emittiert wird, erhält einen negativen Wert, sofern die Regeneration der entnommenen Menge im Ökosystem kürzer ist (z.B. Stroh). Kulturen mit einer längeren Regenerationszeit (z.B. Eichenholz) erhalten einen positiven Wert, eine gleich lange Zeit der Regeneration und Speicherung hat ein Treibhauspotenzial von 0.
- M5: Permanenz: Anrechenbarkeit der Speicherwirkung, falls Permanenz (mehrere tausend Jahre) gesetzlich oder rechtlich verbindlich abgesichert ist.
- M6: Stoffflussanalyse: Veränderung der C-Speicher über die Zeit (Systembetrachtung Ökosystem-Gebäudepark), Veränderung des Lagerbestands, Input und Output im Betrachtungszeitraum

Die nachfolgende Illustration zeigt auf der Ebene der Baustoffe den Effekt der unterschiedlichen Varianten der Bilanzierung.

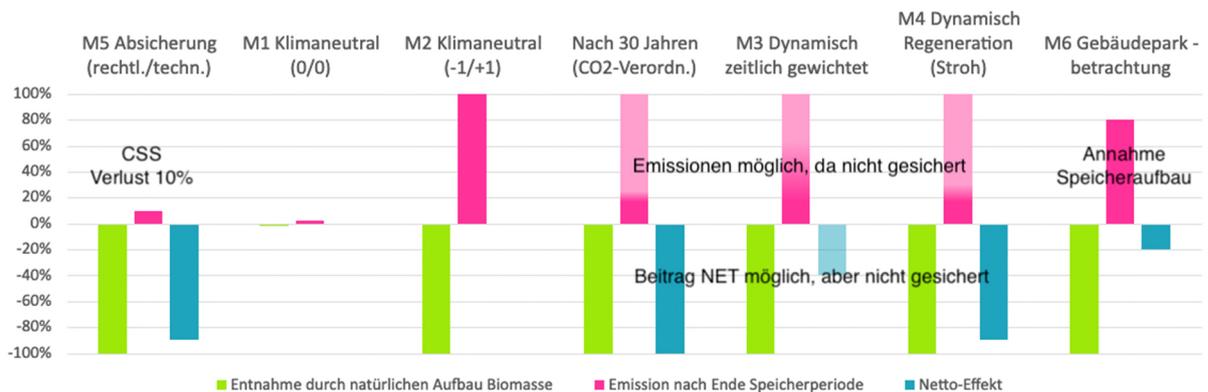


Abbildung 13 Beispielillustration von Methoden der Anrechnung temporäre Senken (biogenes CO₂). Der illustrierte Beitrag NET ist bei einer Anrechnung nach 30 Jahren den weiteren Varianten M3 mit einer zeitlichen Gewichtung sowie M4 mit einer Beurteilung abhängig von der Regenerationszeit nicht gesichert.

Häufig wird in der Ökobilanzierung auf eine Anrechnung der temporären Senken im Sinne der ersten beiden Ansätze M1 und M2 verzichtet. In wissenschaftlichen Studien wird ein dynamischer Ansatz für die Bilanzierung vorgeschlagen, der die Klimawirkung von THGE ausblendet, die ausserhalb des festgelegten Zeitraums von 50 bis 60 Jahren auftreten. Die Rechtsverbindlichkeit der Permanenz wurde am 80. Diskussionsforum Ökobilanzen und in einer Studie für die Stadt Zürich (Frischknecht & Pfäffli 2023) vorgeschlagen. Der letzte Ansatz einer Stoffflussanalyse Ökosystem-Gebäudepark in der Schweiz erfasst die Veränderung der Speicher. Diese werden jährlich im Rahmen der nationalen



Treibhausgasinventare erfasst und separat im Kapitel LULUCF ausgewiesen (keine direkte Anrechnung).

3.3.4 Darstellung und Verrechenbarkeit NET (F0.3.C):

Eine transparente Darstellung durch Trennung des Aufwands und des potentiellen NET-Ertrags (linke Seite von Abbildung 14) wird gegenüber einer aufsummierten und daher weniger transparenten Netto-Bilanz bevorzugt.

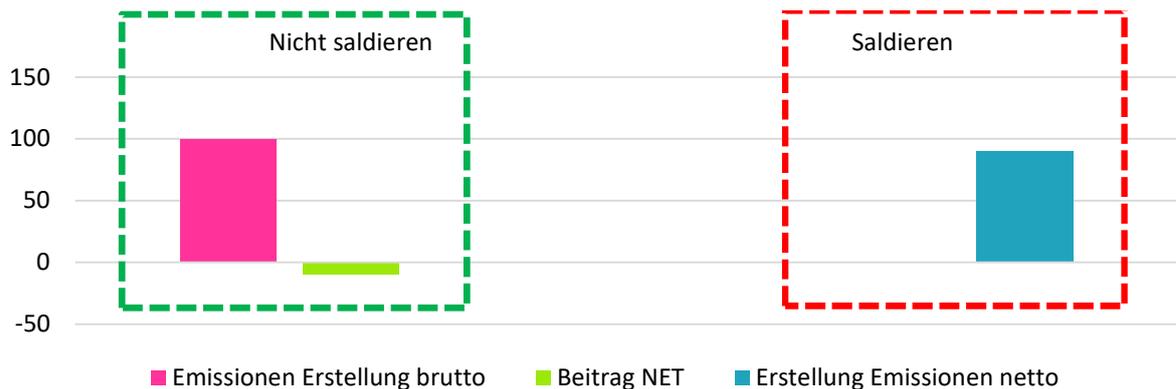


Abbildung 14 Beispielillustration des Potentials von NET. Grün markiert ist die gewünschte getrennte Darstellung der brutto THGE und des NET-Potential. Aus Gründen der Transparenz müssen die THGE und das Potential NET gemäss KBOB-Bilanzierungsregeln v6.0 getrennt ausgewiesen werden (grün umrahmt) und dürfen nicht wie rot umrahmt verrechnet werden (in der KBOB-Liste sind in der Summe aus Herstellung und Entsorgung die Negativemissionen nicht enthalten).

3.3.5 Bewertungsraster für Methoden zu den temporären Senken und den NET (F0.3)

Im Hinblick auf die Projektzielsetzung, eine allgemein akzeptierte Definition von «Netto-Null THGE im Gebäudebereich» sowie von Grenz- und Zielwerten zu erarbeiten, werden die ausgearbeiteten methodischen Varianten mit dem nachfolgenden Bewertungsraster bewertet. Dies ergibt eine Übersicht der unterschiedlichen Argumente und ist die Ausgangsbasis für die vorgeschlagene Wahl der Methoden zur Anrechnung von NET, siehe Tabelle 10 (F0.3.A) und Tabelle 11 (F0.3.B):

Weil M1 einen deutlich geringeren Bereich abdeckt als M2 und weil M2 gegenüber M1 wenig Nachteile aufweist, ist es naheliegend, die methodische Variante M2 weiter zu verfolgen. Aus den zu erwartenden Ergebnissen lassen sich im Übrigen auch Schlussfolgerungen zu M1 ziehen.



Tabelle 9 Bewertung auf Gebäudeebene der Varianten Technologie und Materialien zu der Fragestellungen **F0.3.A NET-Technologien/-Materialien** in Bezug auf Negativemissionstechnologien

KurzbeschreibungMethoden	M1:Nur mineralische Baustoffe	M2: Sowohl mineralische, organisch-mineralisch und organische Baustoffe
Eignung für Zielsetzung klimapolitisch NNT 2050 und klimaphysisch langfristige Klimawirkung	Ja	Ja 2050 Ja langfristig, sofern dauerhafte Speicherung gesichert wird (technisch oder rechtsverbindlich)
Anreiz für Zielgruppe	Ja für mineralische	Ja, für jegliche Art Speicherung
Datenbedarf	Klein: 2 bis 3 Ergänzungen KBOB Daten	Mittel: ca. 10 Ergänzungen KBOB Daten
Berechnungsaufwand	Klein	Mittel
Transparenz und Nachvollziehbarkeit	Ja, sofern Potential separat ausgewiesen	Ja, sofern Potential separat ausgewiesen
Eignung für Grenz- und Zielwertsetzung (Ebene Einzelgebäude)	Ja mit subsidiärem Ansatz (Primat soll bei Emissionsvermeidung liegen)	Ja mit subsidiärem Ansatz (Primat soll bei Emissionsvermeidung liegen)
Umsetzbarkeit	Ja	Ja

Temporäre Senken bieten mit der Verzögerung der Emissionen eine Chance, Lösungen für eine dauerhafte Speicherung zu finden und einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Wie weit diese Chance genutzt werden kann, ist offen. Das vorhandene Potential mit und ohne eine Gewährleistung der Permanenz kann im Sinne der Emissionswahrheit und Klimaphysik auf der Ebene der Gebäude und des Gebäudeparkmodells in den weiteren Arbeiten F1 und F2 analysiert werden (siehe für Tabelle 11 Einzelheiten):

- **Emissionswahrheit und Klimaphysik (M2, M5, M6):** Das vorhandene Potential bei einer Sicherung der Dauerhaftigkeit kann mit dem Ansatz M5 beschrieben werden. Solange ein solches System nicht in Kraft ist, wird aus der Perspektive Emissionswahrheit als Fall back die Variante M1/2 «langfristig kein Effekt» für das Einzelgebäude betrachtet. M6 beschreibt die Veränderung der Speichermenge im Gebäudepark. Damit kann für beide Varianten (mit und ohne Massnahmen der Sicherung Dauerhaftigkeit) das Potential von Negativemissionen berechnet werden. Denkbar ist auch, dies auf die Ebene einzelner Gebäude herunterzubrechen (um damit z.B. einen pauschalen Anrechnungsfaktor zu bestimmen, wobei dieser im Sinn einer Untergrenze festgelegt werden kann, um Unsicherheiten Rechnung zu tragen).
- **Dynamisches Modell Speicherbildung (M3) und Regeneration (M4).** Eine zeitliche Verzögerung der Emissionen und längere Speicherung kann mit der Wahl eines dynamischen Ansatzes berücksichtigt werden, indem später anfallende Emissionen geringer gewichtet werden (M3), abhängig davon in welcher Zeit die Regeneration der entnommene Speichermenge im Ökosystem erfolgt (M4). Ein entsprechender Wert für M3 kann aus den Ergebnissen M2/M5/M6 und Angaben zur Einsatzdauer von Baustoffen abgeleitet werden. Aus Aufwandsgründen wird M3 deshalb in den kommenden Arbeiten zu F1 und F2 nicht berücksichtigt. M4 wird aufgrund der Komplexität und schwierigen Nachvollziehbarkeit nicht weiterverfolgt. Anzumerken ist, dass der langfristige Effekt aus klimaphysikalischer Perspektive vernachlässigbar gering ist, es sei denn, der Kohlenstoff würde anschliessend an die Speicherphase sicher und permanent entsorgt. Eine Speicherung kann jedoch aus der kurz- und mittelfristigen Perspektive (z.B. bis 2050 oder bis 2100) von Interesse sein.

Empfohlen wird, für die weitere Bearbeitung der Fragestellungen F1 und F2 im Sinne der Emissionswahrheit und Klimaphysik Berechnungen für zwei Varianten zu erstellen (Tracking und Monitoring der Speicherung für die Variante einer gesicherten und einer ungesicherten Speicherung mit den Modellen M5 bzw. M2). Darauf basierend können dann das Potential eingeordnet und Überlegungen zur Setzung von Anreizen diskutiert werden.



