

# **Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden**

Verschiedene Forschungsprojekte

Treffen im Bauzentrum Stadt München

München 2.7.2019

**Autor: Dipl. Ing. Architekt Holger König, Ascona GbR**

# Andere Umfeldstudien

Graubner, Hock, Schneider; TU Darmstadt (2008): ***Ökobilanzstudie - Gegenüberstellung Massivhaus / Holzelementbauweise***

Graubner, Knauff; TU Darmstadt (2008): ***Ökobilanzstudie - Gegenüberstellung Massivhaus / Holzelementbauweise an einem KfW Energiesparhaus 40***

Graubner, Pohl; TU Darmstadt (2013): ***Nachhaltigkeit von Ein-und Zweifamilienhäusern aus Mauerwerk***

Österreich-Forschung 51/2014, Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus (Mötzl, Passer et. al)

Pohl, Sebastian; LCEE (2016) Institut Prof. Graubner: ***Nachhaltigkeitsqualität von Mauerwerk im Geschosswohnungsbau***

- **Jede dieser Studien weist an entscheidenden Stellen Veränderungen in der Modellierung der LCA auf**
- **Keine der Studien kann ein critical review nachweisen**

# Umweltstudie FIW München

Forschungsinstitut für Wärmeschutz München

Holm, Andreas; Kagerer Florian; **Graue Energie von Einfamilienhäusern in  
Niedrigstenergie-Gebäudestandard**

Auftraggeber: Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau (DGfM) Service  
GmbH

# Wesentliche Aussage der FiW- Studie (2018)

**a) Die zusätzliche Energieeinsparung ist größer als der Mehreinsatz an Grauer Energie**



# Wesentliche Aussage der Studie

a) Die zusätzliche Energieeinsparung ist größer als der Mehreinsatz an Grauer Energie

**a) Aussage ist korrekt**

# Wesentliche Aussage der Studie

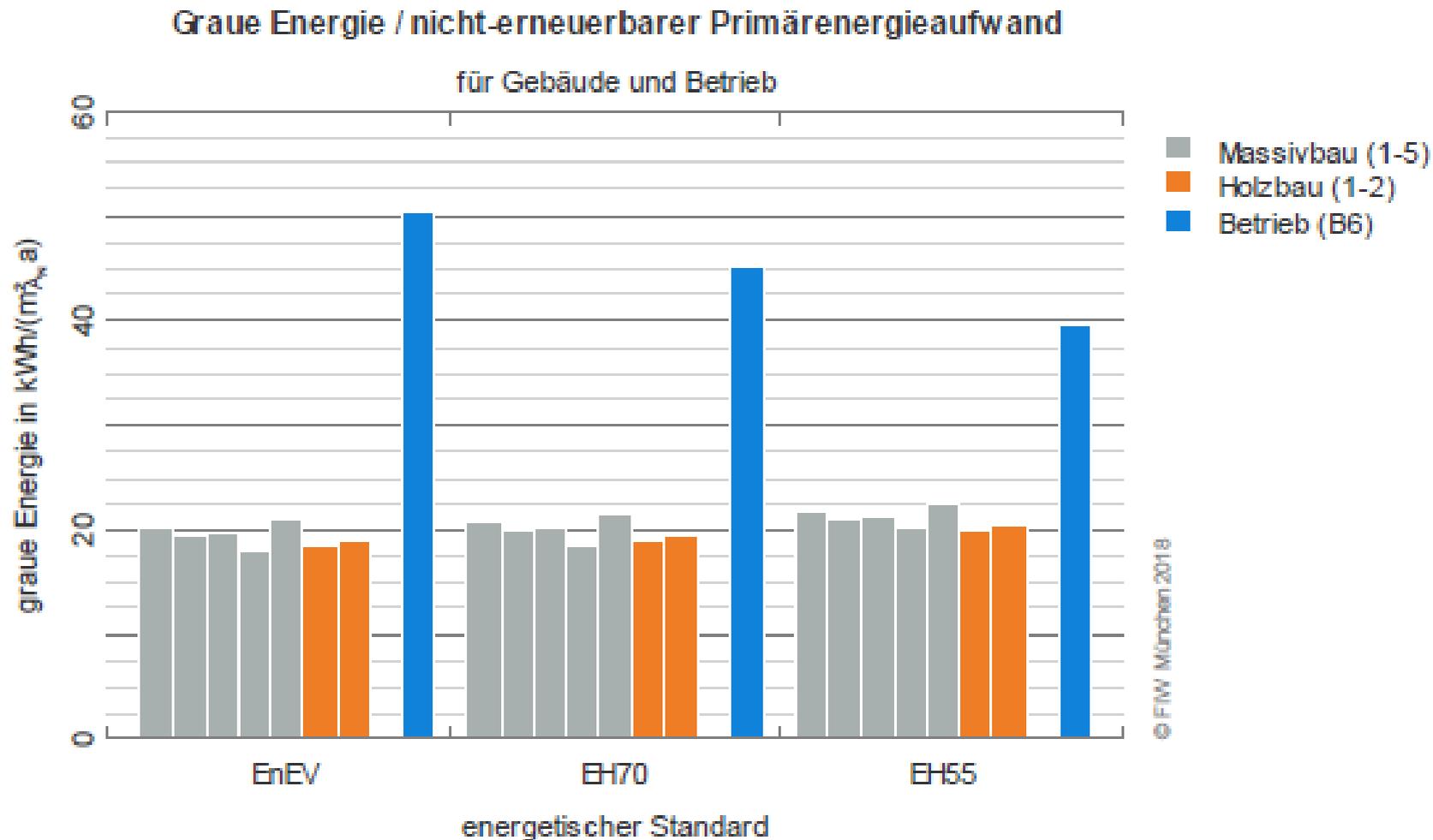
a) Die zusätzliche Energieeinsparung ist größer als der Mehreinsatz an Grauer Energie

