

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU  
Bern

# Methodenbericht zum Modell für die Abschätzung der Klimaver- träglichkeit von Immobilienanlagen (CO<sub>2</sub>-Rechner)

**Schlussbericht**  
Zürich, 10. Juli 2020



Projektnummer	110036	
Auftraggeber	UVEK Bundesamt für Umwelt BAFU Abteilung Klima, Sektion Klimapolitik Papiermühlestrasse 172 3063 Ittigen	
Kontaktperson	Silvia Ruprecht-Martignoli, Sektion Klimapolitik, BAFU   silvia.ruprecht@bafu.admin.ch	
Begleitgruppe	Roger Ramer, Sektion Klimapolitik, BAFU Röthlisberger Regine, Leitung Sektion Klimaberichterstattung und - anpassung, BAFU Stefan Schwager, Bereich internationale Umweltfinanzierung, BAFU Ines Barnetta, Sektion Versicherungen und Risiken, SIF Claudio Menn, Sektion Gebäude, BFE	
Bearbeitung	Wüest Partner AG Alte Börse Bleicherweg 5 8001 Zürich wuestpartner.com	
Projektleitung	Dr. Reto Frey   reto.frey@wuestpartner.com	
Bearbeitung	Ivan Anton Jon Bracher	Dr. Jörg Schläpfer Thomas Wider
Zeitraum	2019–2020	

Wüest Partner ist ein unabhängiges und inhabergeführtes Beratungsunternehmen. Seit 1985 schaffen wir als neutrale Experten erstklassige Entscheidungsgrundlagen für professionelle Immobilienakteure. Mit einem breiten Leistungsangebot – bestehend aus Beratung, Bewertung, Daten, Applikationen und Publikationen – begleiten wir unsere Kunden im In- und Ausland. Unser Wissen schafft Transparenz und ebnet neue Wege für die Weiterentwicklung der Immobilienwirtschaft.

Mit einem rund 200-köpfigen, interdisziplinären Beraterteam verfügt das Unternehmen über eine hohe Kompetenz und langjährige Erfahrung. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter stammen aus den Disziplinen Ökonomie, Architektur, Informatik, Ingenieurwesen sowie Sozial- und Naturwissenschaften. Die in Zürich, Genf, Bern, Lugano, Frankfurt am Main, Berlin, Hamburg und München stationierten Beraterteams werden von einem internationalen Netzwerk von Partnerfirmen und regional gut verankerten Fachpersonen ergänzt.

Für Kontinuität, Nachhaltigkeit und Unabhängigkeit der Unternehmensleistungen bürgen die achtzehn Partner, die zugleich Eigentümer der Wüest Partner AG sind: Andreas Ammann, Marcel Scherrer, Marco Feusi, Andreas Bleisch, Jan Bärthel, Patrick Schnorf, Mario Grubenmann, Patrik Schmid, Gino Fiorentin, Stefan Meier, Hervé Froidevaux, Ronny Haase, Pascal Marazzi-de Lima, Andreas Keller, Karsten Jungk, Ivan Anton, Fabio Guerra und Alain Chaney.

Disclaimer: Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Ziel</b>	<b>5</b>
1.1	Einleitung – Bundesrat will bis 2050 eine klimaneutrale Schweiz	5
1.2	Ziel des Auftrages	5
1.3	Aufbau des Schlussberichts	6
	<b>Teil 1: CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeparks</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
2.1	Gebäudepark Schweiz	7
2.2	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen	8
2.3	Referenz für Klimaverträglichkeit	9
2.4	Grundlagen der Berechnung	9
<b>3</b>	<b>Gebäudetypen</b>	<b>10</b>
3.1	Kategorisierung	10
<b>4</b>	<b>Energiebezugsfläche</b>	<b>12</b>
4.1	Energiebezugsflächen im Zeitverlauf	12
4.2	Energiebezugsfläche je Gebäudetyp	13
<b>5</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Gebäudetyp</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Handlungsoptionen: Dämmung und Energieträger</b>	<b>17</b>
6.1	Dämmung	17
6.2	Energieträger	17
<b>7</b>	<b>Referenz «Weiter wie bisher»</b>	<b>21</b>
7.1	Kalibrierung der Berechnungen mit den Gesamtemissionen	21
7.2	Referenz «Weiter wie bisher»	21
7.3	Entwicklung bis 2050	22
<b>8</b>	<b>Referenz «Netto Null»</b>	<b>25</b>
8.1	Laufend strengerer Vergleichswert	25
8.2	Aufgliederung der Referenz gemäss Kategorisierung	25
<b>9</b>	<b>Abgrenzungen</b>	<b>27</b>
9.1	Gebäudetypen	27
9.2	Ort der Emissionsmessung	27
9.3	Zeitlich konstante Parameter	27
	<b>Teil 2: Berechnung für einzelne Gebäude</b>	<b>29</b>
<b>10</b>	<b>Einleitung</b>	<b>29</b>
<b>11</b>	<b>«CO<sub>2</sub>-Rechner PACTA»</b>	<b>30</b>
<b>12</b>	<b>Anwendung mit Daten des Gebäudeparks Schweiz</b>	<b>31</b>
12.1	Einleitung	31
12.2	Daten Gebäude- und Wohnungsregister	31
12.3	Stand	31
12.4	Energiemerkmale	31
12.5	Vorbereitung und Filterung der GWR-Daten	31
12.6	Aufbereitung der Gebäudemerkmalen aus dem GWR	34
12.7	Anreicherung von Gebäudemerkmalen aus Sekundärquellen	35
12.8	Mengengerüst	37
<b>13</b>	<b>Emissionsberechnung</b>	<b>39</b>

13.1	Einleitung	39
13.2	Sensitivität	43
<b>14</b>	<b>Einordnung</b>	<b>44</b>
<b>15</b>	<b>Disclaimer</b>	<b>45</b>

# 1 Einleitung und Ziel

## 1.1 Einleitung – Bundesrat will bis 2050 eine klimaneutrale Schweiz

«Die Schweiz hat sich im Rahmen des Pariser Klimaübereinkommens verpflichtet, bis 2030 ihren Treibhausgasausstoss gegenüber dem Stand von 1990 zu halbieren. Aufgrund der neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse des Weltklimarates hat der Bundesrat an seiner Sitzung vom 28. August 2019 entschieden, dieses Ziel zu verschärfen: Ab dem Jahr 2050 soll die Schweiz unter dem Strich keine Treibhausgasemissionen mehr ausstossen. Damit entspricht die Schweiz dem international vereinbarten Ziel, die globale Klimaerwärmung auf maximal 1,5°C gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen.

Mit der Unterzeichnung des Klimaübereinkommens von Paris hatte der Bundesrat das langfristige Ziel angekündigt, die Emissionen der Schweiz bis 2050 um 70 bis 85 Prozent zu vermindern. Dieses Ziel basierte auf Erkenntnissen des Weltklimarates (IPCC), wonach die Klimaerwärmung bis zum Jahr 2100 auf unter 2 Grad zu begrenzen ist, um gravierende Folgen für Mensch und Artenvielfalt zu verhindern. 2018 hat der IPCC aufgezeigt, dass bereits ab einer globalen Erwärmung um 1,5 Grad mit gravierenden Veränderungen der Ökosysteme gerechnet werden muss und eine ausgeglichene Emissionsbilanz von «Netto Null» bereits wesentlich früher erreicht werden muss. Der Bundesrat hat daraufhin das Bundesamt für Umwelt (BAFU) beauftragt, die langfristigen Klimaziele neu zu prüfen und Handlungsmöglichkeiten auszuarbeiten. Zudem hatte der Bundesrat am 26. Juni 2019 in der Diskussion über die Prioritäten der Schweiz für die UNO-Generalversammlung 2019 festgelegt, dass die Schweiz ihr Emissionsminderungsziel bis 2050 erhöhen wird.

Der Bundesrat hat dieses Minderungsziel am 28. August 2019 präzisiert und beschlossen, dass die Schweiz bis 2050 nicht mehr Treibhausgase ausstossen soll, als natürliche und technische Speicher aufnehmen können. Dies bedeutet Netto-Null-Emissionen bis zum Jahr 2050.»<sup>1</sup>

## 1.2 Ziel des Auftrages

Nach Abschluss dieses Projekts soll ein Modell bzw. eine Software zur Verfügung stehen, mit dem die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Gebäuden geschätzt werden können. Dadurch soll es künftig möglich sein, für einzelne Gebäude einen Anhaltspunkt geben zu können, wie es punkto CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu einem klimapolitischen Zielpfad steht. Bis dato war im Sinne eines «Top-down-Ansatzes» die Angabe eines klimaverträglichen Zielpfades bezüglich der CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Total aller Gebäude in der ganzen Schweiz möglich. Für ein einzelnes Gebäude konnte jedoch als Ziel nur der Endpunkt im Jahr 2050 mit einer CO<sub>2</sub>-Emission von null postuliert werden. Mit der in diesem Projekt entwickelten Software ist nun die Anwendung eines «Bottom-up-Ansatzes» möglich, da die Software auf das schweizweite Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) abgestimmt wurde. Damit ist ein periodischer Vergleich zwischen dem Ist-Zustand des Gebäudeparks und dem klimaverträglichen Zielpfad möglich.

Der Bericht soll möglichen Anwendern des auf der Grundlage des oben erwähnten Modells entwickelten CO<sub>2</sub>-Rechners (Software) Einblicke in die Idee, den Aufbau und die Hintergründe des zugrunde liegenden Modells geben. Zudem dient er als

---

<sup>1</sup> [www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-76206.html](http://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-76206.html)

Methodenbericht für alle, die nach dem Immobilientest im Rahmen von PACTA 2020 Fragen zur Software und dem dahinter liegenden Modell haben.

### 1.3 Aufbau des Schlussberichts

Dieser Schlussbericht gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Teil werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten schweizerischen Gebäudeparks berechnet. Dabei wird die Methodik erläutert, und auf der zeitlichen Achse werden mögliche Szenarien zu Absenkpfeilen und deren Referenzwerten dargestellt. Als Referenzpunkte gelten hierbei die geforderte Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 50% gegenüber 1990 bis zum Jahr 2026/27 und die Vorgabe einer «Netto-Null-Emission» per 2050. Damit kann der Status quo der CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamtschweizerischen Gebäudeparks für unterschiedliche Gebäudetypen dargestellt werden. Als Grundlage dazu dienen die mit einem für das Bundesamt für Energie (BFE) entwickelten Modell geschätzten Energiebezugsflächen. Die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden auf die definierten Gebäudetypen verteilt und damit anschliessend Kennwerte zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen für jeden Gebäudetyp berechnet.

Der zweite Teil befasst sich mit dem für dieses Projekt entwickelten Modell zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf der Stufe einzelner Gebäude. Dabei wird der Heizwärmebedarf eines Gebäudes anhand der SIA-Norm 380/1 (2016) bestimmt. In Abhängigkeit vom jeweiligen Energieträger (Heizöl, Erdgas, andere) erfolgt anschliessend mithilfe der entsprechenden Faktoren die Schätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dieses Modell wurde mithilfe der Statistik-Umgebung R<sup>2</sup> als Software-Paket umgesetzt (CO<sub>2</sub>-Rechner) und kann von interessierten Kreisen als Open-Source-Software<sup>3</sup> direkt beim BAFU bezogen werden. Dieser CO<sub>2</sub>-Rechner wird für die Berechnungen im Rahmen der «PACTA Initiative 2020» erstmals in praktischem Einsatz stehen.

---

<sup>2</sup> <https://www.r-project.org>

<sup>3</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Open\\_Source](https://de.wikipedia.org/wiki/Open_Source)

# Teil 1: CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeparks

## 2 Einleitung

In diesem Teil 1 des Schlussberichtes werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten schweizerischen Gebäudeparks berechnet. Dabei wird die Methodik erläutert, und auf der zeitlichen Achse werden mögliche Szenarien zu Absenkpfeilen und deren Referenzwerten dargestellt. Als Referenzpunkte gelten hierbei die geforderte Absenkung um 50% bis zum Jahr 2026/27 (im Vergleich zum Referenzjahr 1990) und die Vorgabe einer «Netto-Null-Emission» per 2050. Damit kann der Status quo der CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamtschweizerischen Gebäudeparks für unterschiedliche Gebäudetypen dargestellt werden. Als Grundlage dazu dienen die mit einem für das Bundesamt für Energie entwickelten Modell geschätzten Energiebezugsflächen. Die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden auf die definierten Gebäudetypen verteilt und damit anschliessend Kennwerte zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen für jeden Gebäudetyp berechnet.

### 2.1 Gebäudepark Schweiz

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeparks betragen gemäss dem Treibhausgasinventar<sup>4</sup> des BAFU zurzeit etwas mehr als ein Viertel der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schweiz.

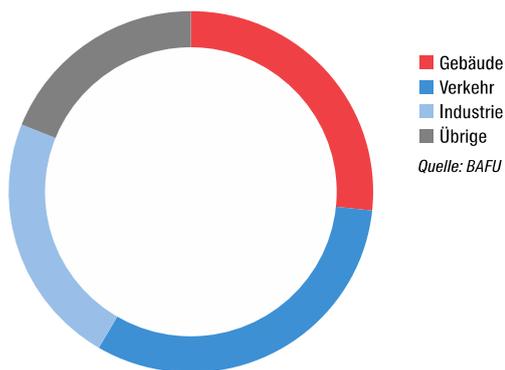


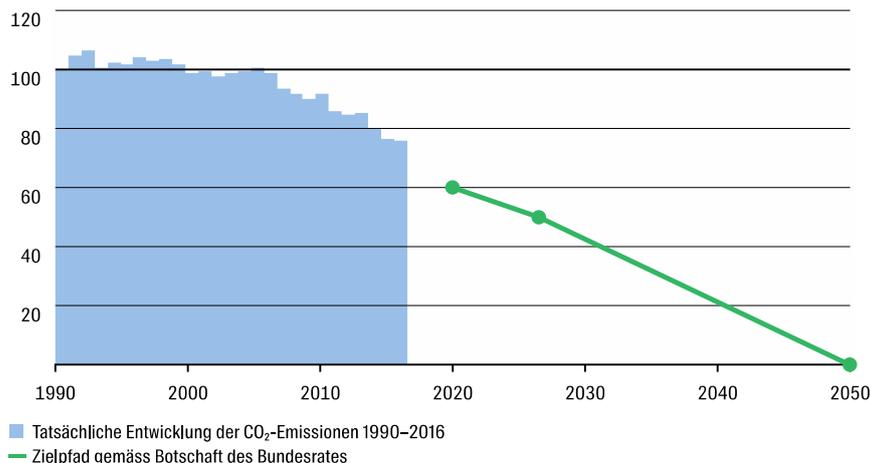
Abbildung 2.1  
CO<sub>2</sub>-Emissionen der  
verschiedenen Sektoren  
gemäss CO<sub>2</sub>-Verordnung  
Quelle: BAFU, 2018

Um das vom Bundesrat erklärte Ziel «Netto-Null» im Jahr 2050 zu erreichen, muss der Gebäudepark Schweiz seine CO<sub>2</sub>-Emissionen kontinuierlich reduzieren. Auf diesen Zielpfad, der ab dem Jahr 2020 bis ins Jahr 2050 gilt, wird im folgenden Teil 1 näher eingegangen. Der in diesem Projekt entwickelte CO<sub>2</sub>-Rechner zur Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von einzelnen Gebäuden wird im Teil 2 detailliert vorgestellt.

