



Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich (NN-THGG)

F4 Grundlagen für die Grenz- und Zielwertsetzung



Quelle: TEP Energy, 2024



Datum: 30. November 2024

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
Joachim Bagemihl, TEP Energy, joachim.bagemihl@tep-energy.ch
Cornelia Stettler, Carbotech, c.stettler@carbotech.ch

Begleitung durch Mitglieder des Projektteams der folgenden Projektteile:

K0: Christine Steiner Bächli, KOS
F2: Yasmine Priore, ETHZ und Thomas Jusselme, HEFR
F3: Amadea Tschannen, Interface

BFE-Projektbegleitung:

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

Mitglieder der Begleitgruppe (alphabetisch):

René Bäbler, KBOB
Tom Blindenbacher, 2000W-Gesellschaft
Olivier Brenner, EnDK
Christoph Gmür, MuKE
Adrian Grossenbacher, BFE
Niko Heeren, AHB Stadt Zürich
David Hiltbrunner, BAFU
Sabrina Krank, ETH Rat / BLO
Annick Lalive, SIA 2032

Andrea Lötscher, EnFK
Joe Luthiger, Verein NNBS
Andreas Meyer, Verein Minergie / Verein GEAK
Katrín Pfäffli, SIA 390/1
Roger Ramer, BAFU
Marianne Stähler, Verein Ecobau
Christoph Starck, SIA
Sabine von Stockar, Verein Minergie / Verein GEAK

BFE-Vertragsnummer: SI/502615-01

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



Zusammenfassung

Dieser Bericht ist Teil des Forschungsprojekts «Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich» und dokumentiert die Arbeiten zur Fragestellung der Grundlagen für die Setzung von Grenzwert und Zielwerten (F4 gemäss Ausschreibung des Bundesamts für Energie vom 17.11.2022). Der Bericht baut auf die im Teilprojekt F0 erarbeitete Definition von Gebäuden mit Netto-Null Treibhausgasemissionen und auf die konsolidierten methodischen Grundsätzen des Teilprojekts F0 auf.

Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Die Beantwortung der Fragestellung nach den Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Definitionen, Berechnungsmethoden, Datengrundlagen und Annahmen ergibt: Sowohl der SIA-Klimapfad (FprSIA 390/1: Entwurf zur Norm SIA 390/1, Stand Februar 2024) ebenso wie Minergie-(P/A)-ECO, definiert durch den Verein Minergie und den Verein Ecobau, beinhalten eine umfassende Emissionsbilanz über den Lebensweg eines Gebäudes. Darin sind alle relevanten Bereiche definiert. Gewisse Unterschiede sind bei einzelnen methodischen Ansätzen zu verzeichnen (und bei den Anforderungswerten, siehe weiter unten). Weitere Standards und Labels wie z.B. SNBS bzw. GEAK beziehen sich auf den SIA-Klimapfad oder auf Minergie-ECO oder liefern umgekehrt Grundlagen dazu. Diese decken nicht den ganzen Lebensweg ab, weshalb diese bei den Definitionen und den weiteren Betrachtungen im Kap. 3 nicht eigenständig erscheinen. Die wichtigsten Gemeinsamkeiten zwischen SIA-Klimapfad und Minergie-(P/A)-ECO sind folgende:

- Verwendung von gewissen grundlegenden Definitionen, Annahmen und Berechnungsroutinen, insbesondere da sich diese z.T. aufeinander bzw. auf gemeinsame Grundlagen beziehen (z.B. SIA 380, SIA 380/1, SIA 2032, KBOB-Ökobilanzdaten).
- Von Minergie, Ecobau und vom SIA-Klimapfad wird anerkannt, dass weder Nutz-, noch End-, noch Primärenergieeffizienz gute Indikatoren für tiefe oder gar null THG-Emissionen sind.
- Weil mit Minergie-ECO seit 2023 die THGE Erstellung einbezogen sind und die Emissionen Betrieb informativ ausgewiesen werden (gemäss GEAK-Methodik), decken Minergie-(P/A)-ECO und der SIA-Klimapfad die für NN THGE grundsätzlich relevanten Bereiche ab.
- Sowohl Minergie-(P/A)-ECO als auch der SIA-Klimapfad anerkennen in der Regel nur Massnahmen an, die einen Bezug zum Gebäude haben. Davon losgelöste Ansätze wie z.B. Zertifikate für Grünstrom oder Negativ-Emissionen werden grundsätzlich nicht anerkannt. Eine Ausnahme bildet der SIA-Klimapfad, der Strom aus neuen ökologischen Anlagen anerkennt.

Folgende methodischen Unterschiede zwischen Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad (FprSIA 390/1) sind zu nennen:

- Bilanzierung des von PV-Anlagen produzierten Stroms und der damit pro rata verbundenen Emissionen Erstellung: Bei Minergie wird der Eigenverbrauchsanteil (EVA) der PV Anlage im Gebäude auf Stundenbasis ermittelt. In der Erstellung werden bei Minergie zusätzlich 40% derjenigen Erstellungsemissionen, die auf den ins Stromnetz eingespeisten Strom pro rata entfallen würden, dem Gebäude zugerechnet. Sinngemäss wird bei der Ermittlung des anrechenbaren eigenverbrauchten PV Stromes zusätzlich zum tatsächlich eigenkonsumierten Strom noch 40% der ins Netz eingespeisten Menge bilanziell dem Eigenverbrauch zugeschlagen. Diese Berechnungsweise ist nicht WLC-konform. Beim SIA-Klimapfad wird der EVA WLC-konform auf Stundenbasis ermittelt, falls die Herkunftsnachweise (HKN) an Dritte abgegeben werden. Um Anreize für grössere PV-Anlagen zu setzen, kann der EVA auf Jahresbasis bestimmt werden (die HKN werden in diesem Fall nicht veräussert); diese methodische Variante ist allerdings nicht konform mit den WLC-Festlegungen dieses Projekts. Insgesamt resultieren zwischen Minergie und SIA--Klimapfad unterschiedliche anzurechnende THG-Emissionen Erstellung für dieselbe Anlagengrösse in derselben Situation. Diese Unterschiede sind bei der Beurteilung von Photovoltaik-Anlagen per se wesentlich, machen aber bei der Beurteilung ganzer Gebäude wenig aus (siehe Abbildungen Z1 und Z2, auch im Quervergleich).



- Für das Setzen von Anreizen anerkannt der SIA-Klimapfad gewisse Ökostrom-HKN bzw. -Zertifikate, sofern diese aus neuen Anlagen stammen und Mindestanforderungen an die ökologische Qualität erfüllen (z.B. wie bei nature made star). Minergie anerkennt keine Ökostrom-HKN oder -Zertifikate, stellt allerdings auch keine Anforderungen, bei denen dies relevant wäre. Namentlich werden die Emissionen Betrieb nur informativ ausgewiesen und unterliegen keinem expliziten Grenzwert (Emissionen werden indirekt beschränkt, siehe unten). Beide genannten Berechnungsmethoden von SIA-Klimapfad und Minergie sind nicht konform mit dem in diesem Projekt entwickelten WLC-Ansatz.
- Bei der Fernwärme rechnet der SIA-Klimapfad mit den effektiven Emissionen des Fernwärmeprodukts, Minergie verwendet projektspezifische Gewichtungsfaktoren in Abhängigkeit des fossilen Anteils an der individuell bezogenen Fernwärme.

Beim Setzen von Anforderungen und von Anreizen werden folgende Unterschiede zwischen Minergie und SIA-Klimapfad verzeichnet:

- Bei den Anforderungen an die Treibhausgasemissionen bezieht der SIA-Klimapfad die Emissionen des gesamten Lebenszyklus mit ein, während Minergie-(P/A)-ECO explizite Vorgaben nur bei den Emissionen Erstellung macht, nicht aber bei den Emissionen Betrieb. Letztere werden indirekt begrenzt: Zum einen stellt Minergie mittels Minergie-Kennzahl (MKZ) Anforderungen auf der energetischen Seite. Zum anderen wird der Einsatz von fossilen Energieträgern eingeschränkt: bei Gebäudeheizanlagen werden fossile Energieträger ausgeschlossen (mit Ausnahmen z.B. zur Spitzendeckung). Auch bei Nutzung von Fernwärme wird der fossile Anteil begrenzt.
- SIA 390/1 stellt systemische Anforderungen über beide Gebäudephasen (Erstellung und Betrieb) in Form von Zielwerten (konkret sog. Zusatzanforderungen für diese beiden Phasen) und schlägt für die beiden Phasen separate Richtwerte vor. Demgegenüber stellt Minergie separate Anforderungen je für die beiden Gebäudephasen, wobei diese z.T. projektabhängig sind, um projektspezifische Bedingungen zu berücksichtigen (z.B. werden für PV-Anlagen, Erdwärmesonden, Sonnenkollektoren die Grenzwerte erhöht).
- Anreize, grosse bzw. dachfüllende PV-Anlagen zu erstellen: Bei der Ermittlung der projektseitig zur Erreichung der Konformität notwendigen Anlagengrösse können in der Praxis z.T. bereits relativ kleine PV-Anlagen ausreichen. Minergie/ECObau und der SIA-Klimapfad verfolgen unterschiedliche Ansätze, um dennoch grössere PV-Anlagen zu beanreizen: Minergie verlangt eine Mindestgrösse (in % der nutzbaren Dachfläche) und der SIA-Klimapfad erlaubt optional bei Nicht-Veräusserung der HKN die Berechnung des EVA auf Jahresbasis, woraus Anreize für grössere Anlagen resultieren.

Welche Auswirkungen die unterschiedlichen methodischen Ansätze auf die Grenz- und Zielwerte der verschiedenen Standards und Labels haben, wird quantitativ aufgezeigt, indem diese Anforderungen¹ der verschiedenen Labels und Standards für die drei Gebäudetypen EFH, MFH und Bürogebäude auf eine gemeinsame Basis -- die in diesem Projekt vorgeschlagene WLC_{NN}-Methodik - umgerechnet werden (siehe exemplarisch die Abbildungen Z1 und Z2 für MFH). In diesen Abbildungen werden zum einen die nominellen Anforderungen von Minergie-(P/A)-ECO bzw. dem SIA-Klimapfad dargestellt (unter Berücksichtigung von ergänzenden Annahmen, falls erforderlich) und zum anderen die identischen Anforderungen umgerechnet gemäss den WLC_{NN}-Empfehlungen. Damit wird eine methodische und inhaltliche Vergleichbarkeit erreicht, auf deren Basis die Akteure ihre Schlussfolgerungen für ihre jeweiligen Weiterentwicklungen ziehen können (Anpassen von Berechnungsmethoden und Grundlagen, Setzen von Anforderungen, Positionierung am Markt etc.).

Inhaltlich werden bei den herausgegriffenen mit L/W-WP beheizten MFH-Neubauten bei Minergie-(P/A)-ECO folgende Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den proprietären (nominellen) Metriken und den Werten nach WLC_{NN}-Methodik ersichtlich:

¹ Der Begriff «Anforderung» ist hier und in der Folge als Sammelbegriff für die Begriffe Grenz-, Richt- und Zielwert der verschiedenen Normen, Standards und Labels zu verstehen.



- Grundsätzlich liegt das Niveau der Nominalwerte von Minergie-(P/A)-ECO in allen Fällen leicht unterhalb der nach WLC_{NN} berechneten Emissionswerte.
- Die Werte Emissionen «Erstellung» in Abbildung Z1 sind definitionsgemäss in beiden Metriken identisch (mit Ausnahme der Bewertung von PV-Anlagen). Deutlich erkennbar sind hier die 3 unterschiedlichen Niveaus Emissionen «Erstellung» zwischen Minergie, Minergie-ECO 1 und Minergie-ECO 2. Diese spannen einen Bereich zwischen knapp $18 \text{ kg CO}_{2eq}/\text{m}^2\text{a}$ (Minergie) und rund $12 \text{ kg CO}_{2eq}/\text{m}^2\text{a}$ (ECO 1) auf. Minergie-ECO 2 liegt in etwa mittig dazwischen.
- Bei der Summe der Emissionen Betrieb sind Unterschiede zwischen den nominalen Werten von Minergie-(P/A)-ECO und den nach WLC_{NN} umgerechneten zu verzeichnen. Die Emissionen für den Strombetrieb unterscheiden sich zwischen den einzelnen Minergie-Labels und WLC_{NN} , da zwar beiden der Emissionsfaktor CH Verbrauchermix zugrunde liegen aber die bilanziell aus dem Stromnetz bezogenen anzurechnenden Strommengen sich unterscheiden. Während bei WLC der geplante tatsächliche physische PV-Eigenverbrauch relevant ist, fällt bei Minergie die anzurechnende PV Eigenstrommenge höher und demzufolge der noch benötigte Netzstrom niedriger aus.
- Unterschiede zwischen den Metriken Minergie-ECO und WLC_{NN} sind auch bei den Emissionen Erstellung PV zu verzeichnen. Diese sind in allen Fällen bei Minergie höher, da Minergie auch Emissionen aus PV für netzeingespeisten Strom dem Gebäude zuschlägt. Die Auswirkungen auf die Gesamtemissionen sind jedoch relativ gering. Erkennbar ist zudem, dass beim Minergie A Label die Emissionen Erstellung der PV-Anlage gegenüber Minergie und Minergie P doppelt so hoch sind, da im Fall von Minergie A grössere PV Anlagen zur Erreichung der Konformität notwendig werden. Dies trifft analog auch auf die Werte gemäss WLC_{NN} zu.

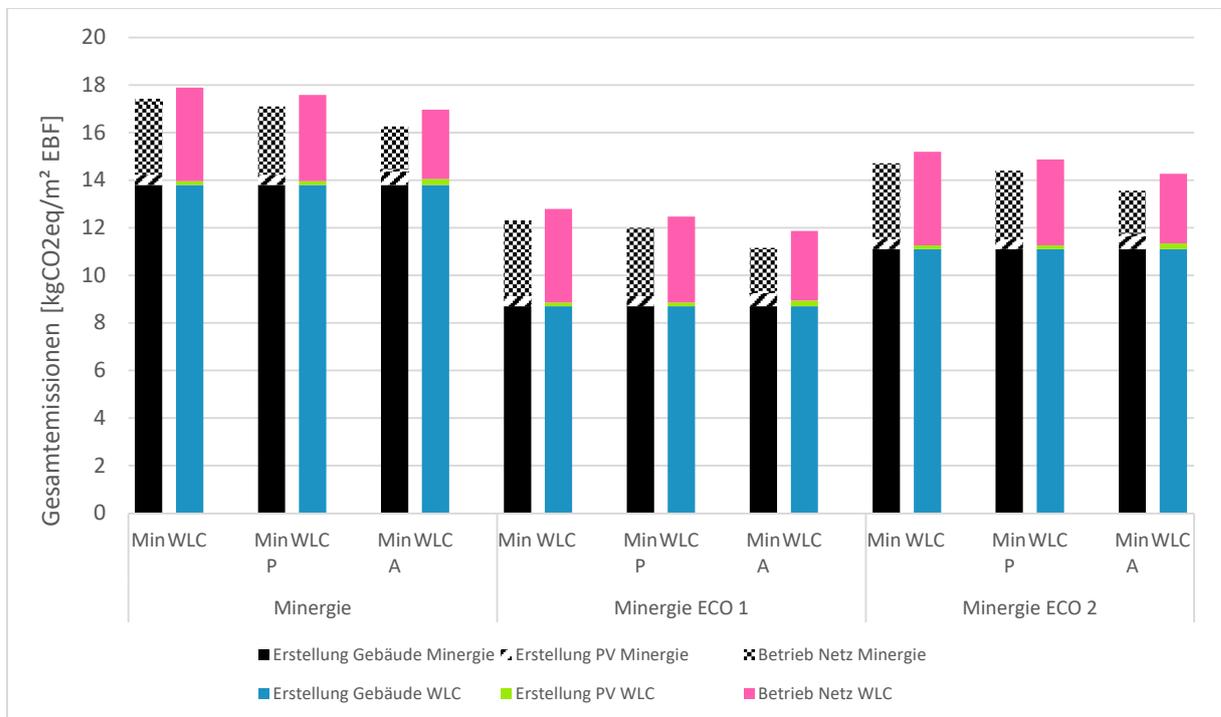


Abbildung Z1 Gesamtemissionen für einen mit WP beheizten MFH Neubau, einmal nach den nominalen Werten von Minergie-(P/A)-ECO inkl. Einbezug der Emissionen Betrieb (linke Säulen) und einmal umgerechnet gemäss WLC_{NN} -Methodik (rechte Säulen). Quelle: Berechnungen TEP Energy

Von Minergie nach Minergie P und Minergie A ist eine leichte Abnahme der Emissionen zu verzeichnen, welche bei Minergie P durch den geringeren Strombedarf der WP aufgrund höherer Anforder-



rungen an den zulässigen Heizwärmebedarf zu begründen ist und bei Minergie A durch die höhere PV Eigenerzeugung.

Beim SIA-Klimapfad (FprSIA 390/1) sind die folgenden Unterschiede zwischen den (nominellen) Metriken und den gemäss WLC_{NN}-Methodik umgerechneten Werten festzustellen:

- Bei den Emissionen Erstellung (ohne PV) definitionsgemäss keine Unterschiede zwischen den nominalen Werten und den Werten nach der Methode WLC_{NN} (siehe Abbildung Z2).
- Die Emissionen «Erstellung PV» sind zwischen SIA-Klimapfad und WLC_{NN} identisch in den Fällen mit HKN Verkauf, da hier gleichermassen die PV Emissionen pro rata im Hinblick auf den im Gebäude verbrauchten Strom zu Buche schlagen.
- Bzgl. der Phase Betrieb sind im Fall ohne HKN Verkauf verschiedene Unterfälle zu unterscheiden, wobei die Emissionen Erstellung PV der leichteren Vergleichbarkeit halber hier mitenthalten sind:
 - Die in der SIA-Klimapfad Metrik anzurechnenden Emissionen sind in diesem Fall 5-mal höher, da nicht nur die definitionsgemäss zu veranschlagenden 20%, sondern hier 100% der Emissionen der Erstellung PV anfallen. Dies macht allerdings «nur» rund 0.7 kg/m²a aus.
 - Demgegenüber sind die Emissionen Betrieb gegenüber dem Fall mit HKN deutlich geringer, wobei der anteilmässige Unterschied im Fall ohne Ökostrom (d.h. mit CH-Verbraucher mix) sehr viel ausgeprägter ist als im Fall mit Ökostrombezug.
- In der Summe der Emissionen Erstellung von PV und der Emissionen Betrieb (inkl. erforderlicher Netzbezug) sind die Emissionen nach WLC in drei der vier Varianten des SIA-Klimapfads sichtbar höher (um 1 bis 1.5 kg CO_{2eq}/m²a).

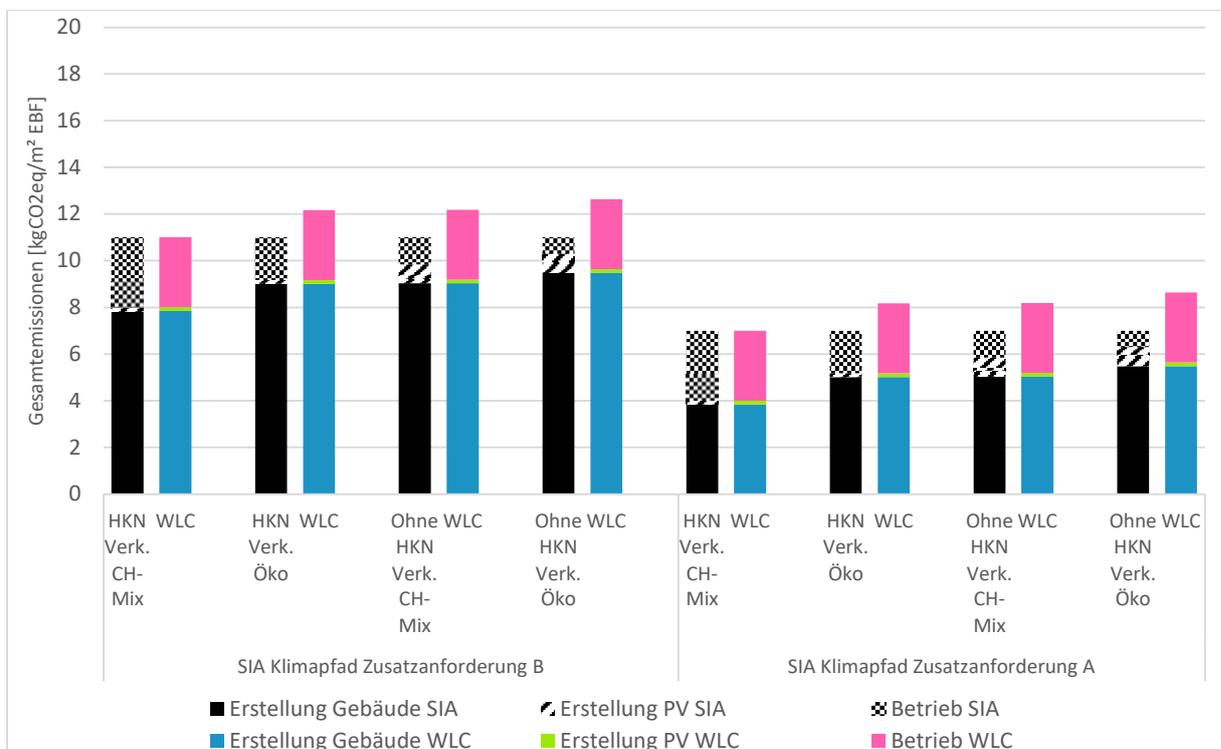


Abbildung Z2 Gesamtemissionen für einen mit L/W-WP beheizten MFH Neubau, einmal nach den nominellen Anforderungen des SIA-Klimapfads gemäss FprSIA 390/1 (jeweils linke Säule) und einmal umgerechnet gemäss WLC_{NN}-Methodik (jeweils rechte Säule). Quelle: Berechnungen TEP Energy.



In Abbildung S2 ist zudem das unterschiedliche Niveau der nominalen Gesamtemissionen zwischen den Zusatzanforderung B mit 11 kg CO_{2eq}/m²a und 7 kg CO_{2eq}/m²a für die Zusatzanforderung A bei allen vier Bilanzierungsvarianten erkennbar.

Bei den nach WLC_{NN} umgerechneten Anforderungen sind die Unterschiede zwischen Minergie-(P/A)-ECO und dem SIA-Klimapfad bzgl. des hier betrachteten L/W-WP beheizten MFH-Neubaus wie folgt einzuordnen:

- Die Zusatzanforderung B des SIA-Klimapfads liegt je nach Fall bei 11 bis 13 kg CO_{2eq}/m²a und damit in etwa im Bereich Minergie-ECO 1, aber tiefer als Minergie-ECO 2. Die resultierenden Werte der Erstellung liegen beim SIA-Klimapfad bei der Zusatzanforderung B zwischen 8 und knapp 10 kg CO_{2eq}/m²a und damit in etwa zwischen den Werten von Minergie-ECO 1 und ECO2.
- Die Zusatzanforderung A des SIA-Klimapfads liegt je nach Fall bei 7 bis 9 kg CO_{2eq}/m²a und damit deutlich tiefer als Minergie-ECO 1. Die resultierenden Werte der Erstellung liegen beim SIA-Klimapfad bei der Zusatzanforderung A zwischen 4 und gut 6 kg CO_{2eq}/m²a und damit deutlich tiefer als die Werte bei Minergie-(P/A)-ECO.

Lösungsansätze für Netto-Null Definition

Anschliessend an diese Vergleiche zwischen Minergie-(P/A)-ECO und dem SIA-Klimapfad werden Lösungsansätze für eine Netto-Null-Definition entwickelt und diskutiert. Dabei werden Vollständigkeit, Transparenz und Nachvollziehbarkeit, Überführbarkeit zwischen den verschiedenen Methoden, Vergleichbarkeit, Vereinheitlichung thematisiert und zuhanden von Minergie, Ecobau und SIA-Klimapfad werden Empfehlungen formuliert. Daraus abgeleitet werden die methodischen Ansätze und Empfehlungen für aufeinander abgestimmte Grenz- und Zielwerte (Kap.5), welche in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst sind.

Tabelle S1: Empfehlungen und Umsetzungshinweise an Minergie, Ecobau, SIA-Klimapfad und weitere bzgl. der verschiedenen Aspekte der WLC_{NN}-Methodik inkl. einem Vorschlag für die Priorisierung: Hoch = Grundlagen sind vorhanden, Umsetzung kann unmittelbar erfolgen. Mittel = Grundlagen sind weitgehend vorhanden, Umsetzung könnte mittelfristig erfolgen.

| Aspekte WLC _{NN} Methodik | Empfehlungen und Hinweise an Minergie, Ecobau, SIA-Klimapfad und weitere | Prio (Vorschlag) |
|---|--|--|
| Art und Zeitpunkt der Emissionsbilanzierung | | |
| Nutzungszeit Gebäude und Gebäudeelemente: Bilanzierung (F0.2.A): THGE beim Zeitpunkt ihres Auftretens bilanzieren und über Nutzungsdauer sukzessive über die Phasen der KBOB Bilanzierungsregeln akkumulieren | Es wird empfohlen, bei der Darstellung der Projektwerte und der Anforderungswerte nicht nur eine oder zwei Kennzahlen zu verwenden, sondern auch den jährlichen Verlauf der Emissionen darzustellen. Damit kann die Transparenz erhöht und die Hebel von Emissionsvermeidungen besser aufgezeigt werden. Beispielsweise fällt nur ein Teil der Emissionen Erstellung in den Phasen Herstellung und Errichtung A1 bis A5 an, denn die Ersatzemissionen fallen in der Nutzungsphase B1 bis B5 an. Die Entsorgung wiederum fällt in den Phasen C1 bis C4 an (zeitlich bei jeder Ersatzvornahme und beim Rückbau des Gebäudes). In einem ersten Schritt könnte dies in einem Forschungsprojekt aufgezeigt werden und in der Folge in SIA MB 2032 umgesetzt werden. | Für Einzelgebäudebetrachtung tief, für Portfolio-betrachtung hoch bis mittel |
| Nutzungszeit Gebäude und Gebäudeelemente: Bilanzierung: Amortisationsdauern (F0.2.B): Normierte Amortisationsdauern für den Standardfall von Normen, Standards, und Labels, welche die Planungsphase betreffen. | Für andere Anwendungsfälle: Umsetzung der Empfehlung aus SIA 2032, eine möglichst lange Nutzungsdauer anzustreben (ergänzende Hinweise siehe unten). | Hoch bis mittel |



| Aspekte WLC _{NN} Methodik | Empfehlungen und Hinweise an Minergie, Ecobau, SIA-Klimapfad und weitere | Prio (Vorschlag) |
|---|--|--|
| Temporäre Senken und Negativ-Emissionen Welche NET- Materialien gibt es und welche sind als temporäre Senken und welche als Negativ-Emissionen unter welchen Bedingungen anrechenbar? | | |
| <p>Sowohl mineralische, mineralisch-organische als auch organische Baustoffe sollen grundsätzlich anrechenbar sein, wobei folgende Bedingungen zu beachten sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die CO₂-Speicherung in mineralischen Baustoffen soll angerechnet werden (es ist davon auszugehen, dass dieses CO₂ langfristig aus der Atmosphäre entfernt wird). (F0.3.A) • Die CO₂-Speicherung in mineralisch-organischen und organischen Baustoffen soll angerechnet werden, wenn die dauerhafte Fernhaltung technisch und rechtlich/gesetzlich abgesichert oder wenn dadurch ein NN_{WLC-ready} Gebäude ermöglicht wird. (F0.3.D) • <i>Biogenes CO₂ ist «CO₂ neutral» (0/0 oder -1+1 gemäss EN 15804+A2).</i> (F0.3.B) • Erzielte negative Emissionen separat erfassen und ausweisen. Kein Saldieren auf Ebene Baumaterial und Bauelement (F0.3.C). | <p>Auf Ebene Baumaterial und Bauelement sollen die erzielten negativen Emissionen separat ausgewiesen werden.</p> <p>Auf Ebene Gebäude ist nebst dem separaten Ausweisen de facto auch ein Saldieren erforderlich, denn</p> <ul style="list-style-type: none"> • NN_{WLC} im Gebäudebereich ist letztlich nur durch das Anrechnen von Negativemissionen (NE) zu erreichen. • NN_{WLC-ready} ist letztlich nur durch das Anrechnen von temporären NE bzw. Temporären Senken (TS) zu erreichen. <p>Deshalb sollen Minergie/Ecobau und der SIA-Klimapfad NE und TS anerkennen. NE sollen – wie vom Bund für 2050 gefordert – nur schwer vermeidbare Emissionen ausgleichen können. Bei der Umsetzung ist auf folgende Punkte zu achten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solange die rechtlichen bzw. gesetzlichen Grundlagen für die Anrechenbarkeit von NE durch die Verwendung von biogenen Baumaterialien nicht gegeben sind (siehe oben), soll biogenes CO₂ von solchen Materialien als CO₂ neutral (0/0) – oder im Fall von NN_{WLC-ready} – als temporäre Senken (-1/+1) – bilanziert werden (nicht als Negativ-Emissionen). • NE nur für den Ausgleich von Gebäudeemissionen anrechnen. • NE von Baustoffen, deren Negativemissionswirkung mittels Verkauf entsprechender Zertifikate an Dritte abgegeben wird, dürfen nicht angerechnet werden. | <p>Hoch</p> <p>Hoch bis mittel</p> <p>Hoch</p> <p>Hoch</p> |
| Bilanzierung von Energie und Emissionen aus Eigenstromerzeugung, Netzbezug und Rücklieferung | | |
| <p>Bei rezyklierten oder wieder verwendeten Bauteilen und Materialien ist nur der damit verbundene Zusatzaufwand zu berücksichtigen (Cut-off für bereits erfolgte Emissionen) (F0.4.A und B).</p> | <p>Re-Use von Gebäudeelementen, Bauteilen und Materialien im Gebäudebereich und Recycling (in der Schweiz) ist der thermischen Verwertung (auch mit CCS) in der Regel vorzuziehen). Es wird empfohlen, dies näher zu analysieren und Umsetzungshilfen zu erarbeiten, unter welchen Bedingungen Re-Use, Recycling bzw. thermische Verwertung (mit CCS) anzustreben ist.</p> | <p>Mittel</p> |
| <p>Die grauen Emissionen von PV-Anlagen sind gemäss Eigenverbrauchsanteil (EVA) dem Gebäude und hierbei der Phase Erstellung zugeordnet. Ins Netz eingespeister Strom trägt die Umweltkennwerte von PV Strom (F.0.4.C).</p> | <p>Berechnungsmethodik: Minergie bzw. GEAK sowie bei SIA 390/1 mit jährlicher Bilanzierung sollten die Berechnungsmethodik anpassen, um die Berechnungsergebnisse näher an die Emissionsrealität heranzuführen: THGE Erstellung des PV Systems gemäss Eigenverbrauchsanteil (bei der Errichtung) verbuchen. Ins Netz eingespeister Strom trägt Umweltkennwerte von PV Strom; kein Abzug in Phase Betrieb. Letztlich sind die absoluten Abweichungen bei den Gesamtemissionen nicht allzu gross</p> | <p>Für Gesamtgebäudebetrachtung tief, für PV-Beurteilung hoch.</p> |
| <p>Der Eigenverbrauchsanteil soll mit stündlicher Auflösung bestimmen und aggregiert werden (F.0.4.D).</p> | <p>Gemäss «Emissionsrealität» sollte die Emissionsberechnung grundsätzlich mit stündlicher Auflösung erfolgen, d.h. Eigenverbrauch bzw. Netzbezug wird pro Stunde berechnet und auf eine Jahresbilanz, evtl. Monatsbilanz, aggregiert. Für die praktische Umsetzung können entsprechende Berechnungen für definierte Standardfälle durchgeführt werden, welche in der Folge in Nachweis-Berechnungsprogrammen hinterlegt werden. In spezifischen Fällen kann mit Programmen wie PVopti, WPesti oder dynamischen Simulationen gerechnet werden.</p> | <p>Hoch bis mittel</p> |



| Aspekte WLC _{NN} Methodik | Empfehlungen und Hinweise an Minergie, Ecobau, SIA-Klimapfad und weitere | Prio (Vorschlag) |
|---|--|---|
| Modellierung des Strommixes (und sinngemäss anderer leitungsgebundene Sekundärenergieträger) zur Berechnung der Emissionsfaktoren | | |
| Bilanzmodell (BM) für die Berechnung des Strommixes (F0.6.A): Als Übergangslösung mit dem BM für Gebäudeökobilanzen gemäss KBOB-Empfehlung 2009/1:2022 rechnen. | Künftig sollte bei der Berechnung des Strommixes und der Emissionsfaktoren ein realitätsnäheres BM gesucht und angewendet werden (im Nachgang an dieses Projekt zu erarbeiten). Umsetzung: siehe Bemerkung zu F.0.4.D). | Mittel (mittel - gering, falls F0.6.D umgesetzt wird) |
| Modellierung Strommix Schweiz, zeitlich Auflösung (F.0.6.B): Stundenwerte zu Jahresbilanzen aggregieren. | Kein Anpassungsbedarf, wird derzeit gemäss den «Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz» von KBOB, Ecobau und IPB (2024) so gehandhabt. | Gering (bereits umgesetzt) |
| Modellierung Strommix Schweiz, Gewichtung Nachfrageprofil (F0.6.C): Keine Gewichtung für den Vergleich mit Anforderungen oder behördlichen Vorgaben | Stundenwerte zur Verfügung stellen (betrifft: Anwendungsfall 2 und 3 gemäss Ziffer 4.1.1. der Norm SIA 380:2022) M3 (neu): Umsetzung: siehe Bemerkung zu F.0.4.D. | Mittel |
| Zeitlichkeit bei der Berechnung des Strommixes (F0.6.D): Die Zukunftsperspektive soll mitberücksichtigt werden (z.B. mitteln zwischen heute und 2050, evtl. darüber hinaus), Parallel dazu sollen die Anforderungswerte gemäss einem Reduktionspfad, der vom KIG abgeleitet ist, verschärft werden. | Umsetzung mittels eines (europäischen) Strommodells (wie sie z.B. im Rahmen der EP 2050+, von System Adequacy Studien etc. eingesetzt werden), dies basierend auf einem mit der Netto-Null-THGE-Zielsetzung kompatiblen Szenario (z.B. ZERO-Szenarien der EP 2050+). Die Frage der künftigen Entwicklung stellt sich sinngemäss auch beim Fernwärme-Mix und wir empfehlen dieselbe Herangehensweise, d.h. die Dekarbonisierungsstrategien der lokalen Energieunternehmen zu berücksichtigen. | Hoch bis mittel |

Quelle: TEP Energy, Carbotech, Projekt-Review, Begleitgruppe (dieses Projekt)

Weiterführende Arbeiten

Zu den methodischen Fragen, methodischen Ansätzen oder umsetzungsspezifischen Aspekten, die einer vertiefteren Untersuchung nach Abschluss dieses Projekts bedürfen, sind folgende Hinweise zu beachten:

- Berücksichtigung von emissions-ärmeren Materialien und Bauteilen (F0.1.B): Ökobilanzen von herstellereigenen Daten gemäss «Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz» von KBOB, Ecobau und IPB (2024). Es ist zu prüfen, ob die Verfahren zur Überführung von vorliegenden EPD in die Liste der Ökobilanzen vereinfacht werden sollten. Es wird empfohlen, die Liste der Ökobilanzen von herstellereigenen Daten online zur Verfügung zu stellen (statt als periodisch angepasste Excel-Liste), verbunden mit Schnittstellen (sog. API). Damit werden Aktualisierungen für die Anwendenden zeitnah und einfach nutzbar.
- Nutzungszeit Gebäude und Gebäudeelemente (F0.2.B): Es ist zu prüfen, ob die Referenzlebensdauern, die fallweise angepasst werden können (z.B. nach Gebäudetyp, geplantem oder umgesetztem Nutzungskonzept, Sanierungsstrategien und Produktdeklaration), einen Anreiz für längerlebige Produkte und längere Nutzungszeiten setzen können. Die methodischen Festlegungen dafür fehlen heute und sind im Nachgang zu diesem Projekt zu entwickeln. Ergebnisse könnten in der Folge durch Labels wie Minergie-(P/A)-ECO, SNBS etc. aufgegriffen werden.
- Künftige Entwicklung der Emissionen (Erweiterung von F0.6.D): In Bezug auf die Entwicklung der Emissionen aus Erstellung ist die Frage der Zukunftsentwicklung ebenfalls zu adressieren.

Die in der Tabelle S1 dargestellte WLC_{NN}-Methodik orientiert sich grundsätzlich an der Emissionsrealität, d.h. Emissionen werden über den Lebensweg so sach- und zeitgerecht wie möglich bilanziert und



ausgewiesen. Die Anwendung der Methodik an einzelnen Gebäuden führt hierbei nicht in jedem Fall zu Informationsanreizen, welche aus übergeordneter Sicht wünschenswert wären (z.B. aus Sicht der Energie- oder Klimastrategie des Bundes). Dies betrifft insbesondere den Bereich Eigenerzeugung von Strom. Folgende Ansätze können diese Diskrepanz überwinden (Tabelle S2):

Tabelle S2: Komplementäre Möglichkeiten zur Anreizsetzung im Bereich Eigenstromerzeugung und Rolle von Ökostrom.

| Anreizsetzung im Bereich Eigenstromerzeugung und Rolle von Ökostrom |
|---|
| Folgende Ansätze sind komplementär zur WLC _{NN} -Methodik und dienen der Anreizsetzung. Die Emissionen gemäss WLC _{NN} sind zur Sicherstellung der «Emissionsrealität» zwingend mit auszuweisen. |
| Eigenverbrauchsanteil mit normativ festgelegter Jahresbilanz (basierend auf stündlichen Werten) bestimmen: Falls keine stundenscharfe Berechnung möglich ist (z.B. in früher Planungsphase), kann der PV-Anteil mit einer normativ festgelegten Jahresbilanz berechnet werden (differenziert nach Gebäudetyp und Konstellation). Eine solche normative Festlegung könnte auch angewendet werden, um gezielt Anreize für grössere PV-Anlagen zu setzen (Anpassung des Anforderungswerts). In diesem Fall ist das Ergebnis der stündlichen Berechnung zwingend mit auszuweisen. |
| Erhöhen des Grenzwerts: Den Anforderungswert Erstellung (Grenzwert) bei der Verwendung von PV zu erhöhen (wie dies bei Minergie und Minergie-ECO der Fall ist), ist ein empfehlenswerter Ansatz, da die Anreizsetzung über den Anforderungswert erfolgt und nicht über die Anpassung der Berechnungsmethodik. Das Ergebnis mit der stündlichen Berechnung ist ebenfalls zwingend mit auszuweisen. Alternativ können systemische Anforderungen an die Summe von Erstellung + Betrieb gestellt werden (wie vom SIA-Klimapfad vorgeschlagen). |
| Zulassen von Zertifikaten: Zulassen der Anrechenbarkeit von Herkunftsnachweisen, die durch Neuanlagen generiert werden (wie es der SIA-Klimapfad in der FprSIA 390/1 vorschlägt), ist ein empfehlenswerter Ansatz, erneuerbare Stromerzeugung zu fördern. Weil de facto auch nach wie vor Strom aus dem Netz zu beziehen ist, ist der Anteil der anrechenbaren Herkunftsnachweise zu beschränken (z.B. auf 50% des Jahres-Stromverbrauchs des Gebäudes). |

Quelle: TEP Energy, Carbotech, Projekt-Review, Begleitgruppe (dieses Projekt)

Im Hinblick auf die Umsetzung der Zielsetzung «Netto-Null THGE im Gebäudebereich» wird nachfolgend auf Wunsch der Begleitgruppe eine Auslegeordnung gegeben, um verschiedene Anforderungsniveaus, die in der Praxis bereits verwendet oder ggf. zur Anwendung kommen könnten, zu erläutern und einzuordnen. Folgende Konzepte und Begrifflichkeiten werden adressiert:

- Minimierte Bruttoemissionen_{WLC,2025} (MinBE_{WLC,2025}) soll so definiert werden, dass die Anforderungen durch die Umsetzung von weitgehenden Massnahmen (Best available technology und best practice) bei Konzeption, Planung, Konstruktion und Materialisierung erreicht werden. Auch die betrieblichen Emissionen sind stark zu begrenzen (mittelfristig auf 0). Damit lassen sich die THGE über den Lebensweg gegenüber der heutigen Bauweise in substanziellem Ausmass vermeiden (siehe u.a. Teilprojekt F2: Priore et al. 2024). Als Anhaltspunkt für die inhaltliche Definition «Minimierte Bruttoemissionen» dient die Zusatzanforderung A gemäss SIA-Klimapfad.
- Minimierte Bruttoemissionen_{WLC} (MinBE_{WLC,Zeitindex}): Wieviel Emissionen schwierig zu vermeiden sind bzw. wie tief minimierte Bruttoemissionen_{WLC} sein sollen, ist abhängig vom jeweils aktuellen Stand der Technik und der Angebote der Baumaterialien und -elemente sowie der «zumutbaren» bzw. akzeptierten Vermeidungsmassnahmen. Deshalb wird empfohlen, den Begriff «minimierte Bruttoemissionen» mit einer Zeitangabe versehen, z.B. mit einem Zusatz: «heute bzw. 2025, 2035, 2050 etc.», dies im Sinne eines Absenkpfad. Die Werte sind mit Verweis auf den Stand der Technik und die Planungs- und Baupraxis festzulegen und die Werte sollen jeweils für den angegebenen Zeitpunkt gelten.



- Netto-Null-ready (NN_{WLC} -ready): Gebäude, bei denen temporäre Senken zur Anwendung kommen, welche zu einem späteren Zeitpunkt in permanente Negativ-Emissionen (NE) überführt werden, wenn sie tatsächlich nicht re-emittiert werden. Die temporären Senken, die als NE umgewandelt werden sollen, sollen an konkret zu benennende künftige Massnahmen geknüpft werden. Beispiele sind namentlich der Einsatz von biogenen Baustoffen und Materialien, auch wegen der Langlebigkeit im Bereich der Konstruktion. Dadurch werden temporäre Senken geschaffen, die später in Negativ-Emissionen umgewandelt werden können, um die Emissionen aus Erstellung und Betrieb auszugleichen. Voraussetzung für NN_{WLC} -ready ist eine weitergehende Reduktion der Bruttoemissionen, z.B. gemäss Zusatzanforderung A des SIA-Klimapfads umgerechnet nach der in diesem Bericht vorgeschlagenen WLC_{NN} -Methodik. Im Gegensatz zum NN_{WLC} Gebäude ist hierfür eine rechtlich verbindliche Absicherung nicht zwingend erforderlich. Bei der Bemessung der NE ist zu berücksichtigen, dass aus praktischen Gründen nicht die gesamten temporären Senken in NE überführt werden können und dass unvermeidbare Effizienzverluste, z.B. bei CCS, einzurechnen sind.
- Netto-Null (NN_{WLC}): Ein Gebäude mit netto null THGE (kurz „Netto-Null Gebäude“) weist ein Minimum an THGE für die Erstellung und im Betrieb über den gesamten Lebenszyklus auf (Minimierte Bruttoemissionen $_{WLC}$) und vermindert die verbleibenden THGE durch anrechenbare NE auf Ebene Baumaterialien und -element. Die Berechnung der THGE erfolgt nach den in diesem Projekt definierten methodischen Grundsätzen WLC. Anrechenbar sind Negativemissionen, wenn die dauerhafte Fernhaltung des biogenen CO_2 abgesichert ist.
- Absenkpfad: die Anforderungsniveaus können sowohl für den aktuellen Zeitpunkt (heutiger Neubau, heutige «Sanierung») oder für künftige Zeitpunkte angewandt werden. Weil sich die Sektoren Industrie (Produktion von Materialien und Gebäudeelementen) und Energie (Bereitstellung von Strom, Fernwärme und anderen Energieträgern) in den kommenden Jahren verändern werden, ist bei den Anforderungswerten jeweils eine Zeitlichkeit anzugeben, Abbildung Z3 schematisch dargestellt.

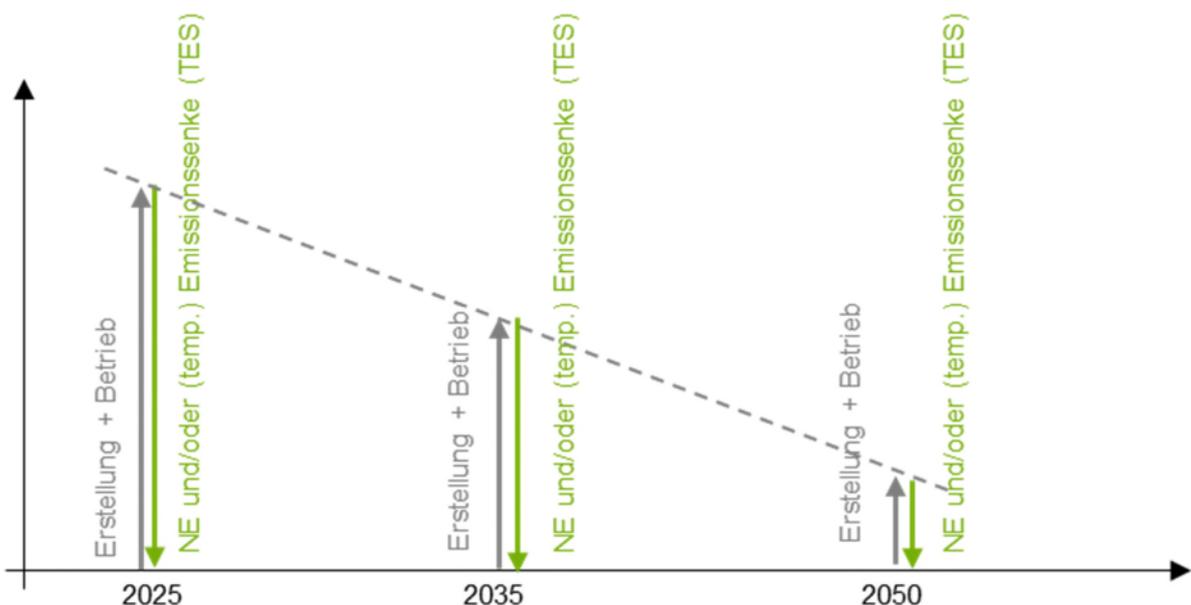


Abbildung Z3 Anforderungen an die Bruttoemissionen (Summe der verschiedenen Phasen und Scopes) sowie Bedarf an NE bzw. temporären Emissionssenken gemäss WLC-NN-Methodik für Neubauten, die 2025, 2035 respektive 2050 erstellt werden (schematische, aber skalenproportionale Darstellung). Quelle: TEP Energy



Take-home messages

Mit diesem Teilprojekt F4 des Forschungsprojekts «Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich» sind Grundlagen für die Setzung von Grenz- und Zielwerten geschaffen worden, auf welchen die verschiedenen Akteure, namentlich Bund, Kantone, Intermediäre im Bereich Standards und Labels (Minergie, ECO, GEAK SIA, NNBS etc.) sowie die Immobilien-, Bau- und Energiewirtschaft aufbauen können. Festzuhalten sind folgende Erkenntnisse und Umsetzungshinweise:

- Die Methoden von Minergie und Minergie-ECO sind nahe an der in diesem Projekt erarbeiteten Methodik, die sich am Whole-Life-Carbon (WLC) Ansatz orientiert. Durch die Anpassung der Berechnungsregeln zur Ermittlung der Emissionen von PV-Anlagen könnte die Kompatibilität mit WLCNN (und dem SIA-Klimapfad) erreicht werden. Der SIA-Klimapfad stimmt in einer seiner methodischen Varianten, bei welcher der Eigenverbrauchsanteil von PV-Anlagen und der Strombezug vom Netz stundenscharf bestimmt und die Herkunftsnachweise der PV-Anlage für den zurück gespeisten Strom verkauft werden, exakt mit der Methodik dieses Projekts überein.
- Mit dem in diesem Projekt entwickelten Konzept Netto-Null_{WLC}-ready wird es ermöglicht, bereits heute Gebäude auf den Weg zu bringen, welche künftig potenziell in ein Netto-Null_{WLC} überführt werden können. Dazu werden biogene Baustoffe (Dämmmaterialien, Holz) genutzt und damit temporäre Senken (TS) geschaffen. Diese können zu einem späteren Zeitpunkt in Negativ-Emissionen (NE) umgewandelt werden, wenn die entsprechenden Technologien wie BECCS und CCS bereitgestellt werden. Die temporären Senken sollen an konkret zu benennende künftige Massnahmen geknüpft werden.
- Eine weitgehende Reduktion (Minimierung) der Bruttoemissionen ist eine unabdingbare Voraussetzung für NN_{WLC}-ready Gebäude und auch aus übergeordneter Sicht erforderlich, weil das Potenzial an TS und NE stark begrenzt ist. Wie stark die Bruttoemissionen reduziert werden können, hängt vom Stand der Technik in den Bereich Baumaterialien und Energieproduktion und der Planungspraxis ab. Weil sich diese Bereiche aus Klimaschutzsicht in Richtung Netto-Null entwickeln müssen, ist es zielführend, Anforderungen an die Minimierung der Bruttoemissionen zu definieren, wobei diese im Sinne eines Absenkpfeils eine vorausschauende Anreizwirkung entfalten sollten.



Summary

This report is part of the research project "Net-zero greenhouse gas emissions in the building sector" and documents the work that provide fundamentals for setting limit and target values (F4 in accordance with the Federal Office of Energy's call for tenders of 17.11.2022). The report builds on the definition of buildings with net-zero greenhouse gas emissions developed in sub-project F0 and on the consolidated methodological principles of sub-project F0.

The following similarities and differences in the definitions, calculation methods, databases and assumptions are found: Both the SIA *Klimapfad* (FprSIA 390/1: draft standard SIA 390/1, as of Feb. 2024) and Minergie-(P/A)-ECO, defined by the Minergie association and the Ecobau association, include a comprehensive emissions balance over the life cycle of a building. This defines all relevant areas. There are certain differences in individual methodological approaches (and in the requirement values, see below). Other standards and labels such as SNBS or GEAK refer to the SIA *Klimapfad* (climate pathway) or Minergie or, conversely, provide a basis for them. These do not cover the entire life cycle, which is why they do not appear separately in the definitions and further considerations in Chapter 3. The most important similarities between the SIA *Klimapfad* and Minergie-(P/A)-ECO are as follows:

- Use of certain basic definitions, assumptions and calculation routines, especially as these relate in part to each other or to common principles (e.g. SIA 380, SIA 380/1, SIA 2032, KBOB life cycle assessment data).
- Both Minergie-(P/A)-ECO and the SIA *Klimapfad* recognize that neither useful, final nor primary energy efficiency are good indicators for low or even zero GHG emissions.
- Because Minergie-ECO has included GHG production since 2023 and provides information on operating emissions (in accordance with the GEAK methodology), Minergie-(P/A)-ECO and the SIA *Klimapfad* cover the areas that are fundamentally relevant for NZ GHG.
- Both Minergie-(P/A)-ECO and the SIA *Klimapfad* only recognize measures that are related to the building. Separate approaches, such as certificates for green electricity or negative emissions, are generally not recognized (except for the SIA *Klimapfad*, which recognizes electricity from new ecological installations).

The following methodological differences between Minergie-(P/A)-ECO and SIA *Klimapfad* (FprSIA 390/1) should be mentioned:

- Accounting for the electricity produced by PV systems and the associated pro rata emissions creation: With Minergie, the self-consumption share (EVA) of the PV system in the building is determined on an hourly basis. In addition, 40% of the embodied emissions that would be attributable to the electricity fed into the grid on a pro rata basis are allocated to the building as well. Equally so, 40% of the electricity fed into the grid is attributed to the buildings as well, in addition to the actual self-consumed electricity. This calculation method is not WLC-compliant. With the SIA *Klimapfad* way, the EVA is determined on an hourly basis in accordance with the WLC if the certificates of origin (HKN) are provided to third parties. To incentivize larger PV systems, the EVA can be determined on an annual basis (in this case, the certificates of origin are not sold). However, this methodological variant does not comply with the WLC specifications of this project. This results in different GHG emissions calculated between Minergie-(P/A)-ECO and the SIA *Klimapfad* for the same system size in the same situation. These differences are significant when assessing photovoltaic systems per se but make little difference when assessing entire buildings (see Figures S1 and S2, also in cross-comparison).
- To set incentives, SIA *Klimapfad* recognizes certain green electricity certificates, provided they originate from new systems and meet minimum requirements for ecological quality (e.g. as with nature made star). Minergie does not recognize such certificates, yet also does not set any



requirements for which this would be relevant; in particular, the emissions from operation are only shown for information purposes and are not subject to a limit value (yet they are constraint indirectly, see below). Both the SIA climate path and Minergie-ECO calculation methods mentioned are not conform to the WLC approach developed in this project.

- In the case of district heating, the SIA *Klimapfad* calculates with the actual emissions of the district heating product, while Minergie uses project-specific weighting factors depending on the fossil share of the individually purchased district heating.

The following differences between Minergie-(P/A)-ECO and the SIA *Klimapfad* are noted when setting requirements and incentives:

- In terms of greenhouse gas emissions requirements, the SIA *Klimapfad* considers the emissions of the entire life cycle, while Minergie-ECO only sets explicit requirements for embodied emissions, but not for operating emissions. The latter are limited indirectly: On the one hand, Minergie sets requirements on the energy side by means of the Minergie energy performance indicator (MKZ). On the other hand, the use of fossil fuels is restricted: fossil fuels are excluded from building heating systems (with exceptions, e.g. for peak coverage). The proportion of fossil fuels is also limited when using district heating.
- SIA 390/1 sets systemic requirements for both building phases (construction and operation) in the form of limit and target values (specifically so-called additional requirements for these two phases) and proposes separate guide values for the two phases. In contrast, Minergie sets separate requirements for each of the two building phases, whereby these are partly project-dependent to take project specific conditions into account (e.g. the limit values are increased for PV systems, geothermal probes, solar collectors).
- Incentives to install large or roof-filling PV systems: When determining the system size required on the project side to achieve compliance, relatively small PV systems may already be sufficient in practice. Minergie and the SIA *Klimapfad* pursue different approaches at to incentivize larger PV systems: Minergie requires a minimum size (as a % of the usable roof area) and the SIA *Klimapfad* optionally allows the EVA to be calculated on an annual basis if the HKN is not sold, which results in incentives for larger systems.