Tabelle 10 Bewertung auf Gebäudeebene der Varianten Technologie und Materialien zu den Fragestellungen der temporären Senken vorhandenen Methoden F0.3.B in Bezug auf Negativemissionstechnologien

Kurzbeschreibung Methoden	M5: Sicherung einer langfristigen Speicherung (z.B. Stilllegungsgebühr, Grundbucheintrag, Pflicht Verbrennung in KVA mit CCS)	M3 und M4: Dynamisches Modell, Anrechnung abhängig von Speicherdauer (M3) bzw. von Regenerationsdauer des Ökosystemes (ab 30 Jahre)	M6: Stofffluss-analyse Gebäude-Ökosystem (Zuwachs bzw. Reduktion Lager)	M1 und M2: Klimaneutral, langfristig kein Effekt und damit keine Anrechnung
Eignung für Zielsetzung klimapolitisch NNT 2050 und klimaphysisch langfristige Klimawirkung	Ja 2050 Ja, langfristig	Ja 2050. Nein langfristig; es wird ein grosser Effekt eingerechnet, der ohne Sicherung der Permanenz unsicher ist. Bei M4 werden zudem Agrarsysteme mit kurzen Anbauzyklen bevorzugt.	Beschränkt, der Effekt beim Speicherszuwachs ist begrenzt (in F1 zu quantifizieren), langfristige Wirkung nicht gesichert	Ja 2050 für M2 (für alle Speicher, deren Speicherdauer bis 2050 reicht). Langfristig: Methodisch kompatibel, aber bildet keine Massnahme mit langfristig netto null Klimawirkung
Anreiz für Zielgruppe	Ja	Ja, aber unterschiedlich ausgeprägt	Ja, aber der Effekt ist begrenzt	Nein (bzw. ja indirekt: Anreiz, Permanenz zu lösen, siehe M5)
Datenbedarf	Mittel, vorhandene Werte C-Speicher	Gross, Werte abhängig von Parametern	Mittel-aufwändig: Stoffflüsse in einem kombinierten Ökosystem-Gebäudepark-Modell abbilden. Einzelne Gebäude: Pauschale hergeleitet aus den Modellergebnissen	Keine Daten nötig
Berechnungsaufwand	Mittel	Gross	Mittel-gross	Kein Aufwand
Transparenz und Nachvollziehbarkeit	Ja, sofern separat Potenzial ausgewiesen	Ja, sofern separat Potential ausgewiesen	Bedingt. Nachvollziehbarkeit komplex	Ja
Eignung für Grenz- und Zielwertsetzung (Ebene Einzelgebäude)	Ja mit subsidiärem Ansatz (Primat soll bei Emissionsvermeidung liegen)	Nein, zu komplex	Eher nein, da eher aufwändig und evtl. von normativen Festlegungen abhängig (zu prüfen), jedoch machbar (abgeleitet aus Gesamtziel Schweiz auf Kategorien Gebäude zu übertragen)	Ja NNT 2050 für M2. Nein langfristig (da ohne Sicherung langfristig netto keine Klimawirkung). Methodik geeignet zu Modellierung von C-Senken ohne abgesicherte Permanenz. (Fallback von M5)
Umsetzbarkeit	Ja, aber gesetzliche oder rechtliche Sicherung zu klären	Mittel (M3) bis schwierig (M4) ⁴	Ja, wenn vereinfacht pauschal ein Wert «Senkenleistung biogene Stoffe» aus dem Fazit CH-Stoffflüsse abgeleitet wird ⁵	Ja
Methodenspezifische Herausforderungen	Effektivität der Sicherung nicht bekannt	Komplexe Berechnung abhängig von mehreren Faktoren.	Effekt zeitlich beschränkt, Erhalt Lager für zukünftige Generationen	Diskrepanz zwischen Klimawirkung bis 2050 (Nettowirkung) und langfristiger Sicht (keine Nettowirkung)

⁴ Über das Material hinaus, ist dessen Einsatzdauer im Bau und Regenerationszeit der Kultur miteinzubeziehen.

⁵ Aus dem Gebäudeparkmodell kann für den Zeithorizont bis 2050 die Veränderung Lager Gebäude-Ökosystem simuliert und damit ein pauschaler Wert für den Beitrag temporärer Senken für Holzprodukte und weitere organische Baustoffe abgeleitet werden.



3.3.6 Anforderungen zur Ergänzung fehlender Ökobilanzgrundlagen

Der aktuelle Stand der durch die KBOB empfohlenen Ökobilanzdaten (Bilanzierungsregeln V6.0) und die gängigen international verwendete Datenbanken wie ecoinvent decken neue Produkte sowie die Frage der potenziellen negativen Emissionen erst teilweise ab. Vorhandene Studien und Literaturangaben zu diesem Thema sind hinsichtlich der Qualität und Verwendung zu prüfen. Methoden zur Berechnung des erzielten Nutzens mit einer Ökobilanzierung auf der Ebene der Baustoffe, Gebäude und damit verbundenen Produktionssysteme unterscheiden sich bezüglich Systemgrenzen, Allokationen, in der Anrechnung von biogenem CO₂, dem Zeithorizont der Betrachtung sowie in der Beurteilung von Technologiefolgen. Für diese methodischen Aspekte sind Lösungsvorschläge und Qualitätsanforderungen im Hinblick auf eine Netto-Null-Zielsetzung im Gebäudebereich zu erarbeiten, dies sowohl für die Top-Down als auch für die Bottom-up Betrachtung. Relevante Themen sind dabei:

- *Systemgrenzen und Anrechnung von Technologiefolgen*: Klärung der Zuordnung und Anrechnung der mit dem Einsatz der Technologie verbundenen Folgen, wie zum Beispiel Effizienz-Einbussen in der Energieproduktion durch die Abscheidung von CO₂ oder ein veränderter Zementbedarf für Beton durch Zugabe von Pflanzenkohle. Zusätzlich ist eine qualitative Diskussion von Effekten ausserhalb der Systemgrenzen notwendig. Zum Beispiel bewirkt eine zusätzliche neue Nutzungsmöglichkeit von Biomasse eine Verschiebung in andere Bereiche. So führt zum Beispiel die Nutzung von Sägerei-Abfällen zur Produktion von Pflanzenkohle zu einer geringeren Verfügbarkeit dieser Abfälle für die Produktion von Brennstoffen, wie z.B. Holzpellets oder anderer stofflicher Nutzungen.
- *Abgrenzung des NET-Effekts von Kompensationszahlungen*: Grundsätzlich sind Doppelzählungen zwischen dem Bau und einer Anrechnung von NET in einem Kompensationsprogramm zu vermeiden. Dementsprechend ist beim Verkauf der Zertifikate für die Speicherleistung von NET eine zusätzliche Anrechnung der Speicherung im Bau auszuschliessen.

3.3.7 Ausblick auf die Fragestellung F1 bis F4

Grundsatz für Zielsetzung 2050

Die im Jahr 2050 weiterhin anfallenden, technisch schwer vermeidbaren Treibhausgasemissionen der Schweiz sollen mit biologischen und technischen Senken vollständig ausgeglichen werden, indem CO₂ dauerhaft, sicher und nachhaltig aus der Atmosphäre entfernt und gespeichert wird (negative Emissionen). Wobei NET kein Ersatz sind für die prioritäre und umfassende Reduktion der Treibhausgasemissionen.

Daraus ergeben sich die folgenden Anforderungen für die weiteren Arbeiten:

- Separate Bilanzierung und Darstellung der THGE- und der Speicherung durch NET sowie temporäre Senken
- Priorisierung der Anreize zur THGE-Reduktion > Ausgleich durch NET > Ausgleich durch temporäre Senken (nur für begrenzte Zeiträume wie z.B. bis 2050 oder 1 Gebäudelebenszyklus). Für ein Netto-Null-Gebäude sind Mindestanforderungen zur THGE-Reduktion und zur Qualität der NET/Senken für den Ausgleich nicht vermeidbarer Emissionen notwendig.
- Zusätzlich sind Qualitätsstandards zur Berechnung des Nutzens und Aufwands der Speicherung notwendig. So sollte eine umfassende Betrachtung durch eine Ökobilanzierung zur Abbildung der Aufwände gegenüber der erzielten Senkenleistung der NET erfolgen (z.B. Produktion Pflanzenkohle oder Gewinn CO₂ für die Karbonatisierung). Ebenso muss die Nachvollziehbarkeit der getroffenen der Annahmen und Szenarien gewährleistet sein (z.B. der Verluste bei unterschiedlichen Varianten der Entsorgung von Baustoffen oder die Dauerhaftigkeit der Speicherung⁶).

⁶ Vorgeschlagen wird als Vorgabe für die Dauerhaftigkeit in der Studie von Frischknecht & Pfäffli (2023) auf Basis von Aussagen von Cyril Brunner, ETH Zürich ein Zeithorizont von mehreren 1000 Jahren.



Mögliche Rolle der NET zwischen heute und 2050

Da das Potenzial an negativen Emissionen im Allgemeinen und im Gebäudebereich im Speziellen stark begrenzt ist, soll diese Option grundsätzlich mit Bedacht eingesetzt werden. Darüber, welche Rolle NET im Gebäudebereich genau spielen sollten oder könnten, besteht derzeit noch kein Konsens. Wir stellen zwei Ansätze zur Diskussion:

- Restriktive Rolle: die Emissionsreduktion bzw. -vermeidung soll so weit wie möglich ohne NET erfolgen und NET sollen nur als Ausgleich für schwer vermeidbare Restemissionen zu Tragen kommen. Es sollen dabei wesentliche Anforderungen zum Ausgleich von Restemissionen für Unternehmen auch erfüllt werden, siehe «International Workshop Agreement, IWA» der ISO zum Thema «Net zero guidelines» (IWA 42:2022(en): Net zero guidelines). Es ist zu beachten, dass mit diesem restriktiven Ansatz die Rolle der NET stark begrenzt ist, Insbesondere kann ein Grossteil der Erstellungsemissionen zum heutigen Zeitpunkt und in den nächsten Jahren nicht vermieden werden, weil der Industriesektor Zeit benötigt, um sich zu dekarbonisieren (gemäss EP2050+ bis 2050). In der Folge können Netto-Null THGE Gebäude erst dann realisiert werden, wenn die Industrie dekarbonisierte Baumaterialien liefern kann.
- Subsidiäre Rolle der NET: Es werden Grenz- und Zielwerte für die Treibhausgasemissionen der Errichtung und des Betriebs von Gebäuden festgelegt. Diese werden so angesetzt, dass zumindest die Grenzwerte durch „herkömmliche“ Emissionsvermeidungsmassnahmen erreicht werden können. Die Reduktion zwischen Grenz- und Zielwert sollen mit herkömmlichen Reduktionsmassnahmen realisiert werden. Der Zielwert ist so anzusetzen, dass eine weitere Reduktion zum jeweiligen Zeitpunkt schwer machbar ist und die Restemissionen deshalb mit NET neutralisiert werden dürfen. Konkret sind dies die nach Abzug der durch CCS reduzierten Emissionen der Industrie und der KVA (BAFU (2022)).
- Langfristige Klimastrategie: Zu Beginn ist dies ein relativ hoher Betrag, der durch NET zu neutralisieren ist (siehe Abbildung 15). Grund: der Industriesektor, der Baumaterialien und -elemente liefert, ist noch wenig dekarbonisiert. Gleichzeitig werden zu Beginn nur wenige Gebäude als Netto-Null-gebäude erstellt. Je später ein Neubau erstellt wird, desto schärfer sind die Grenz- und Zielwerte und als Folge davon sinkt der Betrag, der durch NET neutralisiert werden muss.

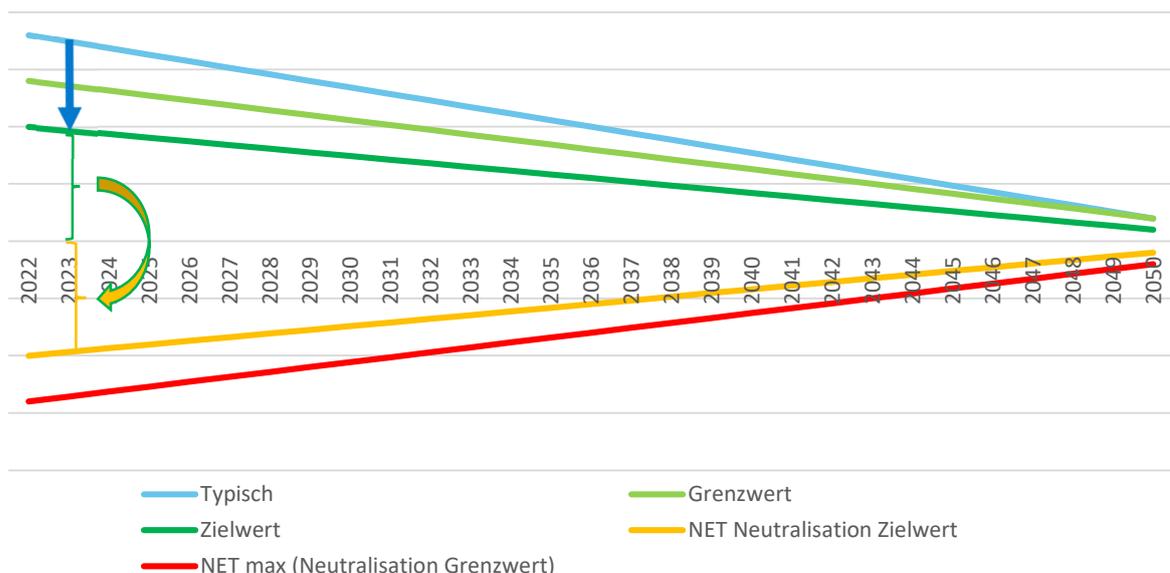


Abbildung 15: Mögliche Rolle der NET im Vergleich zu Grenz- und Zielwerten, die mit herkömmlichen Massnahmen (blauer Pfeil) erreicht werden können. Netto-Null ist ein Gebäude dann, wenn es die Restemissionen unter dem Grenz- bzw. unter dem Zielwert durch NET neutralisiert. Der maximale Beitrag umfasst die Differenz zwischen Grenz und Zielwert.



3.4 Wiederverwendung (Reuse), Recycling, Einspeisung (F0.4)

Welche Methodiken zur Modellierung a) der Wiederverwendung von Bauteilen, b) des Rezyklierens von Baumaterialien am Ende Nutzungsdauer des Gebäudes und c) der Einspeisung von Strom aus zum Gebäude zu rechnenden Solaranlagen ins Netz bestehen?

