

# BAFU PACTA Klimatest 2024

## PACTA CO<sub>2</sub>-Rechner

**Dokumentation**

31. Oktober 2024

Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU, Bern



---

Fahrländer Partner AG  
Seebahnstrasse 89  
8003 Zürich

Fabrikstrasse 20A  
3012 Bern

+41 44 466 70 00  
info@fpre.ch  
www.fpre.ch

+41 31 348 70 00  
bern@fpre.ch  
www.fpre.ch

---

# Impressum

---

**Projekt**

30487 – Weiterentwicklung des CO2-Rechners und neue Modelle für Scope 2 und Scope 3

**Auftraggeberin**

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Klima, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

**Begleitung BAFU:**

Silvia Ruprecht (Projektleitung), Gianna Battaglia, Roger Ramer, Markus Wüest, Andrea Streit (BFE)

**Ersteller**

Fahrländer Partner AG

Seebahnstrasse 89	Fabrikstrasse 20A
8003 Zürich	3012 Bern
+41 44 466 70 00	+41 31 348 70 00
info@fpre.ch	bern@fpre.ch
www.fpre.ch	www.fpre.ch

**Projektleitung**

Thomas Wider

**Bearbeitung**

Alrick Amann

Thomas Wider

**Zeitraum**

Juni bis Dezember 2023

**Hinweis:** Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

---

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Weiterentwicklung CO2-Rechner	1
1.2	Treibhausgas-Bilanzierung nach GHG Protocol für Gebäude im Kontext von PACTA	3
<b>2</b>	<b>Installation R-Package</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Scope 1: Energie &amp; Emissionen</b>	<b>5</b>
3.1	Scope 1 Berechnungsmethodik	5
3.2	Energiezertifikate	7
3.3	Berechnungsfunktion <i>calculate_scope1_emissions</i>	7
<b>4</b>	<b>Scope 2: Energie &amp; Emissionen</b>	<b>9</b>
4.1	Scope 2 Berechnungsmethodik	9
4.2	Mieterstrom und Eigentümerstrom	10
4.3	Inputs Modul Scope 1 für den PACTA Klimatest 2024	11
4.4	Energiezertifikate	11
4.5	Photovoltaikanlage (PV)	11
4.6	Berechnungsfunktion <i>calculate_scope2_emissions</i>	11
<b>5</b>	<b>Scope 3: Energie &amp; Emissionen</b>	<b>14</b>
5.1	Scope 3 Berechnungsmethodik	14
5.2	Berechnungsfunktion <i>calculate_scope3_emissions</i>	16
5.3	Beschreibung Szenarien	21
5.3.1	Restwert eines Bestandesbaus (nach SIA 2032 Anhang F.1)	21
5.3.2	Werterhalt eines Bestandesbaus (nach SIA 2032 Anhang F.2)	22
5.3.3	Wiederbeschaffungswert eines Bestandesbaus (nach SIA 2032 Anhang F.3)	23
<b>6</b>	<b>Datensätze</b>	<b>24</b>
6.1	Klimastationen ( <i>climate</i> )	24
6.2	Scope 1 Konstanten & Koeffizienten ( <i>scope1_constants</i> )	24
6.3	Scope 1 Gebäudenutzung ( <i>scope1_utilisation</i> )	24
6.4	Scope 2 Benchmarks ( <i>scope2_benchmarks</i> )	25
6.5	Scope 2 Parameter, Konstanten & Koeffizienten ( <i>scope2_model_parameters_constants</i> )	25
6.6	Scope 3 Gebäudeteile ( <i>scope3_building_parts</i> )	26
6.7	Scope 3 Parameter, Konstanten & Koeffizienten ( <i>scope3_model_parameters_constants</i> )	26
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung der angewandten Methodik im PACTA Klimatest 2024 für den Schweizer Finanzmarkt</b>	<b>28</b>
7.1	Zum BAFU PACTA Klimatest 2024	28
7.2	Einreichung von Immobilien- und Hypothekenportfolios	29
7.3	Aufbereitung Gebäudemerkmale aus dem GWR	30
7.4	Aufbereitung Photovoltaik-Anlagen	32
7.5	Aufbereitung Klimastationen pro PLZ	33

7.6	Automatische Übernahme von Gebäudemerkmalen und Annahmen	33
7.7	Datenqualität	33
7.8	Berechnung Scope 1	33
7.9	Berechnung Scope 2	34
7.10	Berechnung Scope 3	34
7.11	Auswertung	34
7.12	Absenkpfad für den Schweizer Gebäudepark	35
<b>Anhang</b>		<b>37</b>
A 1	Verzeichnisstruktur und Quellcode R-Package	37
A 2	Treibhausgaskoeffizienten Scope 1 und Scope 2	38
A 3	Bilanzierung Scope 1 und Scope 2 THGE für Heizwärme und Warmwasser nach Energieträger	38
A 4	Aufzählungstypen (Wertelisten)	38
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>41</b>

---

# Abkürzungsverzeichnis

---

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFS	Bundesamt für Statistik
BTF	Bauteilfläche
CO2	Kohlendioxid
EBF	Energiebezugsfläche (in m <sup>2</sup> )
FPRE	Fahrländer Partner Raumentwicklung
GHG	Greenhouse Gas (Protocol)
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
R	Statistik- und Programmiersprache
PACTA	Paris Agreement Capital Transition Assessment
PV	Photovoltaik
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
THGE	Treibhausgasemissionen

---

# 1 Einleitung

---

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat Fahrländer Partner Raumentwicklung (FPRE) mit der Weiterentwicklung des bestehenden Emissionsmodells für Gebäude – in diesem Dokument als «PACTA CO2-Rechner» bezeichnet – beauftragt. Der PACTA CO2-Rechner wurde bereits bei den PACTA Klimatests 2020 und 2022 zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen (THGE) von Immobilien- und Hypothekenportfolien aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern eingesetzt. Der CO2-Rechner ist ein Tool zur Abschätzung des Energiebedarfs und der daraus entstehenden Treibhausgasemissionen (CO2-Äquivalente) aus wenigen Gebäudemerkmalen. Der CO2-Rechner steht als Erweiterung in einem R-Package mit offenem Quellcode für die Programmier- und Statistiksprache R<sup>1</sup> zur Verfügung.

Diese Dokumentation beschreibt die Methodik und Weiterentwicklung, die Installation und die Anwendung des PACTA CO2-Rechners in Vorbereitung des PACTA Klimatests 2024.

---

## 1.1 Weiterentwicklung CO2-Rechner

Bisher wurden bei den PACTA Klimatests für Immobilien und Hypotheken die direkten Emissionen der Gebäude bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern für die Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser ausgewiesen. Für den PACTA Klimatest 2024 sollen nun neben den direkten Emissionen (Scope 1) ergänzend auch die THGE aus dem Strombedarf und für Fernwärme (Scope 2) berechnet werden. Zudem sollen neben der Betriebsenergie in den Scopes 1 und 2 auch Emissionen aus der nicht erneuerbaren «grauen Energie» von Gebäudematerialien grob abgeschätzt werden. Diese Scope 3 THGE fallen im Lebenszyklus einer Immobilie u.a. bei der Herstellung, der Erstellung, der Sanierung, dem Rückbau und der Entsorgung an.

Für den PACTA Klimatest 2024 ergeben sich durch die Weiterentwicklung des CO2-Rechners zusammenfassend die folgenden methodische Änderungen und Neuerungen:

### Generelle Änderungen

- Neben den bisher bereits berechneten Scope 1 THGE können neu auch jene aus Scope 2 (THGE aus Strombedarf und Fernwärme) und Scope 3 (graue Emissionen aus der Herstellung der Materialien, der Erstellung des Gebäudes, der Sanierung während dem Lebenszyklus, dem Rückbau und der Entsorgung, einschliesslich Transport) berechnet werden. Die Berechnungen der Scopes 1, 2 und 3 sind jeweils als eigene, voneinander unabhängige Funktionsaufrufe möglich.
- Ein- und Ausgaben des CO2-Rechners wie z.B. der Energiebedarf für Heizwärme oder Treibhausgaskoeffizienten werden neu in Bezug auf die Einheit Kilowattstunden (kWh) angegeben. Die Einheit MJ wird nicht mehr verwendet. Für die Umrechnung kann folgende Zuordnung verwendet werden: 1 kWh = 3.6 MJ.
- Es stehen mehr Energieträger zur Auswahl. Neben «Öl» und «Gas» wird die Kategorie «Andere» neu feiner unterscheidbar, analog zur Einteilung auf dem Bundesgeoportal<sup>2</sup>. Folgende Energieträger sind neu im CO2-Rechner verfügbar (vgl. A 3):
  - Ölheizung
  - Gasheizung
  - Wärmepumpe (Luft-Luft, Luft-Wasser, Sole-Wasser)
  - Fernwärme
  - Holzheizung
  - Elektroheizung
  - Thermische Solaranlage
  - Wärmetauscher (Abwärme)
  - Andere

---

<sup>1</sup> The R Project for Statistical Computing, <https://www.r-project.org/>

<sup>2</sup> Darstellung GWR: Energie-/Wärmequelle der Heizung auf dem Bundesgeoportal

## Änderungen und Neuerungen bei der Berechnung der Scope 1 THGE

- Ein Minergie-Zertifikat oder gleichwertige Zertifikate können als vorhanden deklariert werden. Bei der Berechnung des Wärmebedarfs werden dann unabhängig vom Baujahr und von Sanierungen die effizientesten Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) des Modells verwendet, was einen mindernden Einfluss auf den Wärmebedarf und damit auch auf die THGE hat.
- Falls Angaben dazu vorhanden sind, kann der Energiebedarf separat für Heizwärme und Warmwasser als optionaler Parameter deklariert werden. Damit wird der vom CO2-Rechner geschätzte Wärmebedarf im Modell übersteuert.
- Falls bekannt, können die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) der Bauteile Dach, Fenster, Fassade und Kellerdecke einzeln als optionale Eingangsparameter angegeben werden. Damit werden die Modellannahmen der U-Werte basierend auf Baujahr, Sanierungen und Zertifikat übersteuert.<sup>3</sup>
- Die Emissionskoeffizienten für die THGE Scope 1 aus Öl und Gas wurden mit den Werten aus dem BAFU Treibhausgasinventar (Stand April 2024)<sup>4</sup> aktualisiert.
- Die Emissionskoeffizienten für die THGE für Öl und Gas (vgl. oben) lassen sich mit einem optionalen Eingangsparameter übersteuern. So kann beispielsweise ein eigener Emissionskoeffizient für Biogas bei der Berechnung für Scope 1 verwendet werden.
- Bereits bei PACTA 2022 wurde für Öl- und Gasheizungen ein vom Heizungsalter abhängiger Effizienzfaktor eingeführt, der die effizientere Nutzung der fossilen Brennstoffe bei jüngeren Geräten abbildet. Dabei wurde der mit dem Effizienzfaktor korrigierte Emissionskoeffizient für die THGE im Ergebnis ausgewiesen. Neu wird neben dem korrigierten auch der unveränderte Emissionskoeffizient gemäss Treibhausgasinventar sowie zusätzlich auch der verwendete Effizienzfaktor angegeben.
- Die Resultate der Berechnung von Scope 1 wurden neu gegliedert und erweitert. U.a. wird der Energiebedarf neu neben dem Total noch einzeln für Heizwärme und Warmwasser unterschieden. Diese Angaben können u.a. als Eingangsparameter für die Scope 2 Berechnung verwendet werden.
- Der Funktionsaufruf für die Scope 1 Berechnung und gewisse spezifisch zum Scope 1 gehörende Datensätze wurde zur besseren Unterscheidung der verschiedenen Scopes umbenannt. So heisst nun die Funktion zur Berechnung der Scope 1 Emissionen neu `calculate_scope1_emissions` (vorher nur `calculate_emissions`).

## Einführung der Berechnung der Scope 2 THGE

- Neu können für ein Gebäude der Energiebedarf und die THGE für Scope 2 ermittelt werden. Diese setzen sich aus dem Strombedarf und aus der Nutzung von Fernwärme zusammen.
- Der mit der Scope 1 Berechnung ermittelte Wärmebedarf für Heizwärme und Warmwasser lässt sich bei der Berechnung der Scope 2 Emissionen als optionaler Eingangsparameter nutzen. Damit wird der Modellwert (basierend auf SIA 2024) übersteuert und für Scope 1 und Scope 2 konsistente Werte gemäss SIA 380/1 verwendet.  
Hinweis: für den PACTA Klimatest ist zwingend der Energiebedarf aus Scope 1 für die Berechnung der Scope 2 THGE zu verwenden (vgl. 4.3).
- Die Stromproduktion einer Photovoltaik-Anlage (PV) kann mittels Angabe der installierten Fläche oder Leistung geschätzt und beim Strombedarf des Gebäudes angerechnet werden.
- Die Emissionskoeffizienten für die THGE von Strom (standardmäßig KBOB CH Verbrauchermix) und Fernwärme (standardmäßig KBOB Durchschnitt Netze CH) können als optionale Eingangsparameter für die Berechnung eingegeben werden. So kann z.B. der spezifische Treibhausgaskoeffizient des lokalen Energieversorgers verwendet werden.
- Falls die Angabe vorhanden ist, kann der Gesamtstrombedarf eines Gebäudes als optionaler Eingabeparameter spezifiziert werden. Zum Gesamtstrombedarf gehört sämtlicher im Gebäude benötigter Strom. Dazu gehören u.a. Allgemeinstrom, Eigentümerstrom und Mieterstrom.
- Falls gewünscht und die Angaben vollständig vorhanden sind, kann zusammen mit dem Gesamtstrombedarf auch der Mieterstrombedarf angegeben werden. Der Mieterstrom wird, falls angegeben, im Modell anteilig berücksichtigt und im Resultat separat ausgewiesen.

## Einführung der Berechnung der Scope 3 THGE aus Gebäudematerialien (graue Energie)

- Neu kann für ein Gebäude analog zu Scope 1 und Scope 2 mit der Angabe von wenigen Gebäudemerkmale eine Grobabschätzung der THGE bzw. der nicht erneuerbaren Primärenergie – der sogenannten «grauen Energie» – berechnet werden. Diese THGE werden dem Scope 3 zugeordnet und umfassen u.a. die graue Energie aus der Erstellung, Sanierung, Rückbau, Entsorgung und Transport.

<sup>3</sup> Für den PACTA Klimatest 2024 wurde die manuelle Eingabe von U-Werten nicht genutzt.

<sup>4</sup> [CO2-Emissionsfaktoren des schweizerischen Treibhausgasinventars \(admin.ch\)](#)

- Das Modell bietet eine Vielzahl optionaler Eingangsparameter an, die zur Anpassung von Modellannahmen und zur Übersteuerung der vom Modell geschätzten Bezugsgrössen (z.B. Bauteilflächen) dienen.
- Neben der nicht erneuerbaren Primärenergie und der THGE liefert das Scope 3 Modell auch Informationen zum noch nicht amortisierten Restwert der grauen Energie und berechnet verschiedene Szenarien als Diskussionsgrundlage für die Weiterentwicklung eines Gebäudes und zur Veranschaulichung des Effekts verschiedener Varianten auf die THGE aus der grauen Energie der Gebäudematerialien.
- Die Entwicklung des Scope 3 Moduls wurde durch eine externe Validierungsstudie am IFZ der HSLU von L. Fister et al. (2023) begleitet. Durch die Zusammenarbeit mit der HSLU wurden die Ergebnisse validiert und die Robustheit des Modells im Rahmen der Studie verbessert. Die Erkenntnisse sind in die Entwicklung des PACTA CO2-Rechners in dessen Scope 3 Modell eingeflossen.

## 1.2 Treibhausgas-Bilanzierung nach GHG Protocol für Gebäude im Kontext von PACTA

Die Bilanzierung von THGE gemäss Greenhouse Gas (GHG) Protocol ist weit verbreitet und unterscheidet die drei Scopes 1,2 und 3. Für das PACTA Immobilienmodell wird diese Logik aus Sicht des Gebäudeparks gemäss Treibhausgasinventar der Schweiz verwendet.

### Scope 1: direkte Emissionen

Die Emissionen im Scope 1 umfassen Treibhausgase, die direkt aus Quellen emittiert werden, die unter der Kontrolle der jeweiligen Einheit stehen. Im Zusammenhang mit Gebäuden gehören dazu in der Regel die Emissionen aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen vor Ort, z. B. in einer Ölheizung zur Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser. Diese Emissionen stehen in direktem Zusammenhang mit den Aktivitäten der Entität, hier des Gebäudes.

Der PACTA CO2-Rechner berechnet im Scope 1 die direkten THGE, die mit der Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser verbunden sind und bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen anfallen.

### Scope 2: indirekte, energiebezogene Emissionen

In Scope 2 werden THGE zusammengefasst, die indirekt – d.h. nicht vor Ort – bei der Erzeugung von Energie entstehen, die das Gebäude für den Betrieb benötigt. Dazu gehören vor allem Emissionen, die bei der Erzeugung von Strom, Wärme oder Dampf entstehen, die das Gebäude von Energieversorgern bezieht. So werden beispielsweise die Emissionen, die bei der Erzeugung von Strom in einem Kohlekraftwerk entstehen, den ein Gebäude für den Betrieb nutzt, zum Scope 2 gezählt. Diese Emissionen sind aus Sicht des Gebäudeparks indirekt, da sie nicht direkt von der Entität bzw. dem Gebäude verursacht werden, sondern bei der Nutzung der Energie an einem anderen Ort – hier im Kohlekraftwerk – entstehen. Aus Sicht des Gebäudeparks wird der gesamte Strombedarf des Gebäudes inkl. Mieterstrom dem Scope 2 zugerechnet.

Der PACTA CO2-Rechner ermittelt im Scope 2 die indirekten Emissionen, die mit dem Strom- und Wärmebedarf (aus Elektrizität und Fernwärme) des untersuchten Gebäudes verbunden sind.

### Scope 3: sonstige indirekte Emissionen

Unter Scope 3 wird ein breites Spektrum an indirekten Emissionen zusammengefasst, die mit den Aktivitäten der Einheit bzw. des Gebäudes verbunden sind, aber ausserhalb ihres direkten organisatorischen Bereichs entstehen. Dazu gehören beispielsweise THGE aus der Produktion und dem Transport von Materialien, der Verwendung von Produkten, der Anreise von Mitarbeitern, Abfallaktivitäten, oder Investitionen. So können bei Gebäuden z.B. Emissionen, die mit der Herstellung von Baumaterialien verbundenen sind oder die durch Reisen von Personen zum Gebäude entstehen, Scope 3 zugeordnet werden.

Der PACTA CO2-Rechner ermittelt im Scope 3 nur die indirekten THGE, die mit der Herstellung der Materialien, der Erstellung des Gebäudes, der Sanierung während dem Lebenszyklus, dem Rückbau und der Entsorgung des Gebäudes anfallen (einschliesslich Transport). **Die Werte können nicht direkt mit denjenigen aus der Betriebsenergie in Scope 1 und 2 verglichen und auch nicht dazu addiert werden, weil dabei unterschiedliche Zeithorizonte betrachtet werden und auch unterschiedliche Massnahmen zu deren Vermeidung zur Anwendung kommen.**

# 2 Installation R-Package

Der PACTA CO2-Rechner wurde in der frei verfügbaren Statistik- und Programmiersprache R entwickelt und liegt als Erweiterung – als sogenanntes R-Package – vor. Es kann nach Abschluss des PACTA Klimatests 2024 beim BAFU bezogen werden.<sup>5</sup>

Im Folgenden wird die Installation des R-Packages beschrieben. Es bestehen keine Abhängigkeiten zu anderen R-Packages und es funktioniert mit aktuellen Versionen von R auf verschiedenen Betriebssystemen.

Der Quellcode des R-Packages ist offen zugänglich. Details zur Struktur zeigt der Anhang A 1.

## Systemvoraussetzungen und Installation

- Betriebssystem: Windows, macOS, Linux
- Version der R-Installation: >= 4.0.0 (eine aktuelle Version kann von CRAN<sup>6</sup> bezogen werden)
- R-Package des PACTA CO2-Rechners als tar.gz-Datei (co2calculatorPACTA2024\_2.0.0.tar.gz)

Zur Installation des R-Packages kann in der R-Konsole folgender Befehl ausgeführt werden:

```
install.packages("co2calculatorPACTA2024_2.0.0.tar.gz", repos = NULL, type = "source")
```

Falls die tar.gz-Datei nicht im aktuellen Arbeitsverzeichnis liegt, muss der Pfad zur tar.gz-Datei auch angegeben werden.

