

Methodische Grundlage Programmierung sdp-Modul-PRO-C2, CNB-Beta-V1.1, API

climate-neutral



buildings

Arbeitspapier: Kurzdarstellung Climate-Neutral-Buildings Methodik PT I 1.0

Erstellt: sdp-Arbeitsgruppe climate-neutral buildings, Update 2025-02-18

Helpen Sie uns besser zu werden.

Wir haben einen Fehler gemacht, etwas vergessen oder z.B. regionale Aspekte übersehen? Helfen Sie uns besser zu werden und teilen Sie uns Ihre Anmerkung mit. Vielen Dank.

We made a mistake, forgot something or e.g. national aspects? Help us to get better and let us know your comment. Thank you very much.

Interner Bearbeitungshinweis (Stand 2025-02-06):

Dieses Arbeitspapier wurde erstmals im Januar 2021 als internes Dokument zur sdp-Prototyp-Programmierung des Moduls climate-neutral buildings erstellt. Es beschränkt sich auf die Kurzdarstellung der Start-Methodik (MSB).

Die Erstellung des Arbeitspapiers wurde möglich durch das Einbringen von Expertise aus der Praxis nachhaltigen Bauens und Sanierens sowie aus den Programmen 50 Solarsiedlungen NRW und 100 Klimaschutzsiedlungen NRW und dem Monitoring insb. im Langzeitprojekt ReConGeb. Hier gebührt allen Beteiligten Dank. Die Erstellung wurde insbesondere durch Herrn Andreas Gries (EnergieAgentur.NRW) und Herrn Simon Slabik (Ruhr-Universität Bochum) beratend unterstützt.

Verantwortlich für den Inhalt ist sdp-Arbeitsgruppe climate-neutral buildings unter Leitung von Herrn Matthias Schmitz-Peiffer (HoWoGe Wärme GmbH) und Herrn Jörg Ortjohann (Stiftung Energieeffizienz).

Die Methodik befähigt nach Eigeneinschätzung zur Erstellung von validen Daten der Güteklasse B. Eine laufende wissenschaftliche Überprüfung und Qualitätssicherung des Arbeitspapiers ist notwendig zur Verifizierung, Fortschreibung und Verbesserung der Datengüteklasse. Generelle methodische Informationen finden sich im Masterdokument. Hinweise zur Bearbeitungsqualität, Revision und Weiterentwicklung sind dort kommentiert. Aufgrund der Überschneidung mit z.B. der persönlichen und kommunalen Methodik kann es zu geringfügigen Abweichungen kommen.

Der vorliegende Stand der Bearbeitung wird im sdp-Netzwerk gepflegt. Kommentare und Hinweise zur Verbesserung bitten wir an die nachstehende Adresse zu senden.

Fragen und Klärungsbedarf für die Programmierung sind in dieser Farbe markiert.

Impressum

sustainable data platform (sdp) c/o Stiftung Energieeffizienz

Kontakt

Stiftung Energieeffizienz

Weyerstr. 32 | D-50676 Köln

Telefon: 0221 | 546 57-05

E-Mail: info@stiftung-energieeffizienz.org

www.stiftung-energieeffizienz.org

Dokumentinformationen und -pflege

PRÜFVERZEICHNIS

Prüfung Datum	Stand	Anmerkung	Name	Zustand
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

ÄNDERUNGSVERZEICHNIS

Änderung Datum	Kapitel, Seite	Beschreibung	Autor	Zustand
1 6.02.2025	7,10,21	Bilanzgrenze mit PV-Direktverbrauch, KPI, CO2-Faktoren Biomasse	JO	
2				
3				
4				
5				
6				
7				

i.B.: in Bearbeitung, f.g.: frei gegeben

KI-BEARBEITUNGSHINWEIS



Inhalt

Kurzdarstellung climate-neutral buildings Start-Methodik (MSB).....	5
Stamm- und Bewegungsdaten	6
Indikator CO ₂ -Emissionen.....	7
Benchmark CO ₂ -Emissionen	7
Indikator Kosten	10
Effizienzindikatoren.....	10
Quartiere und Bestand	11
Erfassung von Wärmenetzen	11
Exkurs Wärmeplanung	12
Zeitauflösung.....	16
Prognosen und Vergleiche	17
Anhang 1: Spezifische CO ₂ -Emissionsfaktoren	19
Anhang 2: Erfassung der Investitionen und Emissionen für die Gebäudeherstellung.....	23
Anhang 3: Auszug Diskussion Lebenszyklusemissionen.....	25
Anhang 4: Vorschlag Benchmark Emissionen A1-A3 (Neubau)	26
Quellen	27
Über climate-neutral buildings.....	29

Kurzdarstellung climate-neutral buildings Start-Methodik (MSB)

CO₂-Emissionen in kgCO_{2eq}/m²_{WFA}

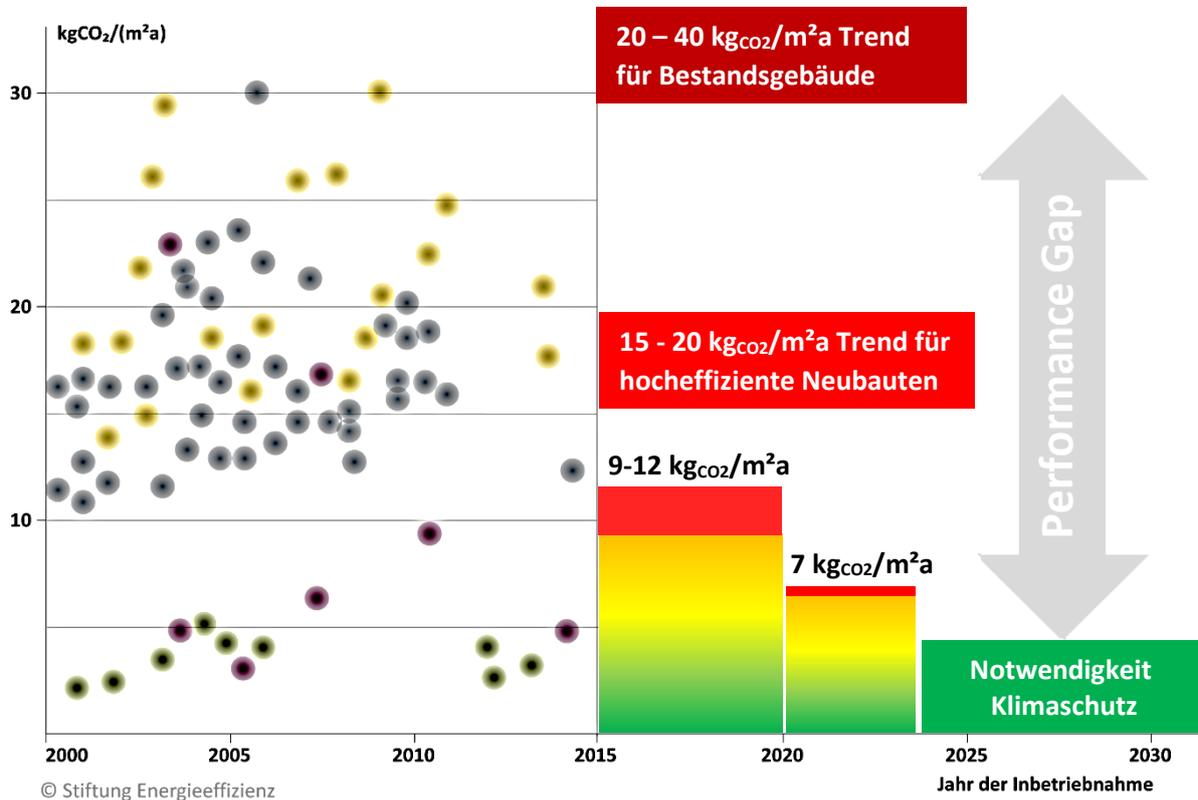


Bild 1: CO₂-Emissionen mit Gas, Strom, Biomasse und Fernwärme versorgter deutscher hocheffizienter Wohngebäude in der Nutzungsphase (Bezug: je Jahr der Inbetriebnahme, Monitoring Wärme ohne Haushaltsstrom). CO₂-Zielwerte aus dem Programm 100 Klimaschutzsiedlungen NRW, Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030 (BEK 2016) mit Fortschreibung gem. Klimaschutzanforderungen. Performance Gap in Bezug auf Gesamtbestand. Das sdp-Modul climate-neutral buildings unterstützt die wirtschaftliche on-track Bestandsentwicklung gem. Klimaschutz-Notwendigkeiten. Emissionen aus der Gebäudeherstellung sind in **Bild 1** nicht einbezogen (s. **Anhang 2, 3** und **4**)

Die **Prototyp Start-Methodik im sdp-Modul climate-neutral-buildings (MSB)** ist anbei zur Programmierung, Weiterentwicklung und Ermöglichung einer externen Begleitforschung dokumentiert.

Dabei sind offene Punkte und Unsicherheiten hervorgehoben (z.B. Farbmarkierung). Die Start-Methodik betrifft zunächst

Wohngebäude (MSB-W, nur Kurzbeschreibung Nichtwohngebäude MSB-NW).

Die Methodik ist die Grundlage für das Data-Warehouse-Loading (zentraler Datenbestand mit validen Messwerten und zugehörigen validen Zusatzinformationen), Verarbeitungsprozesse und Queries, die neben der reinen Datenanalyse, Mehrwert für kostengünstige Klimaneutralität bieten.

Stamm- und Bewegungsdaten

Zur einfachen **Datenerfassung** sind zunächst je Gebäude bzw. Siedlung bereits vorliegende Daten zu erfassen:

Stammdaten Gebäude- und Anlagen

Gebäude (ggf. einer Siedlung):

- Beheizte Wohnfläche,
- A/V-Verhältnis,
- Jahresheizwärmebedarf,
- Warmwasserbedarf,
- spez. Transmissionswärmeverluste H'T, Endenergiebedarf,
- Stromerzeugung z.B. aus PV

Wärmeversorgung:

- Angaben zu System und Energieträger für Heizwärme, Warmwasser, Lüftungstechnik mit erfahrungsbasierten

Nutzungsgraden, Arbeitszahlen, Erträgen, etc.

Bewegungsdaten

- Gemessener Endenergieverbrauch mit Angaben zu Energieträgern, Maßeinheit,
- Verbrauch und Messwerte für z.B. Nutzungsgrade, Arbeitszahlen, Erträge
- Die Erfassung von Warmwasseranteilen, Verlusten und der Hilfsenergie z.B. für Lüftungsanlagen sind zu beachten.

Für 1-2 FH ist zus. ein Personenbezug notwendig (Fehlbewertung durch flächenspezifische CO₂-Emissionen bei großen Gebäuden).