3.4.1 Wiederverwendung von Bauteilen und Rezyklieren von Baumaterialien am Ende Nutzungsdauer des Gebäudes (F0.4.A und B)

Für die Ebene Einzelgebäude kommt die Lebenszyklusmethode zur Anwendung, die punktuell anzupassen ist. Bezüglich der Wiederverwendung sind mögliche Varianten der Anrechnung in der Studie der Stadt Zürich «Graue Energie und Treibhausgasemissionen der Wiederverwendung» adressiert (Pfäffli 2020). Daraus wird aktuell die Variante M1.

- M1 «Zusatzaufwand» für a) Reuse und b) Recycling von Baumaterialien. Bereits erfolgte Emissionen von früher verbauten Materialien und Bauteilen sind in der Variante Zusatzaufwand nicht zu berücksichtigen (weder betriebliche noch solche der Erstellung); es sind lediglich die mit einem Recycling oder der Aufbereitung von wiederverwendeten Bauteilen verbundene und künftige Emissionen zu bilanzieren.
- M2a für ein Reuse «Amortisationszeit»: für ein Bauteil, das noch nicht seine nach Norm definierten Lebensdauer erreicht hat, muss ein entsprechender Anteil der Emissionen der Erstellung eingerechnet werden (lineare Abschreibung über die Zeit).
- M2b für ein Recycling im Sinne des Ansatzes «Circular Footprint Formula CFF». Um auch auf der Seite der Primärmaterialien Bemühungen zur Förderung Kreislauffähigkeit zu fördern, wird mit einer Mischrechnung in Form von Gut-/Lastschriften gerechnet. Die erzielten Reduktionen auf der Seite der Emissionen werden damit zwischen beiden Parteien Abgeber und Abnehmer Recyclingmaterial aufgeteilt. Dem Primärmaterial wird eine Gutschrift und umgekehrt dem Abnehmer und Verwender des Sekundärmaterials eine Lastschrift verrechnet.

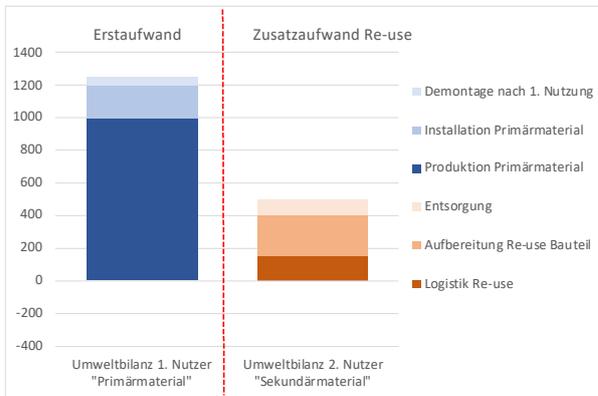
Es sind bei beiden Varianten M1 und M2a bei der Entsorgung am Lebensende zu unterscheiden:

- Falls Bauelemente und Materialien entsorgt werden, sind damit verbundene Emissionen dem «aktuellen» Gebäude anzulasten
- Falls Bauelemente und Materialien, aufbereitet oder direkt, wiederverwendet werden, sind entsprechende Emissionen der Bilanz des nächsten Einsatzes zuzuordnen.

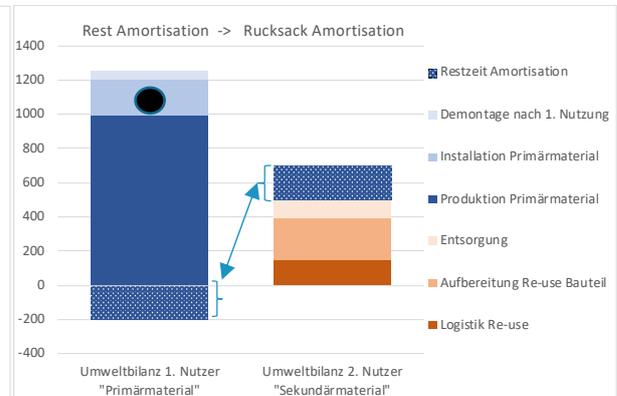
Abbildung 16 zeigt links auf der Ebene der Baustoffe und Bauteile die für die weiteren Forschungsarbeiten (Fragestellungen F1 und F2) bevorzugte Variante M1 „Zusatzaufwand“ für die Bilanzierung Reuse und für die Bilanzierung Recycling gegenüber der jeweiligen Alternative M2 auf (rechts). Die M2-Alternativen enthalten eine Gutschrift für die Weitergabe und einer entsprechenden Lastschrift für das erhaltene Recyclinggut. Der Ansatz dieser Alternativen ist auf eine Anreizwirkung auf der Seite der Primärprodukte mit einer Belohnung für die Recycling- und Wiederverwendbarkeit ausgelegt, dies in Form einer Gutschrift für das Recycling-Potential oder einer Weiterverrechnung für die verbleibenden Nutzungsrestzeit. Diese Verschiebung ist mit einem negativen Wert beim Primärmaterial und einen entsprechenden zusätzlich verbuchten Wert beim Sekundärmaterial illustriert.



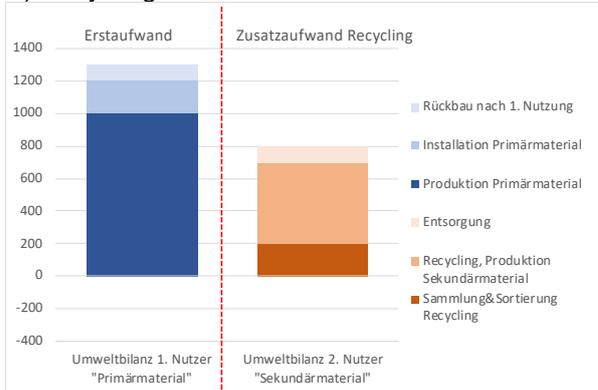
A) Reuse «Zusatzaufwand»



B) Reuse «Amortisation»



C) Recycling «Zusatzaufwand»



D) Recycling «Circular Footprint CFF»

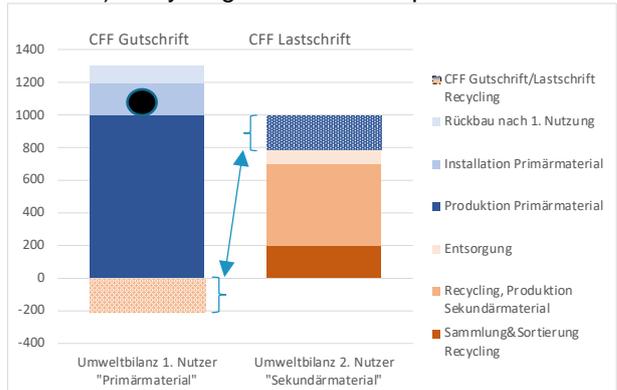


Abbildung 16: Illustration des CO₂-Fussabdruckes von Bauteilen Reuse: Variante A) «Zusatzaufwand» mit einem Cut-off zwischen dem ersten und zweiten Zyklus und Variante B) «Amortisation» mit einer anteilmässigen Weitergabe eines ökologischen Rucksack Aufwand Primärmaterial an den nachfolgenden Reuse aufgrund der Amortisationszeit. In ähnliche Form wird beim Recycling gegenüber der Variante C) Zusatzaufwand in der Variante D) beim Ansatz «CFF» aufgrund der Circular Footprint Formula mit einer Gutschrift für das Recyclingpotential und einer Lastschriften für das erhaltene Recyclinggut eine Mischrechnung zwischen dem Aufwand Herstellung Primärmaterial und Sekundärmaterial erstellt. Damit reduziert sich die Bilanz des Primärmaterials auf den markierten Punkt mit der Anrechnung der Gutschriften.

Der Ansatz «Zusatzaufwand» entspricht dem Prinzip der Emissionswahrheit. Zusammen mit dem oben vorgeschlagenen Ansatz der Aufkumulierung setzt dies Anreize, das Gebäude und seine Elemente möglichst lang zu nutzen (Ersatzneubauen führen zu (hohen) Emissionen, während die weitere Nutzung 0 Emissionen für die Produktion Rohstoffe nach sich zieht) bzw. zu recykeln oder wiederzuverwenden vergleichsweise tiefere Emissionen verursachen (geringere End-of-life Belastung, mutmasslich geringere Emissionen für nachfolgende Neubauten im Vergleich zur Neuherstellung).



3.4.2 Bewertungsmatrix Reuse und Recycling

Im Hinblick auf die Projektzielsetzung, eine allgemein akzeptierte Definition von «Netto-Null THGE im Gebäudebereich» sowie von Grenz- und Zielwerten zu erarbeiten, sollen die ausgearbeiteten methodischen Varianten bewertet werden. Das zu diesem Zweck ausgearbeitete Bewertungsraster ist in Tabelle 11 dargestellt. Zu vergleichen sind jeweils die beiden Spalten zum Thema «Reuse» (F04.A) respektive zum Thema «Recycling» (F04.B).

Tabelle 11 Übersicht über die Bewertung von methodischen Varianten zu den Themen Reuse (F04.A) und Recycling (F04.B)

	F04.A: Reuse		F04.B: Recycling	
	M1 «Zusatzaufwand»	M2 «Amortisation»	M1 «Zusatzaufwand»	M2 «Circular Footprint Formula CFF»
Eignung für Zielsetzung Netto-Null 2050 / Klimawirksamkeit	Ja	Ja mit Einschränkung (da ein Teil bereits erfolgter THGE umgebucht und dabei nochmals verbucht werden).	Ja	Eher nein, da tatsächlich verursachte Emissionen durch potenziell vermiedene Emissionen aus der Bilanz entfernt werden.
Anreiz für Zielgruppe	Ja, für Einsatz Reuse-Bauteile Eher gering für Optimierung Trennbarkeit und Verbesserungen der Bedingungen für das Verwenden von Reuse Bauteilen ⁷	Ja	Ja, für Einsatz Sekundärbaustoffe Eher gering für Optimierung Trennbarkeit und Verbesserungen Materialeigenschaften Recyclingfähigkeit	Ja, mit der Gutschrift auch für Rezyklat-Anbieter. Ja, für den Einsatz von Sekundärbaustoffen, aber in reduzierter Form (Allokation zwischen Geber und Abnehmer)
Datenbedarf	Mittel	Hoch ⁸	Mittel	Hoch
Berechnungsaufwand	Klein	Mittel	Klein	Mittel
Transparenz	Ja	Beschränkt, der Anteil Gutschrift / Lastschrift ist ohne Erläuterung nicht ersichtlich	Ja	Nein
Eignung für Grenz-Zielwertsetzung	Ja	Ja	Ja	Ja
Umsetzbarkeit	Ja	Anspruchsvoll	Ja	Anspruchsvoll
Methodenspezifische Herausforderungen, Nachteile	Anreiz, ein Reuse zu ermöglichen, ist nur beschränkt aus der Bilanzierungsmethodik gegeben und müsste zusätzlich geschaffen werden.	Widerspruch zu Emissionswahrheit und Ansatz Kumulierung	Anreiz, die Recyclingfähigkeit zu erhöhen, ist nur beschränkt aus der Bilanzierungsmethodik gegeben und müsste	Widerspruch zu Emissionswahrheit und Ansatz Kumulierung, Gutschrift heute und Lastschrift bereits erfolgter

⁷ Die Vorteile des Reuse werden im nachfolgenden System mit der Einsparung Neumaterial verbucht (da nicht Neumaterial verbucht werden muss). Bei der Weitergabe fällt der Beitrag der Entsorgung, was zu tieferen Emissionen für das aktuelle Gebäude führt (für Recycling und Re-use identisch).

⁸ Es wird ein Szenario für die typische Einsatzzeit und Umfang der Weitergabe für verschiedene Baustoffe, Bauelemente definiert werden



	Dabei ist zu berücksichtigen: Unsicherheit, wie Reuse Fähigkeit bestimmt werden kann und ob eine heute bestimmte technische Reuse-Fähigkeit in 30 bis 60 Jahren auch tatsächlich zu Reuse führen wird.		zusätzlich geschaffen werden.	Emissionen erst bei zukünftiger Nutzung.
--	--	--	-------------------------------	--

3.4.3 Wiederverwendung von Bauteilen und Rezyklieren von Baumaterialien am Ende Nutzungsdauer: Bewertung und Fazit

Die Variante «Zusatzaufwand» entspricht dem Anspruch der Emissionswahrheit und Klimaphysik und wird für die weitere Bearbeitung der Fragestellungen F1 und F2 empfohlen und von der Begleitgruppe für die weiteren Arbeiten bevorzugt.

Eine Diskussion, auf welchem Weg der Anreiz beim Erstnutzer und beim Hersteller von Primärmaterial erhöht werden kann, sollte im Anschluss und im Zusammenhang mit den Labels und Zertifizierungssystemen geführt werden. Lösungsansätze sind mit Bezug zu EN 15804 (Modul D) sind eine ergänzende Beschreibung für einen Nutzen im nachfolgenden System oder die hier aufgeführten Verteilungsschlüssel Aufwand und Nutzen der Varianten «Amortisation» und «CFF».