Beispiel: die tar.gz-Datei liegt im Verzeichnis /Users/foo/bar:

```
install.packages(  
  "/Users/foo/bar/co2calculatorPACTA2024_2.0.0.tar.gz",  
  repos = NULL,  
  type = "source"  
)
```

In der weit verbreiteten Programmierumgebung RStudio<sup>7</sup> lässt sich das Package auch interaktiv in der grafischen Benutzeroberfläche über den Package Manager installieren.

Nach erfolgreich abgeschlossener Installation erscheint in der R-Konsole die folgende Meldung:

```
* DONE (co2calculatorPACTA2024)
```

Das R-Package lässt sich nun mit dem folgenden Befehl laden:

```
library(co2calculatorPACTA2024)
```

Die folgende Meldung zeigt, dass das R-Package erfolgreich geladen werden konnte:

```
#> Package co2calculatorPACTA2024 2.0.0 loaded
```

## Anwendung und Hilfe

Jede Funktion und jeder Datensatz im R-Package enthalten eine ausführliche technische Dokumentation der Eingabeparameter, der Ergebnisse und Anwendungsbeispiele. Diese Dokumentation lässt sich mit dem Befehl `help("Funktionsname")` aufrufen:

```
help("calculate_scope1_emissions") # öffnet die Hilfe der Funktion `calculate_scope1_emissions`  
help("climate") # öffnet die Hilfe des Datensatzes `climate`
```

<sup>5</sup> Siehe auch [www.bafu.admin.ch/klima-finanzmarkt](http://www.bafu.admin.ch/klima-finanzmarkt)

<sup>6</sup> The Comprehensive R Archive Network (CRAN), <https://cran.r-project.org/>

<sup>7</sup> RStudio, <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>

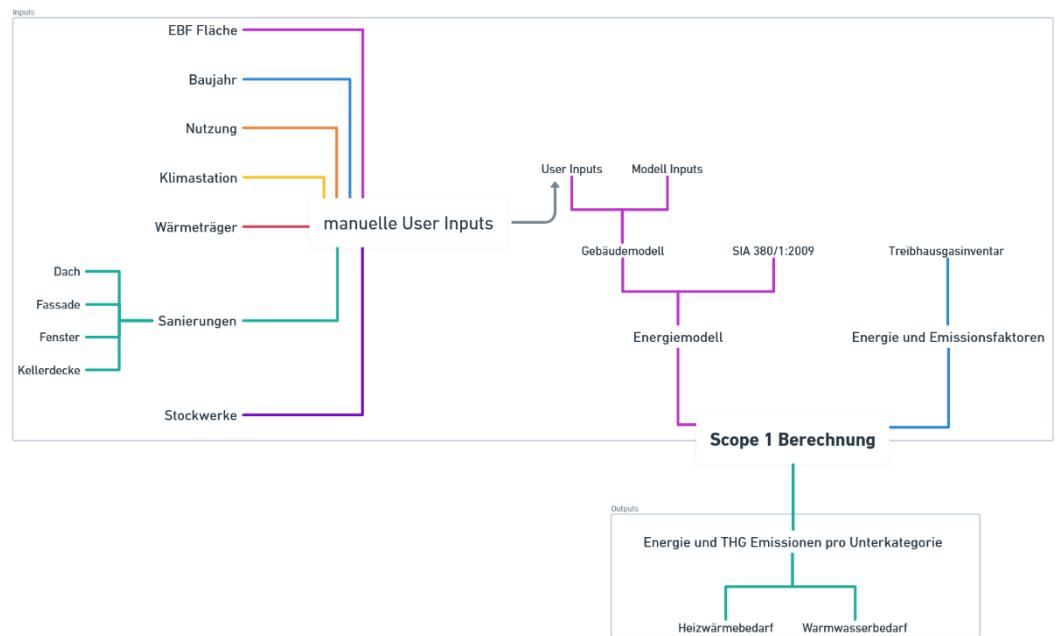
# 3 Scope 1: Energie & Emissionen

In Scope 1 werden beim PACTA CO2-Rechner jene Emissionen ausgewiesen, welche bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen in einer Öl- und Gasheizung zur Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser entstehen (vgl. 1.2).

Das Modul zur Berechnung des Energiebedarfs und der THGE für Heizwärme und Warmwasser basiert primär auf der SIA-Norm 380/1:2009 «Thermische Energie im Hochbau». Mittels Eingabe von wenigen Gebäudemerkmalen (siehe Schritt 1 unten) wird ein Gebäudemodell erzeugt und dessen Energiebedarf ermittelt. Abhängig vom gewählten Energieträger (Öl oder Gas) werden die THGE mit den Emissionsoffizienten aus dem BAFU Treibhausgasinventar berechnet (vgl. A 2). Für andere gewählte Energieträger (z.B. Fernwärme) wird in Scope 1 zwar der Energiebedarf für Heizwärme und Warmwasser ermittelt, die THGE fallen allerdings nicht in Scope 1, sondern in Scope 2 an (vgl. Abschnitt 4).

## 3.1 Scope 1 Berechnungsmethodik

Abbildung 1 Modul Scope 1 Berechnungsablauf



Quelle: FPRE

### Schritt 1: Eingabe der Gebäudemerkmale

Im ersten Schritt werden die obligatorischen und die optionalen Gebäudemerkmale eingegeben. Für die Berechnung benötigt das Modul Scope 1 des PACTA CO2-Rechners folgende Angaben:

- Energiebezugsfläche (EBF, beheizte Fläche innerhalb der thermischen Gebäudehülle)
- Anzahl Stockwerke (beheizt)
- Gebäude Baujahr
- Gebäudehauptnutzung
- Klimaparameter der nächstgelegenen Messstation
- Energiequelle für Heizung und Warmwasser
- Energiezertifikat vorhanden (Minergie oder vergleichbares Zertifikat)

- Jeweilige Sanierungsjahre von Fassade, Dach, Fenster und Keller (optional)
- Installationsjahr der Heizung (optional)
- Manuelle Spezifikation von bestimmten Modellannahmen (optional)

Eine vollständige Auflistung und Beschreibung aller Funktionsparameter ist in 3.3 zu finden. Eine vollständige Liste aller Wertelisten (für Angaben mit Aufzählungstypen) ist in A 4 zu finden. Im Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) sind per Ende 2023 alle obligatorischen Angaben als Merkmale hinterlegt oder lassen sich daraus ableiten (vgl. Methodik für den PACTA Klimatest 2024 im Abschnitt 7.3). Allerdings sind die Merkmale nicht für alle Gebäude gleichermaßen vollständig und aktuell. Für weitere Informationen dazu siehe auch <http://www.bafu.admin.ch/co2-rechner-gebaeude>.

## **Schritt 2: Gebäudemodell und Berechnungsparameter festlegen**

Ausgehend von den spezifizierten Gebäudemerkmalen werden in einem ersten Schritt ein Gebäudemodell und Berechnungsparameter definiert:

- Aus dem Gebäudemodell werden Bauteile mit Wärmeflüssen und deren Dimensionierung (Flächen) wie Fenster, Wände, Dach oder Kellerdecke abgeleitet.
- Abhängig von den Gebäudemerkmalen (Baujahr, Sanierungen, Zertifikat) werden danach Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) pro Bauteil bestimmt. Die U-Werte des Modells lassen sich auch durch eigene Angaben übersteuern, siehe Parameter `sc1_options` in Tabelle 1.
- Die klimatischen Bedingungen am Gebäudestandort (vgl. 6.1) werden mit jenen der nächstgelegenen Klimastation festgelegt.
- Für die Berechnung des Energiebedarfs von Heizwärme und Warmwasser werden nutzungsabhängige Berechnungsparameter (vgl. 6.2 und 6.3) angenommen.

## **Schritt 3: Bestimmung des Energiebedarfs für Heizwärme und Warmwasser**

Basierend auf den in Schritt 2 hergeleiteten und definierten Gebäudeeigenschaften wird der Energiebedarf für die Heizwärme und den Warmwasserbedarf berechnet. Das Energiemodell basiert dabei auf der der SIA-Norm 380/1:2009 «Thermische Energie im Hochbau». Der Energiebedarf wird unter dem Einbezug von Wärmegewinnen und -verlusten und unter der Berücksichtigung der Gebäudeisolation, der Nutzung und der Klimabedingungen berechnet. Wärmegewinne resultieren durch Sonneneinstrahlung, die Anwesenheit von Personen und durch Abwärme von elektrischen Geräten. Wärmeverluste resultieren durch Transmissionsverluste nach Außen und durch die Lüftung.

Der resultierende Energiebedarf für die Heizwärme und das Warmwasser wird in Kilowattstunden pro Quadratmeter Energiebezugsfläche pro Jahr angegeben (kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr).

## **Schritt 4: Berechnung der Scope 1 THGE**

Abhängig vom gewählten Energieträger wird ein Emissionskoeffizient definiert (vgl. A 2). Der Emissionskoeffizient wird mit dem berechneten Energiebedarf aus Schritt multipliziert. Daraus resultieren die jährlichen Scope 1 THGE in Kilogramm pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (kg CO<sub>2</sub>-eq./m<sup>2</sup> pro Jahr) und summiert über die ganze Energiebezugsfläche in Kilogramm pro Jahr (kg CO<sub>2</sub>-eq. pro Jahr).

Für die Energieträger Öl und Gas wird zusätzlich abhängig vom angegebenen Installationsjahr der Heizungsanlage ein Effizienzkoeffizient definiert. Damit wird die geringere Effizienz von älteren Heizsystemen mit fossilen Brennstoffen berücksichtigt.

### **Normative Grundlagen für die Berechnung:**

- SIA 380/1 (2009) «Thermische Energie im Hochbau»
- SIA 2028 (2010) «Klimadaten für Bauphysik, Energie und Gebäudetechnik»

Im Abschnitt 6 sind die für Scope 1 im R-Package enthaltenen Datensätze aufgeführt und beschrieben.

---

### 3.2 Energiezertifikate

Die unten aufgeführten Energiezertifikate für das Gebäude können für die Berechnung von Energiebedarf und THGE in Scope 1 berücksichtigt werden, wenn das Vorhandensein bei der Eingabe der Gebäudemerkmale angegeben wird:

- Minergie, Minergie-P, Minergie-A
  - GEAK Gesamteffizienz Klasse A
  - SNBS Silber, Gold, Platin
  - Weitere, mit der obigen Aufzählung vergleichbare Energiezertifikate
- 

### 3.3 Berechnungsfunktion `calculate_scope1_emissions`

Für die Berechnung der Scope 1 THGE ist im R-Package `co2calculatorPACTA2024` die Funktion `calculate_scope1_emissions` verfügbar. Die Funktion hat obligatorische und optionale Argumente und berechnet daraus gemäss den in 3.1 geschilderten Schritten den Energiebedarf für Heizwärme und Warmwasser sowie die Scope 1 THGE.

#### Beispiel

Die Berechnung für ein mit Gas geheiztes, vierstöckiges Mehrfamilienhaus im Raum Kloten ZH mit Baujahr 1981, mit Sanierungen der Fassade und Fenster im Jahr 2010 und einer Energiebezugsfläche von 1000m<sup>2</sup> wird wie im Beispiel unten aufgerufen:

```
# Scope 1 Berechnung aufrufen
ex1_scope1 <- calculate_scope1_emissions(
  area = 1000,
  floors = 4,
  year = 1981,
  utilisation_key = 1,
  climate_code = "KLO",
  energy_carrier = "gasHeating",
  walls_refurb_year = 2010,
  roof_refurb_year = 2010,
  heating_install_year = 2010)

# Resultat anschauen
str(ex1_scope1)
#> List of 3
#> $ energy_demand :List of 6
#>   ..$ total_per_area: num 84
#>   ..$ heat_per_area : num 63.1
#>   ..$ dhw_per_area  : num 20.8
#>   ..$ total         : num 83969
#>   ..$ heat          : num 63135
#>   ..$ dhw           : num 20833
#> $ sc1_emission_coefficient:List of 3
#>   ..$ emission_coefficient      : num 0.201
#>   ..$ heating_efficiency_coefficient : num 0.94
#>   ..$ emission_coefficient_efficiency_adjusted: num 0.214
#> $ sc1_emissions :List of 2
#>   ..$ total_per_area: num 18
#>   ..$ total        : num 17976
```

#### Aufruf der Hilfe

Die Funktion hat in Ergänzung dieses Dokuments eine integrierte Dokumentation. Diese erklärt alle Funktionsargumente, erläutert das Berechnungsresultat und zeigt Beispieldaufrufe. Die Hilfe lässt sich wie folgt aufrufen:

```
help("calculate_scope1_emissions")
```

## Eingabe der Funktionsargumente

Tabelle 1 Funktionsargumente *calculate\_scope1\_emissions*

Funktionsargument	Beschreibung	Einheit	Angabe	Standard
area	Energiebezugsfläche	m <sup>2</sup>	obligatorisch	-
floors	Anzahl oberirdische Stockwerke (beheizt)	-	obligatorisch	-
year	Gebäude Baujahr	-	obligatorisch	-
utilisation_key	Hauptnutzung (vgl. A 4)	-	obligatorisch	-
climate_code	Code Klimastation (vgl. A 4)	-	obligatorisch	-
energy_carrier	Energieträger (vgl. A 4)	-	obligatorisch	-
has_certificate	Energiezertifikat vorhanden (Minergie oder vergleichbar)	-	obligatorisch	FALSE
walls_refurb_year	Sanierungsjahr Fassade	-	optional	-
roof_refurb_year	Sanierungsjahr Dach	-	optional	-
windows_refurb_year	Sanierungsjahr Fenster	-	optional	-
floor_refurb_year	Sanierungsjahr Kellerdecke	-	optional	-
heating_install_year	Installationsjahr der Heizung	-	optional	Modell
sc1_options				
energy_demand_heat	Manuelle Eingabe Energiebedarf Heizwärme	kWh/m <sup>2</sup> EBF.a	optional	Modell
energy_demand_dhw	Energiebedarf Warmwasser	kWh/m <sup>2</sup> EBF.a	optional	Modell
u_value_walls	U-Wert Fassade	W/(m <sup>2</sup> *K)	optional	Modell
u_value_roof	U-Wert Dach	W/(m <sup>2</sup> *K)	optional	Modell
u_value_windows	U-Wert Fenster	W/(m <sup>2</sup> *K)	optional	Modell
u_value_floor	U-Wert Kellerdecke	W/(m <sup>2</sup> *K)	optional	Modell
emission_coefficient	Emissionskoeffizient (vgl. A 2)	kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh	optional	vgl. A 2

## Ausgabe Berechnungsresultat

Tabelle 2 Resultat *calculate\_scope1\_emissions*

Element	Beschreibung	Einheit
energy_demand		
total_per_area	Total Energiebedarf Scope 1 pro m <sup>2</sup> EBF pro Jahr	kWh/m <sup>2</sup> EBF.a
heat_per_area	Total Energiebedarf Scope 1 pro m <sup>2</sup> EBF pro Jahr – Heizwärme	kWh/m <sup>2</sup> EBF.a
dhw_per_area	Total Energiebedarf Scope 1 pro m <sup>2</sup> EBF pro Jahr – Warmwasser	kWh/m <sup>2</sup> EBF.a
total	Total Energiebedarf Scope 1 pro Jahr	kWh/a
heat	Total Energiebedarf Scope 1 pro Jahr – Heizwärme	kWh/a
dhw	Total Energiebedarf Scope 1 pro Jahr – Warmwasser	kWh/a
sc1_emission_coefficient		
emission_coefficient	THGE-Koeffizient gemäss BAFU Treibhausgasinventar (vgl. A 2)	kg/kWh
heating_efficiency_coefficient	Effizienzkoeffizient der Heizung	
emission_coefficient_efficiency_adjusted	THGE-Koeffizient unter Berücksichtigung von heating_efficiency_coefficient	kg/kWh
sc1_emissions		
total_per_area	Total Emissionen Scope 1 pro m <sup>2</sup> EBF pro Jahr	kgCO <sub>2</sub> -eq/m <sup>2</sup> EBF.a
total	Total Emissionen Scope 1 pro Jahr	kgCO <sub>2</sub> -eq/a

# 4 Scope 2: Energie & Emissionen

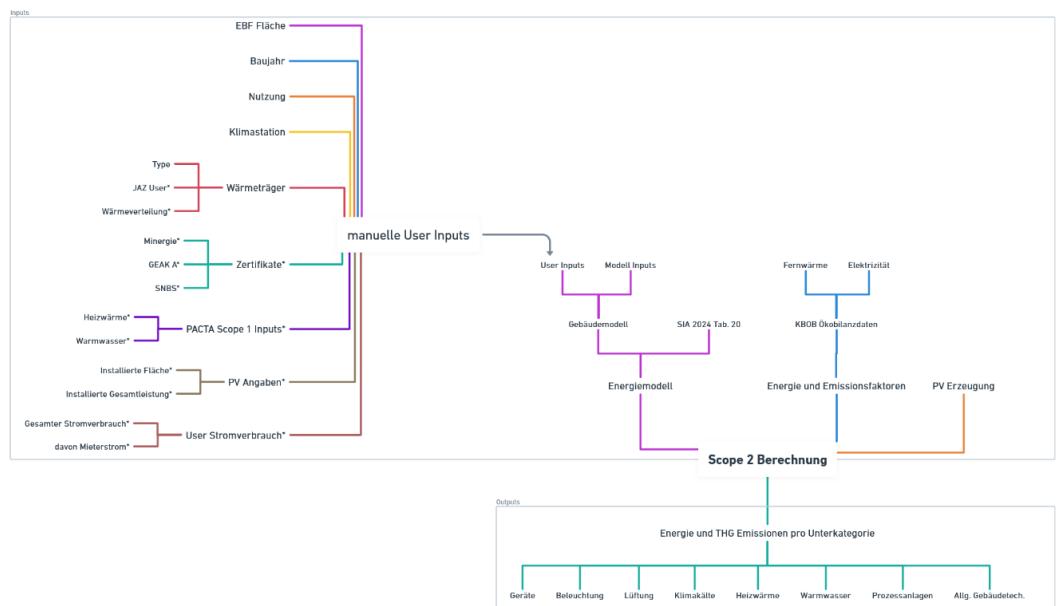
In Scope 2 (vgl. 1.2) ermittelt der PACTA CO2-Rechner die indirekten Emissionen, die mit dem Stromverbrauch aus Elektrizität und Wärmeverbrauch aus Fernwärme des untersuchten Gebäudes verbunden sind.

Das Modul basiert auf u.a. auf der SIA-Norm 2024:2021 «Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik» und stützt sich damit auf gebräuchliche Kenngrößen für den Energiebedarf eines Gebäudes ab. Weitere geltende Normen komplettieren das Modell (vgl. Abschnitt 4.1).

Das Modul zur Berechnung des Scope 2 Energiebedarfs und der daraus entstehenden THGE ist vom Grundprinzip her ähnlich wie jenes von Scope 1 konzipiert (vgl. Abschnitt 3): durch die Eingabe von wenigen Gebäudemerkmalen kann ein Modell der Scope 2 THGE eines Gebäudes erstellt werden. Mit optionalen Angaben kann das Modellergebnis weiter verfeinert werden.

## 4.1 Scope 2 Berechnungsmethodik

Abbildung 2 Modul Scope 2 Berechnungsablauf



Quelle: FPRE

### Schritt 1: Eingabe der Gebäudemerkmale

Im ersten Schritt werden die obligatorischen und die optionalen Gebäudemerkmale eingegeben. Für die Berechnung benötigt das Modul Scope 2 des PACTA CO2-Rechners folgende Angaben:

- Obligatorische Angaben: Energiebezugsfläche, Baujahr, Nutzung, Klimastation und Energieträger. Diese Gebäudemerkmale werden alle auch bereits für die Scope 1 Berechnung verwendet.
- Optionale Angaben: u.a. Angabe zur installierten Fläche oder Leistung einer gebäudeeigenen Photovoltaikanlage, Wärmebedarf für Heizwärme und Warmwasser oder Vorhandensein eines Energiezertifikats (Minergie oder vergleichbar). Die optionalen Angaben ermöglichen eine feinere Steuerung des Modells und übersteuern modellinterne Parameter.

Eine vollständige Auflistung und Beschreibung aller obligatorischen und optionalen Funktionsparameter ist in Abschnitt 4.6 zu finden. Eine vollständige Liste aller Wertelisten (für Angaben mit Aufzählungstypen) ist im Anhang A 4 zu finden. Im Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) sind per Ende 2023 alle obligatorischen Angaben als Merkmale hinterlegt oder lassen sich daraus ableiten (vgl. Methodik für den PACTA Klimatest 2024 im Abschnitt 7.3). Allerdings sind die Merkmale nicht für alle Gebäude gleichermassen vollständig und aktuell. Für weitere Informationen dazu siehe auch

<http://www.bafu.admin.ch/co2-rechner-gebaeude>. Die installierte Leistung einer Photovoltaik-Anlage lässt sich aus Daten zu Elektrizitätsproduktionsanlagen des Bundesamtes für Energie (BFE) ermitteln. Abschnitt 7.4 erklärt, wie diese Daten im Rahmen des PACTA Klimatests 2024 verwendet wurden.