Indikator CO₂-Emissionen (Stand Feb. 2025, V1.1)

Die für die Bewertung maßgeblichen messwertbasierten **CO₂-Emissionen im Betrieb** ermitteln sich zu (übrige Max-Werte s. z.B. Planungsleitfaden 100 Klimaschutzsiedlungen NRW):

$$\begin{aligned}
 \text{CO2_Nutz(PVdir)} &= [\text{EE_Heiz} \times \text{F_Br_Heiz} && \text{(1a)} \\
 &+ \text{EE_WW} \times \text{F_Br_WW} \\
 &+ \text{EE_HE} \times \text{F_Strom} \\
 &- \text{EE_Erzeugung} \times \text{F_Erzeugung}] / \text{EBF}
 \end{aligned}$$

dabei:

CO2_Nutz(PVdir) ¹	CO ₂ -Emissionen Nutzungsphase in Bilanzierungsgrenze(a)	[kgCO _{2e} /(m ² WF x a)]
EE_Heiz	Endenergie Heizung, je Energieträger	[kWh/a]
F_Br_Heiz	CO ₂ -Faktor Brennstoff Heizung, je Energieträger	[kgCO _{2e} /kWh]
EE_WW	Endenergie Warmwasser, s. vor	[kWh/a]
F_Br_WW	CO ₂ -Faktor Brennstoff Warmwasser, s. vor	[kgCO _{2e} /kWh]
EE_HE	Strom für Hilfsenergie (Pumpen, Lüftung)	[kWh/a]
F_Strom	CO ₂ -Faktor Strom (Generalfaktor)	[kgCO _{2e} /kWh]
EE_Erzeugung*	Stromerzeugung im Objekt (Direktverbrauch für Wärme)	[kWh/a]
F_Erzeugung	CO ₂ -Faktor Stromerzeugung	[kgCO _{2e} /kWh]
EBF	Beheizte Wohnfläche	[m ²]

* EE_Erzeugung in CNB-Beta-V1.1 berücksichtigt PV-Direktverbrauch statt bisher PV-Gesamtertrag.
 Bsp. Berechnung NEU²: CO₂_Nutz aus Wärmeversorgung mit PV-Direktverbrauch = CO₂_Nutz aus Wärmeversorgung o. PV - CO₂_Nutz Red. durch PV-Direktverbrauch (zusätzliche. Zähler beachten).

Informativ bzw. bei fehlenden Daten abweichend werden dargestellt:

- Allgemein: Informationen gem. Stand V1.0 (Neubau, F-Strom, Hinweise).
- CO₂_Nutz (PVges): gem. CNB-V1.0. Dieser Wert gem. V1.0 kann z.B. in Altanlagen ohne entsprechende Zählerausstattung (z.B. Direkteinspeisung) abweichend dargestellt werden, in dem Fall erfolgt ein Hinweis auf die reduzierte Datengüte.
- CO₂_Nutz (AllElectric): Gesamtgebäude bzw. Quartier mit Haushalts- und Mieterstrom, Mobilität und Aufwand rechtssichere messtechnische Erfassung beachten.

➔ Für CO₂_Nutz (AllElectric) Weiterentwicklung und EU-Harmonisierung notwendig.

¹ CO₂_Nutz entspricht GWP nach Modul B6, betrieblicher Energieeinsatz für Wärmeversorgung

Indikator CO₂-Emissionen (Stand 2021, V1.0)

Die für die Bewertung maßgeblichen messwertbasierten **CO₂-Emissionen im Betrieb** ermitteln sich zu (übrige Max-Werte s. z.B. Planungsleitfaden 100 Klimaschutzsiedlungen NRW):

$$\begin{aligned}
 \text{CO2_Nutz} &= [\text{EE_Heiz} \times \text{F_Br_Heiz} && (1) \\
 &+ \text{EE_WW} \times \text{F_Br_WW} \\
 &+ \text{EE_HE} \times \text{F_Strom} \\
 &- \text{EE_Erzeugung} \times \text{F_Erzeugung}] / \text{EBF}
 \end{aligned}$$

dabei:

CO2_Nutz ³	CO ₂ -Emissionen Nutzungsphase in Bilanzierungsgrenze	[kgCO ₂ eq/(m ² WF x a)]
EE_Heiz	Endenergie Heizung	[kWh/a]
F_Br_Heiz	CO ₂ -Faktor Brennstoff Heizung	[kgCO ₂ eq/kWh]
EE_WW	Endenergie Warmwasser	[kWh/a]
F_Br_WW	CO ₂ -Faktor Brennstoff Warmwasser	[kgCO ₂ eq/kWh]
EE_HE	Strom für Hilfsenergie (Pumpen, Lüftung)	[kWh/a]
F_Strom	CO ₂ -Faktor Strom (Generalfaktor)	[kgCO ₂ eq/kWh]
EE_Erzeugung	Stromerzeugung in dem Objekt	[kWh/a]
F_Erzeugung	CO ₂ -Faktor Stromerzeugung	[kgCO ₂ eq/kWh]
EBF	Beheizte Wohnfläche	[m ²]

* EE_Erzeugung in CNB-Beta-V1.0 berücksichtigt PV-Gesamtertrag.

Bsp. Berechnung: CO₂_Nutz aus Wärmeversorgung mit PV-Gesamterzeugung = CO₂_Nutz aus Wärmeversorgung o. PV - CO₂_Nutz Red. durch PV-Gesamtertrag

Informativ werden zusätzlich dargestellt:

Neubau: Angabe zu **THG-Emissionen der Gebäudeherstellung (GWP nach A1-A3)** durch Handeingabe mit Angaben zur Ermittlung (s. **Anhang 2 - 4**).

F-Strom: Angabe zu **Atomstromanteilen in der europäischen Bewertung**, s. Dokumentation der Annahmen zur Methodik der Berechnung des persönlichen CO₂-Fußabdrucks im Modul CO₂-Avatar [sdp 2020].

➔ Für die Bewertung insb. von Neubauten ist neben der Bewertung der Emissionen aus der Nutzungsphase (CO₂_Nutz) ein Maximalwert für die Emissionen aus der Herstellung als Zusatzkriterium notwendig (CO₂_Bau gem. s. **Anhang 2** bis **Anhang 4**).

In den Kartenansichten erfolgt prioritär die Angabe der Emissionen CO₂_Nutz (CO₂_Bau,sp informativ in Boxen, nur in Sonderfällen mit hoher Datenverfügbarkeit als separate Kartendarstellung).

³ CO₂_Nutz entspricht GWP nach Modul B6, betrieblicher Energieeinsatz für Wärmeversorgung

Benchmark CO₂-Emissionen

Bild 2: Beispiel der Veranschaulichung von CO₂-Emissionen im Wohngebäudebestand (RHE-Map)

Der Farbgebung in der **Bild 1** und in **Bild 2** liegen in Bezug auf den rot-gelb-grün Verlauf (Ampelsystem) unterschiedliche CO₂-Zielwerte in der Nutzungsphase zugrunde. **Bild 2** zeigt eine Einfärbung gem. Planungsleitfaden 100 Klimaschutzsiedlungen NRW [Energieagentur.NRW 2011].

Bild 1 zeigt im rechten Bereich eine schrittweise Verschärfung dieser Anforderungen bis hin zu den Klimaschutz-Notwendigkeiten.

In der Start-Methodik wird gem. **Bild 1** ein CO₂-Sollwert von 7 kgCO₂eq/(m²_{EBFXa}) für die Periode ab 2020 zugrunde gelegt.

Der Wert gibt in Übereinstimmung mit [BEK 2016] die aktuelle Diskussion wieder,

ohne streng den Klimaschutzanforderungen zu entsprechen. Dies wird durch Einführung einer Spanne (rot > 7, gelb ca. < 5) berücksichtigt.

Bild 1 veranschaulicht, dass diese verschärfte Zielwertsetzung z.B. in geplanten Map-Ansichten zu weitgehend roter Einfärbung führen wird. In die Kommunikation dieser Zielwertüberschreitungen ist psychologische Expertise einzubinden, um einen motivierenden Umgang zu finden.

Den Stand zum Einbezug der Lebenszyklus-Emissionen und des Global-Warming Potentials (GWP) in der Herstellungsphase zeigt **Anhang 2**.

Indikator Kosten

Eine Grobausage zu den Kosten erfolgt im Prototyp nach der ReConGeb-Methodik⁴, nach dieser Methodik werden erfasst:

- Überschlägige Wärmekosten vorab (K_B-C, kumulierter Monatswert)
- Wärmekosten nachkalkuliert (K_B-C, nachkalkuliert)
- Jahres-Gesamtkosten (K_A-D, NK)
- Kapitalgebundene Kosten (K_A, NK)
- Verbrauchsgebundene Kosten (K_B, NK)
- Betriebsgebundene Kosten (K_C, NK)
- Kosten aus Instandsetzung (K_D, NK)

Zunächst beschränkt sich die Erfassung auf die überschlägigen Wärmekosten vorab (Energie und Betrieb. Die Darstellung der Wärmekosten für Verbrauch und Betrieb (sog. warme Betriebskosten erfolgt in kumulierten Monats- und Jahresrankings mit möglichst Kostenprognosen auf Monatsbasis. Zu den verbrauchsgebundenen Kosten werden die aus Vorjahres- oder Schätzwerten (nach Verfügbarkeit vorliegenden Pauschalwerten) ermittelten betriebsgebundenen Kosten dargestellt.

Die bereits im Projekt ReConGeb programmierten Algorithmen werden nach Abstimmung genutzt und für die weitere Entwicklung offengelegt.

Effizienzindikatoren

Um den bestimmungsgemäßen Gebäudebetrieb in Hinblick auf Kosten und Emissionen zu steuern ist eine Kenntnis der „inneren Zustände“ (für Steuerung relevante Systemparameter) notwendig⁵. Im Prototyp werden zunächst die in der bestehenden energy-check Datenbank hinterlegten Endenergie- und Effizienzparameter herangezogen (Erweiterung 02/2025 mit *):

- Endenergie
- Nutzungsgrad gasversorgte Anlagen
- Nutzungsgrad Biomasseanlagen
- Spezifischer Ertrag Solarthermieanlagen
- Solarer Deckungsgrad
- Arbeitszahl Wärmepumpen
- PV-Ertrag (bzw. Wind)*
- Anteil der Wärmeerzeuger*

Nach Möglichkeit werden zudem erfasst:

- Anteil_WW Anteil WW an EE_ges (EE-Heiz + EE_WW) [%]
- Verlust aus Speicherung, Verteilung WW [%]
- Ertrag_Heiz_sol Solarertrag für Heizwärme [kWh/a] und Warmwasser [kWh/a]
- Lüftungswärmeverluste in Stichprobe [kWh/a]
- Autarkiegrad [%], Eigenverbrauchsanteil [%] und Anteil Heizstab [-]*

Die bereits in der energy-check MySQL Datenbank programmierten Algorithmen werden nach Abstimmung genutzt und für die weitere Entwicklung offengelegt.