3.4.4 Einspeisung von Strom aus zum Gebäude zu rechnenden Solaranlagen ins Netz: Bilanzierung (F0.4.C) und zeitliche Auflösung bei der Bestimmung des Eigenstromanteils (F0.4.D)

Bzgl. der Einspeisung von Strom (Frage F0.4.C) hat sich etabliert, dass die Emissionen der Erstellung der PV-Anlage anteilig zwischen dem Gebäude mit der PV-Anlage und den Bezüglern des zurückgespeisten Stroms aufgeteilt werden. Dies kann in der Praxis unterschiedlich umgesetzt werden (siehe Illustration Abbildung 17):

- M1: Investieren und Verkaufen: Vollumfängliche Allokation der Erstellungsemissionen an das betrachtete Gebäude mit der PV-Anlage (an die Erstellungsphase) und anschliessende Verrechnung (Weitergabe) während der Betriebsphase in der Höhe der Treibhausgasintensität von eigenerzeugten PV-Strom für den eingespeisten Strom (Ansatz SIA-Effizienzpfad), siehe linker Teil der Abbildung 17.
- M2: Investition aufteilen: Alternativ können die Erstellungsemissionen zwischen dem Gebäude, auf dem die Anlage installiert wird, und den Bezüglern des eingespeisten oder verkauften PV-Stroms aufgeteilt werden (mittlerer Teil der Abbildung 17).
- M3: Amortisation aufteilen: Abschreibung des Erstellungsaufwands der PV-Anlage auf die Betriebsphase und Aufteilung zwischen Eigenverbrauch (des Gebäudes, auf dem die Anlage steht) und Netz bzw. Käufer des PV-Stroms (rechter Teil der Abbildung 17).

Anzumerken ist an dieser Stelle, dass bei der Berechnung des Anteils des vom Gebäude selbst verbrauchten Stroms vs. dem eingespeisten bzw. weiter verkauften Stroms es zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen kann, je nachdem in welcher zeitlichen Auflösung die entsprechende Bilanzierung erfolgt (jährlich, monatlich, stündlich oder gar viertelstündlich). Mit Verweis auf starke Saisonalität der Solareinstrahlung im Jahresverlauf, die starke Fluktuation im Tagesverlauf und die Stochastizität des Dargebots ist von einer monatscharfen Bilanzierung ausgegangen. Dies ist auch im Hinblick auf eine Verwendung des produzierten PV-Stroms in gebäudeeigenen WP-Anwendungen ein sachlich naheliegender Ansatz. Je nach Ergebnis der methodischen Festlegung der Modellierung des Strommixes (siehe Kap. 3.6.2) ist auf diesen Aspekt aus Konsistenzgründen zurückzukommen.

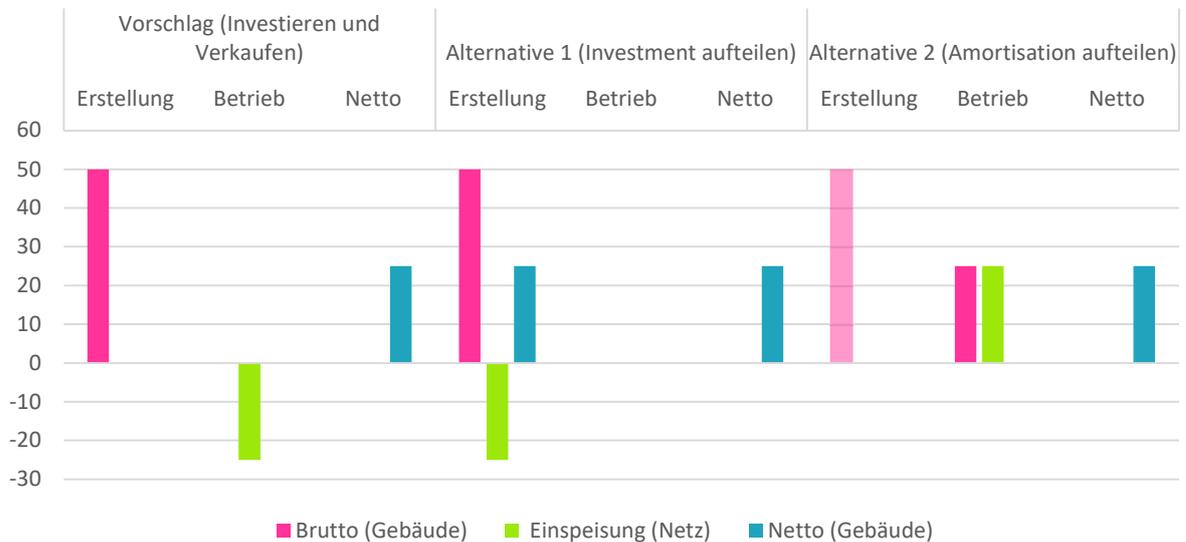


Abbildung 17: Illustration der methodischen Varianten bzgl. der Einspeisung von Strom aus zum Gebäude zu rechnenden Solaranlagen ins Netz (arbiträre Einheiten). Hinweis zu Bezeichnungen im übrigen Teil des Berichts: M1 = Investieren und Verkaufen, M2 = Investment aufteilen, M3 = Amortisation aufteilen)

3.4.5 Einspeisung von Strom von Gebäude-Solaranlagen ins Netz: Bewertung und Fazit

Alle drei der oben erwähnten methodischen Umsetzungsvarianten weisen spezifische Vor- und Nachteile auf:

- Die 1. Variante (M1: Investieren und Verkaufen) kommt einer betriebswirtschaftlichen Herangehensweise in der Gebäude- bzw. Energiewirtschaft am nächsten: der Gebäudeeigentümer oder die Entwicklerin investieren in ein «Asset» (das Gebäude, die Anlage) und generieren damit einen betrieblichen Ertrag (Miete, Verkauf von Energie).⁹ Nachteil des Ansatzes ist, dass ein Teil der Emissionen, nämlich der Anteil des zurückgespeisten Stroms, nicht zu dem Zeitpunkt bilanziert wird, in dem die THG emittiert werden.
- Die 2. Variante (M2: Investition aufteilen) kommt der zeitlichen Emissionswahrheit am nächsten: die Emissionen der Erstellung werden anteilig der vom Gebäude konsumierten Energie und der ins Netz abgegebenen Energie zugeordnet, und zwar zu dem Zeitpunkt, der dem Ausstoss der THG am nächsten kommt, dem Zeitpunkt der Erstellung.
- Bei der 3. Variante M3 werden die gesamten Erstellungsemissionen auf die Betriebsphase umgelegt, was den Nachteil hat, dass die THG zeitlich am «weitesten vom Zeitpunkt ihres Ausstosses entfernt» bilanziert werden. Vorteil des Ansatzes ist, dass er den gängigsten Ansätzen der Amortisation der Erstellungsemissionen über die Betriebsphase am nächsten kommt.

Abgesehen von diesen spezifischen Vor- und Nachteilen schneiden die drei Varianten bzgl. der Kriterien gemäss Tabelle 11 (Eignung für Zielsetzung Netto-Null, Anreiz für Zielgruppe, Datenbedarf, Berechnungsaufwand, Transparenz, Eignung für Grenz-Zielwertsetzung, Umsetzbarkeit) nach unserer Einschätzung in etwa gleich gut ab. Mit Verweis auf die spezifischen Vor- und Nachteile wird in den weiteren Forschungsarbeiten auf M1 und M2 fokussiert.

⁹ Dieser Ansatz bietet zudem Vorteile in Bezug auf die Kompatibilität bei der Berichterstattung: die eingespeiste Energiemenge wird nicht im Voraus (ex-ante) rechnerisch festgelegt, sondern dass sie kann messtechnisch festgestellt werden kann (ex-post), dies unter Berücksichtigung der realen Situation, die sich im Zeitablauf ändern kann.



3.5 Auswirkungen F0.4 Massnahmen auf Absenkpfade und Netto-Null Ziel (F0.5)

Welche Rolle spielen die Massnahmen gemäss F0.4 in Bezug auf die Entwicklung der Absenkpfade und das Netto-Null Ziel im Gebäudebereich?

Unter einem Absenkpfad verstehen wir auf der Ebene des einzelnen Gebäudes (inkl. Areale) Vorgaben an Richt-, Grenz- und Zielwerten für Emissionen aus dem Betrieb Gebäude (Scope 1 bis 3) und aus der Erstellung (Scope 3). In der praktischen Umsetzung orientieren sich solche Vorgaben am Stand der Technik (typischerweise best available technology (BAT) bzw. best practice) und dementsprechend unterliegen die Vorgaben einer zeitlichen Entwicklung (Dynamik). D.h. der Absenkpfad setzt für den heutigen Zeitpunkt noch nicht netto 0 Emissionen voraus, steuert aber auf diesen Zielwert sowie die für 2030 definierten Zwischenziele zu (wann und wie er erreicht wird, ist Gegenstand der Analysen).

3.5.1 Rolle von Massnahmen gemäss F0.4.A und B

Wenn Materialien und Bauteile eingesetzt werden, die aus Wiederverwendung oder Rezyklierung stammen, ist zu erwarten, dass die Erstellungs-Emissionen geringer ausfallen im Vergleich zu einer Neuherstellung. Diese bessere Energie- und Emissionseffizienz kann methodisch bei der Festlegung des Absenkpfeads für die Erstellung berücksichtigt werden, umgekehrt im Betrieb zu Veränderungen führen. Hierbei ist in den Fragestellungen F1 und F2 zu untersuchen, ob und um wieviel tiefer der Absenkpfad bzw. entsprechende Richt-, Grenz- und Zielwerte für die Erstellung gesetzt werden können (oder aus technologischen Gründen höher anzusetzen ist) und umgekehrt, ob Anpassungen für den Betrieb damit notwendig sind (z.B. raschere Absenkung im Vergleich zum KIG). Dabei sind der jeweils aktuelle Stand der Technik (best practice), aber auch das Mass der Umsetzung der Kreislaufwirtschaft, also das Angebot von wiederverwendbaren oder rezyklierten Materialien und Bauteilen, zu berücksichtigen. Da sich diese Umsetzung erst in einem frühen Stadium befindet, ist für die kommenden Jahre von einer starken Dynamik auszugehen bzw. kann durch geeignete (Politik-)Massnahmen eine solche gefordert werden.

3.5.2 Rolle von Massnahmen gemäss F0.4.C

Die Einspeisung von Strom von Gebäude-PV-Anlagen hat höchstens indirekte Auswirkungen auf den Absenkpfad des Gebäudebereichs (insofern solche Einspeisungen Emissionen im (europäischen) Energiesystem verdrängen und damit u.a. eine klimafreundlichere Produktion Baustoffe ermöglichen). Auf den Gebäudepark als Gesamtsystem erlaubt das Einspeisen von Gebäuden mit einer Überkapazität die Versorgung von anderen Gebäuden mit einem geringem PV-Potential, z.B. wegen Denkmalschutz-Einschränkungen.

- Aus Sicht des einzelnen Gebäudes handelt es sich bei der Stromeinspeisung um eine (wirtschaftliche) Aktivität, welche mit Scope 3-Emissionen belastet ist (Emissionen der Erstellung der PV-Anlage). Diese Aktivität kann ggf. aus der Systemgrenze des Gebäudes ausgeklammert werden, aber es kann keine «Gutschrift» im Sinn von negativen Emissionen abgeleitet werden. Im Sinne der Emissionswahrheit ist ein Aufteilen der Emissionen der Erstellung der PV-Anlage auf Eigenverbrauch und Einspeisung nach Massgabe des Eigenverbrauchsanteils zweckmässig.
- Aus Systemsicht stellen Erstellungsemissionen von Gebäude-PV-Anlagen entweder Emissionen des Industriesektors oder «importierte» Graue Emissionen dar (z.B., wenn PV-Module importiert werden).



3.6 Rahmenbedingungen und Methoden Betriebsphase (F0.6)

Welche Rahmenbedingungen sind für die Berechnungsmethodiken des Betriebs von Gebäuden festzulegen: a) Anrechnung von Lieferverträgen und Zertifikaten vs. systemanalytische Bestimmung der Emissionskoeffizienten (Strom und andere Sekundärenergieträger) b) Bilanzierungszeitraum von Strom und andere Sekundärenergieträger?

