



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Life Cycle Engineering Experts
GmbH

Von Fakten und Fake news – Nachhaltigkeit und Klimaschutz im Bauwesen

KLB-Fachforum 2020 | Bonn/Koblenz/Aachen/Trier

Univ. Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner (TU Darmstadt) | Dr.-Ing. Sebastian Pohl (LCEE GmbH)



Von Fakten und Fake news –

Nachhaltigkeit und Klimaschutz im Bauwesen

- 1 | **Klimaschutz als gesellschaftliche Herausforderung**
- 2 | **Klimaschutz im Wettbewerb der Bauweisen**
- 3 | ***KLB*-Steine im ökobilanziellen Wettbewerb**
- 4 | **Fazit & Ausblick**

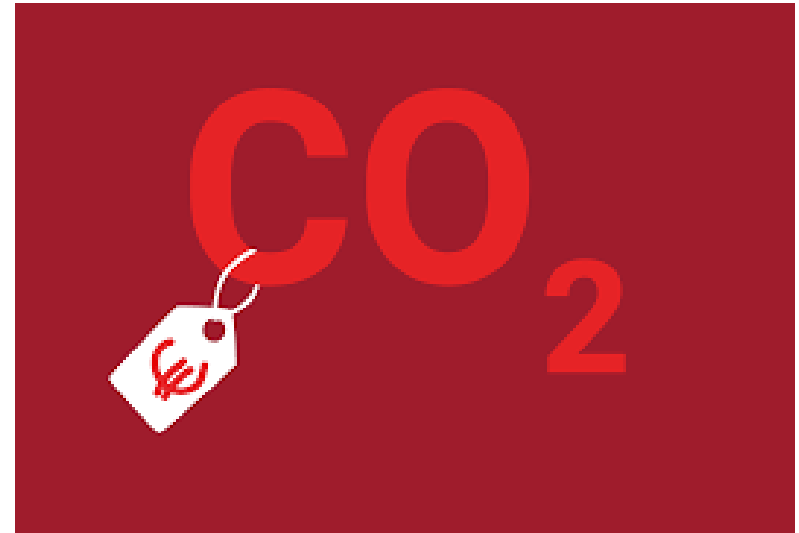
Klimaschutz...

...als gesellschaftliche Herausforderung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT





Stromwende ≠ Energiewende



STROM



Bruttostromverbrauch (2016)

597 TWh

WÄRME



Endenergieverbrauch (2016)

830 TWh

Endenergieverbrauch (2016)

749 TWh



VERKEHR

Wer bei der Energiewende nur an Strom denkt, denkt falsch!

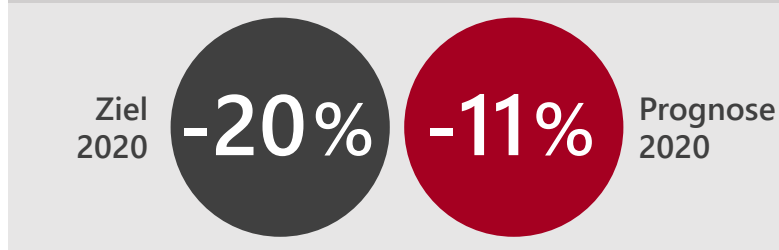
Status Quo der Energiewende



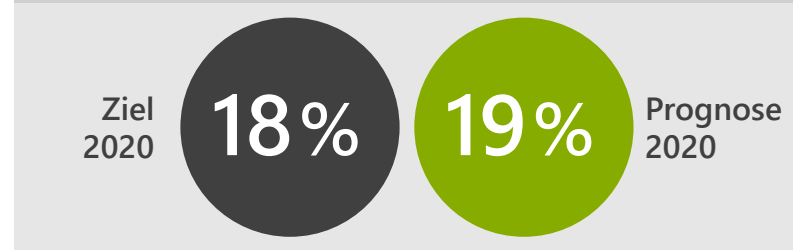
Reduktion der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990



Reduktion der Primärenergieverbrauchs gegenüber 2008



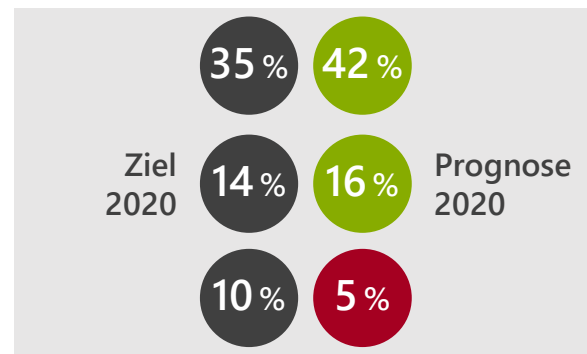
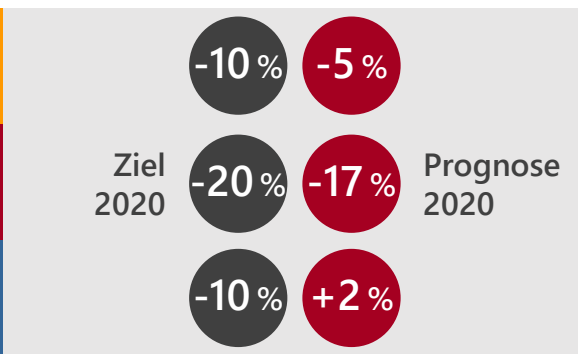
Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch



STROM
ggü. 2008

WÄRME
ggü. 2008

VERKEHR
ggü. 2005



STROM

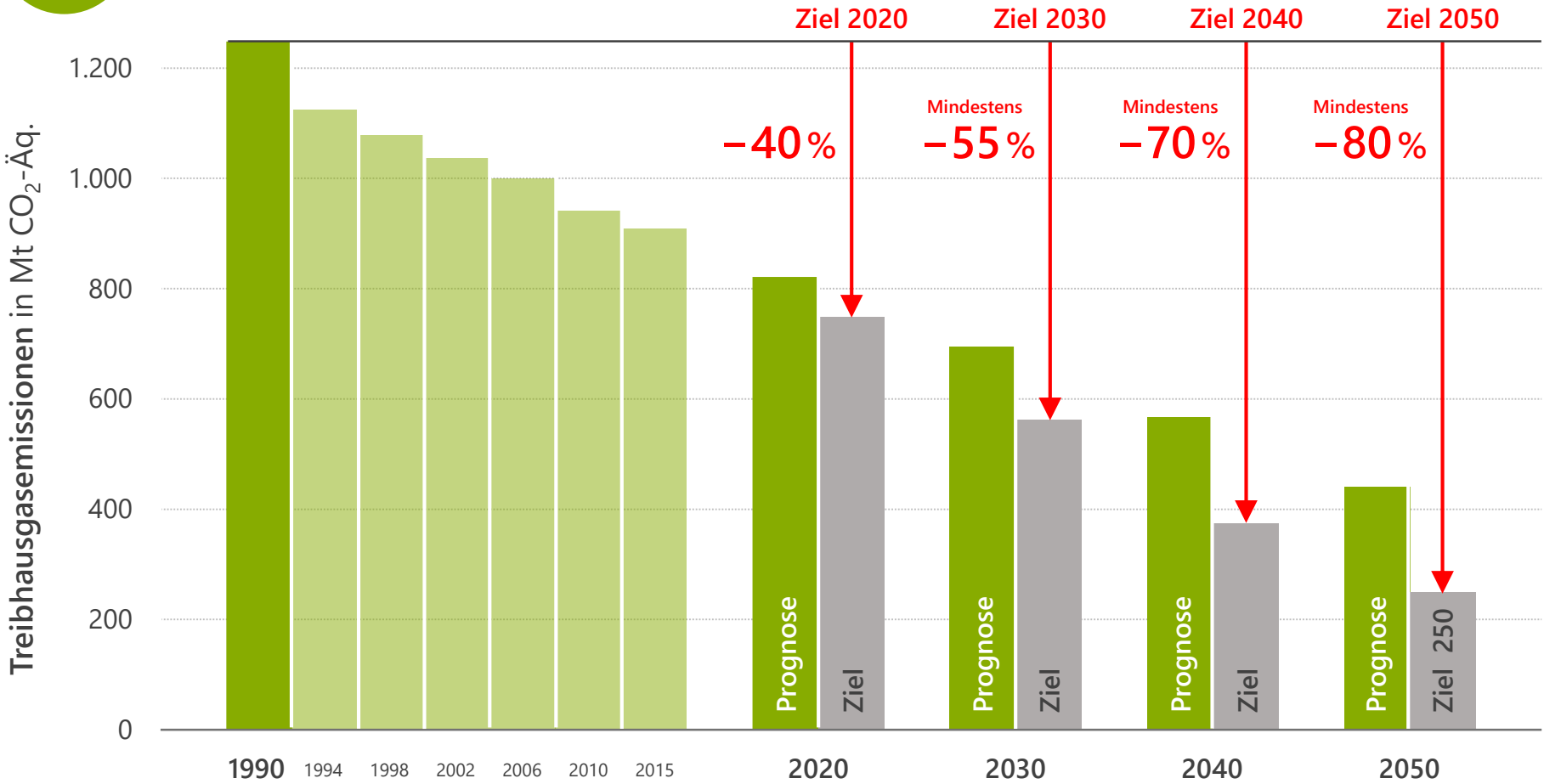
WÄRME

VERKEHR

Zielerreichung Energiekonzept 2010
Eigene Prognose anhand der Daten aus vorherigen Folien.



Reduktion der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990



KLIMASCHUTZ WIRD GESETZ!

6 Gründe, warum das Klimaschutzgesetz so wichtig ist

- ✓ Es schreibt vor, wie viel CO₂ jeder Bereich pro Jahr ausstoßen darf
- ✓ Es überwacht regelmäßig, ob ein Bereich zu viel CO₂ ausstößt
- ✓ Es verpflichtet zu sofortigen Maßnahmen, wenn zu viel CO₂ ausgestoßen wird
- ✓ Es regelt, dass Klimaziele nur verschärft, aber nicht gelockert werden können
- ✓ Es sorgt dafür, dass das Klimaziel 2030 (-55% CO₂) verlässlich erreicht wird
- ✓ Es bringt unser Land auf Kurs: Treibhausgasneutrales Deutschland bis 2050