<sup>4</sup> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/daten-indikatoren-karten/daten/treibhausgasinventar.html>

## 2.2 Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die vom Bundesrat beschlossene Zielsetzung bedeutet, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen des schweizerischen Gebäudeparks bis ins Jahr 2050 auf null sinken sollen. Die Entwicklung der betrachteten CO<sub>2</sub>-Emissionen beginnt im Ausgangsjahr 1990. Für die Darstellung der in der Vergangenheit liegenden Jahre 1990 bis 2016<sup>5</sup> werden die vom BAFU ausgewiesenen tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeparks verwendet (2016 betragen sie 77% im Vergleich zum Jahr 1990). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeparks werden für die Kalibrierung des Modells witterungsbereinigt; dies geschieht darum, weil das Wetter die effektiven CO<sub>2</sub>-Emissionen zwar beeinflusst, das Wetter eines Jahres aber nicht den Modellwert beeinträchtigen soll. Für die Jahre 2017 bis 2050 berechnet Wüest Partner die Entwicklung mit dem im Rahmen des vorliegenden Projekts erarbeiteten Modell auf der Stufe Schweiz. Als Ausgangswert dient dabei der tatsächliche Wert aus dem Jahr 2016. Vor dem Jahr 2050 werden noch zwei Zwischenziele formuliert. Für das Jahr 2020 soll der Wert der Reduktion bei 60% des Werts von 1990 liegen. Für die Berechnungen wurde auf die Botschaft des Bundesrates abgestützt<sup>6</sup>. Dort heisst es, dass die Reduktion auf 50% für den Durchschnitt der Jahre 2026 und 2027 gelten soll. Zwischen den so definierten Zeitpunkten 2016, 2020, 2030 und 2050 wird angenommen, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen jeweils linear sinken.



Quelle: Wüest Partner

Abbildung 2.2  
 Entwicklung der CO<sub>2</sub>-  
 Emissionen 1990–2016 und  
 Zielpfad ab 2020 (Index 1990 =  
 100)

Gemäss dem von Wüest Partner für das Bundesamt für Energie jährlich aktualisierten Modell nimmt die gesamte Energiebezugsfläche des schweizerischen Gebäudeparks pro Jahr um rund 1% zu. Das bedeutet, dass die Energiebezugsfläche im Jahr 2050 rund doppelt so gross sein dürfte wie im Jahr 1990. Um die vorgegebenen Klimaziele einhalten zu können, muss die Effizienz der neu hinzukommenden Energiebezugsflächen entsprechend gesteigert werden, d.h. die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro m<sup>2</sup> neuer Energiebezugsfläche müssen stetig sinken.

## 2.3 Referenz für Klimaverträglichkeit

Die Zielsetzung für das Jahr 2050 bedeutet, dass die Schweiz und damit auch der Schweizer Gebäudepark im Jahr 2050 möglichst kein CO<sub>2</sub> mehr ausstossen sollen. Dieser Zielpfad dient also als Referenz, an welchem die «Klimaverträglichkeit» einer

<sup>5</sup> Zum Zeitpunkt der Berechnungen waren diese Daten erst bis zum Jahr 2016 verfügbar.

<sup>6</sup> Gemäss «Botschaft zur Totalrevision des CO<sub>2</sub>-Gesetzes nach 2020» vom 1. Dezember 2017

Immobilie auch prospektiv gemessen werden kann. Diese Referenz orientiert sich, wie oben beschrieben, an den klimapolitischen Zielsetzungen und gibt für jedes Jahr von 2020 bis 2050 vor, wie viel CO<sub>2</sub> jeder Gebäudetyp durchschnittlich noch ausstossen darf, wenn das Ziel, die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeparks bis 2050 auf null zu senken, erreicht werden soll.

## 2.4 Grundlagen der Berechnung

Zur Berechnung der Referenz wurden die drei folgenden grundlegenden Annahmen getroffen:

### — Gebäudetypen

Der gesamte Gebäudepark der Schweiz wird in verschiedene Gebäudetypen eingeteilt. Zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden für jeden dieser Gebäudetypen Annahmen über relevante Variablen (z.B. Energieträger) getroffen.

### — Energiebezugsflächen

Für jeden dieser Gebäudetypen wird für jedes der Jahre 1990 bis 2050 die Energiebezugsfläche in m<sup>2</sup> geschätzt. Diese Grösse ist ein zentraler Indikator für den Heizbedarf einer Liegenschaft.

### — CO<sub>2</sub>-Emissionen

Für jeden Gebäudetyp werden für jedes der Jahre 1990 bis 2050 mithilfe der oben beschriebenen Annahmen die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet. Die Angabe erfolgt jeweils in kg pro Jahr und m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche.

Anhand der Resultate der drei beschriebenen Schritte können die CO<sub>2</sub>-Emissionen des schweizerischen Gebäudeparks für jedes der Jahre von 1990 bis 2050 geschätzt werden. Dazu werden für jeden Gebäudetyp die gesamten Energiebezugsflächen (in m<sup>2</sup>) mit den jeweiligen durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen (in kg CO<sub>2</sub> pro m<sup>2</sup>) für genau diesen Gebäudetyp multipliziert. Die Addition dieser absoluten Emissionen über alle Gebäudetypen ergibt dann die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Millionen Tonnen pro Jahr für den gesamten Gebäudepark der Schweiz.

In den nächsten Kapiteln werden die oben vorgestellten Grössen, die für die Berechnung der Referenz zentral sind, vertieft beschrieben. Ziel ist es, die Hintergründe aufzuzeigen, um das für den zweiten Teil des Berichtes erarbeitete Modell zur Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Emissionen einzelner Gebäude in den gesamten Projektkontext einordnen zu können.

## 3 Gebäudetypen

### 3.1 Kategorisierung

Damit im Rahmen dieses Projekts die Berechnung der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf der Stufe des Gebäudeparks Schweiz nicht allzu komplex wird, muss die in der Schweiz vorkommende Vielfalt an unterschiedlichen Gebäuden in verschiedene Gebäudetypen eingeteilt werden. Diese Einteilung wird anhand der für die CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Gebäudes relevanten Einflussfaktoren vorgenommen. Diese Einflussfaktoren werden in **6 Kategorien** eingeteilt (Energieträger, Nutzung, Bauperiode, Periode der Dämmung, Eigentümer, Lage), die ihrerseits jeweils zwischen 3 und 6 Ausprägungen aufweisen. Jedes Gebäude wird in jeder Kategorie einer dieser Ausprägungen zugeteilt.

Nach Ansicht von Wüest Partner sind diese 21 Gebäudetypen repräsentativ genug, um signifikante Unterschiede bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen aufzuzeigen und für aussagekräftige Resultate zu sorgen. Gleichzeitig wird durch eine Limitierung der Anzahl Gebäudetypen die Übersichtlichkeit gewahrt.

Die gewählten Kategorien können wie folgt kurz beschrieben werden:

#### — **Kategorie 1: Energieträger**

Der Energieträger besorgt die Wärmeproduktion für die Gebäudeheizung und die Warmwasseraufbereitung.

- Ausprägung 1: Heizöl
- Ausprägung 2: Erdgas
- Ausprägung 3: «andere», d.h. nicht fossile Energieträger wie Erdsonden, Solarenergie, Fernwärme usw.

#### — **Kategorie 2: Nutzung**

Die hauptsächliche Nutzung eines Gebäudes ist entscheidend für die Klassierung in dieser Kategorie. Dabei erfolgte eine Orientierung an den Nutzungen im Treibhausgasinventar des BAFU (Dienstleistungen/Gewerbe, Privathaushalte, andere), wobei vorliegend mehr Ausprägungen berücksichtigt werden sollen.

Folgende 6 Ausprägungen werden verwendet:

- Ausprägung 1: Mehrfamilienhäuser (MFH)
- Ausprägung 2: Einfamilienhäuser (EFH)
- Ausprägung 3: Büro, Verkauf, Schulen usw.
- Ausprägung 4: Gewerbe (Industriebauten, Autogaragen usw.)
- Ausprägung 5: Hotel, Gesundheit (Krankenhäuser, Schwimmbäder usw.)
- Ausprägung 6: alle anderen Nutzungen wie Bahnhofgebäude, militärische Anlagen usw.

#### — **Kategorie 3: Baujahr**

Das Baujahr wird in Bauperioden erfasst. Dabei geht man von der Tatsache aus, dass seit dem Jahr 2000 grosse Fortschritte bei der Gebäudetechnik gemacht wurden.

- Ausprägung 1: Vor dem Jahr 2000 gebaut
- Ausprägung 2: Von 2000 bis 2019 gebaut
- Ausprägung 3: Ab 2020 gebaut

— **Kategorie 4: Eigentümer**

Die Art der Eigentümerschaft hat einen massgeblichen Einfluss auf die Sanierungstätigkeit.

- Ausprägung 1: Renditeliegenschaften, öffentliche Hand
- Ausprägung 2: Selbstgenutzt, hoher Nutzungsgrad
- Ausprägung 3: Nicht ständig bewohnt, tieferer Nutzungsgrad

— **Kategorie 5: Lage**

Die Höhenlage (in Metern über Meer, m.ü.M.) beeinflusst die Heiztätigkeit wesentlich. Und die Qualität der Lage beeinflusst die ökonomischen Möglichkeiten für die Sanierungstätigkeit, wobei dieser Effekt nur im Mittelland (in Lagen unter 1000 m.ü.M.) eine wesentliche Rolle spielt.

- Ausprägung 1: Über 1000 m.ü.M.
- Ausprägung 2: Unter 1000 m.ü.M., überdurchschnittliche Lage<sup>7</sup>
- Ausprägung 3: Unter 1000 m.ü.M., unterdurchschnittliche Lage

— **Kategorie 6: Dämmung**

Die Kategorie «Dämmung» bezieht sich auf das Jahr der letzten Sanierung der Gebäudehülle. Es wird davon ausgegangen, dass neuere Dämmungen wesentlich bessere Leistungen erbringen als ältere und dass bei einer Sanierung der Gebäudehülle, wie im Markt üblich, auch neue Fenster eingebaut werden. Dabei werden drei Perioden unterschieden. Als Periodengrenzen wurden die Jahre 2000 und 2020 gewählt. Das hat mit den «Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich»<sup>8</sup> (MuKE) der Konferenz Kantonalen Energiedirektoren zu tun: Die MuKE 1998 verschärfen die Vorschriften bei den Gebäudesanierungen deutlich, sodass der Unterscheidung, ob eine Sanierung vor und nach dem Jahr 2000 durchgeführt wurde, eine sehr grosse Bedeutung zukommt. Und die MuKE 2014 schufen unter anderem wichtige Anreize, nach einem Umbau fossile Heizungen durch andere Heizungstypen zu ersetzen. Da die Implementierung dieser Massnahmen mehrere Jahre benötigt (Ende 2019 sind die MuKE 2014 in 7 Kantonen in Kraft, und im Jahr 2020 dürften weitere 7 Kantone dazukommen), wurde als zweites Stichjahr das Jahr 2020 gewählt.

- Ausprägung 1: Dämmung vor dem Jahr 2000
- Ausprägung 2: Dämmung von 2000 bis 2019
- Ausprägung 3: Dämmung ab 2020

Durch eine Kombination dieser Gebäudetypen ergeben sich sehr viele mögliche Kombinationen, die aber für die vorliegende Betrachtung nicht alle sinnvoll sind. Gewisse Gebäudetypen können von vornherein ausgeschlossen werden. So kann es zum Beispiel nicht sein, dass das Jahr der Dämmung vor dem Baujahr eines Gebäudes liegt. Darüber hinaus hat Wüest Partner in Absprache mit der Auftraggeberin die vereinfachende Annahme getroffen, dass Einfamilienhäuser grundsätzlich keine Renditeliegenschaften sind.

Aus all diesen möglichen Kombinationen wurden die für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeparks **relevanten Gebäudetypen** bestimmt.

---

<sup>7</sup> gemäss Mikrolagering von Wüest Partner, Stand 2018.

<sup>8</sup> <https://www.endk.ch/de/energiepolitik-der-kantone/muken>

## 4 Energiebezugsfläche

### 4.1 Energiebezugsflächen im Zeitverlauf

Im Rahmen eines Auftrags des Bundesamtes für Energie (BFE) zur Ermittlung und Fortschreibung von Energiebezugsflächen (EBF) entwickelte Wüest Partner Anfang der 1990er Jahre ein Gebäudemodell, das als Basis für das «Flächenfortschreibungsmodell EBF» diente. Im Rahmen dieses Modells wird im Wesentlichen der Ausgangsbestand der EBF anhand der jährlich auf Stufe der politischen Gemeinden verfügbaren Bauinvestitionen hochgerechnet.<sup>9</sup>

Die wichtigste Grundlage für die erstmalige Erstellung des «Flächenfortschreibungsmodells EBF» bilden die Daten von 17 kantonalen Gebäudeversicherungsanstalten (GVA) aus dem Jahr 1995 einerseits und die Wohnungszählung (WZ) der Jahre 1990 und 2000 andererseits. Die Angaben für kommerzielle Nutzungen liegen dabei gemäss GVA als Volumen in Kubikmetern vor, während die WZ für Wohnnutzungen die Flächen in Quadratmetern angibt. Die Wohnflächen werden daher auf die Einheit Kubikmeter hochgerechnet, damit eine gemeinsame Bezugsgrösse für die Berechnung der jährlichen Veränderung vorliegt.

Die Grundlage für die Berechnung der jährlichen Veränderung bildet die Bauinvestitionsstatistik des Bundesamtes für Statistik (BFS). Die Bauinvestitionen liegen in Schweizer Franken auf Stufe Gemeinde vor. Durch eine Division dieser Werte mit Baupreisen pro Kubikmeter können die neu erstellten Volumina pro Gemeinde «bottom-up» berechnet werden. Die nutzungsspezifischen Baukosten pro Kubikmeter wurden anhand von Datensätzen, die für rund 500'000 bewilligte Bauprojekte in der Schweiz vorliegen, bestimmt. Der im Modell verwendete Umrechnungspreis ergibt sich aus dem Median des nutzungsspezifischen Baukostenspektrums und einem Aufschlag in Abhängigkeit von der Streuung. Die Anpassung der nutzungsspezifischen Umrechnungspreise an die generelle Preisentwicklung und an die Kostensteigerungen, aber auch an die Effizienzgewinne im Baugewerbe erfolgen anhand des schweizerischen Baupreisindex des BFS. Veränderungen der Volumina als Folge von Umnutzungen oder Abbrüchen werden aufgrund von empirischen Daten entsprechend berücksichtigt.

Die anschliessend vorliegenden neuen Volumina für jede Gemeinde und Nutzung müssen wieder auf die Dimension Fläche zurückgerechnet werden, was anhand von – je nach Nutzung differenzierten – virtuellen Höhen geschieht. Diese hat Wüest Partner im Rahmen von verschiedensten Measurement-Projekten ermittelt. Dabei wurden ganze Portfolios von Immobilieneigentümern vor Ort neu vermessen und dokumentiert. Die daraus gewonnenen Angaben zu den virtuellen Höhen für die unterschiedlichen Nutzungen sind somit empirisch breit abgestützt.

Aufgrund dieser Vorarbeiten wird angenommen, dass die totale Energiebezugsfläche jedes Jahr um durchschnittlich knapp 1% wächst.