3.6.1 Anrechnung von Lieferverträgen und Zertifikaten vs. systemanalytische Bestimmung des Strommixes und des Emissionskoeffizienten von Strom

Bei den THG-Emissionen im Gebäudebereich sind nicht nur die direkten Emissionen aus fossilen Energieträgern (sog. Scope 1 Emissionen) relevant, sondern auch indirekte Emissionen, die aus der Bereitstellung von Sekundärenergieträgern wie Strom und Fernwärme (Scope 2 Emissionen durch den Einsatz von fossilen Primärenergieträgern und Scope 3 Emissionen der Supply chain (PV-Systeme, Bau KKW, Brennstofflieferkette, etc) stammen (und von Baumaterialien und Gebäudeelementen, sog. Scope 3 Emissionen, die aber nicht Gegenstand dieses Kapitels sind). Was der „richtige“ Emissionsfaktor sei, darüber wird vor allem bzgl. des Energieträgers Strom seit mehreren Jahrzehnten debattiert, insbesondere wegen der Frage des Abschneidens verschiedener Heizsysteme bzgl. ihrer Klimaverträglichkeit. Weil die Schweiz stark im internationalen Stromnetz eingebunden ist und die Energieversorgungsunternehmen einen regen Import -und Exporthandel betreiben, der über Börsen oder nicht-öffentliche bilaterale Verträge abgewickelt wird, besteht weiterhin eine Intransparenz darüber, welche Umweltbelastung mit dem Stromkonsum in der Schweiz verbunden ist. Durch den Wunsch vieler Akteure, eine höhere Transparenz zu schaffen, wurden in der Schweiz und in Europa Instrumente wie Zertifikate, Stromkennzeichnungen und Herkunftsnachweise (HKN) geschaffen.

Anzumerken ist an dieser Stelle, dass HKN einzig zu Kommunikationszwecken eingeführt worden ist, nicht zu Bilanzierungszwecken. Aufgrund der Funktionsweise des Strommarktes über anonymisierende Börsen und nicht-öffentliche Verträge sind diese Instrumente auch nicht direkt an die kommerziellen oder physikalischen Stromflüsse gekoppelt (siehe Illustration in Abbildung 18). Stattdessen sind der Handel mit Energie und der Handel mit Zertifikaten bzw. mit HKN entkoppelt. Weil zudem in den verschiedenen europäischen Ländern unterschiedliche Anforderungen gestellt wurden und werden (z.B. Volldeklaration vs. Deklaration „nur Erneuerbare“), können sich deutliche Diskrepanzen zwischen der Nachfrage nach Strom und der Nachfrage nach Zertifikaten ergeben. Zudem ist die Motivation von Stromkunden, „grünen“ Strom zu konsumieren und dies auch nachzuweisen (gegenüber sich selbst und Dritten) innerhalb der Schweiz und in Europa sehr unterschiedlich.

Aus diesen Gründen kann es zwischen dem tatsächlich konsumierten beziehungsweise eingekauften Strommix (aus physikalischer oder kommerzieller Optik) und dem mittels Zertifikaten nachgewiesenen Strommix zu grossen Unterschieden kommen.

Weil in dieser Konstellation die HKN zu geringe Anreize setzen, dass im Inland vermehrt in erneuerbare Stromerzeugung investiert wird (was eine Voraussetzung für das Erreichen der Netto-Null THG im Gebäudebereich wäre) und weil die HKN zu stark von den kommerziellen und physikalischen Flüssen entkoppelt sind, eignen sich Zertifikate und HKN im Strombereich weder für anreizorientierte Informationstransparenz noch für eine Setzung von Richt-, Grenz- und Zielwerten im Hinblick auf Netto-Null im Gebäudebereich. Stattdessen ist für eine Bestimmung des Strommixes und des Emissionsfaktors des Stroms auf systemanalytische Ansätze abzustützen.

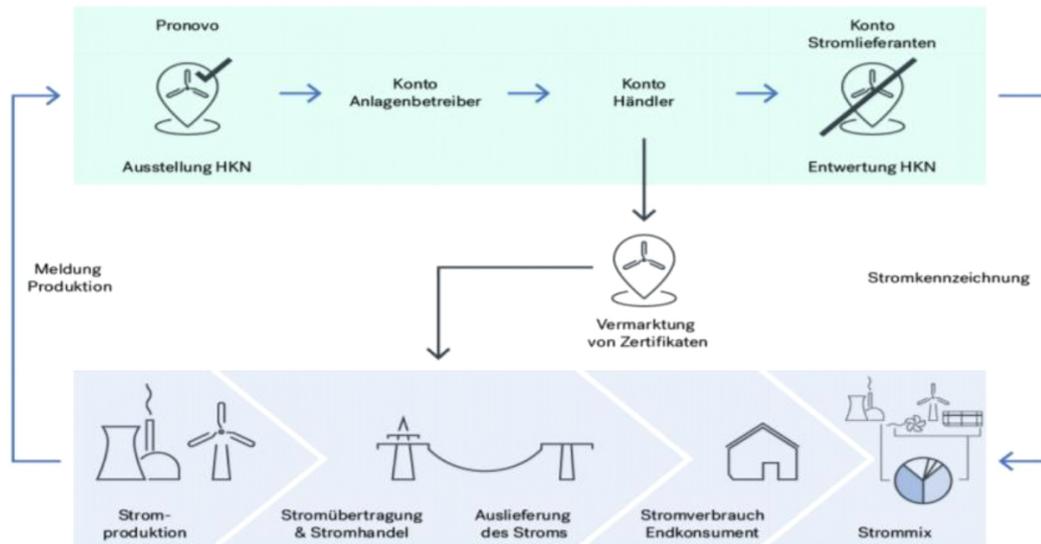


Abbildung 18: Illustration der Lieferkette von Stromproduktion bis zum Endkonsumenten und dem daraus resultierenden Strommix im Vergleich zur «Lieferkette» der Herkunftsnachweise zwischen Ausstellung, Vermarktung und Entwertung. Quelle: <https://pronovo.ch/de/herkunftsnachweise/information/informationen-zu-hkn/>

Für weitere Sekundärenergieträger stellt sich die Frage der Möglichkeit, Zertifikate oder Herkunftsnachweise einzusetzen, ebenfalls, wobei diesbezüglich zwischen verschiedenen Energieträgern zu differenzieren ist. Wir unterscheiden:

- Fernwärme im Speziellen und thermische Netze im Allgemeinen
- Einheimisches erzeugtes und lokal verwendetes vs. importiertes Biogas
- Biomethan
- Synthetisch erzeugtes Methan oder Wasserstoff (Power to Gas)

Auf diese Aspekte ist im Verlauf der weiteren Arbeiten näher einzugehen.

3.6.2 Modellierung des Strommixes Bestimmung der indirekten THG-Emissionen des Stromverbrauchs in der Schweiz

Mit Strom betriebene Wärmepumpen sind ein zentrales Element der aktuellen und künftigen Dekarbonisierungsansätze im Gebäudebereich. Strom wird zunehmend auf Basis regenerativer Energien produziert, die zu einem volatileren Energiesystem führen. Zudem ist die zu erwartende zusätzliche Stromproduktion im Gegensatz zu Heizöl, nur begrenzt lager- oder speicherbar. Wenn zur Beurteilung der indirekt durch den Stromverbrauch verursachten THGE (Scope 2) nicht auf Zertifikate und Herkunftsnachweise abgestützt werden soll (siehe Argumentation im vorangehenden Kap. 3.6.1), ist auf andere Ansätze zur Bestimmung der Scope 2 und 3 Emissionen des Stroms zurückzugreifen, namentlich auf eine Fundamentalmodellierung. Aufgrund der bereits oben angesprochenen Verflechtung des Schweizerischen Stromsystems mit dem europäischen und aufgrund der Lebensdauer der stromverbrauchenden Anlagen im Gebäudebereich von zwanzig bis dreissig Jahren stellen sich dabei folgende Fragen:

- Welche methodischen Möglichkeiten bestehen, den Mix des in der Schweiz (vom Gebäudebereich im Allgemeinen und vom Gebäudesektor im Speziellen) verbrauchten Stroms und die damit verursachten THGE für die Gegenwart zu bestimmen? Dieser Frage wird in diesem Unterkapitel nachgegangen.



- Wie können die durch den künftigen Stromverbrauch verursachten THGE bestimmt werden und kann die Methodik für die Gegenwart konsistent auf die Zukunft übertragen werden (und falls ja, ist das für die Umsetzung der Netto-Null-Ziele im Gebäudebereich überhaupt erforderlich)? Diese Frage (die sich auch für weitere Sekundärenergieträger wie Fernwärme oder Biogas stellt), wird im nächsten (Kap. 3.6.3) adressiert.

In Bezug auf die erste Frage stellen sich folgende methodische Teilfragen:

1. F0.6.A Welches Bilanzierungsmodell (BM) ist zu verwenden, dies unter Berücksichtigung von wissenschaftlichen bzw. energiewirtschaftlichen Kriterien und/oder unter Berücksichtigung von weiteren Kriterien (z.B. Robustheit, Anreizwirkung)?
2. F0.6.B: Ist aufgrund der bereits derzeit hohen und künftig noch höheren zeitlichen Variabilität von inländischer Produktion, inländischer Last sowie Import und Export die zeitliche Auflösung der Bilanzierung für die Bestimmung des Strommixes zu erhöhen (z.B. bzgl. Jahreszeiten, Monaten, Wochen, Typ Tagen oder Stunden)?¹⁰
3. F0.6.C: Ist der für die Schweiz insgesamt ermittelte Strommix mit dem Nachfrageprofil des Gebäudebereichs zu gewichten?¹⁰ Wenn ja, sollen unterschiedliche Gewichtungen für die Verwendungszwecke angewendet werden, z.B. separat für Wärme, Kälte und Allgemeinstrom?

Der State-of-the-art in den letzten Jahren und in der derzeitigen Anwendung (z.B. als Bestandteil der KBOB-Empfehlung von 2022) besteht darin, dass der Strommix in einer stündlichen Betrachtung unter Berücksichtigung von Import und Export mit Gewichtung des nationalen Nachfrageprofils (aber nicht mit dem Gebäudenachfrageprofil) bestimmt und als aggregierter Jahreswert in der Praxis angewendet wird. Hierbei kommt ein Bilanzierungsmodell zum Einsatz, das bei Stunden mit gleichzeitigen Import und Export davon ausgeht, dass der Export mit dem Produktionsmix der Schweiz attribuiert wird und der inländische Verbrauch mit der verbleibenden Produktion und dem für die Lastdeckung erforderlichen Importmix (BM 3 in Abbildung 19).

Frühere Studien (z.B. Jakob et al. 2009)¹¹ und laufende Arbeiten (Projekt „Vom Zertifikat zur Physik“ im Auftrag des AHB der Stadt Zürich) zeigen, dass die Wahl des Bilanzierungsmodells einen grossen Einfluss auf den Schweizer Strommix und den damit verbundenen THG-Emissionsfaktor hat. Deshalb wird nachfolgend näher darauf eingegangen. In Abbildung 19 sind vier grundsätzliche Konstellationen dargestellt. Eine fünfte Möglichkeit, nämlich die Gleichsetzung des CH-Verbrauchermixes mit dem europäischen Strommix ist in der Diskussion in der Schweiz kaum von Relevanz und wird deshalb nicht dargestellt. Anzumerken ist zudem, dass die Höhe von Import und Export kurz- und langfristig beeinflusst werden können, zum einen durch die Bewirtschaftung der speicherbaren Wasserkraft und zum anderen durch den Zubau von erneuerbaren Energien (siehe Kap. 2.6.3)). Dies ist jedoch nicht Gegenstand der Betrachtungen in diesem Kapitel.

¹⁰ Dieser Frage wurde im Projekt „Vom Zertifikat zur Physik“ im Auftrag des AHB der Stadt Zürich vertieft nachgegangen und auf konkrete Ergebnisse wird nach Rücksprache mit der Auftraggeberin im Rahmen der nächsten oder der übernächsten Sitzung der Steuergruppe eingegangen.

¹¹ Jakob, M., Widmer, D., & Volkart, K. (2009). CO₂-Intensität des Stromabsatzes an Schweizer Endkunden. FOGA, FEV.

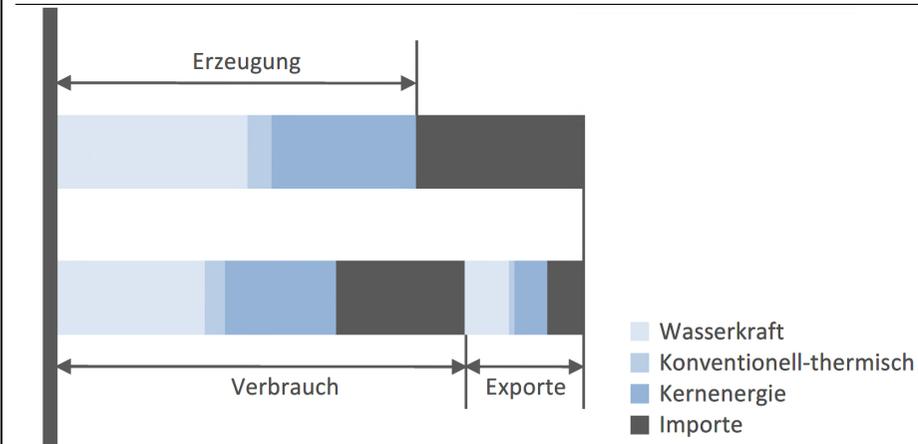


BM1: Verbrauchermix=Produktionsmix

Kurzcharakterisierung: starke Vereinfachung, Vernachlässigung der internationalen Verflechtung des Stromsystems in Europa.
(keine Darstellung, da trivial)

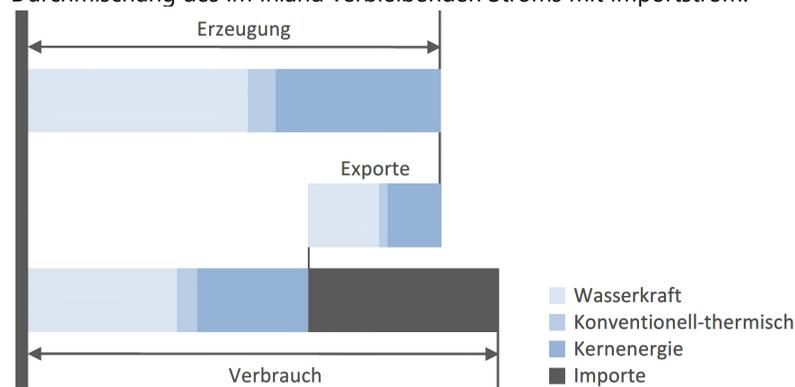
BM2: Verbrauchermix = Mix Produktion + Importe

Kurzcharakterisierung: Perfekte Durchmischung (vor dem Export) des Imports mit der einheimischen Produktion (anwendbar sowohl für den inländischen Verbrauch als auch für den Export).