**b) Der Gebäudebetrieb ist entscheidend**

a) Aussage ist korrekt

# Ergebnis FIW-Studie

## Betrieblicher Aufwand für unterschiedliche Energieniveaus: 200 – 250 % des Gebäudeaufwands

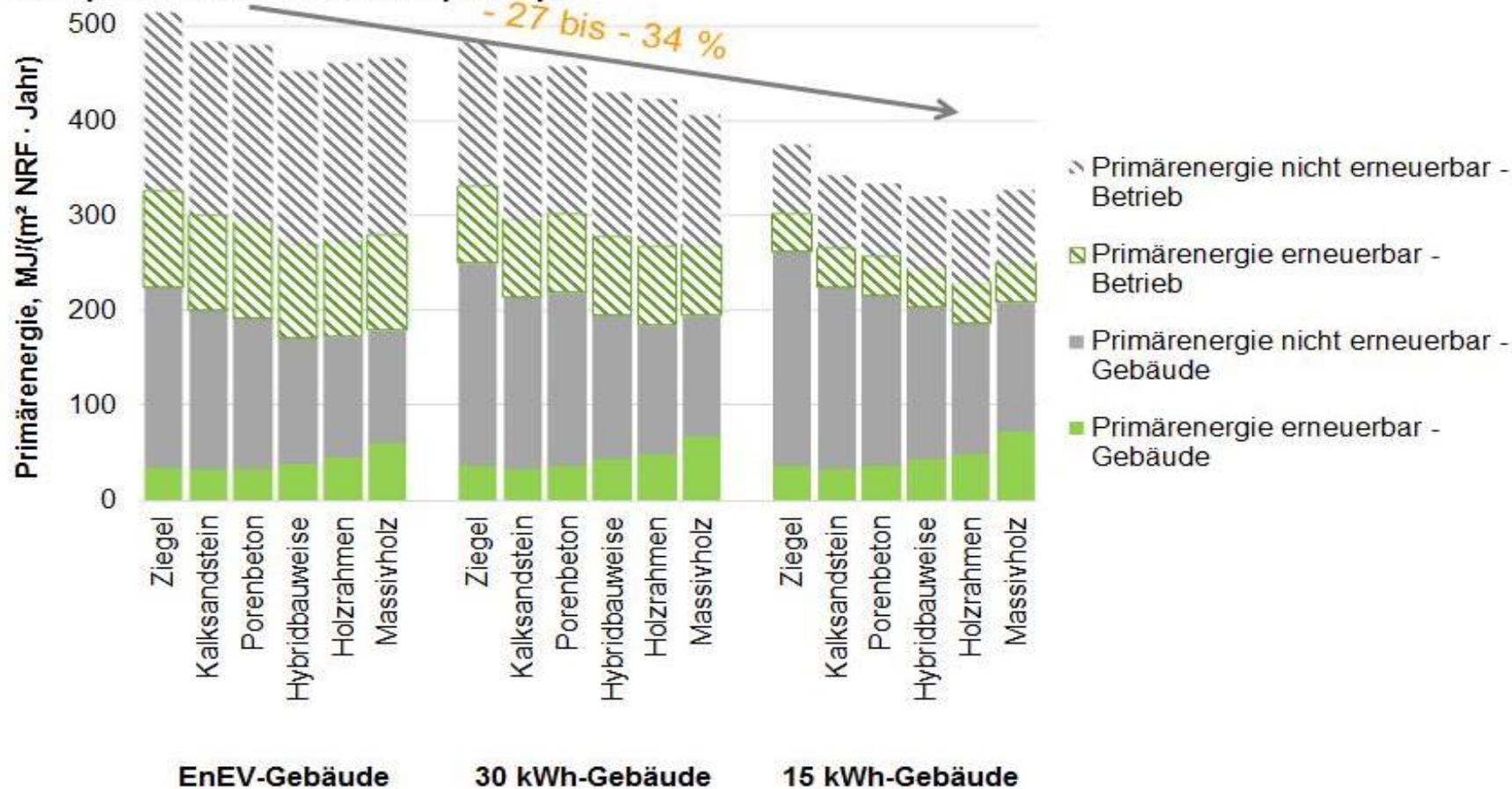


# LfU Studie Gebäude und Versorgung , 3 Energieniveaus, 6 Gebäude, Luft-Wärmepumpe, Primärenergie gesamt MJ/m<sup>2</sup>NRF\*a

## Betrieblicher Aufwand für unterschiedliche Energieniveaus: 120 – 80 % des Gebäudeaufwands

### Umweltauswirkungen: Primärenergie für Gebäude und Betrieb

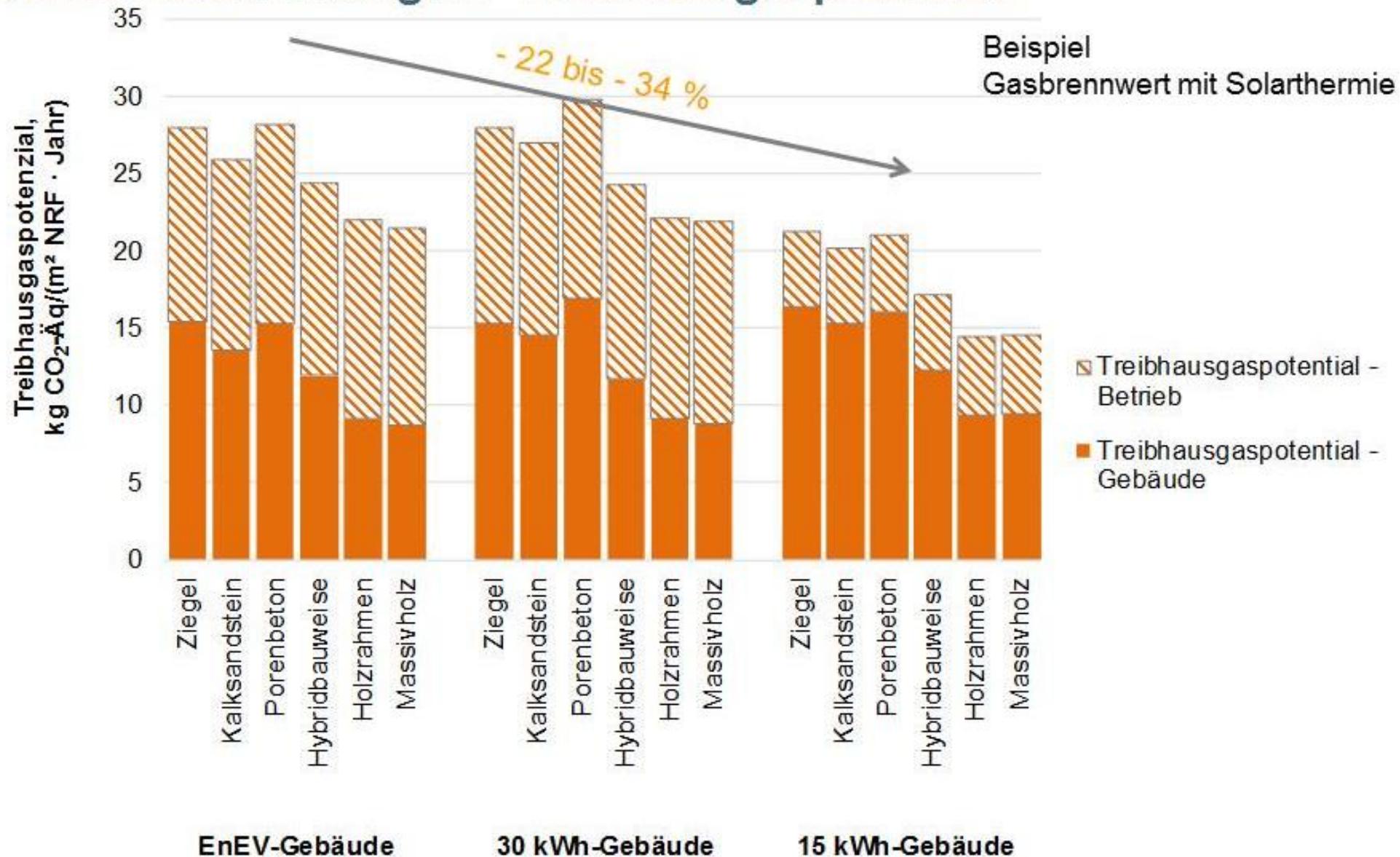
Beispiel: Luft-Wärmepumpe



# Gebäude und Versorgung , 3 Energieniveaus

## Treibhausgaspotenzial $\text{kg CO}_2/\text{m}^2\text{NRF}^*\text{a}$ , Kalksandsteingebäude

### Umweltauswirkungen: Treibhausgaspotenzial



# Wesentliche Aussage der Studie

a) Die zusätzliche Energieeinsparung ist größer als der Mehreinsatz an Grauer Energie

b) Der Gebäudebetrieb ist entscheidend

a) Aussage ist korrekt

**b) Abhängig von EnEV- und Zertifizierungsregel und Beheizungsart ist diese Aussage falsch**

# Wesentliche Aussage der Studie

a) Die zusätzliche Energieeinsparung ist größer als der Mehreinsatz an Grauer Energie