The effects of the different methodological approaches on the limit and target values of the various standards and labels are shown quantitatively by converting the requirements² of the various labels and standards for three building types - single-family homes, multi-family homes and office buildings - to a common basis -- the WLC_{NZ} methodology proposed in this project (see Figures S1 and S2 for multi-family homes as examples). In these figures, the nominal requirements of Minergie-(P/A)-ECO or the SIA *Klimapfad* are shown on the one hand (considering additional assumptions if necessary) and, on the other hand, the identical requirements are converted in accordance with the WLC_{NZ} recommendations. This achieves comparability in terms of methods and content, based on which the actors can draw their conclusions for their respective further developments (adaptation of calculation methods and principles, setting of requirements, positioning on the market, etc.).

In terms of content, the following similarities and differences between the proprietary (nominal) metrics and the values according to the WLC_{NZ} methodology are visible for the new MFH buildings heated with air/water heat pumps selected here:

- In principle, the level of the nominal values of Minergie is in all cases slightly below the emission values calculated according to WLC_{NZ}.
- First, it can be noted that the "embodied" emissions values in Figure S1 definitions are identical in both metrics. The 3 different levels of embodied emissions between Minergie, Minergie ECO1 and Minergie ECO 2 are clearly recognizable here. These range between just

² The term "requirement" is to be understood here and in the following as a collective term for the terms limit, guideline and target value of the various norms, standards and labels.



under +/-18 kg CO /m_{2eq}² a (Minergie) and +/-12 kg CO /m_{2eq}² a (ECO 1). Minergie ECO 2 lies roughly in the middle between.

- There are differences between the nominal values of Minergie-(P/A)-ECO and those converted according to WLC_{NZ} in the total emissions for operation. The emissions for electricity operation differ between the individual Minergie-ECO labels and WLC_{NZ}, since the attributable quantity of electricity drawn from the grid in the Minergie case is lower than in WLC_{NZ}, while both quantities are based on the CH consumer mix emission factor.
- Differences between the Minergie and WLC_{NZ} metrics can equally be seen in the emissions from "PV generation ". These are higher in all cases for Minergie, as Minergie also adds emissions from PV for electricity fed into the grid to the building, but the impact on total emissions is relatively small. It can also be seen that the emissions from the creation of the PV system are twice as high for the Minergie A label compared to Minergie and Minergie P, as larger PV systems are required to achieve compliance. This also applies analogously to the values according to WLC_{NZ}.

From Minergie towards Minergie P and towards Minergie A, a slight decrease in emissions can be seen in each case, which in the case of Minergie P is due to the lower electricity requirement of the HP due to the higher requirements for the permissible heating demand and in the case of Minergie A due to the higher own PV generation.

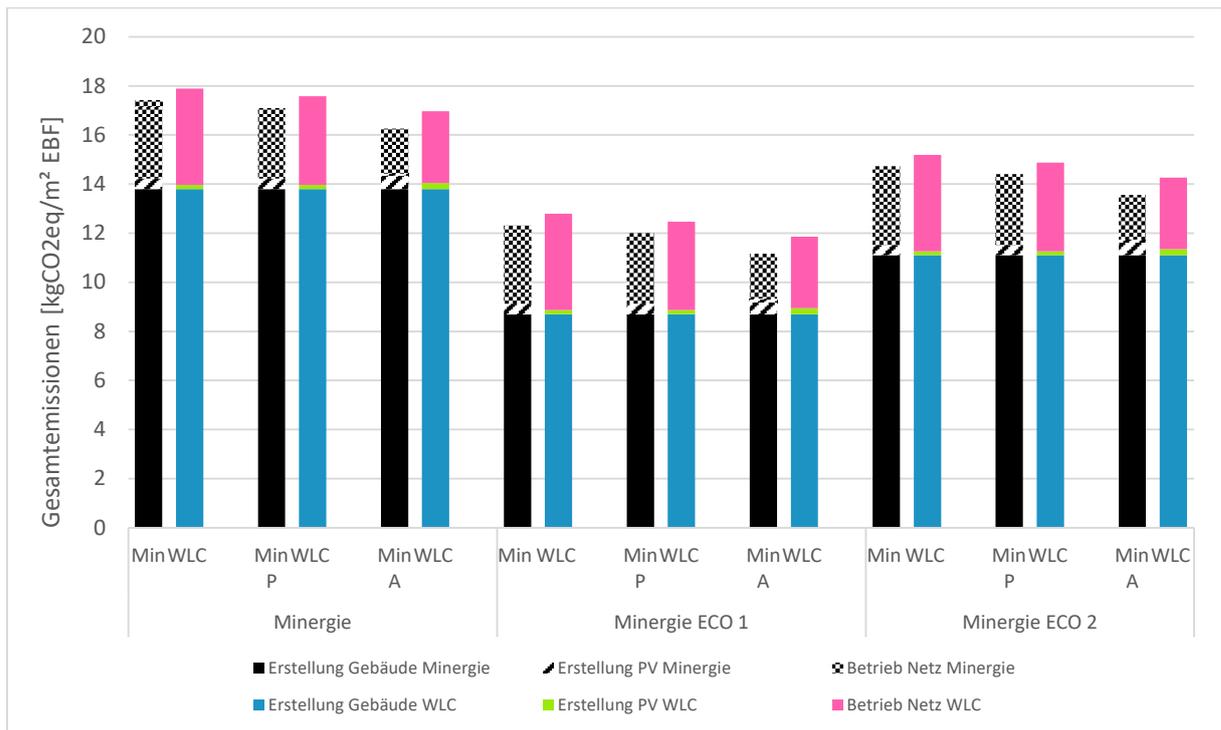


Figure S1 Total emissions for a new MFH building heated with a heat pump, once according to the nominal values of Minergie-(P/A)-ECO including emissions from operation (left-hand column in each case) and once calculated according to the WLC_{NZ} methodology (right-hand column in each case). Source: Calculations by TEP Energy

For the SIA *Klimapfad* (FprSIA 390/1), the following differences can be observed between the (nominal) metrics and the values converted according to the WLC_{NZ} methodology:

- There are also no differences between the nominal values and the values according to the WLC_{NZ} method for the SIA *Klimapfad* for embodied emissions (without PV) (see Figure S2).



- The « PV generation » emissions are identical between the SIA *Klimapfad* and the WLC_{NZ} in the cases with HKN sales, as the PV emissions are accounted for pro rata in relation to the electricity consumed in the building.
- Regarding the operational phase and the case of HKN sales, a distinction must be made between different sub-cases, whereby the emissions from PV generation are included here for ease of comparison:
 - The emissions to be considered in the SIA *Klimapfad* metric are 5 times higher, as not only the 20% to be estimated, but 100% of the embodied emissions of PV at are incurred here. However, this «only» amounts to around 0.7 kg/ma.²
 - In contrast, emissions from operation are very significantly lower compared to the case with HKN, whereby the proportional difference in the case without green electricity (i.e. with a CH consumer mix) is much more pronounced than in the case with green electricity.
- In three of the four variants of the SIA climate path, the emissions according to WLC are visibly higher (by 1 to 1.5 kg CO_{2eq}/m²a) in the sum of the emissions from the construction of PV and the emissions from the operation of the grid supply

Figure S2 also shows the different levels of nominal total emissions between the additional requirement B with 11 kg CO_{2eq}/m²a and 7 kg CO_{2eq}/m²a for the supplementary requirement A for all four balancing variants.

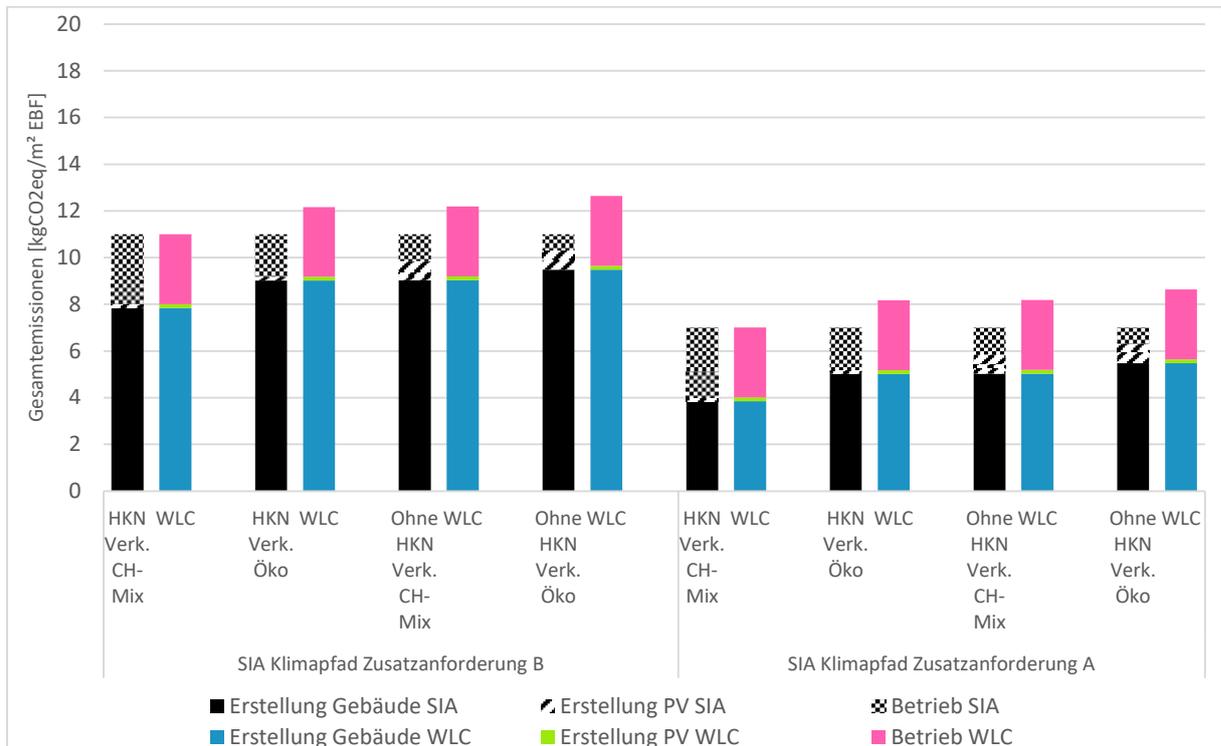


Figure S2 Total emissions for a new MFH building heated with a heat pump, once according to the nominal requirements of the SIA *Klimapfad* according to FprSIA 390/1 (left column) and once converted according to the WLC_{NZ} methodology (right column). Source: Calculations TEP Energy

For the requirements converted according to WLC_{NZ}, the differences between Minergie-(P/A)-ECO and the SIA *Klimapfad* regarding the new MFH building heated by L/W HP considered here can be classified as follows:



- The supplementary requirement B of the SIA *Klimapfad* is between 11 and 13 kg CO_{2eq}/m²a, depending on the case, and therefore roughly in the Minergie ECO 1 range, but lower than Minergie ECO 2. The resulting values for the embodied emissions of the SIA *Klimapfad* for the supplementary requirement B are between 8 and just under 10 kg CO_{2eq}/m²a and therefore roughly between the values of Minergie ECO 1 and ECO2.
- The supplementary requirement A of the SIA *Klimapfad* is between 7 and 9 kg CO_{2eq}/m²a, depending on the case, and thus significantly lower than Minergie ECO 1. The resulting values for embodied emissions of the SIA *Klimapfad* are between 4 and a good 6 kg CO_{2eq}/m²a for the supplementary requirement A and thus significantly lower than the values for Minergie-(P/A)-ECO.

Following these comparisons between Minergie-(P/A)-ECO and the SIA *Klimapfad*, possible solutions for a common net zero definition are developed and discussed. In doing so, full constantly, transparency and comprehensibility, transferability between the different methods, comparability and standardization are addressed and recommendations are formulated for Minergie, Ecobau and SIA *Klimapfad*. The methodological approaches and recommendations for coordinated limit and target values are derived from this (Chap.5), which are summarized in the following table, are derived from this.

Table S1: Recommendations and implementation instructions for Minergie, Ecobau, SIA *Klimapfad* and others regarding the various aspects of the WLC_{NZ} methodology, including a proposal for prioritization: High = Basic principles are available, implementation can take place immediately. Medium = Basic principles are largely available; implementation could take place in the medium term.

| Aspects of WLC _{NZ} Methodology | Recommendations and references to Minergie, Ecobau, SIA <i>Klimapfad</i> and others | Prio (proposal) |
|--|---|---|
| Type and timing of emissions accounting | | |
| Useful life of buildings and building elements: Accounting (F0.2.A): GHGs are recognized at the time of their occurrence and accumulated successively over their useful life using the phases of the KBOB accounting rules | It is recommended that not only one or two key figures be used when presenting the project values and for emission values, but that the annual progression of emissions also be presented. This can increase transparency and thus better highlight the leverage of emission reductions. For example, only some of the emissions are generated in the building phases A1 to A5 (production and construction), as the replacement emissions are generated in phases B1 to B5. As a first step, this could be demonstrated in a research project and subsequently implemented in SIA MB 2032. | Low for individual buildings, high to medium for portfolios |
| Useful life of buildings and building elements: Accounting: Amortization last (F0.2.B): Standardized amortization periods for the standard case of norms, standards and labels relating to the planning phase. | For other applications: Implementation of the recommendation from SIA 2032 to strive for the longest possible service life (see below for additional information). | High to medium |



| Aspects of WLC _{NZ} Methodology | Recommendations and references to Minergie, Ecobau, SIA <i>Klimapfad</i> and others | Prio (proposal) |
|--|--|--|
| Temporary sinks and negative emissions | | |
| Which NET materials are available, and which can be counted as temporary sinks and which as negative emissions under which conditions? | | |
| <p>Mineral, mineral-organic and organic building materials should all be eligible, whereby the following conditions must be observed:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ storage in mineral building materials should be net (it can be assumed that this CO₂ will be removed from the atmosphere in the long term). (F0.3.A) • CO₂ storage in mineral-organic and organic building materials is to be considered if the permanent remote storage is technically and legally/legally secured or if this makes an NZ_{WLC}-ready building possible. (F0.3.D) • <i>Biogenic CO₂ is "CO₂ neutral" (0/0 or -1/+1 according to EN 15804+A2).</i> (F0.3.B) • Record and report negative emissions separately. No offsetting at building material and building element level (F0.3.C). | <p>At building material and component level, the negative emissions achieved are to be reported separately from .</p> <p>At the building level, in addition to the separate wei sen, it is de facto also necessary to balance the for</p> <ul style="list-style-type: none"> • NZ_{WLC} in the building area can ultimately only be achieved by offsetting negative emissions (NE). • NZ_{WLC-ready} can ultimately only be achieved by taking temporary NE or temporary sinks (TS) into account. <p>For this reason, Minergie, Ecobau and the SIA <i>Klimapfad</i> should recognize NE and TS. NE should - as required by the federal government for 2050 - only be able to offset emissions that are difficult to avoid ba . The following points must be taken into account during implementation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • As long as the legal or statutory basis for the accountability of NF from the use of biogenic building when materials are not in place (see above), biogenic CO₂ from such materials should be accounted for as CO₂ neutral (0/0) - or in the case of NZ_{WLC} - ready - as temporary sinks (-1/+1) (not as negative emissions). • NE only for the compensation of building emissions. • NE of building materials whose negative emission effect is transferred to third parties through the sale of corresponding certificates may not be considered. | <p>High</p> <p>High to medium</p> <p>High High</p> |
| Accounting of energy and emissions from in-house electricity generation, grid procurement and redelivery | | |
| <p>In the case of recycled or reused building parts and materials, only the associated additional expenditure is to be considered (cut-off for emissions already produced) (F0.4.A and B).</p> | <p>Re-use of building elements, components and materials in the building b sector and recycling (in Switzerland) is generally presumably preferable to thermal recovery (also with CCS)). It is recommended that this be analyzed in more detail and that implementation aids be developed to determine the conditions under which reuse, recycling and thermal recovery (with CCS) should be pursued.</p> | <p>Medium</p> |
| <p>The gray emissions of PV systems are allocated to the building according to the self-consumption share (EVA) and the construction phase. Electricity fed into the grid has the environmental characteristics of PV electricity (F.0.4.C).</p> | <p>Calculation methodology: Minergie or GEAK as well as SIA 390/1 with annual balancing should adapt the calculation methodology to bring the calculation results closer to the emissions reality: GHG creation of the PV system according to own consumption share (during construction). Electricity fed into the grid carries environmental characteristics of PV electricity, no deduction in the operational phase. Ultimately, the absolute deviations in total emissions are not too great</p> | <p>Low for overall building assessment, high for PV assessment</p> |
| <p>The share of self-consumption should be determined and aggregated with hourly resolution (F.0.4.D).</p> | <p>According to "emissions reality", emissions should always be calculated with hourly resolution, i.e. self-consumption or grid consumption is calculated per hour and aggregated to an annual balance, possibly a monthly balance. For practical implementation, corresponding calculations can be carried out for defined standard cases, which are then stored in verification calculation programs. In specific cases, calculations can be made using programs such as PVopti, WPesti or dynamic simulations.</p> | <p>High to medium</p> |



| Aspects of WLC _{NZ} Methodology | Recommendations and references to Minergie, Ecobau, SIA <i>Klimapfad</i> and others | Prio (proposal) |
|--|---|---|
| Modeling the electricity mix (and similarly other grid-bound secondary energy sources) to calculate the emission factors | | |
| Balance model (BM) for calculating the electricity mix (F0.6.A): As an interim solution with the BM for buildings eco balances in accordance with KBOB recommendation 2009/1:2022. | In future, a more realistic BM should be sought and applied when calculating the electricity mix and emission factors (to be developed as a follow-up to this project). Implementation: see comment on F.0.4.D). | Medium (medium - low, if F0.6.D is implemented) |
| Modeling electricity mix Switzerland, temporal resolution (F.0.6.B): Aggregate hourly values to annual balances. | No need for adjustment, currently handled in accordance with the "Rules for the Life Cycle Assessment of Building Materials and Building Products in Switzerland" by KBOB, Ecobau and IPB (2024). | Low (already implemented) |
| Modeling of the Swiss electricity mix, weighting of the demand profile (F0.6.C): No weighting for comparison with requirements or official specifications | Provide hourly values (concerns: use cases 2 and 3 in accordance with section 4.1.1. of the SIA 380:2022 standard) M3 (new): Implementation: see comment on F.0.4.D. | Medium |
| Temporality in the calculation of the electricity mix (F0.6.D): The future perspective should also be considered (e.g. averaging between today and 2050, possibly beyond), while at the same time the requirement values should be tightened in accordance with a reduction path derived from the CIP. | Implementation by means of a (European) electricity model (such as those used in the EP 2050+, system adequacy studies, etc.), based on a scenario compatible with the net-zero DHGE target (e.g. ZERO scenarios of the EP 2050+). The question of future development also arises for the district heating mix according to and we recommend the same approach, i.e. considering the decarbonization strategies of local energy at. | High to medium |

Source: TEP Energy, Carbotech, project review, support group (this project)

The following notes should be noted on methodological questions, methodological approaches or implementation-specific aspects that require more in-depth investigation after completion of this project:

- Consideration of lower-emission materials and building components (F0.1.B): Life cycle assessments of manufacturer-specific data in accordance with "Rules for the life cycle assessment of building materials and building products in Switzerland" by KBOB, Ecobau and IPB (2024). It should be examined whether the procedures for transferring existing EPDs to the list of life cycle assessments should be simplified. It is recommended that the list of life cycle assessments of manufacturer-specific data be made available online (instead of as a periodically updated Excel list), linked to an interface (API). This makes updates prompt and easy to use for users.
- Period of use of buildings and building elements (F0.2.B): It should be examined whether the reference service life durations, which can be adjusted on a case-by-case basis (e.g. according to building type, planned or implemented utilization concept, refurbishment strategies and product declaration), can provide an incentive for longer life products and longer periods of use. The methodological specifications for this are currently lacking and are to be developed as a follow-up to this project. Results could subsequently be taken up by labels such as Minergie-(P/A)-ECO, SNBS etc.
- Future development of emissions (extension of F0.6.D): Regarding the development of emissions from production, the question of future development must also be addressed.

The WLC_{NZ} methodology shown in Table S1 is based on the reality of emissions, i.e. emissions are accounted for and reported over the life cycle as accurately and timely as possible. Applying the



methodology to individual buildings does not always lead to information incentives that would be desirable from an overarching perspective (e.g. from the perspective of the federal government's energy or climate strategy). This applies in be son particular to the area of self-generation of electricity. The following approaches can overcome this discrepancy via (Table Z2):

Table S2: Complementary options for incentivizing self-generated electricity and the role of green electricity.

| Incentives in the area of self-generated electricity and the role of green electricity |
|--|
| The following approaches are complementary to the WLC_{NZ} methodology and serve to set incentives. The emissions according to WLC_{NZ} must be reported to ensure "emissions reality". |
| Determine self-consumption share with standardized annual balance (based on hourly values): If an hourly calculation is not possible (e.g. in the early planning phase), the PV share can be calculated using a standardized annual balance (differentiated by building type and constellation). Such a normative definition could also be used to provide targeted incentives for larger PV systems (adjustment of the requirement value). In this case, the result of the hourly calculation must also be shown. |
| Increase the limit value: Increasing the creation requirement value (limit value) when using PV (as is the case with Minergie and Minergie ECO) is a recommendable approach, as the incentive is set via the requirement value and not by adjusting the calculation methodology. The result with the hourly calculation is also mandatory. Alternatively, systemic requirements can be placed on the sum of embodied + operational emissions (as proposed by the SIA <i>Klimapfad</i>). |
| Allow certificates: Allowing the eligibility of guarantees of origin generated by new installations (as proposed by the SIA <i>Klimapfad</i> in FprSIA 390/1) is a recommended approach to promoting renewable electricity generation. Because de facto electricity still must be obtained from the grid, the proportion of eligible guarantees of origin should be limited (e.g. to 50% of the building's annual electricity consumption). |

Source: TEP Energy, Carbotech, project review, support group (this project)

Regarding the implementation of the "Net-zero GHG in Buildings" objective, an overview is provided below at the request of the monitoring group to explain and classify various requirements rungs levels that are already used in practice or could possibly be applied. The following concepts and terms are addressed:

- Minimized gross emissions $_{SWLC}$, 2025 (MinBE $_{WLC}$, 2025) should be defined in such a way that the requirements are achieved through the implementation of extensive measures (best available technology and best practice) in design, planning, construction and materialization. Operational emissions are also to be greatly limited (to 0 in the medium term). As a result, GHG emissions can be substantially reduced over the life cycle compared to current construction methods (see, for example, part project F2 Priore et al. 2024). The supplementary requirement A according to the SIA *Klimapfad* serves as a reference point for the definition of "minimized gross emissions".
- Minimized gross emissions $_{SWLC}$ (MinBE $_{WLC}$, Time index): How many emissions are difficult to avoid or how low minimized gross emissions $_{SWLC}$ should be depends on the current state of the art and the range of building materials and elements as well as the "reasonable" or accepted avoidance measures, also from an economic point of view. It is therefore recommended that the term "minimized gross emissions" is given a date, e.g. with the addition: "today or 2025, 2035, 2050 etc.", in the sense of a decarbonisation pathway. The values should be defined with reference to the state of the art of planning and construction practice, and the values should apply to the specified point in time.
- Net zero-ready (NZ $_{WLC}$ -ready): Buildings for which temporary sinks are used which are converted into permanent negative emissions (NE) at a later date if they are not actually re-emitted. The temporary sinks that are to be converted into NE should be linked to specific



future measures to be specified. Examples include, in particular, the use of biogenic building materials and materials alien, also due to their durability in the area of construction. This creates temporary sinks that can later be converted into negative emissions to offset the emissions from construction and operation. The prerequisite for NZ_{WLC}-ready is a further reduction in gross emissions, e.g. in accordance with supplementary requirement A of the SIA *Klimapfad* converted using the WLC_{NZ} methodology proposed in this report.

In contrast to the NZ_{WLC} building, a legally binding guarantee is not mandatory for this. When calculating the SD, it must be considered that, for practical reasons, not all temporary sinks can be converted into SD and that unavoidable efficiency losses, e.g. with CCS, must be considered.

- Net zero (NZ_{WLC}): A building with net zero GHG emissions (in short "net zero building") has a minimum of GHG emissions for construction and operation over the entire life cycle (minimized gross emissions_{WLC}) and reduces the remaining GHG through attributable NE at the level of building materials and elements. The GHG is calculated in accordance with the WLC methodological principles defined in this project. Negative emissions can be offset if the permanent removal of biogenic CO₂ is ensured.
- Reduction path: the requirement levels can be applied both for the current time point (today's new buildings, today's "refurbishment") or for future time points. Because the industry (production of materials and building elements) and energy sectors will change in the coming years, a time period must be specified for each of the requirement values, as shown schematically in Figure S3.

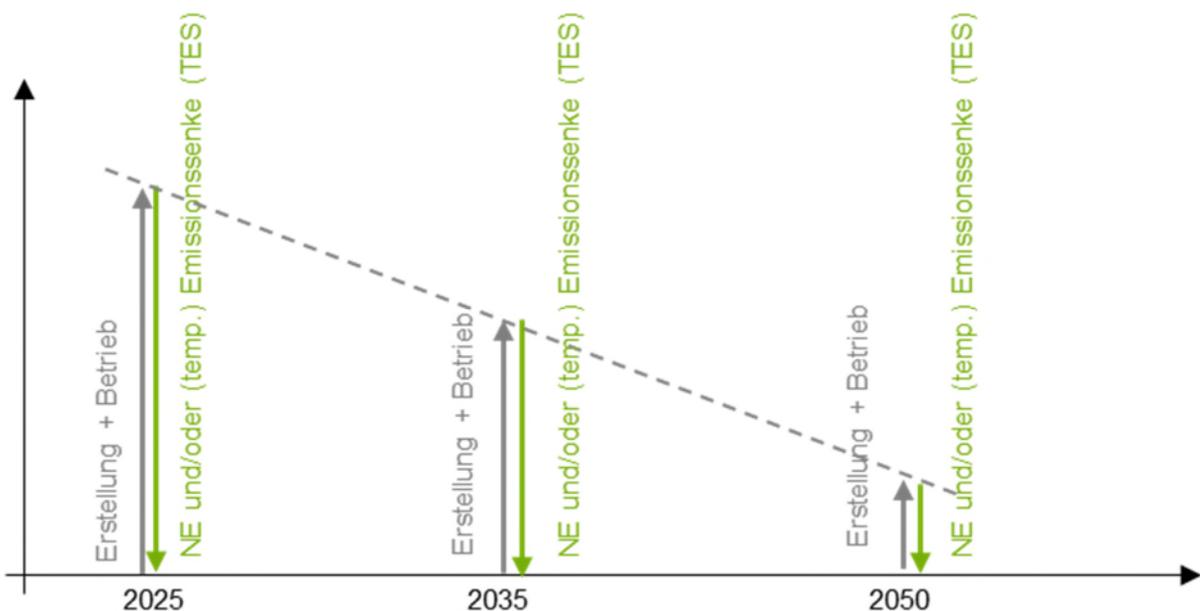


Figure S3 Requirements for gross emissions (sum of the various phases and scopes) and need for SD or temporary emission reductions according to the WLC-NZ methodology for new buildings constructed in 2025, 2035 and 2050 respectively (schematic, but scale-proportional representation). Source: TEP Energy.



Take home messages

This sub-project F4 of the research project 'Net-zero greenhouse gas emissions in buildings' has created a basis for setting limit and target values on which the various stakeholders, namely the federal government, cantons, intermediaries in the area of standards and labels (Minergie, ECO, GEAK SIA, NNBS etc.) and the property, construction and energy industries can build. The following findings and implementation tips should be noted:

- The Minergie and Minergie-ECO methods are close to the joint methodology developed in this project, which is based on the whole-life carbon (WLC) approach. The SIA climate path corresponds exactly to the methodology of this project in one of the methodological variants, in which the self-consumption share of PV systems and the electricity drawn from the grid are determined on an hourly basis and the guarantees of origin of the PV system for the electricity fed back into the grid are sold.
- The net-zero WLC-ready concept jointly developed in this project makes it possible to get buildings off the ground today that potentially can be converted to a net-zero WLC in the future. Biogenic building materials (insulation materials, wood) are used for this purpose, creating temporary sinks (TS). These can be converted into negative emissions (NE) at a later date, if the corresponding technologies such as BECCS and CCS are provided. The temporary sinks should be linked to specific future measures.
- A far-reaching reduction (minimisation) of gross emissions is an indispensable prerequisite for NNWLC-ready buildings and is also necessary from an overarching perspective because the potential for TS and NE is very limited. The extent to which gross emissions can be reduced depends on the state of the art in building materials and energy production and on planning practice. Because these areas must develop towards net zero from a climate protection perspective, it is expedient to define requirements for minimising gross emissions, whereby these should have a forward-looking incentive effect in the sense of a reduction pathway.



Résumé

Ce rapport fait partie du projet de recherche « Emissions nettes zéro de gaz à effet de serre dans le secteur du bâtiment » et documente les travaux relatifs à la problématique des bases pour la fixation de valeurs limites et cibles (F4 selon l'appel d'offres de l'Office fédéral de l'énergie du 17.11.2022). Le rapport s'appuie sur la définition des bâtiments à émissions nettes de gaz à effet de serre zéro élaborée dans le sous-projet F0 et sur les principes méthodologiques consolidés du sous-projet F0.

La réponse à la question des points communs et des différences dans les définitions, les méthodes de calcul, les bases de données et les hypothèses montre que les deux approches sont complémentaires. Tant la voie du climat SIA (FprSIA 390/1 : projet de norme SIA 390/1, état février 2024) que Minergie-(P/A)-ECO, définie par l'association Minergie et l'association Ecobau, contiennent un bilan global des émissions sur la durée de vie d'un bâtiment. Tous les domaines pertinents y sont définis. Certaines différences sont à noter dans les différentes approches méthodologiques (et dans les valeurs d'exigence, voir plus loin). D'autres normes et labels, tels que le SNBS ou le CECB, se réfèrent à l'approche climatique SIA ou à Minergie/ECO, ou fournissent des bases inverses. Ils ne couvrent pas l'ensemble du cycle de vie, c'est pourquoi ils n'apparaissent pas de manière indépendante dans les définitions et les autres considérations du chapitre 3. Les principaux points communs entre le sentier climatique SIA et Minergie-(P/A)-ECO sont les suivants :

- Utilisation de certaines définitions, hypothèses et routines de calcul de base, notamment parce qu'elles se réfèrent en partie les unes aux autres ou à des bases communes (p. ex. SIA 380, SIA 380/1, SIA 2032, données d'écobilan KBOB).
- Tant Minergie/ECO que la voie climat SIA reconnaissent que ni l'efficacité énergétique utile, ni l'efficacité énergétique finale, ni l'efficacité énergétique primaire ne sont de bons indicateurs pour des émissions de GES faibles ou nulles.
- Etant donné qu'avec Minergie-(P/A)-ECO, les émissions de GES sont intégrées depuis 2023 et que les émissions opérationnelles sont indiquées à titre informatif (selon la méthodologie CECB), Minergie-(P/A)-ECO et la voie du climat SIA couvrent les domaines pertinents pour les NN GES.
- Tant Minergie-(P/A)-ECO que le sentier climatique SIA ne reconnaissent que les mesures qui ont un lien avec le bâtiment. Les approches qui en sont détachées, comme les certificats pour l'électricité verte ou les émissions négatives, ne sont en principe pas reconnues (à l'exception du sentier climatique SIA qui reconnaît l'électricité produite par de nouvelles installations écologiques).

Les différences méthodologiques suivantes entre Minergie-(P/A)-ECO et la voie du climat SIA (FprSIA 390/1) sont à mentionner :

- Bilan de l'électricité produite par les installations PV et des émissions de construction qui y sont liées au prorata : dans le cadre de Minergie, la part de consommation propre (EVA) de l'installation PV dans le bâtiment est déterminée sur une base horaire. En outre, 40% des émissions de production qui seraient imputables au courant injecté dans le réseau électrique au prorata sont attribués au bâtiment. De même, 40 % de l'électricité injectée dans le réseau est attribuée au bâtiment, en plus de l'électricité autoconsommée. Dans le cas de la voie du climat SIA, l'EVA est calculée sur une base horaire, conformément à la WLC, si les certificats de production (HKN) sont remis à des tiers. Afin d'inciter les grandes installations PV, l'EVA peut être déterminée sur une base annuelle (dans ce cas, les certificats d'origine ne sont pas vendus). Cette variante méthodologique n'est toutefois pas conforme aux dispositions WLC de ce projet. Il en résulte différentes émissions de GES à prendre en compte entre Minergie-(P/A)-ECO et SIA pour la même taille d'installation dans la même situation. Ces différences sont essentielles en soi pour l'évaluation des installations photovoltaïques, mais elles n'ont que peu d'importance pour l'évaluation de bâtiments entiers (voir les figures R1 et R2, également en comparaison transversale).



- Le sentier climatique SIA reconnaît certains certificats ou certificats d'éco-courant, pour autant qu'ils proviennent de nouvelles installations et qu'ils remplissent des exigences minimales en matière de qualité écologique (p. ex. comme pour nature made star). Cependant, cette variante méthodologique n'est pas conforme aux spécifications WLC de ce projet. Minergie ne reconnaît pas de certificats d'éco-courant, mais n'impose pas non plus d'exigences pour lesquelles cela serait pertinent, notamment parce que les émissions opérationnelles ne sont indiquées qu'à titre informatif et ne sont pas soumises à une valeur limite.
- Pour le chauffage urbain, la voie du climat SIA calcule les émissions effectives du projet de chauffage urbain, Minergie utilise des facteurs de pondération spécifiques au projet en fonction de la part fossile du chauffage urbain prélevé individuellement.

En ce qui concerne la définition des exigences et des incitations, les différences suivantes sont constatées entre Minergie-(P/A)-ECO et la voie du climat SIA :

- En ce qui concerne les exigences relatives aux émissions de gaz à effet de serre, la voie du climat SIA intègre les émissions de l'ensemble du cycle de vie, tandis que Minergie ne fixe des exigences explicites que pour les émissions de la construction, mais pas pour celles de l'exploitation. Ces dernières sont limitées de manière indirecte : D'une part, Minergie pose des exigences sur le plan énergétique au moyen de l'indice Minergie (MKZ). D'autre part, l'utilisation d'énergies fossiles est limitée sur : les énergies fossiles sont exclues des installations de chauffage des bâtiments (avec mesures, par exemple pour la couverture des pics). La part des énergies fossiles est également limitée dans le cas du chauffage urbain.
- La SIA 390/1 fixe des exigences systémiques pour les deux phases du bâtiment (construction et exploitation) sous la forme de valeurs limites et de valeurs cibles (concrètement, des exigences complémentaires pour ces deux phases) et propose des valeurs indicatives séparées pour les deux phases. En revanche, Minergie pose des exigences de distinctes pour chacune des deux phases du bâtiment, celles-ci dépendant en partie du projet afin de tenir compte des conditions spécifiques au projet (p. ex. les valeurs limites sont augmentées pour les installations photovoltaïques, les sondes géothermiques, les capteurs solaires).
- Incitation à construire de grandes installations photovoltaïques ou des installations remplissant le toit : Lors de la détermination de la taille de l'installation nécessaire au projet pour atteindre la conformité, des installations PV relativement petites peuvent déjà suffire dans la pratique. Minergie/ECO et le sentier climatique SIA ont des approches différentes pour encourager les grandes installations photovoltaïques : Minergie exige une taille minimale (en % de la surface de toit utilisable) et le sentier climatique SIA permet, en option, de calculer la VAE sur une base annuelle en cas de non-vente de la garantie d'origine, ce qui incite à construire de grandes installations.

Les effets des différentes approches méthodologiques sur les valeurs limites et cibles des différents standards et labels sont mis en évidence de manière quantitative en convertissant ces exigences³ des différents labels et standards pour les trois types de bâtiments, maisons individuelles, immeubles collectifs et immeubles de bureaux, sur une base commune -- la méthodologie WLC_{NN} proposée dans ce projet - (voir à titre d'exemple les figures R1 et R2 pour les immeubles collectifs). Ces figures présentent d'une part les exigences nominales de Minergie-(P/A)-ECO ou de la voie du climat SIA (en tenant compte d'hypothèses complémentaires si nécessaire) et d'autre part les exigences identiques converties selon les recommandations WLC_{NN}. On obtient ainsi une comparabilité méthodologique de contenu, sur la base de laquelle les acteurs peuvent tirer leurs conclusions pour leurs développements respectifs (adaptation des méthodes de calcul et des bases, définition d'exigences, positionnement sur le marché, etc.)

³ Le terme "exigence" doit être compris ici et par la suite comme un terme générique pour les notions de valeur limite, de valeur indicative et de valeur cible des différentes normes, standards et labels.



En ce qui concerne le contenu des nouvelles constructions d'immeubles de rapport chauffées par le système L/W, on constate chez Minergie-(P/A)-ECO les similitudes et les différences suivantes entre les métriques propriétaires (nominales) et les valeurs selon la méthodologie WLC_{NN} :

- En principe, le niveau des émissions indiquées par WLC_{NN} se situe dans tous les cas légèrement au-dessus des valeurs nominales Minergie-(P/A)-ECO.
- On peut tout d'abord constater que les valeurs d'émissions "construction" de la figure R1 définitions sont identiques pour les deux métriques. Les 3 niveaux d'émissions "construction" entre Minergie, Minergie ECO1 et Minergie ECO 2 sont clairement visibles sur. Ils se situent entre +/-18 kg CO_{2eq}/m²a (Minergie) et +/-12 kg CO_{2eq}/m²a (ECO 1). Minergie ECO 2 se situe à peu près au milieu d'entre eux.
- En ce qui concerne la somme des émissions de l'exploitation, on constate une différence entre les valeurs nominales de Minergie-(P/A)-ECO et celles converties selon WLC_{NN}. Les émissions pour l'électricité en exploitation diffèrent entre les différents labels Minergie et WLC_{NN}, étant donné que la quantité attribuable d'électricité tirée du réseau dans le cas Minergie-(P/A)-ECO est plus faible que dans le cas WLC_{NN}, alors que les deux quantités sont basées sur le même facteur d'émission du mix de consommation CH.
- Les différences entre les métriques Minergie-(P/A)-ECO et WLC_{NN} se situent au niveau des émissions "Construction PV". Celles-ci sont dans tous les cas plus élevées pour Minergie-(P/A)-ECO, car Minergie impute également au bâtiment les émissions provenant du PV pour le courant alimentant le réseau, mais les effets sur les émissions totales sont relativement faibles. On constate en outre que pour le label Minergie A, les émissions dues à la production de l'installation PV sont deux fois plus élevées que pour Minergie et Minergie P, car des installations PV plus grandes sont nécessaires pour atteindre la conformité. Cela s'applique également aux valeurs selon la métrique WLC_{NN}.

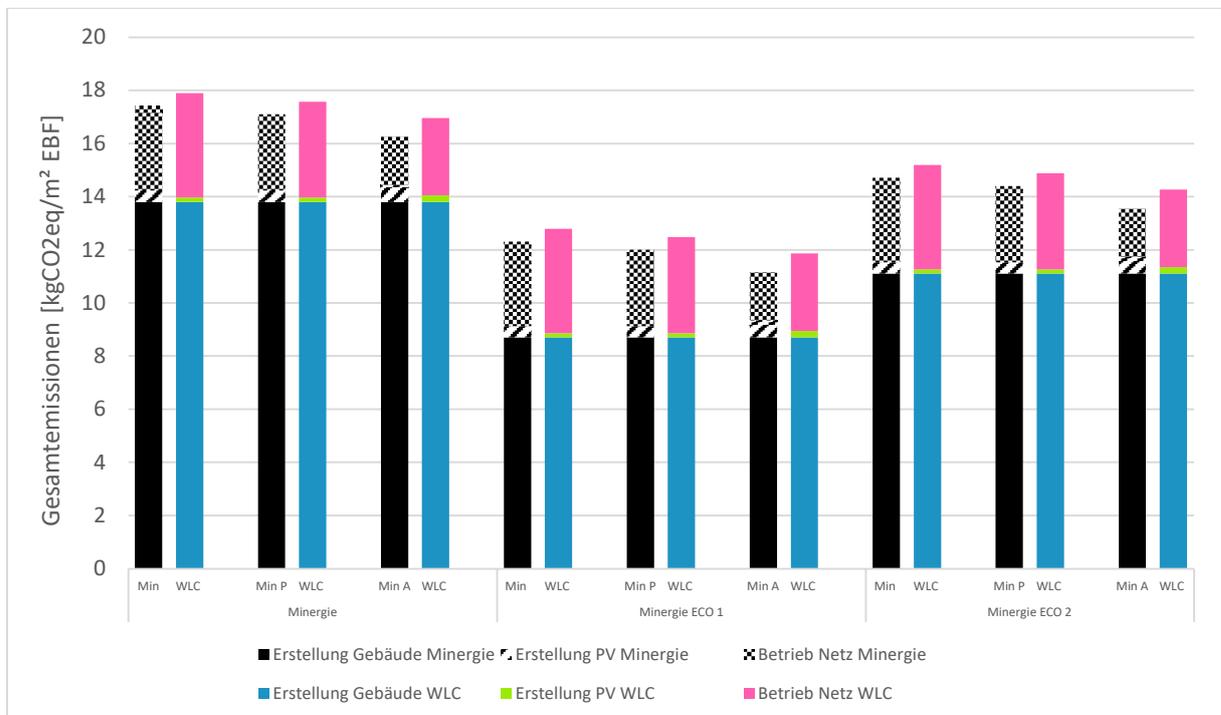


Figure R1 Émissions totales pour un immeuble neuf chauffé par une pompe à chaleur, une fois selon les valeurs nominales de Minergie-(P/A)-ECO, y compris les émissions de l'exploitation (colonne de gauche), et une fois calculées selon la méthode WLC_{NN} (colonne de droite). Source : Calculs TEP Energy



De Minergie à Minergie P et Minergie A, on constate une légère diminution des émissions, qui s'explique, pour Minergie P, par la réduction des besoins en électricité de la PAC sur en raison des exigences for plus élevées en matière de besoins de chaleur pour le chauffage et, pour Minergie A, par l'augmentation de l'autoproduction photovoltaïque.

Pour la voie du climat SIA (FprSIA 390/1), on constate les différences suivantes entre les métriques (nominales) et les valeurs converties selon la méthodologie WLC_{NN} :

- Pour la voie du climat SIA également, il n'y a par définition aucune différence entre les valeurs nominales et les valeurs selon la méthode WLC_{NN} pour les émissions de la construction (sans PV) (voir figure R2).
- Les émissions "production PV" sont identiques entre la voie du climat SIA et le WLC_{NN} dans les cas de vente de certificats d'économies d'énergie, car les émissions PV sont ici également comptabilisées au prorata de l'électricité consommée dans le bâtiment.
- En ce qui concerne la phase d'exploitation, il convient de distinguer différents cas, les émissions de la production photovoltaïque étant incluses ici pour faciliter la comparaison :
 - Dans le cas de la vente sans CCN (non conforme à la WLC), les émissions à prendre en compte dans la métrique SIA de la voie du climat sont 5 fois plus élevées, car il ne s'agit pas seulement des 20% à estimer par définition, mais ici de 100% des émissions de la construction PV. Cela ne représente toutefois « que » 0,7 kg/m²a.
 - En revanche, les émissions opérationnelles sont nettement plus bas par rapport au cas avec NFC, la différence proportionnelle étant beaucoup plus marquée dans le cas sans électricité verte (c'est-à-dire avec un mix de consommation CH) que dans le cas avec achat d'électricité verte.
- Si l'on additionne les émissions dues à la construction de PV et celles dues à l'exploitation du réseau, les émissions selon la WLC sont visiblement plus élevées dans trois des quatre variantes de la voie du climat SIA (de 1 à 1,5 kg CO_{2eq}/m²a).

La figure R2 montre en outre la différence de niveau des émissions nominales totales entre l'exigence supplémentaire B, avec 11 kg CO_{2eq}/m²a, et l'exigence complémentaire A, avec 7 kg CO_{2eq}/m²a, pour chacune des quatre variantes de bilan.

En ce qui concerne les exigences converties selon WLC_{NN}, les différences entre Minergie-(P/A)-ECO et la voie du climat SIA sont à classer comme suit en ce qui concerne la nouvelle construction d'immeuble collectif chauffée par PAC L/W considérée ici :

- L'exigence complémentaire B du sentier climatique SIA se situe, selon les cas, entre 11 et 13 kg CO_{2eq}/m²a, soit à peu près dans la fourchette de Minergie ECO 1, mais plus bas que Minergie ECO 2. Les valeurs résultantes profondes de la construction se situent, pour le sentier climatique SIA, entre et près de 10 kg CO /m_{2eq}² a pour l'exigence complémentaire B, soit à peu près entre les valeurs de Minergie ECO 1 et ECO2.
- L'exigence complémentaire A de la voie du climat SIA se situe, selon les cas, entre 7 et 9 kg CO /m_{2eq}² a, ce qui est nettement inférieur à Minergie ECO 1. Les valeurs résultantes de la construction se situent, pour la voie du climat SIA, entre 4 et un peu plus de 6 kg CO /m_{2eq}² a pour l'exigence complémentaire A, ce qui est nettement inférieur aux valeurs de Minergie-(P/A)-ECO.

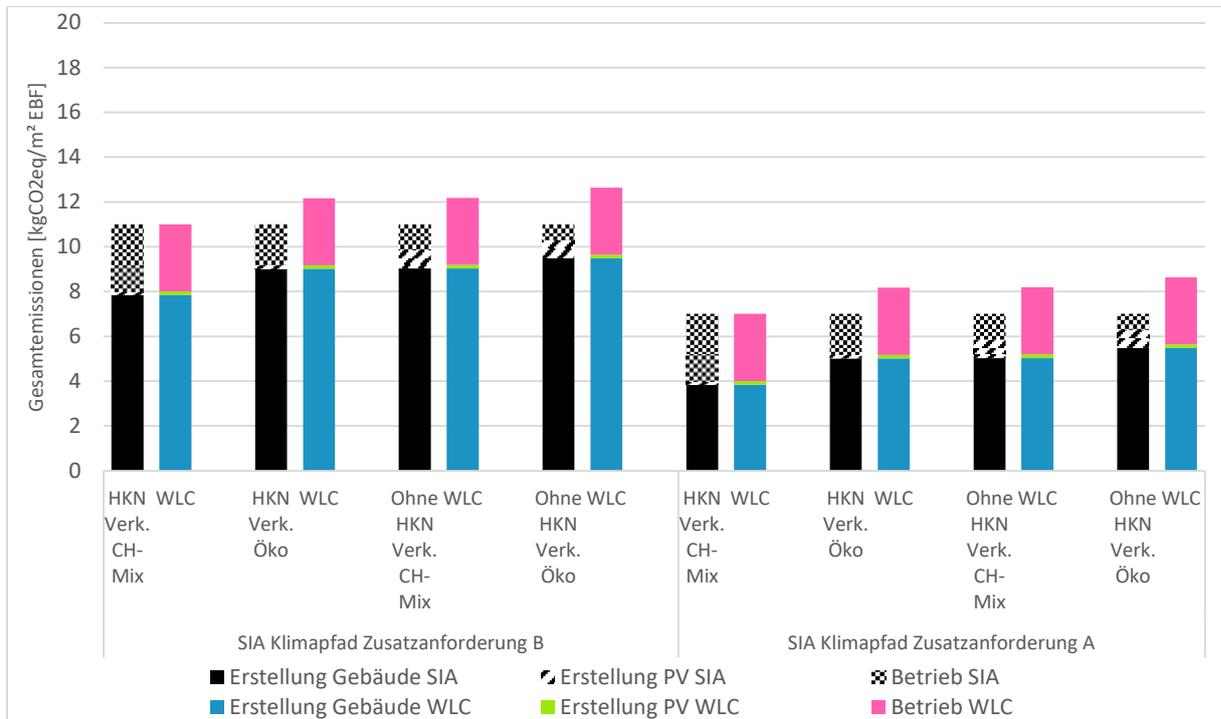


Figure R2 Émissions totales pour un nouvel immeuble collectif chauffé par une PAC, une fois selon les exigences nominales de la voie du climat SIA selon la FprSIA 390/1 (colonne de gauche) et une fois converties selon la méthodologie WLC_{NN} (colonne de droite). Source : Calculs TEP Energy

Solutions pour la définition du net-zéro

Par la suite de ces comparaisons entre Minergie-(P/A)-ECO et la voie du climat SIA, des solutions ont été développées et discutées pour une définition commune du zéro net. L'exhaustivité, la transparence et la traçabilité, la transférabilité entre les différentes méthodes, la comparabilité, l'uniformisation sont thématiques et des recommandations sont formulées à l'intention de Minergie, Ecobau et du sentier climatique SIA. Les approches méthodologiques et les recommandations pour des valeurs limites et cibles harmonisées en découlent (chap. 5), résumées dans le tableau suivant.