BM3: Verbrauchermix = Inlanderzeugung – Exporte + Importe

Kurzcharakterisierung: Export von inländisch produziertem Strom, Durchmischung des im Inland verbleibenden Stroms mit Importstrom.



BM4: Verbrauchermix = Inlanderzeugung – Exportsaldo + Importsaldo

Kurzcharakterisierung: Stromimport wird bis zur Höhe der gleichzeitig exportieren Strommenge als Transit betrachtet. Lediglich das Saldo stündlicher Stromimporte bzw. -exporte werden berücksichtigt (maximaler Transit).

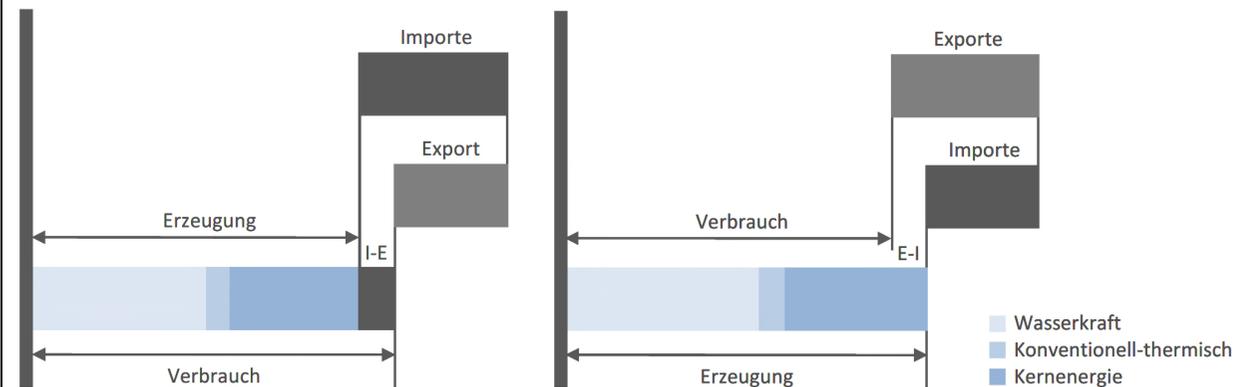


Abbildung 19: Übersicht über die wichtigsten Bilanzierungsmodell zur Behandlung von inländischer Produktion sowie Import und Export bei der Bestimmung des Mixes des Schweizerischen Stromverbrauchs. Quelle: Jakob et al (2009), adaptiert von Ménard et al. (1998).



Die Wahl des „richtigen“ Bilanzierungsmodells hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem von der Zielsetzung, von der Datenlage, vom Aufbereitungsaufwand, von der Transparenz und von der Nachvollziehbarkeit. Nachfolgende Tabelle 12 zeigt einen ersten Entwurf einer Bewertung der vier Bilanzierungsmodelle.

Tabelle 12 Übersicht über die Bewertung der vier Bewertungsmodelle von Elektrizität

	BM1	BM2	BM3	BM4
Eignung für Zielsetzung Netto-Null 2050 / Klimawirksamkeit	Nein, da zu starke Vereinfachungen	Ja (verbunden mit Unsicherheiten)	Ja (verbunden mit Unsicherheiten)	Ja (verbunden mit Unsicherheiten)
Anreiz für Zielgruppe	Gering	Mittel-gross	Gross	Mittel
Datenbedarf	Gering	Mittel (verfügbar)	Mittel (verfügbar)	Mittel (verfügbar)
Berechnungsaufwand	Gering	Mittel-hoch (je nach zeitlicher Auflösung)	Mittel-hoch (je nach zeitlicher Auflösung)	Hoch (Annahme zeitliche Auflösung: stündlich)
Transparenz	Gross	Mittel	Mittel-gering (zu schaffen durch geeignete graphische Darstellungen und/oder Daten und Scripts)	Mittel-gering (zu schaffen durch geeignete graphische Darstellungen und/oder Daten und Scripts))
Eignung für Grenz-Zielwertsetzung	Ja	Ja	Ja	Ja
Umsetzbarkeit	Ja	Ja	Ja	Ja
Methoden spezifische Herausforderungen, Vor- und Nachteile	Zu starke Vereinfachungen, da Verflechtung mit europäischem Stromsystem vernachlässigt wird, was zu einer starken Unterschätzung des THG-EF führt, solange die THG-Intensität in Europa grösser ist als in der Schweiz	Etwas höhere Transparenz im Vergleich zu BM3 und zu BM4	Solange die THG-Intensität des aus Europa importierten Stroms grösser ist als in der Schweiz produzierte, resultiert im Quervergleich zu den übrigen Emissionen der höchste Emissionsfaktor (was im Hinblick auf Netto-Null robuste Anreize schafft)	Mit dem BM4 reagieren die THG-EF mutmasslich sensitiver als mit BM2 und BM3, falls die Energiewirtschaft ihr Import- und Exportverhalten ändert.

Auf die unterschiedlichen Ergebnisse, die sich mit den verschiedenen Bilanzierungsmodellen ergeben, wird nach Rücksprache mit der Stadt Zürich (Auftraggeberin des Projekts „Vom Zertifikat zur Physik“) an der nächsten oder der übernächsten Sitzung der Steuergruppe eingegangen.

Es ist davon auszugehen, dass eine Mischung der Bilanzierungsmodelle BM2, BM3 und BM4 der Realität am nächsten kommt (siehe auch Jakob et al. 2009).¹¹

Wir sehen folgende mögliche Ansätze, die Wahl des „richtigen“ Bilanzierungsmodells bzw. den Strommix der Schweiz aufgrund von quantitativen Analysen näher einzugrenzen:

- Befragung der wichtigsten Akteure der Schweizer Stromwirtschaft (Produktion und Handel)



- Regressionsanalysen, indem z.B. die Zusammensetzung des Exports als Funktion der inländischen Produktion und des Imports bestimmt wird (daraus lässt sich der Anteil des Transits zumindest grob abschätzen).
- Netzberechnungen (Lastflussberechnungen) des Stromsystems der Schweiz und der umliegenden Länder (mutmasslich ist es ausreichend, für eine erste Annäherung der Einbezug der vier unmittelbaren Nachbarländer zu berücksichtigen).

Die Umsetzung dieser drei Ansätze ist im Rahmen des vorliegenden Projekts Netto-Null-Treibhausgasemissionen des Gebäudebereichs zwar nicht vorgesehen. Es könnte jedoch mit vertretbarem Aufwand eine Klärung in der Frage des Vorgehens zur Bestimmung des adäquaten Strommixes erreicht werden. Erste Ergebnisse von explorativen Versuchen von TEP Energy mit dem Regressionsansatz deuten darauf hin, dass der Export nicht nur durch die inländische Produktion bestimmt wird, sondern in etwa im selben Ausmass durch den Import. Dies spricht gegen das reine BM3 und für eine Mischung von mehreren Bilanzierungsmodellen (berücksichtigt wurden Stunden mit gleichzeitigem Import und Export).

Der Einfluss der zeitlichen Auflösung (oben stehende Teilfrage iii) wurde ebenfalls im erwähnten Projekt „Vom Zertifikat zur Physik“ adressiert. Die Schlussfolgerungen zu dieser Teilfrage werden nach Rücksprache mit der Auftraggeberin im Rahmen der nächsten oder der übernächsten Sitzung der Steuergruppe präsentiert. Die Ergebnisse des Projekts „Electricity Mixes in Life Cycle Assessments of Buildings“ von Frischknecht und Alig (2021) kommen zum Schluss, dass der Strommix zwar saisonal stark schwankt (was zu berücksichtigen ist), dass aber eine Gewichtung mit Nachfrageprofilen mit sehr unterschiedlichen Gebäuden (Wohn- und Bürogebäude) zu eher geringen Unterschieden bei der Umweltbelastung führt.

3.6.3 Berücksichtigung der Zukunftsentwicklung bei der Bestimmung der THG-Emissionsfaktoren von Sekundärenergieträgern (F0.6.D)

Künftige Entwicklungen bei der Bestimmung der THG-Emissionsfaktoren von Sekundärenergieträgern wurden im Rahmen des oben stehend erwähnten Projekts „Vom Zertifikat zur Physik“ im Auftrag der Stadt Zürich erarbeitet. Unabhängig davon lässt sich aussagen, dass sich die Produktion von Strom, Fernwärme und weiteren Energieträgern wie Biogas, Biomethan und Wasserstoff künftig stark verändern wird. Mit Verweis auf die europäischen Klimaschutzziele ist davon auszugehen, dass die Produktion dieser Sekundärenergieträger zunehmend dekarbonisiert wird.

Bei einer stark vereinfachten Annahme, dass die Emissionen der Produktion solcher Energieträger im Jahr 2050 netto null betragen werden und dass der Entwicklungspfad bis dahin ein linearer ist, halbieren sich die THGE für eine gebäudetechnische Anlage, die in den nächsten ein bis zwei Jahren in Betrieb genommen wird und eine Lebensdauer von rund 25 Jahren aufweist. Wenn das Emissionsziel 2050 erreicht wird, sind die Emissionen solcher Energieträger und damit der nachfolgende gebäudetechnischen Zyklus netto null sind, so dass die Emissionen der Gebäudetechnik über die Dauer eines Gebäudezyklus sogar um rund einen Viertel tiefer liegen im Vergleich zu den heutigen Emissionen.

Aus diesem Grund schlagen wir vor, dass die künftige Entwicklung bei der Berechnung der THG-Emissionsfaktoren zu berücksichtigen ist, zumindest für die für den Gebäudebereich relevantesten sekundären Energieträger. Dies ist dann auch bei der Festlegung von Grenz-, Richt- und Zielwerten zu berücksichtigen.



4 Zwischenfazit

Die nachfolgende Bewertung und die Vorschläge zum weiteren Vorgehen im Projekt «Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich» basieren auf den Ausführungen im vorstehenden Kap. 3 und auf den Rückmeldungen der Steuergruppe, namentlich auf den Ergebnissen des Workshops im World Café Format vom 4. April 2023 (siehe Protokoll vom 25. April 2023 inkl. Beilagen) sowie der 3. Steuergruppensitzung von Mitte Mai 2023. Bei der Bewertung wird nachfolgend auf zwei aus Sicht der Steuergruppe wichtige Kriterien fokussiert:

- ist die jeweilige methodische Variante mit der Zielsetzung kompatibel, ein Gebäude (oder den Gebäudebereich) als Netto-Null Treibhausgasemissionen (NNT) zu bezeichnen (hierbei wird zwischen dem nationalen Ziel Netto-Null-THGE 2050 und dem langfristigen Klimaziel einer Begrenzung der Temperaturerhöhung um 1.5°C unterschieden).
- entstehen durch die Methodik Anreize für die verschiedenen Akteure (vom Baustoffhersteller bis zum Gebäudebetreiber), um Gebäude nach der NNT-Zielsetzung zu erstellen, zu erneuern, zu betreiben und zu entsorgen. Hierbei ist an der Stelle der Anreiz gemeint, der aus der Information der Ergebnisse der Methodenanwendung entsteht; die Anreizwirkung, die durch das Setzen von Grenz-, Richt- und Zielwerten gesetzt werden kann, ist hier noch nicht berücksichtigt und folgt im weiteren Projektverlauf (F3 und F4).

Die Gesamtbeurteilung ist in Tabelle 14 farblich codiert gemäss Legende in Tabelle 13.