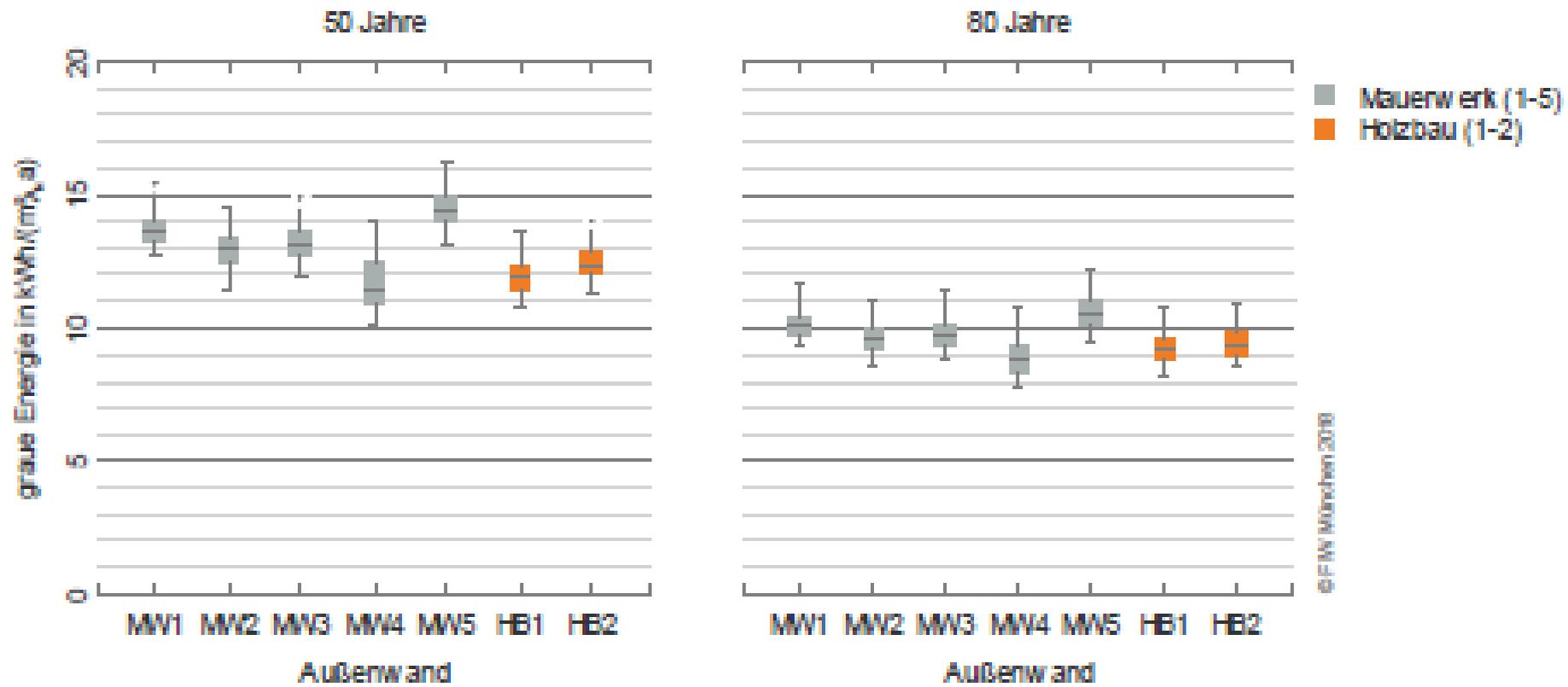
b) Der Gebäudebetrieb ist entscheidend

**c) Die Bauweise hat nur geringen Einfluss**

a) Aussage ist korrekt

b) Abhängig von EnEV- und Zertifizierungsregel und Beheizungsart ist diese Aussage falsch

## Außenwandkonstruktionen



© FFW München 2019

# Außenwandkonstruktionen im Ökovergleich (Phase A-D) – Steinbeis-Studie

Aufgrund des vergleichbar geringeren Materialeinsatzes schneidet eine Stahlbetonbauweise im Neubau gegenüber anderen Massivbauweisen mit ca. 95 kgCO<sub>2</sub>-Ä./m<sup>2</sup>AW für einen Wandaufbau gemäß KfW Effizienzhaus 55 relativ gut ab. Das mit Abstand höchste Energieeinsparpotenzial liegt jedoch in einer Holzkonstruktion mit nachwachsendem Dämmstoff mit einer Gutschrift von bis zu 20 kgCO<sub>2</sub>-Ä./m<sup>2</sup>AW.

