

Treibhausgaspotenzial von Wohngebäuden unter Berücksichtigung der Herstellungs-, Nutzungs- und Instandhaltungsphase in Abhängigkeit vom energetischen Gebäudestandard

Tim Schöndube¹, Christoph Beecken², Lara Jülg¹, Oliver Kornadt¹

¹ Technische Universität Kaiserslautern, 67663 Kaiserslautern, E-Mail: Tim.Schoendube@bauing.uni-kl.de
² bow ingenieure GmbH, 38100 Braunschweig, E-Mail: C.Beecken@bow-ingenieure.de

Einleitung

Aufgrund des fortschreitenden Klimawandels wird weltweit die Begrenzung der Treibhausgasemissionen (im Folgenden THGE) immer bedeutsamer. So strebt bspw. Deutschland bis zum Jahr 2045 eine Treibhausgasneutralität an [1]. Mit einem Anteil von 28 % der THGE und 35 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland im Jahr 2018 ist der Gebäudesektor sehr bedeutsam für das Erreichen der nationalen Klimaschutzziele [2, 3]. Seit November 2020 regelt das Gebäudeenergiegesetz (im Folgenden GEG) [4] die Anforderungen an die Energieeffizienz von Häusern. Durch die Einführung der Innovationsklausel ist es nach § 103 des GEG zulässig alternativ zum Primärenergiebedarf die THGE eines Gebäudes zu bewerten [4]. Doch unabhängig davon, ob für ein Haus der Nachweis der Einhaltung des GEG auf Basis des Energiebedarfs oder des Treibhausgaspotenzials (im Folgenden THGP) erfolgt, ist nur die Beheizung, Kühlung, Belüftung, Warmwasserversorgung und ggf. Beleuchtung zu berücksichtigen [4]. Der Aufwand für die Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung von Gebäudekomponenten ist hingegen auch nach GEG zu vernachlässigen [5, 6].

In den Publikationen [5, 8] konnte bereits herausgearbeitet werden, wie sich der Primärenergiebedarf von Gebäuden darstellt, wenn zusätzlich zur Gebäudekonditionierung nach GEG auch die Gebäudeherstellung und -instandhaltung mitbilanziert wird. Im Rahmen dieser Kurzstudie wird nun nachfolgend am Beispiel von zwei realen Wohngebäuden untersucht, wie sich das lebenszyklusbezogene THGP in Abhängigkeit vom energetischen Gebäudestandard verändert.

Zu untersuchende energetische Gebäudestandards

Den Ausgangspunkt für eine Variantenuntersuchung bildet das derzeitige Wohn-Referenzgebäude entsprechend GEG. Auf Basis dieser Ausgangsberechnung wurde das Wärmedämmniveau der wärmeübertragenden Umfassungsfläche und die technische Gebäudeausrüstung unter baupraxisnahen Gesichtspunkten variiert, damit die untersuchten Beispielgebäude die Anforderungen des GEG bzw. der energetischen Standards der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) [7] erfüllen.

Kurzbeschreibungen zu den berechneten Varianten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Untersuchte Varianten

Variante	Kurzbeschreibung
GEG-Referenzgebäude	siehe Anlage 1 GEG [4]
GEG-Erfüllung	Heizöl-BWK + Solar zur H- & WW-Unterstützung + Abluftanlage + $H'_{T,Ref}$ 20 % verbessert ¹⁾
Effizienzhaus 55 (1)	Luft-Wasser-WP + Abluftanlage + $H'_{T,Ref}$ 30 % verbessert ^{1), 2)}
Effizienzhaus 55 (2)	Sole-Wasser-WP + Abluftanlage + $H'_{T,Ref}$ 30 % verbessert ¹⁾
Effizienzhaus 55 (3)	Wasser-Wasser-WP + Abluftanlage + $H'_{T,Ref}$ 30 % verbessert ¹⁾
Effizienzhaus 55 (4)	Holzpelletkessel + Abluftanlage + $H'_{T,Ref}$ 30 % verbessert ¹⁾
Effizienzhaus 40 (1)	Wasser-Wasser-WP + Abluftanlage + $H'_{T,Ref}$ 50 % verbessert ¹⁾
Effizienzhaus 40 (2)	Holzpelletkessel + Abluftanlage + $H'_{T,Ref}$ 50 % verbessert ¹⁾

¹⁾ im Vergleich zum GEG-Referenzgebäude

²⁾ Variante nur am Beispiel des Mehrfamilienhaus untersucht

Beispielgebäude

Die Untersuchungen zum lebenszyklusbezogenen THGP werden am Beispiel der beiden realen Wohnhäuser entsprechend den Abbildungen 1 und 2 durchgeführt.