## Schritt 2: Erstellung Gebäudemodell und Modellierung Energieverbrauch

In einem zweiten Schritt werden die Modellparameter definiert oder durch manuelle Eingaben übersteuert. Aus den Eingaben wird dann das Gebäudemodell erstellt, welches anschliessend für die Berechnung des Energieverbrauchs genutzt wird. Das Modell basiert dabei hauptsächlich auf der SIA-Norm 2024:2021 «Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik». Je nach Baujahr und Nutzung des Gebäudes wird ein Energiebedarf für das Gebäude ermittelt. Zudem wird auch das Vorhandensein von Photovoltaikanlagen berücksichtigt (vgl. 4.5).

- Ermittlung der Berechnungsgrundlagen des Modells aus den Normgrundlagen (vgl. normative Grundlagen für die Berechnung unten) basierend auf den eingegebenen Gebäudemerkmalen wie z.B. Baujahr oder Energiezertifikat.
- Optionale Angaben werden für die Gebäudemodellierung verwendet und übersteuern die sonst modellierten internen Werte des Modells.
- Berechnung der Energieverbräuche
- Berechnung der Produktion von Elektrizität durch gebäudeeigene Photovoltaikanlagen (falls vorhanden)

## Schritt 3: Berechnung des Scope 2 Energiebedarfs und THGE

Je nach Energiequelle werden die Emissionsfaktoren bestimmt. Die Emissionen werden unter Berücksichtigung des Vorhandenseins von Photovoltaikanlagen berechnet.

- Bestimmung der Emissionsfaktoren abhängig von der Energiequelle (vgl. Abschnitt A 2)
- Berechnung der Emissionen
- Bilanzierung von Energiebedarf und Emissionen

Sobald die Berechnung abgeschlossen ist, wird eine Bilanz des Scope 2 Energiebedarf und der THGE pro Unterkategorien in Tabellenform angezeigt.

Der resultierende Scope 2 Energiebedarf wird in der Einheit Kilowattstunde (kWh) pro Quadratmeter (m<sup>2</sup>) Energiebezugsfläche und pro Jahr angegeben (kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr). Daraus resultieren die jährlichen Scope 2 THGE in Kilogramm pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (kg CO<sub>2</sub>-eq./m<sup>2</sup> pro Jahr) und summiert über die ganze Energiebezugsfläche in Kilogramm pro Jahr (kg CO<sub>2</sub>-eq. pro Jahr).

### Normative Grundlagen für die Berechnung:

- SIA 384/3 (2020) «Heizungsanlagen in Gebäuden Energiebedarf»
- SIA 2024 (2021) «Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik»
- SIA 2028 (2010) «Klimadaten für Bauphysik, Energie und Gebäudetechnik»
- SIA 2056 (2019) «Elektrizität in Gebäuden - Energie- und Leistungsbedarf»
- Ökobilanzdaten im Baubereich - KBOB / V2022 V3

Im Abschnitt 6 sind die für Scope 2 im R-Package enthaltenen Datensätze aufgeführt und beschrieben.

---

## 4.2 Mieterstrom und Eigentümerstrom

Der Gesamtstromverbrauch des Gebäudes kann manuell eingegeben werden. Dieser umfasst den gesamten Stromverbrauch des Gebäudes (einschliesslich der elektrischen Heizung), wobei auch der Verbrauch vom Allgemeinstrom in den Gemeinschaftsbereichen (u.a. Treppenhaus, Tiefgarage, Keller), aber auch der Stromverbrauch der Nutzenden bzw. der Mieterschaft (Wohnung, Büro, Verkauf, usw.) berücksichtigt wird.

Dazu kann auch separat der Nutzerstrom (z.B. Mieterstrom) eingegeben werden. Die Verteilung «Eigentümerstrom» und «Nutzerstrom» wird entsprechend gerechnet und in den Resultaten ausgewiesen.

---

#### **4.3 Inputs Modul Scope 1 für den PACTA Klimatest 2024**

Der PACTA CO2-Rechner ermittelt im Modul Scope 1 (vgl. 3) den Wärmebedarf für die Heizwärme und Warmwasser (basierend auf der SIA-Norm 380/1:2009). Es wird empfohlen, den ermittelten Wärmebedarf aus Scope 1 für Heizwärme und Warmwasser als optionale Eingabe bei der Berechnung von Scope 2 zu verwenden (siehe Parameter `sc2_options`). Dies garantiert eine vergleichbare Berechnungsgrundlage für den Wärmebedarf von Scope 1 und Scope 2 z.B. für den PACTA Klimatest 2024 (vgl. Abschnitt 7.9). Die manuellen Eingaben für die Heizwärme und Warmwasser übersteuern die ansonsten aus der SIA-Norm 2024:2021 abgeleiteten Kennzahlen für den Wärmebedarf.

---

#### **4.4 Energiezertifikate**

Die in Abschnitt 3.2 aufgeführten Energiezertifikate können auch für die Berechnung von Energiebedarf und THGE in Scope 2 berücksichtigt werden, wenn das Vorhandensein bei der Eingabe der Gebäudemerkmale angegeben wird.

---

#### **4.5 Photovoltaikanlage (PV)**

Die Produktion von Photovoltaikstrom kann auf zwei Arten definiert werden:

- Definition der installierten PV-Gesamtleistung in kW (früher auch kWp)
- Definition der installierte PV-Fläche

Falls beide Angaben, d.h. sowohl installierte Leistung als auch installierte Fläche, eingegeben werden, wird die installierte PV-Gesamtleistung für die Berechnung bevorzugt. Die erzeugte Solarstromproduktion wird standortabhängig (d.h. abhängig von der zugewiesenen Klimastation) geschätzt.

Bei der Berechnung des Energiebedarfs und der THGE wird die Stromproduktion aus einer PV-Anlage berücksichtigt. Dabei wird angenommen, dass der produzierte Strom zur Deckung des Energiebedarfs des Gebäudes beiträgt. Bei der Bilanzierung des Energiebedarfs kann bei Positionen, welche den Bedarf mittels Elektrizität decken, die Produktion von Solarstrom anteilig vom Energiebedarf abgezogen werden (z.B. beim Energiebedarf für eine Wärmepumpe). Dabei kann der resultierende Energiebedarf nicht kleiner 0 sein. Überschüssiger, nicht zur Deckung des Energiebedarfs verwandelter Strom aus einer PV-Anlage wird in der Scope 2 Modellierung nicht zur Kompensation von weiteren Emissionen (z.B. durch Fernwärme) verwendet.

Die Emissionen von lokaler Stromproduktion mittels PV-Anlage sind in Absprache mit dem BAFU mit einem Emissionskoeffizienten von 0 in der Berechnung der Scope 2 Gesamtemissionen berücksichtigt worden.

Die Berechnung der PV-Produktion stützt sich vorwiegend auf die SIA-Norm 2056:2019 «*Elektrizität in Gebäuden - Energie- und Leistungsbedarf*» ab.

---

#### **4.6 Berechnungsfunktion `calculate_scope2_emissions`**

Für die Berechnung der Scope 2 THGE ist im R-Package `co2calculatorPACTA2024` die Funktion `calculate_scope2_emissions` verfügbar. Die Funktion hat obligatorische und optionale Argumente und berechnet daraus gemäss den in 4.1 geschilderten Schritten den Energiebedarf sowie die Scope 2 THGE.

##### **Beispiel**

Die Berechnung für ein mit einer Wärmepumpe (Luft-Wasser) geheiztes Mehrfamilienhaus im Raum Kloten ZH mit Baujahr 1981 und einer Energiebezugsfläche von 1000m<sup>2</sup> wird wie im Beispiel unten aufgerufen, die optionale Angabe des Wärmebedarfs für Heizwärme und Warmwasser wurde aus der Scope 1 Berechnung in 3.3 übernommen:

```
# Scope 2 Berechnung aufrufen
ex1_scope2 <- calculate_scope2_emissions(
  area = 1000,
  year = 1981,
  utilisation_key = 1,
  climate_code = "KLO",
  energy_carrier = "heatPumpAirWater",
  sc2_options = list(
    energy_demand_heat = 63.1, # Energiebedarf Heizwärme aus Scope 1
    energy_demand_dhw = 20.8   # Energiebedarf Warmwasser aus Scope 1
  ))
  
# Resultat anschauen
str(ex1_scope2, vec.len = 2)
#> List of 4
```

```

#> $ energy_demand :List of 7
#> ..$ total_per_area : num 59.7
#> ..$ total_owner_per_area : num 59.7
#> ..$ total_tenant_per_area : num 0
#> ..$ total_details_per_area:'data.frame': 8 obs. of 5 variables:
#> ...$ GRUPPE_ID : num [1:8] 1 2 3 4 5 ...
#> ...$ GRUPPE : chr [1:8] "Geräte" "Beleuchtung" ...
#> ...$ TOTAL_ENERGIE : num [1:8] 14.54 3.46 ...
#> ...$ EIGENTUEMER_ENERGIE: num [1:8] 14.54 3.46 ...
#> ...$ MIETER_ENERGIE : num [1:8] 0 0 0 0 ...
#> ..$ total : num 59737
#> ..$ total_owner : num 59737
#> ..$ total_tenant : num 0
#> $ sc2_emissions :List of 7
#> ..$ total_per_area : num 7.47
#> ..$ total_owner_per_area : num 7.47
#> ..$ total_tenant_per_area : num 0
#> ..$ total_details_per_area:'data.frame': 8 obs. of 5 variables:
#> ...$ GRUPPE_ID : num [1:8] 1 2 3 4 5 ...
#> ...$ GRUPPE : chr [1:8] "Geräte" "Beleuchtung" ...
#> ...$ TOTAL_EMISsIONEN : num [1:8] 1.818 0.433 ...
#> ...$ EIGENTUEMER_EMISsIONEN: num [1:8] 1.818 0.433 ...
#> ...$ MIETER_EMISsIONEN : num [1:8] 0 0 0 0 ...
#> ..$ total : num 7467
#> ..$ total_owner : num 7467
#> ..$ total_tenant : num 0
#> $ pv_electricity_production:List of 7
#> ..$ total_per_area : num 0
#> ..$ total_owner_per_area : num 0
#> ..$ total_tenant_per_area : num 0
#> ..$ total_details_per_area: NULL
#> ..$ total : num 0
#> ..$ total_owner : num 0
#> ..$ total_tenant : num 0
#> $ checks :List of 1
#> ..$ has_invalid_sc2_options: logi FALSE

```

### Aufruf der Hilfe

Die Funktion hat in Ergänzung dieses Dokuments eine integrierte Dokumentation. Diese erklärt alle Funktionsargumente, erläutert das Berechnungsresultat und zeigt Beispielaufrufe. Die Hilfe lässt sich wie folgt aufrufen:

```
help("calculate_scope2_emissions")
```

### Eingabe der Funktionsargumente

Tabelle 3 Funktionsargumente *calculate\_scope2\_emissions*

Funktionsargument	Beschreibung	Einheit	Angabe	Standard
area	Energiebezugsfläche	m2	obligatorisch	-
year	Gebäude Baujahr	-	obligatorisch	-
utilisation_key	Hauptnutzung (vgl. A 4)	-	obligatorisch	-
climate_code	Code Klimastation (vgl. A 4)	-	obligatorisch	-
energy_carrier	Energieträger (vgl. A 4)	-	obligatorisch	-
has_certificate	Energiezertifikat vorhanden (Minergie oder vergleichbar)	-	obligatorisch	FALSE
pv_power	Installierte Gesamtleistung PV-Anlage	kW	optional	-
pv_area	Installierte Fläche PV-Anlage	m2	optional	-
heat_distribution	Wärmeverteilung (vgl. A 4)	-	optional	"unknown"
sc2_options				
energy_demand_heat	Energiebedarf Heizwärme	kWh/m2EBF.a	Modell	
energy_demand_dhw	Energiebedarf Warmwasser	kWh/m2EBF.a	Modell	
total_electricity_demand	Gesamtstrom (Summe Allgemein-/Eigentümer- und Mieterstrom)	kWh/m2EBF.a	optional	
tenant_electricity_demand	Mieterstrom	kWh/m2EBF.a	optional	
district_heating_co2eq_coefficient	Emissionskoeffizient Fernwärme (vgl. A 2)	kgCO2-eq/kWh	optional	vgl. A 2
electricity_co2eq_coefficient	Emissionskoeffizient Strom (vgl. A 2)	kgCO2-eq/kWh	optional	vgl. A 2
energy_benchmark	SIA 2024 Gebäudekategorie: Standardwerte, Zielwerte, Bestand (vgl. A 4)	-	optional	Modell
seasonal_performance_factor_heat	Jahresarbeitszahl JAZ Heizung	-	optional	Modell
seasonal_performance_factor_dhw	Jahresarbeitszahl JAZ Warmwasser	-	optional	Modell

## Ausgabe Berechnungsresultat

Tabelle 4      Resultat *calculate\_scope2\_emissions*

Element	Beschreibung	Einheit
<u>energy_demand</u>		
total_per_area	Total Energiebedarf Scope 2 pro m2 EBF pro Jahr	kWh/m2EBF.a
total_owner_per_area	Total Energiebedarf Scope 2 pro m2 EBF pro Jahr – Teil Eigentümer	kWh/m2EBF.a
total_tenant_per_area	Total Energiebedarf Scope 2 pro m2 EBF pro Jahr – Teil Nutzer bzw. Mieter	kWh/m2EBF.a
total_details_per_area	Total Energiebedarf Scope 2 pro m2 EBF pro Jahr – detailliert pro Unterkategorie	kWh/m2EBF.a
total	Total Energiebedarf Scope 2 pro Jahr	kWh/m2EBF.a
total_owner	Total Energiebedarf Scope 2 pro Jahr – Teil Eigentümer	kWh/a
total_tenant	Total Energiebedarf Scope 2 pro Jahr – Teil Nutzer bzw. Mieter	kWh/a
<u>sc2_emissions</u>		kWh/a
total_per_area	Total Emissionen Scope 2 pro m2 EBF pro Jahr	kgCO2-eq/m2EBF.a
total_owner_per_area	Total Emissionen Scope 2 pro m2 EBF pro Jahr – Teil Eigentümer	kgCO2-eq/m2EBF.a
total_tenant_per_area	Total Emissionen Scope 2 pro m2 EBF pro Jahr – Teil Nutzer bzw. Mieter	kgCO2-eq/m2EBF.a
total_details_per_area	Total Emissionen Scope 2 pro m2 EBF pro Jahr – detailliert pro Unterkategorie	kgCO2-eq/m2EBF.a
total	Total Emissionen Scope 2 pro Jahr	kgCO2-eq/a
total_owner	Total Emissionen Scope 2 pro Jahr – Teil Eigentümer	kgCO2-eq/a
total_tenant	Total Emissionen Scope 2 pro Jahr – Teil Nutzer bzw. Mieter	kgCO2-eq/a
<u>pv_electricity_production</u>		
total_per_area	Total PV-Stromproduktion pro m2 EBF pro Jahr	kWh/m2EBF.a
total_owner_per_area	Total PV-Stromproduktion pro m2 EBF pro Jahr – Teil Eigentümer	kWh/m2EBF.a
total_tenant_per_area	Total PV-Stromproduktion pro m2 EBF pro Jahr – Teil Nutzer bzw. Mieter	kWh/m2EBF.a
total_details_per_area	Keine Angabe	kWh/m2EBF.a
total	Total PV-Stromproduktion pro Jahr	kWh/m2EBF.a
total_owner	Total PV-Stromproduktion pro Jahr – Teil Eigentümer	kWh/a
total_tenant	Total PV-Stromproduktion pro Jahr – Teil Nutzer bzw. Mieter	kWh/a
<u>checks</u>		
has_invalid_sc2_options	Sind aufgrund der im Funktionsargument `sc2_options` spezifizierten Angaben inkonsistente Berechnungen zu erwarten? WAHR oder FALSCH	

# 5 Scope 3: Energie & Emissionen

Da die Betriebsemissionen von Gebäuden aus Scope 1 und Scope 2 gemäss den Zielen des Bundes<sup>8</sup> bis 2050 auf Null sinken sollen, rückt die Dekarbonisierung der Bausubstanz in den Vordergrund<sup>9</sup>. Die grauen Emissionen sollten deshalb bereits früh in der strategischen Planung einbezogen werden. Die Berücksichtigung ist besonders dann wichtig, wenn Entscheidungen über die mögliche Weiterentwicklung (Sanierung, Abriss und Neubau) getroffen werden. So können z.B. die Renovation bestehender Gebäude und die Wiederverwendung vorhandener Materialien einen wichtigen Beitrag zur Reduktion der Scope 3 Emissionen leisten.

Das Modul Scope 3 ermittelt dazu die nicht-erneuerbare Primärenergie und weitere, indirekte THGE, welche durch die Herstellung und Entsorgung des Gebäudes (Herstellung, Bau, Sanierung, Rückbau, Entsorgung einschliesslich Transport und Materialien) anfallen (vgl 1.2). Das Modul basiert primär auf der SIA-Norm 2032:2020 «Graue Energie - Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden» und nutzt aktualisierte Ökobilanzdaten der KBOB.

Auch das Modul Scope 3 kann mit der Eingabe von wenigen Gebäudemerkmalen eine grobe Abschätzung der resultierenden Scope 3 THGE aus der grauen Energie des Gebäudes ermitteln. Verschiedene optionale Angaben ermöglichen eine verfeinerte Steuerung der Modellparameter und damit eine aussagekräftigere Berechnung der grauen Energie.

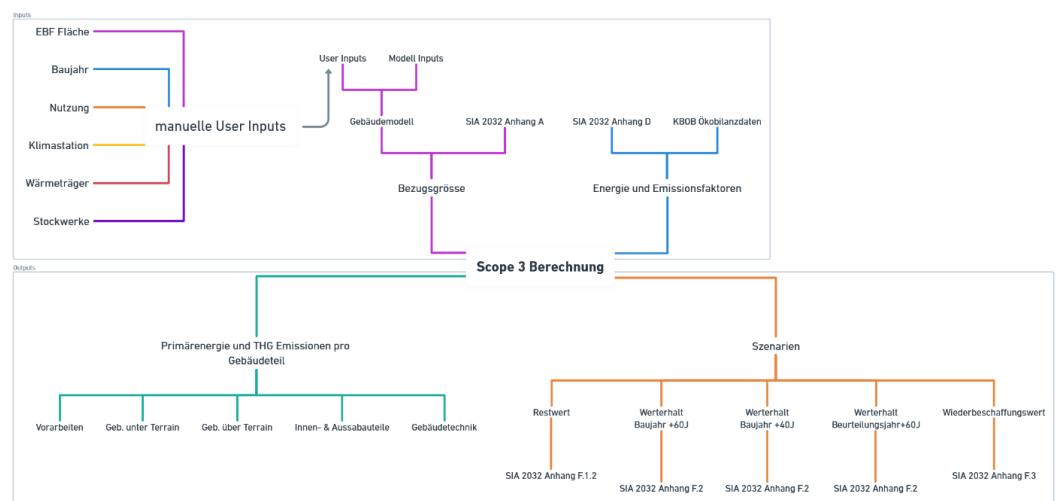
Der PACTA CO2-Rechner ermittelt im Scope 3 nur die indirekten THGE, die mit der Herstellung der Materialien, der Erstellung des Gebäudes, der Sanierung während dem Lebenszyklus, dem Rückbau und der Entsorgung des Gebäudes anfallen (einschliesslich Transport).

Die Entwicklung des Scope 3 Moduls wurde durch eine externe Validierungsstudie<sup>10</sup> am IFZ der HSLU begleitet. Durch die Zusammenarbeit mit der HSLU wurden die Ergebnisse validiert und die Robustheit des Modells im Rahmen der Studie verbessert. Die Erkenntnisse sind in die Entwicklung des PACTA CO2-Rechners in dessen Scope 3 Modell eingeflossen.

**Die Werte können nicht direkt mit denjenigen aus der Betriebsenergie in Scope 1 und 2 verglichen und auch nicht dazu addiert werden, weil dabei unterschiedliche Zeithorizonte betrachtet werden und auch unterschiedliche Massnahmen zu deren Vermeidung zur Anwendung kommen.**

## 5.1 Scope 3 Berechnungsmethodik

Abbildung 3 Modul Scope 3 Berechnungsablauf



Quelle: FPRE

<sup>8</sup> Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (KIG), Art. 4 (admin.ch)

<sup>9</sup> Faktenblatt Klimapositives Bauen, Bundesamt für Energie BFE (admin.ch)

<sup>10</sup> Die Validierungsstudie der HSLU ist auf <https://www.bafu.admin.ch/klima-finanzmarkt> publiziert.