© BMU

© BMU/ Harvepino/ Shutterstock

Reduktion der CO₂-
Jahresemissionen
im Energiesektor
2020 bis 2030

37,5 %

Reduktion der CO₂-
Jahresemissionen
im Verkehrssektor
2020 bis 2030

37 %

Reduktion der CO₂-
Jahresemissionen
im Gebäudesektor
2020 bis 2030

40 %

IST-ZUSTAND 2017

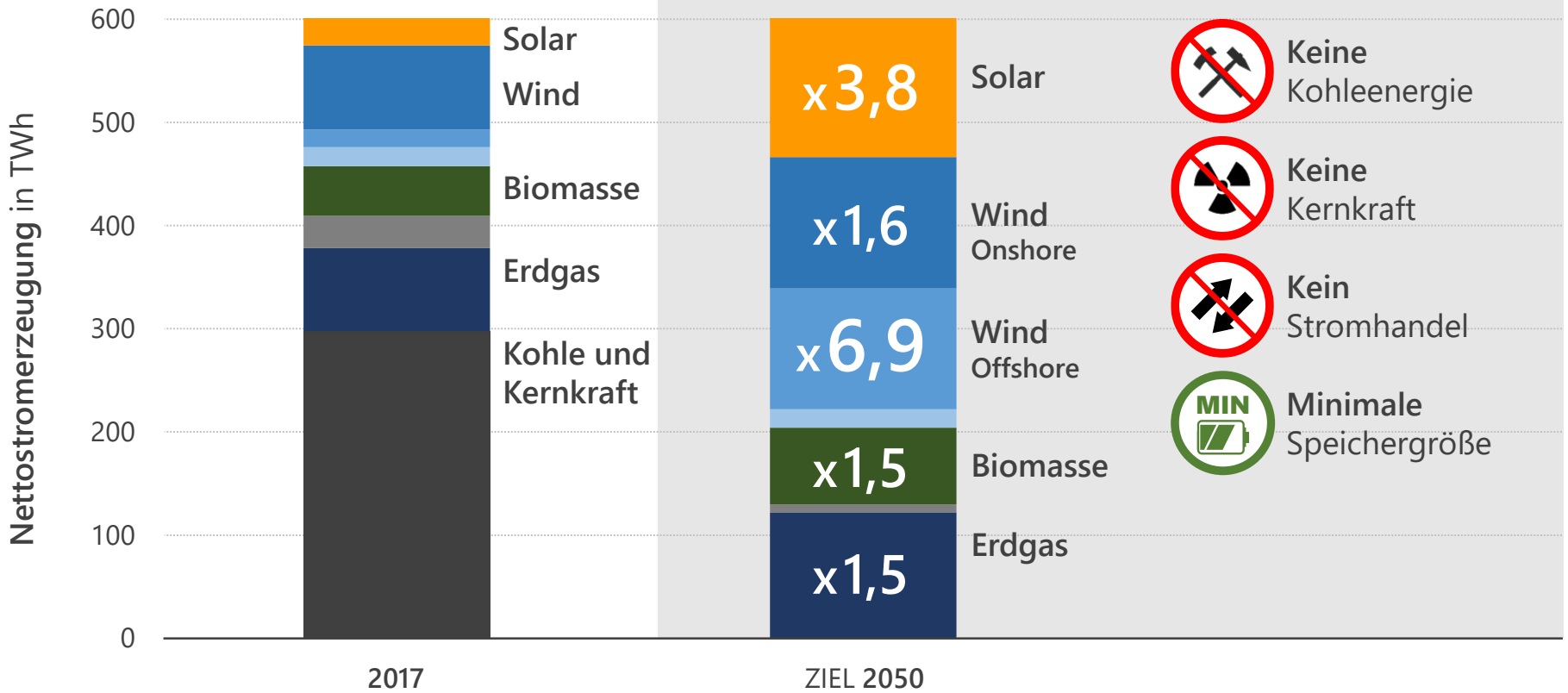
33%

Erneuerbarer Anteil
am Bruttostromverbrauch

ZUKUNFTSSZENARIO 2050

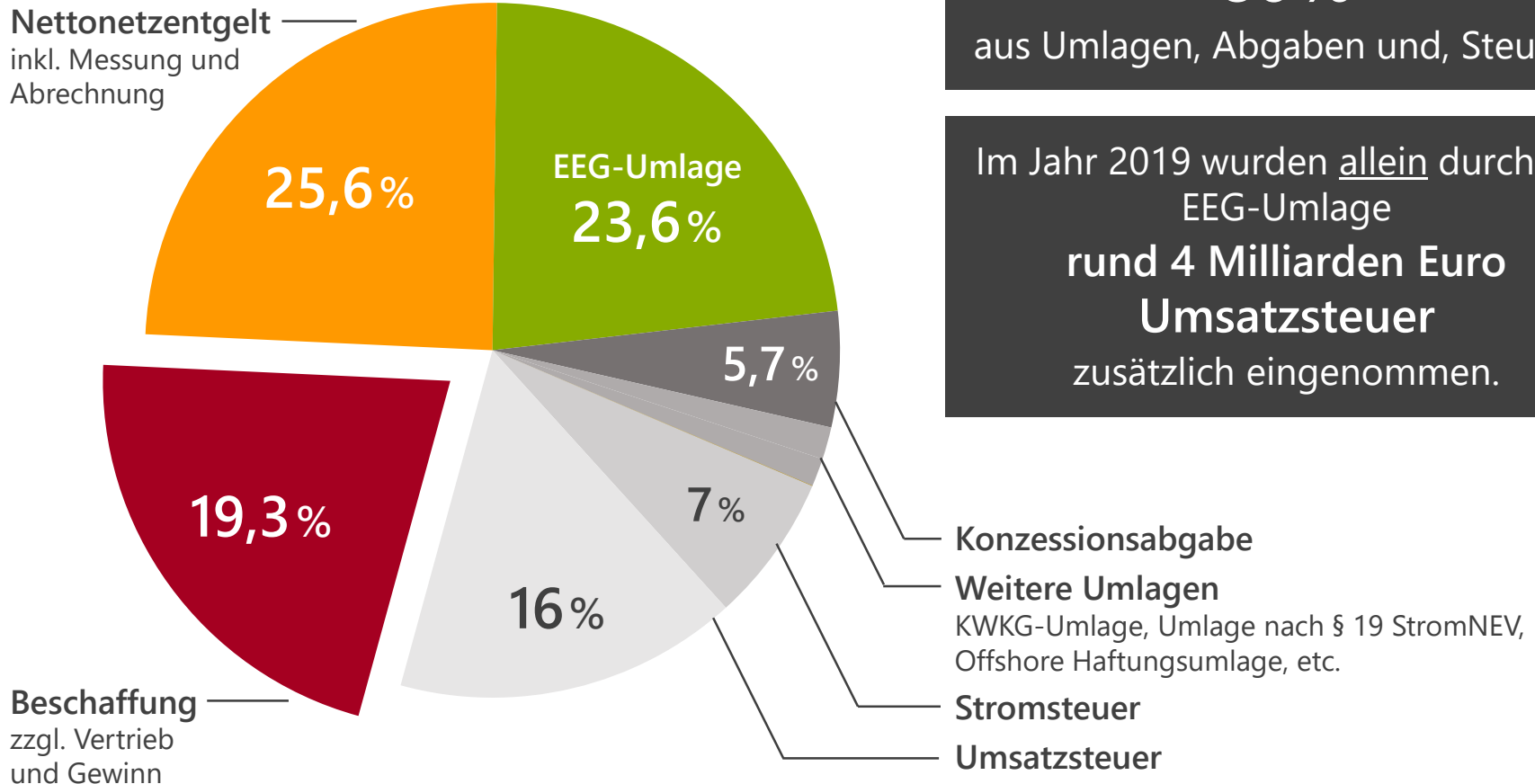
80%

Erneuerbarer Anteil
am Bruttostromverbrauch



Nettostromerzeugung 2017 und in einem exemplarischen Energiesystem mit 80 % erneuerbare Energien am Bruttostromverbrauch
Eigene Berechnungen. Nettostromerzeugung 2017: AGEB e.V.: Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern, Dezember 2017, energetisch angepasst auf Nettostromerzeugung.






Aufteilung des Haushaltsstrompreises 2019



Der Haushaltsstrompreis besteht zu **80%** aus Umlagen, Abgaben und, Steuern.

Im Jahr 2019 wurden allein durch die EEG-Umlage **rund 4 Milliarden Euro Umsatzsteuer** zusätzlich eingenommen.

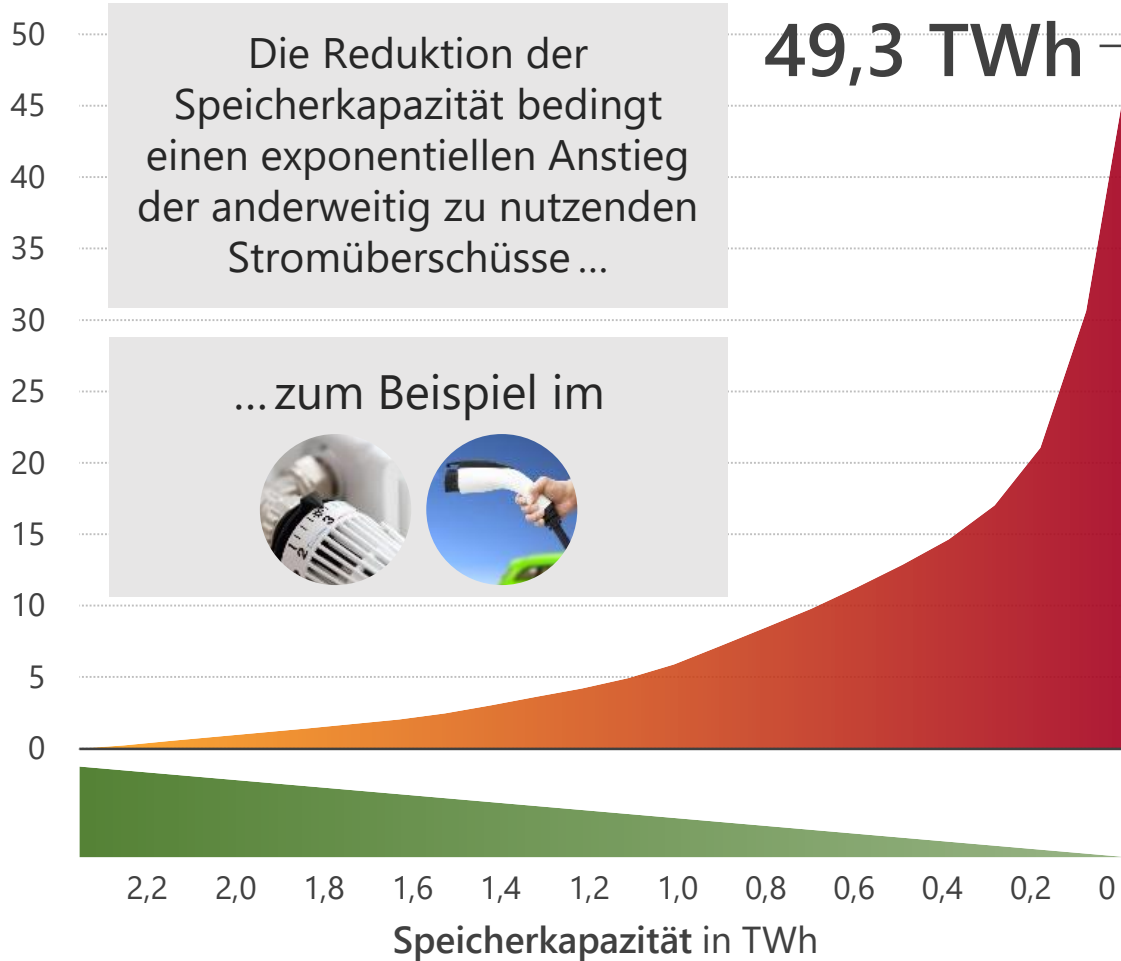
Der Strompreis für Haushalte hat sich seit 2000 mehr als verdoppelt und wird bis 2035 um mindestens weitere 25 % steigen