Tableau R1: Recommandations et indications de mise en œuvre à Minergie, Ecobau, SIA-Klimapfad et autres concernant les différents aspects de la méthodologie WLC_{NN}, y compris une proposition de priorisation : Elevé = les bases sont disponibles, la mise en œuvre peut être immédiate. Moyen = les bases sont largement disponibles, la mise en œuvre pourrait avoir lieu à moyen terme.

| Aspects de la WLC _{NN} Méthodologie | Recommandations et références à Minergie, Ecobau, sentier climatique SIA et autres | Prio (proposition) |
|---|---|--|
| Type et date de la comptabilisation des émissions | | |
| Durée d'utilisation des bâtiments et des éléments de construction : Bilan (F0.2.A) : Comptabiliser les GES au moment où ils se produisent et les accumuler au cours de leur durée de vie en suivant les étapes des règles comptables du KBOB. | Il est recommandé, lors de la présentation des valeurs de projet et des for valeurs d'émission, de ne pas utiliser seulement un ou deux chiffres clés, mais de présenter également l'évolution annuelle des émissions. Cela permet d'accroître la transparence et de mieux mettre en évidence les leviers de la prévention des émissions. Par exemple, seule une partie des émissions est générée lors des phases A1 à A5 du bâtiment (fabrication et construction), les émissions de remplacement étant générées lors des phases B1 à B5. Dans un premier temps, cela pourrait être mis en évidence dans le cadre d'un projet de recherche et être ensuite transposé dans la norme SIA MB 2032. | Faible pour l'analyse d'un bâtiment individuel, élevé à moyen pour l'analyse d'un portefeuille |
| Durée d'utilisation des bâtiments et des éléments de construction : Bilan : l'amortissement dure (F0.2.B) : Durées d'amortissement normalisées pour le cas standard des normes, standards, et labels (concerne la phase de planification). | Pour les autres cas d'application : Mise en œuvre de la recommandation de la norme SIA 2032 de viser une durée d'utilisation aussi longue que possible (voir indications complémentaires ci-dessous). | Élevé à moyen |
| Puits temporaires et émissions négatives | | |
| Quels sont les matériaux NET existants et lesquels peuvent être comptabilisés comme puits temporaires et lesquels peuvent être comptabilisés comme émissions négatives et sous quelles conditions ? | | |
| Tant les matériaux de construction minéraux, minéraux-organiques que les matériaux de construction organiques doivent en principe pouvoir être pris en compte, mais les conditions suivantes doivent être respectées : <ul style="list-style-type: none"> Le stockage de CO₂ dans les matériaux de construction minéraux doit être pris en compte net (on peut supposer que ce CO₂ sera éliminé à long terme de l'atmosphère). (F0.3.A) Le stockage de CO₂ dans des matériaux de construction minéraux, organiques et organiques doit être pris en compte si l'éloignement durable est assuré sur le plan technique et juridique/légal ou si cela permet de construire un bâtiment NN_{WLC}-ready si possible. (F0.3.D) Le CO biogène₂ est "CO₂ neutre" (0/0 ou -1/+1 selon EN 15804+A2). (F0.3.B) Saisir et indiquer séparément les émissions négatives obtenues. Pas de compensation au niveau des matériaux et des éléments de construction (F0.3.C). | Au niveau du matériau et de l'élément de construction, les émissions négatives obtenues doivent être comptabilisées séparément à partir de Au niveau des bâtiments, il est de facto nécessaire, en plus de l'établissement d'un bilan, car <ul style="list-style-type: none"> NZ_{WLC} dans le secteur du bâtiment ne peut être obtenue qu'en comptabilisant les émissions négatives (NE). Le NN_{WLC}-ready ne peut être atteint que par la prise en compte de NE temporaires ou de puits temporaires (TS). C'est pourquoi Minergie, Ecobau et SIA doivent reconnaître les NE et les TS. NE doivent - comme l'exige la Confédération pour 2050 - pouvoir compenser les émissions difficilement évitables. Lors de la mise en œuvre, il convient de veiller aux points suivants : <ul style="list-style-type: none"> Tant que les bases juridiques ou légales pour la comptabilisation des NE résultant de la mise en œuvre de matériaux de construction biogènes ne sont pas données (voir ci-dessus), le CO₂ biogène de tels matériaux doit être comptabilisé comme neutre en CO₂ (0/0) - ou, dans le cas de NN_{WLC}-ready - comme puits temporaire (-1/+1) - (pas comme émissions négatives). NE peuvent être comptabilisés que pour la compensation des émissions des bâtiments. NE de matériaux de construction dont l'effet d'émission négatif est cédé à des tiers par la vente de certificats correspondants ne doivent pas être pris en compte. | Haute Élevé à moyen Haute Haute |



| Aspects de la WLC _{NN} Méthodologie | Recommandations et références à Minergie, Ecobau, sentier climatique SIA et autres | Prio (proposition) |
|---|---|---|
| Bilan de l'énergie et des émissions provenant de la production propre d'électricité, de l'achat sur le réseau et de la livraison en retour | | |
| Pour les pièces et matériaux de construction recyclés ou réutilisés, seule la charge supplémentaire associée doit être prise en compte (seuil de coupure pour les émissions déjà effectuées) (F0.4.A et B). | La réutilisation et le recyclage (en Suisse) d'éléments de construction, de composants et de matériaux dans le domaine du bâtiment sont généralement préférables à la valorisation thermique (également avec CSC). Il est recommandé d'analyser ce point plus en détail et d'élaborer des aides à la mise en œuvre pour déterminer les conditions dans lesquelles il convient de viser la réutilisation, le recyclage ou la valorisation thermique (avec CSC). | Moyens |
| Les émissions grises des installations PV sont attribuées au bâtiment selon la part d'autoconsommation (EVA) et, dans ce cas, à la phase de construction. L'électricité injectée dans le réseau porte les caractéristiques environnementales de l'électricité photovoltaïque (F.0.4.C). | Méthodologie de calcul : Minergie ou CECB ainsi que SIA 390/1 avec bilan annuel devraient adapter la méthodologie de calcul afin de rapprocher les résultats de calcul de la réalité des émissions : Comptabiliser la production de GES du système PV selon la part de consommation propre (lors de la construction). L'électricité injectée dans le réseau porte les caractéristiques environnementales de l'électricité PV ; pas de déduction en phase d'exploitation. En fin de compte, les écarts absolus dans les émissions totales ne sont pas trop importants. | Faible pour l'ensemble du bâtiment, élevé pour l'évaluation PV. |
| La part d'autoconsommation doit être déterminée et agrégée avec une résolution horaire (F.0.4.D). | Selon la "réalité des émissions", le calcul des émissions devrait en principe être effectué avec une résolution horaire, c'est-à-dire que la consommation propre ou le prélèvement sur le réseau est calculé par heure et agrégé sur un bilan annuel, éventuellement mensuel. Pour la mise en œuvre pratique, il est possible d'effectuer des calculs correspondants pour des cas standard définis, qui seront ensuite déposés dans des programmes de calcul de justification. Dans des cas spécifiques, il est possible d'effectuer des calculs avec des programmes tels que PVopti, WPEsti ou des simulations dynamiques. | Élevé à moyen |
| Modélisation du mix électrique (et par analogie d'autres sources d'énergie secondaire liées à des conduites) pour le calcul des facteurs d'émission | | |
| Modèle de bilan (BM) pour le calcul du mix électrique (F0.6.A) : En tant que solution transitoire, compter avec le BM pour les bâtiments écobilans selon la recommandation 2009/1:2022 de la KBOB. | A l'avenir, un BM plus proche de la réalité devrait être recherché et utilisé pour le calcul du mix électrique et des facteurs d'émission (à élaborer à la suite de ce projet). Mise en œuvre : voir remarque sur F.0.4.D). | Moyen (moyen - faible, si F0.6.D est mis en œuvre) |
| Modélisation du mix électrique suisse, résolution temporelle (F.0.6.B) : Agréger les valeurs horaires en bilans annuels. | Pas de besoin d'adaptation, est actuellement appliqué de cette manière selon les "Règles pour l'écobilan des matériaux et produits de construction en Suisse" de la KBOB, Ecobau et IPB (2024). | Faible (déjà mis en œuvre) |
| Modélisation du mix électrique suisse, pondération du profil de demande (F0.6.C) : Pas de pondération pour la comparaison avec les exigences ou les prescriptions des autorités | Mettre à disposition des valeurs horaires (concerne : les cas d'application 2 et 3 selon le chiffre 4.1.1. de la norme SIA 380:2022) M3 (nouveau) : Mise en œuvre : voir remarque concernant F.0.4.D. | Moyens |



| Aspects de la WLC _{NN} Méthodologie | Recommandations et références à Minergie, Ecobau, sentier climatique SIA et autres | Prio (proposition) |
|---|---|--------------------|
| Temporalité dans le calcul du mix électrique (F0.6.D) : La perspective d'avenir doit être prise en compte (p. ex. moyenne entre aujourd'hui et 2050, éventuellement au-delà), parallèlement à un renforcement des exigences selon une trajectoire de réduction dérivée de la LIC. | Mise en œuvre à l'aide d'un modèle (européen) d'électricité (comme ceux utilisés dans le cadre de la PE 2050+, d'études d'adéquation du système, etc.), sur la base d'un scénario compatible avec l'objectif de zéro GES net (p. ex. les scénarios ZERO de la PE 2050+). La question de l'évolution future se pose également pour le mix de chauffage urbain et nous recommandons d'adopter la même approche manière, c'est-à-dire de prendre en compte les stratégies de décarbonisation des entreprises énergétiques locales sous. Les objectifs de réduction de la consommation d'énergie et d'émissions de CO | Élevé à moyen |

Source : TEP Energy, Carbotech, revue de projet, groupe d'accompagnement (ce projet)

En ce qui concerne les questions méthodologiques, les approches méthodologiques ou les aspects spécifiques à la mise en œuvre qui nécessiteront une étude plus approfondie à l'issue du présent projet, il convient de noter les remarques suivantes :

- Prise en compte de matériaux et d'éléments de construction à faibles émissions (F0.1.B) : écobilans de données spécifiques aux fabricants selon les "Règles pour l'établissement d'écobilans de matériaux et de produits de construction en Suisse" de la KBOB, Ecobau et IPB (2024). Il convient d'examiner la possibilité de simplifier les procédures de transfert des EPD existantes dans la liste des écobilans. Il est recommandé de mettre à disposition la liste des écobilans des données spécifiques aux fabricants en ligne (au lieu d'une liste Excel adaptée périodiquement), associée à une interface (appelée API). Ainsi, les mises à jour pourront être utilisées facilement et en temps utile par les utilisateurs.
- Durée d'utilisation des bâtiments et des éléments de construction (F0.2.B) : Il convient d'examiner si les durées de vie de référence, qui peuvent être adaptées au cas par cas (p. ex. en fonction du type de bâtiment, du concept d'utilisation prévu ou mis en œuvre, des stratégies d'assainissement et de la déclaration des produits), peuvent inciter à utiliser des produits à durée de vie plus longue et des durées d'utilisation plus longues. Les définitions méthodologiques pour ce faire font aujourd'hui défaut et doivent être développées dans le prolongement de ce projet. Les résultats pourraient ensuite être repris par des labels tels que Minergie-(P/A)-ECO, SNBS, etc.
- Évolution future des émissions (extension de F0.6.D) : en ce qui concerne l'évolution des émissions liées à la production, la question de l'évolution future doit également être abordée.

La méthodologie WLC_{NN} présentée dans le tableau R1 s'oriente fondamentalement sur la réalité des émissions, c'est-à-dire que les émissions sont comptabilisées et indiquées sur le cycle de vie de la manière la plus pertinente et la plus opportune possible. L'application de la méthode à des bâtiments individuels ne conduit pas toujours à des incitations à l'information qui seraient souhaitables d'un point de vue supérieur (p. ex. du point de vue de la stratégie énergétique ou climatique de la Confédération). Cela concerne en particulier le domaine de l'autoproduction d'électricité. Les approches suivantes peuvent combler cet écart via (tableau R2) :



Tableau R2 : Possibilités complémentaires d'incitation dans le domaine de l'autoproduction d'électricité et rôle de l'électricité verte.

| Incitation à la production d'électricité propre et rôle de l'électricité verte |
|--|
| Les approches suivantes sont complémentaires à la méthodologie WLC_{NN} et servent à la mise en place d'incitations. Les émissions selon la WLC_{NN} doivent impérativement être indiquées afin de garantir la "réalité des émissions". |
| Déterminer la part d'autoconsommation avec un bilan annuel défini par des normes (basé sur des valeurs horaires) : Si un calcul à l'heure près n'est pas possible (p. ex. dans une phase de planification précoce), la part de PV peut être calculée à l'aide d'un bilan annuel défini par des normes (différencié selon le type de bâtiment et la constellation). Une telle définition normative pourrait également être appliquée afin d'inciter de manière ciblée les grandes installations PV (adaptation de la valeur requise). Dans ce cas, le résultat du calcul horaire doit obligatoirement être indiqué. |
| Augmentation de la valeur limite : Augmenter la valeur d'exigence de construction (valeur limite) lors de l'utilisation de PV (comme c'est le cas pour Minergie et Minergie ECO) est une approche recommandable, car l'incitation se fait par la valeur d'exigence et non par l'adaptation de la méthode de calcul. Le résultat avec le calcul horaire doit également être obligatoirement indiqué. Alternativement, des exigences systémiques peuvent être imposées à la somme de la construction + de l'exploitation (comme le propose la voie climatique de la SIA). |
| Autoriser les certificats : Autoriser la prise en compte des garanties d'origine générées par les nouvelles installations (comme le propose la voie climatique de la SIA dans la FprSIA 390/1) est une approche recommandable pour promouvoir la production d'électricité renouvelable. Comme, de facto, il faut aussi continuer à acheter de l'électricité sur le réseau, la part des garanties d'origine prises en compte doit être limitée (par exemple à 50% de la consommation annuelle d'électricité du bâtiment). |

Source : TEP Energy, Carbotech, revue de projet, groupe d'accompagnement (ce projet)

Dans la perspective de la mise en œuvre de l'objectif "zéro GES net dans le secteur du bâtiment", le groupe d'accompagnement a souhaité que soit présenté ci-après un état des lieux permettant d'expliquer et de classer différents niveaux d'exigences qui sont déjà utilisés dans la pratique ou qui pourraient l'être le cas échéant. Les concepts et notions suivants sont abordés :

- Émissions brutes minimisées $_{WLC}$, 2025 (MinBE $_{WLC}$, 2025) doit être défini de manière que les exigences soient atteintes par la mise en œuvre de mesures étendues (Best available technology et best practice) lors de la conception, de la planification, de la construction et de la matérialisation. Les émissions opérationnelles en doivent également être fortement limitées (à 0 à moyen terme). Ainsi, les émissions de gaz à effet de serre peuvent être considérablement réduites par rapport à la construction actuelle (voir notamment le projet partiel F2 Prior et al. 2024). L'exigence A selon la voie du climat SIA sert de point de repère pour la définition des "émissions brutes minimisées".
- Émissions brutes réduites $_{WLC}$ (MinBE $_{WLC}$, indice de temps) : La quantité d'émissions difficiles à éviter ou le niveau d'émissions brutes minimisées $_{WLC}$ dépend de l'état actuel de la technique et de l'offre de matériaux et d'éléments de construction, ainsi que des mesures d'évitement "raisonnables" ou acceptées. C'est pourquoi il est recommandé d'assortir la notion d'"émissions brutes minimisées" d'une indication temporelle, par exemple d'un complément : "aujourd'hui ou 2025, 2035, 2050 etc. Les valeurs doivent être fixées en référence à l'état de la technique et aux pratiques de planification et de construction, et les valeurs doivent être valables à chaque fois pour la date indiquée.
- Zéro net prêt (NN $_{WLC}$ -ready) : Bâtiments pour lesquels des puits temporaires sont utilisés qui seront transformés ultérieurement en émissions négatives permanentes (NE) s'ils ne sont effectivement pas réémis. Les puits temporaires qui doivent être transformés en NE doivent être liés à des mesures futures à désigner concrètement. On peut citer par exemple l'utilisation de matériaux de construction biogènes alien, notamment en raison de leur longévité dans le domaine de la construction. Cela permet de créer tempo des puits de carbone qui peuvent



ensuite être transformés en émissions négatives afin de compenser les émissions dues à la construction et à l'exploitation. La condition préalable pour NN_{WLC} -ready est une réduction plus importante des émissions brutes, par exemple selon l'exigence complémentaire A du sentier climatique SIA convertie selon la méthode WLC_{NN} proposée dans ce rapport. Contrairement au NN_{WLC} bâtiment, il n'est pas obligatoire de disposer d'une garantie juridiquement contraignante. Lors du calcul du NE, il faut rétro tenir compte du fait que, pour des raisons pratiques, tous les puits temporaires ne peuvent pas être transformés en NE et qu'il faut tenir compte des pertes d'efficacité inévitables, par exemple dans le cas du CSC,

- Zéro net (NN_{WLC}) : un bâtiment avec zéro net d'émissions de GES (en abrégé "bâtiment zéro net") présente un minimum d'émissions de GES pour la construction et l'exploitation sur l'ensemble de son cycle de vie (émissions brutes minimisées $_{WLC}$) et réduit les GES restants par des NE imputables au niveau des matériaux et des éléments de construction. Le calcul des URE est effectué selon les principes méthodologiques WLC définis dans ce projet. Les émissions négatives sont imputables si le maintien durable à distance du CO₂ biogène est assuré. Les émissions négatives sont imputables si le maintien à distance du CO biogène est assuré.
- Trajectoire d'abaissement : les niveaux d'exigences peuvent être appliqués aussi bien pour la période actuelle (nouvelle construction actuelle, "rénovation" actuelle) que pour les périodes futures. Comme les secteurs de l'industrie (production de matériaux et des éléments de bâtiments) et de l'énergie vont évoluer dans les années à venir, il convient d'indiquer à chaque fois une durée pour les niveaux d'exigence, figure Z3 schématisée.

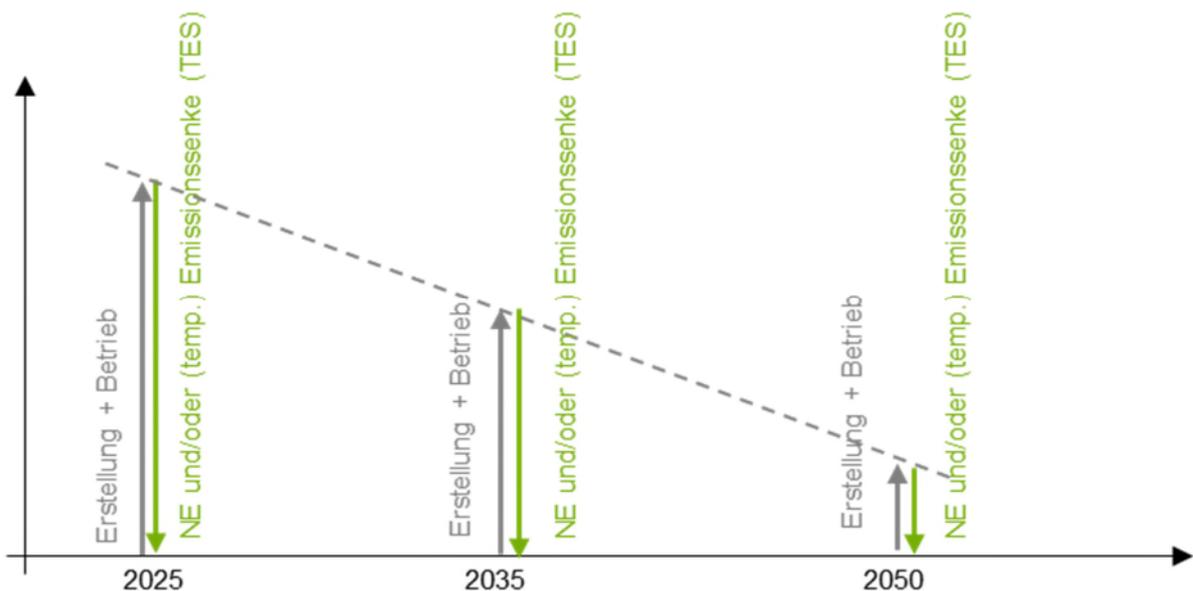


Figure Z3 Exigences en matière d'émissions brutes (somme des différentes phases et scopes) et besoin de NE ou de réductions temporaires des émissions selon la méthodologie WLC-NN pour les nouveaux bâtiments construits respectivement en 2025, 2035 et 2050 (représentation schématique mais proportionnelle à l'échelle). Source : TEP Energy



Take home messages

Ce sous-projet F4 du projet de recherche « Émissions nettes zéro de gaz à effet de serre dans le secteur du bâtiment » a permis de créer des bases pour la fixation de valeurs limites et cibles sur lesquelles les différents acteurs, notamment la Confédération, les cantons, les intermédiaires dans le domaine des normes et des labels (Minergie, ECO, CECB SIA, NNBS, etc.) ainsi que les secteurs de l'immobilier, de la construction et de l'énergie peuvent s'appuyer. Il convient de retenir les conclusions et les conseils de mise en œuvre suivants :

- Les méthodes de Minergie et de Minergie-ECO sont proches de la méthodologie commune élaborée dans le cadre de ce projet, qui s'inspire de l'approche Whole-Life-Carbon (WLC). L'adaptation des règles de calcul pour déterminer les émissions des installations PV permettrait d'atteindre la compatibilité avec le WLCNN (et la trajectoire climatique de la SIA). Le SIA *Klimapfad* correspond exactement à la méthodologie de ce projet dans l'une de ses variantes méthodologiques, dans laquelle la part d'autoconsommation des installations PV et le prélèvement d'électricité sur le réseau sont déterminés heure par heure et les garanties d'origine de l'installation PV sont vendues pour l'électricité réinjectée.
- Le concept Netto-ZéroWLC-ready développé en commun dans le cadre de ce projet permet de mettre en route dès aujourd'hui des bâtiments qui pourront potentiellement être convertis à l'avenir en un système Netto-ZéroWLC. Pour ce faire, des matériaux de construction biogènes (matériaux d'isolation, bois) sont utilisés et des puits temporaires (TS) sont ainsi créés. Ceux-ci peuvent être transformés ultérieurement en émissions négatives (NE), si les technologies appropriées, telles que BECCS et CCS, sont mises à disposition. Les puits temporaires doivent être liés à des mesures futures à désigner concrètement.
- Une réduction importante (minimisation) des émissions brutes est une condition indispensable pour les bâtiments NNWLC-ready et est également nécessaire d'un point de vue général, car le potentiel de TS et de NE est fortement limité. L'ampleur de la réduction des émissions brutes dépend de l'état de la technique dans les domaines des matériaux de construction et de la production d'énergie ainsi que de la pratique de planification. Comme ces domaines doivent évoluer vers un solde net nul du point de vue de la protection du climat, il est judicieux de définir des exigences de minimisation des émissions brutes, celles-ci devant avoir un effet incitatif anticipatif dans le sens d'une trajectoire de réduction.



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Zusammenfassung | 1 |
| Gemeinsamkeiten und Unterschiede | 3 |
| Lösungsansätze für Netto-Null Definition | 7 |
| Weiterführende Arbeiten | 9 |
| Summary | 13 |
| Résumé | 23 |
| Abkürzungsverzeichnis | 36 |
| 1 Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehen | 39 |
| 1.1 Ausgangslage, Motivation und Problemstellung | 39 |
| 1.1.1 Ausgangslage..... | 39 |
| 1.1.2 Motivation | 39 |
| 1.1.3 Problemstellung..... | 39 |
| 1.2 Projektziele | 41 |
| 1.3 Fragestellungen..... | 41 |
| 1.4 Vorgehen | 43 |
| 2 Methodischer Kontext und Auslegeordnung | 44 |
| 2.1 Allgemeine Definition Netto-Null Treibhausgasemissionen | 44 |
| 2.2 Qualitative Hinweise über die Emissionsstruktur eines Netto-Null Gebäudes..... | 44 |
| 2.3 Anreizwirkung | 46 |
| 3 Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Definitionen, Berechnungsmethoden, Datengrundlagen und Annahmen | 47 |
| 3.1 Verschiedene Definitionen und Ansätze zu Netto-Null Gebäuden (in der Schweiz)..... | 47 |
| 3.1.1 Generelle Definition (dieses Projekt)..... | 47 |
| 3.1.2 SIA-Klimapfad gemäss FprSIA 390/1..... | 48 |
| 3.1.3 Einsatz von Minergie und Minergie-ECO | 48 |
| 3.2 Methodische Gemeinsamkeiten und Unterschiede..... | 49 |
| 3.3 Systemgrenzen und Anforderungen im Überblick..... | 55 |
| 3.4 Emissionen der Phase «Erstellung»: Berechnungsmethodik und Anforderungen | 56 |
| 3.4.1 Gemeinsamkeiten..... | 56 |
| 3.4.2 Richt- und Grenzwerte Emissionen Erstellung..... | 56 |
| 3.4.3 Projektspezifische Zuschläge für die Berechnung von Grenzwerten bei Minergie | 58 |
| 3.4.4 Bilanzierungsmethode zur Berechnung der Emissionen Erstellung von PV-Anlagen | 59 |
| 3.5 Ermittlung der Emissionen Phase «Betrieb» | 60 |
| 3.5.1 Pflicht und Anreize zur Stromerzeugung..... | 62 |
| 3.5.2 Reststrombezug | 63 |
| 3.5.3 Grenzwerte Emissionen «Betrieb» | 63 |



| | | |
|----------|---|------------|
| 3.6 | Zusammenfassung Vergleich Grenzwerte Emissionen «Erstellung» und «Betrieb»..... | 64 |
| 3.7 | Fazit zu den Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen Minergie-(P/A)-ECO) und SIA-Klimapfad..... | 67 |
| 3.8 | Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad gemäss WLC _{NN} -Methodik | 68 |
| 3.8.1 | Vergleich zwischen Minergie und SIA-Klimapfad, jeweils umgerechnet auf WLC _{NN} Methodik | 72 |
| 3.8.2 | Emissionen Minergie konformes Gebäude im Vergleich mit SIA-Klimapfad | 77 |
| 3.8.3 | Emissionen SIA-Klimapfad konformes Gebäude im Vergleich mit Minergie | 78 |
| 4 | Lösungsansätze für eine gemeinsame Netto-Null Definition | 80 |
| 4.1 | Vollständigkeit der Systemgrenze | 80 |
| 4.2 | Methodische Grundsätze vereinheitlichen | 82 |
| 4.2.1 | Minergie und Ecobau..... | 82 |
| 4.2.2 | SIA-Klimapfad..... | 82 |
| 4.2.3 | SIA-Klimapfad und Minergie-(P/A)-ECO | 83 |
| 4.3 | Transparenz und Nachvollziehbarkeit | 83 |
| 4.4 | Überführbarkeit oder Vergleichbarkeit durch Umrechnung gemäss WLC _{NN} -Methodik..... | 84 |
| 4.5 | Materielle Harmonisierung..... | 84 |
| 5 | Grundlagen für aufeinander abgestimmte Grenz- und Zielwerte für THGE | 85 |
| 6 | Fazit und Umsetzungshinweise | 91 |
| 6.1 | Umsetzungsspezifisches Fazit | 91 |
| 6.2 | Netto-Null THGE: Methodik und Anforderungswerte zwischen heute, 2050 gemäss Whole Life Carbon | 92 |
| 6.2.1 | Minimierte Bruttoemissionen _{WLC} : Gebäude mit geringen WLC-THG Emissionen | 93 |
| 6.2.2 | Netto-Null _{WLC} -ready (NN _{WLC} -ready) | 94 |
| 6.2.3 | Absenkepfad..... | 96 |
| 6.2.4 | Beitrag 2050 | 97 |
| 6.2.5 | Synoptische Rekapitulation | 98 |
| 6.3 | Ergänzende Hinweise zur Anreizsetzung..... | 98 |
| 6.4 | Weitere Fazits und Hinweise | 100 |
| 7 | Literaturverzeichnis | 101 |
| 8 | Anhang | 102 |
| 8.1 | Details zu Annahmen und Berechnungen in Kap 3.4 und Kap 3.5..... | 102 |
| 8.2 | Vorgehen Ermittlung Emissionen Erstellung und Betrieb von Gebäuden (Neubau/Sanierung) mit Minergie-M/A/P sowie Minergie-ECO-M/A/P Konformität | 103 |
| 8.3 | Einfluss des EVA auf die spezifischen Treibhausgasemissionen PV | 106 |
| 8.4 | Reststrombezug nach KBOB (BM3) vs. (BM2, BM4)..... | 108 |
| 8.4.1 | Künftige Entwicklung Emissionsfaktoren Strom und deren Einfluss auf die Bewertung Emissionen aus Betrieb vs. Erstellung. | 112 |
| 8.4.2 | Kritische Würdigung, eigene Empfehlungen | 114 |
| 8.5 | Kreuzvergleiche Gebäudeemissionen aus Kap 3.8 | 115 |



Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------|--|
| AG | Auftraggeber |
| AP | Arbeitspaket |
| BAFU | Bundesamt für Umwelt |
| BECCS | Bioenergy with Carbon Capture and Storage |
| BFE | Bundesamt für Energie |
| BG | Begleitgruppe |
| BM | Bilanzmodell |
| CBAM | Carbon Border Adjustment Mechanism |
| CBI | Carbon Bond Initiative |
| CCS | Carbon Capture and Storage |
| CRREM | Carbon Risk Real Estate Monitor |
| DAC | Direct Air Capture |
| DACS | Direct Air Capture and Storage |
| EFH | Einfamilienhaus |
| EN | Europäische Norm |
| EP 2050+ | Energieperspektiven 2050+ |
| EPD | Umwelt-Produktdeklaration (Environmental Product Declaration) |
| EVA | Eigenverbrauchsanteil |
| FW | Fernwärme |
| GEAK | Gebäudeausweis der Kantone |
| GHG | Greenhouse Gas |
| GW | Grenzwert |
| HKN | Herkunftsnachweis |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| JAZ | Jahresarbeitszahl Wärmepumpe |
| KBOB | Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren |
| KIG | Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (Klima- und Innovationsgesetz) |
| LCA | Life Cycle Assessment (Ökobilanz) |
| LCI | Life Cycle Inventory |
| MFH | Mehrfamilienhaus |
| MinBE | Minimierte Bruttoemissionen |
| MKZ | Minergie-Kennzahl |



| | |
|-------|--|
| MuKE | Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich |
| NE | Negativemissionen |
| NET | Negativemissionstechnologie |
| 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 |
| RW | Richtwert |
| SBTi | Science based targets initiative |
| SIA | Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein |
| SN | Schweizer Norm |
| SNBS | Standard nachhaltiges Bauen Schweiz |
| THG | Treibhausgas |
| THGE | Treibhausgasemissionen |
| uGF | unbeheizte Gebädefläche bzw. unbeheizte Geschossfläche |
| WLC | Whole Life Carbon |
| ZW | Zielwert |



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, also die 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 KIG bzw. CO ₂ -Gesetz |
| Langfristig | Bezogen auf die Klimawirkung (gemessen an der Verweildauer von CO ₂ in der Atmosphäre) bedeutet «langfristig» einen Zeitraum von mehreren hundert bis mehreren tausend Jahre. |
| Minimierte Bruttoemissionen _{WLC} : | Brutto-THG-Emissionen des gesamten Lebenswegs werden so weit wie mit Best available technology bzw. best practice vermieden, d.h. bis auf die beim jeweiligen Stand der Technik und der Planungspraxis «schwierig» bzw. kaum vermeidbaren Emissionen. |
| Minimierte Bruttoemissionen _{WLC} für | die Zeitspanne zwischen heute und 2050: der Begriff «Minimierte Bruttoemissionen _{WLC} » wird mit einer Zeitangabe versehen, z.B. als Index: «Minimierte Bruttoemissionen _{WLC2025} » oder «Minimierte Bruttoemissionen _{WLC} heute bzw. 2025». Die Werte sind mit Verweis auf den Stand der Technik und die Planungs- und Baupraxis festzulegen (für den heutigen Zeitpunkt sowie kurz- bis mittelfristig im Sinne eines Absenkpfad) |
| Netto-Null _{WLC} | Gleichgewicht über den ganzen Lebensweg zwischen Treibhausgasquellen (Emissionen) und permanenten Treibhausgasenken (Negativemissionen). |
| Netto-Null _{WLC} -ready | Durch NET und/oder temporäre Senken werden die Voraussetzungen geschaffen, dass über den Lebensweg ein Gleichgewicht zwischen Treibhausgasquellen (Emissionen) und Treibhausgasenken (Negativemissionen) erreicht wird, wobei dies durch künftige Massnahmen erfolgen kann (beispielsweise umwandeln von temporären Senken und Negativ-Emissionen). |
| Neubau | Definition inkl. Erweiterungen an Bestandsgebäuden (vorbehaltlich separate Definition Ersatzneubauten) |
| Schwer vermeidbare THGE gemäss | Definition Bund für das Jahr 2050: (im Wesentlichen) Emissionen der Landwirtschaft, der KVA und der Zementwerke. |
| Whole Life Carbon (WLC) | Betrachtung des C bzw. der THGE über den ganzen Lebensweg. |



1 Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehen

1.1 Ausgangslage, Motivation und Problemstellung

1.1.1 Ausgangslage

Auf Basis des Übereinkommens von Paris hat sich die Schweiz dazu verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen (THGE) bis 2050 auf «Netto-Null» zu senken. Dieses Ziel ist im Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (Klima- und Innovationsgesetz, KIG) rechtlich verankert. Das KIG enthält zudem sektorielle Richtwerte zur Emissionsverminderung, unter anderem für den Gebäudesektor. Bis 2050 soll der Gebäudebereich keine Treibhausgasemissionen mehr verursachen. Die Energieperspektiven 2050+ (EP 2050+) zeigen im Szenario ZERO (Basis sowie Untervarianten) konkrete Absenkpfade für die Endenergienachfrage im Gebäudebereich und der damit verbundenen THGE auf. Nicht bzw. nur teilweise werden in den EP 2050+ bzw. der langfristigen Klimastrategie der Schweiz die grauen THGE aus der Bereitstellung der Energieträger und der Errichtung und Entsorgung von Gebäuden und ihren Bauteilen erfasst. Diese müssen jedoch in einer Gesamtbetrachtung des Gebäudebereichs berücksichtigt werden, um zielführende Massnahmen zu formulieren.

1.1.2 Motivation

Politik, Behörden, Bevölkerung, Immobilien- und Baubranche sind sich im Grundsatz einig: Bis 2050 soll der Schweizer Gebäudesektor keine direkten Treibhausgasemissionen mehr ausstossen und die Emissionen insgesamt, d.h. inkl. indirekte Emissionen und Emissionen aus vorgelagerten Ketten, sollen auf netto null gesenkt werden. Was mit netto null gemeint ist und was das Ziel «Netto-Null» bedeutet, scheint oft nicht klar. Ein gemeinsames Verständnis des Begriffs Netto-Null und eine Verständigung über die Systemgrenzen, z.B. was die Bewertung des Stroms, der Einbezug von künftigen Entwicklungen und die Anrechenbarkeit von Zertifikaten, temporären Senken und Negativ-Emissionen betrifft, hat sich noch nicht durchgesetzt.

Mit Verweis auf das Pariser Übereinkommen hat der Bundesrat das Ziel «Netto-Null» Treibhausgasemissionen bis 2050 beschlossen. Das Ziel ist im KIG rechtlich verankert. Umsetzungsmassnahmen werden auf verschiedenen Ebenen im Rahmen von laufenden Initiativen, Gesetzesvorlagen und Projekten diskutiert, übergeordnet erarbeitet und vorgeschlagen.

Grundlage für das KIG sind u.a. die vom Bund erarbeiteten Energieperspektiven 2050+ (EP 2050+), wobei diese einen sektoralen Ansatz verfolgen. Dies ist bis jetzt auch bei den Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) und beim GEAK der Fall. Im Gegensatz dazu verfolgen der SIA-Klimapfad und Minergie-(P/A)-ECO einen Lebenszyklusansatz Herstellung und Transport der verwendeten Baumaterialien sowie der Bauprozess verursachen jedoch einen wesentlichen Anteil der THGE (Röck et al. 2020) und eine Reduktion dieser THGE auf «Netto-Null» ist ebenfalls erforderlich. Bei der sektoralen Betrachtung (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 des einzelnen Gebäudes aus? Wie wird Netto-Null berechnet und welche Negativemissionen (NE) sind für das «Netto» anrechenbar? Wie würde ein möglicher Absenkpfad aussehen? Mit welchen Anreizen kann die Absenkung gesteuert werden?



Die entsprechenden Diskussionen zur Festlegung von Standards und (gesetzlichen) Anforderungen zur Zielerreichung auf Bundes- und Kantonsebene sind zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts im Gang. In Anbetracht der durch die Forschung belegten Dringlichkeit der negativen Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosysteme und Gesellschaft (IPCC, 2023) werden die von Wirtschaft und Nicht-Regierungsorganisationen (NGO) angebotenen Initiativen (wie z.B. CBI, CRREM, PACTA, PCAF, SBTi) und Gebäudestandards und -label (SIA-Klimapfad, GEAK, Minergie-(P/A)-ECO, NNBS etc.) eine entscheidende Rolle spielen müssen. Dieser Bericht trägt dazu bei.

Ein wichtiger Schritt dazu ist, eine Auslegeordnung und Bewertung der bestehenden Definitionen vorzunehmen, um dann die «wirksame» Definition von Netto-Null festlegen zu können, sowohl für den heutigen wie auch für künftige Zeiträume. Als Basis für die Entwicklung von anwendbaren Instrumenten (wie Labels, Standards, Empfehlungen und Normen) ist dazu ein Netto-Null-Absenkpfad – im Sinne einer zeitlich variablen Zielsetzung und Anforderung – zu definieren (Teilprojekt F1, Jakob et al. 2024). Dies ist insbesondere von Bedeutung, da derzeit noch kein Gebäude mit Netto-Null Emissionen über den Lebenszyklus erstellt werden kann (Gugerli & Pfäffli, 2020, Priore et al. 2024).⁴ Eine Grössenordnung der heute erreichbaren Reduktion für die Erstellung, zeigen der Bericht des Projektteils F2 (Priore et al. 2024) sowie Näf & Sacher et al. (2021) auf. Bei Priore et al. (2024) wird «Netto-Null» erreicht, wenn temporäre Senken (TS) durch die Verwendung von Holz und anderen biogenen Baustoffen als NE bilanziert werden, dies unter der Voraussetzung, dass die Permanenz rechtlich/gesetzlich und technisch sichergestellt werden kann.

Da die Potenziale von Negativemissionen (NE) und von Negativ-Emissionstechnologien (NET) aus übergeordneter Sicht jedoch beschränkt sind, kann «Netto-Null» in der Breite nur erreicht werden, wenn die Emissionen der Erstellung deutlich gesenkt werden können im Vergleich zur heutigen Bau- und Sanierungsweise. Nur in diesem Fall können die dann noch schwer vermeidbaren Emissionen mit NE ins Gleichgewicht gebracht werden. Um die Emissionen der Phase Erstellung zu verringern, sind auch technologischen Entwicklungen und die erforderliche Umstrukturierung des (europäischen) Energie- und Industriesystems erforderlich. Dies wird schätzungsweise noch 10 bis 20, evtl. bis zu 30 Jahre benötigen, was etwa dem Zeithorizont des Absenkpfeils entspricht. Das Potential für eine weitere Reduktion auf der Ebene der Baumaterialien und -produkte in der Zukunft mit einer klimafreundlichen Produktion und deren Auswirkungen auf die THGE wird durch Alig & Frischknecht et al. (2021) und durch Rehfeldt et al. (2024) abgeschätzt.

In der Vergangenheit haben unterschiedlich gezogene Systemgrenzen, Definitionen und Berechnungsmethoden im Bereich der energetischen Gebäudebewertung eher zu Verwirrung und Wirkungsverlust geführt. Eine frühzeitige und möglichst harmonisierte Definition von Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich zusammen mit einer Festlegung von Ziel- und Richtwerten inkl. Absenkpfad auf der Mikro-Ebene (einzelne Gebäude, Gebäudeportfolios und Areale) und der Definitionen eines entsprechenden Absenkpfeils auf der Makro-Ebene 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 EP 2050+ des Bundes.

⁴ Es sei denn, es kann sichergestellt werden, dass temporäre Senken durch die Verwendung von Holz und anderen biogenen Baustoffen nach dem Ende ihrer Nutzungszeit in dauerhafte Emissionen umgewandelt werden können.



1.2 Projektziele

Vor dieser Ausgangslage hat das BFE Ende 2022 das vorliegende Projekt ausgeschrieben mit dem Ziel, eine gemeinsame Definition von «Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich» für die Schweiz zu erarbeiten. Diese soll von allen Akteuren akzeptiert und als Grundlage zur Grenz- und Zielwertsetzung verwendet werden.

Das Ziel des hier berichteten Projektteils besteht darin, die Fragestellung F4 der Ausschreibung zu beantworten und einheitliche Grundlagen zur Grenz- und Zielwertsetzung für die verschiedenen Informations-, Planungs- und Anforderungsinstrumente (Standards, Labels, Benchmarks, gesetzliche Anforderungen) zu schaffen. Allfällige Unterschiede in der Grenz- und Zielwertsetzung sollen aufgezeigt und ein Mechanismus erarbeitet werden, um die Ziele zwischen den verschiedenen Betrachtungsweisen überführen zu können.

Die zu erarbeitenden einheitlichen Grundlagen zur Grenz- und Zielwertsetzung sollen auf den Ergebnissen der methodischen Arbeiten (Teilprojekt F0) aufbauen und auf die Ergebnisse der Teilprojekte F1 und F2 (Gebäudepark bzw. Einzelgebäude und Technologiebetrachtung) Bezug nehmen.

1.3 Fragestellungen

Zu beantworten sind insbesondere die folgenden in der Ausschreibung formulierten Forschungsfragen (die nachfolgend verwendeten Kürzel sind mit denen im Ausschreibungstext kongruent). Im Sinne einer Problemanalyse gehen wir nachfolgend darauf ein, wie wir diese verstehen und was bei deren Beantwortung beachten wird. Zu erinnern ist an dieser Stelle, dass die Fragestellungen und Systemgrenzen unter folgender Prämisse zu beantworten bzw. zu definieren sind: Die Konzeption von Gebäuden und Sanierungen und die dazu erforderlichen Massnahmen sollen einen Bezug zum Gebäude haben. Das heisst, dass Zertifikate zu Negativemissionen, die mit anderweitigen Massnahmen generiert werden, z.B. mit Direct air capture and storage (DACs), nicht berücksichtigt werden.

F4.1 Wo gibt es einheitliche Definitionen und Annahmen, wo bestehen Differenzen? Wie kann mit den unterschiedlichen Bewertungssystemen der gelieferten Energie (Primärenergie- bzw. politische Faktoren) umgegangen werden?

Zwischen den Instrumenten und Grundlagen des SIA, der MuKE, die von den Vereinen Minergie, Ecobau, dem Netzwerk SNBS, und des Energieausweises GEAK gibt es zum einen relativ viele Gemeinsamkeiten und zum anderen auch gewisse Unterschiede. Diese betreffen verschiedene Bereiche wie z.B. Berechnungsmethoden, diesen zugrunde liegende Annahmen und Parameter, gewählte Systemgrenze (z.B. bzgl. energetischer Verwendungszwecke, Gebäude- bzw. Lebenszyklusphasen, Anerkennung von Zertifikaten), Bewertungsgrössen (Energie, THGE) sowie die Art und Weise, wie Richt-, Grenz-, Anforderungs- und Zielwerte (z.B. bzgl. Kategorisierung und ob projektspezifisch vs. pauschal) festgelegt und wie spezifische Anreize gesetzt werden, z.B. für die Erstellung von grossen PV-Anlagen. Auf diese Aspekte wird im Kap. 3 näher eingegangen.

F4.2 Welche Lösungsansätze gibt es, um eine gemeinsame Netto-Null Definition basierend auf den unterschiedlichen methodischen Ansätzen in den verschiedenen Planungs- und Umsetzungsinstrumenten von SIA, Minergie, Ecobau, SNBS, und GEAK aufzunehmen?

Lösungsansätze für eine gemeinsame Netto-Null Definition zu suchen, impliziert, dass die verschiedenen Planungs- und Umsetzungsinstrumente in der Lage sein müssten, Emissionen aller relevanten Phasen und Scopes abzubilden. Solange gewisse relevante Gebäudephasen nicht inkludiert werden, ist eine Netto-Null Beurteilung (oder eine Kompatibilität zu einem dahin führenden Absenkpfad) nicht möglich. Ergo ist eine gemeinsame Definition nur dann möglich, wenn Bereiche, die in einem Instrument abgedeckt sind, durch ein anderes komplettiert werden. Damit eine Netto-Null Definition, die auf den unterschiedlichen methodischen Ansätzen basiert, als «gemeinsam» bezeichnet werden kann, muss sie



- ähnlich vollständig sein (so vollständig wie immer möglich, denn Netto-Null lässt per Definition keine Restemissionen zu)
- transparent und nachvollziehbar sein. Aus diesem Grund sollten z.B. die Endenergie pro Energieträger, biogene Emissionen, temporäre Senkenwirkungen und NE separat bilanziert werden.
- eine Überführbarkeit zwischen den verschiedenen Methoden oder eine einfache Vergleichbarkeit ermöglichen. Dies könnte erreicht werden, indem die Emissionen der Sekundärenergieträger (Strom, leitungsgebundene Wärme und Brennstoffe) und die der Baustoffe mit zwei Varianten (Metriken) berechnet werden, einmal spezifisch und einmal mit harmonisierten Grundlagen
- gewisse Prinzipien vereinheitlichen.

F4.3 Wie können die auf unterschiedlichen methodischen Ansätzen basierenden Grenz- und Zielwerte festgelegt werden, so dass sie aufeinander abgestimmt sind?

Grundsätzlich gibt es mehrere Möglichkeiten, die auf unterschiedlichen methodischen Ansätzen basierenden Grenz- und Zielwerte so festzulegen, dass sie inhaltlich und materiell, d.h. bzgl. ihrer beabsichtigten Anreizwirkung, aufeinander abgestimmt sind. Wir nennen drei mögliche Varianten:

1. Subsidiarität: Die verschiedenen Informations- und Planungsinstrumente werden aufeinander bezogen, d.h. die Rechenvorschriften und Berechnungsannahmen sowie die Grenz- und Zielwerte eines bestimmten Bereichs oder Indikators (z.B. Scope 1, 2 oder 3 Emissionen) werden nur an einer Stelle bzw. in einem Instrument berechnet und beurteilt. Zum Beispiel könnte eine Instanz (z.B. der SIA, das BFE) die methodischen Grundlagen erarbeiten (lassen) und die Standards und Label beziehen sich darauf. Nicht abgedeckte Bereiche oder andere methodische Ansätze (z.B. Abschreibungs- oder Investitionsprinzip) würden in einem solchen Ansatz subsidiär dort definiert, wo sie verwendet werden sollen.
2. Harmonisierung: Die verschiedenen Informations- und Planungsinstrumente werden so weit wie möglich harmonisiert, zum einen bzgl. der Berechnungsmethoden und zum abgedeckten Umfang und zum anderen materiell. Dies würde gewisse methodische und inhaltliche Anpassungen implizieren und bedingt ein koordinierendes Gremium (z.B. eine Kommission bestehend aus Vertreter:innen der verschiedenen Stakeholdergruppen).
3. Umrechnung: Die dritte Variante besteht darin, die unterschiedlichen Berechnungsmethoden und Annahmen zwischen den verschiedenen Instrumenten beizubehalten und die Grenz- und Zielwerte so umzurechnen, dass sie materiell (d.h. was die Strenge der Anforderungen betrifft) verglichen werden können. Gewisse Unterschiede bei den abgedeckten Bereichen könnten ggf. mittels Korrekturfaktoren ad hoc berücksichtigt werden.



1.4 Vorgehen

Das Vorgehen wird in folgende Arbeitspakete (AP) strukturiert:

AP4.1: Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Definitionen und Annahmen

Im AP4.1 wird die Frage F4.1 beantwortet, d.h. es werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Definitionen und Annahmen der verschiedenen Planungs- und Umsetzungsinstrumente aufgezeigt.

Die Arbeit im AP4.1 besteht konkret im Zusammentragen, Analysieren und Bewerten der relevantesten, bereits vorhandenen Definitionen zum Begriff «Netto-Null Gebäude» und der im Zusammenhang dazu stehenden Grundlagen (z.B. SIA-Effizienzpfad, Energieperspektiven 2050+, Kantone, Minergie, Studie Klimapositives Bauen). Der Vergleich erfolgt anhand eines Rasters und einer synoptischen Darstellung, mit der die Unterschiede aufgezeigt und erläutert werden. Auf die Bedeutung der Gemeinsamkeiten und Unterschiede wird aus Sicht der Netto-Null Zielsetzung analytisch eingegangen. Zu diesem Zweck werden die Anforderungen von verschiedenen Standards und Labels (Fokus Minergie P/A/ECO und SIA-Klimapfad gemäss FprSIA 390/1) auf die im Teilprojekt F0 erarbeitete Methodik WLC_{NN} umgerechnet. Damit können die Unterschiede innerhalb einer identischen Metrik aufgezeigt und inhaltlich erläutert werden.

AP4.2: Lösungsansätze für eine gemeinsame Netto-Null Definition

Im AP4.2 wird die Frage F4.2 beantwortet, d.h. es werden Lösungsansätze für eine gemeinsame Netto-Null Definition erarbeitet, die auf den unterschiedlichen methodischen Ansätzen der verschiedenen Planungs- und Umsetzungsinstrumenten von SIA, Ecobau, SNBS, GEAK und Minergie basiert. Hierbei wird an die Überlegungen zur Frage F4.2 aufgebaut. Konkret beurteilt werden:

- (i) Vollständigkeit
- (ii) Transparenz und Nachvollziehbarkeit
- (iii) Überführbarkeit und
- (iv) Potenzial zur Vereinheitlichung der Prinzipien.

AP 4.3: Grundlagen von aufeinander abgestimmten Grenz- und Zielwerten

Im AP4.3 wird die Frage F4.3 beantwortet, d.h. für die unterschiedlichen Ansätze werden Vorschläge erarbeitet, damit sie inhaltlich und materiell verglichen werden können. Grundsätzlich gibt es dazu mehrere Möglichkeiten, namentlich

1. Subsidiarität
2. Harmonisierung
3. Umrechnung

Je nach Sachlage kommt eine der drei Möglichkeiten zur Anwendung.

AP4.4: Synthese

Im AP4.4 wird eine Synthese der Ergebnisse der vorangehenden AP (auch der anderen Projektteile) erstellt. Es werden Grundsätze erarbeitet, die beim Setzen von Grenz- und Zielwerten (inkl. Absenkpaddynamik) zu beachten sind und es werden Begrifflichkeiten für Gebäude vorgeschlagen, die heute noch nicht NN erreichen, jedoch anspruchsvolle Anforderungen erfüllen (bewertet mit den Elementen der WLC-Methodik). Hierzu wird die Begleitgruppe involviert.



2 Methodischer Kontext und Auslegeordnung

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°, unter 1.5°C oder unter 2°C), je nach Sicherheit, mit der diese Zielsetzung erreicht werden soll und je nach Verlauf des Emissionspfads in den nächsten Jahren sind die THGE früher oder später auf netto null zu senken, siehe Bericht zum Teilprojekt F1. Dies kann entweder erfolgen, indem alle direkten und indirekten Emissionen vermieden, d.h. auf 0 gesenkt werden oder indem brutto Rest-Emissionen durch NE ausgeglichen werden, so dass netto null Emissionen resultieren.

Definition Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich (übernommen aus Bericht zum Teilprojekt F0)

«Netto-Null THGE bedeutet, dass nicht mehr THG in die Atmosphäre gelangen als natürliche oder technische Speicher aufnehmen können. Dafür sind die THGE so weit wie möglich zu vermeiden, und die verbleibenden schwer vermeidbare Emissionen sind durch permanente natürliche Emissionssenken oder durch technische Massnahmen wieder aus der Atmosphäre zu entfernen und langfristig (mehr als tausend Jahre) sicher zu speichern bzw. zu entsorgen. 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). Zum Gebäudebereich zählen bei einer umfassenden Betrachtung auch die Lieferketten, die zur Herstellung der Bauprodukte und Gebäudeelemente, zum Bau und zum Betrieb der Gebäude sowie zur Entsorgung der Bauprodukte und Gebäudeelemente erforderlich sind. Das in dieser Studie definierte Ziel zur Erreichung von Netto-Null THGE im Gebäudebereich ist somit klimaphysikalisch begründet. Es geht von einer Lebenswegbetrachtung aus und ist nicht zu verwechseln mit den politischen Länderzielen und daraus abgeleiteten Sektorzielen gemäss dem Pariser Abkommen, die von einer territorialen und prozessorientierten Betrachtung ausgehen.»

Definition Netto-Null Gebäude (übernommen aus Bericht zum Teilprojekt F0)

«Ein Gebäude mit Netto-Null Treibhausgasemissionen (kurz «Netto-Null Gebäude») weist ein Minimum an Treibhausgasemissionen für die Erstellung und im Betrieb über den gesamten Lebenszyklus auf und vermindert die verbleibenden Treibhausgasemissionen aus Erstellung und Betrieb durch anrechenbare Negativemissionen auf netto null. Die Berechnung der THGE erfolgt nach definierten methodischen Grundsätzen. Diese sind grundsätzlich wissenschaftsbasiert. Die daraus abgeleiteten Ziele berücksichtigen teilweise auch Aspekte der Anreizsetzung und Umsetzbarkeit.»

2.2 Qualitative Hinweise über die Emissionsstruktur eines Netto-Null Gebäudes

In der nachfolgenden Tabelle 1 wird ein qualitativer Hinweis über die Emissionsstruktur eines Netto-Null Gebäudes im Sinne einer ersten Einschätzung gegeben. Diese Einschätzung stützt sich auf die vorliegenden Ergebnisse und Erkenntnissen aus der Fragestellung F2 sowie den analysierten Grundlagen von Minergie (MINERGIE 2023a) und Minergie-ECO (Minergie 2023b) und des SIA-Klimapfads gemäss Schlussentwurf FprSIA 390/1:

- **Betriebliche Emissionen des Scopes 1:** Es ist bereits heute möglich, Gebäude fossilfrei zu betreiben. D.h. es kann davon ausgegangen werden, dass die Scope 1 Emissionen in einem Netto-Null-Gebäude null sind. Dies gilt sowohl für Neubauten als auch für bestehende Gebäude, wobei es im letzteren Fall hilfreich sein kann, wenn die Energieversorgung im urbanen Raum leitungsgebunden erfolgt, weil dezentrale Systeme wie Wärmepumpen und Holzheizungen in einem solchen Umfeld häufig nicht möglich oder nur mit hohen Kosten umsetzbar sind (wegen mangelndem Energiepotenzial, Platzbedarf, Lärmschutz- und Luftreinemassnahmen etc.,



siehe Berichte Stadt Zürich, EP 2050+, WIS-Studie, Schlussbericht LICS-Projekt, Bericht zum Regenerationsbedarf von Erdwärmesonden-WP etc.).

- **Betriebliche Emissionen des Scopes 2:** Die indirekten Emissionen der Sekundärenergieträger wie Fern- und Nahwärme sowie Strom können bereits heute mit geringen Emissionen bereitgestellt werden. Künftig, d.h. mit fortschreitender Dekarbonisierung des Energiesystems, werden solche Emissionen noch geringer und bis 2050 bei (nahe) null sein. Entsprechend sind die Scope 2 Emissionen des Betriebs in einem Netto-Null Gebäude mittel bis gering (heute) bis sehr gering bzw. null (künftig).
- **Betriebliche Emissionen des Scopes 3:** Die «Grauen Emissionen» aus dem Betrieb, d.h. die Emissionen aus der Erstellung der Energieträgeraufbereitung und Lieferung zum Gebäude (inkl. Energieinfrastruktur), sind im Vergleich zu den Scope 2 Emissionen der genannten Sekundärenergieträger deutlich tiefer (falls diese thermisch und mit fossilen Energieträgern bereitgestellt werden). Für die übrigen Energieträger liegen sie qualitativ in einer ähnlichen Grössenordnung. D.h. die Scope 3 Emissionen der Energiebereitstellung sind in einem Netto-Null Gebäude in der Regel gering (heute) und werden künftig sehr gering sein. Auf Sekundärenergieträger wie gewisse biogene oder synthetische Gase und flüssige Brennstoffe, auf welche diese Aussagen nicht zutreffen, ist entsprechend zu verzichten.
- **Emissionen Erstellung des Scopes 3:** Die THGE der Erstellung der Gebäudeelemente (Konstruktion, Ausstattung, Gebäudetechnik etc.) sind heute im Durchschnitt noch relativ hoch und auch bei grossen Anstrengungen, die für ein Netto-Null Gebäude zu leisten sind, sind sie mittel bis hoch (v.a. im Quervergleich zu den betrieblichen Emissionen). Es ist davon auszugehen und durch Politik und Wirtschaft anzustreben, dass sie mittel- bis langfristig tiefer ausfallen werden, da sich sowohl das Energiesystem und letztlich auch der produzierende Industriesektor dekarbonisieren müssen (siehe EP 2050+, KBOB Future, Analysen Fraunhofer ISI etc.). Je nach Erfolg dieser Dekarbonisierungsbemühungen in der Schweiz, in Europa und weltweit können die Scope 3 Emissionen 2050 mehr oder weniger nahe bei null liegen. Es verbleibt dennoch ein Teil schwer vermeidbarer Emissionen im Bereich der Erstellung.
- Die verbleibenden, d.h. schwierig oder kaum vermeidbaren THGE, sind in einem Netto-Null Gebäude vorgängig oder nachträglich auszugleichen, d.h. aus der Atmosphäre zu entfernen und langfristig sicher zu speichern bzw. zu entsorgen (durch NET). Hier sind zwei Zeitpunkte zu unterscheiden:
 - Zum derzeitigen Zeitpunkt ist Netto-Null gemäss Whole Life Carbon (NN_{WLC}) durch NET mit Bezug zum Gebäude allein noch kaum möglich und zudem ist das übergeordnete Potenzial für NET nur in eingeschränktem bzw. nicht im erforderlichen Umfang verfügbar. Deshalb ist zum heutigen Zeitpunkt davon auszugehen, dass ein Gebäude, beim dem «Netto Null» angestrebt wird, noch nicht netto null THGE aufweist, sondern geringe bis mittlere THGE.⁵ Im Hinblick auf das Setzen von Anreizen ist eine geeignete Bezeichnung von solchen Gebäuden zu finden.
 - Künftig werden die schwer vermeidbaren Emissionen geringer sein und die NET-Potenziale werden zunehmen, insbesondere mit einer gesetzlichen Verankerung oder gar Verpflichtung zu verbindlicher Absicherung der dauerhaften Speicherung des in biogenen Bauteilen enthaltenen Kohlenstoffs deutlich über die Lebensdauer des Gebäudes hinaus. Damit können künftig Gebäude möglich werden, die über den ganzen Lebenszyklus Netto-Null THGE aufweisen.

⁵ Es sei denn, dass Negativemissionen angerechnet werden können, wenn deren Permanenzwirkung technisch und gesetzlich/rechtlich gesichert werden kann, siehe Bericht F2: Priore et al. 2024



Tabelle 1 Qualitative Einschätzung zur Struktur der THG-Emissionen eines Gebäudes, das heute so nah wie möglich und künftig komplett Netto-Null_{WLC} ist

| Gebäudephasen und Bereiche (Scopes GHG Protocol kg/m ²) | | Heutiges Gebäude, so nah wie möglich an Netto-Null _{WLC} : MinBE | Zukünftiges Gebäude (2050): NN _{WLC} |
|--|--|---|---|
| Betrieb | Direkte Emissionen fossile Energieträger (Scope 1) | 0 | 0 |
| | Indirekte Emissionen Sekundärenergieträger (Scope 2) | Gering | Sehr gering |
| | Graue Emissionen Energiebereitstellung (Scope 3) | Gering | Sehr gering |
| Erstellung (Scope 3) | | Mittel bis hoch | Mittel bis gering |
| Betrieb und Erstellung Scope 1 bis 3 (typischerweise für die meisten Gebäudekategorien erreichbar) | | Mittel | Mittel bis gering |
| Negativ-Emissionen | | Gering | Mittel bis gering |

Quelle: Eigene Darstellung (dieses Projekt).