## **Schritt 1: Eingabe der Gebäudemerkmale**

Im ersten Schritt werden die obligatorischen und die optionalen Gebäudemerkmale eingegeben. Für die Berechnung benötigt das Modul Scope 3 des PACTA CO2-Rechners folgende Angaben:

- Obligatorische Angaben: Energiebezugsfläche, Anzahl oberirdische Geschosse, Baujahr, Nutzung und Energieträger. Diese Gebäudemerkmale werden alle auch bereits für die Scope 1 Berechnung verwendet.
- Optionale Angaben: u.a. Anzahl Untergeschosse, Vorhandensein einer Tiefgarage, Vorhandensein einer PV-Anlage, Angaben zur Fundierung und zur Baugrubensicherung. Die optionalen Angaben ermöglichen eine feinere Steuerung des Modells und übersteuern modellinterne Annahmen (vgl. Tabelle 5).
- Weitere Modellparameter zur Feinjustierung des Modells können optional angegeben werden, dazu gehören u.a. die Geschoss Höhe, das Verhältnis von Gebäude Länge und -breite (Grundriss), Anteil Fenster- und Balkonfläche, Dachform, Anteil Dachfläche mit PV-Anlage, installierte PV-Gesamtleistung, installierte PV-Fläche, Anzahl Untergeschosse und Geschoss Höhe der Tiefgarage. Zudem kann für jedes Gebäudeteil (vgl. 6.6) die Bezugsgrößen manuell spezifiziert werden.

Eine vollständige Auflistung und Beschreibung aller obligatorischen und optionalen Funktionsparameter ist in 5.2 zu finden. Eine vollständige Liste aller Wertelisten (für Angaben mit Aufzählungstypen) ist in A 4 zu finden.

## **Schritt 2: Erstellung Gebäudemodell und Modellierung von Gebäudeeigenschaften**

Auf der Grundlage der eingegebenen Gebäudeparameter wird die Geometrie (Form, Abmessung) der verschiedenen Bauteile des Gebäudes modelliert und daraus die Bezugsgrößen wie z.B. die Bauteilfläche (BTF) abgeleitet:

- Ermittlung der Berechnungsgrundlagen des Modells aus den Normgrundlagen (vgl. normative Grundlagen für die Berechnung unten) basierend auf den eingegebenen Gebäudemerkmalen wie z.B. Baujahr oder Hauptnutzung.
- Optionale Angaben werden für die Gebäudemodellierung verwendet und übersteuern die sonst modellierten internen Werte des Modells.
- Berechnung der Bezugsgrößen für alle gemäss SIA 2032 verwendeten Gebäudeteile (z.B. Fensterfläche, Dachfläche, Wandflächen) anhand des Gebäudemodells. Der Rechner unterscheidet insgesamt 58 verschiedene Gebäudeteile, die sich auf die unten angegebenen Unterkategorien verteilen.

Die verschiedenen Gebäudeteile werden in Unterkategorien (Teilergebnisse) gemäss SIA-Norm 2032 Anhang A gegliedert. Diese Gliederung wird dann bei der Bilanzierung der Resultate verwendet und weist folgende Teilergebnisse aus:

- Vorarbeiten
- Gebäudehülle unter Terrain
- Gebäudehülle über Terrain
- Innen- und Außenbauteile
- Gebäudetechnik

## **Schritt 3: Berechnung der Primärenergie und Scope 3 THGE pro Gebäudeteil**

Der PACTA CO2-Rechner schlägt für die Berechnung Werte mit einem ähnlichen Detailierungsgrad wie die Phasen Vorstudie/Vorprojekt gemäss SIA 2032 Anhang A vor. Abhängig von den Gebäudeeigenschaften (z.B. Baujahr, Nutzung, Konstruktionsart) wird jedem Gebäudeteil ein Emissionskoeffizient (Herstellung und Entsorgung) gemäss SIA 2032 Anhang D zugewiesen. Die Amortisationszeit der einzelnen Gebäudeteile nach SIA 2032 Anhang C wird bei der Berechnung berücksichtigt.

- Bestimmung der Emissionskoeffizienten pro Bauteil in Abhängigkeit der Gebäudeeigenschaften
- Berechnung der Primärenergie und THGE
- Bilanzierung pro Unterkategorie (Teilergebnisse)

Für die grauen Emissionen eines Gebäudes sind insbesondere die Gebäudekubatur und damit die Menge der verwendeten Materialien entscheidend. Größere Gebäude sind teilweise leicht effizienter bei der Menge der eingesetzten Materialien, allerdings wird bei sehr grossen Gebäuden die Effizienz durch die Notwendigkeit einer stärkeren Tragstruktur wieder reduziert.

#### Schritt 4: Berechnung von Szenarien

Basierend auf den Resultaten aus Schritt 3 werden verschiedene Szenarien für die Weiterentwicklung des Gebäudes ausgewiesen, welche in der Norm SIA 2032 in Anhang F definiert sind:

- Beurteilung des noch nicht amortisierten Restwerts
- Beurteilung verschiedener Szenarien der Werterhaltung des Gebäudes
- Beurteilung des Wiederbeschaffungswerts des Gebäudes

#### Normative Grundlagen für die Berechnung:

- SIA 2032 (2020) «Graue Energie - Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden»
- Ökobilanzdaten im Baubereich - KBOB / V2022 V3

Zur Vereinfachung der Berechnungsstruktur und zur Vermeidung von Inkonsistenzen beim Gebäuderestwert wurde im Scope 3 Modell die Amortisationszeit von Bauteilen abweichend von der SIA-Norm 2032 von ursprünglich 40 Jahren auf 30 Jahre gekürzt. Diese Änderung hat keinen Einfluss auf die Berechnung der Scope 3 THGE, da die Bauteile unabhängig von der Amortisationszeit 30 oder 40 Jahre über den gesamten angenommenen Analysezeitraum des Gebäudes von 60 Jahren zweimal ersetzt werden. Lediglich die zeitliche Entwicklung der Amortisation der Bauteile ist leicht unterschiedlich.

Die Inkonsistenz bei der Berechnung liegt darin, dass die SIA-Norm 2032 einerseits definiert, dass am Ende des Analysezeitraums eines Gebäudes von 60 Jahren nach Bau der Restwert der grauen THGE Null beträgt und andererseits ein Bauteil mit einer Amortisationszeit von 40 Jahren nach deren Ablauf ersetzt wird und dann am Ende des Analysezeitraums von 60 Jahren noch nicht vollständig amortisiert ist (bei Annahme einer zeitlich gleichförmigen Amortisation). Alle anderen Bauteile mit Amortisationszeiten von 20, 30 und 60 Jahren haben am Ende des Analysezeitraums von 60 Jahren normgemäß einen Restwert von Null. Durch die Anpassung der Amortisationszeit von 40 auf 30 Jahre, kann die Inkonsistenz behoben werden.

Im Abschnitt 6 sind die für Scope 3 im R-Package enthaltenen Datensätze aufgeführt und beschrieben.

---

#### 5.2 Berechnungsfunktion `calculate_scope3_emissions`

Für die Berechnung der Scope 3 THGE ist im R-Package `co2calculatorPACTA2024` die Funktion `calculate_scope3_emissions` verfügbar. Die Funktion hat obligatorische und optionale Argumente und berechnet daraus gemäss den in 5.1 geschilderten Schritten den Primärenergiebedarf für die Herstellung und die Entsorgung sowie die Scope 3 THGE.

#### Beispiel

Die Berechnung für ein mit einer Wärmepumpe (Luft-Wasser) geheiztes, vierstöckiges Mehrfamilienhaus im Raum Kloten ZH mit Baujahr 1981 und einer Energiebezugsfläche von 1000m<sup>2</sup> wird wie im Beispiel unten aufgerufen:

```
# Scope 3 Berechnung aufrufen
ex1_scope3 <- calculate_scope3_emissions(
  area = 1000,
  floors = 4,
  year = 1981,
  utilisation_key = 1,
  energy_carrier = "heatPumpAirWater")

# Resultat anschauen, <...> markiert gekürzt angezeigten Output
str(ex1_scope3, vec.len = 1)
#> List of 10
#> $ params :List of 66
#>   ..$ anteil_balkon : num 0.1
#>   ..$ anteil_balkon_mod : num 0.1
#>   ..$ anteil_fenster : num 0.25
#>   ..$ anteil_fenster_mod : num 0.25
#>   <...> :data.frame': 58 obs. of 42 variables:
#>   ..$ KAT123_ID : num [1:58] 111 121 ...
#>   ..$ KAT1_ID : num [1:58] 1 1 ...
#>   ..$ KAT2_ID : num [1:58] 1 2 ...
#>   ..$ KAT3_ID : num [1:58] 1 1 ...
#>   ..$ KAT1_GEBAEUDETEIL : chr [1:58] "Vorarbeiten" ...
#>   ..$ KAT2_GEBAEUDETEIL : chr [1:58] "Aushub" ...
#>   ..$ KAT3_BEZEICHNUNG : chr [1:58] "Aushub" ...
#>   ..$ KAT3_KONSTRUKTION : chr [1:58] "Aushub maschinell" ...
#>   ..$ BEZUGSGROESSE_INFO : chr [1:58] "Volumen" ...
#>   ..$ BEZUGSGROESSE_EINHEIT : chr [1:58] "m3" ...
```

```

#> ..$ PE_HERSTELLUNG+ENTSORGUNG_PRO_JAHR_[kWh/a] : num [1:58] 0.0273 ...
#> ..$ THGE_HERSTELLUNG+ENTSORGUNG_PRO_JAHR_[kg CO2-eq./a]: num [1:58] 0.00722 ...
#> <...>
#> $ summe_pe_thge_kat0 : 'data.frame': 1 obs. of 5 variables:
#> ..$ KAT0_ID : num 1
#> ..$ TOTAL_PE_M2_JAHR : num 34.2
#> ..$ TOTAL_THGE_M2_JAHR: num 10.4
#> ..$ TOTAL_ABS_PE_M2 : num 2050
#> ..$ TOTAL_ABS_THGE_M2 : num 622
#> $ summe_pe_thge_kat1 : 'data.frame': 5 obs. of 6 variables:
#> ..$ KAT1_ID : num [1:5] 1 2 ...
#> ..$ KAT1_GEBAEUDETEIL : chr [1:5] "Vorarbeiten" ...
#> ..$ TOTAL_PE_M2_JAHR : num [1:5] 1.92 ...
#> ..$ TOTAL_THGE_M2_JAHR: num [1:5] 0.59 ...
#> ..$ TOTAL_ABS_PE_M2 : num [1:5] 115 ...
#> ..$ TOTAL_ABS_THGE_M2 : num [1:5] 35.4 ...
#> $ summe_pe_thge_kat2 : 'data.frame': 19 obs. of 8 variables:
#> ..$ KAT1_ID : num [1:19] 1 1 ...
#> ..$ KAT2_ID : num [1:19] 1 2 ...
#> ..$ KAT1_GEBAEUDETEIL : chr [1:19] "Vorarbeiten" ...
#> ..$ KAT2_GEBAEUDETEIL : chr [1:19] "Aushub" ...
#> ..$ TOTAL_PE_M2_JAHR : num [1:19] 0.0266 ...
#> ..$ TOTAL_THGE_M2_JAHR: num [1:19] 0.00704 ...
#> ..$ TOTAL_ABS_PE_M2 : num [1:19] 1.6 ...
#> ..$ TOTAL_ABS_THGE_M2 : num [1:19] 0.422 ...
#> $ zeitreihe_pe_thge : 'data.frame': 60 obs. of 17 variables:
#> ..$ JAHR : num [1:60] 1981 ...
#> ..$ TOTAL_PE_M2_20J_START : num [1:60] 9.5 ...
#> ..$ TOTAL_PE_M2_20J_ENDE : num [1:60] 9.03 ...
#> ..$ TOTAL_PE_M2_30J_START : num [1:60] 554 ...
#> ..$ TOTAL_PE_M2_30J_ENDE : num [1:60] 536 ...
#> ..$ TOTAL_PE_M2_60J_START : num [1:60] 913 ...
#> ..$ TOTAL_PE_M2_60J_ENDE : num [1:60] 898 ...
#> <...>
#> $ restwert_pe_thge_bestand : 'data.frame': 1 obs. of 6 variables:
#> ..$ RESTWERT_PE_M2 : num 581
#> ..$ RESTWERT_%_PE_M2 : num 0.393
#> ..$ RESTWERT_PE_M2_JAHR : num 34.2
#> ..$ RESTWERT_THGE_M2 : num 176
#> ..$ RESTWERT_%_THGE_M2 : num 0.376
#> ..$ RESTWERT_THGE_M2_JAHR: num 10.4
#> $ werterhalt_pe_thge_bis_ende_amortisationszeit : 'data.frame': 1 obs. of 2 variables:
#> ..$ TOTAL_PE_M2_JAHR : num 0
#> ..$ TOTAL_THGE_M2_JAHR: num 0
#> $ werterhalt_pe_thge_60j_ab_beurteilungszeitpunkt: 'data.frame': 1 obs. of 2 variables:
#> ..$ TOTAL_PE_M2_JAHR : num 18.9
#> ..$ TOTAL_THGE_M2_JAHR: num 5.07
#> $ wiederbeschaffungswert : 'data.frame': 1 obs. of 2 variables:
#> ..$ TOTAL_PE_M2_JAHR : num 68.3
#> ..$ TOTAL_THGE_M2_JAHR: num 20.7

```

## Aufruf der Hilfe

Die Funktion hat in Ergänzung dieses Dokuments eine integrierte Dokumentation. Diese erklärt alle Funktionsargumente, erläutert das Berechnungsresultat und zeigt Beispieldaufrufe. Die Hilfe lässt sich wie folgt aufrufen:

```
help("calculate_scope3_emissions")
```

## Eingabe der Funktionsargumente

Tabelle 5 Funktionsargumente *calculate\_scope3\_emissions*

Funktionsargument	Beschreibung	Einheit	Angabe	Standard
area	Energiebezugsfläche	m2	obligatorisch	-
floors	Anzahl oberirdische Stockwerke (beheizt)	-	obligatorisch	-
year	Gebäude Baujahr	-	obligatorisch	-
utilisation_key	Hauptnutzung (vgl. A 4)	-	obligatorisch	-
energy_carrier	Energieträger (vgl. A 4)	-	obligatorisch	-
lower_floors	Anzahl unterirdische Stockwerke (exkl. Tiefgarage)	-	optional	Modell
has_underground_parking	Tiefgarage vorhanden?	-	optional	FALSE
has_pv_power_production	Photovoltaik-Anlage vorhanden?	-	optional	FALSE
foundation	Art der Fundierung (tief, flach, unbekannt)	-	optional	"unknown"
excavation_support	Art der Baugrubensicherung (nicht vorhanden, vorhanden, unbekannt)	-	optional	"unknown"

observation_year	Betrachtungsjahr für die Bilanzierung von Restwert, Werterhalt und Wiederbeschaffungswert	-	optional	Aktuelles Jahr
<b>sc3_options</b>				
floor_height	Geschoss Höhe	m	optional	Modell
ratio_length_width	Verhältnis Gebäudelänge zu -breite (Grundriss)	-	optional	Modell
window_ratio	Anteil Fensterfläche	-	optional	Modell
balcony_ratio	Anteil Balkonfläche	-	optional	Modell
roof_type	Dachform (Flachdach oder Satteldach)	-	optional	Modell
ratio_pv_roof	Anteil Dachfläche mit PV-Anlage	-	optional	Modell
pv_area	Installierte Fläche PV-Anlage	m2	optional	Modell
pv_power	Installierte Gesamtleistung PV-Anlage	kW	optional	Modell
lower_floors_garage	Anzahl Geschosse Tiefgarage	-	optional	Modell
floor_height_garage	Geschoss Höhe Tiefgarage	m	optional	Modell
manual_reference_values	Manuelle Eingabe von Bezugsgrößen pro Bauteil	-	optional	Modell

## Ausgabe Berechnungsresultat

Tabelle 6 Resultat *calculate\_scope3\_emissions*

Element	Beschreibung	Einheit
param	Liste mit Scope 3 Berechnungsparametern	
anteil_balkonman	Anteil Balkon – deklariert (%)	-
anteil_balkon_mod	Anteil Balkon – modelliert (%)	-
anteil_balkon	Anteil Balkon – verwendet (%)	-
anteil_fenster	Anteil Fensterfläche – verwendet (%)	-
anteil_fenster_man	Anteil Fensterfläche – deklariert (%)	-
anteil_fenster_mod	Anteil Fensterfläche – modelliert (%)	-
aushubtiefe	Aushubtiefe	m
aushubvolumen	Aushubvolumen	m2
aussenwandflaeche_ueber_terrain_brutto	Aussenwandfläche über Terrain brutto	m2
aussenwandflaeche_ueber_terrain_netto	Aussenwandfläche über Terrain netto (exkl. Fenster-/Türfläche)	m2
aussenwandflaeche_unter_terrain	Aussenwandfläche unter Terrain	m2
balkonflaeche	Balkonfläche	m2
baugrubenabschluss_aussenwandflaeche	Baugrubenabschluss Aussenwandfläche	m2
baugrubensicherung	Art der Baugrubensicherung	-
baujahr	Baujahr	-
beurteilungsjahr	Beurteilungsjahr (observation_year)	-
bodenplatte_flaeche	Fläche Bodenplatte	m2
dach_flaeche	Fläche Dach	m2
dach_typ	Dachtyp – verwendet	-
dach_typ_man	Dachtyp – deklariert	-
dach_typ_mod	Dachtyp – modelliert	-
dachflaeche_unter_terrain	Dachfläche unter Terrain	m2
deckenflaeche	Deckenfläche	m2
ebf	Energiebezugsfläche	m2
fenster_tuer_flaeche	Fenster- und Türfläche	m2
fundierung	Art der Fundierung	-
garage_aushubtiefe	Garage Aushubtiefe	m
garage_aushubvolumen	Garage Aushubvolumen	m3
garage_aussenwandflaeche_unter_terrain	Garage Aussenwandfläche unter Terrain	m2
garage_baugrubenabschluss_aussenwandflaeche	Garage Baugrubenabschluss Aussenwandfläche	m2
garage_bodenplatte_flaeche	Garage Fläche Bodenplatte	m2
garage_geschoess_hoehe	Garage Geschoss Höhe – verwendet	m
garage_geschoess_hoehe_man	Garage Geschoss Höhe – deklariert	m
garage_geschoess_hoehe_mod	Garage Geschoss Höhe – modelliert	m
garage_geschosse_unterirdisch	Garage Anzahl unterirdische Geschosse – verwendet	-
garage_geschosse_unterirdisch_mod	Garage Anzahl unterirdische Geschosse – modelliert	-
garage_grundflaeche_breite	Garage Grundfläche Breite	m
garage_grundflaeche_laenge	Garage Grundfläche Länge	m
garage_hoehe_unterirdisch	Garage Höhe unterirdisch	m
garage_volumen	Garage Volumen	m3
geschoess_hoehe	Geschoss Höhe – verwendet	m
geschoess_hoehe_man	Geschoss Höhe – deklariert	m
geschoess_hoehe_mod	Geschoss Höhe – modelliert	m
geschosse_oberirdisch	Anzahl Geschosse oberirdisch	-
geschosse_unterirdisch	Anzahl Geschosse unterirdisch – verwendet	-
geschosse_unterirdisch_man	Anzahl Geschosse unterirdisch – deklariert	-
geschosse_unterirdisch_mod	Anzahl Geschosse unterirdisch – modelliert	-
grundflaeche_og_ug	Anzahl Geschossfläche oberirdisch und unterirdisch	-
grundflaeche	Grundfläche	m2
grundflaeche_breite	Grundfläche Breite	m
grundflaeche_laenge	Grundfläche Länge	m