⁴ https://stiftung-energieeffizienz.org/recongeb/wp-content/uploads/sites/2/2016/11/ReConGeb_Wirtschaftlichkeit_2016-11-17.pdf

⁵ https://stiftung-energieeffizienz.org/wp-content/uploads/2019/01/ReConGebStart_Endbericht_2019-01-25.pdf

Quartiere und Bestand

Im Prototyp (mit CO₂-Avatar) erfolgt die Betrachtung folgender Gebäude (unter) mengen:

- Person (für persönlichen CO₂-Fußabdruck im CO₂-Avatar)
- Einzelgebäude
- Siedlung, Quartier oder Gruppe
- Gesamtbestand z.B. eines Wohnungsunternehmens
- Kommune

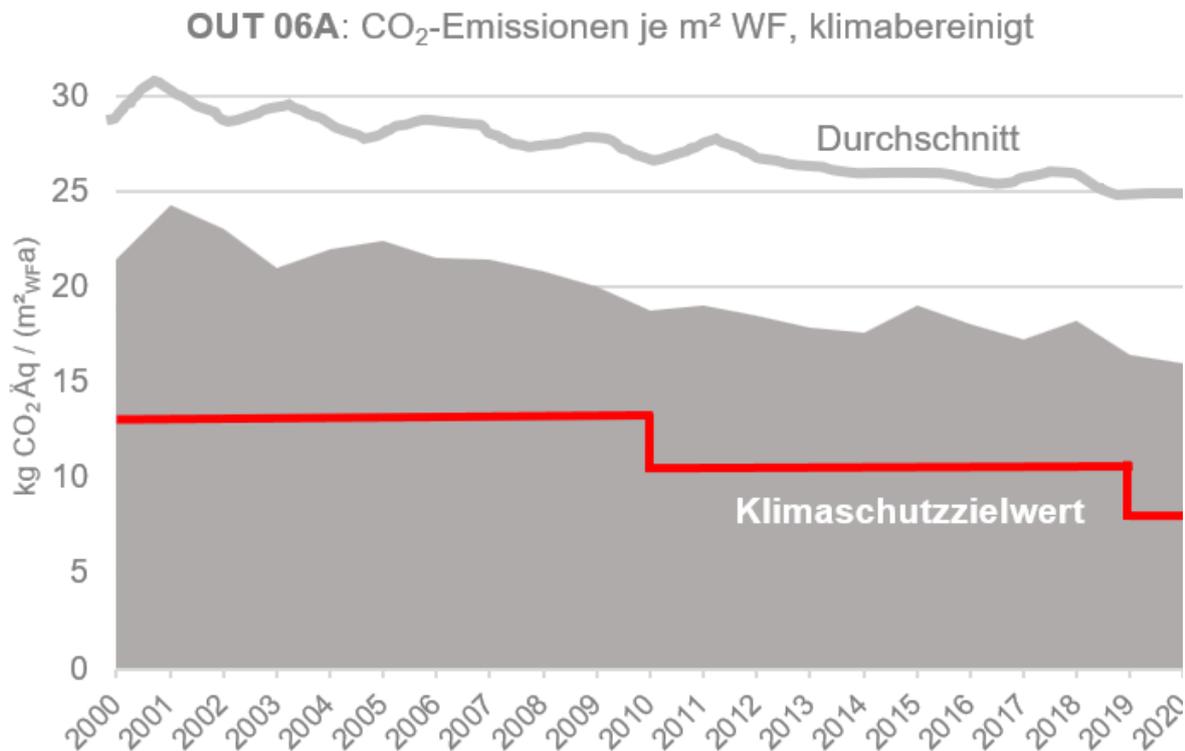


Bild 2: Veranschaulichung der CO₂-Entwicklung (Key Visuals) mit variablen Klimaschutzzielwerten für einen beispielhaften Wohnungsbestand.

Erfassung von Wärmenetzen

Für das Monitoring von Wärmenetzen, Wärmeversorgungs- und Speichersystemen sind zusätzliche Indikatoren heranzuziehen (Auszug):

- Wärmebelegungsichte:
MWh(Nutz)/(m(Trasse)*a)
- Temperaturniveau / Spreizung: ...
Low-Ex
- Netz-Verluste: Bezug auf Nutzenergie (Endenergie Gebäude)⁶
- Verfügbarkeit (Sommerbetrieb): Netzverluste in monatlicher Darstellung [%]
- Hilfsenergie / Wärmelieferung:
kWhel/MWhth
- CO₂-Emissionen durch Verteilung
kgCO₂/(m²WF*a)

⁶ Z.B. 5 ... 15 kWh/m² EBF (vgl. Kronberg)

Exkurs Wärmeplanung

Herstellen der Datengrundlage für fossil-atomar freie Wärmenetze 2035 (2021-06-01)

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung bedingt die Bewertung von Energiesystemen auf der Gebäude-, Quartiers und Netzebene. [Böll-Ifeu 2015] beschreibt z.B. eine ganzheitliche Multi-Kriterien-Matrix zur qualitativen Bewertung von Energiesystemen auf der Quartiersebene mit einer exergetischen Betrachtung.



Bild 3: Wärmekataster und Potentialkarten zeigen i.d.R. Jahreswerte für Verbrauch (Bedarf) und Potentiale. Die Karten können genutzt werden z.B. zur Ausweisung und Standortsuche von Wärmespeichern und für Abwägungen der Dachflächenbelegung mit Solarthermie und PV-Anlagen. Über die Jahresbetrachtung ist zumindest eine Monatsbetrachtung notwendig, um Deckungslücken zwischen Angebot und Nachfrage zu identifizieren. Im Bild: Übersicht der solaren Potentiale für Solarthermie mit Identifikation zusammenhängender Gebiete (Quelle: IB-Ortjohann, GGH Solarkarte 2005), rot = solare Vorzugsgebiete.

Praktisch umgesetzt wird der exergetische (Bewertung der Energie nach Ihrer Qualität) Ansatz z.B. in dänischen Wärmenetzen mit niedrigen Temperaturen. Dänemark mit ca. 65 % Fernwärme in 40.000 m Trasse (Deutschland ca. 14% in 20.000 km Trasse, vgl. Statistika 2021: 10,2%) zielt auf eine **Dekarbonisierung der Wärmeversorgung bis 2030** (Kopenhagen 2025). 85 % der Wärmenetze in Dänemark sind in Verbraucherhand, 12,5% werden durch Kommunen betrieben.

Die dänische Fernwärmeversorgung basiert auf dem dänischen Wärmeversorgungsgesetzes von 1979, in dem das Gemeinnützigkeitsprinzip festgeschrieben ist. Die non-profit Ausrichtung und gewährt VerbraucherInnen je günstigste Lösungen (Fernwärme oder Alternative) mit einem Beschwerde- und Anreizsystem. Standards umfassen z.B. das kommunale Screening nach einheitlicher Methodik (DHAT), Wärmekataster, Wärmeplanung und Mechanismen zur Rücklauf Temperaturbegrenzung [Ritter 2020].

Die Erfahrungen der dänischen Fernwärme können aufgrund der differierenden Umgebungsbedingungen nicht auf Deutschland übertragen werden. Deutsche Wärmenetze lieferten 2015 128 TWh Fernwärme aus überwiegend (86%) Großnetzen > 100 km Trassenlänge [Agora 2019]. Zu den schwierigen technischen Randbedingungen der Wärmeleitplanung treten in Deutschland insb. politische und organisatorische Hemmnisse. Im deutschen Fernwärmesektor bestehen „in mehrerer Hinsicht Anhaltspunkte für mögliche missbräuchliche Verhaltensweisen“ [Bundeskartellamt 2012].

Fallstricke (D) der kommunalen Wärmeleitplanung sind:

- Fehlende transparente Randbedingungen und Leistungsanreize mit ganzheitlichen Indikatoren
- Idealisierte Gebäude-Bedarfsannahmen (Ist-Stand und Sanierung, Neubau)
- Unzureichende Kopplung Netzausbau an individuelle Sanierungsfahrpläne und realistischen Potentialannahmen
- Fehlende fachliche Ressourcen in Kommunen, Planung und Ausführung (Qualitätsprobleme)
- Fehlende Digitalisierung für Leistungsnachweise und z.B. transparente Einsparmodelle
- Ungeeignete Indikatoren zur Erfassung von Netzen, Speichern und Heiz- bzw. Kraftwerken und deren exergetischer und preislicher Bewertung (Entscheidungsgrundlage)
- Organisatorische Hemmnisse für pragmatische best-price Umsetzungen
- Netze als Profitmodell ohne Partizipation (vgl. Rückfluss an Nutzer aus Einsparungen in DK)

In Deutschland bestehen regional stark differierende Standards (z.B. Dekarbonisierungs-Ansätze in Schwäbisch Hall und Wuppertal-Arrenberg) und Ansätze zur Behebung der Defizite. Städte wie München und Mannheim haben THG-Reduktionsszenarien für ihre Fernwärme-Zielsysteme mit Kostenberechnungen erstellt. Eine besondere Rolle spielen Bioenergiedörfer mit hohem Potential erneuerbarer Energieträger. Auf Landesebene eröffnet das KSG Baden-Württemberg durch eine realistische Erhebung des gebäudeindividuellen Verbrauchs Möglichkeiten nachweisorientierter Projektierung.

In vielen Kommunen besteht jedoch mangelhafte unabhängige Erfahrung in der Wärmeplanung in Verbindung mit politischem Erfolgsdruck nach versäumten Dekaden geordneter Energieplanung. Aufgrund der vorbenannten Faktoren ist zu erwarten, dass die Kosten / Nutzen Berechnungen zukünftiger Energieversorgungssysteme regelmäßig – in Bezug auf valide Daten - mit erheblichen Fehlern behaftet sind (dabei i.d.R. Unterbestimmung der THG-Emissionen und Wärmeversorgungskosten).

Im Falle der freien Wahl des Gebäudeanschlusses an ein Netz wird hierdurch die Akzeptanz gefährdet. Der Durchsetzung von Anschlusszwängen droht zukünftig regelmäßig die rechtliche Grundlage zu fehlen, da die Kosten- und THG-Minderung bei Netzanschluss übertversprochen werden und einer fachlichen, wirtschaftlichen Prüfung nicht standhalten.

Veranschaulichung des Problems am Kölner Beispiel „Netz-Innenstadt“: In der, für eine nachweisorientierte Bewertung unzulässigen, Stromgutschrift-Berechnung nach FW 309-1 betragen die Emissionen 0 gCO_{2e}/kWh_{th} bis Januar 2031. In einer üblichen Bewertung betragen die Emissionen 243 gCO_{2e}/kWh_{th} (vgl. GEG 70% KWK mit 180 gCO_{2e}/kWh_{th}). Anhand der Umwelterklärung 2020 wurden für das Netz Innenstadt (Gas: 8,2 TWh, Strom: 4,8 TWh, Wärme: 1,1 TWh) die Emissionen nach FW 309-6 (Carnot) zu ca. 135 g CO_{2e}/kWh_{th} überschlagen (Annahme: Nutzwärme mit 150 °C). Das Netz wird in der für das GEG maßgeblichen Bewertung nach der Stromgutschrift-Methode bis 2031 emissionsfrei dargestellt, während die nach anerkanntem Stand der Technik ermittelten Emissionen aus Sicht des Klimaschutzes unzureichend sind.