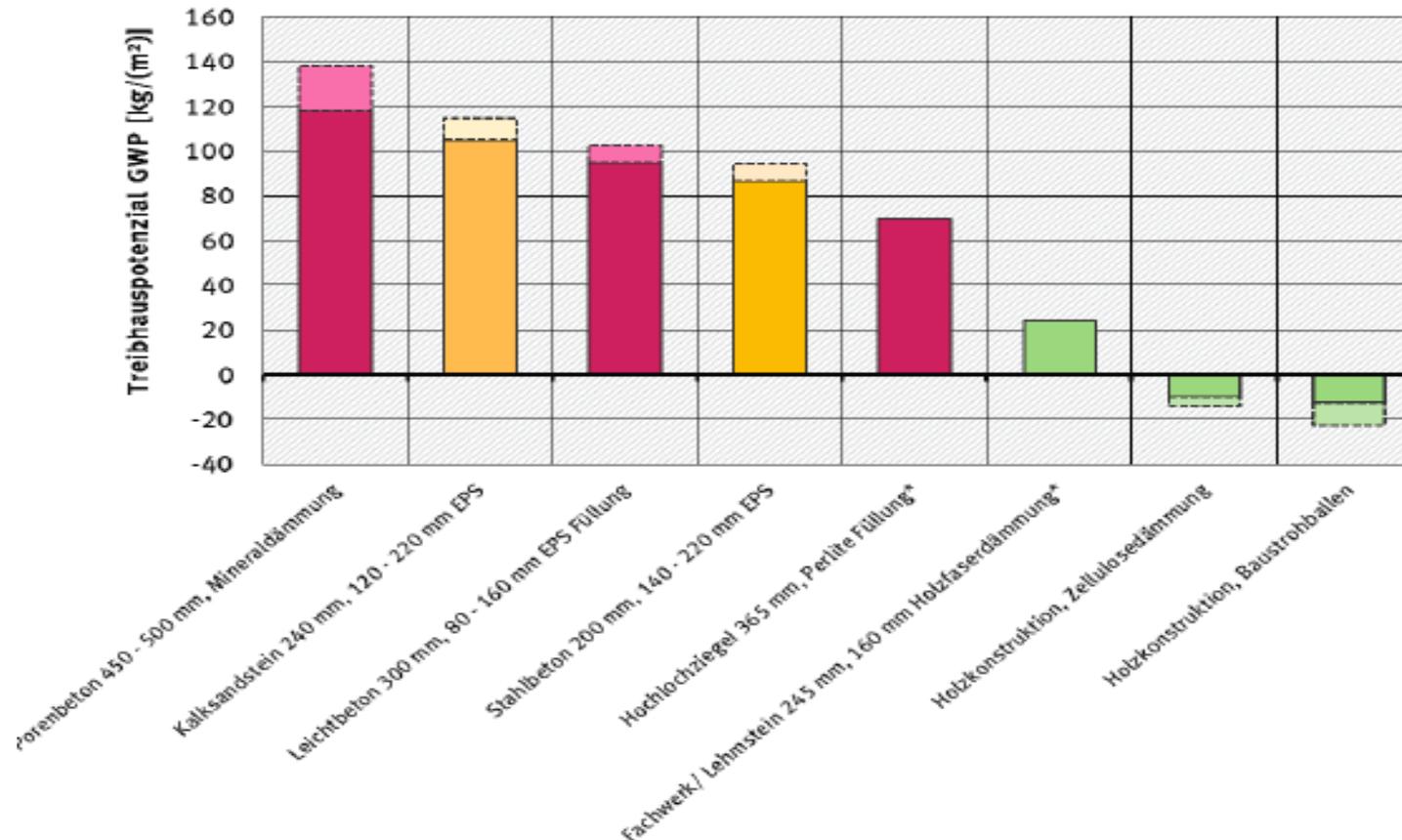
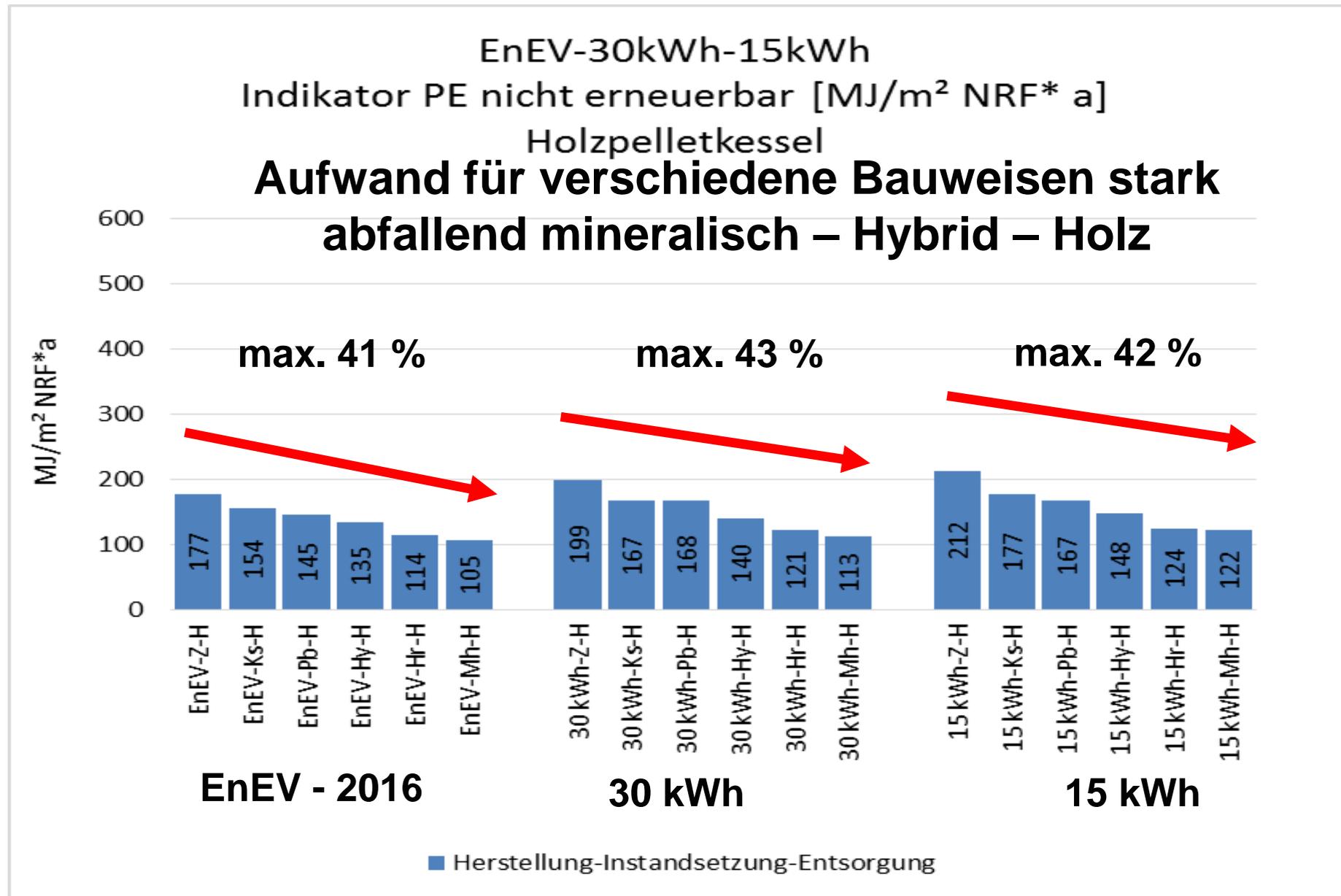


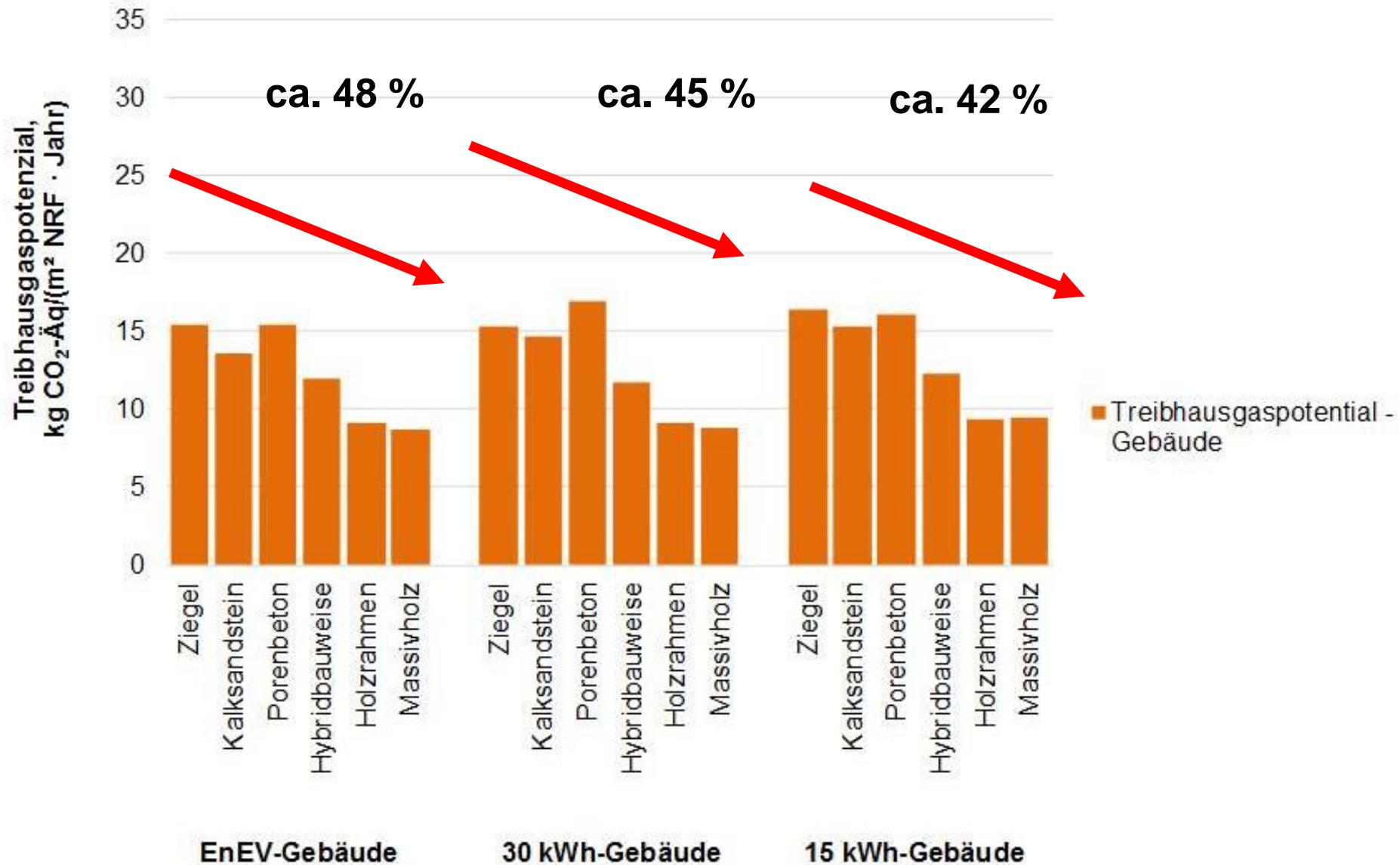
Abbildung 16: GWP von Außenwandkonstruktionen (\*nur EnEV 2016)