hat_installationsdecke	Installationsdecke vorhanden?	-
hat_lueftungsanlage	Lüftungsanlage vorhanden?	-
hat_pv_anlage	PV-Anlage vorhanden?	-
hat_tiefgarage	Tiefgarage vorhanden?	-
hat_wohnnutzung	Mit Wohnnutzung?	-
hoehe_oberirdisch	Höhe oberirdisch	m
hoehe_unterirdisch	Höhe unterirdisch	m
innenwandflaeche_nicht_tragend	Innenwandfläche nicht tragend	m2
innenwandflaeche_tragend	Innenwandfläche tragend	m2
nutzung	Nutzung	-
pfaehlung	Pfählung	m2
pv_flaeche	PV Fläche – verwendet	m2
pv_flaeche_man	PV Fläche – deklariert	m2
pv_flaeche_mod	PV Fläche – modelliert	m2
pv_leistung_kw	PV Leistung kW – deklariert	kW
pv_leistung_man	PV Leistung kW	kW
ratio_laenge_breite	Ratio Länge Breite – verwendet	-
ratio_laenge_breite_mod	Ratio Länge Breite – modelliert	-
ratio_laenge_breite_man	Ratio Länge Breite – deklariert	-
ratio_pv_dach	Ratio PV Dach – verwendet	-
ratio_pv_dach_man	Ratio PV Dach – deklariert	-
ratio_pv_dach_mod	Ratio PV Dach – modelliert	-
solkollektorenflaeche	Fläche thermische Solarkollektoren	m2
volumen	Volumen	m3
waermequelle	Wärmequelle	-
tab	Tabelle der Ergebnisse pro Gebäudebauteil	
KAT1_ID	Kodierung Kategorie Typ 1 (Hauptkategorie)	-
KAT2_ID	Kodierung Kategorie Typ 2 (Subkategorie)	-
KAT3_ID	Kodierung Kategorie Typ 3 (Sub-Subkategorie)	-
KAT1_GEBAEUDETEIL	Gebäudeteil Kategorie Typ 1 (Hauptkategorie)	-
KAT2_GEBAEUDETEIL	Gebäudeteil Kategorie Typ 2 (Subkategorie)	-
KAT3_BEZEICHNUNG	Bezeichnung Kategorie Typ 3 (Subkategorie)	-
KAT3_KONSTRUKTION	Konstruktionsart Kategorie Typ 3 (Sub-Subkategorie)	-
BEZUGSGROESSE_INFO	Bezugsgrösse – Information (Art)	-
BEZUGSGROESSE_EINHEIT	Bezugsgrösse – Einheit	-
PE_HERSTELLUNG+ENTSORGUNG_PRO_JAHR	Primärenergie (PE) für die Herstellung und die Entsorgung	kWh/a
THGE_HERSTELLUNG+ENTSORGUNG_PRO_JAHR	Treibhausgasemissionen (THGE) für die Herstellung und die Entsorgung	kgCO2-eq./a
PE_HERSTELLUNG_[%]	Anteil Herstellung bei der PE	-
PE_ENTSORGUNG_[%]	Anteil Entsorgung bei den PE	-
THGE_HERSTELLUNG_[%]	Anteil Herstellung bei den THGE	-
THGE_ENTSORGUNG_[%]	Anteil Entsorgung bei den THGE	-
AMORTISATIONSZEIT_[YEAR]	Amortisationszeit Bauteil	-
ANZAHL_HERSTELLUNG/ENTSORGUNG_[ZYKLUS]	Anzahl Zyklen (Herstellung/Entsorgung)	-
BAUTEIL_ANTEIL_MOD	Modellierter Anteil Gebäude	-
BAUTEIL_ANTEIL_GARAGE_MOD	Modellierter Anteil Tiefgarage	-
BEZUGSGROESSE_MOD	Bezugsgrösse Gebäude modelliert	-
BEZUGSGROESSE_GARAGE_MOD	Bezugsgrösse Tiefgarage modelliert	-
BEZUGSGROESSE_MAN	Bezugsgrösse manuell übersteuert	-
BEZUGSGROESSE	Bezugsgrösse Total (für Berechnung verwendet)	-
TOTAL_PE	Primärenergie Total	kWh
TOTAL_PE_HERSTELLUNG	Primärenergie Total – Teil Herstellung	kWh
TOTAL_PE_ENTSORGUNG	Primärenergie Total – Teil Entsorgung	kWh
TOTAL_THGE	Treibhausgasemissionen Total	kgCO2-eq.
TOTAL_THGE_HERSTELLUNG	Treibhausgasemissionen Total – Teil Herstellung	kgCO2-eq.
TOTAL_THGE_ENTSORGUNG	Treibhausgasemissionen Total – Teil Entsorgung	kgCO2-eq.
TOTAL_PE_M2	Primärenergie Total pro m2 EBF	kWh/m2
TOTAL_PE_HERSTELLUNG_M2	Primärenergie Total – Teil Herstellung pro m2 EBF	kWh/m2
TOTAL_PE_ENTSORGUNG_M2	Primärenergie Total – Teil Entsorgung pro m2 EBF	kWh/m2
TOTAL_THGE_M2	Treibhausgasemissionen Total pro m2 EBF	kgCO2-eq./m2
TOTAL_THGE_HERSTELLUNG_M2	Treibhausgasemissionen Total – Teil Herstellung pro m2 EBF	kgCO2-eq./m2
TOTAL_THGE_ENTSORGUNG_M2	Treibhausgasemissionen Total – Teil Entsorgung pro m2 EBF	kgCO2-eq./m2
TOTAL_PE_M2_JAHR	Primärenergie Total pro m2 EBF pro Jahr	kWh/m2.a
TOTAL_PE_HERSTELLUNG_M2_JAHR	Primärenergie Total – Teil Herstellung pro m2 EBF pro Jahr	kWh/m2.a
TOTAL_PE_ENTSORGUNG_M2_JAHR	Primärenergie Total – Teil Entsorgung pro m2 EBF pro Jahr	kWh/m2.a
TOTAL_THGE_M2_JAHR	Treibhausgasemissionen Total pro m2 EBF pro Jahr	kgCO2-eq./m2.a
TOTAL_THGE_HERSTELLUNG_M2_JAHR	Treibhausgasemissionen Total – Teil Herstellung pro m2 EBF pro Jahr	kgCO2-eq./m2.a

TOTAL_THGE_ENTSORGUNG_M2_JAHR	Treibhausgasemissionen Total – Teil Entsorgung pro m2 EBF pro Jahr	kgCO2-eq./m2.a
summe_pe_thge_kat0	Resultate PE und THGE aggregiert für ganzes Gebäude (Kat. 0)	
KATO_ID	Aggregierte Kategorie Stufe 0 (ganzes Gebäude)	-
TOTAL_PE_M2_JAHR	Primärenergie Total pro m2 EBF pro Jahr	kWh/m2.a
TOTAL_THGE_M2_JAHR	Treibhausgasemissionen Total pro m2 EBF pro Jahr	kgCO2-eq./m2.a
TOTAL_ABS_PE_M2	Primärenergie Total pro m2 EBF (absolut)	kWh/m2
TOTAL_ABS_THGE_M2	Treibhausgasemissionen Total pro m2 EBF (absolut)	kgCO2-eq./m2
summe_pe_thge_kat1	Resultate PE und THGE aggregiert pro Hauptkategorie (Kat. 1)	
KAT1_ID	Aggregierte Kategorie Stufe 1 (Hauptkategorie)	-
KAT1_GEBAEUDETEIL	Beschreibung Gebäudeteil	-
TOTAL_PE_M2_JAHR	Primärenergie Total pro m2 EBF pro Jahr	kWh/m2.a
TOTAL_THGE_M2_JAHR	Treibhausgasemissionen Total pro m2 EBF pro Jahr	kgCO2-eq./m2.a
TOTAL_ABS_PE_M2	Primärenergie Total pro m2 EBF (absolut)	kWh/m2
TOTAL_ABS_THGE_M2	Treibhausgasemissionen Total pro m2 EBF (absolut)	kgCO2-eq./m2
summe_pe_thge_kat2	Resultate PE und THGE aggregiert pro Subkategorie (Kat. 2)	
KAT1_ID	Aggregierte Kategorie Stufe 1 (Hauptkategorie)	-
KAT2_ID	Aggregierte Kategorie Stufe 2 (Subkategorie)	-
KAT1_GEBAEUDETEIL	Beschreibung Gebäudeteil – Kategorie 1	-
KAT2_GEBAEUDETEIL	Beschreibung Gebäudeteil – Kategorie 2 (Subkategorie)	-
TOTAL_PE_M2_JAHR	Primärenergie Total pro m2 EBF pro Jahr	kWh/m2.a
TOTAL_THGE_M2_JAHR	Treibhausgasemissionen Total pro m2 EBF pro Jahr	kgCO2-eq./m2.a
TOTAL_ABS_PE_M2	Primärenergie Total pro m2 EBF (absolut)	kWh/m2
TOTAL_ABS_THGE_M2	Treibhausgasemissionen Total pro m2 EBF (absolut)	kgCO2-eq./m2
zeitreihe_pe_thge	Zeitreihe Primärenergie und Treibhausgasemissionen	
JAHR	Jahr X der Zeitreihe	-
TOTAL_PE_M2_20J_START	PE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 20J – Start Jahr X	kWh/m2
TOTAL_PE_M2_20J_ENDE	PE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 20J – Ende Jahr X	kWh/m2
TOTAL_PE_M2_30J_START	PE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 30J – Start Jahr X	kWh/m2
TOTAL_PE_M2_30J_ENDE	PE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 30J – Ende Jahr X	kWh/m2
TOTAL_PE_M2_60J_START	PE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 60J – Start Jahr X	kWh/m2
TOTAL_PE_M2_60J_ENDE	PE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 60J – Ende Jahr X	kWh/m2
TOTAL_PE_M2_20_30_60J_START	PE total pro m2 EBF – amortisiert – Summe – Start Jahr X	kWh/m2
TOTAL_PE_M2_20_30_60J_ENDE	PE total pro m2 EBF – amortisiert – Summe – Ende Jahr X	kWh/m2
TOTAL_THGE_M2_20J_START	THGE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 20J – Start Jahr X	kgCO2-eq./m2
TOTAL_THGE_M2_20J_ENDE	THGE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 20J – Ende Jahr X	kgCO2-eq./m2
TOTAL_THGE_M2_30J_START	THGE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 30J – Start Jahr X	kgCO2-eq./m2
TOTAL_THGE_M2_30J_ENDE	THGE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 30J – Ende Jahr X	kgCO2-eq./m2
TOTAL_THGE_M2_60J_START	THGE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 60J – Start Jahr X	kgCO2-eq./m2
TOTAL_THGE_M2_60J_ENDE	THGE total pro m2 EBF – amortisiert – Bauteil 60J – Ende Jahr X	kgCO2-eq./m2
TOTAL_THGE_M2_20_30_60J_START	THGE total pro m2 EBF – amortisiert – Summe – Start Jahr X	kgCO2-eq./m2
TOTAL_THGE_M2_20_30_60J_ENDE	THGE total pro m2 EBF – amortisiert – Summe – Ende Jahr X	kgCO2-eq./m2
restwert_pe_thge_bestand	Analyse Restwert zum Zeitpunkt des Beurteilungsjahres nach SIA 2032:2020 Anhang F.1	
RESTWERT_PE_M2	PE total pro m2 EBF – Restwert	kWh/m2
RESTWERT_%_PE_M2	PE total pro m2 EBF – Restwert (%)	-
RESTWERT_PE_M2_JAHR	PE total pro m2 EBF – Restwert pro Jahr	kWh/m2.a
RESTWERT_THGE_M2	THGE total pro m2 EBF – Restwert	kgCO2-eq./m2
RESTWERT_%_THGE_M2	THGE total pro m2 EBF – Restwert (%)	-
RESTWERT_THGE_M2_JAHR	THGE total pro m2 EBF – Restwert pro Jahr	kgCO2-eq./m2.a
werterhalt_pe_thge_bis_ende_amortisationszeit	Analyse Werterhalt bis zum Ende der Amortisationszeit nach SIA 2032:2020 Anhang F.2 Beispiel 1	
TOTAL_PE_M2_JAHR	PE total pro m2 EBF pro Jahr – Werterhalt Baujahr + 60J	kWh/m2.a
TOTAL_THGE_M2_JAHR	THGE total pro m2 EBF pro Jahr – Werterhalt Baujahr + 60J	kgCO2-eq./m2.a
werterhalt_pe_thge_60j_ab_beurteilungszeitpunkt	Analyse Werterhalt über 60 Jahre ab Beurteilungsjahr nach SIA 2032:2020 Anhang F.2 Beispiel 3	
TOTAL_PE_M2_JAHR	PE total pro m2 EBF pro Jahr – Werterhalt Beurteilungsjahr + 60J	kWh/m2.a
TOTAL_THGE_M2_JAHR	THGE total pro m2 EBF pro Jahr – Werterhalt Beurteilungsjahr + 60J kgCO2-eq./m2.a	
wiederbeschaffungswert	Analyse Wiederbeschaffungswert nach SIA 2032:2020 Anhang F.3	

TOTAL_PE_M2_JAHR	PE total pro m2 EBF pro Jahr – Wiederbeschaffungswert	kWh/m2.a
TOTAL_THGE_M2_JAHR	THGE total pro m2 EBF pro Jahr – Wiederbeschaffungswert	kgCO2-eq./m2.a

### 5.3 Beschreibung Szenarien

Das Modul Scope 3 kann, ausgehend vom Baujahr des Gebäudes, für einen fix definierten Analysezeitraum von 60 Jahren die Entwicklung der Amortisation der Primärenergie und der THGE auswerten. Gemäss SIA-Norm 2032 ist 60 Jahre nach dem Zeitpunkt der Erstellung die graue Energie eines Gebäudes «amortisiert», d.h. das Gebäude weist einen Restwert von 0 auf. Das Modell kann drei mögliche Szenarien auswerten:

- Restwert eines Bestandesbaus (vgl. 5.3.1)
- Werterhalt eines Bestandesbaus (vgl. 5.3.2)
- Wiederbeschaffungswert eines Bestandesbaus (vgl. 5.3.3)

Der Restwert (vgl. 5.3.1) gibt den Anteil der grauen Energie an, der über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes von 60 Jahren (gemäss SIA 2032) noch nicht amortisiert wurde. Die graue Energie wird, je nach Bauteil, über eine definierte Zeitdauer amortisiert. Nach 60 Jahren ist die graue Energie vollständig amortisiert - somit gibt es keinen Restwert mehr. Der Restwert kann auch als nicht amortisierter Anteil in % berechnet werden. Ein Gebäude mit Baujahr 2021 hat somit einen höheren Restwert als ein identisches Gebäude mit Baujahr 1999. Für die strategische Planung ist es interessant, den Restwert zu betrachten. Je nach den Umständen und Eigenschaften eines Gebäudes kann die Berücksichtigung des Restwerts zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen über die weitere Entwicklung eines Gebäudes führen. So führt beispielsweise der Abriss mit hohem Restwert und der Ersatz durch ein neues Gebäude zu unnötigen Emissionen aufgrund der nicht amortisierten grauen Energie.

Dies wird auch durch den Wiederbeschaffungswert (vgl. 5.3.3) veranschaulicht. Der Wert basiert auf einem hypothetischen Szenario, bei dem ein Gebäude abgerissen und durch einen identischen Neubau ersetzt wird. Zusätzlich zur grauen Energie, die mit dem Neubau verbunden ist, werden auch die nicht abgeschriebenen Restwerte der abgerissenen Vermögenswerte addiert. Der Abriss und Ersatz von Gebäuden kann zu deutlich höheren Scope-3-Emissionen führen, wenn die nicht amortisierten Restwerte berücksichtigt werden.

Der Werterhalt eines Bestandesbaus (vgl. 5.3.2) dient zur Beurteilung der grauen Energiebilanz, wenn ein bestehendes Gebäude für die nächsten 60 Jahre genutzt werden soll. Dies ermöglicht den Vergleich mit dem Szenario Wiederbeschaffungswert bei Abriss und Neubau eines Gebäudes.

Bemerkung: die Sanierungsjahre für die Gebäudeelemente aus Scope 1 (Dach, Fenster, Fassade, Kellerdecke) können in der Auswertung des Scope 3 Moduls nicht berücksichtigt werden. Einerseits nimmt die SIA-Norm 2032 fixe Ersatzzeitpunkte für die Gebäudebauteile an und andererseits sind die Angaben aus Scope 1 für den Einbezug in der Scope 3 Bilanzierung nicht vollständig.

#### 5.3.1 Restwert eines Bestandesbaus (nach SIA 2032 Anhang F.1)

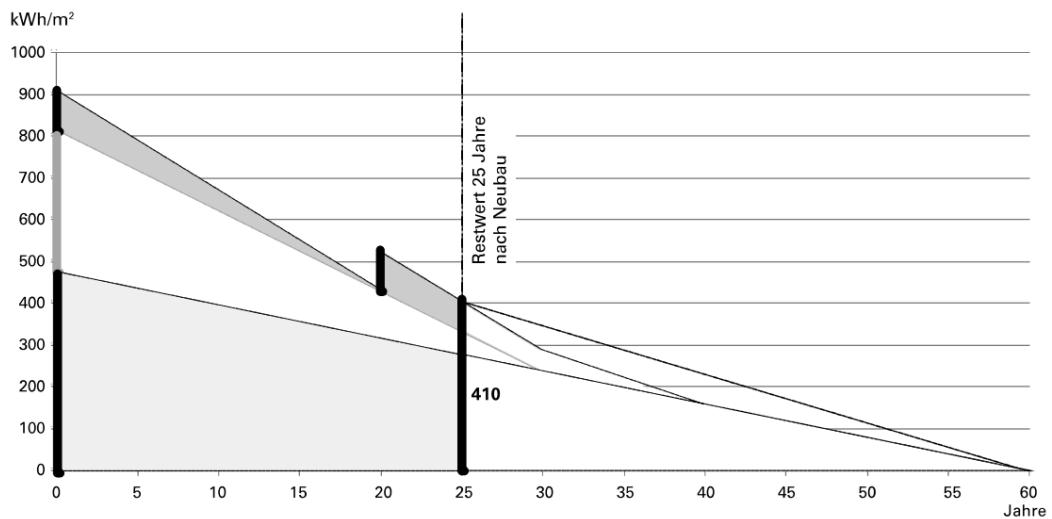
Der Restwert eines Bestandesbaus zu einem bestimmten Zeitpunkt (Beurteilungsjahr) wird nach SIA 2032 Anhang F.1.1 folgendermassen definiert:

«Bilanziert werden ausschliesslich die zum Zeitpunkt der Ermittlung noch nicht amortisierten Bauteile. Zukünftige Ersatzbauteile werden nicht eingerechnet. Die Bilanzierung dieser dem Werterhalt eines Bestandesbaus dienenden-zukünftigen Investitionen wird in F.2 beschrieben.»

Im Resultat werden folgende Kennwerte berechnet und ausgewiesen:

- Totaler Restwert in [kWh/m2]
- Restwert in Prozent von Totale Graue Energie [%]
- Restwert pro Jahr (Totaler Restwert geteilt durch restliche Amortisationszeit) in [kWh/m2.a]

Der Restwert lässt sich mittels grafischer Darstellung auf einer Zeitachse veranschaulichen (vgl. SIA-Norm 2032, Figur 5):



Graphische Darstellung der Berechnung des Restwerts mit absoluten Werten

Quelle: SIA 2032 (2020) – Figur 5

### 5.3.2 Werterhalt eines Bestandesbaus (nach SIA 2032 Anhang F.2)

Für den Werterhalt eines Gebäudes gibt es verschiedene mögliche Szenarien. Ein Gebäude kann bis zum Ende der 60 Jahre dauernden Amortisationszeit werterhalten verwendet werden. Oder ein Gebäude kann ab dem Zeitpunkt der Beurteilung für die nächsten 60 Jahre benutzt und erhalten werden.

- Berechnung 1 (nach SIA 2032 Anhang F.2 Beispiel 1):  
Das Gebäude wird im verbleibenden Betrachtungszeitraum bis zum Ende der Amortisationszeit (Baujahr + 60J) werterhaltend verwendet.
- Berechnung 2 (nach SIA 2032 Anhang F.2 Beispiel 3):  
Das Gebäude wird ab Beurteilungsjahr weitere +60J benutzt und erhalten.