Die fehlende Transparenz im Netzbestand behindert die Fernwärme-Dekarbonisierung und erschwert Anreize, damit bezahlbare Klimaschutzbausteine als Quellen zugebaut werden (z.B. Reduktion Kondensation, Low-Ex, leistungsfördernde Anreize für die Einspeisung von Wärme aus EE-Anlagen). Neben der Frage der Methodik (Bewertung von KWK-FW z.B. nach AGFW Arbeitsblatt FW 309-6 nach der Arbeitswert- und Carnotmethode durch fp-Gutachten?) stellt sich aus Sicht der Nutzerinnen und Investoren die Frage der Digitalisierung der Netznachweise und Dokumentation z.B. mit digitaler Kartenansicht.

Um den Netzausbau hin zu fossil-atomar freien Netzen 2035 zu unterstützen und eine Erhöhung der Wirksamkeit gem. SDG 7 zu erzielen schlägt die sdp einen Indikatorensatz für einen wirtschaftlichen und anhand valider Daten nachgewiesenen Netzbetrieb und -ausbau vor.

Neben der validen in den sdp-Modulen einheitlichen Bewertung von Energie, Exergie und Emissionen geht es um die Schaffung einer zuverlässigen Datengrundlage (in Bild MSB-02 grün) um die Wärmeleitplanung und gebäudeindividuellen Sanierungsfahrpläne zu koppeln.

Um Netzplanungen wirtschaftlich durchzuführen bzw. Vorzugsgebiete ausweisen oder Einzelversorgungen zu präferieren können auf der sdp empirische Daten auf der Gebäudeebene bereitgestellt werden. Diese sind zur Planung und Kostenschätzung in gleicher Datengüteklasse mit Prognosedaten für Quellen und Netze zu koppeln.

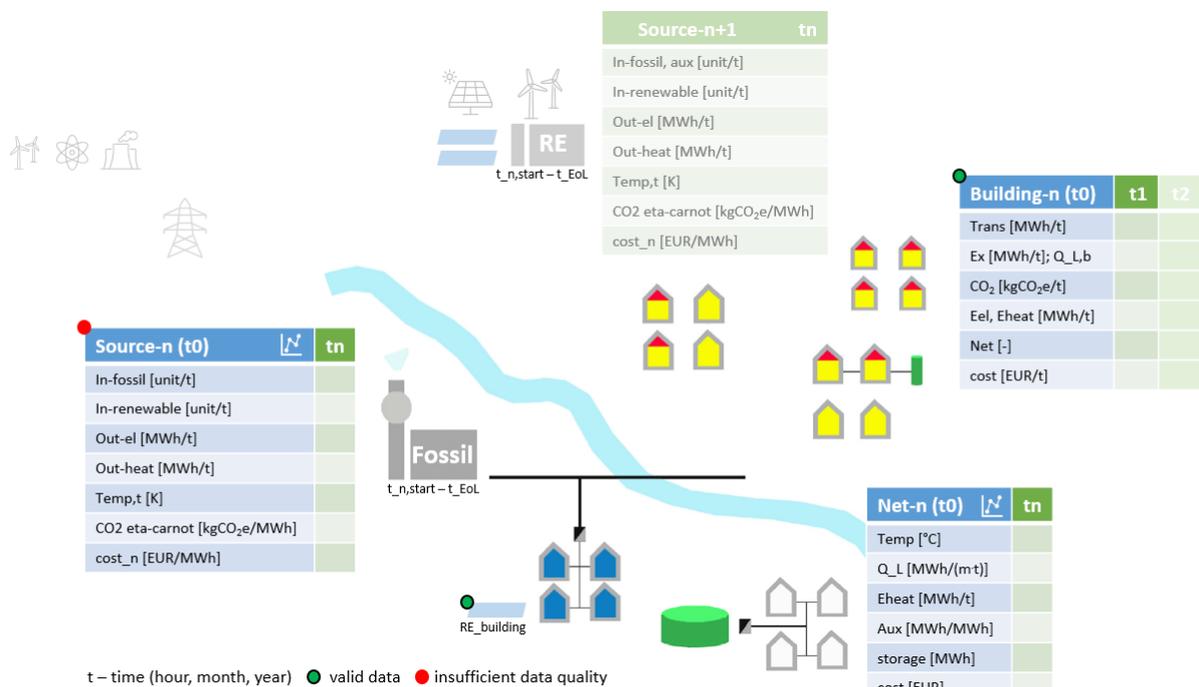


Bild MSB-02: sdp Datenmodell-Netze, Skizze mit Kopplung an Methodik gem. Modul Climate-Neutral Buildings. Die Skizze veranschaulicht die Datenlage im Bestand für Gebäude, Netze und Quellen. Im Beispiel liegen nur auf der Gebäude- und Anlagenebene valide Daten vor (Quelle z.B. unzulässig mit 0 gCO₂eq/kWh gem. GEG/AGFW FW 309-1:2020 ermittelt).

Vorgeschlagen wird die prototypische Herstellung durchgehender Transparenz von der Übergabestelle am Gebäude, über Speicher und Trassenstücke bis zur Erzeugungsstruktur. Die Ebenen der IST-Darstellung reichen von Abwärme- und Potentialkarten (Datengüteklasse C-D), über erhobene Verbrauchsdaten (KSG, DGK B-C) bis zu validen freiwilligen Daten der Gebäudeeigentümer*innen und Bewohner*innen (DGK: A).

Unterstützt werden sollen Transformationspfade von insb. Bottom-up Betreiber*innen, um im leistungsorientierten Wettbewerb den nachweislich emissionsfreien und wirtschaftlichen Netzausbau durchzuführen (s. Netzbesitzstruktur Dänemark mit hoher Akzeptanz).

Für jedes Gebäude, das an ein Fernwärmenetz angeschlossen wird, gelten bislang einheitlich die für das gesamte Netz berechneten CO₂-Emissionen. Beim Ausbau von Netzen (Source n+1) reduzieren sich

bislang die spezifischen CO₂-Emissionen nur im Verhältnis des geänderten Einspeisemixes und zeitversetzt (Laufzeit fp-Gutachten).

Die Einspeisung erneuerbarer Wärme ist dadurch behindert, teilweise verschlechtern sich bei realitätsnaher Berechnung sogar die Werte (Problematik der Strom-Gutschriften). Um aktuelle und rechtssichere Nachweise für die Lieferung emissionsarmer und -freier Wärme zu unterstützen kann ein dynamisches Kontierungssystem mit Abgleich von Quellen und Senken in einem Vertragsverhältnis erstellt werden. Zu beachten sind Durchleitungsregelungen, neu zugebaute EEWärme-Erzeuger, das Doppelvermarktungsverbot der europäischen Erneuerbare-Energien-Richtlinie und Nachweissystem auf Basis von Herkunftsnachweisen.

Eine besondere Bedeutung kommt der Visualisierung des zeitlichen Verhaltens von Quellen und Senken sowie der Erstellung von datenbasierten Ausbaupfaden mit datenbasierter Kopplung der Netz- und Gebäudefahrpläne zu.

Durch die Kopplung an das sdp Modul climate neutral buildings kann die Projektierung wirtschaftlicher Wärmebelegungsichten anhand valider Daten energetisch sanierter Gebäude erfolgen. Dies bedeutet eine erhebliche Verbesserung für die Wärmeplanung und Lenkung von Investitionen.

Zeitauflösung

Die Ermittlung erfolgt nach Zählerausstattung sukzessive in **Monatsbetrachtung** (s.a. unterjährige Mieterinformation und -Abrechnung sowie Thematik der „Winter

Ökostrom-Versorgungslücke“ gem. Bild 4.). Die Zeitpunkte von Änderungen sind zu erfassen (z.B. Logbuch mit Zeitstempel, Fotodokumentation).

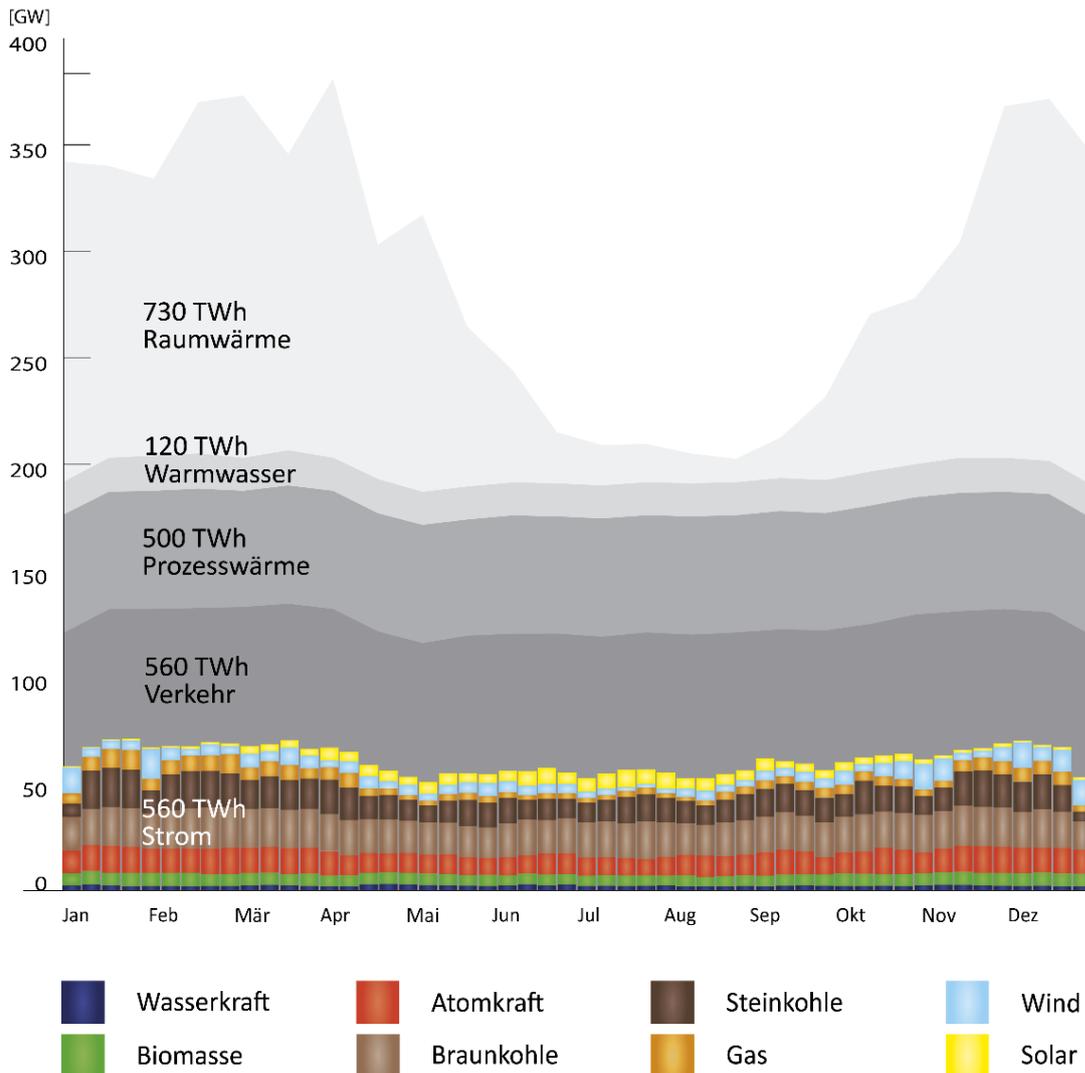


Bild 4: Jahreslastgang Energieverbrauch Deutschland [Stiftung Energieeffizienz 2015]. Vereinfachter Jahresverlauf mit Legende Stromproduktion. Dargestellt ist gem. Abschätzung der Stiftung Energieeffizienz der jahreszeitliche Gesamt-Endenergieverbrauch in Deutschland. Die Abbildung veranschaulicht, dass Wärme insb. in den Wintermonaten gegenüber Strom einen deutlich höheren Anteil am Endenergieverbrauch Deutschlands aufweist. Strom ist vereinfacht anhand der Stromproduktion gem. [FhG-ISE 2014] veranschaulicht. Verlauf Verkehr gem. [Verkehrsmengen 1995], Wärme ohne Prozesswärme gem. [Energiewende Nordhessen 2013], Prozesswärme und Warmwasser als konstant angenommen. Hinweis zur Aktualisierung: Mit Stand 02/2021 (AGEE-Stat⁷) betrug im Jahr 2020 die Energiebereitstellung aus Windenergie 131 TWh/a und aus Solarstrom 50,6 TWh/a.