<sup>9</sup> <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/energieverbrauch-nach-verwendungszweck.html>

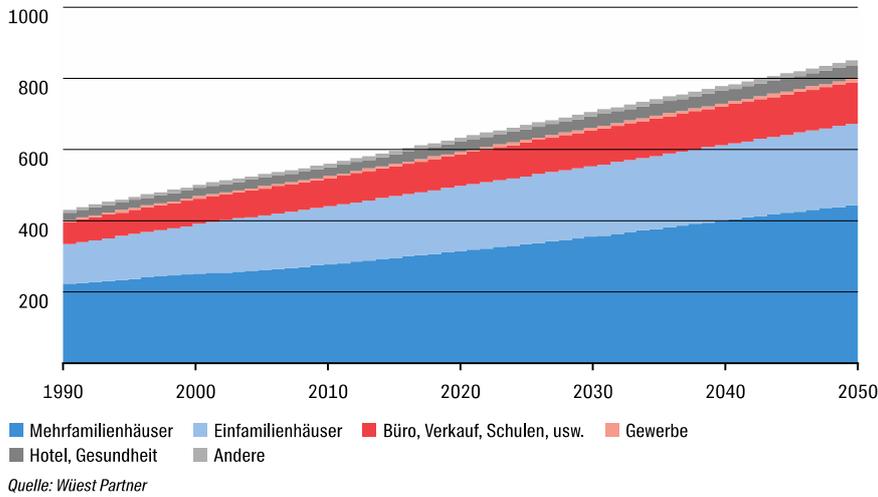


Abbildung 4.1  
Energiebezugsflächen nach  
Nutzung (in Mio. m<sup>2</sup>)

Wüest Partner erwartet bei den Nutzungen keine grösseren Verschiebungen der relativen Anteile. Der Anteil der Mehrfamilienhäuser an der gesamten Energiebezugsfläche beträgt rund 50%. Weitere 23% steuern die Einfamilienhäuser bei, wobei ihr Anteil angesichts der revidierten Raumplanung den Zenit erreicht haben dürfte. Büro- und Verkaufsflächen sowie Schulen kommen auf rund 15%. Die dominante Bauperiode ist und bleibt das 20. Jahrhundert. Dies hat Konsequenzen, denn ältere Gebäude sind tendenziell schlechter gedämmt als moderne Gebäude.

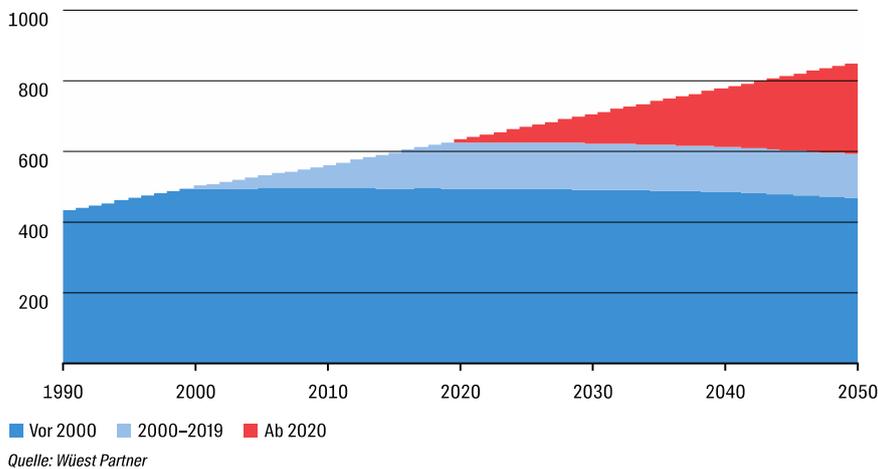


Abbildung 4.2  
Energiebezugsflächen nach  
Bauperiode (in Mio. m<sup>2</sup>)

#### 4.2 Energiebezugsfläche je Gebäudetyp

Für jeden der relevanten Gebäudetypen wird für jedes Jahr der Anteil der Energiebezugsfläche am Gebäudebestand berechnet.

In einem ersten Schritt wird für jeden Gebäudetypen der jeweilige Anteil des jährlichen Zuwachses an Energiebezugsfläche geschätzt. Mit diesen Zahlen in der Einheit Quadratmeter ergibt sich aus einer Multiplikation der entsprechenden Anteile der Gebäudetypen am Gebäudepark der neue Gesamtbestand an Energiebezugsfläche in Quadratmeter.

Die Energiebezugsflächen-Anteile für einen Gebäudetyp ergeben sich grundsätzlich aus einer gleichgewichteten Linearkombination der Energiebezugsfläche der jeweiligen Ausprägungen aus den Gebäudetypen.

Da diese Vereinfachung nicht für alle Kombinationen von Ausprägungen repräsentativ ist, erfolgt bei der Berechnung auf Stufe Gebäudetypen eine Anpassung der Energiebezugsfläche. So sind beispielsweise Mehrfamilienhäuser an guten Lagen häufiger modern gedämmt als an schlechten Lagen. Dies liegt daran, dass in strukturschwachen Regionen die Zahlungsbereitschaft tendenziell tiefer ist, sodass nach der Umsetzung von Dämmungsmaßnahmen die rechtlich möglichen Überwälzungen oft nicht ausgeschöpft werden können. Um die höhere Dämmquote an guten Lagen im Modell korrekt abzubilden, wird die Annahme getroffen, dass der Anteil der modern gedämmten Liegenschaften an überdurchschnittlichen Lagen höher ist als an unterdurchschnittlichen Lagen.

## 5 CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Gebäudetyp

Für den in diesem Projekt definierten Gebäudepark der Schweiz werden für jeden relevanten Gebäudetypen für jedes Jahr zwischen 1990 und 2050 die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg pro Jahr und m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche berechnet. Die Schätzungen erfolgen vor allem anhand von Simulationen im GEAK-Tool sowie weiteren Recherchen von Wüest Partner.

Der Besitzer eines Gebäudes hat primär zwei Möglichkeiten, um dessen Klimaverträglichkeit zu verbessern: Er kann die Gebäudehülle dämmen oder den Energieträger ersetzen. Daher wird in der folgenden Tabelle, die die CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg pro Jahr und m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche für das Jahr 2015 darstellt, davon ausgegangen, dass die vier Kategorien «Nutzung», «Baujahr» und «Lage» sich im Verlauf der Zeit nicht ändern. Auch bei der Kategorie «Eigentümerschaft» ist die Variabilität nur verschwindend klein. Nun wird unterschieden, ob die letzte Sanierung der Gebäudehülle vor dem Jahr 2000 oder in der Periode von 2000 bis 2020 durchgeführt wurde. Für die Jahre von 2021 bis 2050 folgt zu einem späteren Zeitpunkt ebenfalls eine Berechnung mit neuen Kennwerten. Welcher Energieträger zum jeweiligen Zeitpunkt zum Einsatz kam, wird ebenfalls unterschieden. Bei den Energieträgern gibt es drei Ausprägungen: Dabei stehen die CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachenden Öl- und Gasheizungen den nicht fossilen Energieträgern, die keine CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen, gegenüber. Die zeitliche Differenzierung erfolgt gleich wie bei den Dämmungen. Dies ergibt 150 Ausprägungen, für die die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche geschätzt werden.

Tabelle 1  
CO<sub>2</sub>-Emissionen  
(in kg pro Jahr und m<sup>2</sup> EBF)  
Quelle: Wüest Partner

CO <sub>2</sub> -Emissionen in kg pro Jahr und m <sup>2</sup> Energiebezugsfläche nach Gebäudetyp (Stand: 2015)		Dämmung vor 2000				Dämmung 2000–2020					
		Nicht fossil	Öl bis 2000	Öl nach 2000	Gas bis 2000	Gas nach 2000	Nicht fossil	Öl bis 2000	Öl nach 2000	Gas bis 2000	Gas nach 2000
<b>Nutzung</b>	Mehrfamilienhaus	0	33	27	23	19	0	27	21	18	15
	Einfamilienhaus	0	51	43	36	30	0	34	28	24	20
	Büro, Verkauf, Schulen,	0	28	24	20	17	0	19	16	14	11
	Gewerbe	0	35	28	24	20	0	27	21	18	15
	Hotel, Gesundheit	0	51	41	35	29	0	39	31	26	22
	Andere	0	39	31	27	22	0	29	23	20	17
<b>Baujahr</b>	vor 2000	0	49	34	29	24	0	31	26	22	18
	2000–2019	0	43	40	34	28	0	26	20	17	14
	ab 2020	0	42	18	29	12	0	21	18	16	12
<b>Eigentümer</b>	Renditeliegenschaft, Staat	0	35	28	24	20	0	26	27	21	18
	Selbstgenutzt	0	44	36	31	26	0	30	31	25	21
	Nicht ständig bewohnt	0	52	44	37	31	0	30	35	29	25
<b>Lage</b>	> 1000 m.ü.M.	0	45	37	31	26	0	31	32	26	22
	< 1000 m.ü.M., überdurchschn. Lage	0	35	28	24	21	0	26	27	21	18
	< 1000 m.ü.M., unterdurchschn. Lage	0	37	30	26	23	0	28	22	19	16

Wüest Partner hat die Berechnung der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche für die zwei Zeitpunkte 1990 und 2015 so geschätzt, dass die Gesamtsumme der Emissionen dem vom BAFU publizierten Wert zu den jeweiligen Zeitpunkten entspricht. Die angenommenen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche für das Jahr 2050 liegen bei fossil beheizten Gebäuden lediglich 10% unter denjenigen des Jahres 2015. Es wird davon ausgegangen, dass das Gebäude zu beiden Zeitpunkten die gleiche Dämmqualität aufweist, was bedeutet, dass weder ein grosser technologischer Sprung hin zu einer noch effizienteren Nutzung der fossilen Energieträger erfolgt, noch das Nutzerverhalten sich wesentlich verändert. Dies vor dem Hintergrund, dass Heizkessel aus diesem Jahrtausend bereits einen hohen Effizienzgrad aufweisen und dass bezüglich der Referenz «Weiter wie bisher» nicht davon ausgegangen wird, dass die Menschen die Gebäude künftig infolge der Klimaerwärmung weniger beheizen werden bzw. müssen.

## 6 Handlungsoptionen: Dämmung und Energieträger

Der Besitzer eines Gebäudes hat primär zwei Möglichkeiten, um dessen Klimaverträglichkeit zu verbessern: Er kann die Gebäudehülle dämmen und/oder die Gebäudetechnik ersetzen, namentlich den Energieträger substituieren. Die anderen vier Kategorien (Nutzung, Baujahr, Eigentümerschaft und Lage) lassen sich nur schwer oder gar nicht ändern.

### 6.1 Dämmung

Wir unterscheiden die Qualität der Dämmung anhand von drei Zeitperioden, je nachdem, ob die Gebäudehülle vor dem Jahr 2000, zwischen 2000 und 2019 oder ab dem Jahr 2020 erstellt wurde. Wüest Partner davon aus, dass pro Jahr 2.5% der Energiebezugsfläche mit einer neuen Dämmung versehen werden. In der Periode zwischen den Jahren 2000 und 2029 würden so gemäss der Referenz «Weiter wie bisher» mehrheitlich Gebäude neu gedämmt werden, deren Gebäudehülle aus der Zeit vor 2000 stammt. Ab dem Jahr 2030 werden dann vor allem Gebäude, deren Dämmung aus den Jahren 2000 bis 2020 stammt, zum Zug kommen. Ebenso wird berücksichtigt, dass Gebäude mit einem Baujahr vor 1950 nicht ganz so leicht gedämmt werden können wie Gebäude aus späteren Bauperioden (Stichwort Denkmalschutz). Ausserdem muss bedacht werden, dass unterbelegte Liegenschaften weniger oft saniert werden als attraktive Renditeliegenschaften an guten Lagen.

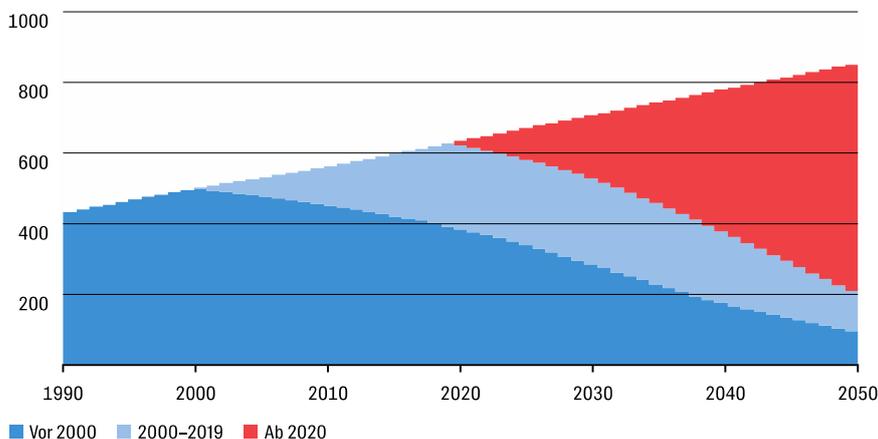


Abbildung 6.1  
Energiebezugsflächen nach  
Periode, in der die Dämmung  
erstellt wurde (in Mio. m²)

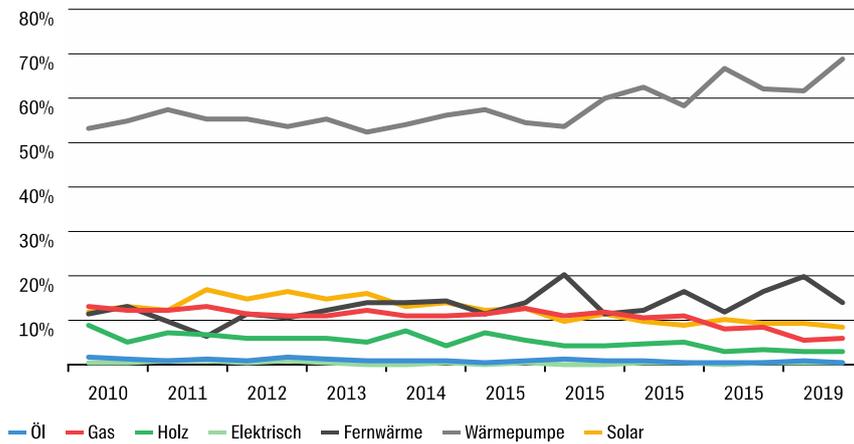
### 6.2 Energieträger

Gemäss dem Bundesamt für Statistik verfügten im Jahr 2017 39.4% der Gebäude mit Wohnnutzung über eine Öl- und 20.7% über eine Gasheizung; 39.9% der Gebäude wurden mit nicht fossilen Energieträgern beheizt. Im Jahr 2000 betrug die entsprechenden Anteile noch 57.8% (Öl), 14.6% (Gas) und 27.4% (nicht fossil). Diese Zahlen stellen eine wichtige Datengrundlage dar. Allerdings muss beachtet werden, dass nur Zahlen zu Gebäuden mit Wohnnutzung bekannt sind.

	1990	2000	2017
Heizöl	60.9%	57.8%	39.4%
Gas	9.2%	14.6%	20.7%
Elektrizität	10.7%	9.8%	6.9%
Holz	15.5%	11.5%	10.1%
Fernwärme	1.2%	1.5%	4.2%
Thermische Solaranlage	0.0%	0.1%	0.3%
Wärmepumpe	2.0%	4.4%	17.9%
Andere Energieträger	0.4%	0.1%	0.3%
Kein Energieträger	0.0%	0.2%	0.3%

Tabelle 2  
Hauptenergieträger für  
Heizungen in Gebäuden mit  
Wohnnutzung  
Quellen: BFS – Volkszählung,  
Erhebung der Energieträger  
von Wohngebäuden<sup>10</sup>

Wüest Partner hat die Baubewilligungen für Neubauten seit 2010 analysiert und festgestellt, dass der Anteil der fossilen Energieträger bei Neubauten sehr gering ist: Ölheizungen werden seit 2010 kaum mehr eingebaut, und auch der Anteil der Gasheizungen, der 2010 noch bei knapp über 15% lag, halbierte sich in den letzten zehn Jahren. Damit ist der Anteil fossiler Energieträger bei Neubauten auf deutlich unter 10% gesunken.