# Gebäude Indikator PE nicht erneuerbar MJ/m<sup>2</sup>NRF\*a



# Gebäude Indikator Treibhausgaspotenzial kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>NRF\*a

## Umweltauswirkungen: Treibhausgaspotenzial



# Wesentliche Aussage der Studie

a) Die zusätzliche Energieeinsparung ist größer als der Mehreinsatz an Grauer Energie

b) Der Gebäudebetrieb ist entscheidend

c) Die Bauweise hat nur geringen Einfluss

a) Aussage ist korrekt

b) Abhängig von EnEV- und Zertifizierungsregel und Beheizungsart ist diese Aussage falsch

**c) Nach Zertifizierungsregel und Anwendung der Ökobau.dat generic data ist diese Aussage falsch**

# Wesentliche Aussage der Studie

a) Die zusätzliche Energieeinsparung ist größer als der Mehreinsatz an Grauer Energie

b) Der Gebäudebetrieb ist entscheidend

c) Die Bauweise hat nur geringen Einfluss

d) Bestimmung der Grauen Energie ist noch zu aufwändig

a) Aussage ist korrekt

b) Abhängig von EnEV- und Zertifizierungsregel und Beheizungsart ist diese Aussage falsch

c) Nach Zertifizierungsregel und Anwendung der Ökobau.dat generic data ist diese Aussage falsch

d) Derselbe Aufwand wie beim Energiebedarfsausweis

Forschungsinstitut für Wärmeschutz München  
Holm, Andreas; Kagerer Florian; **Graue Energie von Einfamilienhäusern in  
Niedrigstenergie-Gebäudestandard**

Auftraggeber: Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau (DGfM) Service GmbH

- **Die Studie ist nicht konform mit den Regeln der Zertifizierungssysteme „Wohnbau“.**
- **Die Studie ist nicht normenkonform mit DIN EN 15804, und DIN EN 15978.**
- **Die Studie kann kein critical review nachweisen.**

## **Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung - Kurztitel:**

### **Graue Energie im Ordnungsrecht/Förderung**

Endbericht Stand: 06.02.2019

Unter „grauer Energie“ wird dabei die energiebedingten Aufwendungen für die Herstellung, Instandsetzung und End of Life (EoL) der Baumaterialien verstanden. Neben dem nicht erneuerbaren kumulierten Energieaufwand (KEA<sub>ne</sub>) wird hier vor allem auf die Auswirkungen hinsichtlich Klimawirksamkeit in Form der äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen<sup>1</sup> (GWP 100) geachtet.

# Ergebnisse - Steinbeisstudie

A) Bei typischen Neubauten beträgt die „grauen Energie“ 10 – 16 kgCO<sub>2</sub>-Ä./(**m<sup>2</sup>Wfl.**·a).

**Problem 1:** Zertifizierung basiert auf **m<sup>2</sup> NRF (Nettoraumfläche)**

**Problem 2:** Bisher wurde bei Grauer Energie immer nur die nicht erneuerbare Primärenergie (engl. PEnre, deutsch: KEAne)

Diese Erweiterung **auf CO<sub>2</sub> ist unkorrekt, da CO<sub>2</sub> keine Energieäquivalent** ist, sondern ein Wirkungsindikator.

B) Zusätzlich zum Gebäudeenergiebedarf nach EnEV muss der **Nutzerstrom** betrachtet werden, welcher bei sehr effizienten Gebäuden so hoch ist wie der Energiebedarf für Heizung und Warmwasser zusammen.

**Problem 1:** In der EnEV werden alle Aggregate mit Hilfsstrom erfasst (Pumpen, Lüfter, Kühler), in der DIN 18599 für NWG werden alle Energiebedarfe erfasst.

**Problem 2:** Warum soll bei effizienten Gebäuden der Nutzerstrom besonders hoch sein?

**Problem 3:** Wenn Nutzerstrom erfasst wird, ist dann vor allem der Beleuchtungsstrom gemeint oder alle Verbräuche wie Server, Küchengeräte Medien usw. Woher kommen die Bedarfszahlen?

# Bewertungssysteme im Vergleich

**Tabelle 5:** Tabellarische Gegenüberstellung der Bewertungssysteme

Bewertungs- system 2018)	SIA (NaWoh)	Nachhaltiger Wohnungsbau (BNK)	Nachhaltiger Kleinwohnbau	DGNB (Marktversion
	Wohngebäude	Mehrfamilienhaus	Ein- bis Fünf familienhäuser	Mehrfamilienhaus
<b>Funktionales</b>	Gebäude inkl. ggf. Mobilität	Gebäude ohne Außenanlagen	Gebäude ohne Außenanlagen	Gebäude ohne Außenanlagen
<b>Bezugsfläche Bilanzumfang</b>	$A_E$ Konstruktion: KG 300 - 500	NRF (10) Konstruktion: KG 300, KG 400	NRF Konstruktion: KG 300, KG 400	NGFa Konstruktion: KG 300, KG 400
<b>Energiebedarf:</b>	Gebäude energiebedarf (vgl. EnEV) und Nutzerstrom (11) ohne abzüglich selbst- erzeugter EE Strom	Endenergiebedarf nach EnEV (Strom und Wärme)	dito	dito

9 ÖKOBAUDAT (DE) und Ökobilanzdaten Baubereich (SIA) 10 NRF: Netto-Raumfläche gemäß DIN 277-1 (ehemals NGF) 11 Nutzerstrom SIA: Neubau: 1.214 kWh/WE\*a, 14 kWh/(m<sup>2</sup>Wfl.\*a); Bestand: 2.429 kWh/WE\*a, 28 kWh/(m<sup>2</sup>Wfl.\*a)