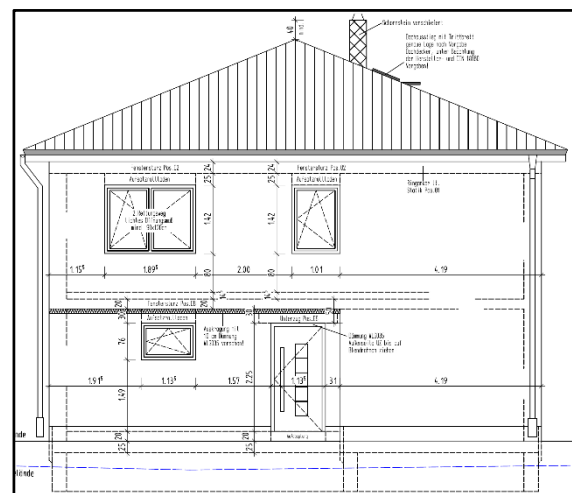


Abbildung 1: Beispielgebäude Einfamilienhaus [9]

Das nicht unterkellerte Einfamilienhaus mit einer Netto-Raumfläche von ca. 169,8 m² weist eine Länge und Breite von ca. 10,25 m auf, sowie eine Höhe von ca. 8,35 m (oberhalb Gelände). Das beheizte Gebäudevolumen von ca. 622,5 m³ erstreckt sich über das komplette EG und OG. Der Dachboden wird hingegen nicht beheizt. Die Bauweise des Beispielgebäudes lässt sich nicht klar definieren,

weil die Außenwände und Teile der Innenwände aus Leichtbetonsteinen errichtet wurden, während die Bodenplatte sowie die Decke über EG aus Stahlbeton ist. [5, 8, 9]



Abbildung 2: Beispielgebäude Mehrfamilienhaus [10]

Die Außenmaße des Mehrfamilien-Beispielgebäudes betragen ca. 24,39 m (Länge) x 13,92 m (Breite) x 12,88 m (Höhe oberhalb Gelände). Das mit einer Tiefgarage unterkellerte Haus mit acht Wohneinheiten, die sich über vier oberirdische Etagen mit einer Netto-Raumfläche von ca. 1.176,3 m² (ohne Fahrzeugabstellflächen und Fahrgassen) und einem beheizten Gebäudevolumen von ca. 4.317,6 m³ erstrecken, wurde in überwiegend massiver Bauweise errichtet. Denn Wände, Stützen und Unterzüge im Keller bestehen aus Stahlbeton, wie auch die Bodenplatte sowie Decken. Die oberirdischen Außen- und Innenwände bestehen aus Kalksandstein, während das Pultdach über dem 3.OG aus Holz ist. [5, 10]

Berechnung des Treibhausgaspotenzials

Das lebenszyklusbezogene THGP wird unter Verwendung des im Forschungsprojekt [5] entwickelten und mit Hilfe der Publikationen [6, 11] spezifizierten Rechenverfahrens ermittelt. Somit sind die THGE aus der Gebäudeherstellung (Module A1-A3 entspr. [12]), -instandhaltung (Module B4, C3 und C4) und -konditionierung (Modul B6) über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren zu ermitteln. Die Bestimmung des THGP resultierend aus der Herstellung sowie dem Austausch, der Verwertung und der Entsorgung von Gebäudekomponenten mit einer kürzeren Nutzungsdauer im Vergleich zum 30-jährigen Berechnungszeitraums erfolgt mit Hilfe des vom BBSR bereitgestellten Gebäude-Ökobilanzierungstools eLCA sowie der vom BMI betriebenen Datenbank ÖKOBAU-DAT [5, 6, 11]. Mit dem eLCA-Tool wird für die Beispielgebäude eine Mengenermittlung durchgeführt unter Berücksichtigung von Außenwänden, Kellerwänden, Innenwänden, Stützen, Fenstern, Außentüren, Innentüren, Fundamenten, Bodenplatten, Geschossdecken, Fußbodenaufbauten, Dächern, Wärmezeugern, Kältezeugern, Lüftungszentralen, Energiespeichern sowie Wärmeverteilungen [5, 6]. Zum Ausgleich vernachlässigter Komponenten (z. B. Stromkabel) werden die eLCA-Ergebnisse mittels eines Zuschlagsfaktors um 10 % erhöht [5, 6]. Die THGE aus der Konditionierung (Beheizung, Belüftung