Tabelle 13 Legende für die Beurteilung der verschiedenen methodischen Varianten (angewandt in Tabelle 14)

Weiter verfolgen	Weiterverfolgen (zumindest näher untersuchen im nächsten Forschungsschritt)	Nicht weiterverfolgen
------------------	---	-----------------------

Nicht weiterverfolgte methodische Varianten sind teilweise aus den Resultaten der angewendeten Methoden ableitbar, eine weitere Verwendung dieser Varianten für spezifische Fragestellungen und Beurteilungsgrössen im Kontext der Gebäudebewertung wird mit der Beurteilung hier nicht ausgeschlossen (z.B. eine Amortisation über die Nutzungszeit der Variante M3 unter F0.2).



Tabelle 14 Beurteilung der verschiedenen methodische Ansätze für die einzelnen Fragestellungen

	Grundsatzfrage Methodik	Methodische Ansätze (Varianten)	Eignung für Zielsetzung NNT Klimapolitisch 2050 Klimawirksamkeit langfristig	Anreizwirkung für Akteure	Diskussion / Input Steuerungsgruppe
F0.1 Emissionsbudget indirekte Emissionen Industrie und Energie	Ansatz zur Bemessung des Emissionsbudgets für Importware und Energieimporte	M1: Gleichbehandlung (d.h. gleicher relativer Absenkpfad im Ausland wie in der Schweiz)	Gut, wenn Zielsetzungen beim Import durchgesetzt werden können	Unter Umständen kontraproduktiv (falls Gleichbehandlung von Importware nicht durchgesetzt werden kann und dies bei den Berechnungen nicht berücksichtigt wird)	Als «best guess» verwenden. Für die heutige Betrachtung der Baumaterialien existierende Werte von grauen Emissionen verwenden. Für die Budgetbetrachtung bis 2050 entsprechende Entwicklungen einbeziehen. → Auf Ebene Bund CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) der EU beachten → im Moment nur Konsens für erste Variante → keine technischen Handelshemmnisse produzieren
		M2: Bezugnahme auf aktuelle Regelungen der EU in Richtung Netto-Null THGE	Gut, wenn EU ähnlich anforderungsreiche Ziele setzt	Gut, wenn Akteure NNT-Ziel hoch gewichten und Produktdeklaration beachten.	Keine techn. Handelshemmnisse generieren. → M2 mitnehmen?
		M3: EU / IEA Szenarien mit Reduktionspfaden für die Sektoren Industrie und Energie	Gut, wenn die EU Massnahmen ergreift, um die Szenarien umzusetzen	Gut, wenn Akteure NNT-Ziel hoch gewichten und Produktdeklaration beachten.	
F0.2 Berücksichtigung der Nutzungszeit eines Gebäude	THGE beim Zeitpunkt ihres Auftretens bilanzieren oder über Nutzungszeit abschreiben?	M1/M2: THGE beim Zeitpunkt ihres Auftretens bilanzieren (M1) und über Nutzungsdauer sukzessive über die Phasen der KBOB Bilanzierungsregeln aufkumulieren (M2)	Gut und ziemlich konsistent mit Lebenszyklusemissionen selbst wenn die THGE-Bilanz im Jahr 2050 abgeschnitten wird (Gebäudepark und -portfoliobetrachtung)	Gut geeignet, da gut kompatibel mit THG-inventar, GHG-Protocol, KBOB Bilanzierungsregeln etc	Anwendung des Ansatzes ist entscheidend: Bsp. SIA 2032. Amortisationszeiten sind Konvention. → übersetzbar (umrechenbar) belassen. Normierungsansatz verfolgen (Büchse der Pandora nicht öffnen). Einzelgebäude eher worst case Betrachtung, Gebäudepark Durchschnitt. Hinweis Projektteam: bei normierten Amortisationszeiten werden keine Anreize für die Entwicklung von langlebigen Ansätzen (inkl. durch Nutzungsflexibilitäten) gesetzt. → Methodik für Abbildung von Managementansätzen



	Grundsatzfrage Methodik	Methodische Ansätze (Varianten)	Eignung für Zielsetzung NNT Klimapolitisch 2050 Klimawirksamkeit langfristig	Anreizwirkung für Akteure	Diskussion / Input Steuerungsgruppe
		M3: Über die Nutzungszeit abschreiben (d.h. Emissionen werden nicht dann bilanziert, wann sie auftreten)	Weniger gut für die Berichterstattung auf Gebäudeparkebene geeignet	Gut geeignet für einzelne Gebäude und Projekte, nicht geeignet für Gebäudeparkperspektive	M3 streichen (rot setzen) Aktuelle Lösung. Umsetzbarkeit der anderen Varianten? → Heute Basis von Minergie, ECO, SNBS → Standardisierte Norm → wie geht man mit der Zukunft um? → Problem mit der Grenzwertsetzung
	Welche Daten und Annahmen sollen bzw. Lebens- und Nutzungsdauer der Gebäude und Anlagen verwendet werden?	M1: Normierte Amortisationsdauern	Ja	Tiefer im Vergleich zu M2.	→ Kompatibel mit M1/M2-Ansatz der Fragestellung «Bilanzieren beim Auftreten oder Abschreiben» (s.o.). Fehlende Anreizwirkung (siehe oben).
		M2: Referenzlebensdauern, die fallweise angepasst werden können (z.B. nach Gebäudetyp und Produktdeklaration).	Besser, da näher Emissionswahrheit	Höher als M1, weil «Optimierung» der Referenzlebensdauer (RSL) durch den methodischen Ansatz berücksichtigt wird, d.h. Bauproduktanbieter haben Anreize, langlebige Produkte anzubieten und Planer/Bauherren, diese zu verwenden.	Kommentar: Amortisation wird falsch verstanden. Emissionen treten zum Zeitpunkt der Herstellung des Materials und damit bei der Erstellung auf. → Methodik für Abbildung von Managementansätzen
F0.3.A NET Technologien/-Materialien	Welche NET-Materialien gibt es und welche sind anrechenbar?	M1: Nur Mineralische Baustoffe: z.B. rekarbonatisiertes Betongranulat	Ja, da robuster als M1-3	Ja, für mineralische	Nicht behandelt
		M2: Mineralische, mineralisch-organische Baustoffe und organische Baustoffe (unter spezifischen Bedingungen siehe F.03B)	Ja 2050 Langfristig: sofern dauerhafte Speicherung technisch und gesetzlich oder rechtlich sichergestellt wird	Ja, für jegliche Art Speicherung	Nicht behandelt
F0.3.B Temporäre Senken	Anrechenbarkeit temporärer Senken (organische Baustoffe)	M1/M2: biogenes CO ₂ ist «klimaneutral» (0/0 oder -1+1 gemäss EN 15804+A2), stellt aber langfristig keine NET dar	Ja 2050 Langfristig nein	Ja, falls 2050 zugelassen wird Langfristig nein	Ziel = Anrechnung. Disziplinenübergreifende Forschung muss aufzeigen, wie permanente Speicherung sichergestellt werden kann. Extremvarianten M2 und M5 rechnen und Zwischenvarianten abschätzen
		M5: Anrechenbarkeit unter der Voraussetzung der rechtsverbindlichen Absicherung einer Nichtfreisetzung (bzw. dauer-	Ja 2050 Ja langfristig	Ja, unterschiedlich pro Zielgruppe	M5 passt als Methode, wenn Technologien wie CCS, BECCS, DACSS oder andere Kohlenstoffbindungsansätze perspektivisch



	Grundsatzfrage Methodik	Methodische Ansätze (Varianten)	Eignung für Zielsetzung NNT Klimapolitisch 2050 Klimawirksamkeit langfristig	Anreizwirkung für Akteure	Diskussion / Input Steuerungsgruppe
		haften Speicherung >1000 Jahre) des biogenen C.			zugelassen sind. Simuliert werden kann damit das Potential, für den Fall, dass ein Speicher dauerhaft ist. Obergrenze Potential NET kann wie folgt bestimmt werden: wieviel steckt im Gebäude bzw. im Gebäudepark und könnte mit geeigneter Technologie und einer gesetzlich bzw. rechtlich verbindlichen Absicherung langfristig gespeichert werden. →Anreizsetzung (z.B. beim Setzen von Richt-, Grenz- und Zielwerten) ist notwendig, um die Entwicklung von Technologien in diese Richtung zu fördern = Politische Lösung
		M3: Dynamischer Ansatz, zeitliche Beobachtung C-Speicher und Gewichtung	Nein langfristig; es wird ein grosser Effekt eingerechnet, der ohne Sicherung der Permanenz nicht erfolgt mit M3/M4. Bei M4 werden zudem Agrarsysteme mit kurzen Anbauzyklen bevorzugt.	Ja, aber unterschiedlich ausgeprägt	Rolle der dynamischen Ansätze auf Gebäudeebene beim nächsten Schritt der Berechnungen im Projekt wenig sinnvoll. Resultate können vereinfacht aus Ergebnissen M2 abgeleitet werden.
		M4: Dynamischer Ansatz, zeitliche Beobachtung Regeneration Ökosysteme und Gewichtung	Wie M3	Wie M3	M3, M4 sind kompliziert. Es besteht die Gefahr, sich in den Details zu verlieren. Welche Instrumente sind nötig für Sicherung der Permanenz?
		M6: Erhöhung des C-Speichers im Gebäudepark-Ökosystem	Beschränkt, der Effekt beim Speicherzuwachs ist mutmasslich begrenzt (in F1 zu quantifizieren), langfristige Wirkung nicht gesichert.	Ja, aber der Effekt ist begrenzt	M6 zeigt vereinfacht auf, wie der Effekt der Erhöhung des C-Speichers bemessen werden könnte. Dieser Effekt könnte als Massgabe für das Festlegen des anzurechnenden Anteils gelten. Im F1 zu quantifizieren.
F0.3.C Darstellung NET Beitrag	Verrechenbarkeit des Effekts neuer Technologien zur	M1: NET-Beitrag separat erfassen und ausweisen. Kein Saldieren auf Ebene Baumaterial und Bauelement	Ja, entspricht dem Primat Emissionsreduktion	Ja, da Effekt NET explizit sichtbar	Ja, weiterverfolgen



	Grundsatzfrage Methodik	Methodische Ansätze (Varianten)	Eignung für Zielsetzung NNT Klimapolitisch 2050 Klimawirksamkeit langfristig	Anreizwirkung für Akteure	Diskussion / Input Steuerungsgruppe
	CO ₂ -Entnahme mit einem abgesicherten Potential einer langfristigen Speicherung	M2: Netto-Ergebnis auf Ebene Baustoffe, z.B. Angaben CO ₂ -Bilanz Hersteller in der Produktdeklaration	Nein, widerspricht dem Primat Emissionsreduktion	Ja (THGE-Bewusste würden tendenziell solche Baustoffe wählen, weil sie tiefere Erstellungsemissionen deklarieren)	Konsens: nicht weiterverfolgen.
F0.4.A und B Re-Use und Recycling	Systemgrenzen Primär- und Sekundärmaterial	<ul style="list-style-type: none"> M1: Ansatz «Zusatz Aufwand», Cut-off für bereits erfolgte Emissionen 	Ja, Emissionswahrheit gegeben	Ja für Verwendung von Re-Use Bauteilen und Rezyklaten Eher gering für Optimierung auf der Seite der Hersteller bezüglich der Wiederverwendbarkeit, Trennung etc.	<p>Ja, weiterverfolgen für Verwendung von Re-Use Bauteilen und Rezyklaten. → Wirkung: es werden vermehrt Re-Use-Bauteile eingesetzt (weil diese beim Wiedereinsatz tieferer graue Emissionen aufweisen) → Produktersteller brauchen Benefit (Vorgaben für Baumaterialien). Effekt kommt aber erst nach 30-60 J. zum Tragen. In 60J gibt es im Idealfall keine vermeidbare THGE mehr (Re-Use könnte aus Sicht von begrenzten Ressourcen doch sehr wesentlich sein). → Thema Anreize nochmals aufnehmen.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> M2: Ansatz Re-use «Amortisation», Abschreibung 	Ja	Für Verwendung von Re-Use Bauteilen und Rezyklaten geringer als M1 Eher ja auf Seite des Herstellers, aber schwierig zu beziffern. Effekt einer längeren Einsatzzeit oder besseren Recyclingfähigkeit durch eine Produktoptimierung (Wiederverwendbarkeit, Trennung etc)	<p>→ Ergäbe eine Anreizsetzung für Produktentwickler, Wunsch die Diskussion zum Thema Anreiz später noch einmal führen. → Re-Use fähiges Bauteil fliesst nur teilweise in Bilanz ein = zweite Stufe</p>
F0.4.C Einspeisen PV Strom	Modellierung Einspeisen Überschussstrom	<p>M1 «Investieren und verkaufen»: Umweltbelastung Herstellung/Entsorgung gesamtes PV System bei Errichtung verbuchen.</p> <ul style="list-style-type: none"> Jahresbilanz Stromverbrauch Gebäude minus Stromerzeugung PV, 	Mittel (deckt Emissionswahrheit etwas weniger gut ab als M2)	Ja, zum Einsatz von PV-Modulen mit niedriger THG-Belastung. Kein Anreiz für möglichst grosse Anlagen über die Eigenverbrauchsdeckung hinaus.	Kompatibel mit Energiegesetzgebung. Speicher müssten mitbilanziert werden. Exemplarische Abschätzung für interessante Fälle (Umklassierung zu gelb). → Berechnung am Einzelgebäude und am Gebäudepark