Quellen: Baublatt Info-Dienst; Wüest Partner

Abbildung 6.2  
Wohnbauten: Marktanteile von  
Energieträgern im  
Neubaubereich  
Abbildung aus: Immo-Monitoring  
2020 | 2, Frühlingsausgabe

### Anteil der Energiebezugsfläche nach Wärmeerzeuger

Aus den obigen Substitutionsannahmen folgt, dass der Anteil der erneuerbaren Energieträger bis ins Jahr 2050 in der zugrunde liegenden Referenz «Weiter wie bisher» (vgl. Kapitel 7) von heute knapp 40% auf 81% ansteigen dürfte (vgl. nachstehende Grafik). Gleichzeitig wird erwartet, dass der Anteil der Öl- und Gasheizungen stetig sinken wird.

<sup>10</sup><https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen/gebäude/energiebereich.html>

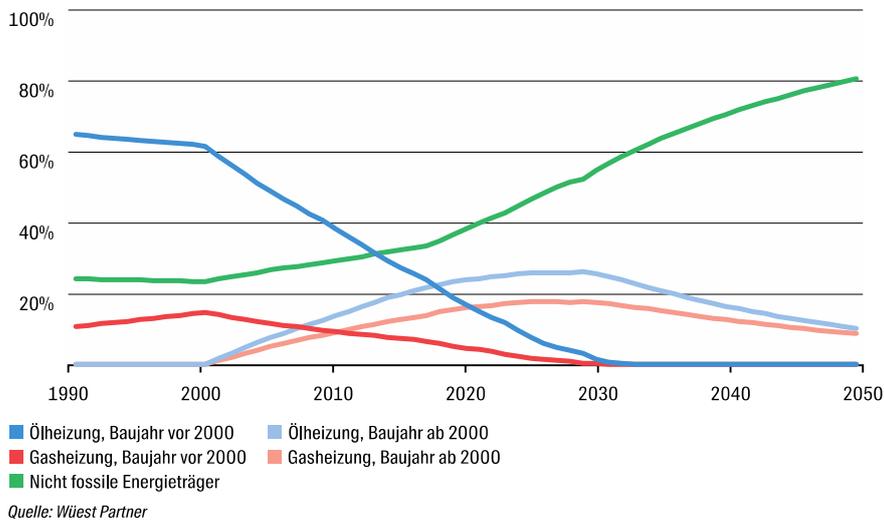


Abbildung 6.3  
Anteil der Energiebezugsfläche  
nach Energieträger

### Erläuterungen zur Grafik

#### Ölheizungen:

- Die dunkelblaue Linie zeigt den erwarteten Verlauf des Anteils an Ölheizungen mit Baujahr vor dem Jahr 2000. Diese werden laufend durch neue Öl- oder Gasheizungen oder durch nicht fossile Heizungen ersetzt; bis ins Jahr 2030 dürfte ihr Anteil auf null sinken.
- Die hellblaue Linie zeigt den erwarteten Verlauf des Anteils an Ölheizungen mit Baujahr ab dem Jahr 2000. Dieser Anteil dürfte bis ins Jahr 2030 noch ansteigen, bevor er wieder sinkt. Dies hat folgende Gründe:
  - Ein kleiner Teil der seit 2000 neu erstellten Gebäude setzt nach wie vor auf eine Ölheizung. Der Effekt dieser Tatsache ist jedoch gering, weil der Anteil der jedes Jahr neu erstellten Gebäude mit Ölheizung am gesamten Gebäudepark nicht einmal ein Zehntelpromille beträgt.
  - Wichtiger ist der Beitrag, der dadurch entsteht, dass in die Jahre gekommene Ölheizungen mit Baujahr vor 2000 teilweise durch eine neue Ölheizung mit Baujahr ab 2000 ersetzt werden. Dies führt dazu, dass der Anteil an Ölheizungen mit Baujahr ab 2000 an allen Heizungen noch einige Jahre lang steigen wird. Da der Anteil an alten Ölheizungen und an Ölheizungen allgemein immer weiter sinkt, führt dies dazu, dass in einigen Jahren immer weniger alte Ölheizungen durch neue Ölheizungen ersetzt werden.
  - Auch Ölheizungen mit Baujahr ab 2000 werden gelegentlich älter und müssen irgendwann ersetzt werden; wir gehen davon aus, dass sie aus wirtschaftlichen Gründen ab dem Jahr 2030 kaum mehr durch eine neue Ölheizung ersetzt werden. Spätestens ab diesem Zeitpunkt setzt dieser Effekt voll ein und führt zu sinkenden Anteilen.
  - Auch Gebäude, die über eine Ölheizung mit Baujahr ab 2000 verfügen, kommen in die Jahre; einige werden abgebrochen, und mit den Gebäuden verschwinden auch die entsprechenden Ölheizungen.

#### Gasheizungen:

- Die dunkelrote Linie zeigt den erwarteten Verlauf des Anteils an Gasheizungen mit Baujahr vor dem Jahr 2000. Diese werden laufend durch neue

Gasheizungen oder durch nicht fossile Heizungen ersetzt; bis ins Jahr 2030 dürfte ihr Anteil auf null sinken.

- Die hellrote Linie zeigt den erwarteten Verlauf des Anteils an Gasheizungen mit Baujahr ab dem Jahr 2000. Dieser Anteil dürfte bis ins Jahr 2030 noch ansteigen, bevor er wieder sinkt. Die Gründe sind dieselben wie bei den Ölheizungen, wobei es zu bedenken gilt, dass in vielen Fällen Ölheizungen durch Gasheizungen ersetzt werden, was dazu führt, dass der Anteil der Gasheizungen im Jahr 2050 fast so hoch sein wird wie der Anteil der Ölheizungen.

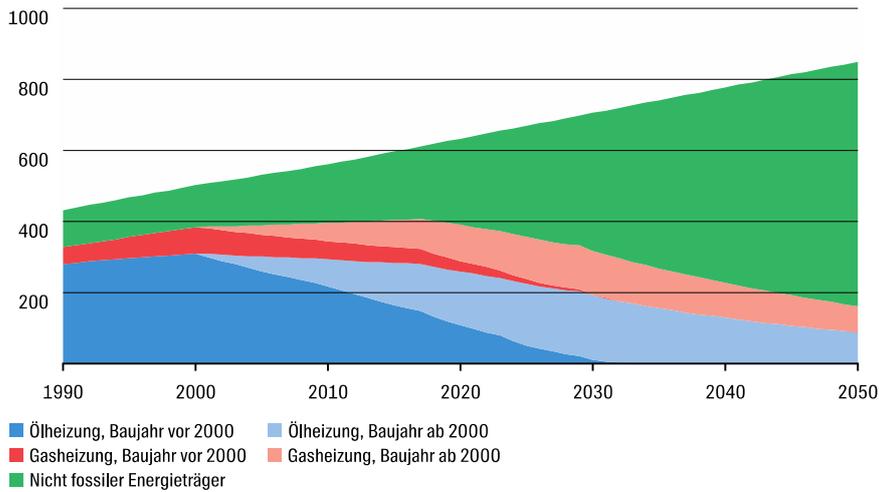


Abbildung 6.4  
Energiebezugsfläche nach  
primärem Energieträger  
(in Mio. m<sup>2</sup>)

Quelle: Wüest Partner

## 7 Referenz «Weiter wie bisher»

### 7.1 Kalibrierung der Berechnungen mit den Gesamtemissionen

Neben den in Kapitel 2.4 auf Seite 9 beschriebenen grundlegenden drei Annahmen zur Berechnung der Gesamtemissionen für den Gebäudepark Schweiz werden im Folgenden noch die ebenfalls sehr wichtigen Substitutionsraten dargestellt.

Für die Vergangenheit kann man sich auf die CO<sub>2</sub>-Werte aus dem Treibhausgasinventar des BAFU abstützen. Entsprechend werden für die Jahre 1990 bis 2016 die modellierten CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Anpassung der Verteilung der Energiebezugsflächen je Gebäudetyp und den CO<sub>2</sub>-Emissionen je Gebäudetyp so kalibriert, dass deren Summe weitgehend diesem Treibhausgasinventar entspricht. Für die zukünftigen CO<sub>2</sub>-Emissionen ist jedoch die zu erwartende Substitutionsrate von fossilen Energieträgern von entscheidender Wichtigkeit.

### 7.2 Referenz «Weiter wie bisher»

Die in der Vergangenheit festgestellten Substitutionsraten von fossilen Energieträgern werden ohne äusseren Einfluss nicht plötzlich dem bundesrätlichen Zielpfad folgen, sondern in etwa in den gleichen Grössenordnungen gültig bleiben. Dadurch wird eine Referenz «Weiter wie bisher» definiert.

Für den zukünftigen Anteil jedes Energieträgers an der Gesamtheit aller Energieträger müssen Annahmen getroffen werden. Heizungen mit fossilen Energieträgern, also Öl- und Gasheizungen, haben eine Lebensdauer von rund 20 Jahren. Da der totale Bestand an Heizungen aufgrund der Neubautätigkeit ständig steigt, gleichzeitig aber auch jedes Jahr Gebäude mitsamt ihren Energieträgern abgebrochen werden, gehen wir davon aus, dass jedes Jahr rund jede zwanzigste Öl- oder Gasheizung auch ohne zusätzliche klimapolitische Massnahmen durch ein erneuerbares Heizsystem ersetzt wird. Für die Berechnung dieser Referenz wurden die Substitutionsraten mit empirischen Daten evaluiert und hier im Sinne einer Expertenmeinung wie folgt angenommen.

#### Annahmen zu Ölheizungen

Von den zu ersetzenden Ölheizungen wird für die Berechnung der Referenz «Weiter wie bisher» angenommen, dass zwischen 2018 und 2029 (in Klammern: 2030–2050):

- 40% (10%) durch eine neue Ölheizung ersetzt werden;
- 15% (10%) durch eine Gasheizung ersetzt werden;
- 45% (80%) durch einen nicht fossilen Energieträger ersetzt werden.
- Ausserdem werden 2% (1%) der neu gebauten Gebäude bzw. der zugebauten Energiebezugsfläche mit einer Ölheizung ausgestattet; das entspricht bei einer Neubautätigkeit von 1% einem Anteil von 0.02% (0.01%) des Bestandes.

#### Annahmen zu Gasheizungen

Von den zu ersetzenden Gasheizungen werden zwischen 2018 und 2029 (in Klammern: 2030–2050):

- 50% (30%) durch eine neue Gasheizung ersetzt;
- 50% (70%) durch einen nicht fossilen Energieträger ersetzt.
- Ausserdem werden 8% (2.5%) der neu gebauten Gebäude mit einer Gasheizung ausgestattet; das entspricht bei einer Neubautätigkeit von 1% einem Anteil von 0.08% (0.025%) des Bestandes.

Diese fundamentalen Annahmen sind in der folgenden Tabelle nochmals dargestellt.

Energieträger	Periode	Periode
<b>Bisher: Öl</b>	2020–30	2031–2050
Neu: Öl	40%	10%
Neu: Gas	15%	10%
Neu: nicht fossil	45%	80%
Öl im Neubau	2%	1%
im Bestand	0.02%	0.01%
<b>Bisher: Gas</b>	2020–30	2031–2050
Neu: Gas	50%	30%
Neu: nicht fossil	50%	70%
Gas im Neubau	8%	2.5%
im Bestand	0.08%	0.025%

Tabelle 3  
Angenommene  
Substitutionsraten  
Stand: 2019  
Quelle: Wüest Partner

Mit dem Einbezug all dieser fundamentalen Einflussfaktoren entwickeln sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis ins Jahr 2050 gemäss der Abbildung 7.1.

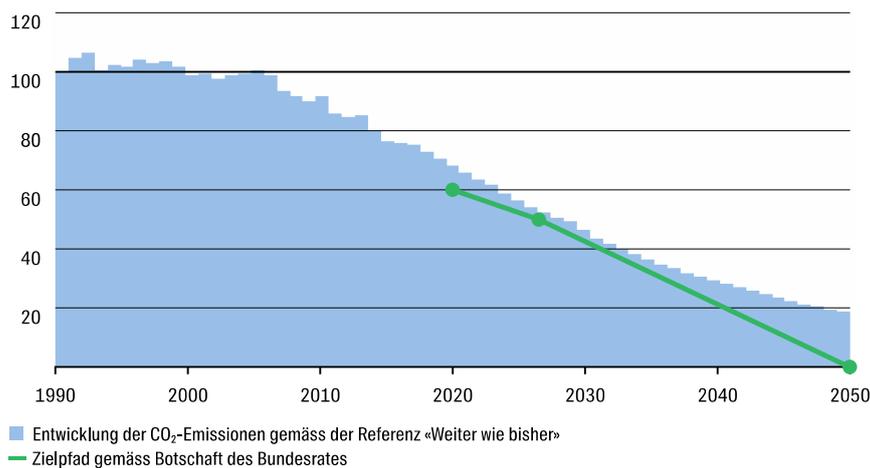


Abbildung 7.1  
Entwicklung der CO<sub>2</sub>-  
Emissionen gemäss Referenz  
«Weiter wie bisher»

Das vom Bundesrat festgelegte Netto-Null-Ziel kann somit ohne eine starke Erhöhung der Substitutionsrate nicht erreicht werden. Ohne zusätzliche Massnahmen würden die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeparks Schweiz im Jahr 2050 immer noch rund 20% des Werts von 1990 betragen.

### 7.3 Entwicklung bis 2050

Mit der Referenz «Weiter wie bisher» werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen also nicht schnell genug sinken, um bis 2050 das Netto-Null-Ziel zu erreichen. Die entsprechende Vorgabe sieht für das Jahr 2020 einen Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 60% des Werts von Jahr 1990<sup>11</sup> vor. Danach folgt für die Periode zwischen 2020 und 2030 ein eher bescheidener Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 60% auf 50%<sup>12</sup>, was einem Rückgang von nur 1 Prozentpunkt pro Jahr entspricht. Zwar werden in den

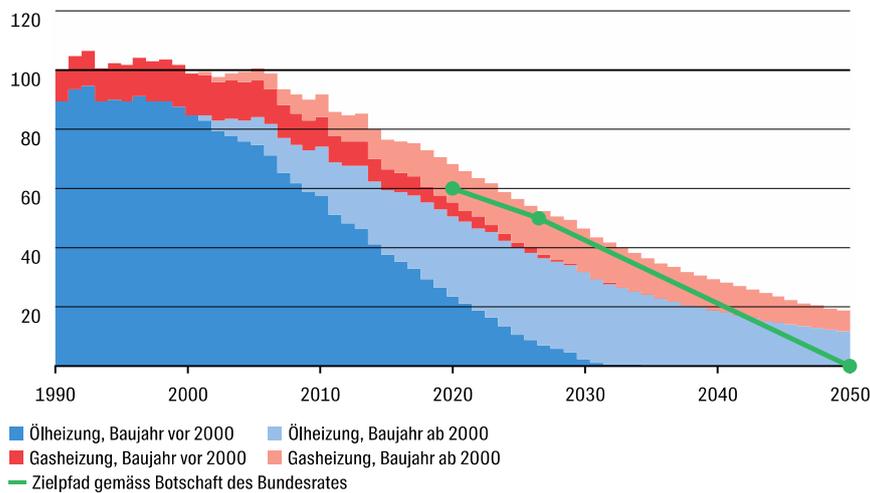
<sup>11</sup> vgl. Tabelle 1 in der «Botschaft zur Totalrevision des CO<sub>2</sub>-Gesetzes nach 2020» vom 1. Dezember 2017

<sup>12</sup> vgl. Kapitel 1.2.3 Massnahmen bei Gebäuden in der «Botschaft zur Totalrevision des CO<sub>2</sub>-Gesetzes nach 2020» vom 1. Dezember 2017

2020er Jahren wohl noch immer rund die Hälfte der Energiebezugsflächen mit einem fossilen Energieträger beheizt; gleichzeitig fallen aber allmählich auch die letzten Ölheizungen aus dem 20. Jahrhundert weg, und vor allem der Umstieg auf Heizungen, die auf nicht fossile Energieträger setzen, wird dazu führen, dass die im Zielpfad des Bundesrates gewünschte Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen zunächst noch übertroffen wird.