Im Hinblick auf die Umsetzung des genannten Ziels, mittelfristig die THGE des Gebäudebereichs auf netto null zu senken, stellen sich

- verschiedene definitorische und methodische Fragen, namentlich im Kontext von etablierten Methoden der Ökobilanzierung bzw. THG-Inventarisierung wie das nationale THG-Inventar, das internationale THG-Protokoll und Ökobilanzmethoden (in der Schweiz z.B. der KBOB, ecoinvent).
- 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 wird im nachfolgenden Kapitel 2.3 (Anreizwirkung) kurz eingegangen.

2.3 Anreizwirkung

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 Bezeichnungen und Terminologien und der verschiedenen möglichen methodischen Ansätze bewusst zu werden. Dies ist für verschiedene Zielgruppen und Fälle zu differenzieren: Produktherstellung, Bau, Nutzung, Ersatz/Modernisierung, Rückbau, Wiederverwendung/Recycling, Abfallbehandlung. Als Beispiele zu nennen sind:

- Eine besondere Bezeichnung von heutigen Gebäuden und Sanierungen mit zwar tiefen Bruttoemissionen (die aus heutiger Sicht, d.h. mit heutigen Technologien, Bauprodukten und Planungsansätzen, kaum vermeidbar sind), die aber nicht Netto-Null_{WLC} erreichen: Minimierte Brutto-Emissionen_{WLC}.
- 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 könnten die Methodik oder geeignete Zusatzanforderungen 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. Klare und nicht-irreführende Bezeichnungen und Transparenz bezüglich der realen Situation der anfallenden Emissionen und der Anreizsetzung sind wesentlich und Differenzen zu jährlich rapportierten Emissionen der Industrie und davon abweichende Anrechnungen auf der Ebene der Produkte müssen nachvollziehbar sein.

Auf die Aspekte der Anreizwirkung wird im Kap. 3.5.1 und im Kap. 6.3 näher eingegangen.



3 Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei den Definitionen, Berechnungsmethoden, Datengrundlagen und Annahmen

F4.1 Wo gibt es einheitliche Definitionen und Annahmen, wo bestehen Differenzen? Wie kann mit den unterschiedlichen Bewertungssystemen der gelieferten Energie (Primärenergie- bzw. politische Faktoren) umgegangen werden?

Zwischen den Instrumenten und Grundlagen des SIA, der MuKE sowie von den Vereinen Minergie und Ecobau, dem Netzwerk SNBS und dem Energieausweis GEAK gibt es zum einen relativ viele Gemeinsamkeiten und zum anderen auch relevante Unterschiede. Zu beurteilen sind folgende Aspekte:

- Grundlegende Definitionen, Annahmen und Berechnungsroutinen
- Systemgrenze
- Betrachtete Grössen und Grössen, für welche Anforderungen gelten: energetische Kennwerte wie Nutz-, End- und Primärenergie, Treibhausgasemissionen etc.
- Abgedeckte Gebäudephasen: Betrieb, Erstellung
- Umgang mit Energiezertifikaten
- Umgang mit weiteren methodischen Fragen der Fragestellung F0

Vorgaben für Grenzwerte der Emissionen «Erstellung» und «Betrieb», die für eine Zertifizierung einzuhalten sind, werden zum Zeitpunkt der Berichtslegung (Juni 2024) lediglich bei Minergie und im Schlussentwurf des SIA-Klimapfads FprSIA 390/1:2024-02 (kurz: FprSIA 390/1) gefordert. SNBS bezieht sich bzgl. den Energie- und Klimakriterien auf Minergie und MuKE und GEAK haben (noch) keine Vorgaben bezüglich dieser Emissionen. Aus diesem Grund fokussiert dieses Kapitel nachfolgend auf den SIA-Klimapfad (FprSIA 390/1) und die verschiedenen Labels Minergie (P/A) und Minergie-ECO. Bzgl. des Berechnungsverfahrens ist der GEAK damit ebenfalls mit abgedeckt, weil sich Minergie bei den Emissionen Betrieb darauf bezieht.

3.1 Verschiedene Definitionen und Ansätze zu Netto-Null Gebäuden (in der Schweiz)

3.1.1 Generelle Definition (dieses Projekt)

Die folgende Definition von Netto-Null für Gebäude leitet sich aus der übergeordneten Definition von Netto-Null ab. Sie ist wissenschaftsbasiert und berücksichtigt auch Aspekte der Anreizsetzung und Umsetzbarkeit.

Ein Gebäude mit Netto-Null Treibhausgasemissionen (kurz „Netto-Null Gebäude“) weist ein Minimum an Treibhausgasemissionen in den Phasen Erstellung und Betrieb über den gesamten Lebenszyklus auf und gleicht die verbleibenden schwierig bzw. kaum vermeidbaren Treibhausgasemissionen aus Erstellung und Betrieb durch anrechenbare Negativemissionen auf netto null aus. Die Berechnung der Treibhausgasemissionen erfolgt nach definierten methodischen Grundsätzen.

Quelle: Teilprojekt F0.

Weil Gebäude in einer Lebenszyklusbetrachtung in diversen und weit gefassten Bereichen THGE verursachen, ist es für die Umsetzung von NN im Gebäudebereich erforderlich, die Bilanzierungs-



methoden in zahlreichen Detailspekten festzulegen. Wesentlich ist also der Verweis auf die in diesem Projekt gemachten methodischen Festlegungen (Teilprojekt F0).

3.1.2 SIA-Klimapfad gemäss FprSIA 390/1

Der SIA-Klimapfad definiert in seiner FprSIA 390/1 ein Gebäude mit Netto-Null Treibhausgasemissionen (informativ) wie folgt (Ziff. B.1.2).:

Ein Gebäude mit Netto-Null-Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb erfüllt die entsprechenden Anforderungen der Zusatzanforderung B gemäss dieser Norm und weist gemäss dieser Norm anrechenbare Negativemissionen in der Höhe der verbleibenden Treibhausgasemissionen in Erstellung und Betrieb nach.

Im Vergleich zur Zusatzanforderung⁶ A handelt es sich bei der Zusatzanforderung B um die weniger anspruchsvollen Anforderungen (Basis). Um die noch anspruchsvolleren Anforderungswerte (Ambitioniert) zu erreichen, dürfen gemäss FprSIA 390/1:2024-2 (Stand Frühjahr 2022) Negativ-Emissionen (NE) angerechnet werden (sofern die Basisanforderungen erfüllt sind). Die FprSIA 390/1:2024-2 definiert zudem, welche NE zu welchen Bedingungen anrechenbar sind.

3.1.3 Einsatz von Minergie und Minergie-ECO

Minergie postuliert keine umfassende und formale Definition von Netto-Null Gebäude, nähert sich dem Thema jedoch wie folgt an: Minergie stellt Anforderungen an die Energieeffizienz, hat null direkte CO₂-Emissionen in Scope 1, begrenzt im Fall der Fernwärme (FW) den fossilen Anteil und damit die entsprechenden Scope 2 Emissionen und stellt Anforderungen an die Scope 3 Emissionen der Phase Erstellung. Auf seiner Homepage wird dies wie folgt präzisiert:

«Minergie verbietet den Einsatz von fossilen (Wärmeerzeugungssystemen). Minergie-Gebäude haben also nach Scope 1 Null CO₂-Emissionen. In Einzelfällen sind fossile Energieträger für die Spitzenlast und Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen (WKK) zulässig. Es handelt sich dabei um ca. 2 % der Minergie-Gebäude, die zum Beispiel an den kältesten Wintertagen minimal CO₂ emittieren. Scope 2 wird durch die Effizienzvorgaben von Minergie minimiert. Wie der verbleibende Energiebedarf eines Gebäudes gedeckt wird, ist Entscheidung der Nutzenden (z.B., ob man den nicht eigens produzierten Strombedarf mit Ökostrom deckt) und kann deshalb nicht in den Planungs- und Baustandard von Minergie einfließen. Der Zusatz ECO – und seit 2022 auch alle anderen Minergie-Standards – bilanzieren und begrenzen die Emissionen von Scope 3. Bei Minergie-Neubauten wird zudem die Kohlenstoff-Speicherung, z.B. bei Holzbauten, erfasst.»

Quelle: <https://www.minergie.ch/de/themen/kernthemen/co2-emissionen/netto-null/>

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass Minergie-ECO eine eigene Marke und der Zusatz ECO ein Kooperationsprodukt zwischen den Vereinen Minergie und Ecobau ist. Der Zusatz ECO wird vom Verein Ecobau erstellt, welcher im Besitz der Urheberrechte ist. Die dazugehörigen Grenzwerte GW1 und GW 2 werden vom Verein Ecobau definiert. Um ein Projekt nach dem Zusatz ECO zu zertifizieren, müssen sowohl die Anforderungen von Minergie (-P/-A) als auch die des Zusatzes ECO eingehalten werden. Minergie und Ecobau sind übereingekommen, die Methodik zur Berechnung der Gesamtemissionen und THGE zu vereinheitlichen (MINERGIE 2023a; MINERGIE 2023b). Der besseren Lesbarkeit halber wird im Folgenden der Begriff «Minergie» teilweise vereinfacht für die Anwendung der gesamten Labelfamilie Minergie-(P/A)-ECO verwendet.

⁶ Die Bezeichnung «Zusatzanforderung» wird im SIA-Klimapfad verwendet, um den Bereich Gebäude vom dort betrachteten Total, das auch die gebäudeinduzierte Mobilität inkludiert, abzugrenzen.



3.2 Methodische Gemeinsamkeiten und Unterschiede

In der folgenden Tabelle 3 wird dargelegt, wie FprSIA 390/1 und Minergie(Ecobau mit den verschiedenen methodischen Fragestellungen gemäss Teilprojekt F0 umgehen. Punktuell wird je nach Thema zwischen den verschiedenen Anwendungsfällen von SIA 380 unterschieden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2 Anwendungsfälle gemäss Ziffer 4.1.1. der Norm SIA 380:2022

| Anwendungsfall | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------|--|-------------------------|----------------------|---------------------------------|
| Anwendung | Nachweis | Optimierung | | Messwertvergleich |
| Zweck | Vergleich mit Anforderungen oder behördlichen Vorgaben | Planung und Optimierung | | Vergleich mit gemessenen Werten |
| Zeitraum | Gegenwart | | zukünftiger Zeitraum | Vergangenheit |

Quelle: übernommen aus SIA 380:2022



Tabelle 3 Übersicht wie FprSIA 390/1 und Minergie-(P/A)-ECO derzeit mit methodischen Fragen umgehen (Gap-Analyse).

| | Grundsatzfrage Methodik | Methodische Ansätze (Varianten) | Minergie-(P/A)-ECO | FprSIA 390/1 Klimapfad | Bemerkungen |
|---|--|---|--|------------------------|---|
| F0.1.B Indirekte Emissionen Industrie und Energie | Ansatz zur Bemessung der Emissionen Erstellung von Baumaterialien- und -elementen (Herkunft CH und Import) | M1: Ökobilanzen von herstellerepezifischen Daten gemäss «Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz» von KBOB, Ecobau und IPB (2024) M2: Verwenden und Anpassen der Grundlagen herstellerepezifischer EPD, damit sie mit den Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz konform und damit vergleichbar werden. | Anerkannt werden von KBOB/Ecobau publizierte Ökobilanzdaten. Baumaterialien- und -elementen, die gemäss SIA 2032 erfasst und in der KBOB-Liste aufgeführt sind. Keine direkte Anerkennung von Werten aus EPD (Standard EN 15804), wie sie für andere Gebäudebewertungen verwendet werden (DGNB). | | Um die Veränderung mit der Dekarbonisierung der Baustoffe abbilden zu können sind Hersteller spezifische Angabe und mit der Umsetzung von Massnahmen für diese Produkte Neubeurteilung notwendig |
| F0.2.A Berücksichtigung der Nutzungszeit eines Gebäudes und von Gebäudeelementen | 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 akkumulieren (M2) | Nur Scope 1 und 2 Emissionen und ein Teil der Scope 3 Emissionen der Phase Betrieb werden zum Zeitpunkt ihres Auftretens bilanziert. | | Bzgl. F02.A sind weder der SIA-Effizienzpfad noch Minergie-(P/A)-ECO konform mit den konsolidierten Vorschlägen dieses Projekts. |
| | | M3: Über die Nutzungszeit abschreiben (d.h. Emissionen werden nicht dann bilanziert, wann sie auftreten) | Emissionen Erstellung (inkl. Bauteilersatz) und ein Teil der Scope 3 Emissionen Betrieb werden über Nutzungszeit abgeschrieben. | | |
| F0.2.B Berücksichtigung der Nutzungszeit eines Gebäudes und von Gebäudeelementen | Welche Daten und Annahmen sollen bzgl. Lebens- und Nutzungsdauer der Gebäude und Anlagen verwendet werden? | M1: Normierte Amortisationsdauern. Betrifft Anwendungsfall 1 (Nachweis) gemäss Ziffer 4.1.1. der Norm SIA 380:2022 | Normierte Amortisationszeiten nach SIA 2032. | | Weder FprSIA 390/1 noch Minergie setzen bei ihren Anforderungen zusätzliche Anreize für besonders lange Nutzungszeiten. Jedoch empfiehlt die zugrunde liegende SIA 2032 eine möglichst lange Nutzungsdauer. |
| | | M2: Referenzlebensdauern, die fallweise angepasst werden können (z.B. nach Gebäudetyp, geplantem Nutzungskonzept, Sanierungsstrategien und Produktdeklaration). Betrifft Anwendungsfall 3 (Optimierung Zukunft) gemäss Ziffer 4.1.1. der Norm SIA 380:2022 | Empfehlung der zugrunde liegenden SIA 2032, eine möglichst lange Nutzungsdauer anzustreben. Die methodische Umsetzung ist im Nachgang an dieses Projekt zu konkretisieren. | | |



| | Grundsatzfrage Methodik | Methodische Ansätze (Varianten) | Minergie-(P/A)-ECO | FprSIA 390/1 Klimapfad | Bemerkungen |
|---|---|--|--|--|--|
| F0.3.A NET Technologien/-Materialien | Welche NET- Materialien gibt es und welche sind anrechenbar? | M1-3: Mineralische, mineralisch-organische Baustoffe und organische Baustoffe | Keine Anrechnung von NET, Bilanzierung nur zu informativen Zwecken | Anrechnung mineralische Baustoffen, da davon auszugehen ist, dass diese CO ₂ langfristig aus der Atmosphäre fernhalten. Mineralisch-organische Baustoffe und organische Baustoffe nur, wenn dauerhafte Fernhaltung rechtlich abgesichert (siehe F0.3.B). | Beim SIA-Klimapfad FprSIA 390/1 (Stand Feb. 2024) können bei der Zusatzanforderung A NET berücksichtigt werden, um den besonders anspruchsvollen Zielwert zu erreichen. Bei Zusatzanforderung B des SIA-Klimapfads und bei Minergie ist dies nicht vorgesehen. |
| 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) | Ja | Ja | Berechnungsgrundlagen stehen für eine separate |
| | | M5: Anrechenbarkeit, falls rechtsverbindliche Absicherung einer Nichtfreisetzung (bzw. dauerhaften Speicherung) des biogenen C | Der Fokus liegt auf der Reduktion THG-Emissionen, und so weit nicht auf dem Thema NET. Die C-Speicherung wird neu als zusätzlicher Indikator erfasst. Bilanzierung nur zu informativen Zwecken | Temporäre Senken können beim SIA-Klimapfad bei der Zusatzanforderung A theoretisch als NE angerechnet werden, praktisch sind die geforderten Bedingungen jedoch noch kaum umsetzbar (derzeit fehlende gesetzliche Anforderung, fehlende technologische Voraussetzungen bei der Abfallverwertung in der Schweiz). | Analyse und Zielsetzung C-Speicherung zur Verfügung. |
| F0.3.C Darstellung NET-Beitrag | Verrechenbarkeit des Effekts neuer Technologien zur CO ₂ -Entnahme mit einem abgesicherten Potential einer langfristigen Speicherung | M1: NET-Beitrag separat erfassen und ausweisen. Kein Saldieren auf Ebene Baumaterial und Bauelement | Ja | Ja | Sowohl Minergie-ECO als auch der SIA-Klimapfad stimmen mit den Vorschlägen dieses Projekts überein. |



| | Grundsatzfrage Methodik | Methodische Ansätze (Varianten) | Minergie-(P/A)-ECO | FprSIA 390/1 Klimapfad | Bemerkungen |
|--|---|--|---|---|--|
| F0.3.D Anrechenbarkeit als NE | Unter welchen Voraussetzungen dürfen NE angerechnet werden? | <ul style="list-style-type: none"> NE nur für den Ausgleich von Gebäudebezogenen Emissionen (nur Scopes 2 und 3) anrechnen. NE von Baustoffen, deren Negativemissionswirkung mittels Zertifikate an Dritte abgegeben wird, dürfen nicht angerechnet werden. <p>Anrechenbarkeit von mineralisch-organische und von organischen Baustoffen, falls rechtsverbindliche Absicherung einer Nichtfreisetzung (bzw. dauerhaften Speicherung) des biogenen C.</p> | Bis jetzt keine Anrechnung von NE | Bis jetzt keine Anrechnung von NE | |
| F0.4.A und B Re-Use und Recycling | Systemgrenzen Primär- und Sekundärmaterial | M1: Ansatz «Zusatz Aufwand», Cut-off für bereits erfolgte Emissionen | Ja, da die KBOB Daten als Grundlage verwendet werden. | | |
| | | M2: Ansatz Re-Use «Amortisation», Abschreibung | Nein, d.h. M2 wird nicht angewandt | | |
| F0.4.C Einspeisen PV Strom | Modellierung Einspeisen Überschussstrom | M1 «Investieren und in Betriebsphase verkaufen»: Umweltbelastung Herstellung/Entsorgung gesamtes PV System bei Errichtung verbuchen. Bilanzierungsansatz: Stromverbrauch Gebäude minus Stromerzeugung PV. Ins Netz eingespeister Strom trägt Umweltkennwerte von PV Strom; exportierte Umweltbelastung wird in Phase Betrieb abgezogen. | Nein | Nein | <p>Minergie ist mit keiner der drei Varianten voll kompatibel, weil</p> <ul style="list-style-type: none"> der Grenzwert erhöht wird, falls PV eingesetzt wird. bei Minergie der zurück gespeiste Strom de facto negative Emissionen aufweisen kann, wenn eine PV-Anlage mit genügend tiefen Emissionen der Erstellung eingesetzt wird |
| | | <p>M2 «Investment aufteilen»: Eigenverbrauchsanteil (oder Deckungsgrad) bestimmen.</p> <ul style="list-style-type: none"> Eigenverbrauchsanteil der THGE Erstellung des PV Systems bei Errichtung verbuchen. Ins Netz eingespeister Strom trägt Umweltkennwerte von PV Strom; kein Abzug in Phase Betrieb | Weder mit M2 noch mit M3 kompatibel. | Ja bei Verkauf HKN. Ja bei Nichtverkauf, wobei der Eigenverbrauchsanteil über eine Jahresbilanz ermittelt wird, nicht über eine Stundenbilanz. | |



| | Grundsatzfrage Methodik | Methodische Ansätze (Varianten) | Minergie-(P/A)-ECO | FprSIA 390/1 Klimapfad | Bemerkungen |
|--|---|---|---|---|---|
| | | M3 «Amortisation aufteilen»: Eigenverbrauchsanteil (oder Deckungsgrad) bestimmen. <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. | De facto: 40% des ins Netz gelieferten PV-Stroms ersetzt CH-Verbrauchermix im Gebäude. | Nein | |
| F0.4.D Einspeisen PV Strom | Zeitliche Auflösung für Bestimmung des Eigenverbrauchsanteils | M1: Eigenverbrauchsanteil mit stündlicher Auflösung bestimmen und auf Jahreswert aggregieren. Betrifft v.a. Anwendungsfälle 2 und 3 gemäss Ziffer 4.1.1. gemäss SIA 380:2022 | Ja: Nachweis mit zertifiziertem Tool auf Stundenbasis, falls mehr als 20% Eigenverbrauch angerechnet werden sollen. | Ja, wenn HKN des eingespeisten Stroms verkauft werden. | |
| | | M2: Eigenverbrauchsanteil mit Jahresbilanz bestimmen. Betrifft v.a. Anwendungsfall 1 gemäss Ziffer 4.1.1. gemäss SIA 380:2022 | Ja: Standardwert beträgt 20% ohne Nachweis | Ja, wenn HKN des am Gebäude erzeugten PV-Stroms nicht verkauft werden | |
| F0.6.A Modellierung Strommix Schweiz, Ist-Zustand, Bilanzmodell | Modellierung des Schweizer Strommix (zeitliche Auflösung siehe F06.B) | BM2: Verbrauchermix = Mix Produktion + Importe | | | BM2 und/oder BM4 könnten verwendet werden für Sensitivitätsrechnungen (Anwendungsfälle 2 und 3 gemäss Ziffer 4.1.1. der Norm SIA 380:2022). |
| | | BM3: Verbrauchermix = Inlandproduktion minus Export plus Import (Modell für Gebäudeökobilanzen gemäss KBOB-Empfehlung 2009/1) | Ja | Ja | |
| | | BM4: Verbrauchermix = Inlanderzeugung – Exportsaldo + Importsaldo | | | |
| F0.6.B Modellierung Strommix Schweiz, Zeitliche Auflösung | Zeitliche Auflösung | M1: Stundenwerte zu Jahresbilanzen aggregieren | Ja | Ja | Zugrunde liegende Berechnungen basieren zwar auf Stundenbilanzen, aber es werden die Jahresergebnisse mit den Jahres-Emissionsfaktoren multipliziert. |



| | Grundsatzfrage Methodik | Methodische Ansätze (Varianten) | Minergie-(P/A)-ECO | FprSIA 390/1 Klimapfad | Bemerkungen |
|---|--|---|--------------------|-------------------------------|---|
| F0.6.C Modellierung Strommix Schweiz, Gewichtung Nachfrageprofil | Welche Gewichtungen (Wärme, Kälte, Gebäudety-pen) sind bei der Bestimmung des Strommixes und der THGE vorzunehmen? | M1: Keine Gewichtung. Betrifft: Anwendungsfall 1 gemäss Ziffer 4.1.1. der Norm SIA 380:2022 | Ja | Ja | Annahme: Sowohl bei Minergie-ECO als auch beim SIA-Klimapfad ist nur Anwendungsfall 1 gemäss Ziffer 4.1.1. der Norm SIA 380:2022 relevant |
| F0.6.D Modellierung Strommix Schweiz, Berücksichtigung Zukunfts-entwicklung | Berücksichtigen möglicher zukünftiger Entwicklungen beim Strommix und bei Kraftwerkstechnologien | 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. | Ja Nein | Ja Nein | Weder Minergie-ECO noch der SIA-Klimapfad berücksichtigen in ihren Berechnungsverfahren, Annahmen oder Anforderungen, dass die Emissionen der künftig bezogenen Energie (Strom, FW, Gase) sinken. ¹⁾ |
| ¹⁾ Allerdings ist denkbar, dass sich die Anforderungen gemäss einem Reduktionspfad, der vom KIG abgeleitet ist, verschärfen werden. Der entsprechende Pfad hat im Schlussentwurf vom Februar 2024 allerdings nur informativen Charakter. | | | | | |

Quelle: Eigene Darstellung TEP, Carbotech (dieses Projekt)



3.3 Systemgrenzen und Anforderungen im Überblick

Die in diesem Bericht betrachtete Systemgrenze umfasst den Gebäudebereich, d.h. die eigentlichen Gebäudeemissionen (Scope 1), die indirekten Emissionen (Scope 2) sowie die vor- und nachgelagerten Prozesse, die für Errichtung, Betrieb und Entsorgung von Gebäuden erforderlich sind. Dazu gehört grundsätzlich auch der Transportaufwand in diesen Bereichen, nicht jedoch die von Gebäuden induzierte Mobilität, welche in diesem Bericht nicht betrachtet wird. Ebenfalls nicht betrachtet werden Zertifikate von emissionsarmem Strom oder von Negativemissionen, wenn diese keinen Bezug zum Gebäude aufweisen (z.B. Strom aus Wasserkraft oder Freiflächen-PV oder NE aus DACS).

Beim SIA-Klimapfad (FprSIA 390/1) umfasst die Systemgrenze «Zusatzanforderung Erstellung + Betrieb» die vor- und nachgelagerten Prozesse von Errichtung, Betrieb und Entsorgung von Gebäuden. Bilanziert werden damit alle direkten und indirekten Emissionen inklusive der vor- und nachgelagerten Prozesse.⁷ Bzgl. der Phasen Erstellung und Betrieb bestehen je Richtwerte, welche jedoch einzeln nicht bindend sind, sondern nur in der Summe (im SIA-Klimapfad als Zusatzanforderung bezeichnet).

Bei Minergie ist die Systemgrenze bzgl. THGE der Phase Betrieb etwas enger gefasst und unterschiedlich umgesetzt, indem «nur» eine indirekte Anforderung gestellt wird:

- Es werden Effizienzanforderungen an die Betriebsenergie gestellt (via die Minergiekennzahl MKZ), womit auch die Betriebsemissionen begrenzt werden.
- Die Emissionen des Scopes 1 sind auf 0 begrenzt, denn fossile Energieträger sind, bis auf Ausnahmen (Spitzenlastdeckung, WKK) nicht erlaubt.
- Bei den Scope 2 Emissionen wird bei der Fernwärme der fossile Anteil in der Erzeugung begrenzt (derzeit auf 50%). Beim Strom werden die Scope 2 Emissionen nicht direkt begrenzt, sondern indirekt und – falls zutreffend – zusammen mit weiteren Energieträgern in der Minergie-Kennzahl (MKZ).
- Die durch den Betrieb der Gebäude verursachten weiteren Emissionen des Scopes 3 aus der Verwendung von nicht-fossilen Energieträgern wie z.B. Biogas, aus der Eigenerzeugung durch Photovoltaik sowie aus der Nutzung von Umweltwärme durch Erdsonden werden nicht direkt begrenzt, sondern indirekt auf der energetischen Ebene durch den Gesamtenergiegrenzwert für den Betrieb, der Minergie-Kennzahl (MKZ), erfasst und begrenzt.

Für den Scope 3, die Erstellung des Gebäudes, sind bei Minergie und Minergie-ECO zusätzliche Grenzwerte definiert für die Begrenzung der THGE in der Erstellung. Die Methodik zur Grenzwertsetzung ist bei Minergie und Minergie-ECO identisch.

Hingegen besteht ein Unterschied zur Methodik des SIA-Klimapfades. Dieser betrifft die unbeheizten Gebäudeflächen, z.B. von Keller- und Technikräumen oder von Tiefgaragen (inkl. Flächenanteile, die nicht beheizt sind). Die Emissionen Erstellung solcher Flächen sind beim SIA-Klimapfad in die Systemgrenze zu inkludieren, d.h. die angegebenen Richt-, Ziel- und Anforderungswerte, welche sich zwar gemäss SIA 380 auf die EBF beziehen, inkludieren die Emissionen für die Erstellung der unbeheizten Flächen. Demgegenüber sind bei Minergie und Minergie-ECO der Grenzwert aus einem Anteil für beheizte und nicht beheizte Flächen zusammengesetzt. Daraus errechnet sich final der auf die EBF bezogene Grenzwert für die Emissionen Erstellung.

⁷ Der SIA-Klimapfad beinhaltet zudem die für die Mobilität benötigten Materialien, Bauteile, Infrastrukturen, Energieträger sowie Transport- und Entsorgungs-Dienstleistungen. Auf die Mobilität wird in diesem Bericht jedoch nicht näher eingegangen.



Tabelle 4 Systemgrenzen bei Minergie, Minergie-ECO und SIA-Klimapfad. «Anf» gibt an, ob für die betreffende Grösse eine Anforderung gilt. n.a. = nicht anwendbar. k.e.A. keine explizite Anforderung

| | | Energie | | | THG-Emissionen | | | |
|------------------------|------------|---------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|-------------------|
| | | NE | EE | PE | Scope 1 | Scope 2 | Scope 3 | Total Scopes |
| Minergie | Erstellung | n.a. | n.a. | | n.a. | n.a. | Anf. (nur Neubau) | Anf. (nur Neubau) |
| | Betrieb | Anf. (Wärme). | Anf. (gewichtete Endenergie) | | Anf. ¹⁾ | k.A. | k.e.A. | k.e.A. |
| | Total | n.a. | n.a. | k.e.Anf. (tbc) | n.a. | n.a. | k.e.A. | k.e.A. |
| Minergie-ECO | Erstellung | n.a. | n.a. | Anf. | n.a. | n.a. | Anf. | Anf. |
| | Betrieb | | Anf. (gewichtete Endenergie) | | Anf. ¹⁾ | k.A. | k.e.A. | k.e.A. |
| | Total | n.a. | n.a. | k.e.Anf. (tbc) | n.a. | n.a. | k.e.A. | k.e.A. |
| Klimapfad FprSIA 390/1 | Erstellung | n.a. | n.a. | k.A. ²⁾ | n.a. | n.a. | k.e.A. | Anf. |
| | Betrieb | k.A. | k.A. | k.A. ²⁾ | k.e.A. | k.e.A. | k.e.A. | Anf. |
| | Total | n.a. | n.a. | k.A. ²⁾ | n.a. | n.a. | k.e.A. | Anf. |

¹⁾ Keine fossilen Energieträger erlaubt. Ausnahmen bei Spitzenlast, WKK und Fernwärme.
²⁾ Im Gegensatz zur Vorgängerversion SIA 2040 nur noch orientierende Werte im Anhang

Quelle: Diverse Unterlagen von Minergie, Ecobau, SIA Fpr390/1, Darstellung TEP Energy

3.4 Emissionen der Phase «Erstellung»: Berechnungsmethodik und Anforderungen

3.4.1 Gemeinsamkeiten

Zur Berechnung der Emissionen «Erstellung» beziehen sich sowohl Minergie und Minergie-ECO als auch FprSIA 390/1 auf die Norm SIA 2032:2020. Als Datengrundlage für die dort genannten Berechnungsvorschriften für Energieträger und Baumaterialien (Energie Erstellung bzw. Graue Energie) sowie der damit verbundenen Emissionen Erstellung (Graue Emissionen) dient wiederum die jeweils aktuelle Version *Ökobilanzdaten im Baubereich*, hier 2009/1:2022.

Dies bedeutet, dass für ein Bauprojekt bei Minergie-(P/A)-ECO und bei FprSIA 390/1 für dasselbe Gebäude dieselbe absolute Höhe der Emissionen «Erstellung» resultiert. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sowohl SIA als auch Minergie jeweils vereinfachende Rechenhilfen zulassen. Auf die aus unterschiedlichen Vereinfachungen und Annahmen resultierenden Unterschiede wird nachfolgend jedoch nicht im Detail eingegangen.

3.4.2 Richt- und Grenzwerte Emissionen Erstellung

Der Anteil der Emissionen, der dem Gebäude zugeschlagen wird, variiert zwischen den beiden Methoden Minergie / Minergie-ECO und SIA-Klimapfad. Dies wird nachstehend erläutert.

Gemäss Reglementen sind für unterschiedliche Gebäudekategorien jeweils unterschiedliche Grenz- bzw. Zielwerte einzuhalten. Diese sind hier beispielhaft für die Gebäudekategorien EFH, MFH, Büro/Verwaltung jeweils für Neubau und Sanierung in der Übersicht in Tabelle 5 dargestellt.



Beim SIA Klimapfad sind keine Anforderungen einzeln für Erstellung und Betrieb einzuhalten, sondern stets für die Summe aus beiden. Daher ist im Gegensatz zu Minergie keine Erhöhung des Grenzwertes Erstellung für z.B. eine PV-Anlage vorgesehen, da davon ausgegangen wird, dass diese die Emissionen im Betrieb senkt.

Tabelle 5 Grenzwerte und Richtwerte Emissionen «Erstellung» nach Standard und Gebäudetyp, in [kgCO_{2eq}/m²*a]. Die Basisgrenzwerte und Zuschläge bei Minergie und Minergie-ECO haben rein informativen Charakter

| | | EFH | | MFH | | Büro/Verwaltung | |
|-----------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|
| | | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| Minergie* | Basisgrenzwerte und Zuschläge | 13.6 (beheizt) 5.5 (unbeheizt) | n.a. | 12.4 (beheizt) 5.5 (unbeheizt) | n.a. | 13.6 (beheizt) 5.5 (unbeheizt) | n.a. |
| | Bei 80% beheizt: | 15.0 | | 13.8 | | 15.0 | |
| Minergie-ECO* | Grenzwert 1 (GW1) | 8,0 (beheizt) 2.8 (unbeheizt) | Bauteil-spezifisch | 8,0 (beheizt) 2.8 (unbeheizt) | Bauteil-spezifisch | 8,0 (beheizt) 2.8 (unbeheizt) | Bauteil-spezifisch |
| | Bei 80% beheizt: | 8.7 | | 8.7 | | 8.7 | |
| | Grenzwert 2 (GW2) | 10,5 (beheizt) 4.5 (unbeheizt) | Bauteil-spezifisch | 10,0 (beheizt) 4.5 (unbeheizt) | Bauteil-spezifisch | 11,0 (beheizt) 4.5 (unbeheizt) | Bauteil-spezifisch |
| | Bei 80% beheizt: | 11.6 | | 11.1 | | 12.1 | |
| FprSIA 390/1 ** | «Basis» Richtwert | 9,0 | 5,0 | 9,0 | 5,0 | 9,0 | 5,0 |
| | «Ambitioniert» Richtwert | 6,0 | 4,0 | 6,0 | 4,0 | 6,0 | 4,0 |

*Quelle Berechnungsmethodik Grenzwerte THGE in Erstellung, Version 1 Dezember 2023

** Quelle (3) SIA Fpr390/1 «Klimapfad – Treibhausgasbilanz über des Lebenszyklus von Gebäuden» Tabellen 1,3

Bei der inhaltlichen Beurteilung sind die folgenden prinzipiellen Unterschiede zwischen der Systematik Minergie-(P/A)-ECO und FprSIA 390/1 zu beachten. Der Effekt dieser Unterschiede wird weiter unten exemplarisch und detailliert für einige Fälle aufgezeigt. Sofern nicht anders vermerkt, beziehen sich die Flächenangaben in diesem Bericht stets auf die Energiebezugsfläche (EBF) A_E, wie diese in SIA 380 definiert ist.

- Der Minergie Basisgrenzwert ist grundsätzlich objektspezifisch. Dieser Basisgrenzwert hängt vom Verhältnis von beheizter und unbeheizter Fläche ab. Die in Tabelle 5 abgebildeten Grenzwerte sind die Basisgrenzwerte für ein Gebäude, welches einen Anteil von 80% beheizter Fläche (EBF) der gesamten Geschossfläche GF des Gebäudes aufweist. Dieses Verhältnis von beheizter zu unbeheizter Fläche entspricht gemäss Minergie einem ausgewerteten Durchschnittswert für Gebäude in der Schweiz.
- Die Emissionen Erstellung von unbeheizten Geschossflächen (uGF), z.B. von Technik- und Kellerräumen oder von Tiefgaragen, sind beim SIA-Klimapfad in der Systemgrenze enthalten, d.h. die angegebenen Zielwerte inkludieren diese Emissionen. Bei Minergie setzt sich der Grenzwert je nach Anteil beheizt/unbeheizt unterschiedlich zusammen (z.B. Zuschlag von 5.5 kgCO_{2eq}/m²(uGF)*a bei Minergie-Neubauten für Geschossflächen, die nicht Bestandteil der EBF sind. Bei Minergie-ECO fallen die Zuschläge noch kleiner aus). Dies hat zur Folge, dass für das identische Gebäude bei gleichen Anforderungen leicht unterschiedliche Grenzwerte Erstellung zum Tragen kommen.



- Bei Minergie können die Basisgrenzwerte (bzw. der Grenzwert 1 und Grenzwert 2 beim Zusatzprodukt ECO) durch Zuschläge erhöht werden, z.B. bei der Installation einer PV-Anlage auf dem Gebäude oder bei der Verwendung einer Erdwärmesonde für WP. Dies hat den Hintergrund, emissionsmindernde und erneuerbare Technologien nicht zu benachteiligen.
- Beim Umbau nach Minergie-ECO sind bauteilspezifische Basisgrenzwerte einzuhalten (Werte siehe Tabelle 20 im Anhang). Diese müssen jeweils nur für die erneuerten Bauteile eingehalten werden.

3.4.3 Projektspezifische Zuschläge für die Berechnung von Grenzwerten bei Minergie

Für einige Gebäudetechnik-Elemente, namentlich PV-Anlagen, thermische Solarkollektoren und Erdwärmesonden, sind für die Basisgrenzwerte Erstellung Minergie gemäss Berechnungsmethodik «Grenzwerte THGE in Erstellung» Zuschläge publiziert (Dez. 2023), welche in Tabelle 6 dargestellt sind.

Tabelle 6 Basisgrenzwerte Anlagen Energieerzeugung (Neubau/Modernisierung) gemäss Minergie [kgCO₂ eq/m²*a]

| | PV-Anlage | Thermische Solarkollektoren | Erdsonden |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| | bezogen auf Bauteilfläche (BTF) | | bezogen auf Energiebezugsfläche (EBF) |
| Grenzwert Zuschlag | 7,1 | 5,6 | 0,3 |

Quelle: Anwendungshilfe zu den Gebäudestandards MINERGIE(P/A) Version Minergie 2024.3

Zum Vergleich: FprSIA 390/1 verweist informativ bei den beiden gebäudetechnischen Energieerzeugungsanlagen auf die SIA 2032:2020. In der dortigen Tabelle 6 sind die entsprechenden Werte veröffentlicht (siehe Tabelle 23 im Anhang). Namentlich bei der PV sind dort diese Werte höher als aktuell bei Minergie, was der Tatsache geschuldet ist, dass in SIA 2032:2020 noch die Werte KBOB 2009/1:2016 verwendet, während Minergie bereits auf KBOB 2009/1:2022 verweist. Für die Vergleichsrechnungen wird hier in beiden Fällen der aktuelle KBOB Wert herangezogen.

Zur Illustration der Verwendung des Minergie-Grenzwertzuschlags von PV und von Erdwärmesonden werden für drei ausgewählte Gebäudekategorien Grenzwerte ohne und mit Zuschlägen gegenübergestellt. Hierbei werden folgende Annahmen zur Berechnung der PV-Fläche getroffen:

- EFH: zweistöckig, Steildach
- MFH: dreistöckig, teilweise Steildach, teilweise Flachdach, teilweise Dachterrasse
- Bürogebäude: vierstöckig, Flachdach

Die Daten zu den zugrunde liegenden Gebäudeflächen sind hier für Minergie und für FprSIA 390/1 identisch und befinden sich im Anhang in Tabelle 22.

Im Bereich PV ergibt sich im Ergebnis ein substantieller Grenzwert-Zuschlag. Jedoch ist zu beachten, dass der Zuschlag nur anteilig gewährt wird, d.h. der Zuschlag wird zu 100% für den Eigenverbrauchsanteil und zu 40% für den Anteil der Netzeinspeisung angerechnet. Mit den in Tabelle 7 angegebenen anteiligen Flächen der PV im Vergleich zu Dachfläche ergibt sich ein GW-Zuschlag von knapp 1 kg CO_{2eq}/ m²_{EBF}*a bei Sanierungen und von knapp 2 kg CO_{2eq}/ m²_{EBF}*a bei Neubauten. Zusammen mit dem GW-Zuschlag der Erdwärmesonden von 0.3 kg CO_{2eq}/m²_{EBF}*a ergeben sich zur Illustration die in Tabelle 7 angepassten Grenzwerte.



Tabelle 7 Grenzwerte Emissionen Bauphase «Erstellung» nach Standard und Gebäudetyp **inkl. GW-Zuschlag für PV und für Erdwärmesonden (EWS)** im Fall von Minergie, in [kgCO_{2eq}/m²*a]

| | | EFH | | MFH | | Büro/Verwaltung | |
|--|-------------------|--------|-------------------------|--------|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| | | Neubau | Neubau inkl. PV und EWS | Neubau | Neubau inkl. PV und EWS | Neubau | Neubau inkl. PV und EWS |
| Flächenanteil PV an nutzbarer Dachfläche | | 60% | | 60% | | 60% | |
| Minergie | Grenzwert (GW) | 15 | 18,1 | 11 | 15,7 | 12 | 16,4 |
| Minergie-ECO | Grenzwert 1 (GW1) | 8.6 | 11,7 | 8.7 | 9,9 | 8.7 | 9,4 |
| | Grenzwert 2 (GW2) | 11.6 | | 10 | 13.0 | 11 | 13,5 |

Quelle Minergie: «Berechnungsmethodik Grenzwerte THGE in Erstellung». Minergie Sept 2023 Tabelle 1, Berechnung Grenzwert-Zuschlag TEP Energy.

Quelle SIA Fpr390/1 «Klimapfad – Treibhausgasbilanz über des Lebenszyklus von Gebäuden» Tabellen 1,3

3.4.4 Bilanzierungsmethode zur Berechnung der Emissionen Erstellung von PV-Anlagen

Zwischen Minergie und Fpr390/1 bestehen substantielle Unterschiede, wie die Emissionen von PV-Anlagen bilanziert werden. Der Effekt davon wird in den nachfolgenden Abschnitten aufgezeigt.

Grundsätzlich werden gemäss Reglementen die Emissionen der PV-Anlagen bei der Erstellung bilanziert und sind somit im Betrieb als emissionsfrei anzusehen.

Bilanzierung Emissionen «Erstellung» PV-Anlage gemäss Minergie

Bei Installation einer PV-Anlage wird von Minergie für die Emissionen Erstellung wie oben ausgeführt ein festgelegter Zuschlag auf den einzuhaltenden Grenzwert gewährt. Sofern die projektierte Anlage niedrigere Werte aufweist, bedeutet dies eine entsprechende Einsparung, die sich positiv auf die Summe der restlichen einzuhaltenden MKZ auswirkt.

Die anzulegenden Emissionen Erstellung werden wie folgt ermittelt:

$$THGE_{PV} = (PVA * EVA * spezEmis_{PV} + 40\% * PVA * NEA * spezEmis_{PV}) / EBF$$

| | |
|------------------------|--|
| THGE _{PV} : | Jährliche Treibhausgasemissionen PV Betrieb [kgCO _{2eq} /m ² *a] |
| PVA | PV Anlagenfläche [m ²] |
| EVA | Eigenverbrauchsanteil [%]: Anteil selbst verbrauchter Strom von gesamten Erzeugungsmenge |
| NEA | Netzeinspeiseanteil [%]: Anteil nicht selbst verbrauchter Strom, welcher daher ins öffentliche Netz eingespeist wird |
| EBF | Energiebezugsfläche [m ²] |
| BTF | Bauteilfläche [m ²] |
| spezEmis _{PV} | spezifischer Emissionsfaktor der PV Anlage [kgCO _{2 eq} /m ² *a (BTF)] |

Die obige Formel besagt, dass der eigenverbrauchte PV-Stromanteil mit seinen spezifischen Emissionen in die THGE-Bilanz Erstellung eingeht und zudem von den Emissionen des residualen, ins Netz eingespeisten Stromes, ein Anteil von 40% ebenso dem Gebäude zugeschlagen wird. Sofern keine projektspezifischen Werte vorliegen, wird ein EVA von 20% unterstellt. Dies bedeutet, dass gemäss obiger Formel per Default 52% der Emissionen Erstellung PV dem Gebäude zugeschlagen werden, i.e. (20% + 40% * 80%) = 52%. Im Gegenzug reduziert sich die Höhe des bilanziell vom Netz zu beziehenden Stromes um den Betrag des bilanziell anrechenbaren eigenverbrauchten PV-Strom. Dem tatsächlichen eigenverbrauchten Wert werden bilanziell noch 40% der Menge des in das Netz eingespeisten Stromes zugeschlagen, was die Ausweisung der Gesamtemissionen Betrieb entsprechend überproportional vermindert, da der Rückgang der Emissionen des Netzstromes höher



ausfällt als der Zuschlag bei der Erstellung. Dies liegt daran, dass der durch PV vermiedene Netzbezug mit CH Verbrauchermix einen höheren Emissionskoeffizienten als der PV Strom ausweist.

Bilanzierung Emissionen «Erstellung» PV-Anlage gemäss FprSIA 390/1

Für die Bilanzierung der Emissionen aus PV unterscheidet FprSIA 390/1, ob Herkunftsnachweise (HKN), die sich aus dem Betrieb der PV-Anlage generieren, für in das öffentliche Netz eingespeiste Energie veräussert werden oder nicht.

Im ersten Fall (Verkauf HKN) wird die Anlage so gestellt, dass nur die Emissionen, die dem tatsächlichen Eigenverbrauch zuzuordnen sind, auch tatsächlich in die Bilanz eingehen. Grundlage für die Ermittlung des tatsächlichen Eigenverbrauchsanteils EVA ist eine Momentanbilanz auf mindestens stündlicher Basis im Jahr der Anlagenerstellung.

Im zweiten Fall (ohne Verkauf HKN) wird die gesamte Emissionsmenge Erstellung der PV-Anlage dem Gebäude zugeordnet. Entsprechend sind die spezifischen Emissionen pro m² EBF höher als im ersten Fall, dafür wird entsprechend bilanziell weniger Strom vom Netz, der gemäss BM3 emissionsbehaftet ist, angerechnet.

Mit der Höhe des anzulegenden EVA, welcher mit der Ausnahme ohne HKN-Verkauf stets auf stündlicher Basis ermittelt werden muss, variieren naturgemäss auch die spezifischen, dem Gebäude zuzuschlagenden Treibhausgasemissionen. Für unterschiedliche EVA sind die jeweiligen Werte im Anhang in Tabelle 30 dargestellt.

Fazit

Bei Minergie werden noch Emissionen für die Errichtung PV, die dem Strom, welcher physikalisch den Bilanzperimeter durch Einspeisung in das Stromnetz verlässt pro rata zugeordnet werden müssten, anteilig in Höhe von 40% der der Erstellung PV vom im Gebäude verbrauchten Strom zugeschlagen.

Bei FprSIA 390/1 verbleiben hingegen die anteiligen Emissionen Erstellung PV des netzeingespeisten Stroms nicht im Gebäudeperimeter, sofern die dazugehörigen Zertifikate verkauft werden. Dies erfordert analog zu Minergie die Ermittlung des anzulegenden EVA auf Basis einer stündlichen Bilanzierung, wodurch der zeitliche Verlauf der physischen Einspeisung realitätsnah abgebildet wird.

Werden die Zertifikate hingegen nicht verkauft und verbleibt somit der ökologische Mehrwert vollständig im Gebäude, so darf zur Bestimmung des EVA der Jahresertrag mit dem Jahresverbrauch saldiert werden. Dies führt gegenüber stündlicher Bilanzierung zu einem signifikant höheren anzulegenden EVA und reduziert den rein rechnerischen anzulegenden Bedarf an (emissionsbelastetem) Netzbezug in der Bilanz substanziell oder vermeidet ihn gar gänzlich. Die meisten PV-Anlagen im EFH-Bereich dürften so rein bilanziell auf Jahresbasis gegen 100% EVA erreichen bzw. einen Überschuss erzielen. Der Überschuss ist jedoch nicht anrechenbar.

3.5 Ermittlung der Emissionen Phase «Betrieb»

Zur Ermittlung der anzulegenden Emission in der Phase «Betrieb» bei Minergie und FprSIA 390/1 wird zunächst auf die unterschiedlichen Berechnungsgrundlagen eingegangen. Im Gegensatz zur Phase «Erstellung», die bei identischen Gebäuden für die Erstellung des Gebäudes (ohne PV) die gleichen Werte ausweist, werden dagegen bei der Erstellung PV-Anlage und im «Betrieb» unterschiedliche Emissionswerte resultieren.

Zunächst sei festgehalten, dass bei Minergie der Energieverbrauch Betrieb in die Minergie Kennzahl (MKZ) einfließt, für welche eigene Anforderungen gelten, im Gegensatz zu FprSIA 390/1 bestehen keine THGE-Anforderungs- oder Grenzwerte im Betrieb. Die THGE im Betrieb werden jedoch informativ ausgewiesen. Die im Betrieb angenommenen Energieverbrauchswerte leiten sich von der SIA 2056 und 380/1 ab.



In Tabelle 8 sind die unterschiedlichen Methoden für die Bereiche, welche nicht bereits detailliert in Tabelle 3 adressiert sind, in der Übersicht dargestellt. Anschliessend werden beispielhaft tatsächliche Werte für den Betrieb dargestellt.

Tabelle 8 Minergie-(P/A) und FprSIA 390/1 Ansätze bei der Adressierung relevanter Bereiche

| Bereiche | | Minergie-(P/A) | FprSIA 390/1 |
|-----------------------------------|------------------------------------|--|---|
| Nutzenergie | RW & WW | Heizwärmebedarf gemäss des SIA 380 mit Standardluftwechsel und effektivem Luftwechsel. Bei Neubau darf dieser je nach Label einen maximalen % Anteil von MuKEN 2014 nicht überschreiten <ul style="list-style-type: none"> • Minergie/Minergie A: 90% MuKEN14 • Minergie P: 70% MuKEN14 (bei Sanierung nur Minergie P) | Anforderungen 100 % MuKEN müssen erfüllt werden. Systemgrenzen RW & WW identisch Minergie |
| | Betriebsenergie inkl. Bel. & Lüft. | Effizienzmassnahmen in der MKZ hinterlegt | Keine expliziten Anforderung bzgl. Nutzenergie |
| | Geräte | Effizienzmassnahmen in der MKZ hinterlegt | Keine expliziten Anforderung bzgl. Nutzenergie |
| Luftdichtheitsmessung | | Empfohlen / zwingend bei Minergie-P und -A | Keine expliziten Anforderung |
| Thermischer Komfort | Sommer | Nachweis zwingend (incl. Zukunftsdaten) | Keine expliziten Anforderung |
| Endenergie | RW & WW & Lüftung | Minergie bezieht sich auf SIA 380 und ergänzt bei Wohnbauten u.a: Räume müssen über Minergie-konforme Lüftungsmöglichkeit verfügen (manuelle Fensterlüftung ungültig) | Entspricht der Betriebsenergie gemäss SIA 380 Default Werte für Betriebsenergie gemäss Anhang E1 FprSIA 390/1 oder projektspezifische Werte. Keine expliziten Anforderungen |
| | Strom Gebäude | Bei Zweckbauten ist ein Beleuchtungsnachweis zu führen | Berechnung gemäss Anhang E1, keine expliziten Anforderungen |
| | Strom Geräte | Für Wohnbauten gemäss SIA 2056. Für Zweckbauten gemäss SIA 387/4:2023: Nachweispflicht ab 1'000 m ² / verschärfte Minergie-Anforderung Wohnbauten: Vorgaben hinsichtlich mindestens einzuhaltender Geräte- Effizienzklassen. Bei besonders effizienten Geräten darf Standardbedarf / Eigenerzeugungspflicht gemindert werden | Gemäss Anhang E1, keine expliziten Anforderungen |
| | Nutzungsgrade, JAZ | Minergie Anwendungshilfe Tabelle 19 fliesst in MKZ ein, keine expliziten Anforderungen | FprSIA 390/1 Tabelle 22, keine expliziten Anforderungen |
| | Total | Anforderungen an gewichtete Endenergie. Gesamtenergiebilanz Gebäudebetrieb auf Basis total MKZ basierend auf: 1 Heizung, Lüftung, Klima 2 Warmwasser 3 Beleuchtung 4 Geräte 5 Allg. Gebäudetechnik abzgl. Eigenerzeugung | Keine expliziten Anforderungen |
| CO ₂ Emissionsfaktoren | Fossil | Bei Minergie-Gebäuden (alle Labels) ist der Einsatz fossiler Energieträger bei der Wärmeerzeugung für Raumheizung und Warmwasser nicht zulässig. | Keine zusätzliche explizite Einschränkung von fossilen Energieträgern. |



| Bereiche | Minergie-(P/A) | FprSIA 390/1 |
|----------------------------------|--|---|
| | Ausnahme: Bei Neubauten ab 80 kW Heizleistung max. 10% fossiler Anteil zur Spitzenlastabdeckung bzw. 35% für wärmegeführte WKK. Anschluss an Fernwärme mit fossilem Anteil möglich | |
| | FW Mix Vorprojekt: Pauschale Werte für Gewichtungsfaktor. Final anzulegender GF ist abhängig vom Anteil der nicht erneuerbaren Wärme des Lieferanten. Wert muss beim FW Betreiber eingeholt werden. Anteil fossil ist auf 50% begrenzt. | Vorstudie: CH Durchschnitt gemäss Ökobilanzdaten Konkrete Daten des liefernden Werkes |
| | Strom Mix Eigenerzeugung gemäss Verpflichtung. Anreiz für Eigenverbrauch. Reststrom wird für THGE-Ausweis analog GEAK-Normierung gerechnet. | Eigenverbrauch PV Anlage, Netzbezug: CH Verbrauchermix KBOB bzw. maximal 50% Strom aus erneuerbaren Energien gem. KBOB (höchstens bis zum tatsächlichen Netzbezug). |
| Eigen- erzeugung | Minergie Gebäude müssen mind. 60% der belegbaren Dachfläche zur Eigenproduktion verwenden (Sanierung 30%). Durch effiziente Stromanwendungen kann der Anteil PV reduziert werden. Alternative Eigenerzeugung, z.B. Solarthermie / WKK mit eta elektr. min 0,35 ebenfalls zulässig. Minergie A: Eigenstromproduktion > Gesamtenergiebedarf | Keine zusätzlichen Anforderungen |
| Energie- monitoring | Gebäude > 1000 m² EBF. Minergie A: Alle. | Keine zusätzlichen Anforderungen |
| Zertifikate Energie- bezug | Keine Einschränkung hinsichtlich Labels | Naturemade star oder vergleichbar. Anrechenbar sind nur erneuerbare Energieträger ab Schweizer Produktionsanlagen, die maximal ein Jahr vor Inkrafttreten des Liefervertrags fertiggestellt wurden. |

Quelle: FprSIA 390/1, Minergie, Ecobau, Darstellung TEP Energy

In den verschiedenen Standards und Labels bestehen neben der Bilanzierung gebäudeeigener Stromerzeugung weitere methodische Festlegungen zu den Aspekten Verpflichtung zur Eigenerzeugung, Eigenverbrauch, Reststrombezug aus dem öffentlichen Netz, Verbrauchermix, Rückspeisung, Emissionsfaktoren und Ökostromzertifikate. Die Labels beinhalten eine diesbezügliche Überprüfung der Anforderungen.