SZENARIOVERGLEICH Angaben pro Jahr	IST-ZUSTAND 2017	80% Erneuerbarer Anteil am Bruttostromverbrauch
 Zusätzliche Speicherkapazität	0 TWh	2,3 TWh
 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien	230 TWh	480 TWh
 Stromerzeugung aus Erdgas	80 TWh	122 TWh
 THG-Emissionen aus Stromerzeugung	267 Mt CO ₂ -Äq.	54 Mt CO ₂ -Äq.
Emissionen aus Herstellung zusätzlicher Wind- und PV- Anlagen und Batteriespeicher verteilt auf 20 Jahre		+7 Mt Wind und PV +31 Mt Batteriespeicher
		92 Mt CO ₂ -Äq.
 Stromgestehungskosten	Ø 49 Mrd. EUR	Ø 68 Mrd. EUR

Speicherkapazität, konventionelle Stromerzeugung, Emissionen und Kosten heute und in einem Szenario mit 80 % erneuerbare Energien am BSV

Eigene Berechnungen. Basisdaten: ENTSO-E Transparency Platform; GEMIS, Version 4.95, April 2017; Fraunhofer ISE: Was kostet die Energiewende?, November 2015; VGB PowerTech: Levelised Cost of Electricity 2015.

Jährlicher Stromüberschuss in TWh



ZUKUNFTSSZENARIO 2050

80%

Erneuerbarer Anteil
am Bruttostromverbrauch



Stromerzeugung aus Erdgas

170 TWh



THG-Emissionen aus
Stromerzeugung
inkl. Emissionen aus Herstellung
zusätzlicher Wind- und PV

80 Mt CO₂-Äq.



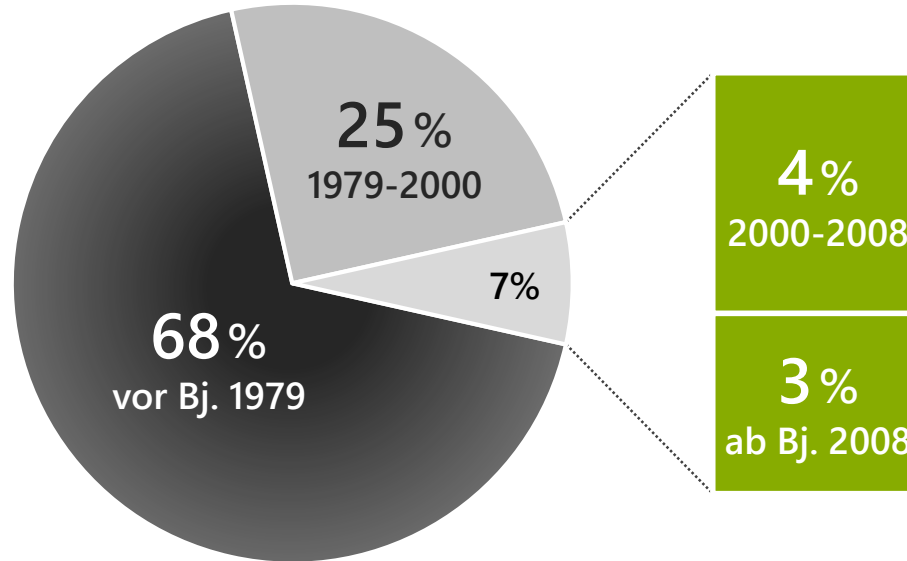
Stromgestehungskosten

ø 73 Mrd. EUR

Jährliche Stromüberschüsse bei unterschiedlicher Speicherkapazität

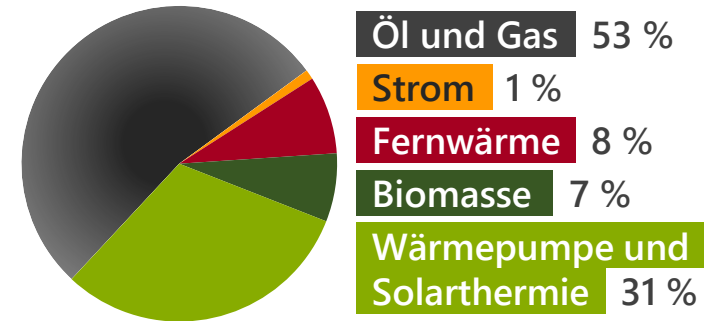
Eigene Berechnungen. Speicherkosten nach Fraunhofer ISE: Was kostet die Energiewende?, November 2015; Stromgestehungskosten nach VGB PowerTech: Levelised Cost of Electricity 2015.

Anteil der Baualtersklassen am Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser

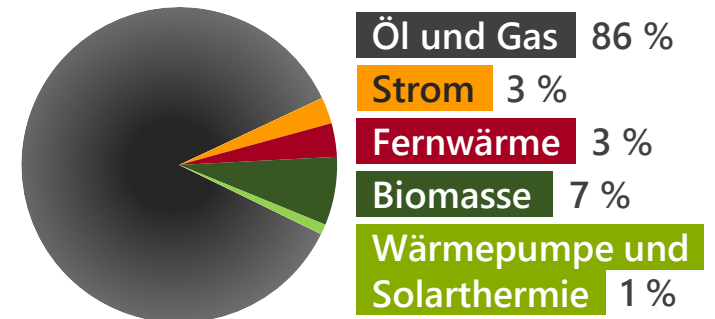


93%
der Gebäude wurden
vor Einführung der EnEV erbaut.