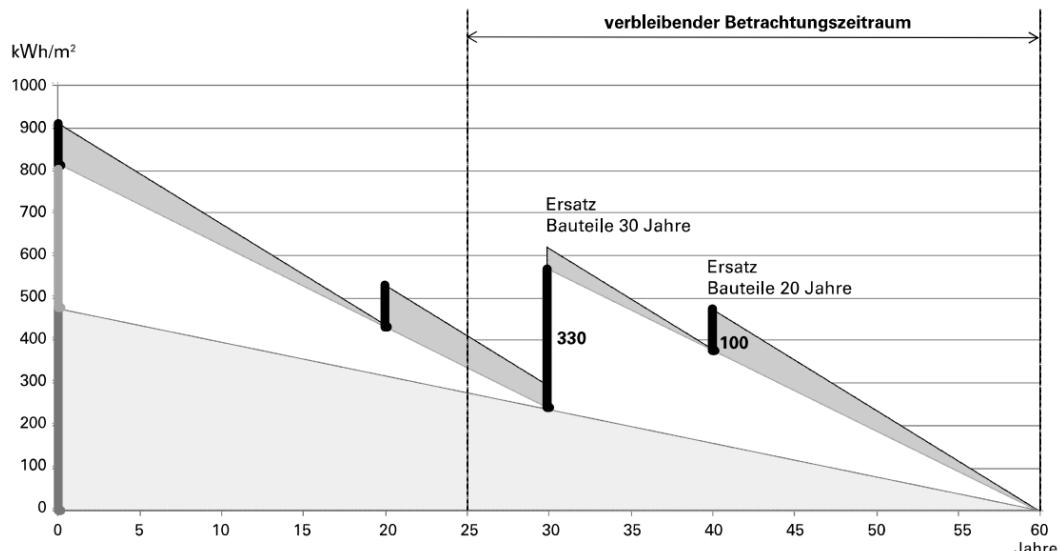
Nach SIA 2032 Anhang F.2.4 lautet die Definition des Werterhalts wie folgt:

«Berechnung des Werterhalt von Bestandesbauten in absoluten Werten = Aufwand für alle fälligen Ersatzbauteile bis zum Ende des Betrachtungszeitraums.»

Im Resultat werden folgende Kennwerte berechnet und ausgewiesen:

- Totaler Werterhalt in [kWh/m<sup>2</sup>]
- Werterhalt pro Jahr in [kWh/m<sup>2</sup>.a]

Der Werterhalt gemäss Berechnung 1 oben lässt sich mittels grafischer Darstellung auf einer Zeitachse veranschaulichen (vgl. SIA-Norm 2032, Figur 6):



Grafische Darstellung der Berechnung des Werterhalts mit absoluten Werten

Quelle: SIA 2032(2020) – Figur 6

### **5.3.3 Wiederbeschaffungswert eines Bestandesbaus (nach SIA 2032 Anhang F.3)**

Der Wiederbeschaffungswert eines Gebäudes wird nach SIA 2032 F.3.1 wie folgt definiert:

«Der Wiederbeschaffungswert der Umweltauswirkungen eines Gebäudes hat sein ökonomisches Pendant in der Neuwertversicherung. Er entspricht den Umweltauswirkungen eines Bestandesbaus, wenn er neu erstellt würde. Der Wiederbeschaffungswert wird hier der Vollständigkeit halber aufgeführt. Er entspricht der Summe aus Restwert und Werterhalt bei einem Betrachtungszeitraum von insgesamt 60 Jahren.»

Im Resultat werden folgende Kennwerte berechnet und ausgewiesen:

- Totaler Wiederbeschaffungswert in [kWh/m<sup>2</sup>]
- Wiederbeschaffungswert pro Jahr in [kWh/m<sup>2</sup>.a]

---

# 6 Datensätze

---

Das R-Package des PACTA CO2-Rechners enthält in der vorliegenden Version 2.0.0 verschiedene Datensätze. Diese dienen als Grundlage für die Berechnungen des Energiebedarfs und der Emissionen der Scopes 1, 2 und 3.

---

## 6.1 Klimastationen (*climate*)

Zur Ermittlung der klimatischen Aussenbedingungen eines Gebäudes werden die Daten der nächstgelegenen Klimastation von MeteoSchweiz verwendet. Die Klimadaten pro Station sind im Datensatz `climate` enthalten.

```
# Load dataset  
data("climate")  
  
# Show data of the first climate station ABO  
str(climate[[1]])  
#> ...
```

Datenquelle:

- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2010  
SIA 2028:2010 Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2015  
SIA Klimadaten deutsch (kompakt) - Ausgabe 2015

---

## 6.2 Scope 1 Konstanten & Koeffizienten (*scope1\_constants*)

Der Datensatz `scope1_constants` enthält verschiedene Konstanten und Koeffizienten zur Erstellung des Modellgebäudes, der Ermittlung des Energiebedarfs und der Berechnung der Scope 1 Emissionen. Im Datensatz sind auch die Scope 1 Emissionskoeffizienten für Erdöl, Erdgas und weitere Energieträger definiert.

```
# Load dataset  
data("scope1_constants")  
  
# Display all elements  
str(scope1_constants)  
#> ...
```

Datenquelle:

- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2024  
CO2-Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz
- Wüest Partner, 2020
- BS2, 2019

---

## 6.3 Scope 1 Gebäudenutzung (*scope1\_utilisation*)

Abhängig von der Nutzung eines Gebäudes werden unterschiedliche Parameter für die Ermittlung des Wärmebedarfs verwendet. Die entsprechenden Parameter sind im Datensatz `scope1_utilisation` enthalten.

```
# Load dataset  
data("scope1_utilisation")  
  
# Check first element  
str(scope1_utilisation [[1]])  
#> List of 13
```

```

#> $ key : num 1
#> $ name : chr "Wohnen Mehrfamilienhaus"
#> $ temperature : num 20
#> $ personArea : num 40
#> $ personHeat : num 70
#> $ personPresence : num 12
#> $ electricityUse : num 100
#> $ electricityUseFactor: num 0.7
#> $ ventilationRate : num 0.7
#> $ dhwDemand : num 75
#> $ temperatureAddition : num 1
#> $ heatgainsFactor : num 1
#> $ heatgainsTime : num 15

```

Datenquelle:

- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2009  
SIA 380/1:2009 Thermische Energie im Hochbau

#### 6.4 Scope 2 Benchmarks (scope2\_benchmarks)

Der Datensatz `scope2_benchmarks` enthält Benchmarks für den Energiebedarf unterteilt nach Gebäudekategorie, Verbrauchergruppe und Nutzung. Die Daten werden bei der Ermittlung des Scope 2 Energiebedarfs verwendet.

```

# Load dataset
data("scope2_benchmarks")

# Check first row
str(head(scope2_benchmarks, 1))
#> 'data.frame': 1 obs. of  9 variables:
#>   $ ID           : num 1101
#>   $ BENCHMARK_ID : num 1
#>   $ BENCHMARK    : chr "Standardwerte"
#>   $ GRUPPE_ID   : num 1
#>   $ GRUPPE       : chr "Geräte"
#>   $ ENERGIETYP  : chr "Elektrizität"
#>   $ NUTZUNG_ID  : num 1
#>   $ NUTZUNG      : chr "Wohnen MFH"
#>   $ ENERGIEBEDARF_NORM: num 14.7

```

Datenquelle:

- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2021  
SIA 2024:2021 Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik

#### 6.5 Scope 2 Parameter, Konstanten & Koeffizienten (scope2\_model\_parameters\_constants)

Im Datensatz `scope2_model_parameters_constants` sind verschiedene Modellparameter, Koeffizienten und Konstanten für die Scope 2 Energie- und Emissionsberechnung enthalten.

```

# Load dataset
data("scope2_model_parameters_constants")

# Check list items (show only first two list levels)
str(scope2_model_parameters_constants, max.level = 2, vec.len = 1)
#> List of 4
#>   $ constants          :List of 4
#>     ..$ emission_coefficients   :List of 2
#>     ..$ classify_as_existing_before: num 1980
#>     ..$ heat_distribution_default : chr "radiators"
#>     ..$ pv_system            :List of 3
#>   $ seasonal_performance_factors:'data.frame': 33 obs. of  3 variables:
#>     ..$ energy_carrier: chr [1:33] "heatPumpAirWater" ...
#>     ..$ type          : chr [1:33] "radiators" ...
#>     ..$ jaz_value      : num [1:33] 2.7 3.6 ...
#>   $ auxiliary_energy   :'data.frame': 22 obs. of  3 variables:
#>     ..$ energy_carrier : chr [1:22] "heatPumpAirWater" ...
#>     ..$ type          : chr [1:22] "radiators" ...
#>     ..$ auxiliary_energy: num [1:22] 0.3 0.3 ...
#>   $ heat_dhw_energy_mapping :'data.frame': 11 obs. of  4 variables:
#>     ..$ energy_carrier          : chr [1:11] "heatPumpAirWater" ...
#>     ..$ has_scope2_heat_dhw_electricity : logi [1:11] TRUE ...
#>     ..$ has_scope2_heat_dhw_district_heating: logi [1:11] FALSE ...
#>     ..$ has_scope2_heat_dhw_energy_demand : logi [1:11] TRUE ...

```

Datenquelle:

- Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB, 2023  
Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022, Version 3
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2019  
SIA 2056:2019 Elektrizität in Gebäuden – Energie- und Leistungsbedarf
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2021  
SIA 2024:2021 Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik
- FPRE, 2023

---

## 6.6 Scope 3 Gebäudeteile (scope3\_building\_parts)

Der Datensatz `scope3_building_parts` enthält pro Gebäudeteil detaillierte Angaben zu den Scope 3 Emissionen (u.a. Primärenergie und Emissionen).

```
# Load dataset
data("scope3_building_parts")

# Check first row
str(head(scope3_building_parts, 1))
#> 'data.frame': 1 obs. of 18 variables:
#> $ KAT1_ID : num 1
#> $ KAT2_ID : num 1
#> $ KAT3_ID : num 1
#> $ KAT123_ID : num 111
#> $ KAT1_GEBAEUDETEIL : chr "Vorarbeiten"
#> $ KAT2_GEBAEUDETEIL : chr "Aushub"
#> $ KAT3_BEZEICHNUNG : chr "Aushub"
#> $ KAT3_KONSTRUKTION : chr "Aushub maschinell"
#> $ BEZUGSGROESSE_INFO : chr "Volumen"
#> $ BEZUGSGROESSE_EINHEIT : chr "m³"
#> $ PE_HERSTELLUNG+ENTSORGUNG_PRO_JAHR_[kWh/a] : num 0.0273
#> $ THGE_HERSTELLUNG+ENTSORGUNG_PRO_JAHR_[kg CO2-eq./a] : num 0.00722
#> $ PE_HERSTELLUNG_[%] : num 1
#> $ PE_ENTSORGUNG_[%] : num 0
#> $ THGE_HERSTELLUNG_[%] : num 1
#> $ THGE_ENTSORGUNG_[%] : num 0
#> $ AMORTISATIONSZEIT_[YEAR] : num 60
#> $ ANZAHL_HERSTELLUNG/ENTSORGUNG_[ZYKLUS] : num 1
```

Datenquelle:

- Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB, 2023  
Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022, Version 3
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2020  
SIA 2032:2020 Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden

---

## 6.7 Scope 3 Parameter, Konstanten & Koeffizienten (scope3\_model\_parameters\_constants)

Im Datensatz `scope3_model_parameters_constants` sind verschiedene Modellparameter, Koeffizienten und Konstanten für die Scope 3 Energie- und Emissionsberechnung enthalten.

```
# Load dataset
data("scope3_model_parameters_constants")

# Check list items (show only first two list levels)
str(scope3_model_parameters_constants, max.level = 2, vec.len = 2)
#> List of 4
#> $ constants :List of 5
#>   ..$ ratio_length_width :List of 2
#>   ..$ roof_type :List of 12
#>   ..$ ratio_pv_roof :List of 2
#>   ..$ lower_floors :List of 3
#>   ..$ underground_parking:List of 3
#> $ window_ratio :'data.frame': 12 obs. of 3 variables:
#>   ..$ utilisation_key : num [1:12] 1 2 3 4 5 ...
#>   ..$ window_ratio_before_2010: num [1:12] 0.25 0.25 0.25 0.25 0.05 ...
#>   ..$ window_ratio_after_2010 : num [1:12] 0.3 0.3 0.25 0.25 0.05 ...
#> $ balcony_ratio :'data.frame': 12 obs. of 2 variables:
#>   ..$ utilisation_key: num [1:12] 1 2 3 4 5 ...
#>   ..$ balcony_ratio : num [1:12] 0.1 0.1 0 0 0 ...
#> $ building_construction:'data.frame': 61 obs. of 9 variables:
```

```
#> ..$ KAT1_ID : num [1:61] 1 1 1 1 1 ...
#> ..$ KAT2_ID : num [1:61] 1 2 2 2 3 ...
#> ..$ KAT3_ID : num [1:61] 1 1 2 3 1 ...
#> ..$ KAT123_ID : num [1:61] 111 121 122 123 131 ...
#> ..$ KAT1_GEBAEUDETEIL : chr [1:61] "Vorarbeiten" "Vorarbeiten" ...
#> ..$ KAT2_GEBAEUDETEIL : chr [1:61] "Aushub" "Baugrubenabschluss, Rühlwand" ...
#> ..$ KAT3_BEZEICHNUNG : chr [1:61] "Aushub" "Baugrubenabschluss, Rühlwand" ...
#> ..$ KONSTRUKTION_UNBEKANNT : num [1:61] 1 0.333 ...
#> ..$ KONSTRUKTION_TIEFGARAGE: num [1:61] 1 0.333 ...
```

Datenquelle:

- FPRE, 2023

# **7 Zusammenfassung der angewandten Methodik im PACTA Klimatest 2024 für den Schweizer Finanzmarkt**

In diesem Kapitel wird die Methodik und die Anwendung des **PACTA CO2-Rechners** im Rahmen des **BAFU PACTA Klimatests 2024** zusammengefasst. Neben der vorgängig bereits beschriebenen Weiterentwicklung des PACTA CO2-Rechners hat FPRE zwischen Januar 2024 und November 2024 im Auftrag des BAFU das Modul «Immobilien und Hypotheken» durchgeführt.

Weitere Informationen und Analysen zum PACTA Klimatest 2024 sind auf der Projektwebseite des BAFU verfügbar: <https://www.bafu.admin.ch/pacta-klimatest>. Das BAFU veröffentlichte einen Gesamtbericht mit den aggregierten und anonymisierten Daten. Den Gesamtbericht zum PACTA Klimatest 2024 finden Sie auf der BAFU-Webseite unter "Klima und Finanzmarkt"<sup>11</sup>.

## 7.1 Zum BAFU PACTA Klimatest 2024

**Die Schweiz hat sich im Übereinkommen von Paris verpflichtet, die Finanzflüsse klimaverträglich auszurichten. Zudem hat die Schweizer Stimmbevölkerung im Juni 2023 das Klima- und Innovationsgesetz<sup>12</sup> deutlich gutgeheissen.** Darin ist verankert, dass der Schweizer Finanzmarkt einen effektiven Beitrag zur emissionsarmen und gegenüber dem Klimawandel widerstandsfähigen Entwicklung leisten soll und empfiehlt Netto-Null-Transitionspläne für alle Unternehmen und Finanzinstitute. Zudem sind grosse Unternehmen seit dem 01.01.2024 gemäss der Verordnung über die Berichterstattung über Klimabelange<sup>13</sup> verpflichtet, über ihre Klimarisiken sowie ihre Transitionspläne zu berichten, die mit den Schweizer Klimazielen vergleichbar sind.

**Mit dem freiwilligen PACTA Klimatest erfasst der Bund seit 2017 regelmässig die Fortschritte des Schweizer Finanzmarkts in Bezug auf seine Klimaverträglichkeit.** Gemäss seinem Bericht „Sustainable-Finance Schweiz<sup>14</sup>, Handlungsfelder 2022-2025 für einen führenden nachhaltigen Finanzplatz“ vom Dezember 2022 ist der Klimatest ein wichtiges Handlungsfeld des Bundesrats.

Im Jahr 2024 wurde der Klimatest zum vierten Mal und wiederum international koordiniert durchgeführt. Am Test konnten erneut alle Schweizer Pensionskassen, Versicherungen, Banken und Vermögensverwaltende freiwillig teilnehmen. Er schafft Transparenz über die verschiedenen Finanzbranchen hinweg und unterstützt konkrete, klimarelevante Massnahmen. Die Testteilnahme erfolgte anonym und ist kostenlos. Die erweiterten Modelle (u.a. der PACTA CO<sub>2</sub>-Rechner) stehen wiederum unlizenziert im Markt zur Verfügung.

Der Klimatest wurde vom Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU) zusammen mit dem Staatssekretariat für internationale Finanzfragen (SIF) initiiert, und unterstützte in Zusammenarbeit mit Fahrländer Partner Raumentwicklung (FPRE) und RMI die teilnehmenden Finanzinstitute bei der Anwendung von PACTA. Der PACTA Klimatest 2024 sollte neben der regelmässigen Fortschrittsmessung zum Wissen über die Klimawirkung durch Finanzmarktakteure beitragen. Es wurde daher eine vergleichbare Marktdeckung wie bei den vorangehenden Tests angestrebt.

**Der Test 2024 wurde um weitere Funktionen erweitert, insbesondere im Bereich Immobilien und Hypotheken. Die Grundlage dafür bildet der erweiterter PACTA CO2-Rechner.** Zudem wurde die Umfrage angepasst, um zu erfassen, wie der Schweizer Finanzmarkt die bestehenden und kommenden regulatorischen Anforderungen und Empfehlungen des Bundesrates und der Verbände bereits heute umsetzt.

Der PACTA Klimatest 2024 bestand aus zwei quantitativen Modulen – zu Immobilien/Hypotheken und zu börsenkotierten Aktien/Unternehmensobligationen – und einer qualitativen Umfrage zu klimarelevanten Strategien und Massnahmen. Jedes teilnehmende Finanzinstitut erhielt einen individuellen Testbericht je eingereichtes Portfolio mit einer Zusammenfassung der wichtigsten Resultate.

<sup>11</sup> BAFU: Klima und Finanzmarkt (admin.ch)

<sup>12</sup> Klima- und Innovationsgesetz (admin.ch)

<sup>13</sup> Verordnung über die Berichterstattung über Klimabelange (admin.ch)

<sup>14</sup> Sustainable-Finance Schweiz, Handlungsfelder 2022-2025 für einen führenden nachhaltigen Finanzplatz (admin.ch)

## 7.2 Einreichung von Immobilien- und Hypothekenportfolios

Für die Einreichung von Immobilien- und Hypothekenportfolios wurde den teilnehmenden Finanzinstituten eine Eingabevorlage (Microsoft Excel) zur Verfügung gestellt. In der Eingabevorlage konnten die Immobilien- und Hypothekarobjekte erfasst und als Portfolio für den Klimatest eingereicht werden. Für die Berechnung waren pro Gebäude nur wenige obligatorische Parameter erforderlich. Der Standort der Immobilie konnte entweder über die Angabe der EGID (Eidgenössischer Gebäudeidentifikator im GWR) oder als Adresse erfolgen. Mit dem Standort war einerseits die Zuordnung von räumlichen Klimabedingungen für die Berechnung des Wärmebedarfs und andererseits die Auswertung nach räumlichen Bezugseinheiten (z.B. pro Kanton) möglich. Neben dem Standort wurden folgende Angaben zwingend benötigt:

- Energiebezugsfläche (EBF)
- Anzahl oberirdische Stockwerke
- Gebäudebaujahr
- Hauptnutzung (z.B. «Wohnen MFH»)
- Hauptwärmeträger (z.B. «Ölheizung»)

Die obigen Angaben konnten in der Regel auch aus dem Gebäude- und Wohnungsregister (GWR)<sup>15</sup> ergänzt werden. Aufgrund der heterogenen Datenqualität im GWR (siehe «Hinweise zum GWR» im Kasten unten) wurde den Teilnehmenden, falls verfügbar, für ihre Portfolios die Verwendung von eigenen, überprüften Gebäudeangaben empfohlen anstelle jener aus dem GWR.

Die automatisch verwendeten Eingabedaten aus dem Schweizer Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) können je nach geografischer Region und Gebäudetyp unterschiedlich aktuell sein und werden von den zuständigen Stellen (Gemeinden, Kantone) im Laufe der Zeit verfeinert. Zudem lassen sich aus dem GWR keine Details zu energetischen Sanierungen, dem Installationsjahr der Heizung oder Energiezertifikaten anreichern. Den Teilnehmenden wurde deshalb die Verwendung von eigenen, überprüften Gebäudeangaben empfohlen.

Optional konnten weitere Gebäudeangaben zu Sanierungen, installierten Photovoltaik-Anlagen und Energiezertifikaten erfasst werden. Die Angabe dieser Merkmale wurde den Teilnehmenden ebenfalls empfohlen, da dies zu wesentlich aussagekräftigeren Ergebnissen führt:

- Angabe zu den Sanierungsjahren von Dach, Fenster, Fassade und Kellerdecke
- Installationsjahr der Heizung (relevant für Öl- und Gasheizungen)
- Vorhandensein eines Energiezertifikats (Minergie oder vergleichbar)
- Spezifikation der Photovoltaik-Anlage (installierte Leistung oder Fläche)

Für einen Vergleich der vom PACTA CO2-Rechner ermittelten Emissionen und Energieverbräuche konnten auch eigene Angaben zum Energiebedarf für Heizung und Warmwasser sowie der Strombedarf deklariert werden. Die Berechnung der Scope 2 Emissionen aus Strom und Fernwärme basiert auf Emissionsfaktoren mit Schweizer Durchschnittswerten. Die Angabe von eigenen Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme war den Teilnehmenden ebenfalls möglich.