Zur Reduzierung der gebäudeinduzierten Treibhausgasemissionen bestehen teilweise Verpflichtungen zur Stromerzeugung bzw. entsprechende Anreize. Zudem bestehen Pflichten/Anreize zu einer Erzeugung mit möglichst geringen Scope 1 und 2 Emissionen wie z.B. im Umgang mit fossilen Energien sowie Anreize, den Reststrombezug aus dem öffentlichen Netz aus emissionsarmer Erzeugung zu beziehen. Im Folgenden sind die entsprechenden einschlägigen Bestimmungen bei den beiden Standards Minergie und FprSIA 390/1 beschrieben.

3.5.1 Pflicht und Anreize zur Stromerzeugung

Bezüglich Pflicht und Anreizen zur Stromerzeugung am Gebäude bestehen zwischen SIA-Klimapfad und Minergie folgende Unterschiede:

- Eine explizite Verpflichtung zur Stromerzeugung im Gebäude besteht bei FprSIA 390/1 nicht. Jedoch wird ein Anreiz für PV durch die niedrigen Grenzwerte der Emissionen Betrieb gesetzt. PV ist oft ein sehr günstiges Mittel zur Zielerreichung. Begrenzend wirkt der anrechenbare Anteil



gemäss Eigenverbrauch. Zudem ist bei PV-Anlagen bei günstigen Randbedingungen (hoher Eigenverbrauchsanteil, niedrige Investitionskosten, Veräusserungserlöse der Nachweise) ein wirtschaftlicher Anreiz zur Erzeugung gegeben. Dies führt jedoch nicht in jedem Fall zur Errichtung von Eigenverbrauchsanlagen. Anlagen, welche die ganze Erzeugungsmenge ins Netz einspeisen, werden nicht als zum Gebäude zugehörig angesehen.

- Demgegenüber besteht bei allen Minergie Labels eine explizite Stromerzeugungspflicht mittels PV-Dachanlagen, sofern sich die Dachfläche grundsätzlich eignet, und zwar sowohl im Neubau («volles Dach, d.h. 60% der sog. nutzbaren Dachfläche») als auch bei der Sanierung (30%).

Minimal müssen analog zur MuKE n 2014 10 W_p/m² EBF nachgewiesen werden, bis zu einem Maximum von 30 kW_p. Alternativ kann der Stromerzeugungspflicht bei Minergie auch durch effiziente wärmegeführte WKK (elektrischer Wirkungsgrad mind. 0,35) entsprochen werden. Bei Minergie A gilt: Jährliche Eigenerzeugung deckt jährlichen Bedarf.

3.5.2 Reststrombezug

Beim Reststrombezug, d.h. beim Strom, der nicht am Gebäude selbst produziert wird, wird grundsätzlich für die Ermittlung der Emissionsfaktor des CH Verbrauchermixes gemäss KBOB herangezogen. Dennoch unterscheiden sich SIA-Klimapfad und Minergie wie folgt:

- FprSIA 390/1 akzeptiert in der Bilanzierung Lieferverträge mit zertifiziertem Ökostrom, wobei der Bezug auf max. 50% des Gesamtverbrauches beschränkt ist. Der Strom muss dann mindestens die Qualität «Nature made Star» oder vergleichbar aufweisen. Zudem darf der bezogene Strom ausschliesslich von neu errichteten Schweizer Anlagen stammen, welche höchstens ein Jahr vor Abschluss des Liefervertrages an das Netz gegangen sind.
- Minergie stellt keine expliziten Anforderungen an den Reststrombezug hinsichtlich der Emissionen. Zur Berechnung der THGE im Betrieb wird mit dem CH-Verbrauchmix gemäss KBOB 2009/1:2022 und analog GEAK-Normierung ausgewiesen. In der aktuellen Version KBOB 2009/1:2022 weist der CH-Verbrauchermix noch einen signifikanten fossilen Anteil auf.
- Bei FprSIA 390/1 werden die Emissionen des Reststromes bilanziert. Es besteht ein Richtwert für die betrieblichen Emissionen, welcher aber nicht für sich eingehalten werden muss. Einzuhalten ist die Summe der beiden Richtwerte Betrieb und Erstellung als sog. Zusatzanforderung A bzw. B.

3.5.3 Grenzwerte Emissionen «Betrieb»

Die Emissionen von Netzstrom beim Betrieb des Gebäudes werden bei Minergie nur informativ analog der Berechnungsvorschrift GEAK⁸ durch das proprietäre Minergie Rechentool ermittelt. Die dortige Berechnungsvorschrift definiert die strombasierten Emissionen als Stromverbrauch abzüglich eigenverbraucherter Erzeugung multipliziert mit dem Emissionsfaktor CH-Verbrauchermix. Es besteht bei Minergie und GEAK aktuell kein einzuhaltender Grenzwert. Es sei hier jedoch festgehalten, dass Minergie im Betrieb keine fossilen Energien zulässt. Obwohl also keine Emissionsgrenzwerte Betrieb explizit vorgegeben sind, begrenzt Minergie implizit über die Minergie-Kennzahl und die darin enthaltenen Effizienzwerte die Betriebsemissionen. Zum Zwecke des Quervergleichs wurde daher auf Basis des hergeleiteten Energieverbrauches ein solcher impliziter Grenzwert Betrieb ermittelt.

Hierzu werden vereinfacht die korrespondierenden Emissionen Betrieb auf Basis der Anforderungen MKZ ermittelt, welche im Anhang dargestellt ist (Kap 8.2). Diese MKZ inkludieren jedoch bereits ein volles Dach mit PV-Anlage mindestens gemäss den Vorgaben. Demzufolge ist die zulässige MKZ ohne Berücksichtigung des Abzuges PV Anlage entsprechend deutlich höher. Die Herleitung der aus den MKZ implizit resultierenden Emissionen ist im Anhang dargestellt.

Die daraus resultierende Tabelle 9 stellt die implizit sich ergebenden Grenzwerte für den Fall Heizung mit Wärmepumpe dar. Ebenfalls zulässig ist gemäss Minergie die Beheizung des Gebäudes mit Fern-

⁸ Vgl. Normierung des GEAK, (Version 2.2.0) Mrz.2024 / Kap. 7.1.4 Gl. 53



wärme, sofern der fossile Anteil auf Jahresbasis unter 50% bleibt. In der nachfolgenden Tabelle 10 sind die beim SIA-Klimapfad (FprSIA 390/1) bestehenden Richtwerte für den Betrieb gezeigt.

Tabelle 9 Hergeleitete Emissionen «Betrieb» für Minergie differenziert nach Gebäudetyp und Standard für die beiden Fälle Sanierung und Neubau [kgCO_{2eq}/m² a] (Fall Heizung mit Wärmepumpe)

| Standard | Label | EFH | | MFH | | Büro/Verwaltung | |
|----------|-------|--------|-----------|--------|-----------|-----------------|-----------|
| | | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| Minergie | M | 3,6 | 5,4 | 3,9 | 5,5 | 4,9 | 6,7 |
| | P | 3,4 | 5,1 | 3,6 | 5,2 | 4,7 | 6,1 |
| | A | 2,9 | 3,5 | 2,9 | 3,0 | 2,8 | 2,8 |

Quelle: Berechnungen TEP Energy

Tabelle 10 Emissionen «Betrieb» differenziert nach Gebäudetyp und Standard für die beiden Fälle Sanierung und Neubau in [kgCO_{2eq}/m²*a] nach FprSIA 390/1

| Richtwert THGE | Wohnen | | Büro/Verwaltung | |
|------------------|--------|-----------|-----------------|-----------|
| | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| Basis (B) | 2,0 | 4,0 | 3,0 | 5,0 |
| Ambitioniert (A) | 1,0 | 3,0 | 2,0 | 4,0 |

Quelle: FprSIA 390/1 Tabellen 1-3

Aus dem Vergleich mit Minergie wird ersichtlich, dass die sich nominal ergebenden Werte Emissionen Betrieb bei Minergie Betrieb wesentlich über den Werten SIA-Klimapfad liegen.

3.6 Zusammenfassung Vergleich Grenzwerte Emissionen «Erstellung» und «Betrieb»

In einem Netto-Null THGE_{WLC} Ansatz müssen die Emissionen der Phasen «Erstellung» und «Betrieb» letztlich in der Summe beurteilt und verglichen werden.

Die Summe zu betrachten ist zudem begründet durch den Umstand, dass die Richtwerte des SIA-Klimapfads informativ sind und für sich genommen keine direkte normativ begrenzende Wirkung haben, d.h. die einzelnen Richtwerte müssen nicht eingehalten werden. Wenn der Projektwert eines Gebäudes einen Richtwert überschreitet, dient dies primär als Hinweis dazu, wo Massnahmen zu weniger Treibhausgasemissionen am besten anzusetzen sind. Zusammen mit den Richtwerten Erstellung ergeben sich die sog. Zusatzanforderungen (B) und (A). Im Folgenden sind die Summen der Emissionen aus Erstellung und Betrieb zusammengefasst. (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11 Richtwerte und Zusatzanforderungen nach SIA-Klimapfad in [kgCO_{2eq}/m²*a]

| | Richtwert THGE | Wohnen | | Büro/Verwaltung | |
|-------------------|----------------|--------|-----------|-----------------|-----------|
| | | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| Erstellung | Basis | 9,0 | 5,0 | 9,0 | 5,0 |
| | Ambitioniert | 6,0 | 4,0 | 6,0 | 4,0 |
| Betrieb | Basis | 2,0 | 4,0 | 3,0 | 5,0 |
| | Ambitioniert | 1,0 | 3,0 | 2,0 | 4,0 |
| Zusatzanforderung | B | 11,0 | 9,0 | 12,0 | 10,0 |
| | A | 7,0 | 7,0 | 8,0 | 8,0 |

Quelle: FprSIA 390/1 Tabellen 1-3



Zum Vergleich sind in Tabelle 12 die Minergie Anforderungen Erstellung und der beispielhaft berechneten Emissionswerte, die sich implizit für den Betrieb gemäss Tabelle 9 ergeben, einzeln und summarisch dargestellt.

Tabelle 12 Emissionswerte Grenzwerte Erstellung (inkl. Zuschlag PV, ohne Erdwärme-Sonde, da L/W-WP) und Berechnungswerte Betrieb nach Minergie-(P/A)-ECO in [kgCO_{2eq}/m²*a EBF]

| | | EFH | | MFH | | Büro/Verwaltung | |
|--|--------------------------|--------|-----------|--------|-----------|-----------------|-----------|
| | | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| Erstellung | M | 15 | n.a. | 13,8 | n.a. | 15 | n.a. |
| | ECO GW 1 | 8,6 | Bauteil | 8,7 | Bauteil | 8,7 | Bauteil |
| | ECO GW 2 | 11,6 | Bauteil | 11,1 | Bauteil | 12,1 | Bauteil |
| Erstellung | Zuschlag PV ⁹ | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,1 |
| Betrieb (Heizung mit L/W- WP) | M | 3,6 | 5,4 | 3,9 | 5,5 | 4,9 | 6,7 |
| | P | 3,4 | 5,1 | 3,6 | 5,2 | 4,7 | 6,1 |
| | A | 2,9 | 3,5 | 2,9 | 3 | 2,8 | 2,8 |
| Summe Erstellung & Betrieb Minergie | M | 19,3 | n.a. | 18,1 | n.a. | 20,2 | n.a. |
| | P | 19,1 | n.a. | 17,8 | n.a. | 20,0 | n.a. |
| | A | 18,6 | n.a. | 17,1 | n.a. | 18,1 | n.a. |
| Summe Minergie- ECO GW 1 | M | 12,9 | Bauteil | 13,0 | Bauteil | 13,9 | Bauteil |
| | P | 12,7 | Bauteil | 12,7 | Bauteil | 13,7 | Bauteil |
| | A | 12,2 | Bauteil | 12,0 | Bauteil | 11,8 | Bauteil |
| Summe Minergie ECO GW 2 | M | 15,9 | Bauteil | 15,4 | Bauteil | 17,3 | Bauteil |
| | P | 15,7 | Bauteil | 15,1 | Bauteil | 17,1 | Bauteil |
| | A | 15,2 | Bauteil | 14,4 | Bauteil | 15,2 | Bauteil |

Quelle: Minergie, Ecobau, Berechnungen TEP Energy

Exemplarisch sind in der folgenden Abbildung 1 die Werte für den Gebäudetyp MFH Neubau, gemäss der jeweils proprietären Metrik. Es handelt sich bei den Werten um die publizierten bzw. ermittelten Richt- und Grenzwerte.

⁹ Hier bezogen auf die Beispielgebäude

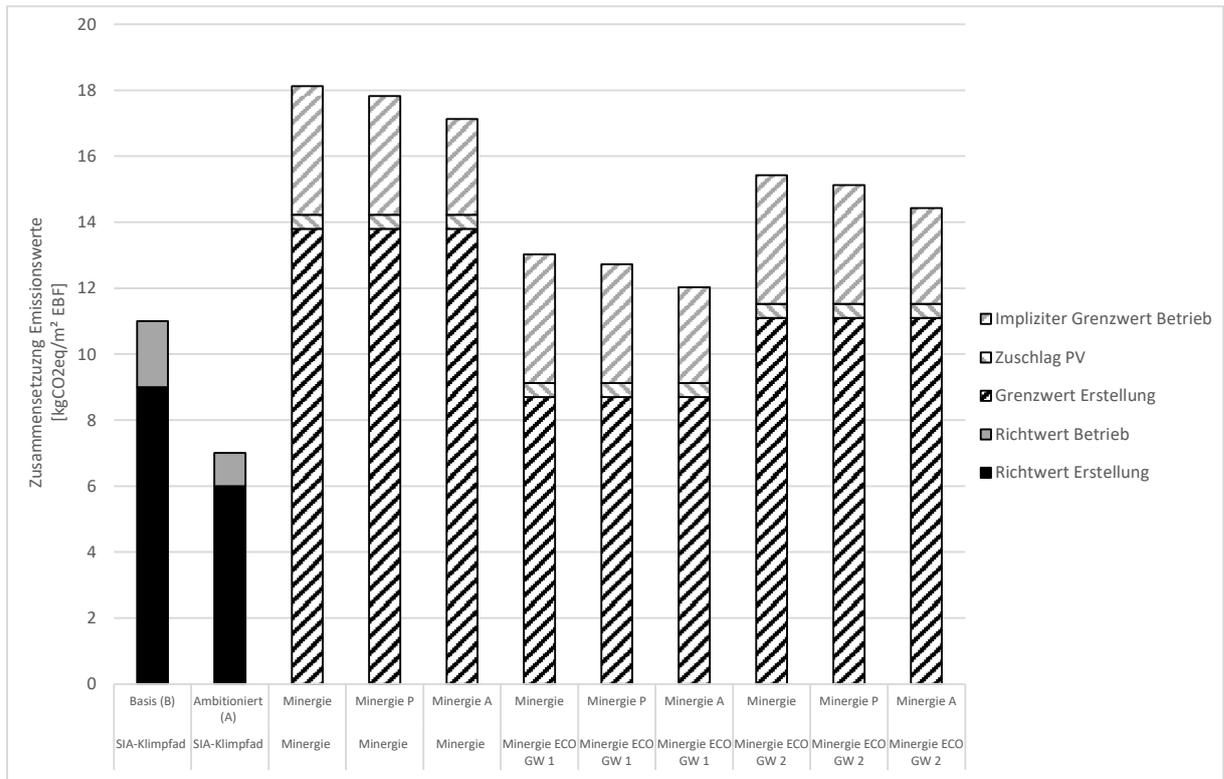


Abbildung 1 Grenzwerte/Richtwerte/Zuschläge für Erstellung/Betrieb nach Standard, Wohnen MFH Neubau

Wie bereits angemerkt, ist die direkte Vergleichbarkeit zwischen Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad auf Basis dieser Zahlen nicht gegeben, denn es gelten für die Ermittlung der Nominalwerte der tatsächlichen Emissionen unterschiedliche Randbedingungen, im Wesentlichen sind dies:

- Bei Minergie wird Ökostrombezug als Massnahme zum Erreichen von niedrigen Emissionen nicht angerechnet, dies im Gegensatz zu SIA-Klimapfad, wo dies in gewissem Rahmen möglich ist.
- Minergie gewährt Zuschläge auf den Grenzwert Erstellung für PV, Erdsonden, thermische Kollektoren.
- Minergie PV erfordert ein «volles Dach» / Beim Klimapfad existiert keine explizite Vorgabe.
- SIA erlaubt hingegen grundsätzlich die PV-Jahresbilanzierung zur Ermittlung des EVA, wodurch die Auswirkungen einer PV-Anlage auf die THG gegenüber Minergie-(P/A)-ECO deutlich grösser ist (rechnerisch werden die Emissionen von Strombezug aus dem Netz bei der Jahresbilanzierung u.U. gänzlich vermieden oder zumindest stark vermindert und auch wenn sich die Emissionen «Erstellung» der PV-Anlage rechnerisch erhöhen, resultieren im Saldo tiefere Emissionen (da der EF für Strom aus dem Netz (Verbrauchermix) wesentlich höher ist als der EF für PV).

Um eine bessere Vergleichbarkeit von Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad zu erreichen, werden beide gemäss der gleichen Berechnungslogik umgerechnet. Diese in diesem Bericht WLC_{NN}-Methodik bezeichnete Metrik ist im nachfolgenden Kapitel 3.8 beschrieben.

Zudem sei an dieser Stelle auf die Analyse von Pfäffli et al (2024) hingewiesen, bei welchem anhand eines konkreten Beispielgebäudes MFH Herdernstrasse ein rechnerischer Vergleich der Emissionen Erstellung und Betrieb bei Versorgung mit Grundwasser WP bzw. Fernwärme mit den jeweils proprietären Softwaretools der Standards und Labels angestellt wurde. Zudem wurden hier unterschiedliche PV-Eigenstromanteile variiert und die wichtigsten Berechnungsregeln einander gegenübergestellt.



3.7 Fazit zu den Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen Minergie-(P/A)-ECO) und SIA-Klimapfad

Zwischen den näher betrachteten Standards und Labels SIA-Klimapfad (FprSIA 390) und Minergie-(P/A)-ECO können folgende Gemeinsamkeiten festgehalten werden:

- Verwendung von gewissen grundlegenden Definitionen, Annahmen und Berechnungsroutinen, insbesondere da sich diese z.T. aufeinander bzw. auf gemeinsame Grundlagen beziehen (z.B. SIA 380, SIA 2032, KBOB Ökobilanzdaten).
- Historisch begründet ist, dass energetische Kennwerte (Nutz-, End- und Primärenergie) eine wichtige Rolle spielen.
- Historisch gesehen hat sich Minergie bis ca. 2022 auf die Betriebsphase beschränkt, dies im Gegensatz zum SIA-Klimapfad, dessen Ursprung (der SIA-Effizienzpfad SIA 2040:2011) seit langem (konkret seit 2011) die Graue Energie, d.h. den Energieaufwand der Erstellung inkludiert. Dies betrifft zudem auch die Grauen Emissionen Erstellung und Betrieb.
- Weil Minergie seit 2023 die THGE Erstellung in ihr Label einbezogen hat und auch die Emissionen Betrieb berechnet (gemäss GEAK-Methodik), aber nicht explizit begrenzt werden, decken Minergie--ECO und SIA-Klimapfad die für NN grundsätzlich relevanten Bereiche ab (auch wenn bzgl. Berechnungsmethodik und bei den Anforderungswerten bzgl. Systemgrenze noch Unterschiede bestehen).

Folgende Unterschiede zwischen Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad sind zu nennen:

- Die Systemgrenze ist bzgl. der Abdeckung Energieanwendungen unterschiedlich (siehe Tabelle 8).
- Bei den Anforderungen an die Treibhausgasemissionen bezieht der SIA-Klimapfad die Emissionen des gesamten Lebenszyklus mit ein, während Minergie-ECO explizite Vorgaben nur bei den Emissionen Erstellung macht, nicht aber bei den Emissionen Betrieb¹⁰
- Unterschiedlich gehandhabt wird auch, wie Zertifikate und Herkunftsnachweise berücksichtigt werden.¹¹ Der SIA-Klimapfad anerkennt gewisse Ökostrom HKN bzw. Zertifikate,¹² Minergie hingegen nicht, stellt allerdings auch keine Anforderungen, bei denen dies relevant wäre.
- Zu guter Letzt sei darauf hingewiesen, dass die Anreize und Anforderungen zum Teil unterschiedlich ausgestaltet sind. Dies betrifft u.a.
 - die Anerkennung von Strom, der am oder auf dem Gebäude erzeugt wird bzw. wie der Eigen verbrauchte oder zurück gespeiste Strom bilanziert wird und wie entsprechend der Stromrestbedarf und die Emissionen berechnet werden. Insbesondere in die Unterschiede in diesem Bereich erschweren eine direkte Vergleichbarkeit (siehe Kap. 3.4.4 sowie Kap.3.5.1 und 3.5.2).
 - den Umstand, dass bei Minergie die Anforderungen bei den Emissionen Erstellung nach oben angepasst werden, wenn PV oder Erdwärmesonden eingesetzt werden. Beim SIA-Klimapfad erhöhen sich jedoch die Emissionen Erstellung mit zunehmender PV-Grösse, wobei der Richtwert konstant bleibt. Weil jedoch gleichzeitig die strombedingten Betriebsmissionen durch den Einsatz von PV kleiner werden, kann dies zum Erreichen des Zielwerts bzw. der Zusatzanforderung A und B des SIA-Klimapfads beitragen.

¹⁰ Betriebliche Emissionen werden mit dem Argument, dass die Verwendung eines bestimmten Energieprodukts wie beispielsweise ökologischer Strom in der Umsetzung nicht überprüft werden können, nicht berücksichtigt.

¹¹ Unterschiede sind insbesondere bei der Bewertung der Primärenergie zu verzeichnen, wobei im Wesentlichen zwei Ansätze zu unterscheiden sind; ein im Anspruch sachbezogener (beim SIA) und ein bis zu einem gewissen Mass normativer (bei Minergie, GEAK, MuKE).

¹² Sofern diese aus neuen Anlagen stammen und Mindestanforderungen an die ökologische Qualität erfüllen (z.B. wie bei nature made star)



Sowohl von Minergie und Ecobau als auch vom SIA-Klimapfad wird anerkannt, dass weder Nutz-, noch End-, noch Primärenergieeffizienz gute Indikatoren für tiefe oder gar null THG-Emissionen sind. Dieser Befund gilt insbesondere auch dann, wenn die Erstellungsphase mit einbezogen wird. Minergie hat darauf reagiert, indem die THG der Erstellung neu (seit 2022) durch die Anforderungen abgedeckt werden. Die Betriebsphase wird bei Minergie jedoch nach wie vor nur auf der energetischen Seite durch die gewichtete MKZ abgedeckt, indem energieeffiziente Gebäude gefordert und der Einsatz von fossilen Energien ausgeschlossen wird, jedoch keine Vorgaben zur Verwendung der Qualität der eingesetzten Sekundärenergieträger gemacht werden. Je nach Gebäudekategorie und Emissionsfaktor wird damit ein nicht vernachlässigbarer Teil der Klimawirkung nicht abgedeckt.

Zu erwähnen ist zudem, dass die Anforderungen FprSIA 390/1 für das Jahr 2025 gültig sind. Denkbar ist, dass sich diese gemäss einem Reduktionspfad, vom KIG abgeleitet, verschärfen werden. Der entsprechende Pfad im Schlussentwurf vom Februar 2024 hat zwar lediglich informativen Charakter, aber im normativen Teil wird verbindlich in Aussicht gestellt, dass die Zielwerte mit der nächsten Revision gesenkt werden.

3.8 Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad gemäss WLC_{NN} -Methodik

Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Ansätzen, welche einen direkten Vergleich der Grenzwerte erschweren, besteht darin, dass unterschiedliche Bewertungsmetriken und unterschiedliche nominale Werte für gleiche Sachverhalte herangezogen und zudem auch unterschiedliche technische Anforderungen gestellt werden (siehe Feststellungen im Kapitel 3.6).

In technischer Hinsicht besteht ein wesentlicher Unterschied bei der Eigenstromerzeugung mit PV-Anlagen und bei der Deckung des restlichen Strombedarfs. Im Fall von Minergie liegt der Fokus auf einem verpflichtenden Maximalausbau, i.e. einem «vollen Dach», während beim SIA-Klimapfad gemäss FprSIA 390/1 auch der Bezug von «konformem» Ökostrom anstelle einer PV Maximierung zielführend sein kann. Zudem unterscheiden sich die Ansätze in der Berechnung des anzulegenden PV- Eigenverbrauchsanteils und damit der Emissionen aus Netzbezug. Bei letzterem kann bis zu einer Obergrenze von 50% des Verbrauchs Ökostrom statt Strom gemäss Verbrauchermix eingesetzt werden, falls dies zu Einhaltung der Anforderungen sachdienlich und opportun ist. Zudem können, wie oben erläutert wahlweise HKN-Zertifikate der PV-Anlage veräussert oder einbehalten werden mit entsprechenden Auswirkungen auf die Bilanzierung der anzurechnenden Reststrommenge. Dadurch ergeben sich beim SIA-Klimapfad insgesamt 4 Varianten, welche in Tabelle 14 unterschieden werden.

Um Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad besser vergleichen zu können, wird die von den Autoren dieses Berichts empfohlene WLC_{NN} -Methodik herangezogen. Diese erlaubt es, die jeweiligen Basisgrenzwerte, Zuschläge oder Richtwerte bzw. Zusatzanforderungen auf eine einheitliche Basis zu überführen. In den nachfolgenden Kapiteln werden den nominalen Emissionswerten, die sich gemäss proprietärer Bilanzierung ergeben, den Emissionswerte gegenübergestellt, die sich ergeben, wenn die in Tabelle 3 vorgeschlagenen Methoden bei der Berechnung angewendet werden (WLC_{NN} -Methodik). Relevant sind dabei insbesondere die in Tabelle 13 dargestellten Elemente der WLC_{NN} -Methodik. In der darauffolgenden Tabelle 14 sind die nach WLC_{NN} Methodik gewählten Bilanzierungsparameter denjenigen der einzelnen Standards und Labels gegenübergestellt. Um den Einfluss des Emissionsfaktors des Reststrombezuges bei der WLC_{NN} Methodik darzustellen, wird eine Sensitivität eingeführt, wonach dieser im Ausgangsfall identisch ist mit dem aktuellen Wert gemäss KBOB CH Verbrauchermix und im anderen Fall dem Durchschnittswert der Jahren 2025 und 2050 entspricht. Diese Sensitivität kommt bei den Vergleichen in Abbildung 11 und Abbildung 12 zum Tragen. Da eine derartige zukunftsgerichtete Betrachtung des Emissionsfaktors Strom dessen Belastung deutlich verringern würde, wäre eine zeitgleiche Anpassung der Grenz und Zielwerte in den Standards und Labels sowie die Emissionsfaktoren Erstellung (Bauteileersatz) notwendig. Daher wurde bei den Ergebnissen in Abbildung 2 bis Abbildung 10 bei der WLC Methodik für den Reststrom der konstante heutige Emissionsfaktor gemäss KBOB. angesetzt. In Abbildung 19 und Abbildung 20 werden beide Varianten dargestellt.



Tabelle 13 Elemente WLC_{NN}-Methodik

| Aspekte | Vorgeschlagene Methodik M |
|--|---|
| F0.4.C Einspeisen PV-Strom: Aufteilung Gebäude - Netz | M2: Investment aufteilen gemäss angenommenem EVA |
| F0.4.D Einspeisen PV-Strom, zeitliche Auflösung EVA-Bilanzierung | M1 Stündlich |
| F0.6.D Modellierung Strommix Schweiz, Berücksichtigung Zukunftsentwicklung | CH-Verbrauchermix gemäss BM3 2025 Sensitivität: Durchschnittswert 2025-2050 aus Tabelle 37 |
| CO2 Bilanzierung Erstellung | Gemäss SIA 2032 |

Quelle: TEP Energy, basierend auf Tabelle 3

Tabelle 14 Übersicht der angelegten Bilanzierungsparameter WLC_{NN} gegenüber Standards und Label

| | WLC _{NN} | Minergie | SIA mit HKN V | SIA mit HKN V Öko | SIA ohne HKN V | SIA ohne HKN V Öko |
|---|----------------------------------|--|-----------------------------|---|----------------------|---|
| Erstellung Gebäude | gemäss SIA 2032:2020 | | | | | |
| Erstellung PV | Pro rata EVA (Annahme; 20%) | Pro rata EVA 20% +40% Netzeinspeisung | Pro rata EVA 20% | Pro rata EVA 20% | 100% | 100% |
| Betrieb Mengenzahlung des Reststrombezugs | Stündlich auf Basis 20% EVA | Stündlich auf Basis 20% EVA +40% Netzeinspeisung | Stündlich auf Basis 20% EVA | Stündlich auf Basis 20% EVA | Auf Basis Jahres-EVA | Auf Basis Jahres-EVA |
| Reststrom Emissionsfaktor basierend auf | CH Verbraucher Mix ¹³ | CH Verbraucher Mix | CH Verbraucher Mix | Max. 50% Ökostrom vom Total - Residual CH-Verbraucher Mix | CH Verbraucher Mix | Max. 50% Ökostrom vom Total - Residual CH-Verbraucher Mix |

Quelle: TEP Energy

¹³ CH Verbrauchermix gemäss KBOB



Definition Beispielgebäude

Die Berechnungen werden für jede der drei in Kap. 3.4.3 definierte exemplarischen Gebäudekategorien EFH, MFH und Büro in ihren beiden Ausprägungen, namentlich Neubau und Sanierung, durchgeführt.

Für die hier angenommenen abstrakten Gebäude müssen zum Zwecke des Vergleichs gewisse konkrete Festlegungen getroffen werden. Dies betrifft namentlich die Art der Wärmeerzeugung und die Grösse der PV-Anlagen, siehe Tabelle 15. Weitere Daten zu den Beispielgebäude befinden sich im Anhang in Tabelle 22 (Gebäudegeometrie) und Tabelle 24 (PV Anlage). Dabei handelt es sich um Daten des Gebäudeparkmodells oder um plausible Annahmen der Autoren dieses Berichts.

Grundsätzlich wird für alle Gebäude in dieser Analyse in Übereinstimmung mit den von Minergie veröffentlichten Daten durchgehend angenommen, dass 20% der Gesamtfläche des Gebäudes unbeheizt sind. Es ist dies ein Minergie Erfahrungswert und entsprechend unterstellen die von Minergie publizierten Grenzwerte, welche auf die EBF bezogen angegeben sind, bereits diesen Wert. Weiterhin wird durchgehend angenommen, dass die von Minergie verwendete sog. «nutzbare Dachfläche¹⁴» 50% der gesamten Dachfläche ausmacht. Der bei Minergie angenommene prozentuale Belegungsgrad PV bezieht sich dann auf diese nutzbare Dachfläche. Diese Konvention wird in diesem Bericht auch beim SIA-Klimapfad angewendet.

In Tabelle 15 sind die für die Analyse gewählten Ausprägungen der Beispielgebäude gemäss Minergie dargestellt. Diese werden analog auch für den SIA-Klimapfad angewendet.

Tabelle 15: Ausprägungen Beispielgebäude

| Aspekt | Ausprägung | |
|-----------|----------------------|---|
| Heizung | Wärmepumpe | Luft/Wasser Monovalent |
| | Heizwärmebedarf | 90% MuKE. |
| PV Anlage | Nutzbare Dachfläche: | 50% der Gesamtdachfläche |
| | Belegungsgrad Dach | Neubau: 60% der nutzbaren Dachfläche Sanierung: 30% der nutzbaren Dachfläche |

Quelle: Annahmen TEP Energy

Gebäudekonformität

Ein Gebäude ist dann bzgl. Treibhausgas konform mit dem entsprechenden Label bzw. Standard, wenn es die vorgeschriebenen Parameter und Grenzwerte einhält.

Bei Minergie sind die Grenzwerte Erstellung durch die veröffentlichten expliziten maximal zulässigen Treibhausgasemissionen vorgegeben. Die Emissionen Betrieb sind nicht explizit limitiert, jedoch ist die MKZ einzuhalten. Daraus lässt sich, wie bereits dargelegt, für ein gegebenes Gebäude die Grösse der vorgeschriebenen PV-Anlage und auf dieser Basis wiederum der maximal zulässige Stromverbrauch für den Betrieb in Abhängigkeit der Label Minergie-(P/A)-ECO ermitteln. Unter Zugrundelegung der Berechnungsvorschriften können die sich dadurch ergebenden Emissionen für den Betrieb berechnet werden. Für die verschiedenen zulässigen Heizsysteme (Holz, FW, WP) können dann hier für alle Minergie-Standards die Summen aus CO₂ Emissionen Erstellung und Betrieb objektspezifisch zu Vergleichszwecken ausgewiesen werden. Beim SIA-Klimapfad sind demgegenüber bereits die

¹⁴ – Flächen mit mehr als 20 m²
– Flächen mit einer Neigung von 0° bis 20° in alle Himmelsrichtungen
– Flächen mit einer Neigung von 20° bis 60° bezogen auf die Südhalbkugel (W-S-O))



Summen aus Erstellung und Betrieb als für die Konformität einzuhaltenden Werte vorgegeben. Es sei darauf hingewiesen, dass es durch das oben beschriebene Vorgehen möglich ist, konforme Gebäude zu definieren, ohne dass eine Simulationsrechnung zum Gebäude durchzuführen ist.

In Abbildung 2 sind die zulässigen Gesamtemissionen eines Minergie konformen Gebäudes MFH-Neubau aufgeteilt nach Emissionen Erstellung Gebäude (Konstruktion, Hülle, Ausstattung) und Erstellung PV sowie anzurechnender Emissionen Reststrombezug aus dem Stromnetz dargestellt¹⁵.

Bei Minergie A muss zusätzlich die Bedingung erfüllt sein, dass der Jahresertrag mindestens den Jahresbedarf deckt. Dies ist im obigen Beispiel bei Neubau EFH ohne weitere Massnahmen erfüllt. Bei der EFH-Sanierung und im MFH-Beispielgebäude wären hierfür jedoch Dachflächen-Belegungsgrade grösser 60% notwendig, bzw. im Bürosektor ist selbst bei 100% Dachflächenbelegung Minergie A nicht erreichbar (vgl. Tabelle 27 im Anhang), so dass verbraucherseitig weitere Massnahmen notwendig wären, was hier jedoch nicht weiter analysiert wird.

Die Emissionen Betrieb Netz, d.h. die Emissionen, die dem Gebäude durch den Bezug von Strom aus dem öffentlichen Netz zugeschlagen werden, werden wie folgt berechnet:

- Bei Minergie ist die Basis ein bilanzieller Reststrombezug gemäss stündlicher Bilanzierung, wobei hier ein exemplarisch ein EVA von 20% angenommen wird, welcher im vorliegenden Fall (MFH Neubau) eine PV induzierte Autarkierate von 10% ermöglicht. Der anzulegende Emissionsfaktor Netzstrom entspricht dem aktuellen CH-Verbrauchermix gemäss KBOB.
- Im Fall Klimapfad mit stündlicher Ermittlung des EVA, d.h. mit HKN-Verkauf, entspricht die Höhe des anzurechnenden Reststrombezugs der tatsächlich bezogenen Menge. Es werden hier 2 Fälle unterschieden, ohne Ökostrom- und mit Ökostrombezug. Im letzteren Fall wird davon ausgegangen, dass 50%, also der maximal zulässige Anteil der gesamten im Gebäude verbrauchten Strommenge als Ökostrom bezogen wird.
- Der Bezug von Ökostrom ist optional. Die betrieblichen Emissionen bei 0% Ökostrombezug errechnen sich dann gänzlich auf Basis CH-Verbrauchermix. Entsprechend erhöhen sich die Gesamtemissionen und kommen somit auf ein Niveau vergleichbar mit Minergie. Für den Fall, dass das Gebäude gemäss SIA-Klimapfad ohne HKN-Verkauf bilanziert wird, ermittelt sich der anzurechnende Reststrombezug auf Basis einer Jahresbilanz Gesamtverbrauch abzüglich der mit PV erzeugten Strommenge. Dies führt dazu, dass der Reststrombezug gegenüber stündlicher Bilanzierung entsprechend deutlich reduziert ist und insbesondere, sofern dieser bis zum Maximum von 50% des Verbrauches als Ökostrom bezogen wird, in der Gesamtbilanz kaum noch ins Gewicht fällt. Dabei sind aber die Emissionen Erstellung PV entsprechend höher, so dass sich das Gesamtergebnis SIA-Klimapfad mit oder ohne HKN-Verkauf in den untersuchten Fällen nur wenig unterscheidet. Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Emissionen Strombezug sind die zugehörigen Energiemengen in Tabelle 29 dargestellt.

Bilanziert man das obige Minergie-(P/A)-ECO-konforme Gebäude nun gemäss WLC_{NN}-Methodik, so sind auch hier definitionsgemäss die Emissionen Erstellung Gebäude (ohne PV) mit den Werten der anderen Bilanzierungsmethoden identisch, da auch hier die SIA 2032 zugrunde gelegt wird. Die Emissionen Erstellung der PV-Anlage gehen bei der WLC_{NN}-Methodik lediglich mit dem tatsächlich im Gebäude verbrauchten Anteil in die Erstellung ein (ermittelt durch eine stündliche Bilanzierung). Sie entsprechen hier also den Emissionen des-SIA-Klimapfads mit HKN-Verkauf.

Der anzurechnende Reststrombezug entspricht der physikalischen Realität auf stündlicher Basis. Der resultierende Emissionsfaktor entspricht dem aktuellen Wert nach KBOB CH Verbrauchermix bzw. errechnet sich in der Sensitivität als Mittelwert aus dem Jahr 2025 und den einem künftig für das Jahr 2050 erwarteten Wert und beträgt 75.8 g CO₂-eq/kWh (gemäss BM3, siehe Kap. 8.4.1). Eine Übersicht über die resultierenden CO₂-Emissionsintensitäten verschiedener Bilanzierungsmodelle ist im Anhang in Tabelle 33 gegeben.

¹⁵ Minergie Konformität zum Zwecke der Vergleichsrechnungen hier ohne ECO / Minergie A /Minergie P



In der Summe liegen die sich daraus ergebenden Werte gemäss WLC_{NN}-Methodik durchgehend gleichauf oder oberhalb den Werten Minergie-(P/A)-ECO und des SIA-Klimapfads, weil ...

- ...bei Minergie die Emissionen Erstellung der PV-Anlagen voll «durchschlagen» und die Emissionen des Reststromverbrauchs im ggü. WLC_{NN}-Methodik höher sind.
- ...beim SIA-Klimapfad entweder die Emissionen Erstellung der PV-Anlagen nur geringfügig einfließen (im Fall des HKN-Verkaufs und des damit geringen EVA) oder die Emissionen des Restbezugs gering sind, weil optional teilweise Ökostrom angesetzt werden darf.
- ... beim WLC-Ansatz die Emissionen Erstellung der PV tief sind (wegen des tiefen EVA, der stündlich berechnet wird) und die spezifischen Emissionen des Reststrombezugs analog Minergie (KBOB heute) vergleichsweise hoch sind.

3.8.1 Vergleich zwischen Minergie und SIA-Klimapfad, jeweils umgerechnet auf WLC_{NN} Methodik

Durch Umrechnung eines Minergie-(P/A)-ECO konformen Gebäudes als auch eines SIA- Klimapfad konformen Gebäudes auf die WLC_{NN}-Methodik, wird eine direkte Vergleichbarkeit ermöglicht.

In den folgenden Darstellungen Abbildung 2 bis Abbildung 7 sind die Gesamtemissionen gemäss Vorgaben für EFH, MFH und Bürogebäude Neubau sowohl nominal und unter Anwendung der WLC_{NN}-Methodik aufgeführt. Abbildung 8 bis Abbildung 10 stellen die Werte analog für Sanierung dar, allerdings lediglich für SIA-Klimapfad, da bei Minergie keine Vorgaben Sanierung bestehen und bei Minergie-ECO diese lediglich bauteilabhängig sind.

Anmerkung: Die WLC_{NN}-Methodik berücksichtigt gemäss vorangegangener Definition keinen Ökostrom und keine jährliche Bilanzierung, sondern nur den CH-Verbrauchermix und eine stündlich differenzierte Betrachtung für die Bestimmung des Eigenverbrauchsanteils von PV, vgl. Tabelle 15.

Gemäss der WLC_{NN}-Methodik liegt Minergie im Fall des MFH-Neubaus bei knapp 18 kg CO₂/m²a (siehe Abbildung 4) und im Fall des SIA-Klimapfads je nach gewählter Bilanzierungsvariante zwischen ca. 11 und 13 kg CO₂/m²a für den Fall der Zusatzanforderung B (siehe Abbildung 5). Weitere solche Quervergleiche lassen sich für die sämtlichen weiteren in diesem Projekt betrachteten Gebäude- und Standard-Varianten ziehen. Sämtliche Gesamtemissionenwerte als Kreuzvergleich für alle Gebäudetypen unter allen Metriken sind im Anhang 8.5 dargestellt. Hierbei sein angemerkt, dass Minergie A bei EFH die Beispielgeometrie im Auslegefall erreicht wird. Beim MFH muss hingegen die PV-Anlage vergrößert werden, während beim Beispielgebäude Büro der Minergie A Standard allein auf Basis einer Maximierung der PV ohne weitere Maßnahmen nicht erreicht werden kann.

Aus den genannten Abbildungen zu den MFH ist ersichtlich, dass für alle Gebäudetypen gemäss WLC_{NN}-Methodik die Höhe der Gesamtemissionen beim SIA-Klimapfad Zusatzanforderung B für Neubauten leicht unter dem Niveau von Minergie-ECO GW 2 liegt. Die Emissionen, die sich nach WLC_{NN}-Methodik bei der Zusatzanforderung A ergeben, liegen noch einmal deutlich darunter. Somit sind auch bei einem einheitlichen Bewertungsmaßstab die zulässigen Emissionen bei Minergie pauschal stets höher als beim SIA-Klimapfad.

Zudem wird transparent, dass der Anteil Emissionen Erstellung Gebäude die Emissionen aus dem Betrieb um ein vielfaches übertrifft. Bei der Zusatzanforderung A fallen die Emissionen Erstellung noch knapp doppelt so hoch aus wie die Emissionen aus dem Betrieb.

Relevant sind in allen Fällen die Emissionen Strombezug, wobei die Differenzen Emissionen zwischen Minergie, Minergie P und Minergie A sowie auch zwischen Minergie-ECO GW 1 u 2 marginal sind.

Der Anteil, welcher auf die PV entfällt, ist absolut und im Verhältnis gering. Jedoch ist im Fall Minergie A die Höhe der Betriebsemissionen in etwa ähnlich niedrig, wie beim Klimapfad mit HKV Verkauf und CH-Mix. Die Reduktion der Emissionen gegenüber Minergie und Minergie P ist in allen Fällen deutlich, die relativen Emissionen die bei Minergie A auf die Erstellung PV entfallen, sind hier zwar nahezu doppelt so hoch, in absoluter Höhe aber noch immer gering.

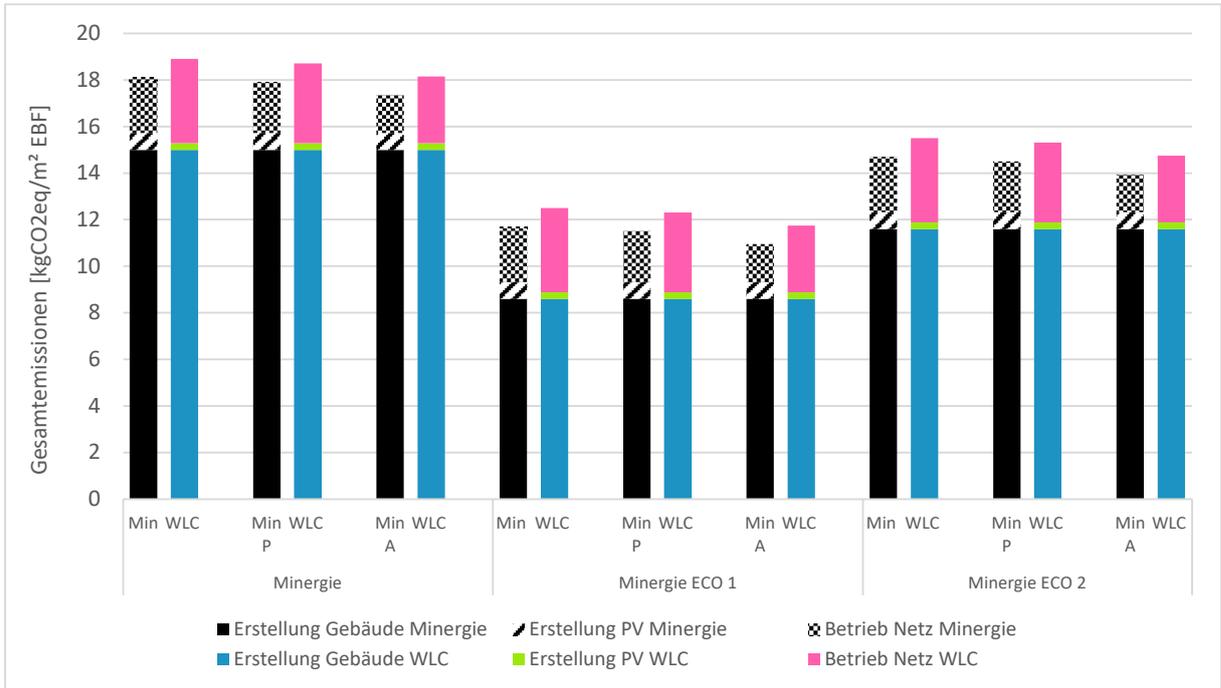


Abbildung 2 Gesamtemissionen für einen mit WP beheizten EFH Neubau einmal nach den nominellen Anforderungen von Minergie (jeweils linke Säule) und einmal umgerechnet gemäss WLC_{NN}-Methodik (jeweils rechte Säule)

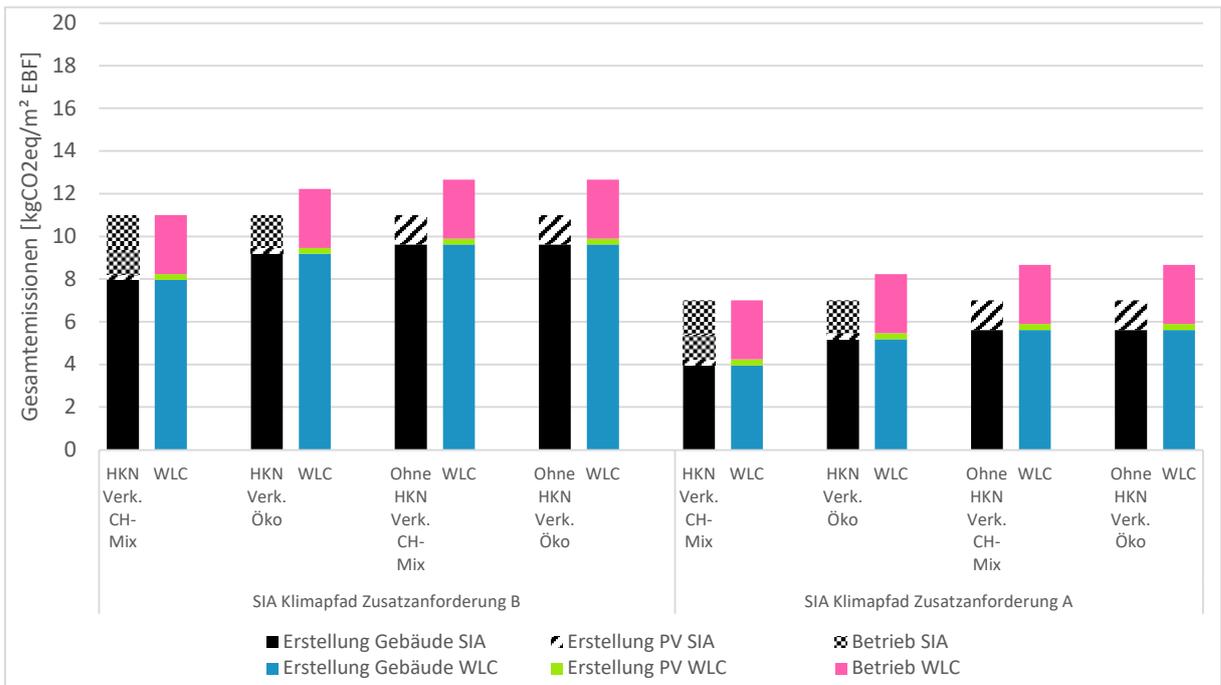


Abbildung 3 Gesamtemissionen für einen mit WP beheizten EFH Neubau einmal nach den nominellen Anforderungen von SIA-Klimapfad (jeweils linke Säule) und einmal umgerechnet gemäss WLC_{NN}-Methodik (jeweils rechte Säule)

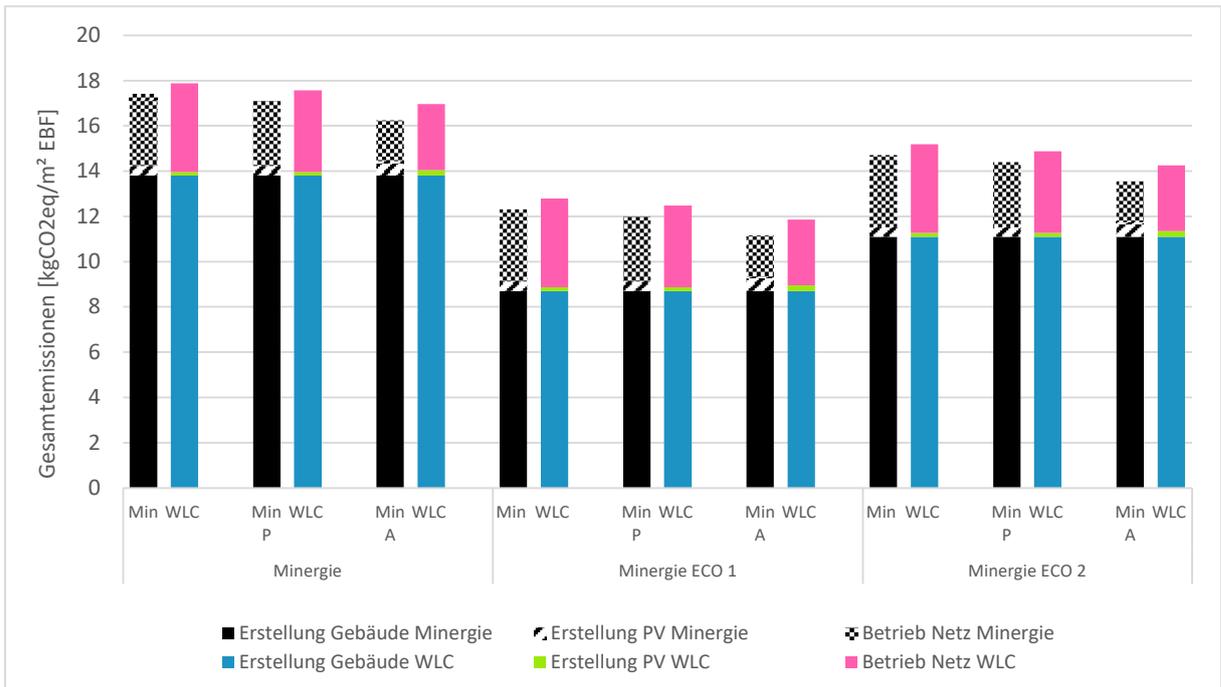


Abbildung 4 Gesamtemissionen für einen mit WP beheizten MFH Neubau einmal nach den nominellen Anforderungen von Minergie (jeweils linke Säule) und einmal umgerechnet gemäss WLC_{NN}-Methodik (jeweils rechte Säule)

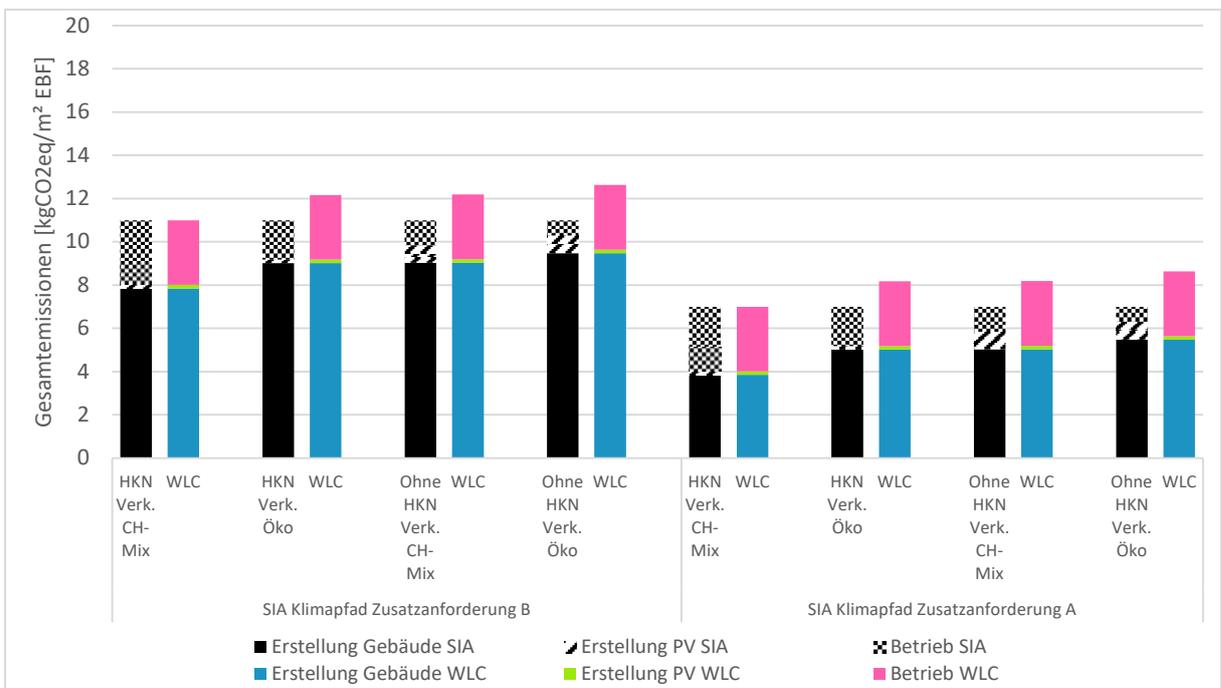


Abbildung 5 Gesamtemissionen für einen mit WP beheizten MFH Neubau einmal nach den nominellen Anforderungen von SIA-Klimapfad (jeweils linke Säule) und einmal umgerechnet gemäss WLC_{NN}-Methodik (jeweils rechte Säule)