Ab dem Jahr 2030 verschärft sich indes das Tempo der im Zielpfad vorgesehenen Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen: Diese sollen nun inner 20 Jahren von 50% auf null fallen; dies entspricht einem jährlichen Rückgang von 2.5 Prozentpunkten.

Klar ist, dass die Referenz «Weiter wie bisher» bis 2050 nicht zu einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf null führt. Schon vor dem Jahr 2040 beginnen die Referenz «Weiter wie bisher» und der bundesrätliche Zielpfad auseinanderzuklaffen. Das heisst, das Tempo der Reduktionen muss gesteigert werden, wenn das «Netto-Null-Ziel» bis 2050 erreicht werden soll.



Quelle: Wüest Partner

Abbildung 7.2  
Referenz «Weiter wie bisher»  
nach Energieträger  
(Index 1990 = 100)

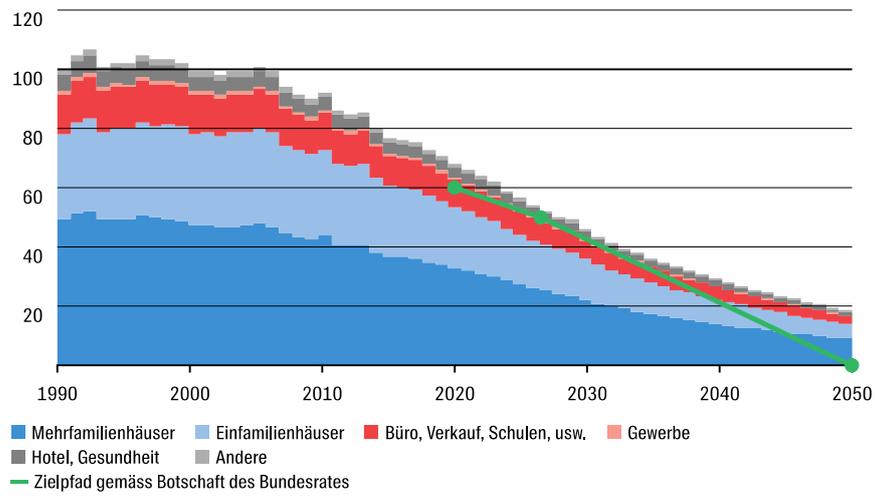


Abbildung 7.3  
Referenz «Weiter wie bisher»  
nach Nutzung  
(Index 1990 = 100)

## 8 Referenz «Netto Null»

Die Referenz «Netto Null» orientiert sich an der Entscheidung des Bundesrates vom 28. August 2019, wonach die CO<sub>2</sub>-Emissionen des schweizerischen Gebäudeparks bis 2050 auf «Netto Null» sinken sollen. Sie gibt nach einem einfachen linearen Ansatz für jedes Jahr von 2020 bis 2050 vor, wie viel CO<sub>2</sub> jeder Gebäudetyp durchschnittlich pro m<sup>2</sup> EBF und Jahr noch ausstossen darf, wenn das Ziel, die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeparks bis 2050 auf null zu senken, erreicht werden soll.

### 8.1 Laufend strengerer Vergleichswert

In der Zukunft wird es Jahr für Jahr anspruchsvoller werden, die Vorgaben der Referenz «Netto Null» zu erfüllen. Denn obwohl der Schweizer Gebäudepark jährlich um knapp 1% wächst, was bis 2050 zu einer Verdoppelung gegenüber 1990 führen wird, sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen gleichzeitig stetig sinken und bis 2050 ganz verschwinden. Allerdings ist dabei auch zu berücksichtigen, dass der reine Neubau nur unwesentlich zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen beiträgt, da Neubauten kaum mehr fossil beheizt werden.

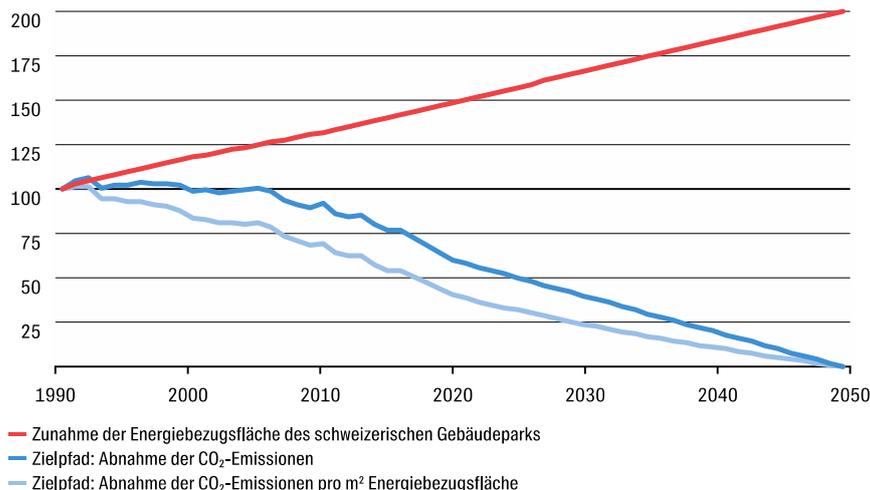


Abbildung 8.1  
Referenz «Netto Null»:  
Entwicklung der  
Energiebezugsfläche und der  
CO<sub>2</sub>-  
Emissionen  
(Index 1990 = 100)

Die laufend strengeren Vorgaben der Referenz «Netto Null» führen dazu, dass ein Gebäude, das heute noch unter dem **Vergleichswert** liegt, diesen vielleicht schon in einigen Jahren nicht mehr erfüllt. Der Eigentümer hat dann zwei Handlungsoptionen, damit sein Gebäude wieder konform ist mit dem angestrebten Zielpfad: Er kann die Gebäudehülle besser dämmen und/oder eine Abkehr von fossilen Energieträgern vollziehen.

### 8.2 Aufgliederung der Referenz gemäss Kategorisierung

Dabei stellt sich die Frage, wie feingliedrig die Referenz «Netto Null» auf die verschiedenen Gebäudetypen aufgeteilt werden soll. Die Auswahl der berücksichtigten Kategorien folgt der Frage, ob der Eigentümer einer Liegenschaft deren Zuordnung zu einem Gebäudetyp verändern kann. Dies trifft insbesondere auf die beiden Kategorien Energieträger und Jahr der Dämmung zu. Entsprechend werden diese beiden Kategorien nicht berücksichtigt bei der Erstellung des

**Vergleichswertes.** Die vier anderen der sechs Kategorien können vom Eigentümer kaum beeinflusst werden und bilden deshalb die Grundlage für die Festlegung des relevanten **Vergleichswertes**. Die vier Ausprägungen zur Festlegung des Vergleichswertes sind dementsprechend: Nutzung, Baujahr, Eigentümerschaft und Lage. Daraus lassen sich folgende Kombinationen bilden.

<b>Vergleichswerte für Mehrfamilienhäuser</b>	<b>2018</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
Baujahr vor 2000, Renditelienschaft, über 1000 m.ü.M.	18.8	7.3	2.7	0.0
Baujahr vor 2000, Renditelienschaft, überdurchschnittliche Lage, unter 1000 m.ü.M.	17.8	7.0	2.6	0.0
Baujahr vor 2000, Renditelienschaft, unterdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	18.0	7.1	2.6	0.0
Baujahr vor 2000, selbstgenutzt über 1000 m.ü.M.	20.7	11.7	5.7	0.0
Baujahr vor 2000, selbstgenutzt, überdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	19.7	11.1	5.5	0.0
Baujahr vor 2000, selbstgenutzt, unterdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	19.9	11.3	5.5	0.0
Baujahr vor 2000, unterbelegt, über 1000 m.ü.M.	21.6	12.2	6.0	0.0
Baujahr vor 2000, unterbelegt, überdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	20.7	11.7	5.7	0.0
Baujahr vor 2000, unterbelegt, unterdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	20.9	11.8	5.8	0.0
Baujahr 00-19, Renditelienschaft, über 1000 m.ü.M.	13.9	7.4	3.5	0.0
Baujahr 00-19, Renditelienschaft, überdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	13.4	7.1	3.3	0.0
Baujahr 00-19, Renditelienschaft, unterdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	13.5	7.1	3.3	0.0
Baujahr 00-19, Selbstgenutzt, über 1000 m.ü.M.	14.3	7.6	3.6	0.0
Baujahr 00-19, Selbstgenutzt, überdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	13.8	7.3	3.4	0.0
Baujahr 00-19, Selbstgenutzt, unterdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	13.9	7.4	3.5	0.0
Baujahr 00-19, unterbelegt, über 1000 m.ü.M.	14.8	7.9	3.7	0.0
Baujahr 00-19, unterbelegt, überdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	14.2	7.6	3.5	0.0
Baujahr 00-19, unterbelegt, unterdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.	14.4	7.6	3.6	0.0
Baujahr nach 2020, Renditelienschaft, über 1000 m.ü.M.		7.6	3.5	0.0
Baujahr nach 2020, Renditelienschaft, überdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.		7.2	3.3	0.0
Baujahr nach 2020, Renditelienschaft, unterdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.		7.3	3.3	0.0
Baujahr nach 2020, Selbstgenutzt, über 1000 m.ü.M.		7.9	3.6	0.0
Baujahr nach 2020, Selbstgenutzt, überdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.		7.6	3.4	0.0
Baujahr nach 2020, Selbstgenutzt, unterdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.		7.7	3.5	0.0
Baujahr nach 2020, unterbelegt, über 1000 m.ü.M.		8.3	3.7	0.0
Baujahr nach 2020, unterbelegt, überdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.		7.9	3.6	0.0
Baujahr nach 2020, unterbelegt, unterdurchschnittliche Lage unter 1000 m.ü.M.		8.0	3.6	0.0

Abbildung 8.2  
Vergleichswerte für Mehrfamilienhäuser (in kg CO<sub>2</sub> pro m<sup>2</sup> EBF und Jahr)  
Quelle: Wüest Partner

## 9 Abgrenzungen

Jedes Modell ist eine Vereinfachung der Realität. In Absprache mit dem BAFU werden folgende Abgrenzungen getroffen:

### 9.1 Gebäudetypen

Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Gebäudebereich werden, wie in Kapitel 3 dargestellt, einige Gebäudetypen nicht berücksichtigt. Würde man diese Gebäude in die Untersuchung miteinbeziehen, hätte dies nicht per se einen Einfluss auf die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, weil dann ja auch die Basis aus dem Jahr 1990 entsprechend mehr Energiebezugsflächen umfassen würde. Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass es bei einigen der hier nicht untersuchten Gebäudetypen – wie beispielsweise bei landwirtschaftlichen Ökonomiegebäuden oder Berghütten – aus wirtschaftlichen und/oder technischen Gründen in vielen Fällen schwierig bzw. sehr aufwändig wäre, einen fossilen Energieträger zu substituieren.

### 9.2 Ort der Emissionsmessung

Es gilt sowohl für die Berechnung der Referenzen als auch für das im zweiten Teil dargestellte Modell zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für einzelne Gebäude (CO<sub>2</sub>-Rechner) das Territorialprinzip der direkten Emissionen. Relevant sind also nur Emissionen im eigenen Land. In der Schweiz erfolgt beispielsweise die Produktion von elektrischem Strom überwiegend CO<sub>2</sub>-neutral. Allenfalls mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen belasteter Strom aus dem Ausland wird gemäss diesem Prinzip ebenfalls als CO<sub>2</sub>-neutral betrachtet. Das bedeutet, dass in diesem Projekt die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Verbrauch von Elektrizität ignoriert werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeparks werden also gemäss dieser Definition ausschliesslich von fossilen Energieträgern verursacht. Entsprechend ist für die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen entscheidend, dass möglichst viele dieser fossilen Energieträger durch andere Energieträger ersetzt werden. Würde man den gesamten Lebenszyklus der einzelnen Energieträger berücksichtigen und damit auch die indirekten Emissionen, die zum Beispiel bei der Produktion von Wärmeerzeugern entstehen, in die Rechnung miteinbeziehen, würden auch die nicht fossilen Energieträger CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen. In diesem Projekt wurde die Systemgrenze jedoch bei den direkten Emissionen der fossilen Energieträger gezogen.

### 9.3 Zeitlich konstante Parameter

Bei der Berechnung der künftigen Entwicklung wird davon ausgegangen, dass bei den folgenden Rahmenbedingungen keine Veränderungen eintreten:

- Technologischer Fortschritt
- Klimatische Veränderungen und damit Anzahl Heiztage
- Effizienzsteigerung bei der Nutzung von fossilen Energieträgern
- Verhaltensänderungen der Nutzer
- Anteile der Gebäudekategorien

Sollten eine Sensibilisierung der Eigentümer bzw. der Nutzer oder politische Massnahmen wie zum Beispiel eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Abgabe dazu führen, dass Sanierungen vorgezogen werden oder die Substitution von fossilen Wärmeerzeugern schneller als hier angenommen erfolgt, würde die Summe der berechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen tiefer ausfallen. Die Vergleichswerte der CO<sub>2</sub>-

Emissionen orientieren sich jedoch am bundesrätlichen Zielpfad und würden deshalb konstant bleiben.

## Teil 2: Berechnung für einzelne Gebäude

### 10 Einleitung

In diesem zweiten Teil des vorliegenden Berichts wird das mathematische Modell zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von einzelnen Gebäuden beschrieben. Dieses Modell diente als Grundlage für die Entwicklung einer Software; der sogenannte «**CO<sub>2</sub>-Rechner PACTA**» kann beim BAFU als Open-Source-Software bezogen werden.

Dabei wird in einem ersten Schritt der Heizwärmebedarf eines Gebäudes gemäss SIA-Norm 380/1 (2016) bestimmt. In Abhängigkeit vom jeweiligen Energieträger erfolgt anschliessend in einem zweiten Schritt anhand der offiziellen Emissionsfaktoren des BAFU die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Der CO<sub>2</sub>-Rechner dient als Basis für die Berechnungen im Rahmen der «PACTA Initiative 2020»<sup>13</sup>.

Mit dem CO<sub>2</sub>-Rechner kann die Klimaverträglichkeit von ganzen Immobilien-Portfolios untersucht werden. Dazu werden die relevanten Merkmale jedes einzelnen Gebäudes erfasst. Das Resultat dieser Berechnung kann anschliessend mit dem zu diesem Zeitpunkt gültigen Wert der Referenz «Netto Null» verglichen werden. Je nach Abweichung vom Zielpfad kann der Eigentümer die künftige Sanierungsstrategie planen und entsprechende Massnahmen ergreifen. Das Ziel ist eine Minimierung der Abweichungen bzw. eine Angleichung an den bundesrätlichen Zielpfad.