Die Berechnung der Scope 3 Emissionen, die mit der Herstellung der Materialien, der Erstellung des Gebäudes, der Sanierung während dem Lebenszyklus, dem Rückbau und der Entsorgung des Gebäudes anfallen (einschliesslich Transport), konnten basierend auf den minimal erforderlichen Gebäudeangaben für Scope 1 und 2 berechnet werden. Optionale Angaben konnten die Aussagekraft der Berechnung erhöhen:

- Anzahl unterirdische Geschosse (exkl. Tiefgarage)
- Vorhandensein einer Tiefgarage
- Vorhandensein einer Photovoltaikanlage (oder Angabe Fläche/Leistung aus Scope 2)
- Art der Fundierung
- Art der Baugrubensicherung
- Dachform

Tabelle 7 gibt eine Übersicht über die oben aufgeführten Gebäudeangaben. Die Spalte «aus GWR» zeigt an, ob die Angabe im Normalfall auch aus dem GWR automatisch übernommen werden konnte. In der Spalte «Angabe» ist ersichtlich, ob die Angabe für die Einreichung zum Klimatest 2024 obligatorisch oder optional war.

<sup>15</sup> [Bundesamt für Statistik \(BFS\), Gebäude- und Wohnungsregister GWR \(housing-stat.ch\)](http://Bundesamt für Statistik (BFS), Gebäude- und Wohnungsregister GWR (housing-stat.ch))

Tabelle 7      Übersicht der Gebäudeangaben

Gebäudemerkmal	aus GWR	Angabe
Standort (EGID oder Adresse)		obligatorisch
Energiebezugsfläche (EBF) Gesamtgebäude [m <sup>2</sup> ]	ja	obligatorisch
Ist das Objekt eine Wohnung (Stockwerkeigentum)? Angabe relevant für Hypothekarportfolios.		optional
Falls ja, ist auch die Angabe der HNF der Wohnung empfohlen. [m <sup>2</sup> ]		
Anzahl oberirdische Stockwerte (beheizt)	ja	obligatorisch
Anzahl unterirdische Stockwerke (exkl. Tiefgarage)		optional
Vorhandensein Tiefgarage (ja/nein)		obligatorisch
Gebäude Baujahr	ja	obligatorisch
Hauptnutzung (gemäss SIA 380/1)	ja	obligatorisch
Hauptwärmeträger für Wärme- und Warmwasserproduktion	ja	obligatorisch
Wärmeverteilung		optional
Energiezertifikat vorhanden (Minergie, GEAK A oder vergleichbar) (ja/nein)		optional
Angaben zu historischen Sanierungsjahren pro Bauteil:		optional
Sanierungsjahr Fassade (historisch)		
Sanierungsjahr Dach (historisch)		
Sanierungsjahr Fenster (historisch)		
Sanierungsjahr Kellerdecke (historisch)		
Installationsjahr der Heizung (historisch)		
Angaben zu geplanten Sanierungsjahren pro Bauteil:		optional
Sanierungsjahr Fassade (geplant)		
Sanierungsjahr Dach (geplant)		
Sanierungsjahr Fenster (geplant)		
Sanierungsjahr Kellerdecke (geplant)		
Installationsjahr der Heizung (geplant)		
Hauptwärmeträger (geplant)		
Deklarierte Angaben zum Energiebedarf für Heizung und Warmwasser:		optional
Energiebedarf Heizwärme pro Reportingperiode		
Energiebedarf Warmwasser pro Reportingperiode		
Reportingperiode Wärmebedarf Anzahl Monate (Default 12)		
Energiebedarf Heizwärme und Warmwärme - Einheit		
Deklarierte Angaben zum Strombedarf:		optional
Gesamtstrom [kWh] (Summe Allgemein-/Eigentümer- und Mieterstrom) für Reporting		
davon Mieterstrom [kWh]		
Reporting Elektrizität Anzahl Monate (Default 12)		
Angaben zur installierten Photovoltaik-Anlage:		optional
Vorhandensein Photovoltaik-Anlage		
Installierte Gesamtleistung PV-Anlage [kW]		
Installierte Fläche PV-Anlage [m <sup>2</sup> ]		
Emissionskoeffizient Fernwärme [kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh]		optional
Emissionskoeffizient Strom [kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh]		
Art der Fundierung (tief, flach, unbekannt)		optional
Art der Baugrubensicherung (nicht vorhanden, vorhanden, unbekannt)		optional
Dachform (Flachdach oder Satteldach)		optional

Falls den Teilnehmenden statt der Energiebezugsfläche die Hauptnutzfläche HNF (Fläche, die der zweckbestimmten Nutzung des Gebäudes dient) bekannt war, konnte stattdessen auch diese Fläche angegeben werden. Für die Umrechnung der HNF auf die EBF wurde, wie bereits im vorherigen Klimatest 2022, ein fixer Umrechnungsfaktor von 1.3 verwendet (EBF = HNF \* 1.3).

### 7.3 Aufbereitung Gebäudemerkmale aus dem GWR

Die Gebäude aus dem Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) wurden für die Verwendung im PACTA Klimatest 2024 gefiltert und aufbereitet. Es werden nur bestehende Gebäude (Gebäudestatus GSTAT = 1004) verwendet, bei denen aufgrund der Gebäudeklasse (GKLAS) eine beheizte Gebäudefläche angenommen werden kann. Die Gebäudekategorien (GKAT) «1010: Provisorische Unterkunft» und «1080: Sonderbauten» werden komplett ausgeschlossen.

Für die Anwendung des PACTA CO<sub>2</sub>-Rechners musste für jedes Gebäude anhand der Gebäudeklasse (GKLAS) im GWR eine der zwölf Hauptnutzungen nach SIA 380/1 (siehe Tabelle 8 und Tabelle 9) definiert werden. Bei Gebäudeklassen, die i.d.R. nicht beheizt werden, wurde keine SIA-Nutzung zugewiesen.

Tabelle 8 Zuweisung GWR-Gebäudeklasse zu SIA-Hauptnutzung

Hauptnutzung nach SIA 380/1	Beschreibung
1	Wohnen MFH
2	Wohnen EFH
3	Verwaltung
4	Schule
5	Verkauf
6	Restaurant
7	Versammlungslokal
8	Spital
9	Industrie
10	Lager
11	Sportbauten
12	Hallenbad

Tabelle 9 Zuweisung GWR-Gebäudeklasse zu Hauptnutzung nach SIA 380/1

Gebäudeklasse (GKLAS)	Hauptnutzung nach SIA 380/1
1110: Gebäude mit einer Wohnung	2: Wohnen EFH
1121: Gebäude mit zwei Wohnungen	2: Wohnen EFH
1122: Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen	1: Wohnen MFH
1130: Wohngebäude für Gemeinschaften	1: Wohnen MFH
1211: Hotelgebäude	1: Wohnen MFH
1212: Andere Gebäude für kurzfristige Beherbergung	1: Wohnen MFH
1220: Bürogebäude	3: Verwaltung
1230: Gross- und Einzelhandelsgebäude	5: Verkauf
1231: Restaurants und Bars in Gebäuden ohne Wohnnutzung	6: Restaurant
1241: Gebäude des Verkehrs- und Nachrichtenwesens ohne Garagen	9: Industrie
1242: Garagengebäude	- (nicht verwendet, i.d.R. unbeheizt)
1251: Industriegebäude	9: Industrie
1252: Behälter, Silos und Lagergebäude	10: Lager
1261: Gebäude für Kultur- und Freizeitzwecke	7: Versammlungslokal
1262: Museen und Bibliotheken	3: Verwaltung
1263: Schul- und Hochschulgebäude, Forschungseinrichtungen	4: Schule
1264: Krankenhäuser und Facheinrichtungen des Gesundheitswesens	8: Spital
1265: Sporthallen	11: Sportbauten
1271: Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	- (nicht verwendet, i.d.R. unbeheizt)
1272: Kirchen und sonstige Kultgebäude	7: Versammlungslokal
1273: Denkmäler oder unter Denkmalschutz stehende Bauwerke	- (nicht verwendet, i.d.R. unbeheizt)
1274: Sonstige Hochbauten, anderweitig nicht genannt	- (nicht verwendet, i.d.R. unbeheizt)
1275: Andere Gebäude für die kollektive Unterkunft	1: Wohnen MFH
1276: Gebäude für die Tierhaltung	- (nicht verwendet, i.d.R. unbeheizt)
1277: Gebäude für den Pflanzenbau	- (nicht verwendet, i.d.R. unbeheizt)
1278: Andere landwirtschaftliche Gebäude	- (nicht verwendet, i.d.R. unbeheizt)

Für den PACTA CO2-Rechner ist die Angabe eines Hauptwärmeträgers für die Produktion von Heizwärme und Warmwasser nötig. Die Definition des Hauptwärmeträgers geschieht anhand der GWR-Angaben zur Energie-/Wärmequelle Heizung (GENH1) und zum Wärmeerzeuger Heizung (GWAERZH1) gemäss Zuweisung in Tabelle 10.

Tabelle 10 Zuweisung Energie-/Wärmequelle GWR zu Wärmeträger PACTA CO2-Rechner

Energie-/Wärmequelle Heizung (GENH1)	Wärmeerzeuger Heizung (GWAERZH1)	Wärmeträger PACTA CO2-Rechner
7500: Keine		Keine Wärmeerzeugung
7501: Luft		Wärmepumpe (Luft-Wasser)
7510: Erdwärme (generisch)		Wärmepumpe (Sole-Wasser)
7511: Erdwärmesonde		Wärmepumpe (Sole-Wasser)
7512: Erdregister		Wärmepumpe (Sole-Wasser)
7513: Wasser (Grundwasser, Oberflächenwasser, Abwasser)		Wärmepumpe (Wasser-Wasser)
7520: Gas		Gasheizung
7530: Heizöl		Ölheizung
7540: Holz (generisch)		Holzheizung
7541: Holz (Stückholz)		Holzheizung
7542: Holz (Pellets)		Holzheizung
7543: Holz (Schnitzel)		Holzheizung
7560: Elektrizität		Elektroheizung
7570: Sonne (thermisch)		Thermische Solaranlage
7580: Fernwärme (generisch)		Fernwärme
7581: Fernwärme (Hochtemperatur)		Fernwärme
7582: Fernwärme (Niedertemperatur)		Fernwärme
7598: Unbestimmt	7410: Wärmepumpe für ein Gebäude	Wärmepumpe (Luft-Wasser)
7598: Unbestimmt	7411: Wärmepumpe für mehrere Gebäude	Wärmepumpe (Luft-Wasser)
7598: Unbestimmt		Andere
7599: Andere		Andere

Die Angabe der Energiebezugsfläche (EBF) eines Gebäudes ist im GWR zwar grundsätzlich vorgesehen, aktuell allerdings nur bei einem kleinen Anteil der Gebäude vorhanden. Die Herleitung der Energiebezugsfläche im PACTA Klimatest wurde analog zur Vorgehensweise bei früheren Klimatests<sup>16</sup> vorgenommen.

Falls keine Angabe zur EBF vorhanden war, wurde diese gemäss der folgenden Vorgehensweise approximativ bestimmt:

- Bei Gebäuden mit reiner Wohnnutzung (Gebäudekategorie GKAT = 1020) konnte die EBF aus der Summe der Wohnungsflächen (WAREA) multipliziert mit dem Umrechnungsfaktor 1.3 hergeleitet werden.
- Bei allen anderen Gebäuden oder bei fehlenden Angaben zur Wohnungsfläche wurde die EBF durch die Multiplikation der Gebäudegrundfläche (GAREA) und der Anzahl Stockwerke (GASTW) gemäss BFS<sup>17</sup> berechnet.

#### 7.4 Aufbereitung Photovoltaik-Anlagen

Das Bundesamt für Energie (BFE) stellt einen öffentlich verfügbaren Datensatz zu den Elektrizitätsproduktionsanlagen<sup>18</sup> zur Verfügung, der zur automatischen Übernahme von Angaben zur installierten Leistung (in Kilowatt, früher auch kWp genannt) einer Photovoltaik-Anlage genutzt werden kann. Der Datenbestand enthält alle Anlagen, welche im Schweizerischen Herkunftsachweissystem registriert sind. Darunter fallen zum einen alle Anlagen mit einer Leistung grösser 30 Kilovoltampere (kVA), sowie Kleinanlagen (grösser als 2 Kilowatt), welche freiwillig für die Ausstellung von Herkunftsachweisen (HKN) registriert worden sind. Zum anderen enthält der Datenbestand Anlagen, die durch eine Einspeisevergütung, Einmalvergütung, Mehrkostenfinanzierung oder einen Investitionsbeitrag gefördert werden (gemäss Art. 19 und 24; EnG). Es sind nur Elektrizitätsproduktionsanlagen enthalten, welche in Betrieb sind.

Für den PACTA Klimatest 2024 wurden nur die PV-Anlagen aus dem Datensatz verwendet. Diese wurden anhand der mitgelieferten Adresse geokodiert und einer EGID aus dem GWR zugewiesen. Damit konnte – falls vorhanden – die installierte Leistung einer PV-Anlage analog zu den Angaben aus dem GWR übernommen werden.

<sup>16</sup> Wüest Partner (2020): Methodenbericht zum Modell für die Abschätzung der Klimaverträglichkeit von Immobilienanlagen (CO2-Rechner)

<sup>17</sup> [https://www.housing-stat.ch/de/help/fag/era\\_surface\\_floors.html](https://www.housing-stat.ch/de/help/fag/era_surface_floors.html)

<sup>18</sup> <https://data.geo.admin.ch/browser/index.html#/collections/ch.bfe.elektrizitaetsproduktionsanlagen>

---

## 7.5 Aufbereitung Klimastationen pro PLZ

Für die Berechnung des Energiebedarfs und der Emissionen für Heizwärme und Warmwasser sowie für die Berechnung der durch eine PV-Anlage produzierten elektrischen Energie muss im CO2-Rechner jeweils eine der vierzig verfügbaren Klimastationen (SIA 2028) zugewiesen werden. Für den PACTA Klimatest 2024 wurden wie bereits in früheren Klimatests allen Postleitzahlen (PLZ) eine Klimastation zugewiesen. Diese Zuweisung der Klimastation wurde für den PACTA Klimatest 2024 verbessert. Bei der Zuordnung einer Klimastation aus der gleichen Klimaregion<sup>19</sup> wurde neben der Luftliniendistanz zwischen dem Mittelpunkt der PLZ und der Klimastation neu auch der Unterschied zwischen den akkumulierten Temperaturdifferenzen (ATD, für die Basistemperatur 12°C) berücksichtigt. Durch diese Anpassung wird pro PLZ i.d.R. eine klimatisch realitätsnähere Klimastation zugewiesen. Der Verbesserungseffekt lässt sich insbesondere in Tälern wie z.B. dem Walliser Rhonetal feststellen. So wird etwa der auf dem Talgrund gelegenen Gemeinde Sierre nicht mehr die distanznächste Klimastation von Montana (MVE) zugewiesen, die rund 1000m höher liegt als Sierre, sondern die in einer ähnlichen Höhenlage wie Sierre gelegene Station von Sion (SIO).

---

## 7.6 Automatische Übernahme von Gebäudemerkmalen und Annahmen

Bei der Verarbeitung der von den Teilnehmenden eingereichten Portfolios wurden sämtliche mit der Eingabevorlage eingelieferten Daten prioritär für die Analyse verwendet. Falls für die Analyse zwingende Angaben zum Gebäude wie z.B. die Hauptnutzung oder das Baujahr fehlten, wurde die Angabe falls möglich aus dem GWR zu übernommen (vgl. Abschnitt 7.2). Dies war möglich, wenn die gelieferte Adresse eindeutig einer EGID zugewiesen werden konnte bzw. bereits eine gültige EGID eingereicht wurde.

Zusätzlich konnten auch Angaben zur installierten PV-Anlage (siehe Abschnitt 7.4) übernommen werden. Falls das Vorhandensein einer PV-Anlage angegeben wurde, aber keine Angaben zur installierten Leistung oder Fläche vorhanden war (deklariert durch Teilnehmende oder angereichert aus BFE-Daten), wurde vom PACTA CO2-Rechner in Abhängigkeit der modellierten Dachfläche eine Annahme zur installierten Leistung getroffen.

Wie bereits in früheren Klimatests wurden bei fehlenden Angaben für das Gebäudebaujahr und für den Wärmeträger Annahmen getroffen, damit eine möglichst flächendeckende Analyse der Emissionen möglich ist. In Absprache mit dem BAFU wurde dabei von einem Worst-Case-Szenario ausgegangen, d.h. es wurde bei fehlenden Angaben jene Annahme getroffen, welche die grössten Emissionen zur Folge hat.

- Bei fehlender Angabe zum Wärmeträger wurde eine Ölheizung angenommen.
- Bei fehlenden Angaben zum Gebäudebaujahr wurde 1970 angenommen.

---

## 7.7 Datenqualität

Die Beurteilung der Datenqualität der als Berechnungsgrundlage verwendeten Gebäudemerkmale wurde mit der gleichen Methodik wie bereits im Klimatest 2022<sup>20</sup> vorgenommen.

Für jedes Gebäude wurde eine Einschätzung der Datenqualität in die Kategorien «gut», «mittel» und «moderat» vorgenommen, zudem wurde bei fehlenden Mindestangaben die Kategorie «n/a» definiert, wo eine Analyse nicht möglich war. Tabelle 11 zeigt die Kriterien zur Einschätzung der Datenqualität.

---

Tabelle 11 Kriterien zur Einschätzung der Datenqualität

Qualität	Kriterien
gut	a) Gebäudealter ≤ 30 Jahre oder b) Gebäudealter > 30 Jahre mit Angaben zu min. 1 historischen Sanierung vorhanden
mittel	Gebäudealter > 30 Jahre und keine Angabe zu historischen Sanierungen vorhanden
moderat	Energieträger oder Baujahr fehlt (Annahme von Ölheizung bzw. Baujahr 1970)
n/a	Obligatorische Angaben fehlen, keine Analyse möglich

---

## 7.8 Berechnung Scope 1

Im Scope 1 wurden für jedes Gebäude mit vollständigen obligatorischen Angaben verschiedene Zustände und Szenarien der Emissionen berechnet:

- Scope 1 Modellwert 2023: verwendet alle zum Gebäude vorhanden Angaben inkl. der historischen Sanierungen und Angaben zum Heizungssatz mit Ausnahme des deklarierten Energiebedarfs für

<sup>19</sup> <https://www.meteoschweiz.admin.ch/dam/jcr:07db700e-0e10-4b75-b17a-39febbeb3fa1/arbeitsbericht215.pdf> (Seite 23)

<sup>20</sup> Wüst Partner (2022): PACTA 2022 – Kapitel zur Klimaverträglichkeit von Immobilien- und Hypothekenportfolien (admin.ch)

Heizwärme und Warmwasser. Die Berechnung und resultierenden Energieverbräuche und Scope 1 Emissionen in diesem Zustand werden somit vom Modell im PACTA CO2-Rechner kalkuliert.

- *Scope 1 Modellwert 2023 deklariert:* verwendet die gleichen Angaben wie der *Scope 1 Modellwert 2023* oben und berücksichtigt zusätzlich noch die deklarierten Angaben zum Energiebedarf für Heizwärme und Warmwasser.
- *Scope 1 Modellwert 2050:* verwendet die gleichen Angaben wie der *Scope 1 Modellwert 2023* oben und berücksichtigt – falls vorhanden – die Angaben zu geplanten Sanierungen und zum geplanten Heizungssatz.
- *Scope 1 Modellwert 2050 Szenario Vollsaniierung:* verwendet die gleichen Angaben wie der *Scope 1 Modellwert 2050* oben. Zusätzlich werden aber alle Bauteile zum Zeitpunkt 2050 virtuell saniert, der Energieträger wird dabei wie angegeben beibehalten. Dies erlaubt eine Abschätzung des möglichen Effekts von Massnahmen zur Steigerung der Gebäudeeffizienz.

Für die Berechnung wurde der PACTA CO2-Rechner wie im Abschnitt 3 beschrieben angewendet.