	Grundsatzfrage Methodik	Methodische Ansätze (Varianten)	Eignung für Zielsetzung NNT Klimapolitisch 2050 Klimawirksamkeit langfristig	Anreizwirkung für Akteure	Diskussion / Input Steuerungsgruppe
		<p>Ins Netz eingespiesener Strom trägt Umweltkennwerte von PV Strom; exportierte Umweltbelastung wird in Phase Betrieb abgezogen</p>			<p>→ Fokus Gebäude in der Planungsphase → kein Anreiz, grössere PV-Anlage zu bauen → Jahresbilanz (Anreizsetzung) und / oder Stundenbilanz (evtl. monats-scharf) → für ausgewählte interessante Fälle beides berechnen Kompatibel mit bestehenden Grundlagen → aus politischen Gründen sollte sowohl M1 wie auch M2 gerechnet werden</p>
		<p>M2 «Investment aufteilen»: Eigenverbrauchsanteil (oder Deckungsgrad) bestimmen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anteil (=Eigenverbrauchsanteil oder Deckungsgrad) der Umweltbelastung Herstellung/Entsorgung PV System bei Errichtung verbuchen. • Ins Netz eingespeister Strom trägt Umweltkennwerte von PV Strom; kein Abzug in Phase Betrieb 	<p>Ja, deckt Emissionswahrheit gut ab (u.a. abhängig von der Art und Weise, wie der Eigenverbrauchsanteil bestimmt wird, siehe unten)</p>	<p>Ja, aber geringerer zum Einsatz von PV-Modulen mit niedriger THG-Belastung. Geringer Anreiz für möglichst grosse Anlagen über die Eigenverbrauchsdeckung hinaus.</p>	<p>M2 ist kompatibel mit dem Energiegesetz → kein Anreiz, grössere PV-Anlage zu bauen → bei komplexeren Modelle Schnittstellen klären → Vorbildwirkung Bund einbeziehen Ist es möglich, die Fernwärme mitzunehmen?</p>
		<p>M3 «Amortisation aufteilen»: Eigenverbrauchsanteil (oder Deckungsgrad) bestimmen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anteil Gebäude (=Eigenverbrauchsanteil oder Deckungsgrad) trägt Umweltkennwerte von PV Strom. • Ins Netz eingespeister Strom trägt Umweltkennwerte von PV Strom. 	<p>Mittel (deckt Emissionswahrheit weniger gut ab als M2, da THGE der Erstellung über die Nutzungsphase verteilt werden.)</p>	<p>Kein Anreiz zum Einsatz von PV-Modulen mit niedriger THG-Belastung. Kein Anreiz für möglichst grosse Anlagen über die Eigenverbrauchsdeckung hinaus.</p>	<p>Konsens: nicht weiterverfolgen</p>
F0.4.D	Zeitliche Auflösung für Bestimmung	<ul style="list-style-type: none"> • M1: Eigenverbrauchsanteil mit stündlicher Auflösung bestimmen und auf Jahreswert aggregieren 	<p>Ja, deckt Emissionswahrheit gut ab</p>	<p>Mittel, da so gerechneter Eigenverbrauchsanteil oft relativ tief.</p>	



	Grundsatzfrage Methodik	Methodische Ansätze (Varianten)	Eignung für Zielsetzung NNT Klimapolitisch 2050 Klimawirksamkeit langfristig	Anreizwirkung für Akteure	Diskussion / Input Steuerungsgruppe
	Eigenverbrauchsanteil	<ul style="list-style-type: none"> M2: Eigenverbrauchsanteil mit Jahresbilanz bestimmen 	Mittel (deckt Emissionswahrscheinlichkeit etwas weniger gut ab)	Höher, grössere PV zu erstellen im Vergleich zu M1	Exemplarisch Unterschied aufzeigen. Beides rechnen wäre wichtig, um Anreize abschätzen zu können (M2 mutmasslich vorteilhaft).
F0.6.A Modellierung Strommix Schweiz, Ist-Zustand, Bilanzmodell	Modellierung des Schweizer Strommix, Integral der Stundenwerte:	<ul style="list-style-type: none"> BM1: Verbrauchermix=Produktionsmix Schweiz 	Nein, da zu starke Vereinfachungen	Geringer Anreiz für Stromeffizienz, da CH-Mix tiefe THGE aufweist. Hoher Anreiz für die Substitution von fossilen durch strombasierte Anwendungen.	Konsens: nicht weiterverfolgen
		<ul style="list-style-type: none"> BM2: Verbrauchermix =Mix Produktion +Importe 	Ja (verbunden mit Unsicherheiten)	Mittel-gross (zwischen BM3 und BM4)	Unsicherheiten in beide Richtungen (im Gegensatz zu BM3 und BM4), möglicherweise als Mittelwert dienlich.
		<ul style="list-style-type: none"> BM3: Verbrauchermix=Inlandproduktion minus Export plus Import (Modell für Gebäudeökobilanzen gemäss KBOB-Empfehlung 2009/1) 	Ja (verbunden mit Unsicherheiten)	Grosser Anreiz, Stromanwendung mit Bedacht und effizient einzusetzen, da Verbrauchermix relative hohe THGE hat	Maximalvariante. Abweichung von KBOB müsste begründet sein. Für BM3 spricht, dass Belastung (des Strombezugs vom Netz) durch Eigenerzeugung am stärksten vermindert werden kann (solange der CO2-EK des Importstroms höher ist als die CH-Eigenerzeugung) → Richtig für die Anreizsetzung Frage: Ist BFE-AG zu Art 5 KIG damit einverstanden? Fazit: BM3 als Ausgangspunkt für die Berechnungen der weiteren Forschungsarbeiten verwenden → Projektteam macht Vorschlag für das zu verwendende BM (BM2, BM3 oder BM4).
		<ul style="list-style-type: none"> BM4: Verbrauchermix = Inlanderzeugung – Exportsaldo + Importsaldo 	Ja (verbunden mit Unsicherheiten)	Mittel-tief bei Stromeffizienz (höher als M1), mittel bei Substitution von fossilen durch strom-basierte Anwendungen, da THG-Emissionsfaktor mittel-tief	→ Minimalvariante
F0.6.B Modellierung	Zeitliche Auflösung	<ul style="list-style-type: none"> M1: Stundenwerte zu Jahresbilanzen aggregieren 	Abhängig von Bilanzmodell, siehe oben	Ja, abhängig von Bilanzmodell, siehe oben.	Ja (weiterverfolgen)



	Grundsatzfrage Methodik	Methodische Ansätze (Varianten)	Eignung für Zielsetzung NNT Klimapolitisch 2050 Klimawirksamkeit langfristig	Anreizwirkung für Akteure	Diskussion / Input Steuerungsgruppe
Strommix Schweiz, Zeitliche Auflösung		<ul style="list-style-type: none"> M2: Stundenwerte zu Monatsbilanzen aggregieren 	Etwas grösser als bei M1, da näher an Emissionswahrheit (siehe TEP-Studie für AHB)	Etwas grösser als bei M1, da verschiedene Verwendungszwecke wie Wärme, Kälte, Allgemeinstrom, Total unterschieden werden können. Damit können Anlagen z.B. so konzipiert werden, dass sie im Betrieb weniger emissionsbelasteten Strom verwenden.	Könnte guter Mittelweg sein -> mitbetrachten
F0.6.C Modellierung Strommix Schweiz, Gewichtung Nachfrageprofil	Welche Gewichtungen (Wärme, Kälte, Gebäudetypen) sind bei der Bestimmung des Strommixes und der THGE vorzunehmen?	<ul style="list-style-type: none"> M1: Keine Gewichtung M2: Erzeugen von verschiedenen Emissionsfaktoren für die Anwendungen Wärme und Kälte, ggf. unterschiedlich nach Gebäudetyp, durch entsprechende Gewichtungen der stündlichen Emissionsfaktoren 	Etwas weniger gut als bei M2, da weniger differenziert. Gut, da einzelne Teilbereiche gezielt im Hinblick auf tiefe CO2-Emissionen optimiert werden können.	Etwas weniger gut als bei M2, da weniger transparent, was einzelne Teilbeiträge an die THGE betrifft. Gut wegen höherer Transparenz	 Gewichtung stellt einen interessanten Ansatz dar. Im Forschungsprojekt weiter untersuchen, ob eine Umsetzung in der Praxis ein gutes Aufwands-Nutzenverhältnis aufweist.
F0.6.D Modellierung Strommix Schweiz, Berücksichtigung Zukunfts- entwicklung	Berücksichtigen möglicher zukünftiger Entwicklungen beim Strommix und bei Kraftwerkstechnologien	<ul style="list-style-type: none"> M1: Statische Betrachtung: Heutige Situation Strommix und Kraftwerke für die gesamte Betriebsphase, dito für alle anderen Energieträger M2: Dynamische Betrachtung Umweltkennwerte Strom gemittelt zwischen Situation heute und 2050 (evtl. darüber hinaus) basierend auf ein mit Netto-Null-THGE-Zielsetzung kompatibles Szenario 2050. 	Bedingt, nicht kompatibel mit Szenarien EP 2050+. THGE stark überschätzt werden (was u.U. teure Zusatz-Reduktionsmassnahmen erfordert) Ja, bzgl. Emissionswahrheit best guess	Ja, Anreize für Stromeffizienz höher als mit M2 Ja, bei Stromeffizienz geringer als M1, bei Substitution von fossilen durch strombasierte Anwendungen höher, da künftige Emissionen in einen NNT-Szenario sinken.	Ja (weiterverfolgen). Die Gebäudephasen Betrieb und Erstellung sind auseinanderzuhalten. Erstellung: gegenwarts- und ggf. vergangenheitsbezogen, Betrieb gegenwarts- und ggf. zukunftsbezogen. Zusammen mit der Wahl des BM ist eine Matrix zu erstellen. Zeit von heute bis 2050 entspricht ungefähr der Lebensdauer der technischen Anlagen. Als Variante wichtig, um Konsequenzen abzuschätzen. Wo sind Veränderungen zu erwarten?

Quelle: Eigene Darstellung TEP, Carbotech und KOS (dieses Projekt)



5 Weiteres Vorgehen

Dieser Zwischenbericht zur Fragestellung F0 bildet einen methodischen Rahmen, der die Grundlage für die Ausarbeitung der übrigen Fragestellungen der Ausschreibung (F1 bis F4) bildet. Falls sich bei der Ausarbeitung dieser übrigen Fragestellungen Erkenntnisse ergeben, die für Methodik relevant sind, werden an dieser letzte Anpassungen in der letzten Projektphase vorgenommen und in der Schlussberichtsversion dieses Bericht publiziert.



6 Literaturverzeichnis

Alig M., Frischknecht R., Krebs L., Ramseier L., Stolz Ph. (2021). LCA of climate friendly construction materials - Final report v2.0. treeze Ltd. on behalf of Bundesamt für Energie BFE, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich AHB.

Röck M., Balouktsi M., Mendes Saade M. R., Rasmussen F. N., Hoxha E., Birgisdottir H., Frischknecht R., Habert G., Passer A. and Lützkendorf T. (2020) Embodied GHG emissions of buildings – Critical reflection of benchmark comparison and in-depth analysis of drivers. *In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **588**, pp. 032048, 10.1088/1755-1315/588/3/032048, retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032048>

Breton und Blanchet et al., (2018). Assessing the Climate Change Impacts of Biogenic Carbon in Buildings: A Critical Review of Two Main Dynamic Approaches.

Fankhauser und Smith et al., (2021). “The meaning of net zero and how to get it right”

Frischknecht R. und K. Pfäffli (2023, in Vorbereitung). Bilanzierung von Negativemissionen (NET) im Bauwesen. Laufendes Projekt Stadt Zürich.

Gugerli H., Pfäffli K. (2020). Netto-Null ist heute noch nicht erreichbar. <https://www.espazium.ch/>

Hoxha, E., et al. (2020). Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods. *Buildings and Cities*, pp. 504–524.

IPCC (2022).

Näf P., Sacher P., Dinkel F., Stettler C. (2021): Klimapositives Bauen. Ein Beitrag zum Pariser Absempfad. Forschungsprojekt von Nova Energie und Carbotech mit Unterstützung von Energie Schweiz und BAFU.

Pfäffli A. K. (2020). Graue Energie und Treibhausgasemissionen von wiederverwendeten Bauteilen: Methodik und Berechnung in Varianten am Fallbeispiel Gebäude K118 in Winterthur. im Auftrag der ZHAW und des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich.

SN EN 15804:2013+A2:2019, Module A-C

Tsiropoulos, I., Nijs, W., Tarvydas, D. and Ruiz Castello, P., Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050, EUR 29981 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-13097-0, doi:10.2760/062347, JRC118592.

Tanzer and Ramirez (2019). When are negative emissions negative emissions?”

WBCSD (2020). The Building System Carbon Framework.