Struktur des Heizwärmeverbrauchs in Neubauten ab Baujahr 1979

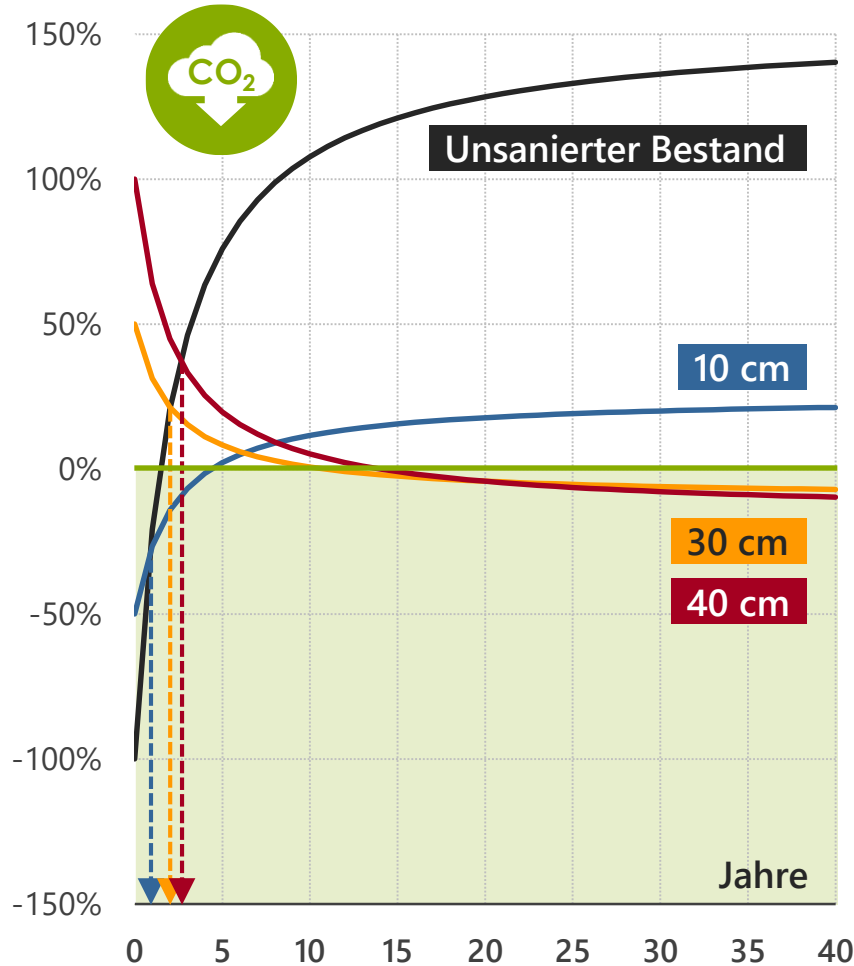


Struktur des Heizwärmeverbrauchs in Altbauten vor Baujahr 1979

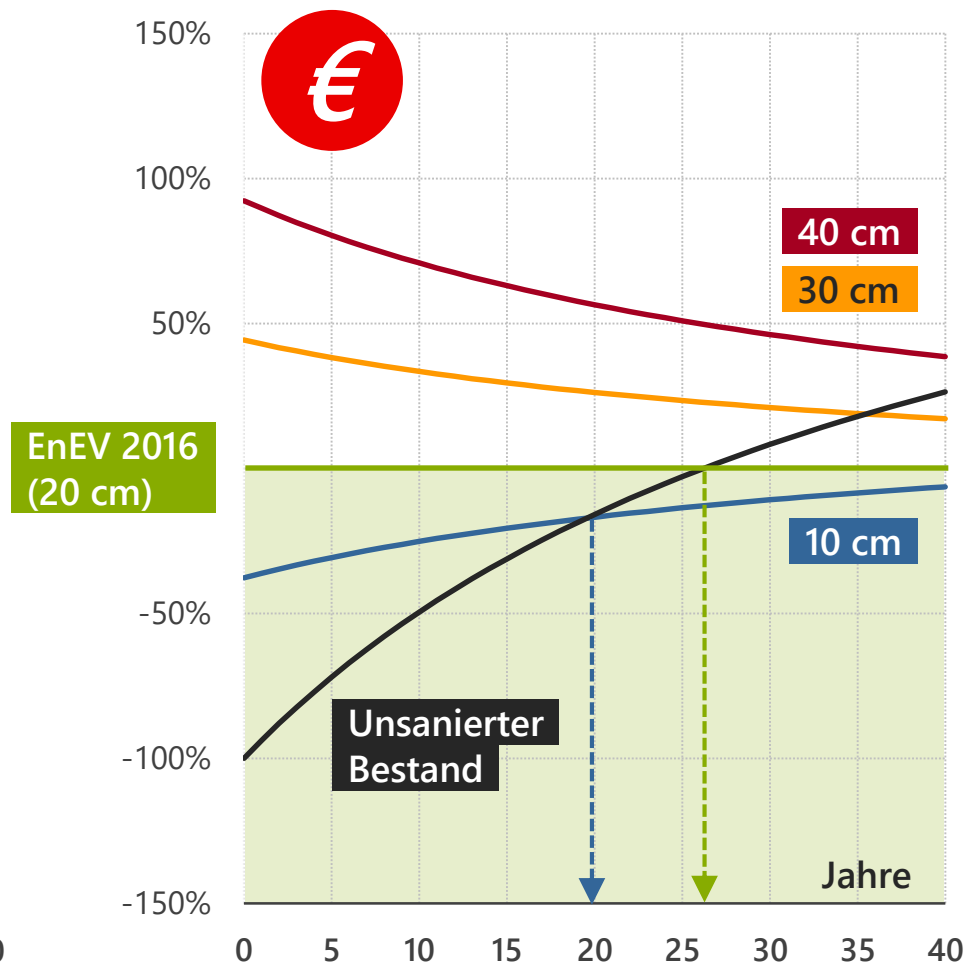


Anteil am Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser der Wohngebäude nach Baualtersklasse (links) und Struktur des Heizwärmeverbrauchs für Neubauten und Bestandsgebäude (rechts)
Quelle: DENA: Gebäudereport 2016 und Institut Wohnen und Umwelt: Datenbasis Gebäudebestand 2012.

Differenz des Treibhausgaspotenzials zu EnEV 2016



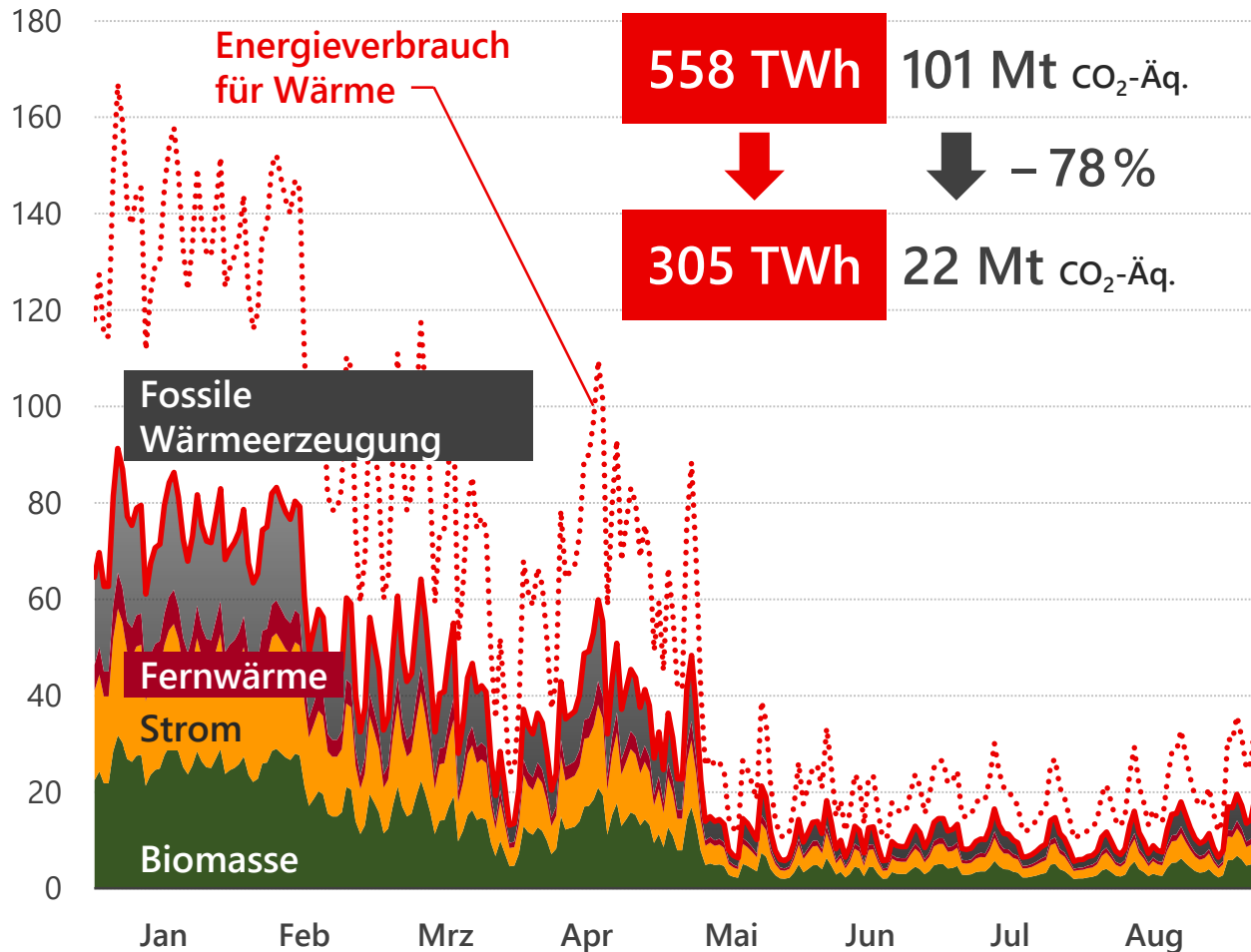
Kostendifferenz zu EnEV 2016



Ökologische und ökonomische Bewertung von Dämmstärkendenicken bezogen auf einen Wandaufbau gemäß energetischen Anforderungen nach EnEV 2016

Basisdaten: Institut Wohnen und Umwelt – Deutsche Gebäudetypologie Beispielgebäude „EFH-L“; Ökologische Bewertung: Ökobaudat 2015, Dämmung Dach und Wand ist Mineralwolle, Dämmung Bodenplatte ist XPS; Ökonomische Bewertung: Gaspreis heute 7 Ct/kWh, Preissteigerung 4% p.a., Zins 4%.