# MFH-CO<sub>2</sub>-Bilanz, Gebäude und Betrieb inkl. Nutzerstrom 50 a

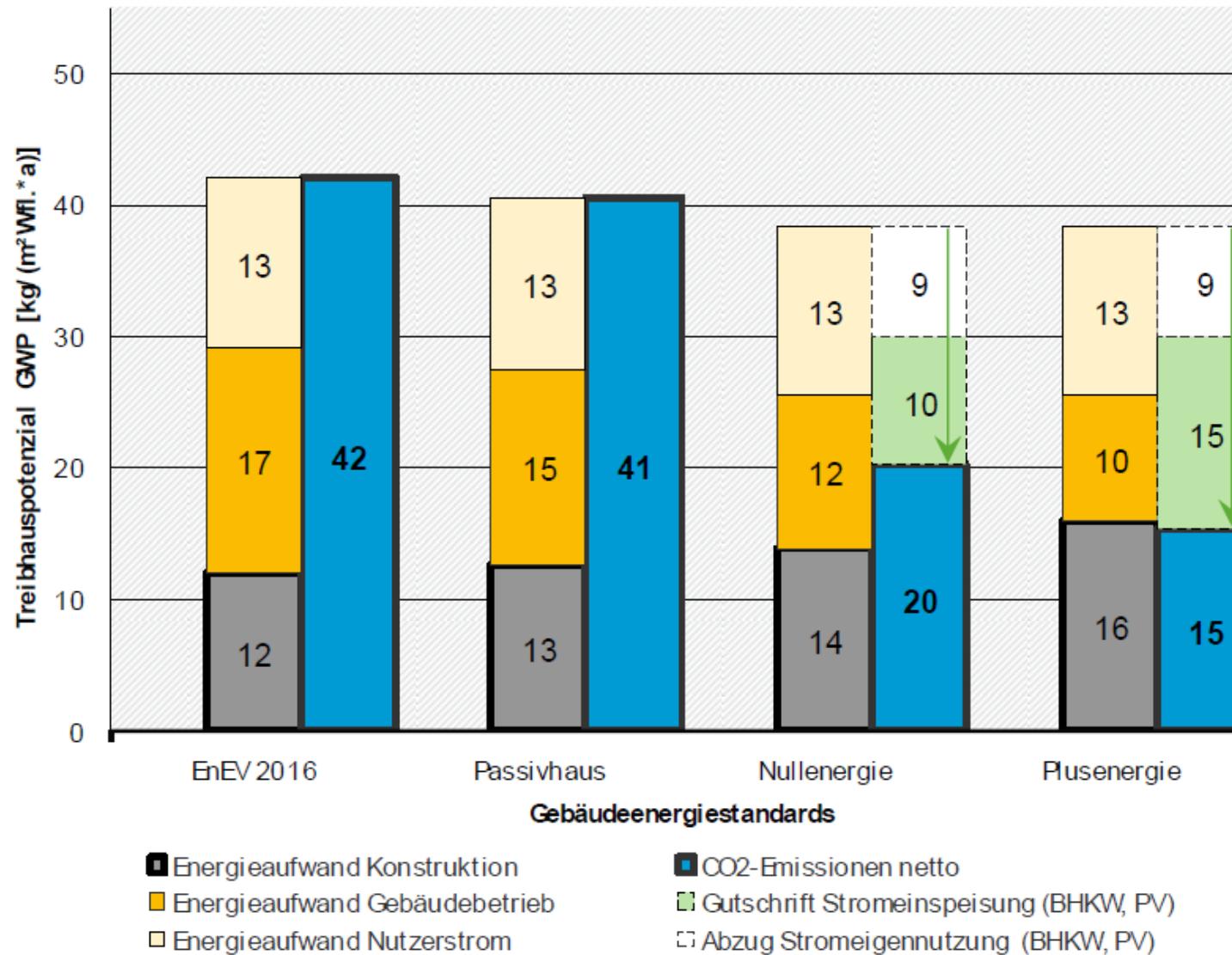


Abbildung 12: CO<sub>2</sub>-Bilanz der Energiekonzepte übliche Bauweise Neubau Mehrfamilienhaus

# Ergebnisse

C) Die Ergebnisse zeigen, dass die Vorgabe eines Gebäudeenergiestandards (EnEV, KfW, Passivhaus, Nullenergie, Plusenergie) **kein Garant für eine Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen** ist und daher die Wirkung hinsichtlich Klimaschutz ggf. verfehlt wird. Eine zukünftige Bewertung muss verpflichtend zum Primärenergiebedarf, die CO<sub>2</sub>-Emissionen ausweisen.

**Problem:** Diskrepanz zwischen EnEV und realem Gebäudebestand ist bekannt. **Die weitere Aussage ist nicht belegt.**

D) Ausgehend vom globalen 2 °C Ziel wurde ein **CO<sub>2</sub>-Zielwert für klimaneutrale Gebäude von 12 – 17 kg CO<sub>2</sub>-Ä./(m<sup>2</sup>Wfl.-a)** ermittelt. Grundlage ist eine Flächeninanspruchnahme pro Person von 40 m<sup>2</sup>Wfl./Person. Dieser CO<sub>2</sub>- Zielwert ist mit den heute verfügbaren Techniken sowohl bei Bestandssanierungen als auch im Neubau erreichbar.