und Warmwasserversorgung) werden mit Hilfe der Software ZUB Helena berechnet unter Anwendung von DIN V 18599 [13] [5, 6]. Abweichend zu einer standardmäßigen Gebäudebewertung nach GEG [4] werden rechnerisch die Emissionsfaktoren 336 (2022-2026), 279 (2027-2031), 221 (2032-2036), 162 (2037-2041), 103 (2042-2046) und 44 g CO₂e/kWh (2047-2051) für den Energieträger Strom (netzbezogen) angesetzt, welche auf der Studie [14] basieren. Denn aufgrund eines zukünftig weiter steigenden Anteils erneuerbarer Energien im deutschen Stromnetz, wird der zugehörige Emissionsfaktor während des Betrachtungszeitraums von 30 Jahren deutlich sinken [14].

Die Resultate aus dem eLCA-Tool für die Herstellung und Instandhaltung sowie aus dem Programm ZUB Helena für die Konditionierung der Beispielgebäude werden unter Verwendung von MS Excel zusammengeführt. Daraus ergeben sich für eine berechnete Variante die mittleren jährlichen THGE in kg CO₂e/a während eines 30-jährigen Berechnungszeitraums.

Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 3-4 zusammengestellt und sie beziehen sich auf die Netto-Raumfläche gemäß DIN 277-1 [15] unter Nichtberücksichtigung von Fahrzeugabstellflächen und Fahrgassen.

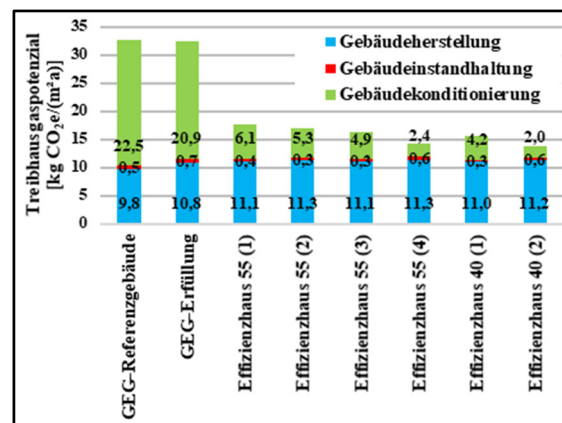


Abbildung 3: Treibhausgaspotenzial des EFH

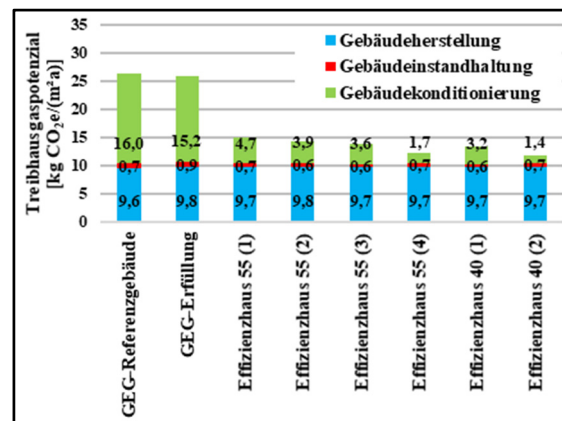


Abbildung 4: Treibhausgaspotenzial des MFH

Wie erwartet weist bei beiden Gebäuden die Variante "GEG-Referenzgebäude" die höchsten THGE auf während des Betrachtungszeitraums von 30 Jahren. Allerdings besitzt im Vergleich zu dieser Ausgangsberechnung die Variante "GEG-Erfüllung" nur ein minimal niedrigeres lebenszyklusbezogenes THGP (EFH: -1,1% / MFH: -1,6%). Die ermittelten THGE als Folge der Herstellung und Instandhaltung der untersuchten Wohnhäuser sind sogar höher als bei der Ausgangsvariante (EFH: +12,3% / MFH: +3,6%). Diese Resultate sprechen dafür, die derzeitige primärenergetische Hauptanforderung des GEG zu überdenken bei einer möglichen zukünftigen Anforderungsumstellung auf THGP.