Wärmeleistung in GW



Verlauf des Endenergiebedarfs von Wohngebäuden für Raumwärme und Warmwasser und jeweiliger Anteil der Energieträger
Eigene Berechnungen

ZUKUNFTSSZENARIO 2050

65% Erneuerbarer Anteil am Wärmeverbrauch



10 cm Dämmung
Altbau bis Bj. 1978



50%
El. Wärmepumpen



25%
Biomasse



88 TWh
Heizstrombedarf

46 Mrd. EUR

+3 Mrd. EUR Dämmung

Klimaschutz...

...im Wettbewerb der Bauweisen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



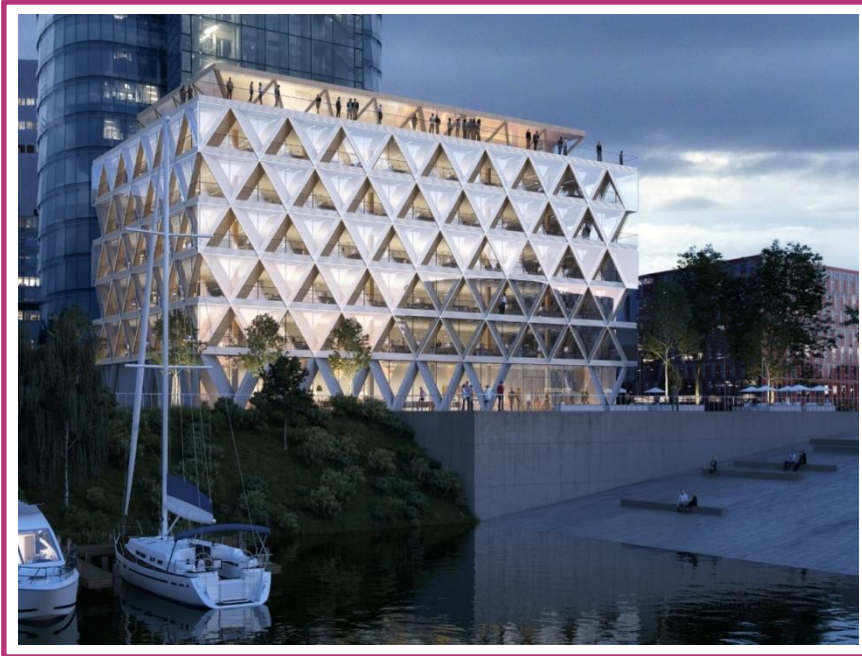
Nachhaltige Häuser baut man heute aus Holz?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



„The Cradle“ | Holzhybridhaus in Düsseldorf



„Wildspitze“ | Hochhaus Hamburg Hafencity



„The Cradle“ | Holzhybridhaus in Düsseldorf



Pressemitteilung via DEAL Newsletter

„Der Name ‚The Cradle‘ kommt nicht von ungefähr“, so Vanja Schneider, Geschäftsführer der INTERBODEN Innovative Gewerbewelten® GmbH & Co. KG. „Die Immobilie wird in Anlehnung an das „Cradle to Cradle®“-Prinzip (dt. von der Wiege bis zur Wiege) entwickelt. Dabei können einzelne Bauelemente nach Gebrauch wiederverwertet werden. Durch diese Art des ressourcensparenden Bauens werden Produktionsprozesse optimiert, das Anfallen von nicht recycelbaren Materialien wird minimiert, der CO₂-Ausstoß reduziert. Wir sind davon überzeugt, dass dieses Zukunftsprinzip ein Vorbild für viele weitere Projekte sein wird“, so Schneider weiter. Zukunftsweisend ist bei ‚The Cradle‘ nicht allein die klimafreundliche Bauweise, für die das Architekturbüro HPP eine spektakuläre Form gefunden hat. Auch beim Mobilitätskonzept geht Entwickler INTERBODEN in die Vorreiterrolle und will im Erdgeschoss eine Service-Stelle für Mobilität, einen sogenannten „Mobilitäts-Hub“, etablieren. Hier wird den Gebäudenutzern sowie Quartiersanliegern ein primär auf E-Mobilität ausgerichtetes Mobilitätsangebot zur Verfügung stehen.

„Wildspitze“ | Hochhaus Hamburg Hafencity



Pressemitteilung via DEAL Newsletter

Die Garbe Immobilien-Projekte GmbH stellt sich mit diesem Projekt auch den Herausforderungen des zukünftigen Bauens, indem durch Verwendung eines hohen Anteils nachwachsender Rohstoffe und der damit verbundenen Reduzierung des Energieverbrauchs und der Kohlendioxidemission während des Bauprozesses ein aktiver Beitrag zum Klimaschutz geleistet wird. Gleichzeitig wird die Chance genutzt, mit Hilfe eines hohen Vorfabrikationsgrads die Bauzeit signifikant zu verkürzen.

Die natürlichen Vorteile des Holzes, seine gute Dämmeigenschaft, sein Potential für die Schaffung eines angenehmen, behaglichen Raumklimas sind weitere positive Aspekte, die das bautechnische Konzept dieses Projektes für Garbe reizvoll macht. Dass Holzbau und Hochhaus keinen Widerspruch darstellen, zeigt die aktuelle internationale Entwicklung: diverse Projekte tragen den Holzbau in die Metropolen und über die Hochhausgrenze hinaus. Holzhochhäuser in Wien (Gesamthöhe ca. 84 m), Amsterdam (ca. 73 m) und Vancouver (ca. 52 m) befinden sich derzeit in Bau oder wurden jüngst fertig gestellt.