**Problem:** Es ist völlig unklar ob hier das Gebäude , der Betrieb oder Gebäude und Betrieb gemeint sind.

# Ergebnisse Überblick EFH

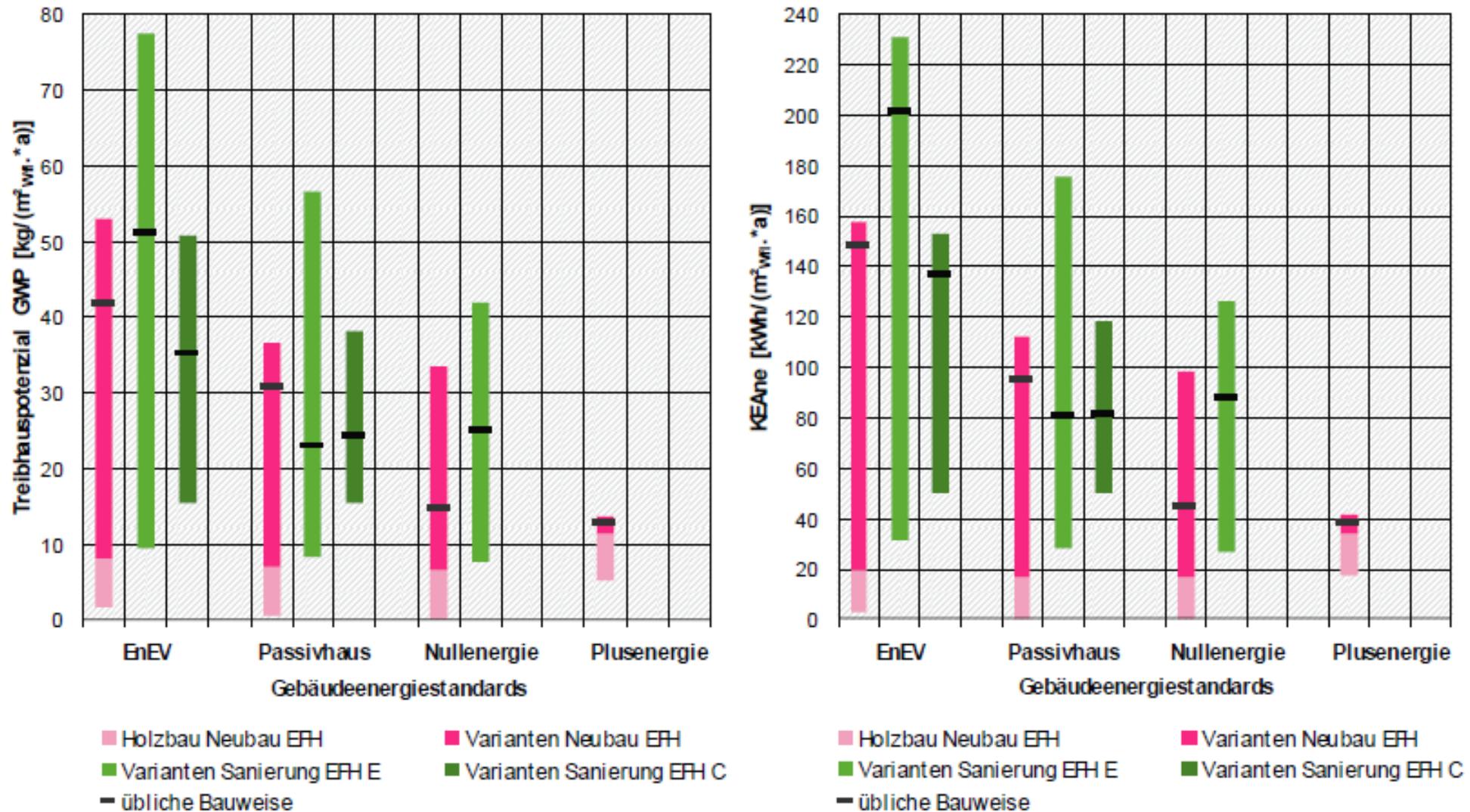


Abbildung 11: Neubau und Sanierung Einfamilienhaus, GWP (links) & KEAne (rechts)

# Studienaufbau

**Nicht erfasst** werden beim Gebäude die Gründung, die Innenwände, die Wasser- und Abwasseranlagen

Enthalten Energiebedarf nach EnEV, **Nutzerstrom**

**Problem: Nutzerstrom nicht in Enev-Berechnung enthalten**

Festlegungen **des BNB für Beton das EoL-Szenario Deponierung von Bauschutt (Ökobau.dat „Bauschutt-Deponierung“)** gewählt. Um zusätzlich das Potenzial einer stofflichen Verwertung darzustellen, wurde nachfolgend auch das EoL-Szenario Bauschutttaufbereitung (Ökobau.dat „Bauschutttaufbereitung“) als Potenzial bei der Massivbauweise untersucht (siehe Vergleich in Abbildung 18). Hierbei wurden die Aufwendung einer Bauschutttaufbereitung in Modul C3 angesetzt (hier:  $2,73E-03$  kgCO<sub>2</sub>-Ä./kg Bauschutt) und eine Gutschrift in Modul D als in Höhe der vermiedenen Primärproduktion von Kies und Schotter (hier Gutschrift Modul D in Höhe von  $9,69$  kgCO<sub>2</sub>-Ä./kg Bauschutt) (vergl. EPD Beton 2013).

**Problem: BNB sieht immer Bauschutttaufbereitung vor. Modul D ist in BNB-System nicht enthalten** (nur bei DGNB)

Die **Einbeziehung des Modul „D“ ist nicht normenkonform.**

# MFH-Standardbauweise, Gebäude+Betrieb 50 a

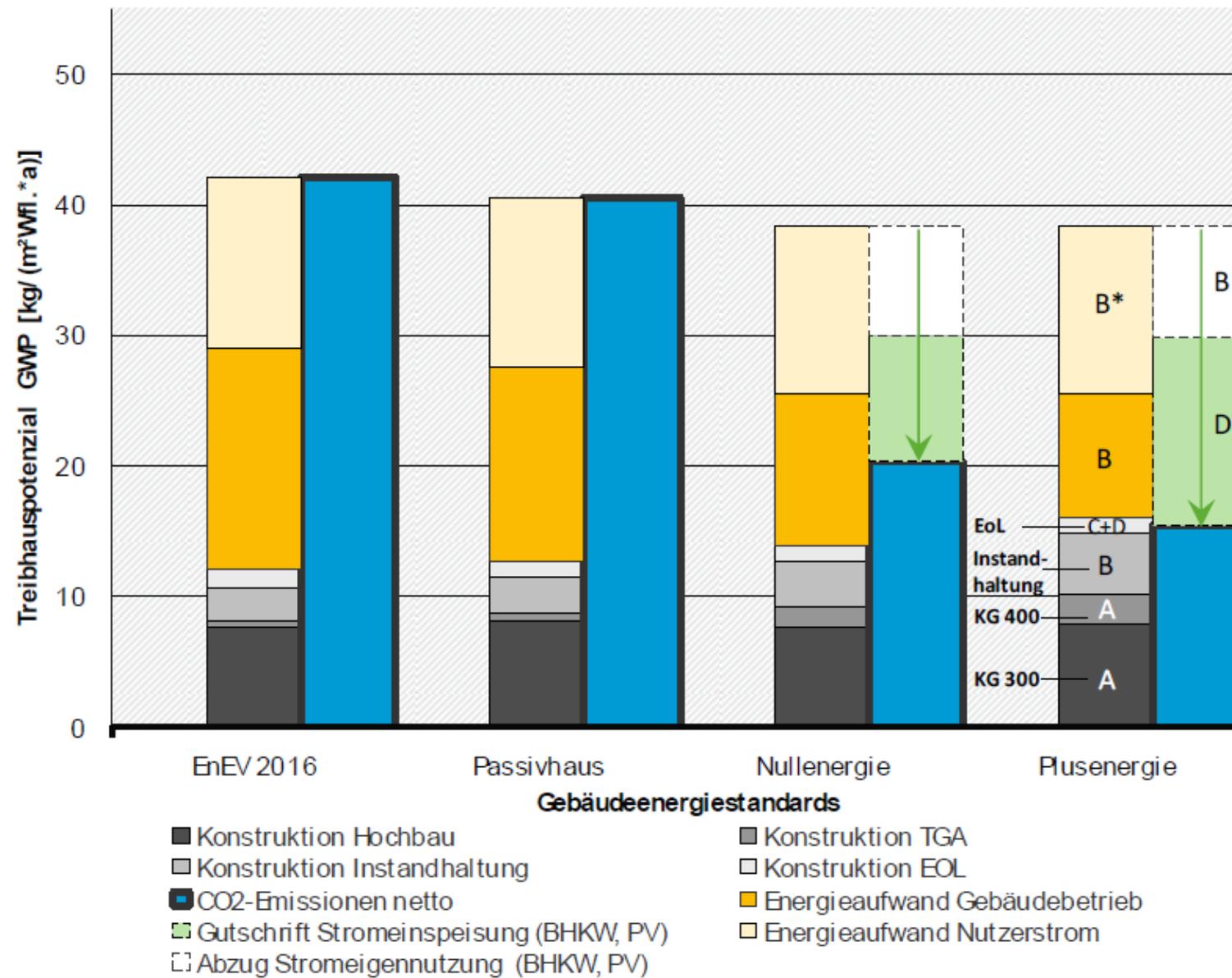
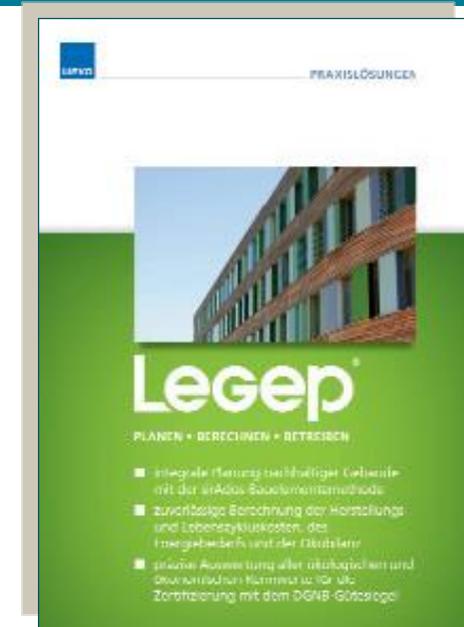