⁷ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>

Prognosen und Vergleiche

Die für **Prognose und Vergleich** notwendigen berechneten gebäudebezogenen Gebäudeparameter und Emissionen berechnen⁸ sich wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{CO2_Soll} &= [((Q_Heiz_ges - Q_Heiz_sol) \times F_Br_Heiz) / \eta_{Heiz} & (2) \\ &+ ((Q_WW - Q_WW_sol) \times F_Br_WW) / \eta_{WW} \\ &+ (Q_HE - Q_Erzeugung) \times F_Strom] / \text{EBF} \end{aligned}$$

dabei:

CO2_Soll	CO ₂ -Emissionen Gebäude in Bilanzierungsgrenze (Prognose)	[kgCO ₂ eq/(m ² a)]
Q_Heiz_ges	Gesamtwärmebedarf Heizung (Neubau PHPP, Bestand LEG)	[kWh/a]
Q_Heiz_sol	Heizwärme solar bereitgestellt mit aktiven Syst. (Kollektoren)	[kWh/a]
F_Br_Heiz	CO ₂ -Faktor Brennstoff Heizung	[kgCO ₂ eq/kWh]
eta_Heiz	Jahresnutzungsgrad Bereitstellung (Heizungssystem)	[-]
Q_WW	Gesamtwärmebedarf für Warmwasser	[kWh/a]
Q_WW_sol	Warmwasser solar bereitgestellt	[kWh/a]
F_Br_WW	CO ₂ -Faktor Brennstoff Warmwasser	[kgCO ₂ eq/kWh]
eta_WW	Jahresnutzungsgrad des Heizungssystems	[-]
Q_HE	Energiebedarf für Hilfsenergie (Pumpen, Lüftung)	[kWh/a]
Q_Erzeugung	Stromerzeugung in dem Objekt	[kWh/a]
F_Strom	CO ₂ -Faktor Strom (Generalfaktor)	[kgCO ₂ eq/kWh]
EBF	Beheizte Wohnfläche (Energiebezugsfläche nach PHPP)	[m ²]

Die Prognosemethodik wird in der Startmethodik nach „Planungsleitfaden 100 Klimaschutzsiedlungen NRW“ [Energieagentur.NRW 2011] angesetzt und sukzessive verbessert⁹.

Stammdaten Gebäude- und Anlagen

Gebäude: Beheizte Wohnfläche, A/V-Verhältnis, Jahresheizwärmebedarf, Warmwasserbedarf, spez. Transmissionswärmeverluste H'T, Endenergiebedarf, Stromerzeugung z.B. aus PV

Wärmeversorgung: Angaben zu System und Energieträger für Heizwärme, Warmwasser, Lüftungstechnik mit erfahrungsbasierten Nutzungsgraden, Arbeitszahlen, Erträgen, etc..

⁸ Excel Kalkulation hinterlegt unter: <https://sustainable-data-platform.de/community/file/view/612/co2-berechnung-nach-planungsleitfaden-100-klimaschutzsiedlungen-nrw-s-28-30>

⁹ Nutzung vereinfachter EnEV-Ansatz (Bremen), dabei Q_v, Q_i, Q_s klären (anstrebenswert, s. PHPP-Probleme).

Bewegungsdaten

Gemessener Endenergieverbrauch: Angabe zu Energieträgern, Maßeinheit, Verbrauch, wird gem. Abb. 3 zur Ermittlung der CO₂-Emissionen für Heizung, Warmwasser, Lüftung herangezogen (Betrachtung von Monatswerten bei hoher Varianz der spezifischen CO₂-Emissionen)

Effizienz: Messwerte Nutzungsgrade, Arbeitszahlen, Erträge, etc..

Die Erfassung von Warmwasseranteilen, Verlusten und der Hilfsenergie z.B. für Lüftungsanlagen sind zu beachten. Für 1-2 FH ist zus. ein Personenbezug notwendig (Fehlbewertung durch flächenspezifische CO₂-Emissionen bei großen Gebäuden). Die Zeitpunkte von Änderungen sind zu erfassen.

Erfassung von Wärmenetzen

Für das Monitoring von Wärmenetzen, Wärmeversorgungs- und Speichersystemen sind zusätzliche Indikatoren heranzuziehen (Auszug):

Wärmebelegungsdichte:	$MWh(Nutz)/(m(Trasse)*a)$
Temperaturniveau / Spreizung:	... Low-Ex
Netz-Verluste:	Bezug auf Nutzenergie (Endenergie Gebäude)
Verfügbarkeit (Sommerbetrieb):	Netzverluste in monatlicher Darstellung [%]
Hilfsenergie / Wärmelieferung:	kWh_{el}/MWh_{th}
CO ₂ -Emissionen durch Verteilung:	$kgCO_2/(m^2_{WF}*a)$

Weitere Indikatoren

Weitere Parameter wie graue Energie sind bei Verfeinerung der Methodik sukzessive hinzuzuziehen und finden sich z.B. in [Stiftung Energieeffizienz 2015-1]. Anforderungen und Kosten der Messwerterfassung zeigt [Stiftung Energieeffizienz 2018].

[ICLEI 2016] weist auf die Schwierigkeiten zu Beginn der Datenerfassung aufgrund z.B. unvollständiger Daten, fehlender Daten oder unzureichender Datenqualität hin. Auch unter Beachtung von Effekten wie z.B. der Bautrocknung ist davon auszugehen, dass die *„erste Iteration des THG-Inventars möglicherweise nicht vollständig oder vollständig akkurat ist“* (Werte erst nach ca. 2 - 3 Jahren aussagekräftig).

Wichtig ist Einführung einer Prozesskontrolle zur sukzessiven Verbesserung der Methodik und Lenkung von Maßnahmen und Förderung.

Anhang 1: Spezifische CO₂-Emissionsfaktoren

Nummer	Kategorie	Energieträger	Emissionsfaktor (g CO ₂ -Äquivalent pro kWh)
1	Fossile Brennstoffe	Heizöl	310
2		Erdgas	240
3		Flüssiggas	270
4		Steinkohle	400
5		Braunkohle	430
6	Biogene Brennstoffe	Biogas	140
7		Biogas, gebäudenah erzeugt	75
8		Biogenes Flüssiggas	180
9		Bioöl	210
10		Bioöl, gebäudenah erzeugt	105
11		Holz	20
12	Strom	netzbezogen	560
13		gebäudenah erzeugt (aus Photovoltaik oder Windkraft)	0
14		Verdrängungsstrommix	860
15	Wärme, Kälte	Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0
16		Erdkälte, Umgebungskälte	0
17		Abwärme aus Prozessen	40
18		Wärme aus KWK, gebäudeintegriert oder gebäudenah	Nach DIN V 18599-9: 2018-09
19		Wärme aus Verbrennung von Siedlungsabfällen (unter pauschaler Berücksichtigung von Hilfsenergie und Stützfeuerung)	20
20	Nah-/Fernwärme aus KWK mit Deckungsanteil der KWK an der Wärmeerzeugung von mindestens 70 Prozent	Brennstoff: Stein-/Braunkohle	300
21		Gasförmiger und flüssiger Brennstoffe	180
22		Erneuerbarer Brennstoff	40
22	Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	Brennstoff: Stein-/Braunkohle	400
23		Gasförmige und flüssige Brennstoffe	300
24		Erneuerbarer Brennstoff	60

Tab. A1.1: Spezifische CO₂-Emissionsfaktoren gem. GEG 2020 [Deutscher Bundestag 2020]

Tab. 1 zeigt die dem Gebäudeenergiegesetz zugrundeliegenden spez. CO₂-Emissionsfaktoren, die als nationale Vorgabe grundsätzlich genutzt werden. Die spezifischen Jahres- CO₂-Emissionsfaktoren sind mit Unsicherheiten behaftet. Im Sektor Strom sanken die CO₂-Emissionen dabei in

den letzten Jahren deutlich. Um dem zu entsprechen werden daher für den Bereich Strom abweichend zu **Tab. 1** Werte gem. **Tab. 2** genutzt. Die Werte geben den Stand des Jahres 2018 wieder und sind bei Verfügbarkeit zuverlässiger Daten jährlich und perspektivisch monatlich zu pflegen.

Kumulierter Energieverbrauch verschiedener Energieträger und Energieversorgungen					
Ergebnisse berechnet mit GEMIS Version 5.0 (September 2019)					
Energieart	Prozeß ¹⁾	Kumulierter Energieverbrauch [kWh _{Prim} /kWh _{End}]			Treibhausgase CO ₂ -Äquivalent [g/kWh _{End}]
		Gesamt	nicht regenerativer Anteil	regenerativer Anteil ³⁾	
Brennstoffe ²⁾	Heizöl EL	1.15	1.15	0.01	310
	Erdgas H	1.11	1.10	0.00	231
	Flüssiggas	1.09	1.08	0.01	295
	Steinkohle	1.06	1.06	0.00	438
	Braunkohle	1.20	1.19	0.01	446
	Holzhackschnitzel	1.05	0.03	1.01	15
	Brennholz	1.01	0.01	1.00	13
	Holz-Pellets	1.08	0.06	1.02	17
Fernwärme Mix	Deutschland (gemäß Gemis)	1.14	0.80	0.33	243
Nahwärme Mix	Beispielnetz mit 74 WE	0.98	0.98	0.00	221
Solarwärme	Flachkollektor	1.09	0.07	1.02	24
am Gebäude	Vakuumröhrenkollektor	1.12	0.10	1.03	34
Strom	Strom-mix 2018	2.40	1.71	0.69	505
	PV-Strom (amorph)	1.15	0.14	1.01	43
	PV-Strom (monokristallin)	1.24	0.20	1.03	60
	PV-Strom (multikristallin)	1.16	0.13	1.03	40
	Wind (Park Mittelwert 2015)	1.03	0.02	1.00	10

Tab. A.1.2: CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen nach [IWU 2020]. Das Institut Wohnen und Umwelt stellt bereits langjährig Information bereit, um die Berechnung der Umweltwirkungen von unterschiedlichen Energieträgern für die Wärmeversorgung von Gebäuden zu ermöglichen. Die spez. CO₂-Emissionen von 505 gCO_{2eq}/kWh_{el}. werden im Strom-Mix 2018 übernommen und für die Folgejahre unter Einbezug bester verfügbarer unabhängiger Werte fortgeschrieben.