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



www.energieatlas.bayern.de

Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren (THG-Holzbau)



04 / 2017

Ressourceneffizientes Bauen, Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner
Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Ruhr-Universität Bochum (RUB)

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM

RUB



Aktuelle Studie zu CO₂-Tonnagen und Wärmespeichereffekten

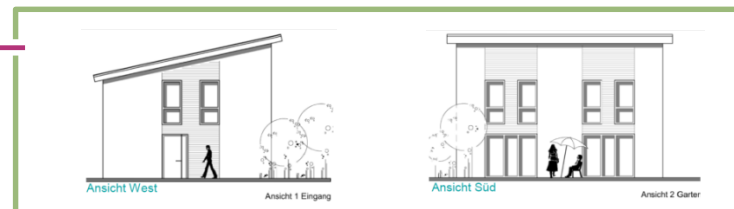
Aktualisierung bisheriger Studien und Fokussierung auf Ökobilanzierung über Lebenszyklus



CO₂-Tonnagen und Wärmespeichereffekte
über den Lebenszyklus von Gebäuden

Kurzstudie
- Revision C -

Muster-Einfamilienhaus



großes Muster-Mehrfamilienhaus (180 WE)

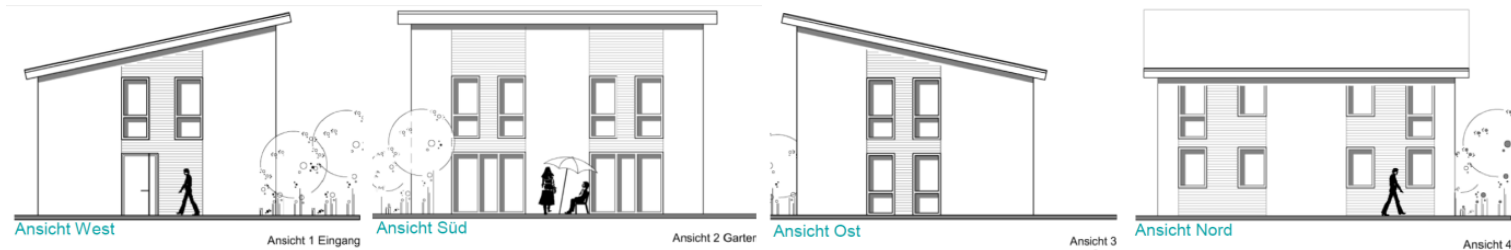


kleines Muster-Mehrfamilienhaus (12 WE)



Ökobilanzielle Analyse von repräsentativen Musterhaus-Typen

Typengebäude EFH und Typengebäude MFH der ARGE Kiel



Vorzüge Betrachtung Typengebäude ARGE Kiel

- ▶ Auch Vielzahl realer Beispielgebäude führte zu weiten Ergebnisspektren
- ▶ Basis: Statistiken, Marktbeobachtungen und differenzierter Bautätigkeitserfassung
- ▶ Repräsentativität und Praxisrelevanz (Übertragbarkeit auf gesamtdeutschen Wohnungsbau)
- ▶ Hervorragende Datenbasis zu Baukosten, Konstruktionen und energetischer Qualität





Verifizierung der Studie durch externe kritische Gegenprüfung

Zentrale Prüfergebnisse | Expertise der Prüfinstanz (Dr. Eva Schmincke)

Konformität mit EN 15978, EN 15804+A1,
ISO 14040 und ISO 14044 ✓

Wissenschaftliche und technische
Begründung der Bilanzierung ✓

Plausibilität und Adäquanz der
verwendeten Basisdaten ✓

Plausibilität der Gebäudedaten
(Massenströme) ✓

Reflektion der LCA-basierten Aussagen ✓

Transparenz und Konsistenz der
Bilanzdarstellung ✓

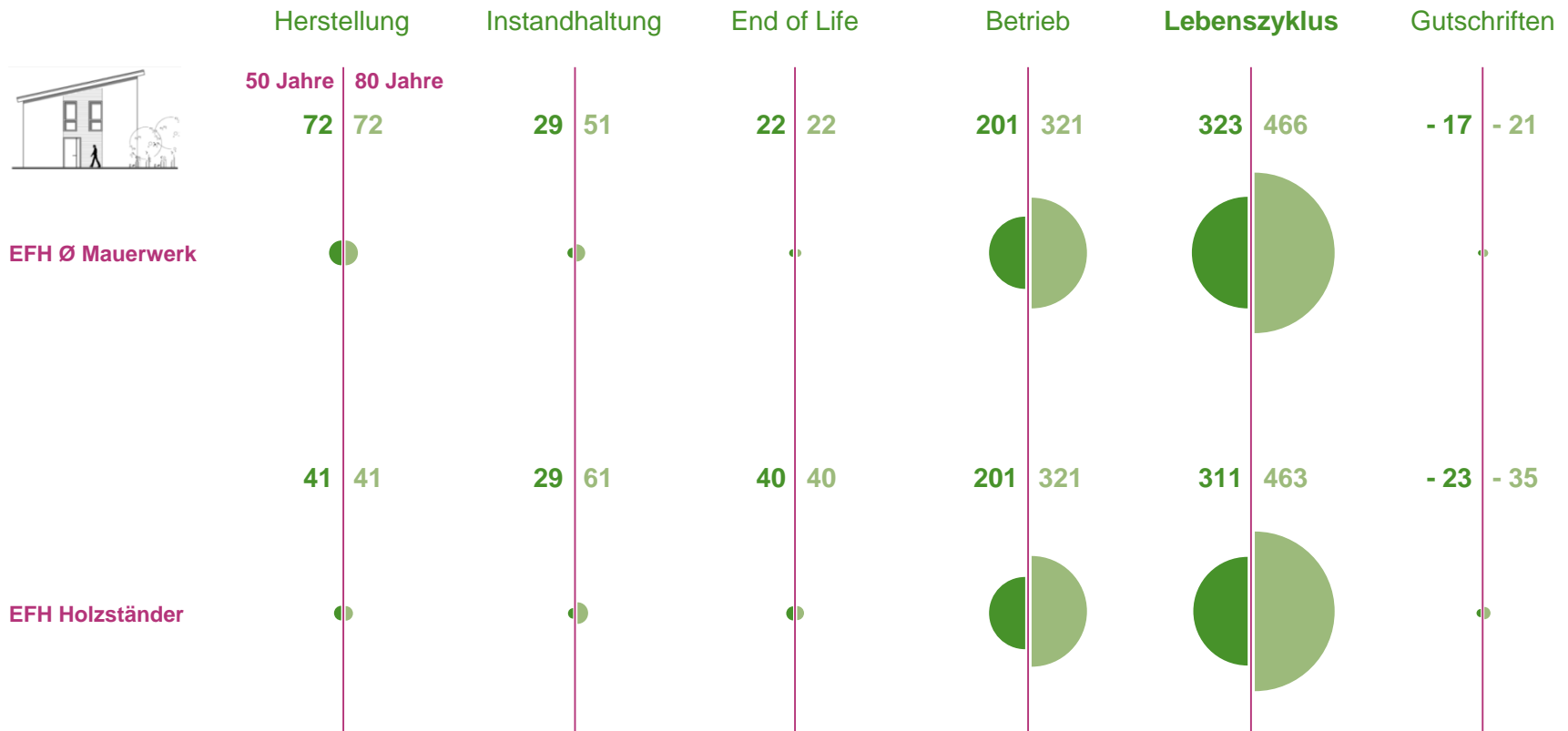
Angaben zur Prüfinstanz

- ▶ Vorsitzende der unabhängigen LCA-/EPD-Verifizierer des Instituts Bauen und Umwelt (IBU)
- ▶ Langjähriges Mitglied des IBU-Sachverständigenrats
- ▶ Mitglied des DIN-Normungsausschusses Bauwesen (NA005)
- ▶ Convenerin der Arbeitsgruppe 3 des CEN/TC350 (u.a. zuständig für DIN 15804)
- ▶ Langjährige DGNB-Auditorin und Beraterin der DGNB für die europäische Normung und internationale Forschungsaktivitäten