Abbildung 13: CO<sub>2</sub>-Bilanz im Detail der Energiekonzepte übliche Bauweise Neubau Mehrfamilienhaus

# GEG-Gebäudenergiegesetz (Entwurf)

- . Geringe Veränderungen zur EnEV 2016
- . Mögliche Erweiterung der Indikatoren auf CO<sub>2</sub>-Äquivalente Betrieb
- . Graue Energie als PE nicht erneuerbar im Moment nicht möglich, da Voraussetzungen auf Bearbeiterebene, Anwendung der Ökobaudat als Grundlage für rechtsverbindliche Verordnungen noch nicht vorbereitet.

# Integrale Planung (2000-2019)

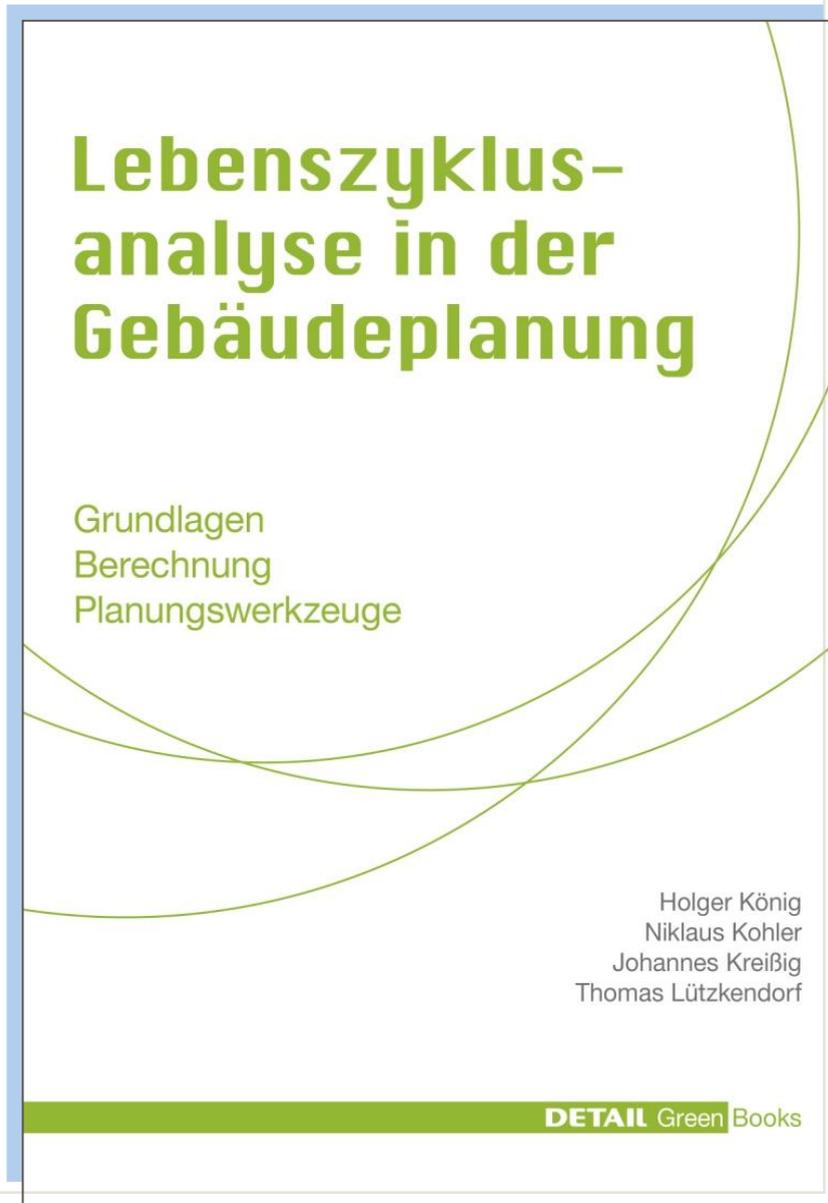


**Legep<sup>®</sup>**  
Planen – Berechnen – Betreiben

Programm + Datenbank  
für LCC und LCA

[www.legep.de](http://www.legep.de)  
[www.legep-software.de](http://www.legep-software.de)

# Lebenszyklusanalyse und Gebäude (2011)



**Holger König**  
**Niklaus Kohler**  
**Johannes Kreißig**  
**Thomas Lützkendorf**

**Lebenszyklusanalyse in  
der Gebäudeplanung**

**Detail-Verlag**

**ISBN 978-3-920034-30-0**

# Internetadressen der Forschungsarbeit (2017)

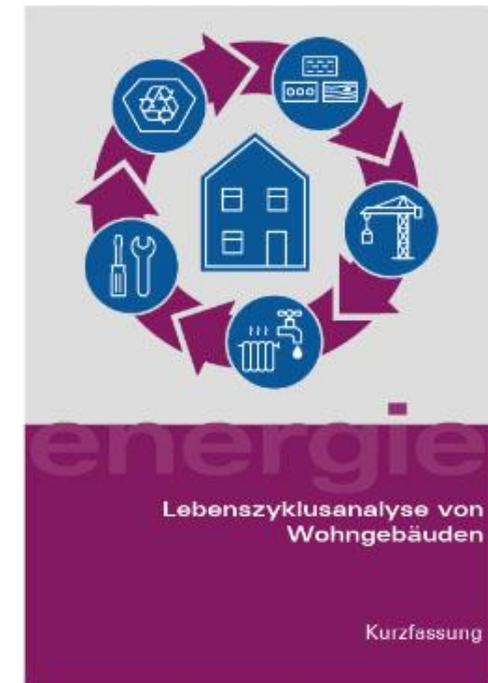
## Kurzfassung

- [https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:lfu\\_klima\\_00154,AARTxNODENR:351896,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x\)=X](https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:lfu_klima_00154,AARTxNODENR:351896,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x)=X)

## Langfassung

- [https://legep.de/wp-content/uploads/Endbericht-Lebenszyklusanalyse\\_von\\_Wohngebaeuden.pdf](https://legep.de/wp-content/uploads/Endbericht-Lebenszyklusanalyse_von_Wohngebaeuden.pdf) Akustik

Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie  
Bayerisches Landesamt für  
Umwelt



[www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de)