---

<sup>13</sup> Vgl. auch [www.transitionmonitor.com/pacta-2020](http://www.transitionmonitor.com/pacta-2020)

## 11 «CO<sub>2</sub>-Rechner PACTA»

Mit der SIA-Norm 380/1 (2016) «Heizwärmebedarf» als Basis wurde mithilfe der Statistik-Umgebung R<sup>14</sup> der sogenannte «CO<sub>2</sub>-Rechner» entwickelt, der als Open-Source-Software beim BAFU bezogen werden kann. Mit dessen Hilfe können interessierte Kreise auf einfache Art und Weise die CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht nur von einzelnen Gebäuden, sondern auch von ganzen Immobilien-Portfolios berechnen. Ein Anwender des im Folgenden «CO<sub>2</sub>-Rechner PACTA» genannten R-Packages muss für die korrekte Berechnung folgende Angaben eingeben:

<b>Angabe</b>	<b>Beispiel</b>	<b>Obligatorisch/optional</b>
Energiebezugsfläche (EBF) in m <sup>2</sup>	500	Obligatorisch
Anzahl Stockwerke (beheizt)	3	Obligatorisch
Gebäude Baujahr	1995	Obligatorisch
Hauptnutzungstyp Gebäude (Definition gemäss SIA 380/1:2009)	1: Wohnen EFH	Obligatorisch
Code der zugeordneten Klimamessstation (Definition gemäss Auszug aus Merkblatt SIA 2028)	ABO (Adelboden)	Obligatorisch
Energieträger für Heizung und Warmwasser	Öl/Gas/andere	Obligatorisch
Sanierungsjahr Fassade	2010	Optional
Sanierungsjahr Dach	2010	Optional
Sanierungsjahr Fenster	2000	Optional
Sanierungsjahr Keller	Keine Angabe	Optional

Tabelle 4  
Angaben für den  
«CO<sub>2</sub>-Rechner PACTA»  
Quelle: Wüest Partner

Diese Angaben können aus dem GWR bezogen werden. Der Anwender muss jedoch die für den Bezug der Daten notwendigen Bewilligungen selbst beim BFS einholen. Das Tool erstellt aus den obigen Angaben ein vereinfachtes Gebäude und berechnet, basierend auf der SIA-Norm 380/1 (2016), dessen Wärmebedarf. Mittels vorgegebener CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für die drei Energieträger Heizöl, Erdgas und «andere» werden die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet, die bei der Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser anfallen.

Folgende Kenngrössen werden mit dem Berechnungstool ermittelt:

<b>Kenngrösse</b>	<b>Einheit</b>
Wärmebedarf pro Energiebezugsfläche und Jahr	MJ pro m <sup>2</sup> und Jahr
CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor der Energieträger	kg pro MJ
CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Energiebezugsfläche und Jahr	kg pro m <sup>2</sup> und Jahr
CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Jahr, Total	kg pro Jahr

Tabelle 5  
Kenngrössen des  
«CO<sub>2</sub>-Rechners PACTA»  
Quelle: Wüest Partner

Weitere Informationen zur Methodik und Anwendung des «CO<sub>2</sub>-Rechners PACTA» sind in der separaten technischen Dokumentation zu finden.

<sup>14</sup><https://www.r-project.org/>

## 12 Anwendung mit Daten des Gebäudeparks Schweiz

### 12.1 Einleitung

Im Sinne einer «Bottom-up-Betrachtung» können mit den für den «CO<sub>2</sub>-Rechner PACTA» relevanten Gebäudemerkmalen aus dem GWR die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen für den im GWR erfassten Gebäudepark der Schweiz bestimmt werden. Für diese Berechnungen wurden die Gebäudemerkmale aus dem GWR wie nachfolgend beschrieben aufbereitet und, wo verfügbar, mit Sekundärdaten angereichert. In den folgenden Abschnitten ist die Datenaufbereitung detailliert beschrieben.

### 12.2 Daten Gebäude- und Wohnungsregister

In der Praxis verfügen viele Eigentümer nicht über alle für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendigen Gebäudemerkmale oder können diese nicht auf effiziente Art und Weise für ein gesamtes Portfolio beschaffen. Da hilft das vom Bundesamt für Statistik (BFS) geführte eidgenössische Gebäude- und Wohnungsregister<sup>15</sup> (GWR). Der für dieses Projekt entwickelte CO<sub>2</sub>-Rechner kann die im GWR hinterlegten Daten verwenden und wurde daraufhin optimiert.

Das GWR wird vom BFS in Zusammenarbeit mit den Kantonen, den Gemeinden und weiteren Fachstellen geführt. Es liefert die wichtigsten Informationen über den Gebäude- und Wohnungsbestand für Anwendungen in Statistik, Forschung und Planung und für den Vollzug von gesetzlichen Aufgaben.

### 12.3 Stand

Die letzten GWR-Daten liegen für den 1. Oktober 2019 vor. Die Daten entsprechen dem Merkmalskatalog<sup>16</sup> Version 4.1 und beziehen sich auf die gesamte Schweiz.

### 12.4 Energiemerkmale

Seit 2019 verbessert das BFS die Qualität der im GWR enthaltenen Energiemerkmale fortlaufend und verwendet für deren Aktualisierung auch sekundäre Datenquellen, zum Beispiel Angaben von Gebäudeversicherungen, von der Feuerungskontrolle oder von den Gebäudeenergieausweisen der Kantone (GEAK).

Der CO<sub>2</sub>-Rechner bezieht die Daten bezüglich des Energieträgers und der Energiebezugsfläche aus dem GWR. Diese Daten sind jedoch bei weitem nicht in allen Registereinträgen vorhanden.

### 12.5 Vorbereitung und Filterung der GWR-Daten

#### GWR: Gebäude

Im GWR sind praktisch sämtliche Wohngebäude der Schweiz erfasst; die Erfassung von Gebäuden ohne Wohnnutzung ist noch nicht abgeschlossen und läuft noch bis mindestens Ende 2022. Für jedes Gebäude sind verschiedene Merkmale erfasst, zum Beispiel Angaben zum Standort, zur Grösse, zur Nutzung, zum Baujahr oder zur Wärmeerzeugung. Jedes Gebäude ist im GWR durch eine eindeutige Nummer,

---

<sup>15</sup> <https://www.housing-stat.ch/de/start.html>

<sup>16</sup> <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/7008785/master>

den sogenannten eidgenössischen Gebäudeidentifikator (EGID), identifizierbar. Einige Sekundärdaten wie Baujahr, Energieträger, Nutzfläche etc. lassen sich direkt mit dem EGID verknüpfen. Weitere Daten können über die Gebäudekoordinaten verknüpft werden.

Die im GWR enthaltenen Gebäude wurden für die weitere Verwendung anhand von Angaben zum Gebäudestatus, zur Gebäudekategorie und zur Gebäudeklasse gefiltert. In diesem Projekt wurden nur bestehende Gebäude (Gebäudestatus) verwendet, bei denen aus den Angaben zur Nutzung (Gebäudeklasse) von einer beheizten Gebäudefläche ausgegangen werden kann. Die folgenden Tabellen zeigen, welche Ausprägungen der genannten Gebäudemerkmale berücksichtigt wurden:

<b>Gebäudestatus (GSTAT)</b>	<b>Verwendung</b>
Projektiert (1001)	Nein
Bewilligt (1002)	Nein
Im Bau (1003)	Nein
Bestehend (1004)	Ja
Nicht nutzbar (1005)	Nein
Abgebrochen (1007)	Nein
Nicht realisiert (1008)	Nein

<b>Gebäudekategorie (GKAT)</b>	<b>Verwendung</b>
1010: Provisorische Unterkunft	Nein
1020: Gebäude mit ausschliesslicher Wohnnutzung	Ja
1030: Andere Wohngebäude (Wohngebäude mit Nebennutzung)	Ja
1040: Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung	Ja
1060: Gebäude ohne Wohnnutzung	Ja
1080: Sonderbau	Nein

<b>Gebäudeklasse (GKAS)</b>	<b>Verwendung</b>
1110: Gebäude mit einer Wohnung	Ja
1121: Gebäude mit zwei Wohnungen	Ja
1122: Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen	Ja
1130: Wohngebäude für Gemeinschaften	Ja
1211: Hotelgebäude	Ja
1212: Andere Gebäude für kurzfristige Beherbergungen	Ja
1220: Bürogebäude	Ja
1230: Gross- und Einzelhandelsgebäude	Ja
1231: Restaurants und Bars in Gebäuden ohne Wohnnutzung	Ja
1241: Bahnhöfe, Abfertigungsgebäude, Fernsprechvermittlungszentralen	Ja
1242: Garagengebäude	Nein
1251: Industriegebäude	Ja
1252: Behälter, Silos und Lagergebäude	Ja
1261: Gebäude für Kultur- und Freizeit Zwecke	Ja
1262: Museen / Bibliotheken	Ja
1263: Schul- und Hochschulgebäude, Forschungseinrichtungen	Ja
1264: Krankenhäuser und Facheinrichtungen des Gesundheitswesens	Ja
1265: Sporthallen	Ja
1271: Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	Nein
1272: Kirchen und sonstige Kultgebäude	Ja
1273: Denkmäler oder unter Denkmalschutz stehende Bauwerke	Nein
1274: Sonstige Hochbauten, anderweitig nicht genannt	Nein
1276: Gebäude für die Tierhaltung	Nein
1277: Gebäude für den Pflanzenbau	Nein
1278: Andere landwirtschaftliche Gebäude	Nein

Tabelle 6  
Gebäudemerkmale des GWR  
Quelle: BFS

Nach der Filterung anhand der obigen Merkmale liegt ein Gebäudebestand von 1.87 Millionen Objekten für die weitere Auswertung vor.

Gebäudekategorie (EKAT)	Anzahl Gebäude	Anteil
1020: Gebäude mit ausschliesslicher Wohnnutzung	1'534'992	82.2%
1030: Andere Wohngebäude (Wohngebäude mit Nebennutzung)	208'629	11.2%
1040: Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung	31'388	1.7%
1060: Gebäude ohne Wohnnutzung	93'084	5.0%
Keine Angabe	114	0.0%

Gebäudeklasse (EKLAS)	Anzahl Gebäude	Anteil
1110: Gebäude mit einer Wohnung	1'122'252	60.1%
1121: Gebäude mit zwei Wohnungen	217'742	11.7%
1122: Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen	403'676	21.6%
1130: Wohngebäude für Gemeinschaften	4'715	0.3%
1211: Hotelgebäude	6'679	0.4%
1212: Andere Gebäude für kurzfristige Beherbergungen	3'153	0.2%
1220: Bürogebäude	17'861	1.0%
1230: Gross- und Einzelhandelsgebäude	11'023	0.6%
1241: Bahnhöfe, Abfertigungsgebäude, Fernsprechvermittlungszentralen	2'170	0.1%
1251: Industriegebäude	32'359	1.7%
1252: Behälter, Silos und Lagergebäude	19'486	1.0%
1261: Gebäude für Kultur- und Freizeitwecke	6'798	0.4%
1262: Museen / Bibliotheken	494	0.0%
1263: Schul- und Hochschulgebäude, Forschungseinrichtungen	10'631	0.6%
1264: Krankenhäuser und Facheinrichtungen des Gesundheitswesens	2'958	0.2%
1265: Sporthallen	2'356	0.1%
1272: Kirchen und sonstige Kultgebäude	3'854	0.2%
Gebäude Gesamtbestand	1'868'207	100.0%

Tabelle 7  
Mengengerüst des GWR  
für dieses Projekt  
Stand: 1. 10. 2019  
Auswertung Wüest Partner

### GWR: Gebäudeeingänge

Ein Gebäude verfügt über einen oder mehrere Gebäudeeingänge. Die Gebäudeeingänge repräsentieren je eine Postadresse, die dazugehörigen Koordinaten können mittels EGID eindeutig dem Gebäude zugeordnet werden. Für die Anreicherung mit zusätzlichen Sekundärdaten über die Adresse (z.B. Angaben zu Sanierungen aus Bewertungsdaten) wurden die Gebäudeeingänge der oben ausgewählten Gebäude verwendet.

### GWR: Wohnungen

Im GWR sind bei jedem Gebäude mit einer Wohnnutzung für die einzelnen Wohneinheiten u.a. Angaben zur Wohnungsfläche enthalten. Bei Gebäuden mit reiner Wohnnutzung können diese Flächen pro Gebäude summiert und später zur Schätzung der Energiebezugsfläche des Gebäudes herangezogen werden. Bei Gebäuden mit Mischnutzung wird für die Bestimmung der Energiebezugsfläche die Flächenangabe der Hauptnutzung verwendet.

## 12.6 Aufbereitung der Gebäudemerkmale aus dem GWR

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden die vorgängig aufgeführten Gebäudemerkmale aus den GWR-Daten aufbereitet. Eine Ausnahme bilden die Sanierungen, die im GWR nicht ausreichend detailliert dokumentiert sind.

### Energiebezugsfläche

Die Energiebezugsfläche (EBF) entspricht der Gebäudefläche innerhalb der thermischen Gebäudehülle, die beheizt bzw. gekühlt wird. Da im aktuellen Stand der GWR-Daten praktisch keine Angaben zur EBF vorhanden sind, muss die EBF hergeleitet werden. Grundsätzlich geht Wüest Partner davon aus, dass die EBF näherungsweise der Bruttogeschossfläche (BGF) eines Gebäudes entspricht, und diese kann aus den verfügbaren Gebäudemerkmalen hergeleitet werden.

Bei Gebäuden mit reiner Wohnnutzung wird dazu die Summe der Wohnungsflächen gebildet und zur Umrechnung auf die Bruttogeschossfläche mit dem Faktor 1.3 multipliziert. Diesen Faktor hat Wüest Partner anhand von empirischen Untersuchungen aus Bewertungsdaten hergeleitet.

Bei allen anderen Gebäuden oder im Fall von fehlenden Angaben zu den Wohnungsflächen wird die BGF ermittelt, indem die Gebäudegrundfläche mit der Anzahl Stockwerke multipliziert wird.

### Energieträger für die Wärmeproduktion

Die Energieträger für die Gebäudeheizung und die Warmwasseraufbereitung werden gemäss Projektvorgabe des BAFU auf die drei Hauptenergieträger Öl, Gas und «andere» aufgeteilt. Die Angaben zu den Energieträgern aus dem GWR (Angabe GENH1) werden entsprechend codiert.

### Hauptnutzung

Im GWR wird pro Gebäude eine Nutzung (Gebäudeklasse) angegeben. Den verwendeten Gebäudeklassen (GKLAS) wird jeweils eine der zwölf Hauptnutzungen aus der SIA-Norm 380/1:2009 zugeordnet. Folgende SIA-Nutzungen sind in der Norm gelistet:

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

Tabelle 8  
Nutzung gemäss SIA-Norm 380/1  
Quelle: SIA

Der «CO<sub>2</sub>-Rechner PACTA» basiert auf der Norm SIA 380/1 und den dort definierten Nutzungen. Die Gebäudeklassen gemäss GWR müssen daher den Nutzungen gemäss SIA zugeordnet werden. Diese Zuordnung wird wie folgt vorgenommen:

Gebäudeklasse	Nutzung SIA
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 Beherbergungen	1 Wohnen MFH

Tabelle 9  
Zuordnung der Gebäudeklassen des GWR auf die Nutzungen der Norm SIA 380/1  
Quelle: Wüest Partner

1220	Bürogebäude	3	Verwaltung
1230	Gross- und Einzelhandelsgebäude	5	Verkauf
1231	Restaurants und Bars in Gebäuden ohne Wohnnutzung	6	Restaurants
1241	Bahnhöfe, Abfertigungsgebäude, Fernsprechvermittlungszentralen	9	Industrie
1251	Industriegebäude	9	Industrie
1252	Behälter, Silos und Lagergebäude	10	Lager
1261	Gebäude für Kultur- und Freizeitzwecke	7	Versammlungslokale
1262	Museen / Bibliotheken	3	Verwaltung
1263	Schul- und Hochschulgebäude, Forschungseinrichtungen	4	Schulen
1264	Krankenhäuser und Facheinrichtungen des Gesundheitswesens	8	Spitäler
1265	Sporthallen	11	Sportbauten
1272	Kirchen und sonstige Kultgebäude	7	Versammlungslokale

Gebäudeklassen ohne beheizte Flächen im Sinne des Projekts werden keiner SIA-Nutzung zugeordnet und nicht weiter ausgewertet.