Im Vergleich zu den ersten beiden Varianten, fallen die lebenszyklusbezogenen Ergebnisse zu den EH-Berechnungen sehr viel niedriger aus (EFH: -45,6 bis -57,8% / MFH: -42,1 bis -54,9%). Jedoch ist bei beiden Häusern auffällig, dass bei Erreichen des EH-40-Standards entspr. [7] teilweise höhere THGE zu erwarten sind (sowohl resultierend aus der Gebäudekonditionierung als auch während des 30-jährigen Berechnungszeitraums), als wenn die Gebäude „nur“ die EH-55-Klasse erreichen würden. Diese Ergebnisse sprechen für eine kritische Überprüfung und ggf. Optimierung der derzeitigen Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) [7].

Weiterhin fällt bei der Auswertung auf, dass sich bei beiden Häusern jeweils das THGP als Folge der Gebäudeherstellung und -instandhaltung nur geringfügig ändert. Diese Resultate deuten an, dass bei dem Vergleich der THGE unterschiedlicher Varianten auf den zeitlichen Mehraufwand für eine lebenszyklusbezogene Bilanzierung verzichtet werden könnte und stattdessen nur die Gebäudekonditionierung bewertet wird.

Literatur

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: Eröffnungsbilanz Klimaschutz. 2022.
- [2] Bundesregierung: Bauen und Wohnen. 2022.
- [3] Deutsche Energie-Agentur: dena-GEBÄUDEREPORT KOMPAKT 2019.
- [4] Bundestag: Gebäudeenergiegesetz (GEG), 2020.
- [5] Schöndube, T.; Kornadt, O.; Carrigan, S. et al.: Weiterentwicklung der EnEV-Nachweisverfahren und -Anforderungen unter Berücksichtigung des Gebäudelebenszyklus. 2021.
- [6] Schöndube, T.; Beecken, C.; Kornadt, O. et al.: Weiterentwicklung der Energieeinsparverordnung - Ansätze zur Berücksichtigung der Herstellungs-, Nutzungs- und Instandhaltungsphase von Gebäuden. In: Bauphysik 42, 2020.
- [7] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude - Wohngebäude. BEG WG, 2021.

- [8] Schöndube, T.; Beecken, C.; Kornadt, O. et al.: Primärenergiebedarf resultierend aus Herstellungs-, Nutzungs- und Instandhaltungsphase von Gebäuden in Abhängigkeit vom energetischen Gebäudestandard. In: Bauphysiktag 2019.
- [9] OSTRAUER Baugesellschaft mbH: Planungsunterlagen zum Beispielgebäude "Einfamilienhaus", 2018.
- [10] bow ingenieure GmbH: Planungsunterlagen zum Beispielgebäude "Mehrfamilienhaus", 2016-2019.
- [11] Schöndube, T.; Carrigan, S.; Kornadt, O.: Facing climate change: Holistic approach to the energy efficiency of buildings. In: Ecolibrium 19, 2020.
- [12] DIN EN 15978:2012-10.
- [13] DIN V 18599:2018-09.
- [14] Fritsche, U. R.; Greß, H.-W.: Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2020 sowie Ausblicke auf 2030 und 2050. 2021.
- [15] DIN 277-1:2016-01.

Curriculum Vitae

Dipl.-Ing. (BA)

Tim Schöndube, M.Sc.



Ausbildung:

- | | |
|-----------|--|
| 2007-2010 | Studium des Bauingenieurwesens an der Staatlichen Studienakademie Glauchau |
| 2012-2014 | Studium der Bauphysik an der Bauhaus-Universität Weimar |

Beruflicher Werdegang:

- | | |
|-----------|--|
| 2009-2010 | Bauphysik-Ingenieur für die A.R.T. GmbH |
| 2011-2012 | Bauphysik-Ingenieur für die ITG Energieinstitut GmbH |
| 2013-2014 | Leiter Bauphysik-Abteilung der bow ingenieure GmbH |
| seit 2015 | Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Bauphysik / Energetisch Gebäudeoptimierung der Technischen Universität Kaiserslautern |