Im Prototyp-V1 werden die Faktoren gem. **Tab. 1** angenommen und im Bereich Strom und Fernwärme gem. verfügbarer Informationen auf Monatswerte verteilt.

der Eingabe im Einsparkonzept besteht die Möglichkeit, einen abweichenden Wert einzutragen. Ein Nachweis über die Berechnungsmethode ist beizufügen“.

Nach [BAFA2019] können „real ... die Emissionen im Nah- bzw. Fernwärmebereich in Abhängigkeit des Erzeugerparks deutlich nach oben und nach unten abweichen. Bei

[Ergänzung 2021-05-18] Der Nachweis für die CO₂-Emissionen aus Nah- oder Fernwärme mit KWK erfolgt durch qualifizierte fp-Gutachten (AFGW) mit Offenlegung der

Eingangsdaten (realer Brennstoffeinsatz bzw. belegte Planungsannahmen).

Die energetische Bewertung von Fernwärme erfolgt z.B. nach AGFW Arbeitsblatt FW 309-6 mit Bestimmung der Emissionsfaktoren nach der Arbeitswert- und Carnotmethode.

Methodisch wird eine Berechnung nach der finnischen Methode der üblichen Carnot Berechnung vorgezogen (Begründung s. [IWU 2019]).

Die im GEG vorgenommene Bewertung nach AGFW FW 309-1 (Primärenergiefaktoren und Emissionsfaktoren nach Stromgut-schriftmethode) ist nicht zulässig, da die

CO₂-Emissionen hier unrealistisch niedrig ermittelt werden (zu hohe Pauschalansätze für den Verdrängungsstrommix nach GEG).

Gem. [BAFA 2019] wird übernommen: „Sollten verwendete Energieträger nicht aufgeführt sein, kann im Einsparkonzept „Sonstiges“ ausgewählt und ein eigener Faktor eingetragen werden. Ein Nachweis über die Berechnungsmethode ist beizufügen“.

Die Nachweise sind eindeutig transparent und verständlich lesbar aufbereitet entsprechend der Methodikvorgaben für den Prototyp zu führen

V1.1: Aktualisierung der Jahres-CO₂-Faktoren für Strom

Die CO_{2e}-Faktoren für Strom mit Vorketten werden jährlich nach (verzögerter) Veröffentlichung gem. der vom Umweltbundesamt veröffentlichten „Entwicklung der Spezifischen Emissionen im deutschen Strommix“ herangezogen (Daten aus UBA Emissionsberichterstattung, Arbeitsgruppe

Erneuerbare Energien-Statistik, Arbeitsgemeinschaft für Energiebilanzen e.V. und Berechnungen UBA).

-> 2023: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-treibhausgas-10>

V1.1: Umgang mit Unsicherheiten für ausgewählte Energieträger

Gem. sdp-Jahresendtreffen vom 15. November 2024 wird in der CNB-Methodik eine geänderte Biomasse-Bewertung aufgenommen. Für Pellets mit einem Nachhaltigkeitsnachweis betragen die spez. CO₂-Emissionen 23 gCO_{2e}/kWh. Für Pellets ohne Nachweis werden 370 kgCO_{2e}/kWh veranschlagt. Hintergründe finden sich im sdp-Biomasse-Wiki¹⁰.

Die methodischen Inkonsistenzen wurden hier beispielhaft aufgearbeitet. Ein analoges Vorgehen ist z.B. für die Energieträger Erdgas (Leckage, LNG-Anteile), Wasserstoff oder Fernwärme notwendig, um auf der Basis zertifizierter CO₂-Faktoren belastbar zur Klimaschutz-Wirkung zu informieren (Aktuell ist das sdp-Wiki-Wasserstoff¹¹ in Bearbeitung).

¹⁰ <https://sustainable-data-platform.org/biomasse/>

¹¹ <https://sustainable-data-platform.org/h2/>

Monatswerte spezifische CO₂-Emissionen ausgewählter Energieträger

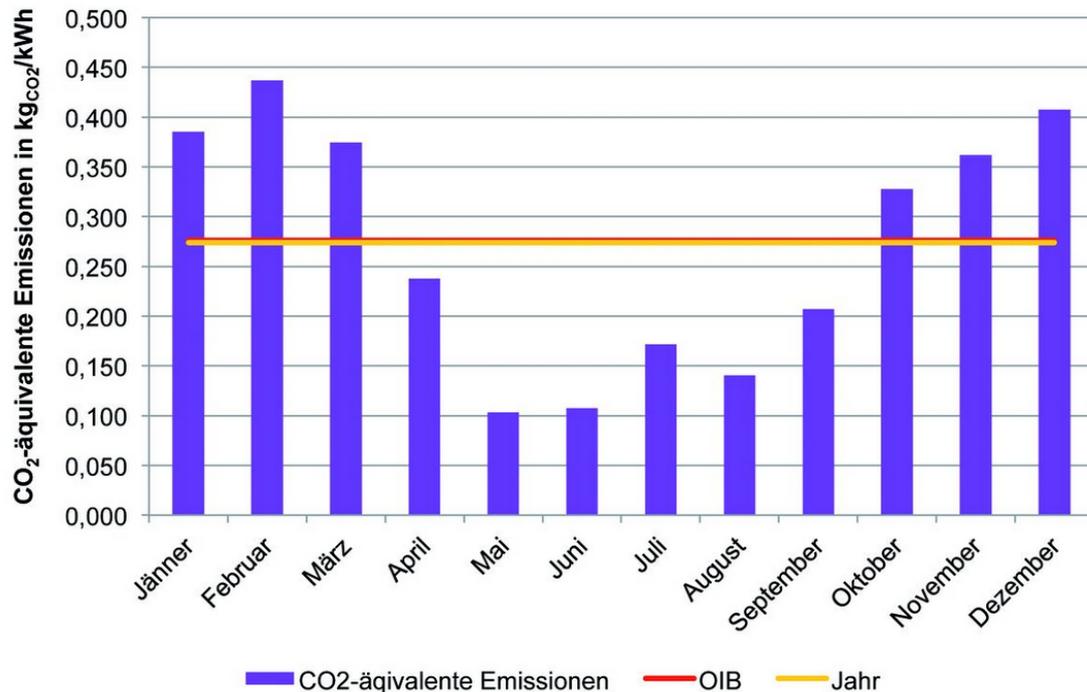


Abb. A 1.3: (Quelle [ibo 2018]). Monatswerte der CO₂eq-Faktoren des österreichischen Verbraucherstrommix im Mittel der Jahre 2014 und 2015 auf Basis der Monatsdaten Betriebsstatistik gem. E-Control [7], [8]; Konversionsfaktoren CO₂eq für Kraftwerkstypen nach Stolz [1]

Die spezifischen CO₂-Emissionen unterliegen Schwankungen im Stunden-¹², Tages- und Jahresgang.

zeitlich aufgelöste CO₂-Faktoren und Stromprimärenergiefaktoren nicht relevant sind.

Abb. A 1.3 visualisiert CO₂e-Faktoren des österreichischen Verbraucherstrommix. Für den deutschen Strommix sind keine entsprechenden Monatsdaten bekannt. [ifeu 2014] indiziert, dass in der EnEV (D)

Die sdp-Datenstruktur berücksichtigt zunächst die Möglichkeit der Eingabe spezifischer Monatswerte der CO₂e-Emissionen von Strom (z.B. nach einer Standard-Profileverteilung in Anlehnung an Abb. A 1.1).

➔ Anwendbarkeit in Hinblick auf Kopplung an kommunale THG- Bilanzierung nach BSKO und separate Darstellung und aktuellen theoretischen Standards mit z.B. ex-post-Simulation anhand gemittelter Substitutionsfaktoren der Stromerzeugung prüfen. FhG-ISE Studie prüfen, ob Monatswerte für Deutschland extrahiert werden können

¹² https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/power_price_emission/01.05.2021/19.05.2021/

Anhang 2: Erfassung der Investitionen und Emissionen für die Gebäudeherstellung

Insgesamt werden ca. 40 % der gesamten THG-Emissionen in Deutschland durch die Herstellung, Errichtung, die Modernisierung und die Nutzung und den Betrieb der

Wohn- und Nichtwohngebäude (Hochbau) (d.h. durch das Handlungsfeld «Errichtung und Nutzung von Hochbauten) verursacht (Bezug Strom + Wärme).

Emissionen in Mio. t CO _{2e} /a Handlungsfeld	THG- Emissionen, gesamt*	Nutzung Betrieb	Inland, Herstellung, Errichtung, MOD	Ausland, Herstellung, Errichtung, MOD	Anteil THG-Fußabdruck Inland
Energiewirtschaft	358	180	16,4	13,5	55%
Gebäude	119	117	0	0	98%
Verkehr	160	0	4	5,4	3%
Industrie	181	0	41	13,1	23%
Sonstige	84		4	3,3	5%
Gesamtsumme	<u>902</u>	<u>297</u>	<u>65</u>	<u>35</u>	40%
<i>pro EW D (83 Mio.) in t CO₂/a</i>		3,6	0,8	0,4	

Tab. A 2.1 Vergleich der in Deutschland emittierten THG-Emissionen mit dem THG-Fußabdruck der Wohn- (W) und Nichtwohngebäude (NW), Zahlen für 2014, Quelle [BBSR 2020]

Neben den Treibhausgas-Emissionen aus dem Gebäudebetrieb (Spalte 3, Wärme und Strom ca. 300 Mio.t/a) sind die Emissionen aus der Herstellung, der Errichtung und Modernisierung mit ca. 100 Mio. t/a (Spalte 4 und 5) in der nationalen THG-Bilanz auch bei dem derzeitigen Sanierungs- und Bauvolumen wesentlich.

Wenn die Neubau- und Sanierungsrate erhöht wird, führt dies zu verstärkter Emission aus Bauprodukten. Bei insg. sinkenden THG-Emissionen bekommen diese Emissionen (Spalte 4 und 5) in der Zukunft eine wesentliche Bedeutung. Die durch insb. die

die Baustoffindustrie verursachten Umweltauswirkungen müssen daher in eine ganzheitliche Betrachtung einbezogen werden, um Möglichkeiten für die Bewertung von z.B. natürlichen Baustoffen zu bieten.