Die Gebäudeklasse «1265 Sporthallen» enthält auch Hallenbäder. Eine Unterscheidung zwischen der SIA-Nutzung «11 Sportbauten» und «12 Hallenbäder» ist anhand der verfügbaren Angaben nicht möglich, weshalb alle Gebäude, die gemäss GWR als «1265 Sporthallen» definiert sind (also auch Hallenbäder), der Nutzung «11 Sportbauten» zugeordnet werden.

#### Messstation für Klimaparameter

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Gebäudes werden Angaben zu den klimatischen Bedingungen am Gebäudestandort benötigt. Dazu werden die SIA-Klimadaten (2015)<sup>17</sup> verwendet. Die darin aufgeführten 40 Messstationen enthalten unter anderem Angaben zu:

- Standort
- Klimaregion
- Temperatur
- Sonneneinstrahlung

Jedem Gebäude aus dem GWR werden die Klimadaten der nächstgelegenen Messstation innerhalb der gleichen Klimaregion<sup>18</sup> zugeordnet.

#### 12.7 Anreicherung von Gebäudemerkmalen aus Sekundärquellen

Die zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Gebäudes benötigten Angaben aus dem GWR liegen teilweise nicht vollständig vor. Zudem können aus dem GWR keine ausreichenden Informationen zu Gebäudesanierungen abgeleitet werden. Die GWR-Daten werden deshalb mit Angaben aus verschiedenen Datenquellen angereichert. Gewisse Gebäudemerkmale werden zudem hergeleitet.

Für dieses Projekt wurden zur Anreicherung der GWR-Daten folgende Sekundärdaten hinzugezogen:

- Daten aus Minergie-Zertifikaten von Minergie Schweiz  
Stand: 13.7.2017
- Daten aus den Gebäudeenergieausweisen der Kantone (GEAK) des Vereins GEAK  
Stand: 31.7.2019
- Daten aus Bewertungen von Renditeliegenschaften von Wüest Partner

<sup>17</sup> <https://www.energytools.ch/index.php/de/downloads/datenbanken>

<sup>18</sup> <https://www.meteosuisse.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/Ungebundene-Seiten/Publikationen/Fachberichte/doc/arbeitsbericht215.pdf> (Seite 23)

Stand: 31.12.2019

Für die Anwendung des CO<sub>2</sub>-Rechners in einem anderen Kontext wären entsprechend andere Anreicherungen nötig. Der CO<sub>2</sub>-Rechner benötigt per se keine angereicherten Eingabedaten.

#### 12.7.1 Anreicherung von Gebäudemerkmalen mit GEAK- und Minergie-Daten

Die Daten der Gebäudeenergieausweise der Kantone (GEAK) haben den Stand 31.07.2019 und umfassen 54'664 Gebäude, die über den EGID direkt mit den Gebäuden aus dem GWR verknüpft werden können.

Aus den Daten der Minergie-Zertifikate (Stand 13.01.2017) können ebenfalls via EGID Merkmale für 22'194 Gebäude angereichert werden.

Folgende Informationen können angereichert werden:

- Hauptnutzung des Gebäudes gemäss SIA 380/1 (2016)
- Energiebezugsfläche
- Baujahr
- Anzahl Vollgeschosse
- Energieträger, Codierung gemäss BAUFU (Öl, Gas, «andere»)
- Sanierungsjahr: Dach, Fassade, Keller, Fenster

Zwischen den GEAK- und den Minergie-Daten gibt es nur ganz wenige Überschneidungen (rund 200 Gebäude). Es können somit total 76'479 Gebäude aus dem GWR mit Angaben aus GEAK- und Minergie-Daten ergänzt werden. Sowohl die GEAK- als auch die Minergie-Daten sind mit der SIA-Norm 380/1 (2016) kompatibel und können direkt für die Emissionsberechnung übernommen werden.

#### 12.7.2 Anreicherung von Gebäudemerkmalen aus Bewertungen

Die Wüest Partner AG bewertet im Rahmen ihrer Bewertungstätigkeit jährlich rund 10'000 Renditeliegenschaften. Aus diesen Bewertungsdaten (Stand 30.09.2019) lassen sich ebenfalls fehlende Merkmale von Gebäuden anreichern. Die Bewertungsdaten lassen sich dann verwenden, wenn die Geokodierung eine hohe Präzision aufweist, also adressgenau ist. Da in Bewertungen oft mehrere zusammengehörende Gebäude oder Teilgebäude mit mehreren Adressen zusammengefasst werden, ist die eindeutige Verknüpfung über die Adresse nicht immer möglich. Es werden deshalb nur Gebäude mit eindeutig zuordenbaren Adressen verwendet. Es handelt sich dabei primär um Mehrfamilienhäuser und Geschäftsliegenschaften (Büronutzung).

Die Daten aus der Bewertungstätigkeit geniessen eine grössere Glaubwürdigkeit als jene aus dem GWR. Deshalb werden die in Bewertungsdaten vorhandenen Angaben nicht mehr mit dem GWR abgeglichen. Teilweise sind die verfügbaren Gebäudemerkmale direkt für die Emissionsberechnung verwendbar (z.B. Baujahr), andere Merkmale werden wiederum aus den vorhandenen Angaben aufbereitet (z.B. Energieträger, Energiebezugsfläche).

- Die Gebäudehauptnutzung wird anhand der grössten Fläche aller aufsummierten Teilnutzungen ermittelt.
- Der Energieträger wird, falls möglich, mittels Textanalyse ermittelt. Gibt es in einem Gebäude mehrere Energieträger, wird das Gebäude demjenigen Energieträger mit dem grössten Emissionskoeffizienten zugeordnet. Wenn ein Gebäude zum Beispiel eine Gasheizung und eine Wärmepumpe aufweist, wird

das Gebäude als mit Gas beheizt kategorisiert, da die Wärmepumpe in die Kategorie «andere» fällt und einen kleineren Emissionskoeffizienten als Gas hat.

- Die Energiebezugsfläche für die relevanten Nutzungen wird aus den Nutzflächen innerhalb der thermischen Gebäudehülle berechnet. Die Summe der Nutzflächen wird für die Umrechnung in die Energiebezugsfläche mit dem Faktor 1.3 multipliziert. Dabei wird angenommen, dass die Energiebezugsfläche ungefähr der Bruttogeschossfläche (BGF) eines Gebäudes entspricht.
- Das Baujahr des Gebäudes und die Sanierungsjahre für die Gebäudemerkmale Dach, Fenster und Fassade (ohne Keller, da keine Angabe) können aus den in den Bewertungen hinterlegten Angaben zu den mit diesen Gebäudemerkmalen verknüpften Bauteile bestimmt werden.

### 12.7.3 Annahmen bei fehlenden Angaben

Trotz der Ergänzung von Gebäudemerkmalen aus Sekundärdaten (Minergie, GEAK, Bewertungsdaten) bleiben die für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen benötigten Angaben lückenhaft. So fehlen im GWR zum Beispiel in rund 85% der Gebäude Angaben zu den Energieträgern. Um eine möglichst flächendeckende Schätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die der Gebäudepark Schweiz verursacht, zu ermöglichen, werden bei fehlenden Angaben für gewisse Attribute Annahmen getroffen. In Absprache mit dem BAFU wird dabei von einem Worst-Case-Szenario ausgegangen, d.h. es wird jeweils diejenige Angabe gewählt, die die grössten CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Folge hat. Für folgende Attribute wird eine Annahme getroffen, falls die Angaben dazu nicht verfügbar sind:

- Energieträger: Falls diese Angabe fehlt, wird eine Ölheizung angenommen
- Baujahr: Falls diese Angabe fehlt, wird mit dem Baujahr 1980 gerechnet.

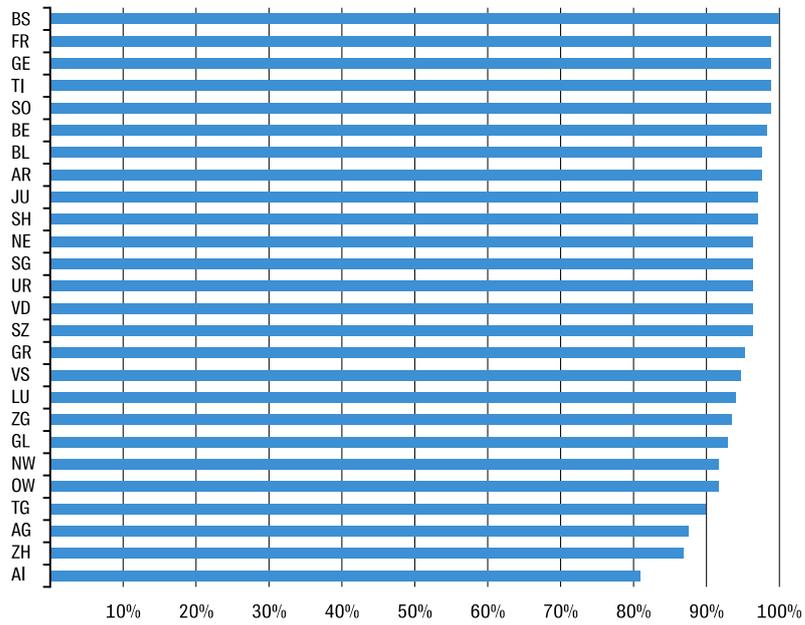
## 12.8 Mengengerüst

Der Wüest Partner zur Verfügung stehende Auszug aus dem GWR mit Stand vom 1. Oktober 2019 verfügt über 1.79 Millionen Gebäude. Davon konnten nach all den oben aufgeführten Anreicherungen 94% oder 1.69 Millionen Gebäude analysiert werden. Bei den restlichen rund 100'000 Gebäuden (6%) fehlte jeweils ein notwendiges Gebäudemerkmal für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen mit dem hier verwendeten CO<sub>2</sub>-Rechner.

Bei 13% der Gebäude aus dem GWR waren die beiden oben genannten Attribute Energieträger bzw. Baujahr nicht bekannt; hier mussten Annahmen getroffen werden. Bei 78% der in die Analyse einbezogenen Gebäude sind diese Angaben zwar im GWR vorhanden, sie müssen aber als unzuverlässig betrachtet werden. Das ist zum Beispiel dann der Fall, wenn das Alter eines Gebäudes gemäss dem hinterlegten Baujahr mehr als 30 Jahre beträgt, gleichzeitig jedoch keinerlei Angaben zu irgendwelchen Sanierungen greifbar sind. Insgesamt waren bei rund 3% der Gebäude alle notwendigen Angaben vorhanden und auch plausibel. Das heisst, dass nur bei einem kleinen Anteil der Gebäude wirklich von einer guten Datenbasis gesprochen werden kann.

Was die Kantone betrifft, so fliessen nur aus dem Kanton Basel-Stadt 100% der im GWR erfassten Gebäude in die Analyse ein. Bei allen anderen Kantonen fehlt ein Teil der notwendigen Angaben für die Berechnungen mit dem CO<sub>2</sub>-Rechner (vgl. die folgende Grafik).

Abbildung 12.1  
Kantone: Anteil der GWR-  
Angaben, die in die Analyse  
einfließen



Quelle: Wüest Partner

## 13 Emissionsberechnung

### 13.1 Einleitung

Mit dem CO<sub>2</sub>-Rechner können nun im Sinne eines Bottom-up-Ansatzes für jedes der im GWR verzeichneten Gebäude die CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet werden. Somit können Angaben zum Gebäudepark der Schweiz gemacht werden, soweit die Gebäude im GWR verzeichnet sind. Die Ergebnisse dieser Berechnungen werden in diesem Kapitel in verschiedenen Dimensionen mit statistischen Kennwerten dargestellt. Dabei flossen im Falle fehlender Angaben die im vorgängigen Kapitel definierten Annahmen in die Berechnungen ein.

#### 13.1.1 Nach Kantonen

Mit den aus dem GWR zur Verfügung stehenden Gebäuden und deren spezifischen Merkmalen können die durchschnittlichen kantonalen CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche (EBF) berechnet werden.

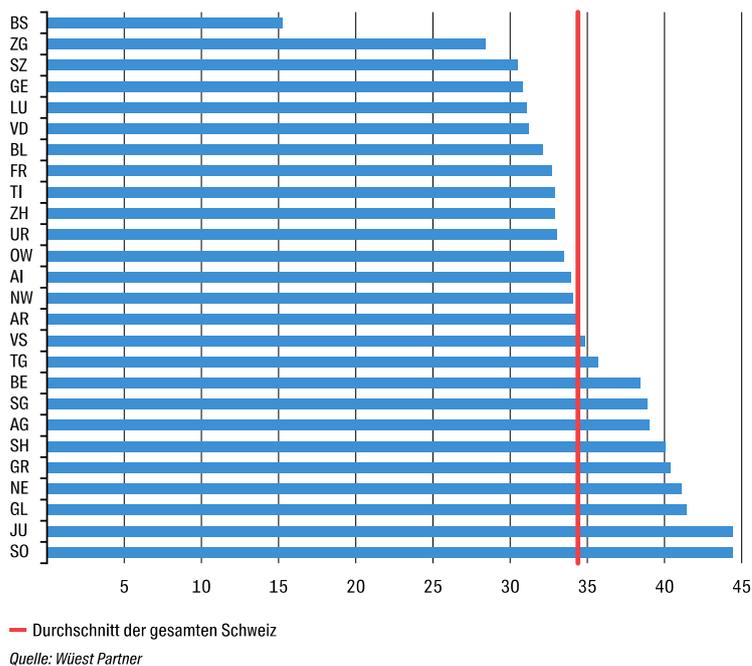


Abbildung 13.1  
Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-  
Emissionen nach Kantonen  
(in kg pro m<sup>2</sup> EBF)  
Stand: 1. 10. 2019

Der Mittelwert des gesamten schweizerischen Gebäudeparks liegt bei 34.5 kg/m<sup>2</sup>. Mit lediglich 15 kg/m<sup>2</sup> liegt der mittlere Emissionswert im Kanton Basel-Stadt deutlich tiefer als in allen anderen Kantonen. Dies dürfte vor allem an der hohen Versorgung mit Fernwärme liegen; denn Fernwärme wird in diesem Projekt gemäss der Vorgabe des BAUFU mit einem Emissionsfaktor von 0 bewertet.