---

### 7.9 Berechnung Scope 2

Im Scope 2 wurden analog zu Scope 1 im vorangehenden Abschnitt 0 verschiedene Zustände und Szenarien der Emissionen berechnet. Da die Berechnung des Energiebedarfs für Heizwärme und Warmwasser von Scope 1 und Scope 2 im PACTA CO2-Rechner unabhängig erfolgt, wurde für den PACTA Klimatest 2024 der Energiebedarf für Heizwärme und Warmwasser aus der Scope 1 Berechnung jeweils auch im dazugehörigen Zustand im Scope 2 als Eingabeparameter verwendet. Dies garantiert die Verwendung von konsistenten Werten in den beiden Scopes 1 und 2 (vgl. Abschnitt 4.3).

- *Scope 2 Modellwert 2023:* verwendet alle zum Gebäude vorhanden Angaben inkl. Angaben zur installierten PV-Anlage mit Ausnahme des deklarierten Strombedarfs und der deklarierten Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme. Die Berechnung und resultierenden Energieverbräuche und Scope 2 Emissionen in diesem Zustand werden somit vom Modell im PACTA CO2-Rechner kalkuliert.
- *Scope 2 Modellwert 2023 deklariert:* verwendet die gleichen Angaben wie der *Scope 2 Modellwert 2023* oben und berücksichtigt zusätzlich noch die deklarierten Angaben zum Strombedarf und die Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme.
- *Scope 2 Modellwert 2050:* verwendet die gleichen Angaben wie der *Scope 2 Modellwert 2023* oben und berücksichtigt – falls vorhanden – die Angaben zu geplanten Sanierungen und zum geplanten Heizungssatz.
- *Scope 2 Modellwert 2050 Szenario Vollsaniierung:* verwendet die gleichen Angaben wie der *Scope 2 Modellwert 2050* oben. Zusätzlich werden aber alle Bauteile zum Zeitpunkt 2050 virtuell saniert, der Energieträger wird dabei wie angegeben beibehalten. Zudem wird angenommen, dass durch den Ersatz aller Geräte die Gebäudekategorie «Zielwerte» (SIA 2024) zur Anwendung kommt. Dies erlaubt eine Abschätzung des möglichen Effekts von Massnahmen zur Steigerung der Gebäudeeffizienz.

Für die Berechnung wurde der PACTA CO2-Rechner wie im Abschnitt 4 beschrieben angewendet.

---

### 7.10 Berechnung Scope 3

Im Scope 3 wurden für jedes Gebäude mit vollständigen obligatorischen Angaben der Stand der grauen Energie und der grauen Emissionen per Stichtag 31.12.2023 berechnet. Zudem wurden – ebenfalls zum per Stichtag – der aktuelle Restwert und der Wiederbeschaffungswert berechnet.

Aufgrund der von SIA 2032 vergebenen, fixen Ersatzzeitpunkte von Bauteilen über den Lebenszyklus des Gebäudes wurden in dieser Berechnung keine eingereichten Angaben zu den historischen Sanierungen der Bauteile Dach, Fassade, Fenster, Kellerdecke oder Heizung berücksichtigt (vgl. Abschnitt 5.3).

Für die Berechnung wurde der PACTA CO2-Rechner wie im Abschnitt 5 beschrieben angewendet.

---

### 7.11 Auswertung

Für die Berichterstattung wurden die Resultate aus den oben beschriebenen Berechnungen für die Scopes 1, 2 und 3 anschliessend in verschiedenen Gruppierungen ausgewertet:

- Pro Portfolio
- Pro Teilnehmer
- Pro Sektor (Banken, Pensionskassen, Versicherungen, Vermögensverwaltung)
- Alle Sektoren zusammen

Bei der Auswertung wurden folgende Grundsätze angewendet:

- Aufgrund der unterschiedlichen Datenqualität und der unterschiedlichen Mengengerüste wurden, wie bereits im letzten Klimatest 2022, die Ergebnisse der eingereichten Portfolios jeweils separat nach direkt gehaltenen Immobilien und Hypotheken unterschieden.
- Bei der aggregierten Auswertung wurden die Resultate der einzelnen Gebäude jeweils nach deren Energiebezugsfläche gewichtet. Bei den Hypothekarobjekten wurden Resultate jeweils anteilig zur Fläche des Stockwerkeigentums bzw. der Eigentumswohnung gewichtet.

## 7.12 Absenkpfad für den Schweizer Gebäudepark

Die im PACTA-Klimatest 2024 ermittelten Scope 1 Emissionen für direkt gehaltene Gebäude und Hypotheken werden mit dem Absenkpfad für CO2-Emissionen für den Schweizer Gebäudepark hinsichtlich ihrer Zielerreichung verglichen.

Die Schweiz hat in ihrem Klima- und Innovationsgesetz ein Zwischenziel für 2040 und das Null-Emissionsziel für 2050 für den gesamten Gebäudesektor festgelegt. Die Verordnung zum CO2-Gesetz für die Zeit nach 2024 legt für den Sektor auch ein Zwischenziel für 2030 fest. Diese Ziele stehen im Einklang mit der Energiestrategie 2050 der Schweiz und der langfristigen Klimastrategie, welche die Schweiz der UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) als nationale Beiträge (NDC, nationally determined contributions) vorgelegt hat.

Für Portfolios und Gebäude ist es jedoch sinnvoll, das übergeordnete Ziel des Gebäudesektors auf die Ziele pro Energiebezugsfläche umzurechnen. Dies geschieht in PACTA. Der CO2-Absenkpfad pro Quadratmeter Energiebezugsfläche eines Gebäudes ist eine Kombination aus öffentlich zugänglichen Datenquellen mit historischen und prospektiven Daten zu Emissionen und Energiebezugsflächen unter Berücksichtigung definierter prospektiver Zielwerte.

Methodisch lässt sich der Reduktionspfad in zwei Teile gliedern:

Der historische Teil für die Jahre 2000 bis 2022 basiert auf den gemessenen Emissionen aus dem aktuellen Treibhausgasinventar<sup>21</sup> des BAFU sowie der Energiebezugsfläche für die Schweiz.<sup>22</sup>

Der prospektive Teil, der die zukünftigen Emissionen von 2023 bis 2050 abdeckt, basiert auf den vorläufigen CO2-Emissionszielen für 2030 für den Schweizer Gebäudepark (-50% gegenüber 1990) und 2040 (-82% gegenüber 1990)<sup>23</sup> sowie dem Ziel für 2050 (-100% gegenüber 1990)<sup>23</sup> und auf der Entwicklung der Energiebezugsflächen aus den Energieperspektiven 2050+<sup>24</sup>.

Für den PACTA-Klimatest 2024 wurde der Absenkpfad mit aktuellen Daten und den geplanten Zwischenzielen für 2030 und 2040 neu berechnet, da diese erst in der aktuellen PACTA-Testrunde gesetzlich festgelegt wurden. Es gibt kleine Abweichungen im Vergleich zum Absenkpfad, der im PACTA-Klimatest 2022 verwendet wurde, da damals das vom Bundesrat nun vorgeschlagene Zwischenziel für 2030 (-50% gegenüber 1990) noch nicht in der Berechnung berücksichtigt werden konnte. Für die prospektiven Werte wurde eine lineare Interpolation zwischen den definierten Zielwerten von 2023 bis 2050 durchgeführt (vgl. Tabelle 12).

Neben dem gemeinsamen Absenkpfad für alle Gebäude können aus den verfügbaren Datenquellen auch separate Absenkpfade für Haushalte und Dienstleistungen/Gewerbe berechnet werden. Da die Unterschiede zwischen den separaten Absenkpfaden vernachlässigbar sind, wurde für den Klimatest 2024 der gemeinsame Absenkpfad für alle Gebäude verwendet (vgl. Abbildung 4).

<sup>21</sup> BAFU Treibhausgasinventar (April 2024). Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Schweiz seit 1990 (admin.ch)

<sup>22</sup> Entwurf der CO2-Verordnung, Art. 3 (admin.ch)

<sup>23</sup> Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (KIG), Art. 4 (admin.ch)

<sup>24</sup> BFE Energieperspektiven 2050+ / EP2050+ Szenarienergebnisse ZERO Basis (admin.ch)

Abbildung 4 Absenkpfad für „Haushalte“, „Dienstleistung/Gewerbe“ und „alle Gebäude“ (wie im PACTA-Klimatest 2024 verwendet)

**Absenkpfad (Scope 1): PACTA 2024**

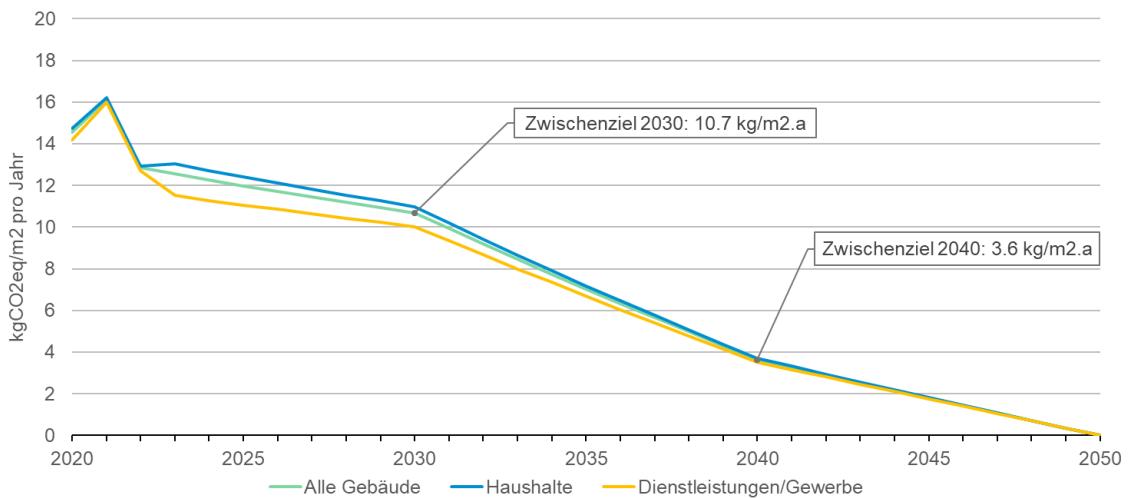


Tabelle 12 Absenkpfad für Scope 1 Emissionen des Schweizer Gebäudeparks

Jahr	Ziel gegenüber 1990	CO2-Emissionen [kg-CO2eq./m².a] „Alle Gebäude“
2020		14.5*
2021		16.1*
2022		12.9*
<b>2023</b>		<b>12.6**</b>
2024		12.3**
2025		12.0**
2026		11.7**
2027		11.5**
2028		11.2**
2029		10.9**
<b>2030</b>	-50%	<b>10.7**</b>
2031		9.9**
2032		9.2**
2033		8.5**
2034		7.7**
2035		7.0**
2036		6.3**
2037		5.7**
2038		5.0**
2039		4.3**
<b>2040</b>	-82%	<b>3.6**</b>
2041		3.3**
2042		2.9**
2043		2.5**
2044		2.2**
2045		1.8**
2046		1.4**
2047		1.1**
2048		0.7**
2049		0.4**
<b>2050</b>	-100%	<b>0.0**</b>

\* Messwert gemäss Treibhausgasinventar

\*\* Prospektiver Wert (lineare Interpolation zwischen den Zielwerten)

# Anhang

## A 1 Verzeichnisstruktur und Quellcode R-Package

Das R-Package liegt als tar.gz-Datei («source tarball») vor. Der Quellcode und sämtliche für die Anwendung benötigten Daten sind darin enthalten, lassen sich entpacken und betrachten. Die Verzeichnisstruktur ist folgendermassen organisiert:

```
co2calculatorPACTA2024_2.0.0.tar.gz
├── DESCRIPTION
├── NAMESPACE
└── data
    ├── climate.rda
    ├── scope1_constants.rda
    ├── scope1_utilisation.rda
    ├── scope2_benchmarks.rda
    ├── scope2_model_parameters_constants.rda
    ├── scope3_building_parts.rda
    └── scope3_model_parameters_constants.rda
└── R
    ├── data_scope1.R
    ├── data_scope2.R
    ├── data_scope3.R
    ├── init.R
    ├── scope1_calculation.R
    ├── scope1_calculation_utils.R
    ├── scope1_validation.R
    ├── scope2_calculation.R
    ├── scope2_calculation_utils.R
    ├── scope2_validation.R
    ├── scope3_calculation.R
    ├── scope3_calculation_utils.R
    ├── scope3_scenario_utils.R
    ├── scope3_validation.R
    ├── utils.R
    └── validation.R
└── man
    ├── calculate_scope1_emissions.Rd
    ├── calculate_scope2_emissions.Rd
    ├── calculate_scope3_emissions.Rd
    ├── climate.Rd
    ├── grapes-or-or-grapes.Rd
    ├── scope1_constants.Rd
    ├── scope1_utilisation.Rd
    ├── scope2_benchmarks.Rd
    ├── scope2_model_parameters_constants.Rd
    ├── scope3_building_parts.Rd
    └── scope3_model_parameters_constants.Rd
```

- Im Verzeichnis data befinden sich die verschiedenen, im Abschnitt 6 beschriebenen Datensätze.
- Im Verzeichnis R befindet sich der Quellcode für die Scope 1, 2 und 3 Modelle.

Weitere hilfreiche Informationen zur Struktur von R-Packages findet man auf der Webseite<sup>25</sup> «R Packages (2e)».

<sup>25</sup> R Packages (2e), <https://r-pkgs.org/>

A 2 Treibhausgaskoeffizienten Scope 1 und Scope 2

Tabelle 13 Treibhausgaskoeffizienten für Scope 1 und Scope 2

Energieträger	THGE-Koeffizient [kg CO2-eq./kWh]	Quelle
Öl	0.26532	BAFU Treibhausgasinventar 2024
Gas	0.20124	BAFU Treibhausgasinventar 2024
Fernwärme	0.0666	KBOB Ökobilanzdaten 2009/1:2022, Version 3 Fernwärme Durchschnitt Netze CH
Elektrizität	0.125	KBOB Ökobilanzdaten 2009/1:2022, Version 3 CH-Verbrauchermix

A 3 Bilanzierung Scope 1 und Scope 2 THGE für Heizwärme und Warmwasser nach Energieträger

Tabelle 14 Übersicht Zuweisung Scope 1 und Scope 2 Emissionen nach Energieträger

Wärmeträger	Scope 1 THGE	Scope 2 THGE
Ölheizung	ja	ja (nur Hilfsenergie)
Gasheizung	ja	ja (nur Hilfsenergie)
Wärmepumpe (Luft-Wasser)	nein	ja
Wärmepumpe (Sole-Wasser)	nein	ja
Wärmepumpe (Wasser-Wasser)	nein	ja
Holzheizung	nein	ja (nur Hilfsenergie)
Wärmetauscher (Abwärme)	nein	ja (nur Hilfsenergie)
Elektroheizung	nein	ja
Thermische Solaranlage	nein	ja (nur Hilfsenergie)
Fernwärme	nein	ja
Anderer	nein	nein

A 4 Aufzählungstypen (Wertelisten)

Tabelle 15 Aufzählungstyp utilisation\_key

Code	Beschreibung
1	Wohnen Mehrfamilienhaus
2	Wohnen Einfamilienhaus
3	Büro, Verwaltung
4	Schulen
5	Verkauf
6	Restaurants
7	Versammlungslokale
8	Spitäler
9	Industrie
10	Lager
11	Sportbauten
12	Hallenbäder

Tabelle 16 Aufzählungstyp climate\_code

Code	Beschreibung
ABO	Adelboden
AIG	Aigle
ALT	Altdorf
BAS	Basel-Binningen
BER	Bern-Liebefeld
BUS	Buchs-Aarau
CHU	Chur
DAV	Davos
DIS	Disentis
ENG	Engelberg
GVE	Genève-Cointrin
GLA	Glarus
GSB	Grand-St-Bernard
GUT	Güttingen
INT	Interlaken
CDF	La Chaux-de-Fonds
FRE	La Fréta

OTL	Locarno-Monti
LUG	Lugano
LUZ	Luzern
MAG	Magadino
MVE	Montana
NEU	Neuchâtel
PAY	Payerne
PIO	Piotta
PUY	Pully
ROB	Robbia
RUE	Rünenberg
SAM	Samedan
SBE	San Bernardino
STG	St. Gallen
SHA	Schaffhausen
SCU	Scuol
SIO	Sion
ULR	Ulrichen
VAD	Vaduz
WYN	Wynau
ZER	Zermatt
KLO	Zürich-Kloten
SMA	Zürich-MeteoSchweiz

Tabelle 17 Aufzählungstyp energy\_carrier

Code	Beschreibung
oilHeating	Ölheizung
gasHeating	Gasheizung
heatPumpAirWater	Wärmepumpe (Luft-Wasser)
heatPumpBrineWater	Wärmepumpe (Sole-Wasser)
heatPumpWaterWater	Wärmepumpe (Wasser-Wasser)
woodHeating	Holzheizung
wasteHeatRecoverySystem	Wärmetauscher (Abwärme)
electricalHeating	Elektroheizung
thermalSolarSystem	Thermische Solaranlage
districtHeating	Fernwärme
other	Anderes

Tabelle 18 Aufzählungstyp heat\_distribution

Code	Beschreibung
unknown	unbekannt
floor_heating	Bodenheizung
radiators	Radiatoren

Tabelle 19 Aufzählungstyp energy\_benchmark

Code	Beschreibung
standard	Standardwerte SIA 2024
target	Zielwerte SIA 2024
existing	Bestand SIA 2024

Tabelle 20 Aufzählungstyp foundation

Code	Beschreibung
unknown	unbekannte Fundierung
shallow	flach fundiert
deep	tief fundiert

Tabelle 21

Aufzählungstyp excavation\_support

<b>Code</b>	<b>Beschreibung</b>
unknown	unbekannte Baugrubensicherung
available	Baugrubensicherung vorhanden
unavailable	Baugrubensicherung nicht vorhanden

Tabelle 22

Aufzählungstyp roof\_type

<b>Code</b>	<b>Beschreibung</b>
unknown	unbekannte Dachform
gable_roof	Satteldach
flat_roof	Flachdach

---

# Literaturverzeichnis

---

Bundesamt für Umwelt BAFU, 2024

CO2-Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz

[https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/CO2\\_Emissionsfaktoren\\_THG\\_Inventar.pdf.download.pdf/Faktenblatt\\_CO2-Emissionsfaktoren\\_04-2024\\_DE.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/CO2_Emissionsfaktoren_THG_Inventar.pdf.download.pdf/Faktenblatt_CO2-Emissionsfaktoren_04-2024_DE.pdf)

Bundesamt für Umwelt BAFU, 2024

Klima und Finanzmarkt

<https://www.bafu.admin.ch/klima-finanzmarkt>

FPRE, RMI, 2024

WALKING THE WALK – Measuring progress on the climate goal alignment & climate actions of Swiss financial institutions, PACTA CLIMATE TEST 2024, SWITZERLAND  
Gesamtbericht zum PACTA Klimatest 2024 (englisch), im Auftrag des BAFU

<https://www.bafu.admin.ch/pacta-klimatest>

Greenhouse Gas Protocol, 2015

GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard

<https://ghgprotocol.org/corporate-standard>

L. Fister, C. Kraft, G. Settembrini, Institut für Finanzdienstleistungen, Hochschule Luzern, 2023

Graue Energie – Studie zur Validierung des «Scope 3» Modells für Immobilien

Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB, 2023

Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022, Version 3

[https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten\\_baubereich.html](https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html)

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2009

SIA 380/1:2009 Thermische Energie im Hochbau

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2010

SIA 2028:2010 Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2015

SIA Klimadaten deutsch (kompakt) - Ausgabe 2015

<https://www.energytools.ch/index.php/de/downloads/datenbanken>

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2019

SIA 2056:2019 Elektrizität in Gebäuden – Energie- und Leistungsbedarf

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2020

SIA 384/3:2020 Heizungsanlagen in Gebäuden – Energiebedarf

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2020

SIA 2032:2020 Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 2021  
SIA 2024:2021 Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik

The R Foundation, 2024  
The R Project for Statistical Computing  
<https://www.r-project.org/>

Wickham, Hadley und Bryan, Jennifer, 2023  
R Packages (2e)  
<https://r-pkgs.org/>

Wüest Partner, 2020  
Dokumentation CO<sub>2</sub>-Rechner "PACTA"

Wüest Partner, 2020  
Methodenbericht zum Modell für die Abschätzung der Klimaverträglichkeit von Immobilienanlagen  
(CO<sub>2</sub>-Rechner)

Wüest Partner, 2022  
PACTA 2022 – Kapitel zur Klimaverträglichkeit von Immobilien- und Hypothekenportfolien  
[https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/DEF\\_Kapitel%20Immobilien%20und%20Hypotheken\\_Deutsch\\_WP\\_Nov.%202022.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/DEF_Kapitel%20Immobilien%20und%20Hypotheken_Deutsch_WP_Nov.%202022.pdf)