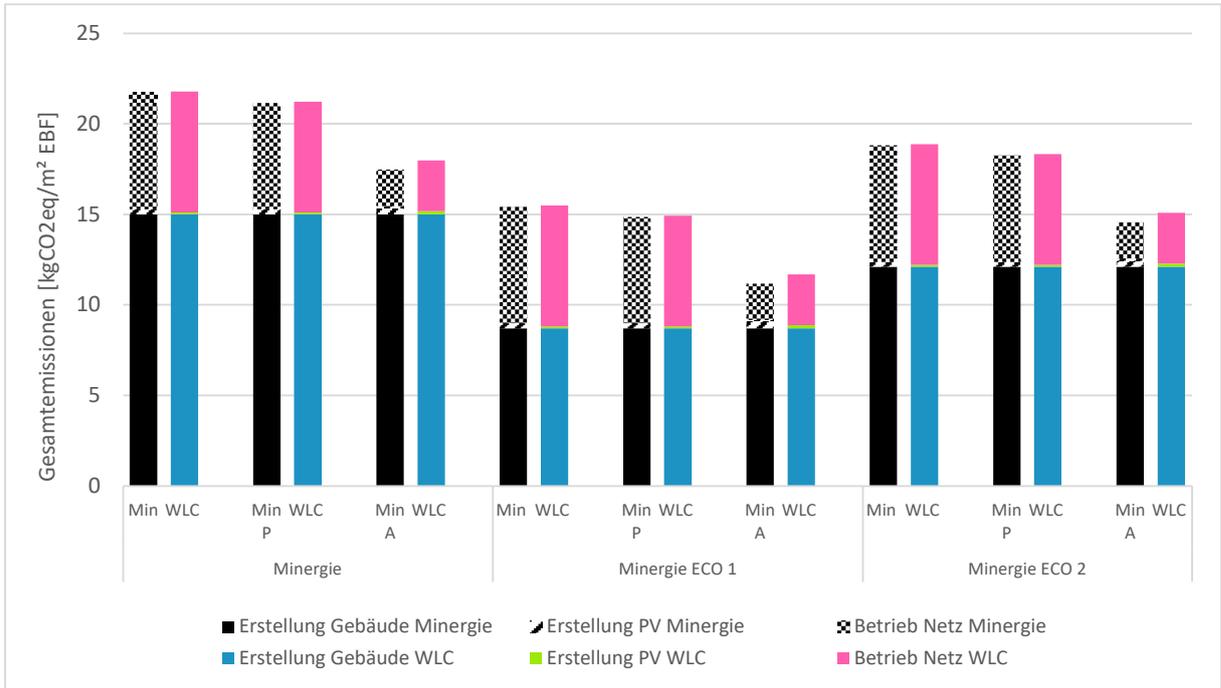


Abbildung 6 Gesamtemissionen für einen mit WP beheizten Büro Neubau einmal nach den nominellen Anforderungen von Minergie (jeweils linke Säule) und einmal umgerechnet gemäss WLC_{NN}-Methodik (jeweils rechte Säule)

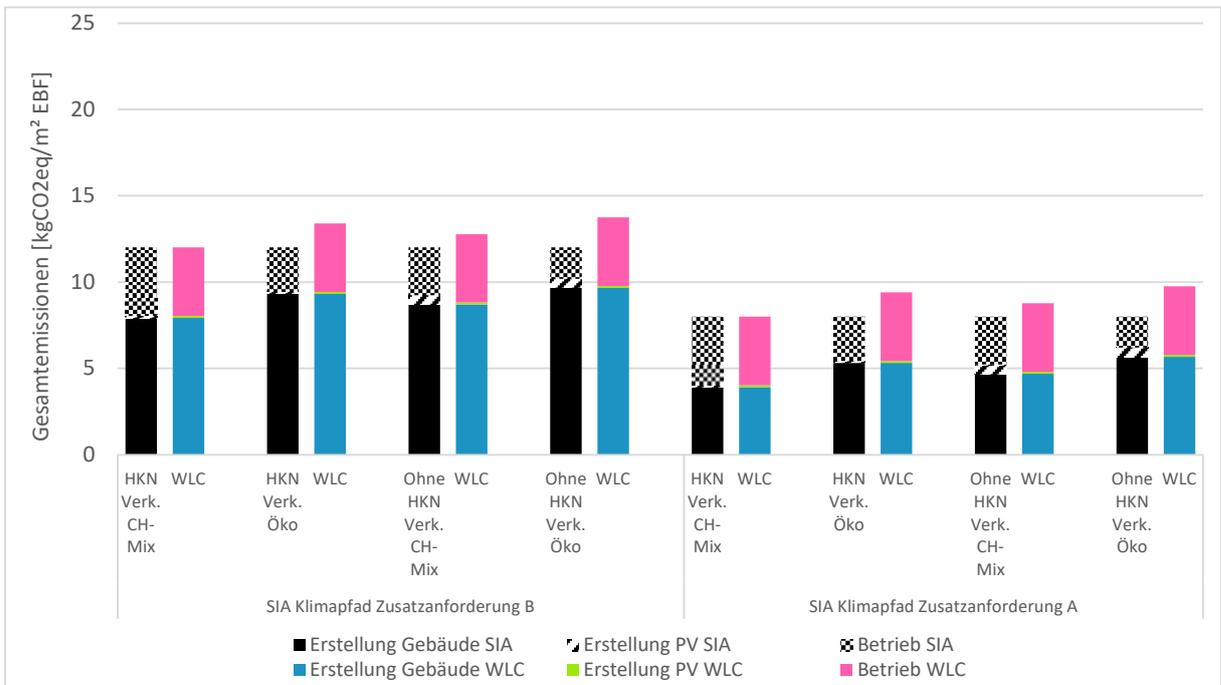


Abbildung 7 Gesamtemissionen für einen mit WP beheizten Büro Neubau einmal nach den nominellen Anforderungen von SIA-Klimapfad (jeweils linke Säule) und einmal umgerechnet gemäss WLC_{NN}-Methodik (jeweils rechte Säule)

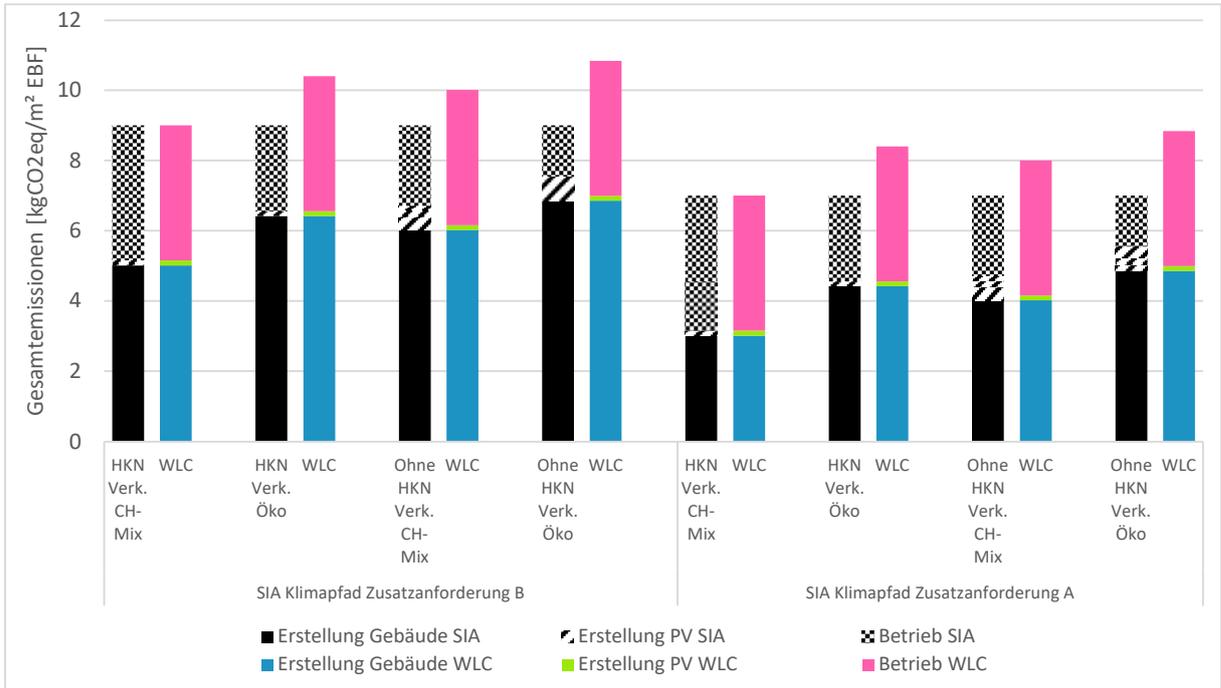


Abbildung 8 Gesamtemissionen für einen mit WP beheiztes EFH Gebäude Sanierung einmal nach den nominellen Anforderungen von SIA-Klimapfad (jeweils linke Säule) und einmal umgerechnet gemäss WLC_{NN}-Methodik (jeweils rechte Säule)

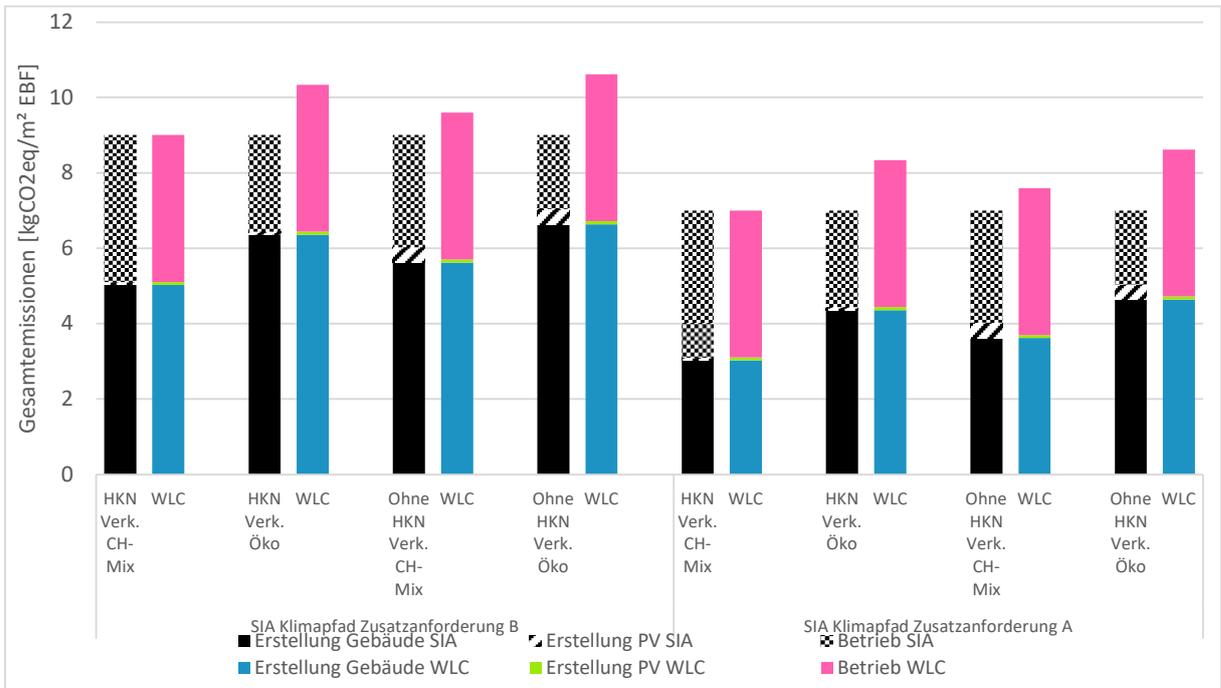


Abbildung 9 Gesamtemissionen für einen mit WP beheiztes MFH Gebäude Sanierung einmal nach den nominellen Anforderungen von SIA-Klimapfad (jeweils linke Säule) und einmal umgerechnet gemäss WLC_{NN}-Methodik (jeweils rechte Säule)

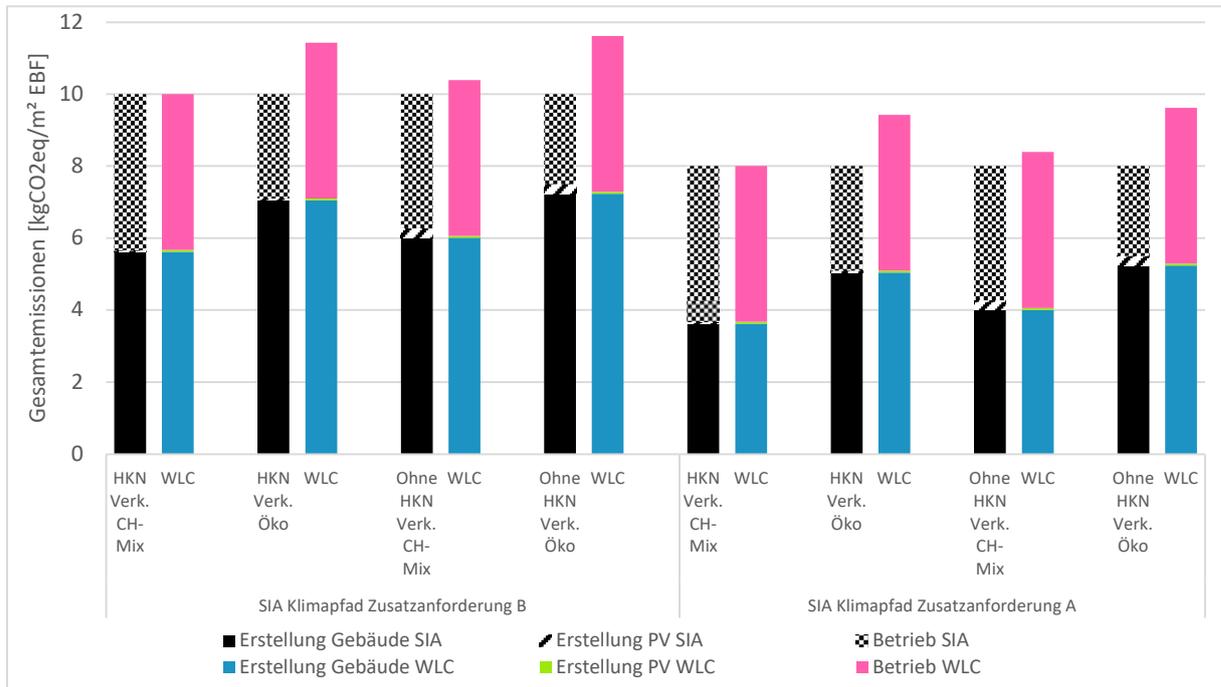


Abbildung 10 Gesamtemissionen für einen mit WP beheiztes Büro Gebäude Sanierung einmal nach den nominalen Anforderungen von SIA-Klimapfad (jeweils linke Säule) und einmal umgerechnet Emissionen Minergie-konformes Gebäude im Vergleich gemäss WLC_{NN}-Methodik (jeweils rechte Säule)

3.8.2 Emissionen Minergie konformes Gebäude im Vergleich mit SIA-Klimapfad

Nachfolgend in Abbildung 11 sind die Emissionen eines Minergie-konformen Hauses in allen unterschiedlichen Metriken in dargestellt. Bei der WLC_{NN}-Methodik kommt dabei hier die Sensitivität des Emissionsfaktors Netzbezug gemäss Tabelle 13 zum Tragen.

In der ersten Säule ist das Gebäude gemäss Minergie Rechenregeln bilanziert. In den 2ten bis 4ten Säule wird nun dasselbe Minergie konforme Haus unter Anwendung der verschiedenen SIA-Klimapfad Rechenregeln bilanziert. In der letzten Säule ist wird dieses Minergie konforme Haus dann nach der WLC_{NN}-Methodik bilanziert. Die einzelnen Säulen zeigen übereinander jeweils Emissionen Erstellung Gebäude/Erstellung PV/Betrieb Gebäude.

Hierbei wird deutlich, dass sich die Höhe der anzulegenden Emissionen Erstellung des Gebäudes zwischen Minergie und SIA-Klimapfad nicht unterscheiden. Dies ist nachvollziehbar, denn in beiden Fällen wird das gleiche Gebäude (hier ohne PV, diese wird separat betrachtet) nach SIA 2032 bilanziert. Unterschiede ergeben sich bei der Bilanzierung Erstellung der PV-Anlage und des Strombezuges aus dem öffentlichen Netz.

Im Fall Minergie werden die Emissionen Erstellung PV dem Gebäude zugeschlagen¹⁶ und zwar anteilig in Abhängigkeit des EVA gemäss Formel in Kap. 3.4.4 . Demgegenüber geht beim SIA-Klimapfad jährlich (ohne HKN-Verkauf) zumeist die gesamte PV-Anlage in die Bilanz Erstellung ein. Der EVA beträgt hier in der Praxis 100% da die PV-Anlagen, (mit Ausnahme EFH Neubau), auf Jahresbasis weniger Strom erzeugen als auf Jahresbasis im Gebäude verbraucht wird. Hingegen wird bei der Bilanzierung nach SIA-Klimapfad stündlich (mit HKN-Verkauf) nur der Anteil der Emissionen PV Erstellung dem Gebäude zugeschlagen, welcher gemäss stündlicher Bilanz auch im Gebäude selbst verbraucht wird. Entsprechend ist hier der Anteil Emissionen deutlich niedriger.

¹⁶ Es sei hier noch einmal angemerkt, dass die Höhe der gemäss Minergie zur Zertifizierung zulässigen Emissionen Erstellung PV über einen Zuschlag zum Grenzwert entsprechend angehoben wird.



Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sich der prozentuale Eigenverbrauchsanteil EVA auf die von der PV-Anlage produzierte Strommenge bezieht und nicht auf den Stromverbrauch im Gebäude. Sofern der PV-Jahresertrag höher ist als der Gebäudestromverbrauch bedeutet dies, dass die Anlage einen u.U. bedeutend höheren Anteil am Gesamtverbrauch hat. Beispielsweise kann eine PV-Anlage im EFH-Bereich mit einem EVA von 20% auch 50% des Gesamtverbrauches decken.

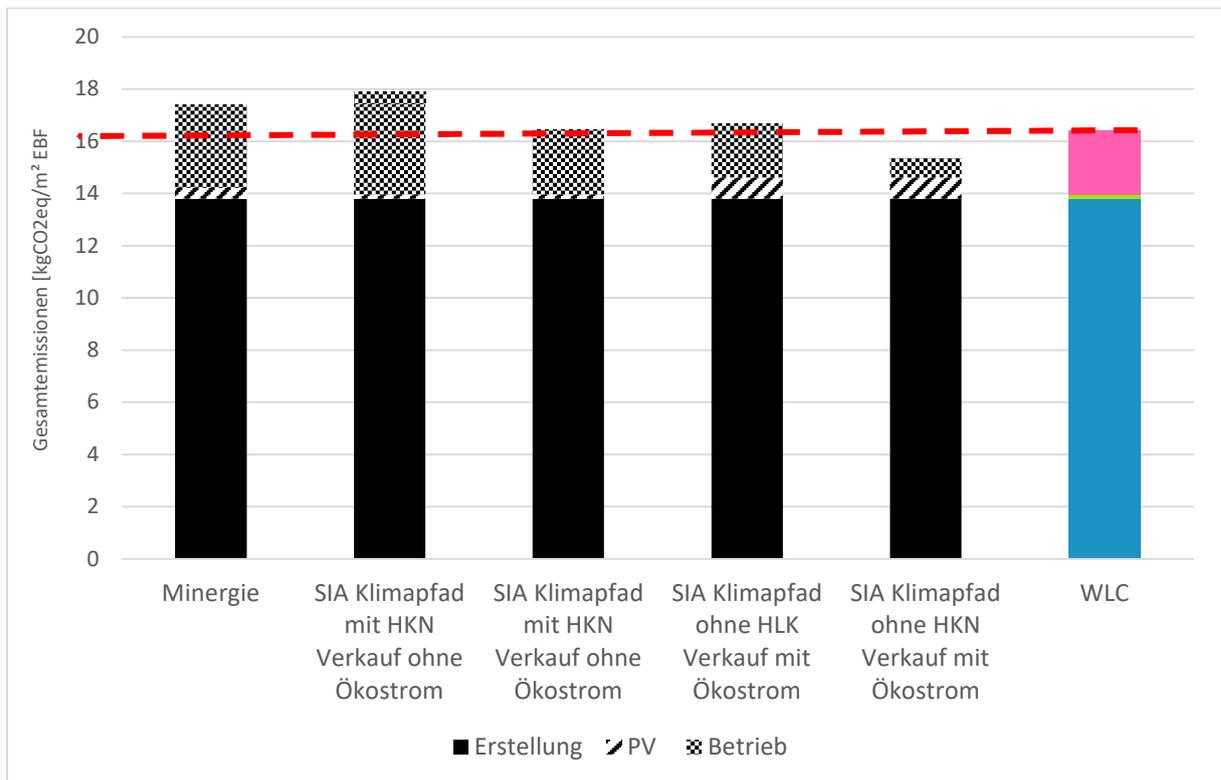


Abbildung 11 Emissionen Erstellung Gebäude/PV und Betrieb eines Minergie-konformen Gebäudes MFH Neubau nach Bilanzierungsvorschriften. WLC_{NN} mit Sensitivität gemäss Tabelle 13

3.8.3 Emissionen SIA-Klimapfad konformes Gebäude im Vergleich mit Minergie

Möchte man dieselbe Analyse der Gebäudekonformität aus der Optik SIA-Klimapfad durchführen, so ist die Logik hier geringfügig abweichend, da im Gegensatz zu Minergie beim SIA-Klimapfad die Summe der THGE aus Erstellung und Betrieb bereits über die Zusatzanforderungen B bzw. A fix vorgegeben sind. Unterstellt man weiterhin auch hier die Attribute aus Tabelle 15, d.h. dass das Gebäudedach «voll» belegt ist (i.e. 60% der nutzbaren Fläche) und der Gesamtgebäudestrombedarf analog Minergie auf SIA 2056 basiert und damit bekannt ist, so ergibt sich aus den dann feststehenden Emissionen Erstellung PV und notwendiger residualer Strombezug der noch zulässige Wert Emissionen Erstellung Gebäude.

In der folgenden Abbildung 12 sind beispielhaft für einen SIA-Klimapfad-konformen MFH-Neubau die Emissionen Erstellung Gebäude / PV und Betrieb dargestellt. Als Referenz gilt ein Gebäude ohne Ökostrombezug und mit HKN Verkauf, bilanziert gemäss den Metriken Minergie und WLC_{NN}.

Auch bei diesem exemplarischen MFH-Gebäude sind die Emissionen Erstellung Gebäude in allen 3 Fällen identisch. Unter den angenommenen Randbedingungen unter scheiden sich die Höhe der Gesamtemission zwischen Minergie und gemäss SIA-Klimapfad um ca. 0.5 kgCO₂eq/m²

Wird das Gebäude nach WLC_{NN}-Methodik bilanziert, hier mit der Sensitivität gemäss Tabelle 13, so ergibt sich für die Gesamtemissionen ein Wert noch unter 10 kg CO₂eq/m². Grund dafür ist, dass die



resultierenden Emissionen des Strombezugs aufgrund des in der Sensitivität tieferen spezifischen Emissionsfaktors entsprechend tiefer sind.

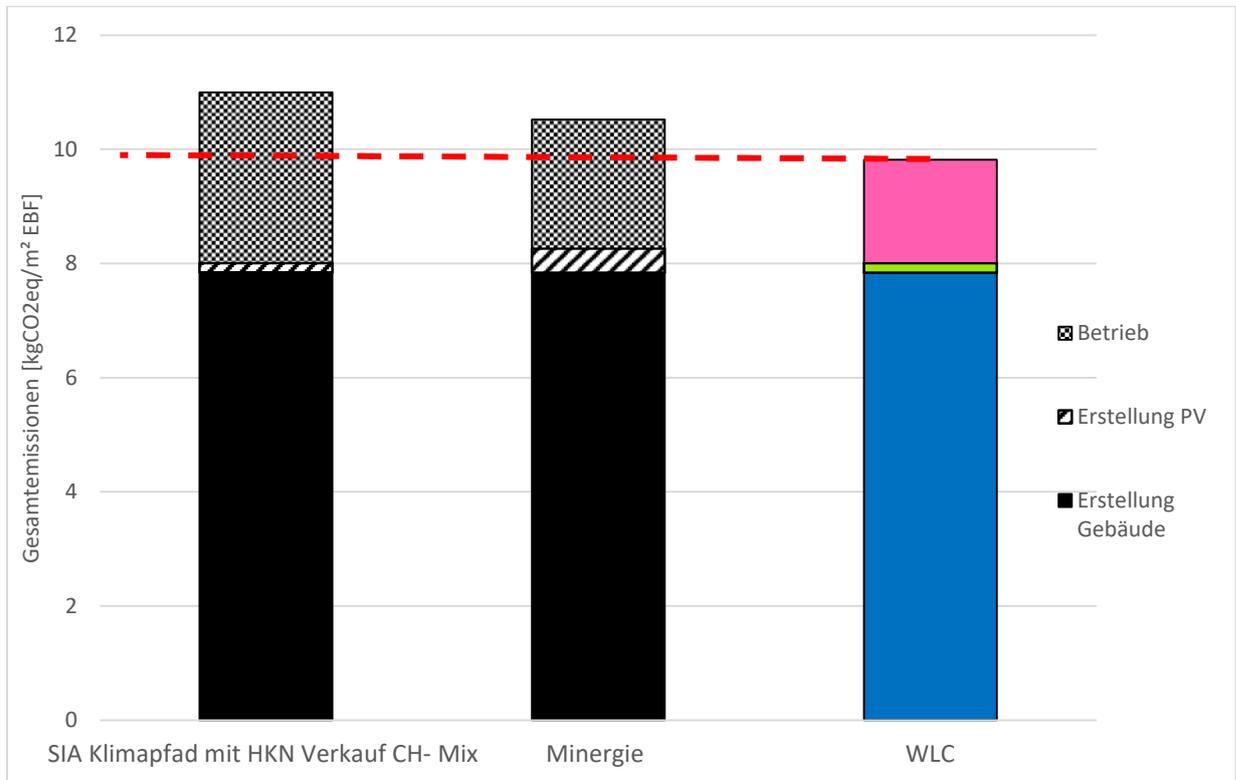


Abbildung 12 Emissionen Erstellung Gebäude/PV und Betrieb eines SIA-Klimapfad konformen MFH Neubau (Anforderungsniveau B) nach Bilanzierungsvorschriften. WLC_{NN} mit Sensitivität gemäss Tabelle 13

Anhand des Gebäudetypen MFH-Neubau in Abbildung 11 respektive in Abbildung 12 wird exemplarisch illustriert, dass die Summen der Emissionen aus Erstellung und Betrieb für identische Gebäude unterschiedlich hoch sind je nachdem welche Methodik (Minergie oder SIA-Klimapfad) angewendet wird.

Der Unterschied zwischen den beiden SIA-Klimapfad Varianten Klimapfadvarianten (mit/ohne) HKN-Verkauf ist bei allen untersuchten Gebäudevarianten unter den getroffenen Annahmen gering, sofern Ökostrom bezogen wird. Der Unterschied wird jedoch signifikant, sofern kein Ökostrom bezogen wird. Konkret liegen die Gesamtemissionen ohne HKN Verkauf in der gleichen Grössenordnung wie bei Bilanzierung gemäss Minergie und ca. 1 kgCO₂eq/m² tiefer, sofern die HKN nicht verkauft werden.

Eine vollständige Darstellung aller Varianten im Kreuzvergleich, d.h. Minergie konforme Gebäude in WLC_{NN} und SIA-Klimapfad Metriken (siehe Abbildung 19) sowie SIA-Klimapfad konforme Gebäude gemäss WLC_{NN} und Minergie Metrik (siehe Abbildung 20) finden sich beispielhaft für den MFH Neubau im Anhang 8.5.



4 Lösungsansätze für eine gemeinsame Netto-Null Definition

In diesem Kapitel 4 wird folgende Forschungsfrage untersucht und beantwortet:

F4.2 Welche Lösungsansätze gibt es, um eine gemeinsame Netto-Null Definition basierend auf den unterschiedlichen methodischen Ansätzen in den verschiedenen Planungs- und Umsetzungsinstrumenten von SIA, Eco-bau, SNBS, GEAK und Minergie aufzunehmen?

Lösungsansätze für eine gemeinsame Netto-Null Definition zu suchen, impliziert, dass die verschiedenen Planungs- und Umsetzungsinstrumente von SIA, Eco-bau, SNBS, GEAK und Minergie in der Lage sein müssten, Emissionen aller relevanten Phasen und Scopes abzubilden. Solange gewisse relevante Gebäudephasen (wie z.B. Betrieb) nicht inkludiert sind, ist eine Netto-Null Beurteilung (oder eine Kompatibilität zu einem dahin führenden Absenkpfad) nicht möglich. Ergo ist eine gemeinsame Definition nur dann möglich, wenn Bereiche, die in einem Instrument abgedeckt sind, durch ein anderes Instrument komplettiert werden.

Damit eine Netto-Null Definition, die auf den unterschiedlichen methodischen Ansätzen basiert, als «gemeinsam» bezeichnet werden kann, muss sie

- ähnlich vollständig sein: Netto-Null lässt per Definition grundsätzlich keine Restemissionen innerhalb der Systemgrenze Gebäudebereich zu (ggf. verbleiben Restemissionen ausserhalb der Systemgrenze Gebäudebereich, z.B. in der Landwirtschaft oder im Transportbereich).
- wichtige Prinzipien und methodische Grundsätze vereinheitlichen.
- transparent und nachvollziehbar sein.
- eine Überführbarkeit zwischen den verschiedenen Methoden oder eine möglichst einfache Vergleichbarkeit ermöglichen, z.B. mittels Umrechnung auf eine gemeinsame Basis wie die WLC_{NN}-Methodik
- eine materielle Harmonisierung anstreben

Auf diese Punkte wird in den nachfolgenden Kapiteln näher eingegangen, wobei wie im Kap. 3 auf Minergie-ECO und den SIA-Klimapfad (FprSIA 390/1) fokussiert wird.

4.1 Vollständigkeit der Systemgrenze

Wie im Kap. 3 aufgezeigt, gibt es zwischen Minergie-(P/A)-ECO und den SIA-Klimapfad (FprSIA 390/1) bzgl. der für die THGE relevanten Systemgrenze gewisse Gemeinsamkeiten und gewisse Unterschiede. Wir leiten folgende Empfehlung gemäss Tabelle 16 ab:

- Minergie und Ecobau wird empfohlen,
 - bei den verschiedenen Versionen der Minergie-(P/A)-ECO-Labels die Emissionen des Betriebs in Richtwerte oder Anforderungen für spezifische Emissionen zu inkludieren (statt «nur» qualitative Anforderungen zustellen), dies auch im Hinblick auf verschiedene Anwendungsfälle im Immobilien- und Finanzbereich (z.B. Berichterstattungspflichten, Bewertung von Green bonds etc.). Hierbei könnte z.B. ein 85%- Benchmark als Richt- oder Zielwert definiert werden (ähnlich wie CBI, Bericht «Kriterien klimaverträgliche Gebäude» oder Minergie-Ansatz bei der Erstellung (Thalmann et al. 2023).
 - die Emissionen Erstellung auch für Minergie-(P/A)-ECO Sanierungen zu bilanzieren und die Ergebnisse bei Richt- und Zielwerten zu berücksichtigen (Details siehe Tabelle 16)



- SIA-Klimapfad: es wird empfohlen, eine Anforderung im Sinne eines Richtwerts für die Emissionen Betrieb der beiden Scopes 1 und 2 einzuführen, zumindest qualitativ, nicht zuletzt im Hinblick auf die Kommunikation zwischen «Bestellenden» und «Lieferanten»¹⁷:
 - Scope 1: kein Einsatz von fossilen Energieträgern, nicht zuletzt aus Kommunikationsgründen (Botschaft: «fossile Energieträger sind nicht SIA-Klimapfad-tauglich»)
 - Scope 2: tiefe Emissionen, z.B. umgerechnet max. 10% bis 20% fossile Energieträger (bezogen auf die gesamte Endenergie) zum heutigen Zeitpunkt und ein einzuhalten-der Absenkpfad auf null bis 2050 (und ab 2050 null fossile Energieträger). Botschaft: «Der Absenkpfad der Fernwärmeproduktion ist SIA-Klimapfad-tauglich».

Tabelle 16 Empfehlungen für die Vervollständigung der Systemgrenze bei Minergie-(P/A)-ECO. «Anf» gibt an, ob für die betreffende Grösse bereits eine Anforderung gilt. «Anf.RW.» bzw. «Anf.ZW.» bedeutet, dass die Einführung eines Richtwerts (RW) bzw. eines Zielwerts (ZW) empfohlen wird (falls bereits in Kraft: grün hinterlegt). «Anf.Info» gibt an, dass eine Informationsanforderung empfohlen wird. «k.e.A.» = keine explizite Anforderung, «n.a.» = nicht anwendbar

| | | Neubau | | | | Erneuerung (Sanierung) | | | |
|--------------|------------|---------------------|-------------------------------|---------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------|---------------------------------|
| | | Scope 1 | Scope 2 | Scope 3 | Total Scopes | Scope 1 | Scope 2 | Scope 3 | Total Scopes |
| Minergie | Erstellung | n.a. | n.a. | Anf. | Anf. | n.a. | n.a. | Anf.empf. | Anf.empf. |
| | Betrieb | Anf. ¹⁾ | Zusatz-Anf. RW. ²⁾ | k.e.A. | Anf.Info. / Anf. RW. (optional) | Anf.empf. | Zusatz Anf. RW. ²⁾ | k.e.A. | Anf.Info. / Anf. RW. (optional) |
| | Total | n.a. | n.a. | k.e.A. | Anf. ZW | k.e.A. | n.a. | k.e.A. | Anf. ZW |
| Minergie-ECO | Erstellung | n.a. | n.a. | Anf. | Anf. | Anf. | n.a. | Anf. | Anf. |
| | Betrieb | Anf. ¹⁾ | Zusatz-Anf. RW. ²⁾ | k.e.A. | Anf.ZW. | Anf.empf. | Zusatz Anf. RW. ²⁾ | k.e.A. | Anf.Info. / Anf. RW. |
| | Total | n.a. | n.a. | k.e.A. | k.e.A. | k.e.A. | n.a. | k.e.A. | k.e.A. |
| FprSIA 390/1 | Erstellung | n.a. | n.a. | Anf.RW | Anf.RW | Anf. | n.a. | Anf.RW | Anf.RW |
| | Betrieb | Anf.Info. / Anf.RW. | Anf.Info. / Anf.RW. | k.e.A. | Anf.RW. | Anf.Info. / Anf.RW. | Anf.Info. / Anf.RW. | k.e.A. | Anf.RW. |
| | Total | n.a. | n.a. | k.e.A. | Anf.ZW. | Anf. | n.a. | k.e.A. | Anf.ZW. |

¹⁾ Keine fossilen Energieträger erlaubt. Ausnahmen bei Spitzenlast, WKK und Fernwärme.
²⁾ Derzeit bestehen bei den Energieträgern Strom und FW Anforderungen mittels Zusatzanforderungen (Höchstanteil fossile Energie bei FW) und mittels Gewichtungsfaktoren auf der Ebene Energie, nicht jedoch auf Ebene THGE
³⁾ Im Gegensatz zur Vorgängerversion SIA 2040 nur noch orientierende Werte im Anhang

Quelle: Diverse Unterlagen von Minergie, Ecobau, SIA Fpr390/1, Darstellung TEP Energy

Bei der Berechnung der Betriebsenergie ist zudem zu empfehlen, möglichst alle Energieverbräuche, die in Gebäuden stattfinden, zu bilanzieren. Entsprechend wird empfohlen, bei Minergie auch die Geräte der Nichtwohngebäude und einen Teil der Prozessenergie (z.B. Kochen, Waschen/Trocknen) in die System-

¹⁷ Das Verdienst von Standards und Labeln liegt nicht zuletzt darin: die Kommunikation zwischen “Nachfrage” und “Angebot” zu vereinfachen, um Bedürfnisse zu artikulieren und sichtbar zu machen und um Produkte darauf abzustimmen (oder umgekehrt: um Produkte anzubieten, damit diese von der Nachfrageseite aufgegriffen werden können. Wichtig ist dabei eine einfache Verständlichkeit zwischen den Akteuren auf beiden Seiten (auch um die Informationsasymmetrie auszugleichen) und eine (durch Spezialisten überprüfbare) Nachvollziehbarkeit.



grenze mit aufzunehmen. Beim SIA-Klimapfad ist die Vollständigkeit zu prüfen, insbesondere was Prozessenergie, z.B. Waschen/Trocknen, gewerbliche Kälte, betrifft.

4.2 Methodische Grundsätze vereinheitlichen

Wie im Kap. 3 aufgezeigt wird, gibt es zwischen Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede bei den Definitionen, Berechnungsmethoden, Datengrundlagen und Annahmen. Wie ebenfalls in Kap. 3 aufgezeigt, erfolgt die Berechnung der Projektwerte und der Anforderungen (Grenz- bzw. Zielwerte) sowohl bei Minergie-(P/A)-ECO als auch beim SIA-Klimapfad teilweise nicht gemäss den in diesem Projekt erarbeiteten methodischen Ansätzen. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad kurz- bis mittelfristig anzupassen.

4.2.1 Minergie und Ecobau

Minergie und Ecobau wird empfohlen, kurz- und mittelfristig folgende Anpassungen in ihren Produktreglementen vorzunehmen:

- THGE Betrieb: Strombezug aus dem Netz und die übrigen THGE Betrieb (z.B. aus der Nutzung von FW, Biogas, Holz etc.) transparent ausweisen, beim Strom mittels einheitlichem (mit den übrigen Akteuren harmonisiertem) Emissionsfaktor¹⁸
- THGE Erstellung und Betrieb bei der Bewertung von PV-Anlagen und beim (Rest-)Strombezug aus dem Netz: THGE Erstellung aufgeteilt nach Eigenverbrauch und Rückspeisung (z.B. anhand von Kennwerten basierend auf stundenscharfer Berechnung) und Strombezug nach einheitlichem (harmonisiertem) Emissionsfaktor.¹⁸
- Die Anrechenbarkeit von NE regeln, z.B. nach den Festlegungen in diesem Projekt.

4.2.2 SIA-Klimapfad

Nachfolgend wird angegeben, in welchen Bereichen die derzeitigen Vorschläge von FprSIA 390/1 mit den Vorschlägen dieses Projekts kongruent sind und in welchen nicht und sie entsprechend kurz- oder mittelfristig anzupassen sind.

Kongruent:

- THGE Erstellung anrechenbare NET ohne temporäre Senken (F0.3.A) (FprSIA 390/1 kongruent)
- THGE Erstellung Anrechnung temporäre Senken: gespeicherter biogener Kohlenstoff ausweisen aber nicht anrechnen (F0.3.B) (FprSIA 390/1 kongruent)
- THGE Erstellung Re-Use und Recycling: gemäss SIA 2032 (FprSIA 390/1 kongruent)
- THGE Betrieb THGE-Bilanz: Berechnung gemäss SIA 380 mit KBOB-Ökobilanzdaten (F0.7): (FprSIA 390/1 kongruent)

Kurzfristige Anpassungen beim SIA-Klimapfad, z.B. im Rahmen der derzeit laufende Überarbeitung:

- THGE Erstellung PV: Abgrenzung der Erstellungsemissionen gemäss Eigenverbrauchsanteil (F0.4.C): (FprSIA 390/1 kongruent, abgesehen vom Spezialfall Nichtverkauf HKN => siehe nachfolgende Empfehlung zu F0.8.D)
- THGE Betrieb PV-Eigenverbrauch: Ermittlung PV-Eigenverbrauch mit Momentanbilanz (F0.4.C, F0.4.D): (FprSIA 390/1 kongruent)

¹⁸ Wie in diesem Projekt empfohlen, d.h. vorläufig Verbrauchermix gemäss BM3, Einbezug Zukunftsentwicklung (Mittelwert 2025 bis 2050).



- THGE Erstellung und Betrieb bei der Bewertung von PV-Anlagen und Rückspeisung von PV-Strom (F0.8.B): Anpassungsbedarf beim SIA-Klimapfad, da abhängig von HKN-Verkauf/Nichtverkauf. Zumindest sollten die Emissionen informativ wie folgt ausgewiesen werden: THGE Erstellung aufgeteilt nach Eigenverbrauch und Rückspeisung (z.B. anhand von Eigenverbrauchsanteilen basierend auf stundenscharfer Berechnung) und Strombezug nach einheitlichem (harmonisiertem) Emissionsfaktor.¹⁸
- THGE Betrieb Lieferverträge für Strom/Biogas/Fernwärme (F0.8.B)

Mittelfristig, wobei bei einigen Themen teilweise weitere Untersuchungen zu tätigen und Daten bereit zu stellen sind (z.B. KBOB-Ökobilanzdaten):

- Erstellung – Berücksichtigung Zeitpunkt und Dauer der Nutzungszeit von Gebäuden und Bauteilen (F0.2.A-B): aktuell kein Thema
- Betrieb - Modellierung Strommix Schweiz (F0.6.A-D): Einbezug Zukunftsentwicklung.

Der konkrete Anpassungsbedarf kann aus der in Tabelle 3 aufgeführten Gap-Analyse abgeleitet werden.

4.2.3 SIA-Klimapfad und Minergie-(P/A)-ECO

Zudem kommen unterschiedliche Berechnungsweisen zur Anwendung (siehe Tabelle 8 in Kap. 3.5). Es wird deshalb empfohlen:

- entweder die Berechnungsweisen zwischen Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad zu vereinheitlichen
- oder dass sowohl Minergie-(P/A)-ECO als auch SIA-Effizienzpfad die Inputdaten so aufbereiten und zur Verfügung stellen, dass auch die jeweils andere Berechnung durchgeführt werden kann.

4.3 Transparenz und Nachvollziehbarkeit

Die Vergleichbarkeit zwischen Minergie-(P/A)-ECO und SIA-Klimapfad konnte im Rahmen dieses Projekts letztlich hergestellt werden. Dies war jedoch relativ aufwändig. Aus diesem Grund wird empfohlen, dass

- Alle Beteiligten klar benennen, ob «Netto-Null» erreicht wird bzw. wie nahe man an «Netto-Null» ist:
 - Minimierte Bruttoemissionen_{WLC} (d.h. brutto Emissionen bis auf die (heute) schwer vermeidbaren Emissionen reduziert.
 - Netto-Null_{WLC}-ready, d.h. Gebäude, die brutto zwar tiefe THGE aufweisen (Minimierte Bruttoemissionen_{WLC}), die aber derzeit noch nicht vollständig durch NE ausgeglichen werden
- eine Drittpartei (z.B. das BFE, die KBOB) eine synoptische online Tabelle führt, in der die Unterschiede der verschiedenen Ansätze transparent und aktuell aufgeführt werden.
- Minergie-(P/A)-ECO, SIA-Klimapfad und weitere die wichtigsten Inputdaten der Nachweisberechnungen von Bauprojekten transparent machen und vergleichbar darstellen (z.B. mittels Blockchain).
- Minergie-(P/A)-ECO, SIA-Klimapfad und weitere die Berechnungsergebnisse Endenergie pro Energieträger, biogene Emissionen, biogener Kohlenstoffgehalt und damit verbundene temporäre Senkenwirkungen sowie NE etc. von Bauprojekten jeweils transparent machen und vergleichbar darstellen (z.B. mittels Blockchain).



4.4 Überführbarkeit oder Vergleichbarkeit durch Umrechnung gemäss WLC_{NN} -Methodik

Die Überführbarkeit zwischen den verschiedenen Methoden sollte ermöglicht und eine einfache Vergleichbarkeit angestrebt werden. Dies könnte z.B. erreicht werden, indem die Emissionen der Sekundärenergieträger (Strom, leitungsgebundene Wärme, biogene oder synthetische Brennstoffe) und der Baustoffe mit zwei Varianten (Metriken) berechnet werden, einmal spezifisch und einmal mit harmonisierten Grundlagen. Es wird empfohlen, dass Minergie, Ecobau, SIA-Klimapfad und weitere die Projektwerte und die Grenz- und Zielwerte nicht nur nach ihren jeweiligen Festlegungen berechnen, sondern auch gemäss den methodischen Festlegungen dieses Projekts, d.h. gemäss der WLC_{NN} -Methodik. Durch das Überführen auf eine gemeinsame Basis (in Abbildung 13 grün dargestellt) wird ermöglicht, dass die verschiedenen Standards und Labels vergleichbar werden (wie in Kap. 3.8.1 exemplarisch für verschiedene Gebäudetypen aufgezeigt).

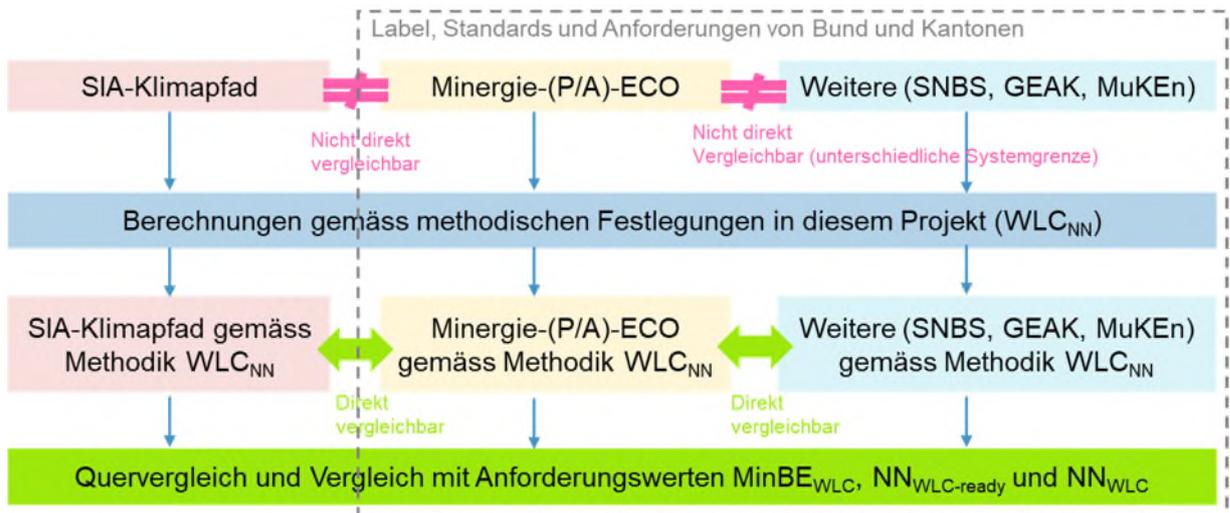


Abbildung 13 Herstellung der Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Standards und Labels durch Überführbarkeit auf eine gemeinsame Basis, die WLC_{NN} -Methodik. Quelle TEP Energy.

4.5 Materielle Harmonisierung

Zum heutigen Zeitpunkt können Netto-Null-THGE-Gebäude weder nach der Definition des SIA-Klimapfad (FprSIA 390/1) noch nach der Definition Minergie-(P/A)-ECO gebaut werden. In beiden Fällen sind die Emissionen Erstellung der Baumaterialien und Bauelementen nicht tief genug und die technischen sowie rechtlichen / gesetzlichen Anforderungen bei den NE nicht gegeben:

Da Netto-Null jedoch letztlich bedeutet, dass die THGE unter Einbezug von NE null betragen müssen, wird empfohlen, dass Minergie-ECO, der SIA-Klimapfad und weitere wie z.B. SNBS einen Absenkpfad in diese Richtung aufzeigen (wie beispielsweise im Anhang von FprSIA 390/1) und für verbindlich erklären (Anpassungen könnten bei Vorliegen neuer Erkenntnisse trotzdem sporadisch vorgenommen werden).

Daran können sich die beteiligten Akteure (Bauträgerschaften, Immobilienunternehmen, Bauwirtschaft, Material- und Bauelemente- und Technologiehersteller etc.) orientieren und ihre Produktentwicklung daran ausrichten.



5 Grundlagen für aufeinander abgestimmte Grenz- und Zielwerte für THGE

F4.3 Wie können die auf unterschiedlichen methodischen Ansätzen basierenden Grenz- und Zielwerte festgelegt werden, so dass sie aufeinander abgestimmt sind?

Grundsätzlich gibt es mehrere Möglichkeiten, die auf unterschiedlichen methodischen Ansätzen basierenden Grenz- und Zielwerte so festzulegen, dass sie inhaltlich und materiell, d.h. bzgl. ihrer beabsichtigten Anreizwirkung, aufeinander abgestimmt sind. Wir nennen drei mögliche Varianten:

1. **Subsidiarität:** Die verschiedenen Informations- und Planungsinstrumente werden aufeinander bezogen, d.h. die Grenz- und Zielwerte eines bestimmten Bereichs oder Indikators (z.B. Scope 1, 2 oder 3 Emissionen) werden nur an einer Stelle bzw. in einem Instrument berechnet und beurteilt. Zum Beispiel könnte eine Instanz (der SIA, das BFE) die methodischen Grundlagen erarbeiten (lassen) (z.B. analog KBOB) und die Standards und Label beziehen sich darauf. Nicht abgedeckte Bereiche oder andere methodische Ansätze (z.B. Abschreibungs- oder Investitionsprinzip) würden in einem solchen Ansatz subsidiär dort definiert, wo sie verwendet werden sollen.
2. **Harmonisierung:** Die verschiedenen Informations- und Planungsinstrumente werden so weit wie möglich harmonisiert, zum einen bzgl. der Berechnungsmethoden und zum abgedeckten Umfang und zum anderen materiell. Dies würde gewisse methodische und inhaltliche Anpassungen implizieren und bedingt ein koordinierendes Gremium (z.B. eine Kommission bestehend aus Vertreter:innen der verschiedenen Stakeholdergruppen)
3. **Umrechnung:** Die dritte Variante besteht darin, die unterschiedlichen Berechnungsmethoden und Annahmen zwischen den verschiedenen Instrumenten beizubehalten und die Grenz- und Zielwerte so umzurechnen, dass sie materiell (d.h. was die Strenge der Anforderungen betrifft) verglichen und damit inhaltlich beurteilt werden können. Gewisse Unterschiede bei den abgedeckten Bereichen könnten ggf. mittels Korrekturfaktoren ad hoc berücksichtigt werden. Allerdings orten wir - nach unserem Kenntnisstand - bei den abzudeckenden Bereichen und beim entscheidenden Indikator, den THGE, bei den meisten Instrumenten einen Anpassungsbedarf.

Wir fokussieren nachfolgend auf den zweiten Ansatz, d.h. die Harmonisierung, wobei diese so erfolgen sollte, dass die Informations- und Planungsinstrumente so weit wie möglich dem WLC Ansatz bzw. den nachfolgend in Tabelle 17 und im Anhang aufgeführten Ansätzen annähern sollten.