#### 13.1.2 Nach Nutzung

Hinsichtlich der vier wichtigsten Nutzungen «Wohnen Einfamilienhäuser», «Wohnen Mehrfamilienhäuser», «Industrie» und «Verwaltung (Büro)» lassen sich die folgenden mittleren Emissionswerte berechnen:

Nutzung	Anteil Gebäude im GWR <sup>19</sup>	CO <sub>2</sub> -Emission (kg/m <sup>2</sup> EBF)
Wohnen EFH	74%	44
Wohnen MFH	23%	31
Industrie	1%	22
Verwaltung (Büro)	1%	19

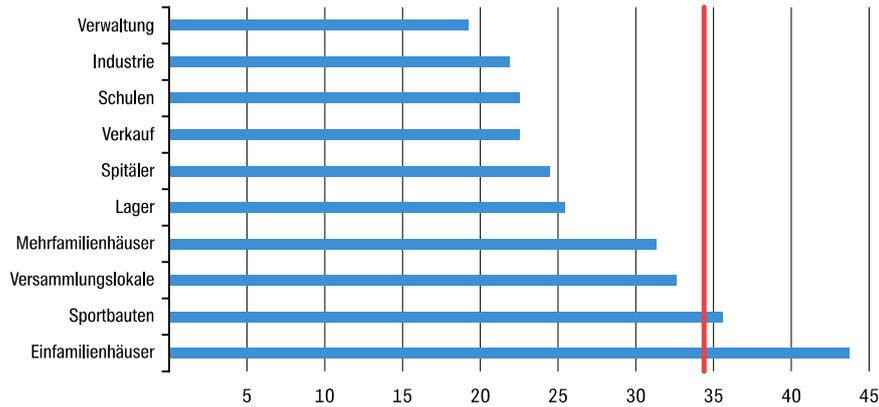


Abbildung 13.2  
Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Nutzung (in kg pro m<sup>2</sup> EBF)  
Stand: 1. 10. 2019

— Durchschnitt der gesamten Schweiz

Quelle: Wüest Partner

### 13.1.3 Nach Bauperiode

Anhand der Berechnung der mittleren Emissionswerte nach Bauperiode der Gebäude wird die technische Entwicklung hin zu effizienteren Gebäuden deutlich sichtbar.

Bauperiode	Anteil Gebäude im GWR	CO <sub>2</sub> -Emission (kg/m <sup>2</sup> EBF)
Bis 1979	60%	46
1980–1989	12%	30
1990–1999	10%	24
2000–2009	9%	18
Ab 2010	8%	8

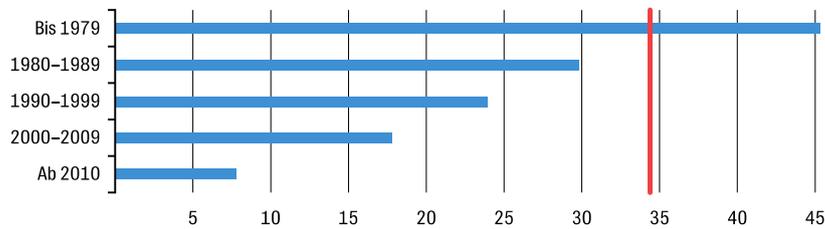


Abbildung 13.3  
Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Bauperiode (in kg pro m<sup>2</sup> EBF)  
Stand: 1. 10. 2019

— Durchschnitt der gesamten Schweiz

Quelle: Wüest Partner

<sup>19</sup>Die Erfassung der Nicht-Wohngebäude ist im GWR noch nicht vollständig umgesetzt.

### 13.1.4 Kombination Bauperiode und Energieträger

Bei der Betrachtung dieser Kombination stehen die hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Ölheizungen in Gebäuden mit einem Baujahr vor 2000 ins Auge. Über 80% der Gebäude mit Öl- oder Gasheizung wurden vor dem Jahr 2000 gebaut.

Bauperiode, Energieträger	Anteil Gebäude im GWR	CO <sub>2</sub> -Emission (kg/m <sup>2</sup> EBF)
Bis 1979, Ölheizung	47%	66
Bis 1979, Gasheizung	12%	44
1980–1989, Ölheizung	9%	44
1980–1989, Gasheizung	2%	28
1990–1999, Ölheizung	8%	34
1990–1999, Gasheizung	3%	22
2000–2009, Ölheizung	7%	26
2000–2009, Gasheizung	4%	17
Ab 2010, Ölheizung	7%	13
Ab 2010, Gasheizung	1%	9

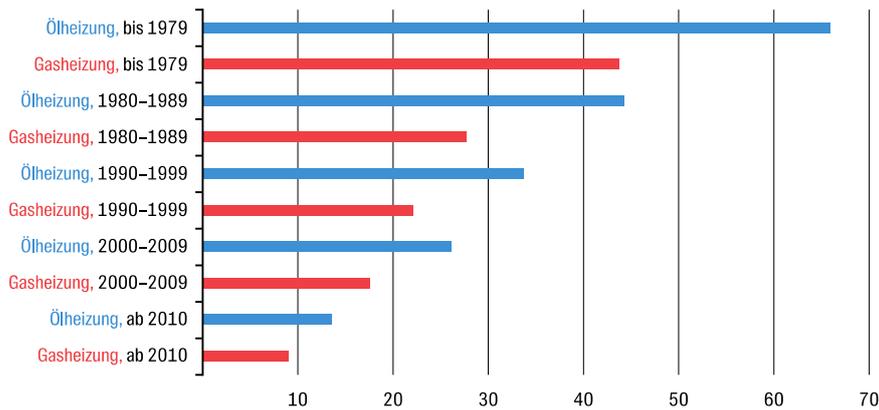


Abbildung 13.4  
Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Bauperiode und Energieträger (in kg pro m<sup>2</sup> EBF)  
Stand: 1. 10. 2019

Quelle: Wüest Partner

### 13.1.5 Kombination Nutzung und Energieträger

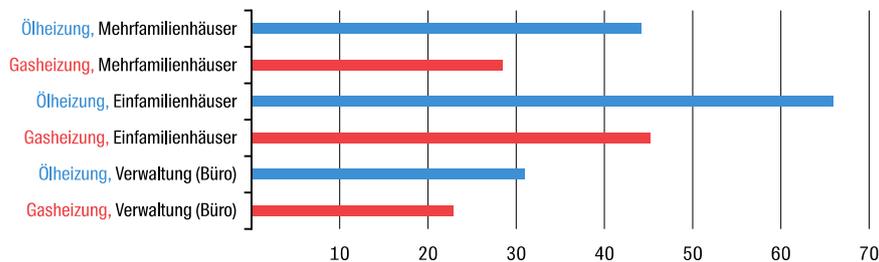


Abbildung 13.5  
Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Nutzung und Energieträger (in kg pro m<sup>2</sup> EBF)  
Stand: 1. 10. 2019

Quelle: Wüest Partner

### 13.1.6 Einfamilienhäuser mit Ölheizung nach Bauperiode

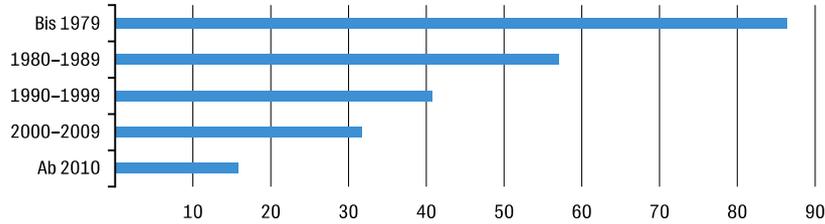


Abbildung 13.6  
Einfamilienhäuser mit Ölheizung: Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Bauperiode (in kg pro m<sup>2</sup> EBF)  
Stand: 1. 10. 2019

Quelle: Wüest Partner

### 13.1.7 Einfamilienhäuser mit Gasheizung nach Bauperiode

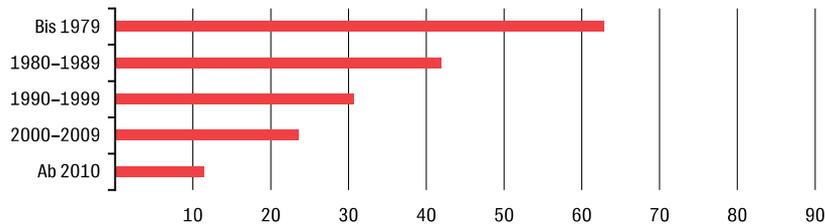


Abbildung 13.7  
Einfamilienhäuser mit Gasheizung: Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Bauperiode (in kg pro m<sup>2</sup> EBF)  
Stand: 1. 10. 2019

Quelle: Wüest Partner

### 13.1.8 Beispiel: Einfamilienhaus mit Ölheizung und Baujahr 1981

Anhand eines typischen Einfamilienhauses mit Baujahr 1981 und einer Ölheizung werden die Auswirkungen von möglichen Sanierungen durchgerechnet. Dabei zeigt sich, dass bei einem Wechsel des fossilen Energieträgers von Öl auf Gas und der vollständigen Sanierung aller vier Bauteile «Dach», «Keller», «Fassade» und «Fenster» die CO<sub>2</sub>-Emissionen um insgesamt 76% gesenkt werden können.

Sanierung	Reduktion	CO <sub>2</sub> -Emission (kg/m <sup>2</sup> EBF)
Ohne Sanierung	0%	62
Sanierung Dach	-7%	58
Sanierung Keller	-8%	57
Sanierung Fassade	-27%	45
Sanierung Fenster	-30%	44
Sanierung alle Bauteile	-69%	19
Sanierung alle Bauteile und Gas als Energieträger	-76%	15

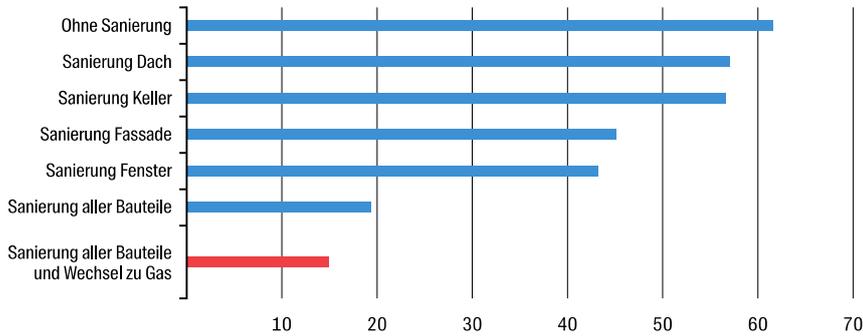


Abbildung 13.8  
 Beispiel: Einfamilienhaus mit  
 Baujahr 1981 und Ölheizung:  
 Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-  
 Emissionen nach  
 Sanierungsgrad  
 (in kg pro m<sup>2</sup> EBF)  
 Stand: 1. 10. 2019

Quelle: Wüest Partner

### 13.2 Sensitivität

Das Feld zu den Energieträgern ist im GWR bei 85% der Gebäude ausgefüllt. Bei allen Auswertungen, die oben dargestellt sind, wurde im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung bei fehlenden Angaben zum Energieträger «Öl» eingesetzt. Um die Sensitivität dieser Annahme zu testen, erfolgte zusätzlich eine Auswertung mit den Annahmen «Gas» und «andere».

Die Resultate dazu sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Annahme Energieträger	relativ (kg/m <sup>2</sup> )	absolut (Mio. t)	Veränderung (%)
Öl	34.5	26.7	
Gas	33.5	25.9	-3.0
andere	30.3	23.5	-9.3

Tabelle 10  
 Angenommene  
 Substitutionsraten  
 Stand: 2019  
 Quelle: Wüest Partner

Die Variation dieses Einflussfaktors auf die Ergebnisse sowohl bei den auf den Quadratmeter Energiebezugsfläche bezogenen (relativ) wie auch bei den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen (absolut) nicht sehr ausgeprägt. Die gesamten Emissionen sind im Falle der Annahme «andere» mit 23.5 Mio. t CO<sub>2</sub> rund 50% höher als die Werte im Treibhausgasinventar des BAFU. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch die Angaben zum Energieträger in den 85% der Gebäude mit einer Angabe nicht sehr zuverlässig sein dürfte. Gerade eine Substitution des Energieträgers dürfte in vielen Fällen nicht im GWR nachvollzogen worden sein.

Die hier kurz vorgestellte Aufsummierung für alle im GWR verzeichneten Gebäude ist somit lediglich als eine Annäherung an die Emissionen gemäss dem Treibhausgasinventar zu betrachten.

## 14 Einordnung

Sämtliche hier dargestellten Auswertungen beziehen ihre Grundlagendaten ausschliesslich aus dem GWR. Es wird also im eigentlichen Sinn die Datenqualität des GWR abgebildet. Die Abdeckung mit Daten aus dem Bereich der Energiemerkmale ist bis dato aber noch recht bescheiden und wird sich erst im Laufe der nächsten Jahre wesentlich verbessern. So sind vor allem die Angaben in den folgenden Feldern zu beachten:

- Werte zu Energiebezugsflächen fehlen fast vollständig
- Werte zu Energieträgern sind in rund 85% der Gebäude vorhanden
- Werte zu Energieträgern dürfte in vielen Fällen nicht mehr aktuell sein
- Werte zu Sanierungen sind für einen Grossteil der Gebäude nicht verfügbar

Bei allen fehlenden Angaben zu Energieträgern wurde im Sinne eines Worst-Case-Szenarios der Energieträger «Öl» angenommen und es wurden keine Sanierungen hinterlegt. Als Konsequenz dieser konservativen Annahmen wird die Summe an CO<sub>2</sub>-Emissionen für den gesamten Gebäudepark Schweiz deutlich überschätzt. In vielen Gebäuden mit älteren Baujahres ist mit einer hohen Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass eine Sanierung stattgefunden hat.

Dadurch sind die aus den Ergebnissen bestimmten Summen für die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht als ein Abbild der Realität zu verstehen, sondern nähern sich dieser nur von einer weiteren Seite her an. Diese Feststellung ist vor allem in Abgrenzung zu den Ergebnissen aus dem Teil 1 wichtig. Die Stärke des CO<sub>2</sub>-Rechners PACTA liegt also nicht in einer Bottom-up-Schätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für den gesamten Gebäudepark, sondern ist er eher auf die Verwendung der Angaben zu den Gebäudemerkmale im GWR hin optimiert. Diese vor allem auch vor dem Hintergrund einer einfachen Verwendung im Rahmen des Klimaverträglichkeitstestes PACTA 2020 des BAFU.

Insgesamt ist der CO<sub>2</sub>-Rechner bei der Verwendung des GWR als Datenquelle nicht dazu ausgelegt, eine verlässliche Einschätzung des Ist-Zustandes des Gebäudeparkes Schweiz zu ermöglichen.

## 15 Disclaimer

Der Nutzer dieser Daten und Informationen trägt das Risiko für deren weitere Verwendung. Die Wüest Partner AG übernimmt für diese Daten und Informationen keine Gewähr, insbesondere nicht für ihre Vollständigkeit, Richtigkeit und Aktualität. Jede diesbezügliche Haftung ist ausgeschlossen.

Diese Daten und Informationen stellen weder ein Angebot noch eine Empfehlung zum Kauf oder Verkauf einer Immobilie, eines Wertpapiers/Wertrechts oder einer bestimmten Anlage- oder Handelsstrategie dar. Ebenso wenig sind die Daten und Informationen als Empfehlung für Investitionen oder als Anlageberatung zu verstehen bzw. zu verwenden.

Eine weiter gehende Nutzung wie Vervielfältigung oder Bildung von Derivaten oder anderer Produkte, insbesondere im Zusammenhang mit Finanzinstrumenten (einschliesslich passiv gemanagter Fonds und indexabhängiger derivater Wertpapiere), oder zur Überprüfung anderer Daten oder Indizes ist ohne schriftliche Zustimmung der Wüest Partner AG verboten.