[UBA Steinbeis 2019] zeigt für verschiedene Bautypen mit i.d.R. ÖKOBAUDAT-Daten ermittelte Emissionen in der Größenordnung von z.B. 12-16 kgCO₂/m²a. Die Ermittlung erfolgte jedoch für einen aus Klimaschutzgründen unzulässigen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren (s. **Anhang 3** und **4**).

Spezifische Investitionen und Emissionen Gebäudeherstellung

		Investition für Klimaschutzmaßnahmen EUR/m ² _{WF}	CO ₂ _Bau GWP Herstellung kg CO _{2e} /m ² _{WF}
KG 320 Gründung		-	40
KG 330 Außenwände		40	68
KG 330 Fenster		30	51
KG 340 Innenwände		-	97
KG 350 Decken		14	113
KG 360 Dächer		12	30
KG 400 HLS		60	87
KG 400 Erneuerbare		33	28
KG 700 Planung		16	-
		<u>(205)</u>	<u>513</u>
Nach Abzug Förderung		<u>82</u>	
Spezifisch:		Jahreskosten aus Klimaschutzmaßnahmen EUR/(m ² _{WF} · a)	Jährliche CO ₂ -Emissionen aus der Herstellung CO ₂ _Bau,sp kg CO _{2e} /(m ² _{WF} · a)
Betrachtungszeitraum	20 Jahre *	mit Förderung <u>4,1</u>	<u>25,6</u>

* Beispielhafter Zeitraum der „Amortisierung“ gem. Paris-konformen Treibhausgas-Reduktionspfad.

Tab. A 2.2: Formvorlage mit beispielhaften Zahlen zur vereinfachten Erfassung der Investitionen in energie- und umweltschonende Maßnahmen in gleicher KG-Kategorisierung.

Tab. A 2.2 zeigt eine Neubau-Beispielrechnung in Anlehnung an [UBA Steinbeis 2019, Anhang D] mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Das GWP alleine aus der Herstellungsphase überschreitet mit ca. 25 kg CO₂/(m²_{WF} · a) die zulässigen Emissionen aus der Nutzung um den ca. Faktor 4-5.

Im sdp-Prototyp V1 erfolgt nach Tab. A 2.2 eine vereinfachte Ermittlung der THG-Emissionen in der Bauphase: CO₂_Bau,sp

(vgl. Gebäudeökobilanzberechnung gem. EN15978 bzw. DGNB und BNB). Erfasst wird das Global Warming Potential (GWP) in der Herstellungsphase ohne „Instandsetzung“ und „End-of-Life“ Betrachtung.

Die Erfassung erfolgt basierend auf Erfahrungen im Projekt ReConGeb [Stiftung Energieeffizienz 2021] gemeinsam mit einer vereinfachten Erfassung der Klimaschutz-Mehrinvestitionen nach Kostengruppen gegliedert.

➔ Anwendbarkeit GWP-Ermittlung in Hinblick auf Verfügbarkeit von Daten für z.B. Holzbauprojekte mit Knowhow Trägern Baubranche im Testing prüfen. Auf der Basis Arbeitshilfen zum Ausfüllen Tab. A. 2.2 erstellen.

Anhang 3: Vereinfachte Betrachtung der Lebenszyklusemissionen

Vorgehen im Prototypbau

Gem. Abstimmung mit Herrn Simon Slabik (Ruhr-Universität Bochum, Ressourceneffizientes Bauen) wird im Prototyp die GWP-Bewertung (Global Warming Potential) auf folgenden spezifischen Wert begrenzt:

$$\text{CO2_Bau,sp} = \text{GWP aus A1-A3 (CO}_2\text{-Emissionen Herstellung) WERT [kg CO}_{2e}\text{/(m}^2\text{WF)]}$$

Erfasst werden die Emissionen aus Modul A1 – A3 gemäß DIN EN 15978. Datengrundlage s. [Röck 2020] und [DGNB 2021].

Gem. Abstimmung auch mit Herrn Martin Röck¹³ werden die Emissionswerte (GWP aus A1-A3) nicht annuisiert ("pro Jahr"), sondern als Totale angegeben.

Weitere Werte wie die temporäre CO₂-Speicherung biogener Baustoffe (Bsp. -0,2 [kg CO_{2e}/(a m²WF)]) und Substitutionsfaktoren (Bsp. -0,1 [kg CO_{2e}/(a m²WF)]) werden im Prototyp zunächst nicht berücksichtigt (Nur in Datenstruktur für Ausbau vorsehen).

Identifikation optimaler Lösungen

Mit den Stammdaten sind Parameter abzufragen, deren Analyse Hinweise zu ressourcenschonendem Bauen ermöglichen, dabei:

- A/V Verhältnis,
- Bauweise,
- Tiefgarage,
- Kellergeschoss,
- Haustechnik mit PV etc (Technisierung),
- Dachkonstruktion,
- u.a.

¹³ E-Mail Herr Martin Röck 2021-10-06¹³, KU Leuven, Faculty of Engineering Science, Department of Architecture

Anhang 4: Benchmark GWP Emissionen aus A1-A3 (Neubau)

Erste Benchmarks für CO₂-Emissionen aus der Gebäudeherstellung

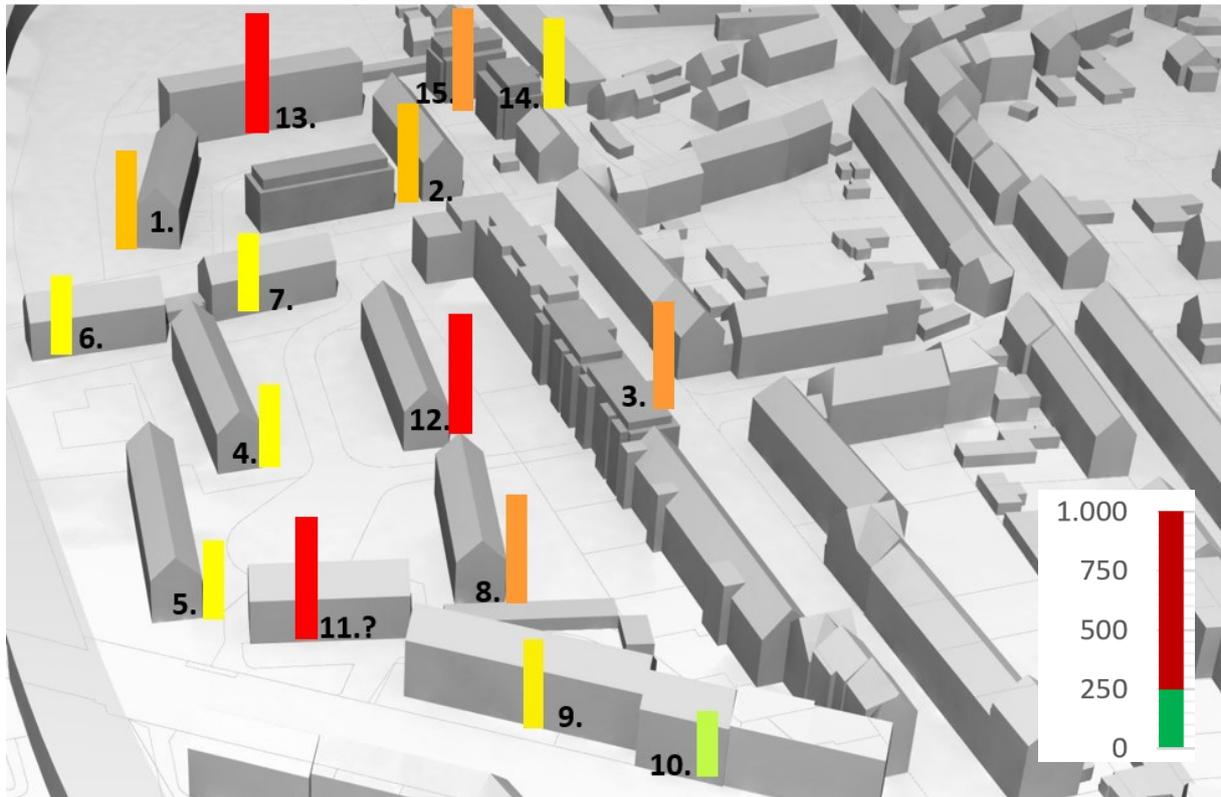


Bild 5: GWP-Werte aus Modul A1-3 Spezifische CO₂-Emissionen aus der Herstellung in einem Testbestand nach Berechnung Ruhr-Universität Bochum mit Benchmark (Werte zwischen ca. 480 und 890 kg CO₂/(m²WF).

Bild 5 zeigt ein Benchmark für die vereinfachte Betrachtung der Emissionen (GWP aus Modul A1 – A3) mit folgender Farbestufung:

- Grün:** „gute Werte“* < 250 kgCO₂/m²
- Gelb:** „mittlere Werte“ < 500 kgCO₂/m²
- Rot:** „hohe Werte“ > 800 kgCO₂/m²

* Prüfung Reduktion¹⁴ auf z.B. 100 - 200 kgCO₂/m²WF

Der empirischen Definition und Reduktion eines maximal zulässigen GWP A1-A3 Wertes kommt in Hinblick auf die Einhaltung von THG-Reduktionspfaden unter Einbezug der Emissionen aus der Produktion hohe Bedeutung zu.

Für die RHE-Map Erstellung ist zunächst für laufende Neubauprozesse die o.g. Klassifizierung darzustellen (Darstellung der spezifischen Wette in separatem Layer mit zus. Absolutwerten prüfen, zunächst bei geringer Datendichte in Karten in Infokasten (Bubble) oder unter Karte).