Tabelle 17 Grundlagen zu Methodik und Anforderungswerten, wie FprSIA 390/1 und Minergie-(P/A)-ECO NN gemäss WLC umgesetzt werden könnten (inkl. Vorschlag für die Priorisierung: Hoch = Grundlagen sind vorhanden, Umsetzung kann unmittelbar erfolgen. Mittel = Grundlagen sind weitgehend vorhanden, Umsetzung könnte in mittelfristig erfolgen).

| | Grundsatzfrage Methodik | Methodische Ansätze WLC (dieses Projekt) | Minergie-(P/A)-ECO | FprSIA 390/1 Klimapfad | Bemerkungen |
|---|--|--|---|-------------------------------|--|
| F0.1C Emissionsbudget | Sollen die Labels und Standards ein Emissionsbudget begrenzen und dieses in zwei Zeiträume unterteilen: 2019 (Beschluss BR NN) bis 2050 und nach 2050 bis 2080 | Begrenzung des Emissionsbudgets über einen (oder zwei) bestimmte Zeiträume, wobei die Emissionen gemäss dem Prinzip «Auftreten und Akkumulieren» zu bilanzieren sind. | Berechnungsmethodik: Das Emissionsbudget soll unter Berücksichtigung der untenstehenden Festlegungen, namentlich bzgl. Lebensdauer, temporärer Speicherung, Dynamik Emissionsfaktoren etc. berechnet werden. Anforderungswerte: sind zu definieren (z.B. bis 2050 abgeleitet aus dem KIG, differenziert nach Neubau und Bestand, danach Anforderung Netto-Null (NN)) | | De facto begrenzen Minergie-(P/A)-ECO und FprSIA 390/1 das Budget der erlaubten Emissionen gemäss ihren jeweiligen methodischen Festlegungen. Eine Unterteilung der Periode in «vor 2050» und «nach 2050» ist jedoch nicht vorgesehen und hat aus heutiger Optik wenig praktische Relevanz |
| F0.2.A Berücksichtigung der Nutzungszeit eines Gebäudes und von Gebäudeelementen | 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 akkumulieren (M2) | Nur Scope 1 und 2 Emissionen und ein Teil der Scope 3 Emissionen der Phase Betrieb werden zum Zeitpunkt ihres Auftretens bilanziert. Es wird empfohlen, bei der Darstellung der Projektwerte und der Anforderungswerte nicht nur eine oder zwei Kennzahlen zu verwenden, sondern den jährlichen Verlauf der Emissionen darzustellen. Vor allem relevant für (vorausschauende) Umweltberichterstattung (Absenkpfade). | | Prio: Hoch bis mittel |
| F0.2.B Berücksichtigung der Nutzungszeit eines Gebäudes und von Gebäudeelementen | Welche Daten und Annahmen sollen bzgl. Lebens- und Nutzungsdauer der Gebäude und Anlagen verwendet werden? | M1: Normierte Amortisationsdauern. Betrifft Anwendungsfall 1 (Nachweis) gemäss Ziffer 4.1.1. der Norm SIA 380:2022 M2: Referenzlebensdauern, die fallweise angepasst werden können (z.B. nach Gebäudetyp, geplantem Nutzungskonzept, Sanierungsstrategien und Produktdeklaration). Betrifft Anwendungsfall 3 (Optimierung Zukunft) gemäss Ziffer 4.1.1. der Norm SIA 380:2022 | Normierte Amortisationszeiten nach SIA 2032 als Übergangslösung, bis M2 oder F0.1C entwickelt ist Empfehlung der zugrunde liegenden SIA 2032, eine möglichst lange Nutzungsdauer anzustreben. Die methodische Umsetzung ist im Nachgang an dieses Projekt zu konkretisieren. | | Gemäss Empfehlung der SIA 2032 sollte eine möglichst lange Nutzungsdauer angestrebt werden. Prio: Hoch bis mittel |



| | Grundsatzfrage Methodik | Methodische Ansätze WLC (dieses Projekt) | Minergie-(P/A)-ECO | FprSIA 390/1 Klimapfad | Bemerkungen |
|---|--|--|---|------------------------|---|
| F0.3.A NET Technologien/-Materialien | Welche NET- Materialien gibt es und welche sind anrechenbar? | M1-3: Mineralische, mineralisch-organische Baustoffe und organische Baustoffe | Da Netto-Null im Gebäudebereich letztlich nur durch das Anrechnen von Negativemissionen (NE) zu erreichen ist, sollen Minergie-(P/A)-ECO, der SIA-Klimapfad und allgemein Ansätze, die ganzen Lebenszyklus bilanziell abdecken, NE anerkennen. Jedoch sollen NE wie vom Bund gefordert nur schwer vermeidbare Emissionen ausgleichen können. Bei der Umsetzung ist auf folgende Punkte zu achten: | FprSIA 390/1 Klimapfad | <p><i>Berechnungsgrundlagen stehen für eine separate Analyse und Zielsetzung C-Speicherung zur Verfügung.</i></p> <p>Prio: Hoch bis mittel</p> <p>Prio: Hoch bis mittel</p> <p>Prio: Hoch bis mittel</p> <p>Prio: Hoch bis mittel</p> |
| F0.3.B Temporäre Senken | Anrechenbarkeit temporärer Senken (organische Baustoffe) | M5: Anrechenbarkeit, falls rechtsverbindliche Absicherung einer Nichtfreisetzung (bzw. dauerhaften Speicherung) des biogenen C | | | |
| 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) | Solange die Grundlagen für die Anrechenbarkeit von NE durch die Verwendung von biogenen Baumaterialien nicht gegeben sind (siehe oben), soll biogenes CO ₂ von solchen Materialien als klimaneutral bilanziert werden | | Prio: Hoch |



| | Grundsatzfrage Methodik | Methodische Ansätze WLC (dieses Projekt) | Minergie-(P/A)-ECO | FprSIA 390/1 Klimapfad | Bemerkungen |
|--|---|---|--|-------------------------------|--|
| F0.3.C Darstellung NET-Beitrag | Verrechenbarkeit des Effekts neuer Technologien zur CO ₂ -Entnahme mit einem abgesicherten Potential einer langfristigen Speicherung | M1: NET-Beitrag separat erfassen und ausweisen. Kein Saldieren auf Ebene Baumaterial und Bauelement | Auf Ebene Baumaterial und Bauelement soll deren NE-Beitrag nicht saldiert, sondern separat ausgewiesen werden. Auf Ebene Gebäude ist jedoch nebst dem separaten Ausweisen de facto auch ein Saldieren erforderlich (äquivalent zu einer allfälligen anders formulierten Anforderung, dass NE betragsmässig mindestens so hoch sein müssen wie nicht-vermeidbare Emissionen | | Prio: Hoch |
| F0.3.D Anrechenbarkeit als NE | Unter welchen Voraussetzungen dürfen NE angerechnet werden? | <ul style="list-style-type: none"> • NE nur für den Ausgleich von Gebäude bezogenen Emissionen (nur Scopes 2 und 3) anrechnen. • NE von Baustoffen, deren Negativemissionswirkung mittels Zertifikate an Dritte abgegeben wird, dürfen nicht angerechnet werden. • Anrechenbarkeit von mineralisch-organische und von organischen Baustoffen, falls rechtsverbindliche Absicherung einer Nichtfreisetzung (bzw. dauerhaften Speicherung) des biogenen C. | Vorschläge gemäss (links) nebenstehender Spalte übernehmen. | | Prio: Hoch bis mittel |
| F0.4.A und B Re-Use und Recycling | Systemgrenzen Primär- und Sekundärmaterial | M1: Ansatz «Zusatz Aufwand», Cut-off für bereits erfolgte Emissionen | <p>Methodisch besteht weder bei Minergie-ECO noch beim SIA-Klimapfad (FprSIA 390/1) ein Anpassungsbedarf, da in beiden die KBOB Daten als Grundlage verwendet werden, bei denen das Cut-off Prinzip angewandt wird.</p> <p>Sowohl bei Minergie-ECO als auch beim SIA-Klimapfad bestehen zudem Anreize, wiederverwendete oder rezyklierte Baumaterialien und -elemente einzusetzen.</p> <p>Jedoch sollte zusätzlich ein Ansatz entwickelt werden, bei dem auch Anreize entstehen, Materialien und Bauelemente dem Re-Use und dem Recycling zuzuführen</p> | | Es besteht bereits ein (informativer) Anreiz, Re-Use und Recycling Materialien und Elemente zu verwenden, da diese i.d.R. deutlich tiefere Emissionen aufweisen als neue, aber es besteht wenig (informativer) Anreiz, Materialien und Elemente dem Re-Use und Recycling zuzuführen. |



| | Grundsatzfrage Methodik | Methodische Ansätze WLC (dieses Projekt) | Minergie-(P/A)-ECO | FprSIA 390/1 Klimapfad | Bemerkungen |
|---|--|---|--|------------------------|--|
| F0.4.C Bilanzieren von PV-Anlagen und Einspeisen PV Strom | Modellierung Einspeisen Überschussstrom | M2 «Investment aufteilen»: Eigenverbrauchsanteil bestimmen. <ul style="list-style-type: none"> • THGE Erstellung des PV Systems gemäss Eigenverbrauchsanteil bei der Errichtung verbuchen. • Ins Netz eingespeister Strom trägt Umweltkennwerte von PV Strom; kein Abzug in Phase Betrieb | Berechnungsmethodik: Minergie-(P/A)-ECO sollte die Berechnungsmethodik gemäss F0.4.C: M2 anpassen. Der SIA Klimapfad sollte zwischen Methodik und dem (legitimen) Setzen von Anreizen deutlich unterscheiden. Drei der vier methodischen Varianten im Bereich PV und Strom-einspeisung und -bezug sind nicht konform mit den WLC-Festlegungen dieses Projekts. | | Prio: Hoch bis mittel |
| F0.4.D Einspeisen PV Strom | Zeitliche Auflösung für Bestimmung des Eigenverbrauchsanteils | M1: Eigenverbrauchsanteil (EVA) mit stündlicher Auflösung bestimmen und auf Jahreswert aggregieren. | Gemäss «Emissionsrealität» sollte die Emissionsberechnung eigentlich mit stündlicher Auflösung erfolgen, d.h. Eigenverbrauch bzw. Netzbezug wird pro Stunde berechnet und mit dem zu dieser Stunde gültigen Emissionsfaktor multipliziert und die Werte jeder Stunde werden aufs Jahr summiert. Falls dies bzw. solange dies noch nicht praxistauglich umgesetzt werden kann, schlägt WLC eine stundenscharfe Berechnung des EVA, der auf eine Jahresbilanz aggregiert wird, vor (siehe M2 inkl. der dort festgelegten Beschränkungen) | | Das Setzen von Anreizen sollte bei der Definition von Berechnungsvorschriften erfolgen, sondern separat (siehe F0.4.E). Prio: Hoch bis mittel |
| | | M2: Eigenverbrauchsanteil mit normativ festgelegter Jahresbilanz bestimmen. | Falls keine stundenscharfe Berechnung erfolgt, kann der PV-Anteil mit einer normativ festgelegten Jahresbilanz berechnet werden, typischerweise differenziert nach Gebäudetyp (z.B. 20%, ähnlich wie bei Minergie) und Konstellation (bei höheren Verhältnissen PV-Produktion zu Verbrauch ist der Anteil höher) | | |
| F0.4.E Setzen von Anreizen für die Erstellung von (grösseren) PV Anlagen (neu) und Zulassen von Ökostromzertifikaten | Wie sollen Anreize gesetzt werden, so dass PV-Anlagen an Gebäuden erstellt werden und dass diese das | M1 Erhöhen des Richtwerts | Den Anforderungswert (je nach Fall Richtwert, Grenzwert, Zielwert etc.) bei der Verwendung von PV zu erhöhen, wie dies bei Minergie der Fall ist, ist ein empfehlenswerter Ansatz, da die Anreizsetzung über den Anforderungswert erfolgt und nicht über die Anpassung der Berechnungsmethodik. | | |



| | Grundsatzfrage Methodik | Methodische Ansätze WLC (dieses Projekt) | Minergie-(P/A)-ECO | FprSIA 390/1 Klimapfad | Bemerkungen |
|---|--|---|--|-------------------------------|---|
| | technische Potenzial möglichst ausnutzen | M2: Zulassen von Zertifikaten | Zulassen der Anrechenbarkeit von Zertifikaten, die durch Neuanlagen generiert werden, wie es der SIA-Klimapfad in der FprSIA 390/1 vorschlägt, ist ein empfehlenswerter Ansatz, erneuerbare Stromerzeugung zu fördern. Solche Zertifikate könnten auch durch eigene Anlagen erzeugt werden. Weil de facto auch nach wie vor Strom aus dem Netz zu beziehen ist, ist der Anteil der anrechenbaren Zertifikate zu beschränken (z.B. auf 50% des Jahres-Stromverbrauchs des Gebäudes). Die HKN des eigen erzeugten Stroms dürften nicht an Dritte abgegeben werden. | | Kompromiss zwischen Anreizsetzung und Emissionsrealität |
| F0.6.A Modellierung Strommix Schweiz, Ist-Zustand, Bilanzmodell | Modellierung des Schweizer Strommix (zeitliche Auflösung siehe F06.B) | BM3: Verbrauchermix=Inlandproduktion minus Export plus Import (Modell für Gebäudeökobilanzen gemäss KBOB-Empfehlung 2009/1) | Als Übergangslösung, bis ein ggf. realitätsnäheres BM identifiziert wird. Ein solches sollte unter Berücksichtigung der Zukunftsperspektive (F0.6.D) erarbeitet werden | | Prio: Mittel (mittel - gering, falls F0.6.D umgesetzt wird) |
| F0.6.B Modellierung Strommix Schweiz, Zeitliche Auflösung | Zeitliche Auflösung | M1: Stundenwerte zu Jahresbilanzen aggregieren | Ja mit folgender Ausnahme: Wenn bei der PV stundenscharf Nachweise geführt werden, sollten auch die Emissionen stundenscharf berechnet werden. | | Prio: Gering (bereits umgesetzt) |
| F0.6.D Modellierung Strommix Schweiz, Berücksichtigung Zukunftsentwicklung | Berücksichtigen möglicher zukünftiger Entwicklungen beim Strommix und bei Kraftwerkstechnologien | M1: Statische Betrachtung: Heutige Situation Strommix und Kraftwerke für die gesamte Betriebsphase, dito für alle anderen Energieträger | Als Übergangslösung, bis M2 von F0.6.D implementiert ist | | Das Stromsystem in der Schweiz und in Europa werden sich künftig verändern. Dies wird auf aggregierter Ebene vom Bund berücksichtigt (EP 2050+) und sollte aus Konsistenzgründen auch Labeln und Standards berücksichtigt werden. Hoch bis mittel |
| | | M2: Dynamische Betrachtung Umweltkennwerte Strom | Berechnungsansatz: gemittelt zwischen Situation heute und 2050 (evtl. darüber hinaus) basierend auf ein mit Netto-Null-THGE-Zielsetzung kompatiblen Szenario 2050. Anforderungswerte: sind gemäss einem Reduktionspfad, der vom KIG abgeleitet ist, zu verschärfen. | | |

Quelle: Eigene Darstellung TEP, Carbotech (dieses Projekt)



6 Fazit und Umsetzungshinweise

6.1 Umsetzungsspezifisches Fazit

Im Hinblick auf die Umsetzung des Ziels Netto-Null im Gebäudebereich lassen sich als hauptsächliches Fazit aus diesem Projekt die folgenden zwei zusätzlichen Erkenntnisse festhalten, eine auf der inhaltlichen und eine auf der methodischen Ebene:

- Die Arbeiten in den verschiedenen Teilprojekten sowie die konsultierte Literatur zeigen, dass Netto-Null_{WLC} zum derzeitigen Zeitpunkt eine sehr anspruchsvolle Anforderung darstellt und beim heutigen Stand der Technik bzw. der verfügbaren Baumaterialien und -elemente nur mit einer grossen Anzahl von weitreichenden Massnahmen zu erreichen ist (siehe Bericht des Teilprojekts F2, FprSIA 390/1, eigene Berechnungen). Erforderlich ist bei Neubauten
 - eine starke Verminderung der Emissionen aus Erstellung im Vergleich zur heute üblichen Neubauweise
 - eine weitgehende Vermeidung der Emissionen aus Betrieb
 - ein Ausgleich der verbleibenden Emissionen durch negative Emissionen
- In gewissen Bereichen muss die Anwendung einer wissenschaftlich korrekten Bilanzierungsmethodik möglichst nahe am Prinzip der Emissionsrealität nicht notwendigerweise dazu führen, dass maximale Anreize zur Emissionsreduktion oder zum Erreichen des Netto-Null-Ziels entstehen:
 - NN_{WLC} ist derzeit noch sehr schwer zu erreichen (siehe oben formulierte Erkenntnis). Dies kann dazu führen, dass Methodik und Zielsetzung in der real existierenden Umsetzung in der Praxis keine Relevanz erreichen oder dass die Akteure («der Markt») eigene Definitionen und Anforderungswerte entwickeln und anwenden.
 - Beispiele, bei denen die Anreize durch die vorgeschlagene WLC_{NN}-Methodik und/oder bestehende Labels und Standards weniger ausgeprägt sind als es aus übergeordneter Sicht wünschenswert wäre, sind folgende:
 - PV-Anlagengrösse dachausfüllend dimensionieren (statt auf Eigenverbrauch optimieren)
 - Nutzung von temporären Senken
 - Bauteile- und -elemente sowie Materialien der Wiederverwendung zuführen (es besteht v.a. ein Anreiz für die nutzenden Akteure; die zuführende Seite hat «nur» einen finanziellen Anreiz durch die Vermeidung von Entsorgungsgebühren, aber keinen «Informationsanreiz»)

Bezugnehmend auf diese umsetzungsbezogenen Fazits werden nachfolgend Hinweise und Empfehlungen für zwei Bereiche gegeben:

- Begrifflichkeit und Konzept zu Netto-Null Methodik und Anforderungswerte für die Anwendung zum heutigen Zeitpunkt und in der kurzen und mittelfristigen Perspektive
- Anreizsetzung



6.2 Netto-Null THGE: Methodik und Anforderungswerte zwischen heute, 2050 gemäss Whole Life Carbon

Im Hinblick auf die Umsetzung der Zielsetzung «Netto-Null THGE im Gebäudebereich» wird in diesem Kapitel eine Auslegeordnung gegeben, um verschiedene Ansätze, Konzepte und Begrifflichkeiten, die in der Praxis bereits verwendet oder ggf. zur Anwendung kommen könnten, zu erläutern, einzuführen und einzuordnen:

- Minimierte Bruttoemissionen_{WLC} (vorläufiger Arbeitsbegriff, wir empfehlen einen Begriff, der einen Bezug zu Netto-Null herstellt, z.B. auf dem Weg zu Netto-Null): Der Bund (BAFU, EP 2050+) definiert «schwer vermeidbare THG-Emissionen» für 2050 als solche, die sich mit herkömmlichen Massnahmen zur Emissionsreduktion (z.B. Wechsel auf nicht-fossile Energieträger) nicht vermindern lassen. Das sind (im Wesentlichen) Emissionen aus der Landwirtschaft, den Kehrlichtverbrennungsanlagen und den Zementwerken. Mit Verweis auf den aktuellen Stand der Technik sind aus der Planungs- und Baupraxis zum heutigen Zeitpunkt¹⁹ und kurz- bis mittelfristig weitere Emissionen als schwierig zu vermeiden (z.B. Emissionen Erstellung von Metallen). Um eine Verwechslung mit dem vom BAFU definierten Begriff «schwer vermeidbar» zu vermeiden, schlagen wir einen alternativen Begriff vor: «minimierte Bruttoemissionen».
- Minimierte Bruttoemissionen_{WLC,2025} soll so definiert werden, dass die Anforderungen durch Massnahmen zu erreichen sind, die heute umgesetzt werden können, jedoch besonderer Anstrengung bedürfen (Best available technology bzw. best practice). Voraussetzung ist die Umsetzung von weitgehenden Massnahmen bei Konzeption, Planung, Konstruktion und Materialisierung und auch die betrieblichen Emissionen sind stark zu begrenzen. Damit lassen sich die THGE über den Lebensweg gegenüber der heutigen Bauweise in substanziellem Ausmass vermeiden (siehe u.a. Teilprojekt F2 Priore et al. 2024). Als Anhaltspunkt für die inhaltliche Definition «Minimierte Bruttoemissionen» dienen die Zusatzanforderung A des SIA-Klimapfads und Minergie-ECO (Grenzwert 1).
- Minimierte Bruttoemissionen (MinBE_{WLC, Zeitindex}): Wieviel Emissionen schwierig zu vermeiden sind, ist abhängig vom jeweils aktuellen Stand der Technik und der Angebote der Baumaterialien und -elemente sowie der «zumutbaren» bzw. akzeptierten Vermeidungsmassnahmen. Deshalb wird der Begriff «minimierte Bruttoemissionen» mit einer Zeitangabe versehen, z.B. als Index: «minimierte Bruttoemissionen₂₀₂₅» oder mit einem Zusatz: «minimierte Bruttoemissionen heute bzw. 2025, 2035, 2050 etc.», dies im Sinne eines Absenkpfad. Die Werte sind mit Verweis auf den Stand der Technik und die Planungs- und Baupraxis festzulegen (für den heutigen Zeitpunkt und kurz- bis mittelfristig). Die Werte sollen jeweils für den angegebenen Zeitpunkt gelten.
- Netto-Null-ready (NN_{WLC}-ready): Gebäude, bei denen temporäre Senken (TS) zur Anwendung kommen, welche zu einem späteren Zeitpunkt als Negativ-Emissionen (NE) umgewandelt werden, wenn sie tatsächlich nicht re-emittiert werden. Die temporären Senken, die als NE umgewandelt werden sollen, sollen an konkret zu benennende Massnahmen geknüpft werden. Beispiele sind namentlich der Einsatz von biogenen Baustoffen und Materialien, dies aufgrund der Langlebigkeit im Bereich der Konstruktion. Dadurch werden temporäre Senken geschaffen, die in Negativ-Emissionen umgewandelt werden können, um die Emissionen aus Erstellung und Betrieb auszugleichen. Voraussetzung für NN_{WLC}-ready ist eine weitergehende Reduktion der Bruttoemissionen (siehe oben).
Im Gegensatz zum NN_{WLC} Gebäude ist für NN_{WLC}-ready eine rechtlich verbindliche Absiche-

¹⁹ Zur Einordnung: Derzeit sind die schwer vermeidbaren Emissionen deutlich höher als im Jahr 2050. Die FprSIA 390/1 geht derzeit von -20% bzw. 9 kg/m² für Neubauten aus, Minergie-ECO mit GW1 von rund 8 kg/m² und der Teilbericht F2 je nach Strategie von rund -25% bis -50% bzw. -72% bei der Kombination der Strategien (ausgehend von 20 kg/m²), d.h. je nach Strategie von 10 bis 15 kg bzw. von 6 kg/m² bei der Strategiekombination



zung nicht zwingend erforderlich. Bei der Bemessung der angestrebten Überführung der TS in NE ist zu berücksichtigen, dass aus praktischen Gründen nicht die gesamten TS anzurechnen sind, da unvermeidbare Effizienzverluste, z.B. bei CCS zu berücksichtigen sind.

- Netto-Null (NN_{WLC}): Ein Gebäude mit netto null THGE (kurz „Netto-Null Gebäude“) weist ein Minimum an Treibhausgasemissionen für die Erstellung und im Betrieb über den gesamten Lebenszyklus auf (minimierte Bruttoemissionen $_{WLC}$) und vermindert die verbleibenden schwer vermeidbaren Treibhausgasemissionen aus Erstellung und Betrieb durch anrechenbare Negativemissionen auf netto null. Die Berechnung der THGE erfolgt nach den in diesem Projekt definierten methodischen Grundsätzen WLC. Anrechenbar sind Negativemissionen, wenn die dauerhafte Fernhaltung des biogenen CO₂ technisch und gesetzlich abgesichert ist.
- Absenkpfad: die obenstehenden Konzepte können sowohl für den aktuellen Zeitpunkt (heutiger Neubau, heutige «Sanierung») oder für künftige Zeitpunkte angewandt werden. Weil sich die Sektoren Industrie (Produktion von Baumaterial und Gebäudeelementen) und Energie (Lieferung von Endenergie) in den kommenden Jahren verändern und die WLC Treibhausgasemissionen von Gebäuden weiter sinken werden und müssen, ist insbesondere bei den Anforderungswerten jeweils eine Zeitlichkeit anzugeben.

Die oben aufgeführten Ansätze werden in den nachfolgenden Unterkapiteln näher beschrieben, argumentiert und illustriert.

6.2.1 Minimierte Bruttoemissionen $_{WLC}$: Gebäude mit geringen WLC-THG Emissionen

Wie im vorstehenden Kap. 6.1 erwähnt, kann Netto-Null $_{WLC}$ zum derzeitigen Zeitpunkt beim heutigen Stand der Technik bzw. der verfügbaren Baumaterialien und -elemente selbst dann nicht erreicht werden, wenn grosse Anstrengungen unternommen werden, die THGE der Erstellung (Errichtung, Phase A1-A5 und Betrieb, Phasen B1-B5) gegenüber der heutigen Bauweise stark vermindert werden und wenn die Emissionen Betrieb (Phasen B6-B7) durch den Einsatz von erneuerbaren Energien mit tiefen Scope 3 Emissionen stark beschränkt werden. Dies gilt selbst dann, wenn antizipiert wird, dass die künftigen Emissionen der Phase Betrieb sukzessive reduziert werden, wie dies in schematischen Abbildung 14 (obere Darstellung) unterstellt ist. Solche Gebäude weisen im Vergleich zur heutigen Bau- und Betriebsweise tiefere Emissionen, typischerweise wie die Basis-Anforderungen des SIA-Klimapfads (Zusatzanforderung B) oder wie Minergie-ECO (Grenzwert 2). Weil dafür bereits Bezeichnungen bestehen, kann hierzu auf die Einführung einer weiteren Begrifflichkeit verzichtet werden.

Derzeit sind die Emissionen, die schwierig oder kaum vermeidbar sind, deutlich höher als die sog. schwer vermeidbaren Emissionen im Jahr 2050. Wieviel Emissionen als schwierig oder kaum vermeidbar anzusehen sind, ist abhängig vom jeweils aktuellen Stand der Technik und der Angebote der Baumaterialien und -elemente sowie der «zumutbaren» bzw. akzeptierten Vermeidungsmassnahmen. Durch weitergehende Massnahmen bei Konzeption, Planung, Konstruktion und Materialisierung können insbesondere die THG Emissionen Errichtung deutlich und die betrieblichen Emissionen weiter gesenkt werden. Damit lassen sich die THGE über den Lebensweg gegenüber der heutigen Bauweise um 30% bis 50% vermeiden (siehe z.B. Figure 33 und Figure 34 in Priore et al. 2024), ausgehend von 20 kg/m²a, d.h. je nach Strategie von 10 bis 15 kg/m²a bzw. von 6 kg/m²a bei der Strategiekombination. Die FprSIA 390/1 geht derzeit von -20% bzw. 9 kg/m²a für Neubauten aus, Minergie-ECO mit GW1 von rund 8 kg/m²a. Solche Gebäude, welche ambitionierte Anforderungen im Sinne von «Treibhausgasemissionen so weit wie möglich vermeiden», können als «Minimierte Bruttoemissionen $_{WLC}$ » bzw. «MinBE $_{WLC}$ » bezeichnet werden. Hierbei bezieht sich der Begriff auf die Gebäudeperspektive und auf heutige Neubauten und Sanierungen und nicht auf den Zeitpunkt 2050 und auch nicht auf die sektorale Perspektive und damit auf die Definition des BAFU zu «schwer vermeidbaren Emissionen»²⁰

²⁰ Gemäss BAFU sind «schwer vermeidbare» Emissionen (im Wesentlichen) Emissionen der Landwirtschaft, der KVA und der Zementwerke.



In Abbildung 14 unten sind minimierte Bruttoemissionen_{WLC} qualitativ-massstabsgetreu im Vergleich dargestellt. Minimierte Bruttoemissionen_{WLC,2025} sind so definiert, dass die Anforderungen durch Massnahmen zu erreichen sind, die weitgehend heute umgesetzt werden können. Dies ist der Fall für Gebäude gemäss den Zusatzanforderungen A des SIA-Klimapfads und gemäss Minergie-(P/A)-ECO (Grenzwert 1). Anzumerken ist hierzu, dass das Erreichen solcher Vermeidungen auf verschiedenen Ebenen als anspruchsvoll zu bezeichnen ist und dass zahlreiche Hemmnisse zu überwinden und Treiber zu aktivieren sind, teilweise auch auf der übergeordneten Ebene (siehe entsprechende Bewertungen und Hinweise in Priore et al. 2024).

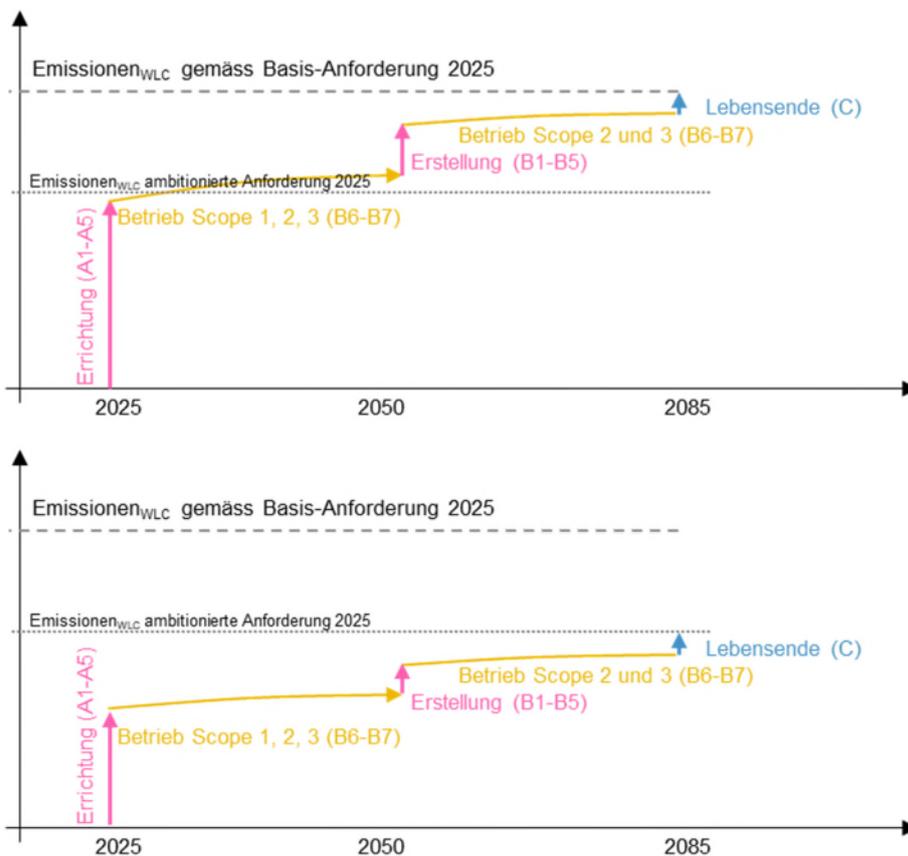


Abbildung 14 Zeitlicher Verlauf der Emissionen der verschiedenen Phasen und Scopes eines Neubaus gemäss WLC_{NN}-Methodik. In der oberen Abbildung werden die Basisanforderungen erfüllt, in der unteren ambitionierte Anforderungen im Sinn von «minimierte Bruttoemissionen» (schematische, aber skalenproportionale Darstellung). Quelle: TEP Energy

Hierbei ist anzufügen, dass diese ambitionierten Anforderungen im Zeitablauf bis 2050 und ggf. darüber hinaus zu verschärfen sind, um die umzusetzende Dekarbonisierung der Sektoren Industrie und Energie zu unterstützen bzw. entsprechende Entwicklungen nachzuvollziehen.

6.2.2 Netto-Null_{WLC}-ready (NN_{WLC}-ready)

Werden in Gebäuden die Voraussetzungen geschaffen, die verbleibenden Emissionen innerhalb ihres Lebenswegs durch konkret zu benennende künftige Massnahmen auszugleichen, können sie «NN_{WLC}-ready» genannt werden. Solche Voraussetzungen stellen insbesondere der Einsatz von biogenen Baustoffen und Materialien dar. Die Langlebigkeit der Gebäude und der meisten biogenen basierten Gebäudeelemente und Materialien erlaubt es, die notwendigen Technologien zu entwickeln. Dazu gehören BECCS, welche die temporären Senken im Gebäude beim Entsorgen der biogenen Bau-



stoffe und Materialien in permanente Senken überführen und DACS, welche CO₂ aus der Luft entnehmen und speichern. Im Gegensatz zum NN-WLC Gebäude ist deshalb hierfür eine rechtlich verbindliche Absicherung nicht erforderlich.

Wenn die temporären Senken genügend umfangreich sind, um die zu erwartenden brutto Emissionen über den Lebensweg auszugleichen, sind solche Gebäude bereit (ready), um über den Whole Life Carbon (WLC) netto null Emissionen zu emittieren. Bei der Bemessung der NE ist zu berücksichtigen, dass aus praktischen Gründen u.U. nicht die gesamten temporären Senken in NE umgewandelt werden können und dass unvermeidbare Effizienzverluste, z.B. bei CCS, einzurechnen sind. Wenn bei den brutto Emissionen vom ambitionierteren, d.h. tieferen, Level ausgegangen wird, ist der Anteil der temporären Senken, der zwingend in NE umzuwandeln ist, geringer (siehe Abbildung 15).

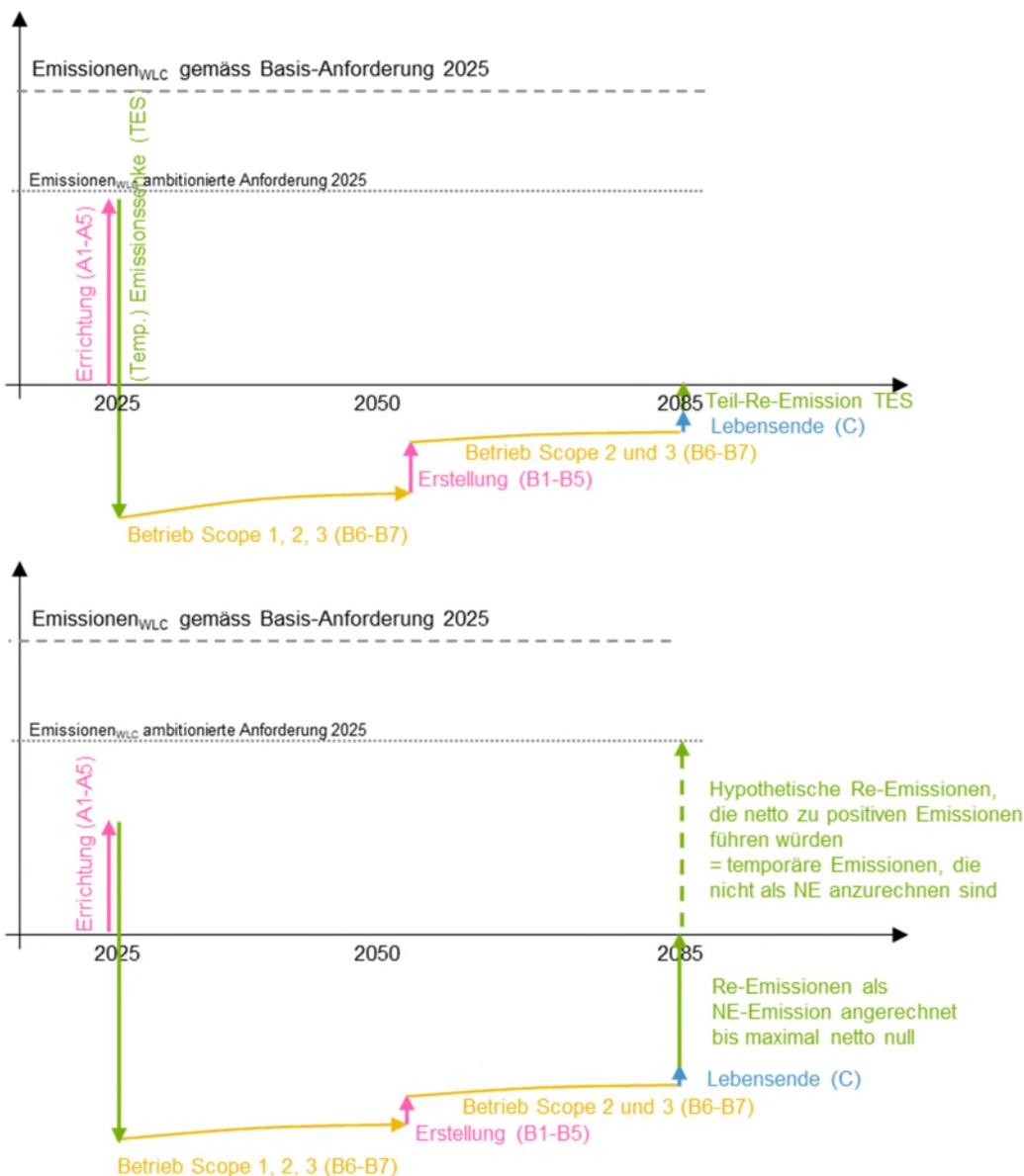


Abbildung 15 Zeitlicher Verlauf der brutto Emissionen der verschiedenen Phasen und Scopes sowie der temporären Emissionssenke bzw. der NE eines Neubaus gemäss WLC_{NN}-Methodik, ausgehend von brutto Emissionen gemäss Basisanforderungen (oben) bzw. gemäss ambitionierten Anforderungen (unten) (schematische, aber skalenproportionale Darstellung). Quelle: TEP Energy.



6.2.3 Absenkpfad

Die brutto Emissionen der verschiedenen Phasen der drei Scopes 1 bis 3 können bei Gebäuden, die in der Zukunft erstellt und betrieben werden, sukzessive tiefer sein im Vergleich zur heutigen Neubauweise. Die Anforderungen, die an Gebäude mit minimierten Bruttoemissionen gestellt werden, können entsprechend gemäss einem Absenkpfad verschärft werden. Parallel dazu verringert sich der Bedarf an NE oder temporäre Senken, die zu einem späteren Zeitpunkt in NE umzuwandeln sind, siehe Abbildung 16 für eine schematische Darstellung.

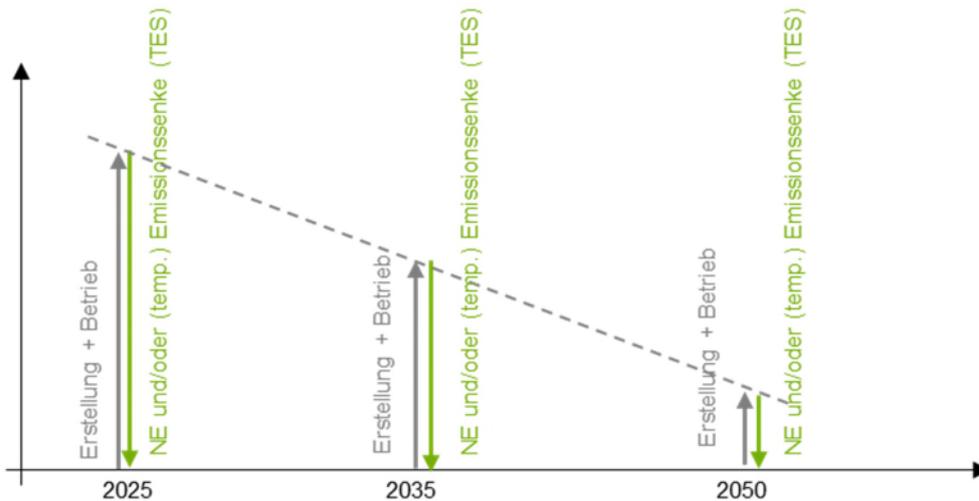


Abbildung 16 Anforderungen an die brutto Emissionen (Summe der verschiedenen Phasen und Scopes) sowie Bedarf an NE bzw. temporären Emissionssenken gemäss WLC_{NN}-Methodik für Neubauten, die 2025, 2035 respektive 2050 erstellt werden (schematische, aber skalenproportionale Darstellung). Quelle: TEP Energy

Als Anhaltspunkt für die Eckpunkte eines solchen Absenkpfades können die Werte gemäss Tabelle 18 dienen. Eine methodische Festlegung gemäss WLC vorausgesetzt und basierend auf den bisher vorliegenden Erkenntnissen aus der Fragestellung F2, den analysierten Grundlagen von Minergie, Eco-bau und FprSIA 390/1 schlagen wir inhaltlich die Richtwerte für ein Gebäude gemäss Netto-Null_{WLC} gemäss Tabelle 18 vor. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Emissionen Erstellung von Baumaterialien und -elementen bis 2050 sukzessive zurückgehen, in der Schweiz gemäss KIG (Sektor Industrie) und in Europa gemäss ähnlichen Szenarien der EU; zudem wird (implizit) davon ausgegangen, dass die von ausserhalb Europa importierten Materialien und Bauelemente einem ähnlichen Absenkpfad folgen (umgesetzt z.B. durch den Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) der EU, zu Deutsch Grenzausgleichsmechanismus; auch der Bund macht sich entsprechende Überlegungen²¹).

²¹ https://www.seco.admin.ch/seco/de/home/wirtschaftslage---wirtschaftspolitik/wirtschaftspolitik/Wachstumspolitik/cbam_co2_grenzausgleichsmechanismus.html



Tabelle 18 Vorgeschlagene Richtwerte, teilweise qualitativ, für die Definition des Absenkpfeils: minimierte Brutto-Emissionen (minBE) und Negativ-Emissionen (NE) für den heutigen und für den künftigen Zeitpunkt (2050)

| Gebäudephasen und Bereiche (Scopes GHG Protocol kg/m ²) | | Heutige Gebäude: So tiefe Emissionen wie möglich: MinBE _{WLC} | Zukünftige Gebäude (2050): NN _{WLC} |
|---|--|--|---|
| Betrieb | Direkte Emissionen fossile Energieträger (Scope 1) | 0 | 0 |
| | Indirekte Emissionen Sekundärenergieträger (Scope 2) | 1-2 | Sehr gering |
| | Graue Emissionen Energiebereitstellung (Scope 3) | 1-2 | Sehr gering |
| Erstellung | | 6-8 | Gering |
| Betrieb + Erstellung Scope 1 bis 3 (MinBE, typischerweise für die meisten Gebäudekategorien erreichbar) | | 9-11 | 3-5 |
| Negativ-Emissionen, TS (machbar heute bzw. erforderlich 2050) | | 2-6 | 3-5 |

Quelle: Eigene Darstellung TEP, Carbotech (dieses Projekt)

6.2.4 Beitrag 2050

Das Jahr 2050 ist ein wichtiger Meilenstein, bis zu welchem übergeordnete klimapolitische Zielsetzungen zu erreichen sind, dies gestützt auf das Übereinkommen von Paris im Jahr 2015, in der Schweiz umgesetzt durch die im KIG formulierten Ziele. Bis 2050 soll das Ziel Netto-Null erreicht werden, d.h. es sollen dann nur noch «schwer vermeidbare» Emissionen gemäss Definition des BAFU²⁰ ausgestossen werden und die verbleibenden Emissionen sollen durch NE ausgeglichen werden. Nach 2050 muss der Anteil an Negativemissionen weiter gesteigert werden, um die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zu senken. Das KIG sieht darum auch vor, dass die Emissionsbilanz der Schweiz nach 2050 netto-negativ sein muss.

Es stellt sich also die Frage, welche Gebäude das Ziel bis zum Stichjahr 2050 erreichen und welche Gebäude die Anforderungen auch danach einhalten. Es ist wichtig zu betonen, dass dies nicht gezwungenermassen deckungsgleich sein muss.

Betrachtet man den Emissionsverlauf von Netto-Null-ready Gebäuden (Abbildung 15) wird ersichtlich, dass die Emissionen im Jahr 2050 netto 0 oder gar tiefer sind. Die erste Bedingung, netto null im Jahr 2050, wäre also erfüllt. Da im weiteren Zeitverlauf nicht garantiert ist, dass die temporären Emissionen tatsächlich in NE umgewandelt werden, sondern u.U. re-emittiert werden, könnten die Emissionen über den Lebensweg betrachtet positiv sein. Aufgrund dieser Unsicherheit wird darauf verzichtet, eine Begrifflichkeit oder ein Konzept für eine Zwischenbilanz vorzuschlagen. Das Bedürfnis, eine Aussage für das Jahr 2050 machen zu können, wird in der Tat mit dem Konzept Netto-Null_{WLC}-ready bereits abgedeckt.

Nota bene: Netto-Null_{WLC}-ready und Netto-Null_{WLC}-Gebäude müssen brutto auch die Anforderung «Minimierte Bruttoemissionen_{WLC}» erfüllen, d.h. diese Gebäude emittieren nur noch aus heutiger Sicht schwer vermeidbare Emissionen (aus der Gebäudeperspektive). Grund für diese Anforderung: bei Gebäuden, die bzgl. brutto Emissionen ambitionierte Werte erreichen, ist der Bedarf an NE und/oder temporären Emissionen, die zu einem späteren Zeitpunkt zu NE umgewandelt werden, geringer und damit auch das Risiko, dass im Fall einer Re-Emission der temporären Emissionen netto hohe Emissionen resultieren, geringer (Abbildung 15 unten).



6.2.5 Synoptische Rekapitulation

In der nachfolgenden Tabelle 19 sind die eingeführten Konzepte und Begrifflichkeiten zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 19 Synopsis vorgeschlagene Begrifflichkeit

| | |
|---|---|
| Brutto-Emissionen über den ganzen Lebensweg minimiert (ohne Negativ-Emissionen und ohne temporäre Emissionssenken zu berücksichtigen) | Minimierte Bruttoemissionen: $MinBE_{WLC}$ |
| Brutto-Emissionen, ganzer Lebensweg, inkl. Negativ-Emissionen und/oder temporäre Emissionssenken | Netto-Null-ready: NN_{WLC} -ready |
| Brutto-Emissionen ganzer Lebensweg minimiert ($MinBE_{WLC}$) + Negativ-Emissionen ≤ 0 | Netto-Null: NN_{WLC} |
| Absenkpfad bis 2050 | Anforderungen an Brutto-Emissionen werden ab 2025 zunehmend abgesenkt |

6.3 Ergänzende Hinweise zur Anreizsetzung

Aus der übergeordneten Perspektive entspricht es der Zielsetzung des Bundes, nebst der Vermeidung der Treibhausgasemissionen bis 2050 auch die Stromerzeugung auf erneuerbare Energiequellen umzustellen. Dabei soll gemäss EP 2050+ die Photovoltaik nebst der Wasserkraft eine zentrale Rolle spielen. Zu diesem Ziel kann der Gebäudesektor entscheidend beitragen. Entsprechend ist es wichtig, dass die geeigneten Flächen der Gebäude so vollständig wie möglich genutzt werden. Sowohl auf der wirtschaftlichen Ebene (Stichwort Bemessung des ans Netz gelieferten Stroms) als auch auf der Ebene der Normen, Standards und Labels sind die Anreize derzeit bzw. mit den in diesem Bericht vorgeschlagenen Bilanzierungsmethoden (stundenscharfe Berechnung des Eigenverbrauchs- und damit auch des Rücklieferanteils) im Hinblick auf das PV-Ziel nicht im Sinn dieser Zielsetzung ausgestaltet. Dies haben auch der SIA, Minergie und Ecobau erkannt, wobei sie unterschiedliche Ansätze verfolgen, um die Installation von PV zu beanreizen:

- Minergie-(P/A)-ECO stellt Zusatzanforderungen: PV-Anlage soll eine gewisse Mindestgrösse aufweisen, wobei gleichzeitig die Anforderungswerte für die Emissionen Erstellung erhöht werden, damit die Anforderung nicht indirekt für die übrigen Bereiche verschärft werden
- Der SIA-Klimapfad schlägt die Anpassung der Berechnungsweise vor: Jahresbilanz stundenscharfe Bilanzierung (falls HKN nicht veräussert werden)

Grundsätzlich sind beide Ansätze als zielführend zu bezeichnen, wobei dem ersteren der Vorzug zu geben ist: Anpassung der Anforderungswerte statt Anpassung der Berechnungsweise. Nachteile der letzteren, d.h. der Anpassung der Berechnungsweise sind insbesondere,

- dass das Ergebnis der Emissionsberechnung von der in diesem Bericht verfolgten Zielsetzung der «Emissionsrealität» abweicht.
- dass der Anreiz von der konkreten Gebäudekonstellation abhängt (Flächenverhältnisse, spezifischer Strombedarf des Gebäudes, zeitliches Lastprofil etc.).

Anzumerken ist, dass beide Nachteile materiell nicht eine grosse Auswirkung haben, denn die Gröszenordnung der Emissionen aus PV und die Emissionen des Netzbezugs, der durch PV beeinflusst wird, ist eher gering. Empfohlen wird auf jeden Fall, die Emissionen auch nach der in diesem Bericht vorgeschlagenen WLC_{NN} -Methodik auszuweisen.

Im Fall der Beanreizung durch Zusatzanforderungen und der Anpassung von Anforderungen stellt sich die Frage, wie diese auszugestalten sind. Hierbei ist die Vermeidungswirkung von PV zu berücksichti-

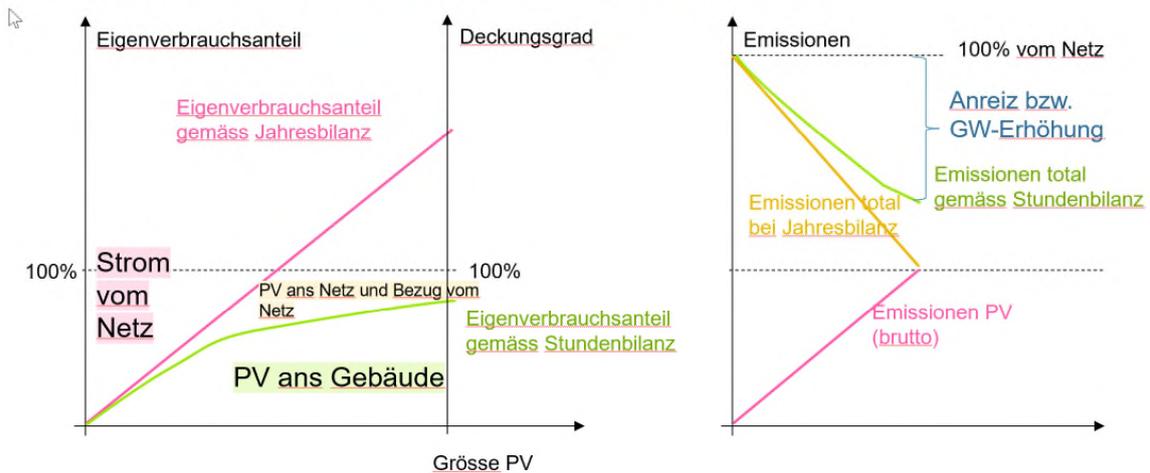


gen. Dies ist zwar mit gewissen methodischen Unsicherheiten verbunden (z.B. Durchschnittsbetrachtung vs. Grenzbetrachtung), dennoch soll folgendes beachtet werden:

- Der Emissionsunterschied zwischen PV und dem Strommix des vermiedenen Bezugs vom Netz soll als Grundlage verwendet werden. Das Ausmass der Anreizwirkung hängt von der Gebäudekonstellation ab (siehe nachfolgende Abbildungen)
- Der Strommix, den PV derzeit ersetzt, unterscheidet sich vom Strom, den PV in den kommenden Jahren bis 2050 (und darüber hinaus) ersetzen wird. Die Beanreizung soll dies berücksichtigen, indem die künftige Entwicklung des Strommixes berücksichtigt wird. Dieser wird künftig einen hohen Anteil PV und Wasserkraft aufweisen, so dass sich der Emissionsfaktor demjenigen von PV annähern wird.

Dies bedeutet, dass die Anreizwirkung, die durch eine Anpassung der Anforderungswerte erzielt wird, von der Konstellation abhängig zunehmend geringer wird. Dies spricht eher dafür, nebst der Erhöhung der Anforderungswerte auch Zusatzanforderungen der Mindestgrösse von PV-Anlagen zu definieren (wie dies bei Minergie der Fall ist). Die Bemessung der GW-Erhözung kann konzeptionell anhand der Darstellungen in Abbildung 17 erfolgen.

Vorschlag für Anreizsetzung bei PV-Anlagen, Bsp. EFH



Vorschlag für Anreizsetzung bei PV-Anlagen, Bsp. Büro

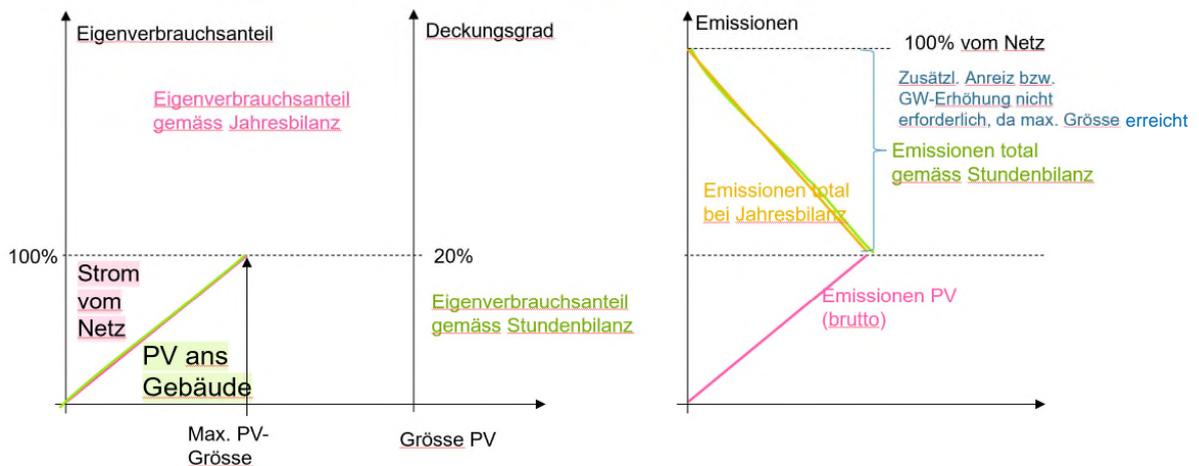


Abbildung 17 Vorschlag für die Anreizsetzung für grössere PV-Anlagen für EFH (oben) und Bürogebäude (unten) (schematische, aber skalenproportionale Darstellung). Quelle: TEP Energy



6.4 Weitere Fazits und Hinweise

Aus den Analysen und den dabei gewonnenen Erkenntnissen ergeben sich folgende weiteren Fazits und Hinweise:

- Wir erachten es als wichtig, die verschiedenen Instrumente in Richtung Treibhausgasemissionsreduktion weiterzuentwickeln und konsequent die THGE der Erstellungsphase und die Betriebsphase (also alle drei Scopes) mit einzubeziehen, zumindest auf der informativen Ebene. Daraus soll nicht gefolgert werden, dass wir die Betriebsphase und damit die Energieeffizienz als nicht wichtig erachten, im Gegenteil. Die Energieeffizienz ist zudem mit Energieträger spezifischen Ansätzen, auch aus einer Top-down Perspektive, zu adressieren (z.B. Stromeffizienz, Winterstromanteil, Steuerbarkeit von Stromproduktion-, -nutzung und -speicherung) oder durch übergreifende Strategien zu begründen (z.B. bei der Biomasse).
- Einer der wichtigsten Hebel der THG-Reduktion der Erstellung sind die Massnahmen in der Industrie bei der Produktion der Baustoffe. Um die erzielte Reduktion der Anbieter im Bereich der Baustoffe zu erfassen sind herstellereinspezifische Ökobilanzdaten und mit den umgesetzten Massnahmen eine regelmässige Aktualisierung der Grundlagen notwendig. Eine einheitliche Systematik, wie sie die KBOB mit ihren Ökobilanzregeln bietet, ist für die Vergleichbarkeit Angaben unterschiedlicher Hersteller wesentlich.
- Neue Technologien wie BECCS, CCS und NET im Bereich der produzierten Baustoffe sind notwendig für die Zielsetzung Netto-Null. Der Einsatz CCS und NET führt mit dem bereits angelaufenen Verkauf von NE-Zertifikaten zu neuen Fragen von potenziellen Doppelzählungen. Die Bedingungen für eine Anrechnung von BECCS, CCS und NET im Gebäude sind festzulegen mit dem Handel von Zertifikaten. Diese Themen sind im Nachgang an dieses Projekt vertieft zu adressieren.
- Bei der Bemessung der NE ist zu berücksichtigen, dass aus praktischen Gründen u.U. nicht die gesamten temporären Senken in NE umgewandelt werden können und dass unvermeidbare Effizienzverluste, z.B. bei CCS, einzurechnen sind.