¹⁴ Gem. Information M. Röck (Vorabzug Analyse "embodied carbon" Werte, basierend auf einem Datensatz mit mehreren hundert Fallstudien aus verschiedenen europäischen Ländern) liegen Median Wert für A1-3 bei etwa 300 kgCO₂/m². „Die Benchmark für einen "guten" Wert sollte entsprechend niedriger liegen.“

Quellen

- [Agora 2019]** Deutsch, Matthias et al; Agora Energiewende IMPULS Wie werden Wärmenetze grün? Dokumentation zur Diskussionsveranstaltung auf den Berliner Energietagen 2019 am 21. Mai 2019;
- [BAFA 2019]** Bundesamt für Ausfuhrkontrolle, Merkblatt zu den CO₂-Faktoren, Jan 2019, Download unter https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/eew_merkblatt_co2.pdf?__blob=publication-File&v=2
- [BBSR 2020]** Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): Umweltfußabdruck von Gebäuden in Deutschland. Kurzstudie zu sektorübergreifenden Wirkungen des Handlungsfelds „Errichtung und Nutzung von Hochbauten“ auf Klima und Umwelt. BBSR-Online-Publikation 17/2020, Bonn, Dezember 2020.
- [BEK 2016]** Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030 Konsolidierte Fassung mit Änderungen gem. AH Drucksache 18/0423 und AH Drucksache 18/0780 wie dem Senat und dem Abgeordnetenhaus von Berlin zur Beschlussfassung vorgelegt
- [Böll-Ifeu 2015]** Hertle, Hans et al; Heinrich Böll Stiftung - Band 41 der Schriftenreihe Ökologie; Wärmewende in Kommunen, Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung; September 2015
- [Bundesbaublatt 2012]** Ortjohann Et al., BundesBaublatt 10/2012, Qualitätssicherung effizienter Wärmeversorgung«, Der Einfluss von Qualitätssicherung auf die Betriebsergebnisse von energetischen Anlagen in der Wohnungswirtschaft, 2.10.2012
- [Bundesingenieurkammer 2012]** Stellungnahme der Bundesingenieurkammer zur Novellierung des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG) und der Energieeinsparverordnung (EnEV), 15.10.2012
- [Bundeskartellamt 2012]** Stephan Schweikardt et al; Bundeskartellamt 8. Beschlussabteilung; Sektoruntersuchung Fernwärme Abschlussbericht gemäß § 32e GWB; August 2012
- [DGNB 2021]** Dr. Anna Braune, et al., BENCHMARKS FÜR DIE TREIBHAUSGASEMISSIONEN DER GEBÄUDEKONSTRUKTION, Ergebnisse einer Studie mit 50 Gebäuden, August 2021
- [dena 2019]** Deutsche Energie-Agentur, „Abschlussbericht Urbane Energiewende“, Berlin 2019
- [Deutscher Bundestag 2020]** Drucksache 19/16716 19. Wahlperiode 22.01.2020 Gesetzentwurf der Bundesregierung Entwurf eines Gesetzes zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude, <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/167/1916716.pdf>
- [Energieagentur NRW 2011]** Planungsleitfaden 100 Klimaschutzsiedlungen in Nordrhein-Westfalen, Energieagentur NRW, Düsseldorf, 2011
- [Expertenkommission 2019]** Löschel Et al., Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“, Stellungnahme zum zweiten Fortschrittsbericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2017, Berlin · Münster · Stuttgart, Mai 2019
- [FhG-ISE 2014]** Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE Freiburg, Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie im Jahr 2013, Freiburg 03.04.2014
- [Hengstenberg 2019]** Hengstenberg, Dr. J., Kamble, B., co2online gGmbH, Untersuchung zur Entwicklung der CO₂-Emissionen aus Beheizung von Wohnraum in Deutschland, internes Papier, 12.6.2019.
- [Hirschl 2015]** Hirschl, Bernd Et al.: Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK), im Auftrag des Landes Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Nov. 2015, Berlin
- [ICLEI 2016]** Measuring, Reporting, Verification (MRV) of Urban Low Emission Development, From strategy to delivery: ICLEI's GreenClimateCities Handbook for Local Governments, Bonn, March 2016
- [ibo 2018]** Ploss, Martin et al.; Ermittlung monatlicher Konversionsfaktoren für den Energieträger Strom, Energieinstitut Vorarlberg, 20. Juni 2018 <https://www.ibo.at/wissensverbreitung/ibomagazin-online/ibo-magazin-artikel/data/ermittlung-monatlicher-konversionsfaktoren-fuer-den-energietraeger-strom>

- [ifeu 2014]** von Oehsen, Amany et al.; Benötigt man zeitlich aufgelöste Stromprimärenergiefaktoren in der Energieeinsparverordnung? In ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN 64. Jg. 2014 Heft 11
- [iTG 2016]** iTG, ifeu, Wuppertal Institut (AG Zukunft Erdgas, DVGW); Weiterentwicklung der Primärenergiefaktoren im neuen Energiesparrecht für Gebäude, April 2016
- [IWU 2019]** Michael Hörner, Tobias Loga, et al.; Stellungnahme zum Entwurf der Bundesregierung für ein Gebäudeenergiegesetz (GEG) /28.06.2019 https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/stellungnahmen/2019-06-28_IWU_Stellungnahme-Entwurf-GEG-2019.pdf
- [IWU 2020]** Institut Wohnen und Umwelt, Marc Großklos, Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen, Ergebnisse berechnet mit GEMIS Version 5.0 (September 2019), 26.02.2020
- [Müller 2017]** Müller Et al., Konzeptionelle Ansätze zur Umsetzung der Energiewende im Gebäudesektor - Systematisierung und Diskussion alternativer Steuerungsindikatoren für die Energie- und Klimapolitik im Gebäudesektor, Arbeitspapiere zur immobilienwirtsch. Forschung und Praxis, 2017
- [prognos 2104]** Prognos, EWI Et al., Endbericht Entwicklung der Energiemärkte-Energiereferenzprognose Studie, Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie; Basel/Köln/Osnabrück, Juni 2014
- [Ritter 2020]** Ritter, Peter; Wärmewende Vorbild Dänemark, Was können wir von der Wärmewende in Dänemark lernen? Vortrag EMD Deutschland, 2020
- [Röck 2020]** Martin Röck et al, Embodied GHG emissions of buildings – Critical reflection of benchmark comparison and in-depth analysis of drivers, 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 588 032048
- [SRU 2019]** Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU); Offener Brief an die Mitglieder des Klimakabinetts „Für die Umsetzung ambitionierter Klimapolitik und Klimaschutzmaßnahmen“, 16.09.2019
- [sdp 2020]** sustainable-data-platform, Dokumentation / Begründung der Methodik-annahmen PT IIICO₂-Avatar, Datei: sdp_02A2_CO₂-COMPASS_Methodik_CO₂-Avatar-PT-III_2020-06-22.
- [Stiftung Energieeffizienz 2015]** J. Ortjohann, D. Schreckenber; ReConGeb I REFERENZ-CONTROLLING-GE-BÄUDE, Arbeitspapier zum Projekt ReConGeb, Köln 2015
- [Stiftung Energieeffizienz 2015-1]** Ortjohann, J.; Klimaschutz-Zielwerte zur Steuerung der Energiewende im Gebäudesektor; Vortrag IWU-Informationskreis-Treffen "Energieeffizienz Monitoring Gebäudebestand", Darmstadt, 08.07.2015
- [Stiftung Energieeffizienz 2018]** Ortjohann Et al., Endbericht zur ReConGeb-Start Vorstudie der energy-check Stiftung Energieeffizienz gGmbH, Stiftung Energieeffizienz, Köln 2018; Download unter: https://stiftung-energieeffizienz.org/wp-content/uploads/2019/01/ReConGebStart_Endbericht_2019-01-25.pdf
- [Stiftung Energieeffizienz 2019]** Stiftung-Energieeffizienz, Nachweisorientierter Klimaschutz im Gebäudebestand, ReConGeb liefert erste Ergebnisse, J. Ortjohann in DW / Die Wohnungswirtschaft, Ausgabe 05/2021
- [Stiftung Energieeffizienz 2019]** Stiftung-Energieeffizienz, Stellungnahme zum Gesetzesentwurf des Gebäudeenergiegesetzes vom 28.05.2019 Download unter: https://stiftung-energieeffizienz.org/wp-content/uploads/2019/07/Stiftung-Energieeffizienz_SN-GEG_2019-06-28.pdf
- [Wuppertal Institut 2015]** D. Schüwer Et al. (AG Zukunft ERDGAS e.V., DVGW); Konsistenz und Aussagefähigkeit der Primärenergie-Faktoren für Endenergieträger im Rahmen der EnEV; Wuppertal, 2015.
- [UBA Steinbeis 2019]** Mahler B. et al; Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus; Abschlussbericht; Steinbeis-Transferzentrum für Energie-, Gebäude- und Solartechnik, IBP, Im Auftrag des Umweltbundesamtes (TEXTE 132/2019), 2019
- [UN 2014]** A World that Counts, Mobilising the Data Revolution for Sustainable Development, UN Secretary-General's Independent Expert Advisory Group on the Data Revolution for Sustainable Development, Nov. 2014

Über climate-neutral buildings

Das sdp-Modul unterstützt die wirtschaftliche Reduktion von CO₂-Emissionen und die Klimaneutralität von Gebäuden, Wohnungsbeständen und Quartieren.

Relevante Daten zu Effizienz, Energieverbrauch, Kosten und Investitionen werden gesammelt und zur zielgerichteten Finanzierung in wirksamen Klimaschutz genutzt. Das Motto lautet "Von den Besten lernen".



Die sustainable data platform ist ein offenes Data Warehouse. Mit öffentlichen und professionellen Modulen unterstützt sie die wirtschaftliche Dekarbonisierung für Menschen, Unternehmen und Kommunen. Kern der Plattform sind valide und unabhängige Daten als Grundlage für die Entscheidungsfindung.

Das Modul wurde durch die [HoWoGe Wärme GmbH](#) und die [Stiftung Energieeffizienz](#) initiiert, die die Modulentwicklung gemeinsam leiten. Die Modul-Teilnehmer entwickeln und teilen Instrumente und Geschäftsmodelle zur wirtschaftlichen Planung, Ausführung und Kontrolle klimaneutraler Gebäude und Bestände.

Entscheidungstools dienen der wirtschaftlichen Zielerreichung für klimaneutrale NZEB. Data-Warehouse-Abfragen unter-

stützen z.B. die strategische Entwicklung mit vergleichenden Grafiken.

2020 Prototyping

Das Ziel 2020 ist der Bau des ersten Prototyps (MVP) als Basis für die gemeinsame Weiterentwicklung von Tools für klimaneutralen Gebäude und Bestände sowie Geschäftsmodelle z.B. für Metering-, IoT, und Nachhaltigkeitsdienstleistungsunternehmen. Der Rapid-Prototyping-Prozess beginnt mit dem Laden vorhandener Daten in das Data-Warehouse und der Harmonisierung internationaler Standards und Regeln für die Semantisierung.

Um den Bedarf an einem klimaneutralen Gebäudebestand für Entscheidungsträger zu übersetzen, werden KPIs und Key-Visuals für Data-Warehouse-Abfragen entwickelt.

Über 2020 hinaus muss die Kooperations- und Technikstruktur für qualitatives Wachstum weiterentwickelt werden.

Modul-Teilnehmer

[Comgy GmbH](#) (digital transformation of the real estate market)

[greenventory GmbH](#) (maps and data-based tools)

[HoWoGe Wärme GmbH](#) (stock management to climate neutrality)

[SKOPOS GmbH](#) (data mining and reporting to decision makers)

[Stiftung Energieeffizienz](#) (monitoring and controlling).

Die Stiftung übt in der Aufbauphase kommissarisch die zivilgesellschaftliche Kontrolle zur Einhaltung der [Compliance](#) aus.

Impressum

© sdp 2025

sustainable data platform (sdp) c/o Stiftung Energieeffizienz

Kontakt

Stiftung Energieeffizienz

Weyerstr. 32 | D-50676 Köln

Telefon: 0221 | 546 57-05

E-Mail: info@stiftung-energieeffizienz.org

www.stiftung-energieeffizienz.org