7 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.
- Frischknecht R. und K. Pfäffli (2023). 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 (2023). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.00
- Jakob, Bagemihl et al. (2023). Vom Zertifikat zur Physik. Bedeutung der zeitlichen Auflösung bei kosten- und emissionsbezogenen Entscheiden zur Wärmeversorgung von Gebäuden. Schlussbericht Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik, Amt für Hochbauten, Stadt Zürich.
- Jakob et al. (2024). Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich Top-down Betrachtungen Teilprojekt F1. Laufendes Projekt Bundesamt für Energie BFE.
- Minergie (2023a). Produktreglement Gebäudestandards MINERGIE Anhang G Version 2023.1
- Minergie (2023b). Berechnungsmethodik THGE in Erstellung Version 1 Dezember 2023
- Näf P., Sacher P., Dinkel F., Stettler C. (2021): Klimapositives Bauen. Ein Beitrag zum Pariser Ab-senckpfad. 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.
- Pfäffli et al. (2024). Rechnerischer Vergleich THGE-Bilanz Betrieb und Erstellung nach SIA 390/1 und Minergie. Arbeitspapier Version 1.5 vom 21.6.2024.
- Priore et al. (2024). Net-zero GHG emissions in the building area, Bottom-up approach (research question F2) Teilprojekt F2. ETH Zürich, HEFR, PSI i.A. Bundesamt für Energie BFE.
- Rehfeldt et al (2024). Modelling circular economy action impacts in the building sector on the EU cement industry ECEEE INDUSTRIAL SUMMER STUDY PROCEEDINGS https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2020/2-137-20_Rehfeldt.pdf
- 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>
- SN EN 15804:2013+A2:2019, Module A-C
- Thalmann R., Lengacher J., Gressler P. (2023). Erläuterungsbericht zum Minergie Nachweis «Bereich Erstellung». ZPF Ingenieure i.A. Minergie Geschäftsstelle, Basel, September.
- WBCSD (2020). The Building System Carbon Framework. <https://www.wbcd.org/resources/the-building-system-carbon-framework/>



8 Anhang

8.1 Details zu Annahmen und Berechnungen in Kap 3.4 und Kap 3.5

Für die Modernisierung/Sanierung sind bei Minergie-ECO für die Haustechnik folgende Basisgrenzwerte anzusetzen.

Tabelle 20 Basisgrenzwerte Modernisierung Haustechnik gemäss Minergie-ECO [kgCO_{2eq}/m²*a]

| | EFH | MFH | Büro/Verwaltung |
|-----------------------------|-------|-------|-----------------|
| Lüftung | 0,41 | 0,41 | 0,90 |
| Sanitäranlage | 0,38 | 0,38 | 0,17 |
| Elektroanlage | 0,42 | 0,42 | 0,86 |
| Wärmeerzeugung Minergie | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Wärmeerzeugung Minergie P/A | 0,024 | 0,024 | 0,024 |
| Wärmeverteilung | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Wärmeabgabe | 0,18 | 0,18 | 0,18 |

Quelle: Berechnung der Grauen Energie und der Treibhausgasemissionen bei Minergie-ECO, Minergie-P-ECO und Minergie-A-ECO-Bauten 31.1.2021 Kap. 4.1

Tabelle 21 Gewichtungsfaktor zur Bestimmung der gewichteten Endenergie

| Energieträger / Energiequelle | Gewichtungsfaktor g |
|---|---------------------|
| Elektrizität | 2.0 |
| Fossile Energieträger (Öl, Gas) | 1.0 |
| Biomasse (Holz, Biogas, Klärgas) | 0.5 |
| Fernwärme (inkl. Abwärme aus KVA, ARA, Industrie), daraus fossiler Anteil | |
| < 25% | 0.4 |
| < 50% | 0.6 |
| < 75% | 0.8 |
| > 75% | 1.0 |
| Sonne, Umweltwärme, Geothermie | 0 |

Quelle: Minergie



Tabelle 22 Gebäudeflächen Beispielgebäude EFH/MFH/Büro

| Gebäudetyp | EFH und ZFH | MFH | Büro |
|-------------------------------------|-------------|------|------|
| Grundfläche m ² | 144 | 432 | 900 |
| Nutzbare Dachfläche m ² | 187 | 497 | 900 |
| EBF beheizt m ² | 288 | 1296 | 3600 |
| Fläche unbeheizt m ² | 72 | 324 | 900 |
| Dachflächenanteil mit PV | 60% | 60% | 60% |
| PV-Fläche m ² | 112 | 298 | 540 |
| Anzahl Stockwerke | 2 | 3 | 4 |
| Anzahl Wohnungen | 1 bis 2 | 12 | - |
| Grösse Wohnung (EBF) m ² | 144 bis 288 | 108 | - |

Quelle: Annahmen TEP Energy

Tabelle 23 Emissionsfaktor PV Anlage und zugrunde liegende Annahmen Minergie und SIA 2032. Alle Werte beziehen sich auf die Bauteilfläche

| | PV | Flächenbedarf | Jahresertrag | Leistung | Flächenertrag | Emissionsfaktor |
|----------|--------------------------------------|---------------------|--------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| | kg CO ₂ eq/m ² | m ² /kWp | kWh/kWp | kWp/m ² | kWh/m ² | gCO ₂ eq/kWh |
| Minergie | 7,1 | 5 | 800 | 0,2 | 160 | 44 |
| SIA 2032 | 10,83 | 7 | 800 | 0,14 | 114 | 95 |

Quelle Minergie: «Berechnungsmethodik Grenzwerte THGE in Erstellung». Minergie Sept 2023 Tabelle 1, Berechnung Grenzwert-Zuschlag TEP Energy.

Quelle SIA: «SIA 2032 Graue Energie- Ökobilanzierung von Gebäuden» Anhang D Tabelle 6

8.2 Vorgehen Ermittlung Emissionen Erstellung und Betrieb von Gebäuden (Neubau/Sanierung) mit Minergie-M/A/P sowie Minergie-ECO-M/A/P Konformität

Es werden die Randbedingungen Minergie angewendet, d.h. 60% (bzw. bei Sanierung 30%) der nutzbaren Dachfläche sind mit PV belegt. Diese führen gemäss Minergie Reglement zu folgenden PV-Anlagenwerten für die jeweiligen Gebäudekategorien:

Tabelle 24 Dimensionierung und Produktion PV Anlagen gemäss Minergie Reglement

| | | EFH | | MFH | | Büro/Verwaltung | |
|---------------------|-------------------|--------|-----------|--------|-----------|-----------------|-----------|
| | | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| Nutzbare Dachfläche | m ² | 94 | 94 | 248 | 248 | 450 | 450 |
| PV-Belegungsanteil | % | 60% | 30% | 60% | 30% | 60% | 30% |
| PV-Fläche | m ² | 56 | 28 | 149 | 75 | 270 | 135 |
| Flächenbedarf | kW/m ² | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Leistung | kWp | 11,2 | 5,6 | 29,8 | 14,9 | 54,0 | 27,0 |
| Volllaststunden | h | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| PV-Produktion | kWh | 9'000 | 4'500 | 23'900 | 11'900 | 43'200 | 21'600 |

Quelle: Annahmen und Berechnungen TEP Energy



Da nun die Gesamt-PV Produktion der Gebäude bekannt ist, kann durch Anwendung des Default EVA von 20% die Stromeigenverbrauchsmenge ermittelt werden. Diese wiederum definiert gemäss Reglement die sog. MKZ_{Prod} i.e. Minergie-Teilkennzahl Strom-Eigenproduktion für alle Gebäudekategorien; welche in Tabelle 25 dargestellt ist.

Tabelle 25 MKZ_{Prod} aus Photovoltaik Beispielgebäude

| | | EFH | | MFH | | Büro/Verwaltung | |
|-------------|--------------------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------------|-----------|
| | | Sanierung | Neubau | Sanierung | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| EVA Prod | kWh | 1.797 | 899 | 4.769 | 2.385 | 8.640 | 4.320 |
| MKZ_{ERZ} | kWh/m ² | 32 | 16 | 19 | 10 | 12 | 6 |

Quelle: Annahmen und Berechnungen TEP Energy

Mit Kenntnis der MKZ_{Prod} kann wiederum durch Subtraktion derselben von der Gesamt MKZ die Summen MKZ Verbrauch rückgerechnet werden.

Die Gesamt-MKZ ist im Reglement für jede Gebäudekategorie veröffentlicht, wobei für die MKZ OBJ gilt:

$$MKZ_{OBJ} = MKZ_{HLK} + MKZ_{WW} + MKZ_{Bel} + MKZ_{Geräte} + MKZ_{AGT} - MKZ_{Prod}$$

Das Reglement veröffentlicht beispielhaft Daten für typische Objekte (Tabelle 26) bei denen die MKZ PV unterstellt und damit bereits subtrahiert ist.

Tabelle 26 MKZ_{OBJ}^{22} gemäss Anhang J Minergie Reglement

| | EFH | | MFH | | Büro/Verwaltung | |
|---|--------|-----------|--------|-----------|-----------------|-----------|
| | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| M | 38 | 77 | 51 | 82 | 70 | 103 |
| P | 35 | 72 | 46 | 77 | 67 | 94 |
| A | 26 | 26 | 29 | 29 | 32 | 32 |

Quelle: Berechnungen TEP Energy

Es ist auffällig, dass bei diesen MKZ insbesondere bei den beiden Kategorie MFH Sanierung und Büro / Verwaltung die Differenz zwischen Minergie und Minergie A sehr hoch ist. Eine solche Differenz ist bei einem mehrstöckigen Bürogebäude, wie es in unserem illustrativen Beispielfall unterstellt wird, durch Vergrösserung der PV nicht realisierbar ist, da die das Verhältnis EBF zu Dachfläche eine MKZ PV in dieser Höhe nicht zulässt. Daher ist der Standard Minergie A für unser Beispielgebäude ohne weitere verbraucherseitigen Maßnahmen nicht erreichbar.

Mit Kenntnis der MKZ_{Prod} gemäss Tabelle 25 kann der spezifische zulässige Stromverbrauch ermittelt werden. Liegt der angenommene Stromverbrauch darunter, so ist das Gebäude Minergie-konform.

²² Die veröffentlichten MKZ inkludieren bereits PV auf Basis einer nutzbaren Dachfläche 100m². Um diese wurden die Zahlen in Tabelle 26 bereinigt



Tabelle 27 Belegungsgrade PV Beispielgebäude

| | EFH | | MFH | | Büro/Verwaltung | |
|---------------------------------------|--------|-----------|--------|-----------|-----------------|-----------|
| | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| Max nutzbar Dachfläche m ² | 94 | 94 | 248 | 248 | 450 | 450 |
| Minergie | 60% | 30% | 60% | 30% | 60% | 30% |
| P | 60% | 30% | 60% | 30% | 60% | 30% |
| A | 60% | 90% | 90% | 100% | 100% | 100% |

Quelle: Annahmen TEP Energy

Gebäudekonformität SIA-Klimapfad

Im hier untersuchten Fall wird der Einfachheit halber hier davon ausgegangen, dass die Stromverbräuche des SIA-Klimapfad konformen Gebäudes dem Stromverbrauch des Minergie-konformen Gebäude entspricht.

Da im Fall ohne HKN-Verkauf auf Jahresbasis bilanziert werden darf, werden zunächst die sich daraus ergebenden Dachbelegungsgrade ermittelt (Tabelle 28).

Tabelle 28 PV theoretisch notwendige Belegungsgrade gemäss SIA-Klimapfad zur Erreichung der Konformität

| | EFH | | MFH | | Büro | |
|-------------------------------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| Theoretisch notwendige Dachbelegung | 55% | 65% | 90% | 108% | 171% | 179% |

Quelle: Berechnungen TEP Energy

Mit Ausnahme von EFH-Neubau (mit 55%) liegen alle anderen Gebäudevarianten über 60%. Wird analog Minergie davon ausgegangen, dass 60% der nutzbaren Dachfläche eines Gebäudes (Neubau, Sanierung) zur Produktion herangezogen werden, so wird deutlich, dass in fast allen Fällen Netzstrom zur Bilanzierung kommen muss.

Daraus lässt sich die bilanziell notwendige Höhe des Netzstromes ermitteln. Aus den dazugehörigen Autarkiegraden ergeben sich dann analog Minergie mit den entsprechenden spezifischen Emissionsfaktoren die Emissionen des Betriebs und der Erstellung. Die Stromverbräuche variieren je nach dem welches Minergie Label für den Stromverbrauch herangezogen wurde. Für die unterschiedlichen Stromverbräuche variieren die In der Tabelle

Tabelle 29 Höhe und Emissionen des Reststrombezug der SIA konformen Beispielgebäude gemäss stündlicher und jährlicher Bilanzierung des EVA bei maximalem Ökostrombezug.



| | Bilanz | EFH | | MFH | | Büro/Verwaltung | |
|--|-----------|--------|-----------|--------|-----------|-----------------|-----------|
| | | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung | Neubau | Sanierung |
| Stromverbrauch [kWh] | | 8'260 | 9'840 | 35'800 | 42'800 | 123'000 | 129'000 |
| PV Autarkie | stündlich | 22% | 9% | 13% | 6% | 7% | 3% |
| | jährlich | 110% | 46% | 67% | 28% | 35% | 17% |
| Netzbezug total [kWh] | stündlich | 6'400 | 8'920 | 31'000 | 40'400 | 114'000 | 125'000 |
| | jährlich | 0 | 5'310 | 12'000 | 30'800 | 79'800 | 107'400 |
| max. Ökostrombezug [kWh] (50% vom total) | | 4'080 | 4'880 | 17'906 | 21'400 | 61'500 | 64'500 |
| Verbleibender Netzbezug [kWh] CH-Verbrauchermix | stündlich | 2'290 | 3'980 | 13'100 | 19'000 | 52'900 | 60'200 |
| | jährlich | 0 | 387 | 5'940 | 9'460 | 18'300 | 42'900 |
| Emissionskoeffizient Bezugsmix [kgCO ₂ eq/kWh] | stündlich | 69,6 | 79,4 | 76,2 | 82,2 | 81,1 | 83,9 |
| | jährlich | 48,0 | 51,1 | 48,0 | 65,0 | 59,5 | 73,6 |
| Effektive Emissionen aus Strombezug [kgCO ₂ eq/m ²] | stündlich | 1,5 | 2,4 | 1,8 | 2,6 | 2,6 | 2,9 |
| | jährlich | 0,0 | 1,5 | 0,7 | 2,0 | 1,8 | 2,5 |

Quelle: eigene Berechnungen TEP Energy

8.3 Einfluss des EVA auf die spezifischen Treibhausgasemissionen PV

Tabelle 30 Spezifische Treibhausgasemissionen THGE_{PV} in [kg CO₂eq/m²a EBF] gemäss **Minergie**

| | | EFH | MFH | Büro/Verwaltung |
|-----------------------|-----|---|------|-----------------|
| EBF [m ²] | | 288 | 1296 | 3600 |
| PV [m ²] | | 75 | 298 | 720 |
| EVA | NEA | THGE _{PV} [kg CO ₂ eq/m ² EBF] | | |
| 10% | 90% | 0,8 | 0,8 | 0,7 |
| 25% | 75% | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| 50% | 50% | 1,3 | 1,1 | 1,0 |
| 90% | 10% | 1,7 | 1,5 | 1,3 |

Quelle: eigene Berechnungen TEP Energy



Tabelle 31 Spezifische Treibhausgasemissionen THGE_{PV} [kg CO₂eq/m² EBF] gemäss **FprSIA 390/1**

| | | EFH | MFH | Büro / Verwaltung |
|-----------------------|-----|---|------|-------------------|
| EBF [m ²] | | 288 | 1296 | 3600 |
| PV [m ²] | | 75 | 298 | 720 |
| EVA | NEA | THGE _{PV} [kg CO ₂ eq/m ² EBF] | | |
| 10% | 90% | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| 25% | 75% | 0,5 | 0,4 | 0,4 |
| 50% | 50% | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| 90% | 10% | 1,7 | 1,5 | 1,3 |
| Ohne Verkauf HKN | | 1,85 | 1,63 | 1,42 |

Quelle: eigene Berechnungen TEP Energy

Tabelle 32 Zusammensetzung der Erzeugungsmengen per Kraftwerkstechnologie nach verschiedenen Bilanzierungsmodellen

| Jahr | BM2 | | | BM3 | | | BM4 | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2025 | 2035 | 2050 | 2025 | 2035 | 2050 | 2025 | 2035 | 2050 |
| CH-Laufwasserkraft | 16,2% | 20,7% | 15,5% | 8,5% | 17,6% | 12,6% | 23,9% | 22,8% | 18,3% |
| CH-Speicherkraftwerke | 16,1% | 21,2% | 14,1% | 9,7% | 19,1% | 10,9% | 23,1% | 23,2% | 17,5% |
| CH-PSW | 3,0% | 4,8% | 3,7% | 1,9% | 4,4% | 2,6% | 4,2% | 5,3% | 4,7% |
| CH-Kernenergie | 15,4% | 0,0% | 0,0% | 8,3% | 0,0% | 0,0% | 22,5% | 0,0% | 0,0% |
| CH-PV | 4,0% | 17,2% | 32,0% | 2,6% | 16,5% | 29,6% | 5,8% | 17,9% | 35,0% |
| CH-Wind | 0,3% | 1,3% | 3,9% | 0,2% | 1,0% | 3,2% | 0,5% | 1,5% | 4,6% |
| CH-Bio und sonstige KW | 2,9% | 3,7% | 4,3% | 1,5% | 3,0% | 3,4% | 4,2% | 4,1% | 5,2% |
| INT Wind | 8,6% | 11,2% | 14,9% | 13,9% | 14,4% | 21,6% | 3,3% | 8,9% | 8,3% |
| INT Wasser | 8,2% | 8,8% | 5,8% | 12,9% | 10,4% | 8,0% | 3,3% | 7,5% | 3,3% |
| INT PV | 3,2% | 2,6% | 3,4% | 5,1% | 3,1% | 4,8% | 0,9% | 2,0% | 1,6% |
| INT Kernenergie | 13,4% | 2,5% | 0,1% | 21,9% | 3,3% | 0,1% | 4,8% | 1,9% | 0,0% |
| INT Gase | 2,9% | 4,4% | 1,8% | 4,6% | 5,3% | 2,4% | 1,3% | 3,6% | 1,1% |
| INT Biomasse | 1,5% | 0,8% | 0,3% | 2,5% | 1,0% | 0,4% | 0,5% | 0,6% | 0,2% |
| INT Abfall/Sonst. | 1,0% | 0,6% | 0,3% | 1,6% | 0,7% | 0,3% | 0,4% | 0,5% | 0,2% |
| INT Kohle | 3,1% | 0,1% | 0,0% | 5,0% | 0,1% | 0,0% | 1,2% | 0,1% | 0,0% |

Quelle Berechnungen TEP Energy basierend auf stündlich aufgelösten Modelldaten zu Stromnachfrage und Stromerzeugung (CH, DE, FR, IT). Definition Bilanzmodelle siehe Jakob, Bagemihl et al. (2023).



8.4 Reststrombezug nach KBOB (BM3) vs. (BM2, BM4)

Gegenwärtig wird der spezifische Emissionskoeffizient von Schweizer Strom (CH-Verbrauchermix) der KBOB nach dem Bilanzmodell BM 3 (gemäss Bezeichnungsdefinition in Jakob, Bagemihl et al. 2023) ermittelt. Es existieren darüber hinaus weitere Bilanzierungsmodelle. Die Frage, welches Modell im Lichte der Fragestellung Netto-Null THGE_{WLC} angemessen ist, ist Gegenstand der Diskussion (siehe Fragestellung F 0.6.A gemäss Teilprojekt F0).

Die resultierenden Emissionsfaktoren der einzelnen Modelle unterscheiden sich teilweise stark voneinander, welches die Ursache in dem unterstellten Kraftwerksmix hat. Zur Illustration sind die Verhältnisse der einzelnen Kraftwerkstypen nach BM in Abbildung 18. dargestellt. Zur besseren Lesbarkeit sind die Internationalen Kraftwerke hier zu einer Kategorie «INT» zusammengefasst. Die Einzelwerte finden sich in Tabelle 32.

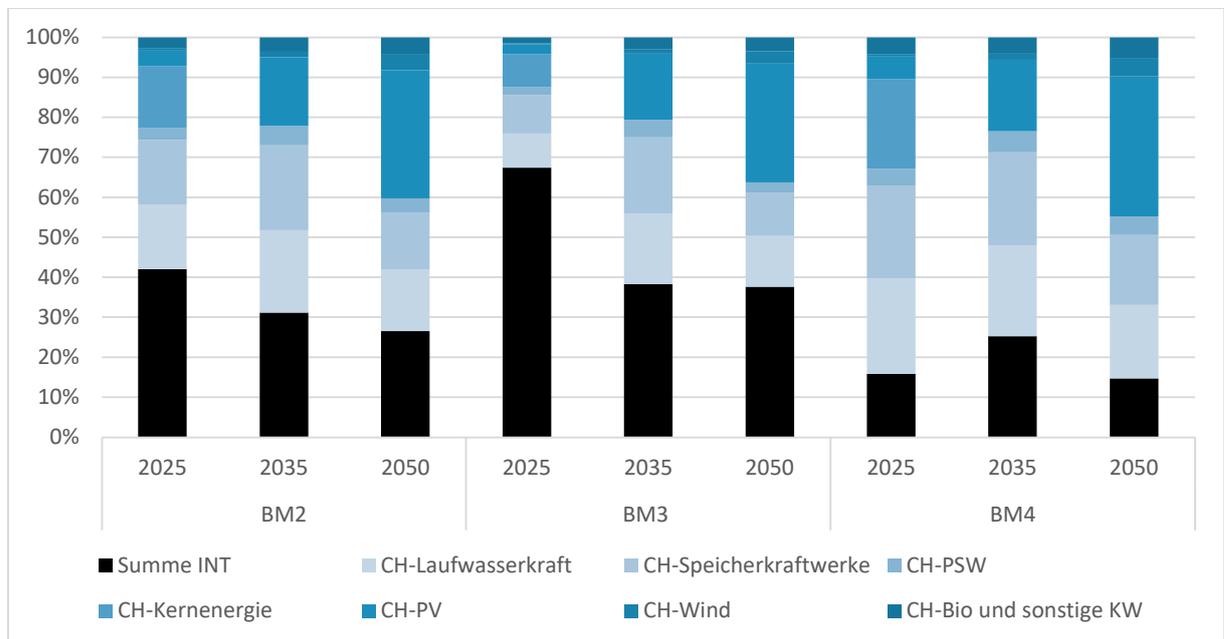


Abbildung 18 Zusammensetzung Kraftwerksmix: Quelle: Berechnungen TEP Energy

Die Unterschiede in den resultierenden Emissionsfaktoren reduzieren sich wegen der zunehmenden Dekarbonisierung des Stromsektors in den betrachteten Importländer (D, F, I). Beispielsweise ist der Kohleanteil 2025 gemäss Annahmen der EP 2050+ gegenüber 2018 leicht gesunken, so dass der Emissionsfaktor von 122,8 g/kWh gemäss Berechnungen TEP mit dem BM3 fürs Jahr 2018 auf 116,8 g/kWh fürs Jahr 2025 reduziert. Mit weiter fortschreitender Zeit gleichen sich die Emissionsfaktoren der verschiedenen BM durch die Bestrebungen in der EU und in der Schweiz, die Stromerzeugung weitestgehend zu dekarbonisieren, an. 2050 werden die Emissionsfaktoren durch hohe Anteile von Erneuerbaren (in der Schweiz vorwiegend Wasserkraft und PV, in den europäischen Nachbarländern vorwiegend PV und Wind) und einem Restanteil an teilweiser fossiler Spitzenlastdeckung bestimmt (siehe Jakob, Bagemihl et al. 2023).



Tabelle 33 Emissionsfaktoren Strommix Schweiz [gCO₂eq/kWh] nach Bilanzierungsmodell (BM)

| Bilanzmodell / Jahr | 2025 | 2035 | 2050 |
|---------------------|-------|------|------|
| BM2 | 86,2 | 65,4 | 53,0 |
| BM3 | 116,8 | 70,4 | 55,9 |
| BM4 | 54,7 | 60,5 | 49,8 |

Quelle Berechnungen TEP Energy. Definition Bilanzmodelle siehe Jakob, Bagemihl et al. (2023).

Um den Effekt der Wahl des BM aufzuzeigen, wird die Auswirkung der Wahl des Bilanzmodells auf den resultierenden Emissionsfaktor nachfolgend Tabelle 33 dargestellt. Hierbei sei angemerkt, dass es sich bei den Werten in Tabelle 33 naturgemäss um prognostizierte Werte handelt.

In den nachfolgenden Tabellen wird für Minergie aufgezeigt, welche Auswirkungen die Wahl des Bilanzmodells auf die Emissionen Erstellung und Betrieb eines Gebäudes mit einer PV-Anlage hat. Hierbei werden verschiedene Eigenverbrauchs- und Netzeinspeisungsanteile unterschieden. Der nicht durch die PV-Anlage erzeugte Anteil des Gebäudeverbrauchs wird vom Netz bezogen und mit dem Emissionsfaktor des entsprechenden BM bewertet (gemäss Tabelle 33).

Der den Analysen gemäss Tabelle 33 zugrunde liegende Wert beträgt 41,7 g CO₂eq/kWh für Schweizer Photovoltaikstrom und 44,1 g CO₂eq/kWh für importierten Strom aus PV gemäss Krebs, Frischknecht Umweltbilanz Strommixe Schweiz 2018. Um die Auswirkungen unterschiedlicher Bilanzmodelle auf die resultierenden Emissionen von Minergie und FprSIA 390/1 vergleichen zu können, wurden in beiden Fällen der identische PV-Emissionsfaktor von 44 gCO₂/kWh gemäss Minergie für die Jahre 2025 bis 2050 zugrunde gelegt. Zudem wurden ebenso der besseren Vergleichbarkeit halber in beiden Fällen identische vereinfachte Gesamtstromverbräuche unterstellt. (60/50/100 kWh/m² für EFH/MFH/Büro). Im Folgenden stellen Tabelle 34, Tabelle 35, Tabelle 36 die resultierenden spezifischen Treibhausgasemissionen der Stromversorgung der jeweiligen Gebäudetypen gemäss den oben angenommenen Parametern sowie Tabelle 24 dar. Es sei zudem darauf hingewiesen, dass es sich dabei um effektive Emissionsfaktoren handelt, welche hier die Emissionen PV THGEPV inkludieren, wiewohl diese bei der übergeordneten Betrachtung der Erstellung und nicht dem Betrieb zugeordnet werden. Tabelle 25 benennt zudem die PV-spezifischen MKZ Produktion in jeder Gebäudekategorie.

Es ist beim Vergleich jedoch zu beachten, dass sowohl bei Minergie als auch bei FprSIA 390/1 mit HKN-Verkauf die Ermittlung des anzulegenden EVA auf Basis einer stündlichen Bilanzierung erfolgen muss. Bei Minergie kann dafür das Tool «PVOpti» verwendet werden, bzw. es wird ohne Nachweis von einem Standardwert von 20% ausgegangen.

Für den Fall, dass die HKN nicht veräussert werden, darf bei FprSIA 390/1 die Ermittlung des dann anzulegenden EVA hingegen vereinfacht mit den Jahressummen aus Erzeugung und Verbrauch ohne Berücksichtigung der Stundenwerte erfolgen.

Es haben die unterschiedlichen zeitlichen Auflösungen bei der Bilanzierung (auf Stundenbasis oder auf Basis Jahresmengen) zur Folge, dass sich für die identische PV-Anlage je nach EVA-Bilanzierungsmodell ein signifikant unterschiedlicher EVA-Wert ergibt.

Insbesondere in Gebäudesektoren MFH und Büro sind meist die Verhältnisse von Dachflächen zu den EBF-Flächen kleiner als im EFH-Sektor. Bei typischen Werten für Verbrauch und Erzeugung kann daher in erster Näherung davon ausgegangen werden, dass im MFH und Bürosektor in vielen Fällen ein EVA bei einer Bilanzierung mit Jahresmengen von 100% erreicht werden kann. Eine vergleichsweise kleine Anlage steht hier also einem großen Verbrauch gegenüber. Insofern sind die ausgewiesenen Werte von 10%-bis 50% in Tabelle 36 (ohne HKN-Verkauf) eher theoretischer Natur,



weshalb sie in den nachfolgenden Tabellen ausgegraut formatiert sind. Nur in den selteneren Fällen, in denen ein vergleichsweise niedriger Gebäudestromverbrauch und hohe PV-Produktion durch grosse Dachflächen zusammentreffen, kommen diese zum Tragen.

Umgekehrt sind bei der Bilanzierung auf Stundenbasis EVA von 100% in der Praxis in den meisten Fällen nicht zu erreichen. Dies liegt daran, dass, sofern Stunden sehr hoher Erzeugung auf einen schwachen Stromverbrauch treffen, was vornehmlich an z.B. an Wochenenden oder in Ferienzeiten der Fall sein kann, dann zeitweise Strom ins Netz eingespeist werden muss. Dementsprechend können 100% EVA in der Realität, zumal ohne Speicher, nicht erreicht werden.

Tabelle 34 Spezifische Treibhausgasemissionen $THGE_{PV} + \text{Netzbezug}$ in $[\text{kg} + \text{CO}_2\text{eq}/\text{m}^2 \text{EBF}]$ gemäss Minergie

| Jahr 2025 | | EFH | | | MFH | | | Büro / Verwaltung | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|------|-----|
| EVA ²³ | NEA | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 |
| 10% | 90% | 5,5 | 7,3 | 3,7 | 4,5 | 6,0 | 3,0 | 8,8 | 11,8 | 5,6 |
| 25% | 75% | 5,4 | 7,0 | 3,8 | 4,4 | 5,8 | 3,0 | 8,7 | 11,7 | 5,7 |
| 50% | 50% | 4,8 | 6,2 | 3,4 | 4,1 | 5,3 | 2,8 | 8,5 | 11,4 | 5,5 |
| 90% | 10% | 4,1 | 5,0 | 3,0 | 3,7 | 4,7 | 2,6 | 8,2 | 10,9 | 5,4 |

Quelle: Berechnungen TEP Energy. Definition Bilanzmodelle siehe Jakob, Bagemihl et al. (2023).

Tabelle 35 Spezifische Treibhausgasemissionen $THGE_{PV} + \text{Netzbezug}$ in $[\text{kg CO}_2\text{eq}/\text{m}^2 \text{EBF}]$ gemäss FprSIA 390/1 mit HKN-Verkauf

| Jahr 2025 | | EFH | | | MFH | | | Büro / Verwaltung | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|------|-----|
| EVA ²³ | NEA | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 |
| 10% | 90% | 5,0 | 6,8 | 3,2 | 4,2 | 5,7 | 2,7 | 8,6 | 11,6 | 5,5 |
| 25% | 75% | 4,8 | 6,4 | 3,2 | 4,1 | 5,5 | 2,7 | 8,5 | 11,5 | 5,4 |
| 50% | 50% | 4,5 | 5,9 | 3,1 | 3,9 | 5,2 | 2,6 | 8,4 | 11,2 | 5,4 |
| 90% | 10% | 4,0 | 5,0 | 3,0 | 3,6 | 4,6 | 2,6 | 8,2 | 10,9 | 5,4 |

Quelle Berechnungen TEP Energy. Definition Bilanzmodelle siehe Jakob, Bagemihl et al. (2023).

²³ Ermittelt auf Basis einer stündlichen Bilanzierung



Tabelle 36 Spezifische Treibhausgasemissionen $THGE_{PV} + \text{Netzbezug}$ in $[\text{kg CO}_2\text{eq/m}^2 \text{ EBF}]$ gemäss FprSIA 390/1 ohne HKN-Verkauf

| Jahr 2025 | | EFH | | | MFH | | | Büro / Verwaltung | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|------|-----|
| EVA ²⁴ | NEA | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 |
| 10% | 90% | 6,3 | 8,0 | 4,5 | 5,0 | 6,4 | 3,5 | 9,0 | 12,1 | 5,9 |
| 25% | 75% | 5,9 | 7,5 | 4,2 | 4,7 | 6,1 | 3,3 | 8,9 | 11,9 | 5,8 |
| 50% | 50% | 5,2 | 6,6 | 3,8 | 4,3 | 5,6 | 3,0 | 8,6 | 11,5 | 5,7 |
| 90% | 10% | 4,1 | 5,1 | 3,1 | 3,7 | 4,7 | 2,6 | 8,2 | 11,0 | 5,4 |
| 100% | 0% | 3,9 | 4,7 | 3,0 | 3,5 | 4,5 | 2,5 | 8,1 | 10,8 | 5,3 |

Quelle Berechnungen TEP Energy. Definition Bilanzmodelle siehe Jakob, Bagemihl et al. (2023).

Vergleicht man die Werte ermittelt auf Basis eines EVA in stündlicher Auflösung von Minergie (Tabelle 34) und FprSIA 390/1 (Tabelle 35), so wird deutlich, dass bei niedrigen EVA die Minergie-Werte erheblich höher sind als bei FprSIA 390/1. Dies ist nachvollziehbar, da bei Minergie auch der netzeingespeiste Strom anteilig berücksichtigt wird. Die Höhe dieses Anteils wird umso niedriger, je höher der EVA und bei 100% EVA sind die Emissionswerte letztlich identisch.

Vergleicht man die Werte Emissionswerte FprSIA 390/1 der beiden Varianten miteinander, so ist zunächst vorab festzuhalten, dass der EVA ermittelt auf Jahresbasis deutlich höher ist als der EVA, der sich ergibt, wenn dieser auf Stundenbasis ermittelt werden muss. Vergleicht man sodann z.B. für ein EFH die bei BM3 anzulegenden Emissionen mit HKN-Verkauf bei 25% EVA in Tabelle 35 mit 6,25 $\text{kgCO}_2\text{eq/m}^2$ mit dem entsprechenden Wert, der sich gemäss Tabelle 36 bei 90% (ohne HKN Verkauf) ergibt, nämlich mit 4,48 $\text{kgCO}_2\text{eq/m}^2$, so wird deutlich, dass im ersten Fall mit HKN Verkauf die anzurechnenden Emissionen de facto höher liegen als im zweiten Fall. Den potenziellen Erlösen aus dem Verkauf der HKN steht sozusagen eine Pönale den dem Gebäude anzurechnenden Emissionen gegenüber.

Dabei ist zudem ersichtlich, dass in allen 3 Fällen die Wahl des Bilanzierungsmodells namentlich bei hohen Netzbezugsanteilen eine dominante Rolle spielt. Bei den gewählten EFH und MFH ist bei mit 90% hohen EVA auch der Anteil der PV am Gesamtverbrauch hoch, insofern relativiert sich die Bedeutung des Bilanzmodells hier etwas. Beim untersuchten Bürogebäude ist der Anteil der PV am angenommenen Gesamtstrombedarf vergleichsweise gering und insofern hat die hier die Wahl des Bilanzmodells noch einen hohen Einfluss.

Der unterschiedliche Ansatz der Bewertung Emissionen aus PV zwischen Minergie und SIA (mit Verkauf HKN) kommt vor allem bei geringen Eigenverbrauchsanteilen mit einer Differenz von ca. 0,5 $\text{kgCO}_2\text{eq/m}^2$ bei einem EVA von 10%-25% zum Tragen. Um diesen Betrag sind die Minergie Emissionen nominal höher, da die Emissionen des PV-Stromes, welcher ins Netz eingespeist wird, mit einem Anteil von 40% noch dem Gebäude zugeschlagen werden. Hintergrund für diese Regelung ist, dass der Zuschlag auf den Minergie Basisgrenzwert bei der MKZ in Höhe der Gesamterzeugung PV erfolgt.

Die Differenz zwischen den Emissionen mit und ohne Verkauf der HKN gemäss FprSIA 390/1 liegt bei niedrigen EVA von 10% bei EFH und MFH durchweg deutlich über 1,5 $\text{kg CO}_2\text{eq/m}^2$ und reduziert sich mit steigender EVA (25%) auf immer noch über 1,0 $\text{kg CO}_2\text{eq/m}^2$. Bei sehr hohen EVA sind die Unterschiede mit und ohne HKN praktisch vernachlässigbar, die Unterschiede zwischen den einzelnen BM bleiben jedoch sehr hoch.

²⁴ Ermittelt auf Basis einer Bilanzierung mit Jahresenergiemengen



8.4.1 Künftige Entwicklung Emissionsfaktoren Strom und deren Einfluss auf die Bewertung Emissionen aus Betrieb vs. Erstellung.

Die Gebäudezertifizierung schafft einen Anreiz, die THGE aus Erstellung und Betrieb insgesamt zu minimieren. Dabei werden unterschiedliche Varianten der Zielerreichung gegeneinander abgewogen. Es stellt sich hier die Frage, inwieweit es gerechtfertigt ist, bei der Erstellung höhere Emissionen in Kauf zu nehmen z.B. durch einen höheren Aufwand zur Dämmung, um letztlich langfristig im Betrieb aufgrund des geringeren Heizwärmebedarfes hier graue Energie und CO₂-Emissionen zu reduzieren.

Bei einem entsprechenden Technologievergleich werden aber in beiden Fällen die Emissionen der Energieerzeugung wie auch der Entsorgung in 60 Jahren mit Datenstand heute (i.e. KBOB 2022) in Anrechnung gebracht.

Dies ist methodisch für die Baumaterialien in der Phase Errichtung korrekt, da diese heute mit dem gegenwärtigen Mix hergestellt werden. Wenn man nun für den Vergleich die Emissionen Erstellung den Emissionen aus Betriebsenergie z.B. durch den Betrieb einer elektrischen Wärmepumpe gegenüberstellt, so wird implizit davon ausgegangen, dass der heutige Emissionsfaktor Strom für die Zeit der Kumulierung der Emissionen der Wärmepumpe konstant bleibt. Es ist dies insofern inkorrekt, da die Betriebsemission mit fortschreitender Dekarbonisierung des Stromerzeugungssystems abnehmen dürften. Diesem Umstand ist aus unserer Sicht für den Technologievergleich Rechnung zu tragen, um die Betriebsenergien gegenüber den Emissionen Erstellung nicht systematisch schlechter zu stellen. Aus Konsistenzgründen sind auch die davon betroffenen Richt- und Anforderungswerte anzupassen.

In der folgenden Tabelle 37 sind für die unterschiedlichen aktuell diskutierten Bilanzierungsmodelle die resultierenden Strom-Emissionsfaktoren im Jahr 2025 den durchschnittlichen Emissionsfaktoren über 25 Jahre sowie die prozentuale Abweichung bezogen auf den Ausgangswert dargestellt. Zur Dokumentation ist weiter unten für jedes BM die Entwicklung der massgeblichen Anteile nationaler und internationaler Kraftwerksanteile am Strommix dargestellt. Hinweis: Berücksichtigt ist hier «nur» die Auswirkung des künftigen Strommixes im In- und Ausland, die Reduktion der Emissionen Erstellung der Stromerzeugungsanlagen (z.B. bei PV und Wind) ist nicht berücksichtigt.

Beim aktuell gültigen Bilanzmodell BM 3 liegen die Emissionsfaktoren um ca. 35% tiefer als der heutige Emissionsfaktor. Dies bedeutet, dass durch die Verwendung des heutigen Emissionsfaktor die Emissionen Betrieb zu hoch eingeschätzt werden und damit die Bewertung zwischen den Phasen Betrieb und Erstellung verzerrt ist.

Tabelle 37 : Vergleich resultierende Emissionsfaktoren Schweizer Strom 2025 vs. Durchschnitt (2025-2050) [gCO₂eq/kWh], basierend auf Modell Prognos/ BFE Energieperspektiven

| | Wert 2025 | Durchschnitt 2025-2050 (nur Auswirkung Strommix im In- und Ausland, ohne Reduktion Emissionen Erstellung, z.B. bei PV) | Abweichung Durchschnitt gegenüber 2025 |
|-----|-----------|--|--|
| BM2 | 86,2 | 66,0 | -23,4% |
| BM3 | 116,8 | 75,8 | -35,1% |
| BM4 | 54,7 | 56,0 | 2,3% |

Quelle Berechnungen TEP Energy. Definition Bilanzmodelle siehe Jakob, Bagemihl et al. (2023). technologiespezifische Emissionsfaktoren gemäss Tabelle 41

In den nachfolgenden Tabellen wird aufgezeigt, welche Auswirkungen die Wahl eines für die Zukunft angepassten Emissionsfaktors auf die Emissionen Erstellung und Betrieb eines Gebäudes mit einer PV-Anlage hat. Hierbei werden verschiedene Eigenverbrauchs- und Netzeinspeisungsanteile und verschiedene BM unterschieden, wobei das heute gültige BM3 fett hervorgehoben ist. Der nicht durch



die PV-Anlage erzeugte Anteil des Gebäudeverbrauchs wird vom Netz bezogen und mit dem Emissionsfaktor des entsprechenden BM bewertet (gemäss Tabelle 37).

Die Analyse offenbart, dass bei einer Durchschnittswertbetrachtung der künftigen Entwicklung die Wahl des BM eine deutlich schwächere Auswirkung auf die resultierenden Emissionen hat (im Vergleich zur Gegenwartsbetrachtung, siehe vorstehendes Kap.). Dies ist nachvollziehbar, denn die Werte im Jahr 2050 der drei BM sind gemäss den TEP-Analysen (die auf dem Prognos-Modell und den Daten der EP 2050+) im Gegensatz zu den Werten im Jahr 2025 nahezu identisch. Insofern liegen die Durchschnittswerte auch näher beieinander als die 2025er-Werte.

Sehr ausgeprägt sind die Unterschiede mit und ohne HKN-Verkauf insbesondere bei niedrigen EVA von 10-25%. Bei höheren EVA ab 50% liegen die Unterschiede zwischen Minergie und SIA mit HKN-Verkauf bei lediglich um 0,5 kgCO_{2eq} und sind bei den EVA-Werten von 10% praktisch vernachlässigbar.

Tabelle 38 Spezifische Treibhausgasemissionen THGE_{PV} + Netzbezug in [kg CO_{2eq}/m² EBF] gemäss Minergie

| Durchschnitt 2025 - 2050 | | EFH | | | MFH | | | Büro / Verwaltung | | |
|-----------------------------|-----|-----|------------|-----|-----|------------|-----|-------------------|------------|-----|
| EVA | NEA | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 |
| 10% ²³ | 90% | 4,4 | 4,9 | 3,8 | 3,6 | 4,0 | 3,1 | 6,8 | 7,7 | 5,8 |
| 25% | 75% | 4,3 | 4,9 | 3,8 | 3,5 | 4,0 | 3,1 | 6,7 | 7,7 | 5,8 |
| 50% | 50% | 3,9 | 4,3 | 3,5 | 3,3 | 3,7 | 2,9 | 6,6 | 7,5 | 5,6 |
| 90% | 10% | 3,4 | 3,7 | 3,1 | 3,0 | 3,3 | 2,6 | 6,4 | 7,3 | 5,5 |

Quelle Berechnungen TEP Energy. Definition Bilanzmodelle siehe Jakob, Bagemihl et al. (2023).

Tabelle 39 Spezifische Treibhausgasemissionen THGE_{PV} + Netzbezug in [kg CO_{2eq}/m² EBF] gemäss FprSIA 390/1 mit HKN-Verkauf

| Durchschnitt 2025 - 2050 | | EFH | | | MFH | | | Büro / Verwaltung | | |
|-----------------------------|-----|-----|------------|-----|-----|------------|-----|-------------------|------------|-----|
| EVA ²³ | NEA | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 |
| 10% | 90% | 3,9 | 4,4 | 3,3 | 3,3 | 3,7 | 2,8 | 6,6 | 7,5 | 5,6 |
| 25% | 75% | 3,8 | 4,3 | 3,3 | 3,2 | 3,6 | 2,7 | 6,5 | 7,5 | 5,6 |
| 50% | 50% | 3,6 | 4,1 | 3,2 | 3,1 | 3,5 | 2,7 | 6,5 | 7,4 | 5,5 |
| 90% | 10% | 3,4 | 3,7 | 3,0 | 2,9 | 3,3 | 2,6 | 6,4 | 7,2 | 5,5 |

Quelle Berechnungen TEP Energy. Definition Bilanzmodelle siehe Jakob, Bagemihl et al. (2023).



Tabelle 40 Spezifische Treibhausgasemissionen THGE_{PV} + Netzbezug in [kg CO_{2eq}/m² EBF] gemäss FprSIA 390/1 ohne HKN-Verkauf

| Durchschnitt 2025 - 2050 | | EFH | | | MFH | | | Büro / Verwaltung | | |
|-----------------------------|-----|-----|------------|-----|-----|------------|-----|-------------------|------------|-----|
| EVA ²⁴ | NEA | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 | BM2 | BM3 | BM4 |
| 10% | 90% | 5,1 | 5,7 | 4,6 | 4,0 | 4,5 | 3,5 | 7,1 | 8,0 | 6,1 |
| 25% | 75% | 4,8 | 5,3 | 4,3 | 3,8 | 4,3 | 3,4 | 6,9 | 7,9 | 6,0 |
| 50% | 50% | 4,3 | 4,8 | 3,9 | 3,5 | 3,9 | 3,1 | 6,7 | 7,7 | 5,8 |
| 90% | 10% | 3,5 | 3,8 | 3,2 | 3,0 | 3,4 | 2,7 | 6,4 | 7,3 | 5,5 |

Quelle Berechnungen TEP Energy. Definition Bilanzmodelle siehe Jakob, Bagemihl et al. (2023).

Tabelle 41: Emissionsfaktoren Kraftwerkseinsatz

| Kraftwerkstyp | Spezifische Treibhausgasemissionen [gCO _{2eq} /kWh] gemäss Ökobilanzprinzipien |
|-------------------|---|
| Steinkohle | 771,3 |
| Erdgas | 613,7 |
| Biomasse (KVA) | 0 |
| PV Solarkraftwerk | 42 |
| PV Dachanlage | 42 |
| Geothermie | 11 |
| Wasserkraft | 5,5 |
| Wind Offshore | 17,3 |
| Kernenergie | 14,2 |
| Wind Onshore | 11 |

Quelle: Frischknecht, R., Krebs L. Umweltbilanz Strommixe Schweiz 2018 treeze ltd. Zürich

8.4.2 Kritische Würdigung, eigene Empfehlungen

Es ist unstrittig, dass zur Eindämmung des Klimawandels dem Ausbau der Photovoltaik eine Schlüsselrolle zufällt. Da der Flächenbedarf gross ist und der Landschaftsschutz in der Schweiz hohe Priorität genießt, bedeutet dies, dass ein möglichst hoher Anteil des gesamten technischen Potentials an geeigneten Dachflächen und Fassaden auf Gebäuden zur Stromerzeugung aus Photovoltaik genutzt werden sollte. Diese Betrachtung gilt unabhängig davon, ob und in welchem Masse Strom im Gebäude genutzt wird, unbeschadet dem Primat des schonenden Einsatzes endlicher Ressourcen.

Grundsätzlich ist es zu begrüßen, dass die Gebäudezertifizierung/ der SIA-Klimapfad einen Anreiz für den Aufbau der Erzeugung aus PV schafft. Die zugeordneten Emissionen der Stromerzeugung aus Photovoltaik bei den Emissionen mitzubilanzieren, mag diesen Anreiz zwar mindern und es kann dazu führen, dass durch die Wahl alternativer Effizienztechnologien letztlich auf Photovoltaik verzichtet wird



bzw. nicht die gesamte sinnvoll zu belegende Fläche ausgenutzt wird und damit Potential teilweise ungenutzt bleibt. Um diesem Effekt entgegenzuwirken wurde z.B. bei Minergie über einen PV-Zuschlag der Grenzwert erhöht und eine generelle Installationspflicht erlassen. Jedoch ist es naturgemäss in einem Lebenszyklusansatz aus Transparenzgründen unumgänglich, die Emissionen Erstellung der PV-Anlage zu bilanzieren und verursachergerecht zu allozieren.

Abschliessend sei noch angemerkt, dass aus unserer Sicht grundsätzlich Anreize zur Stromerzeugung in Gebäuden sowie auf Gebäudedächern und Fassaden geschaffen werden sollten, die unabhängig von den Gebäudemissionen gesehen werden können.

8.5 Kreuzvergleiche Gebäudeemissionen aus Kap 3.8

Im Folgenden sind die Emissionen der EFH/MFH/Büro Gebäude der unterschiedlichen Labels und Standards im Kreuzvergleich dargestellt. Es werden die unterschiedlichen Minergie Gebäude Standards und Labels die sich ergeben, sofern man diese Gebäude gemäss SIA Reglement bewerten würde, dargestellt (siehe Abbildung 19). Zudem wird der zu allen Minergie-(P/A)-ECO gehörige Wert mit WLC_{NN} mit konstantem und der Sensitivität dynamischer Emissionsfaktor ausgegeben.

In Abbildung 20 ist die Logik umgekehrt, d.h. hier werden die Werte der SIA-Klimapfad konformen Gebäude in der Minergie Metrik sowie unter dem WLC_{NN} Methodik incl. Sensitivität EF dargestellt.

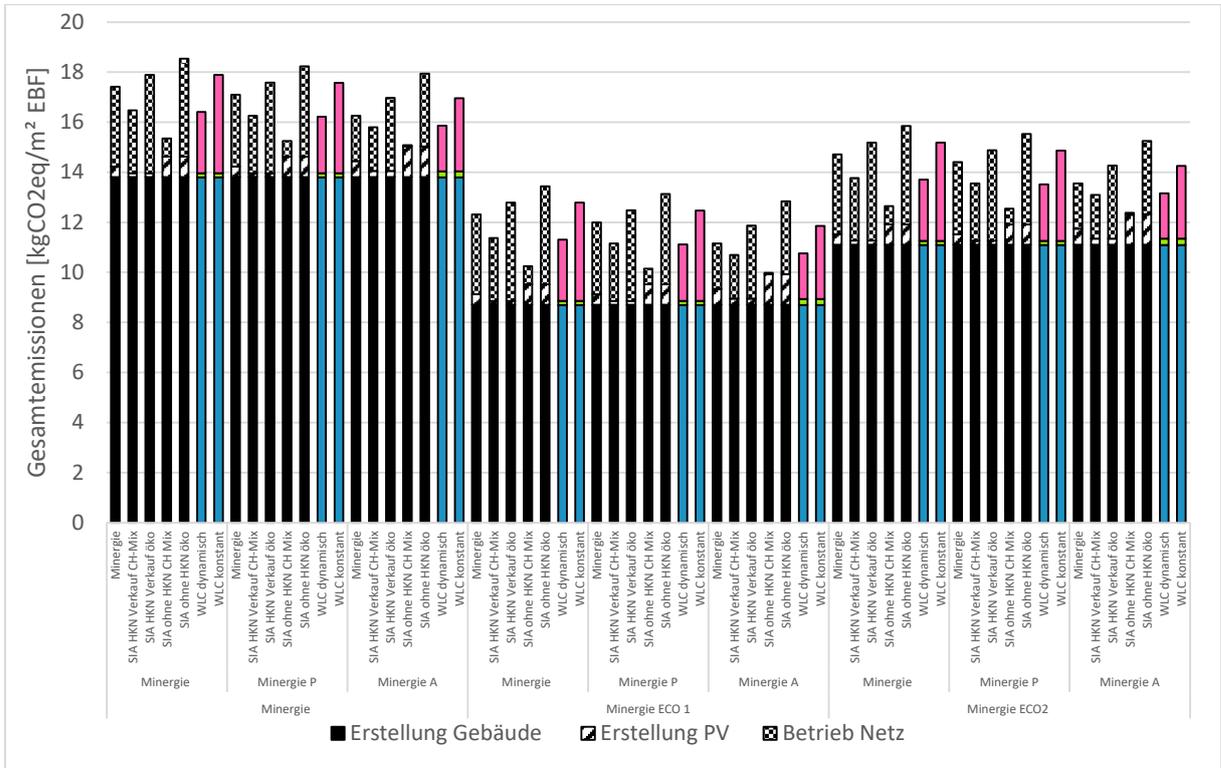


Abbildung 19 Nominale Emissionen Minergie MFH Neubauten nach allen Bewertungsmetriken SIA und gegenüber WLC (mit Sensitivität gemäss Tabelle)

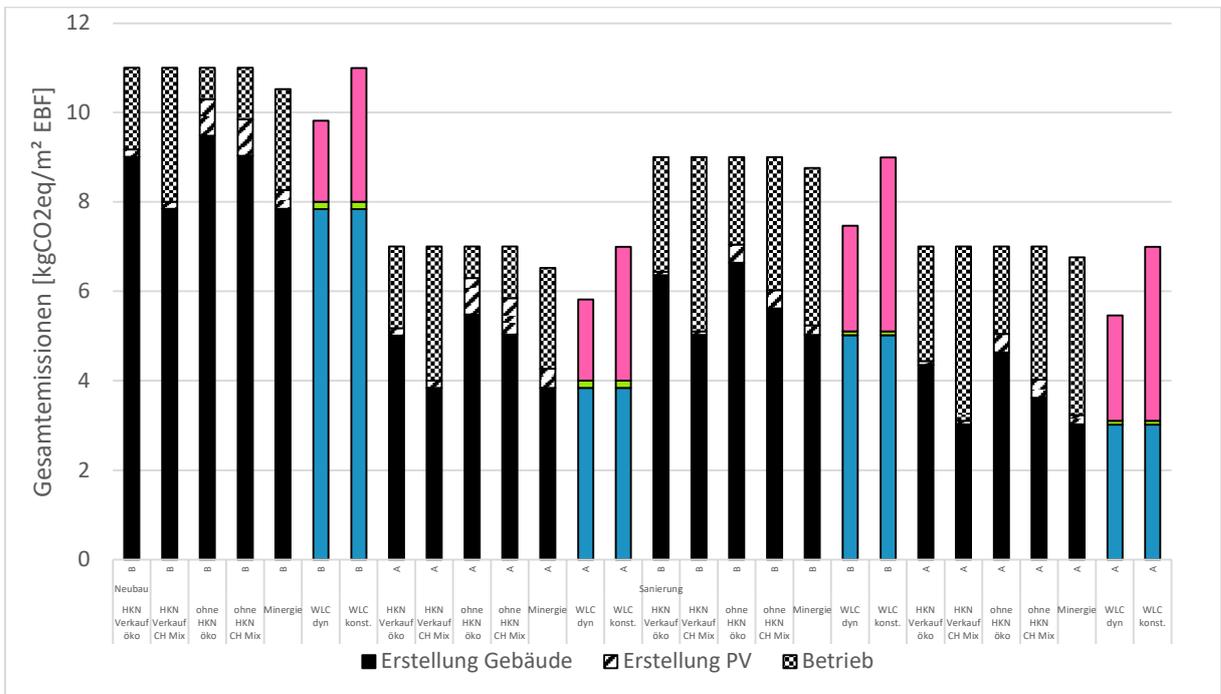


Abbildung 20 Nominale Emissionen SIA konformes MFH Neubau und Sanierung nach allen Bewertungsmetriken Minergie und Sensitivität WLCNN