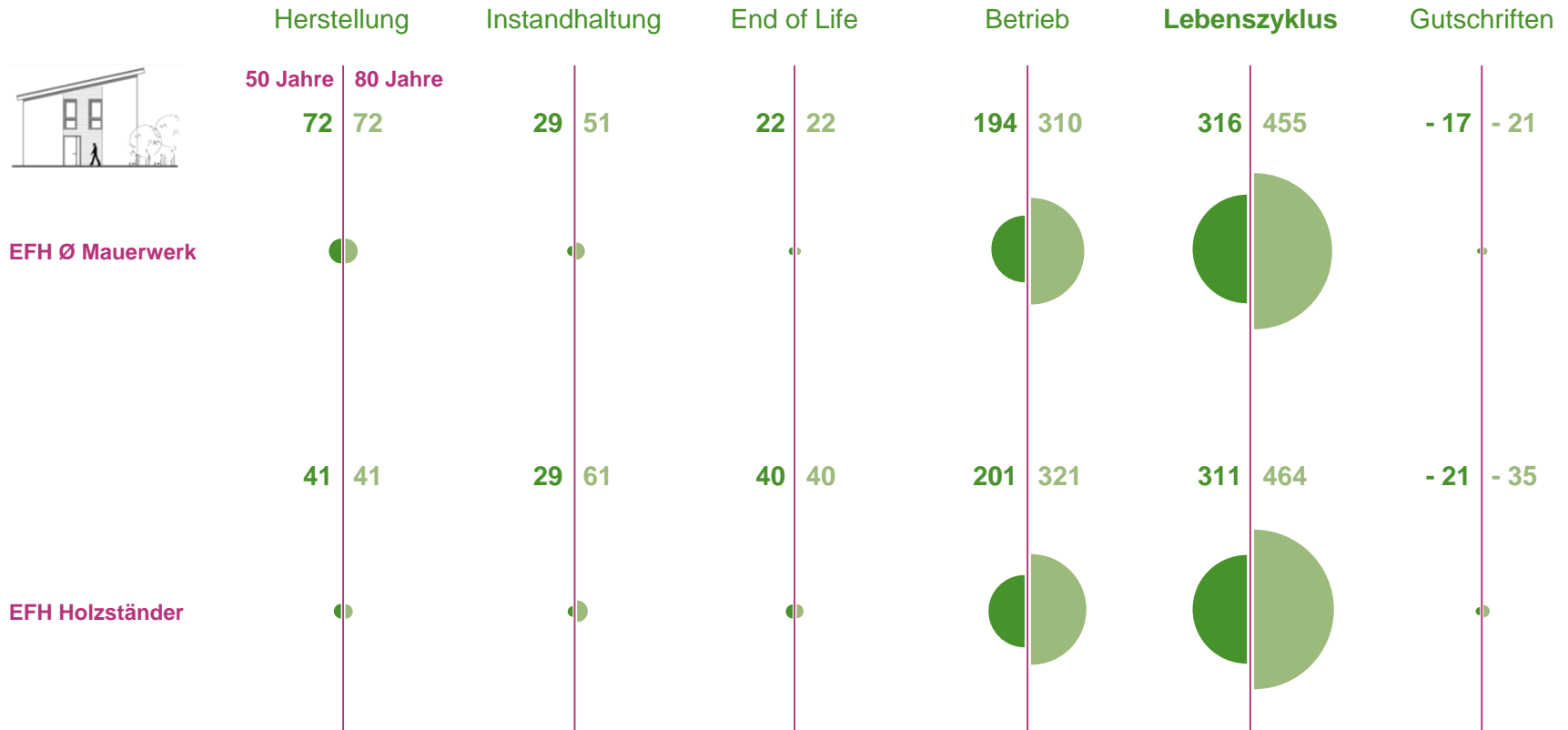
Bisherige Studienergebnisse *ohne* Wärmespeichereffekte

CO₂-Äquivalente in Tonnen für Muster-EFH über 50 + 80 Jahre



Neue Studienergebnisse *mit* Wärmespeichereffekten

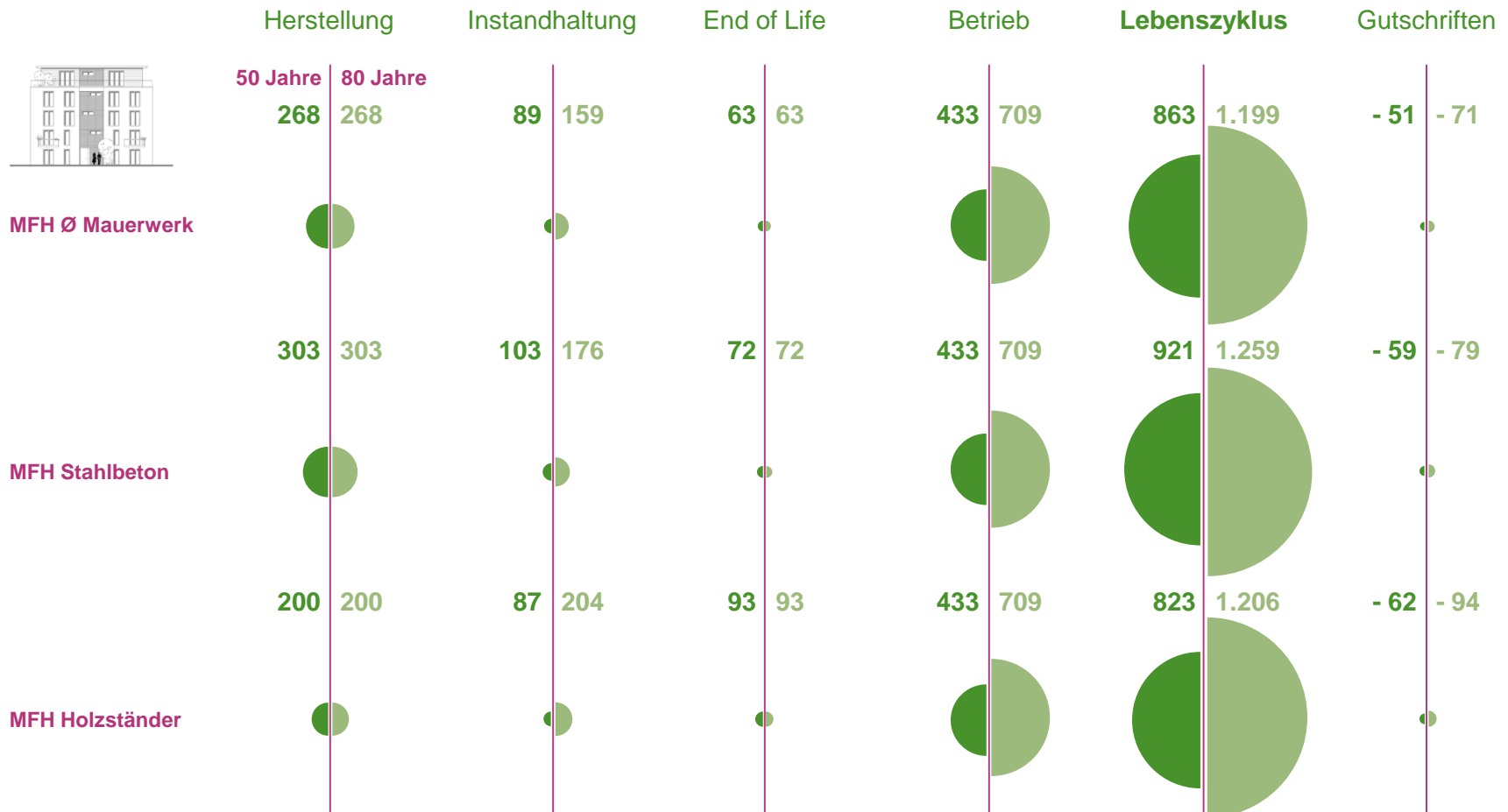
CO₂-Äquivalente in Tonnen für Muster-EFH über 50 + 80 Jahre





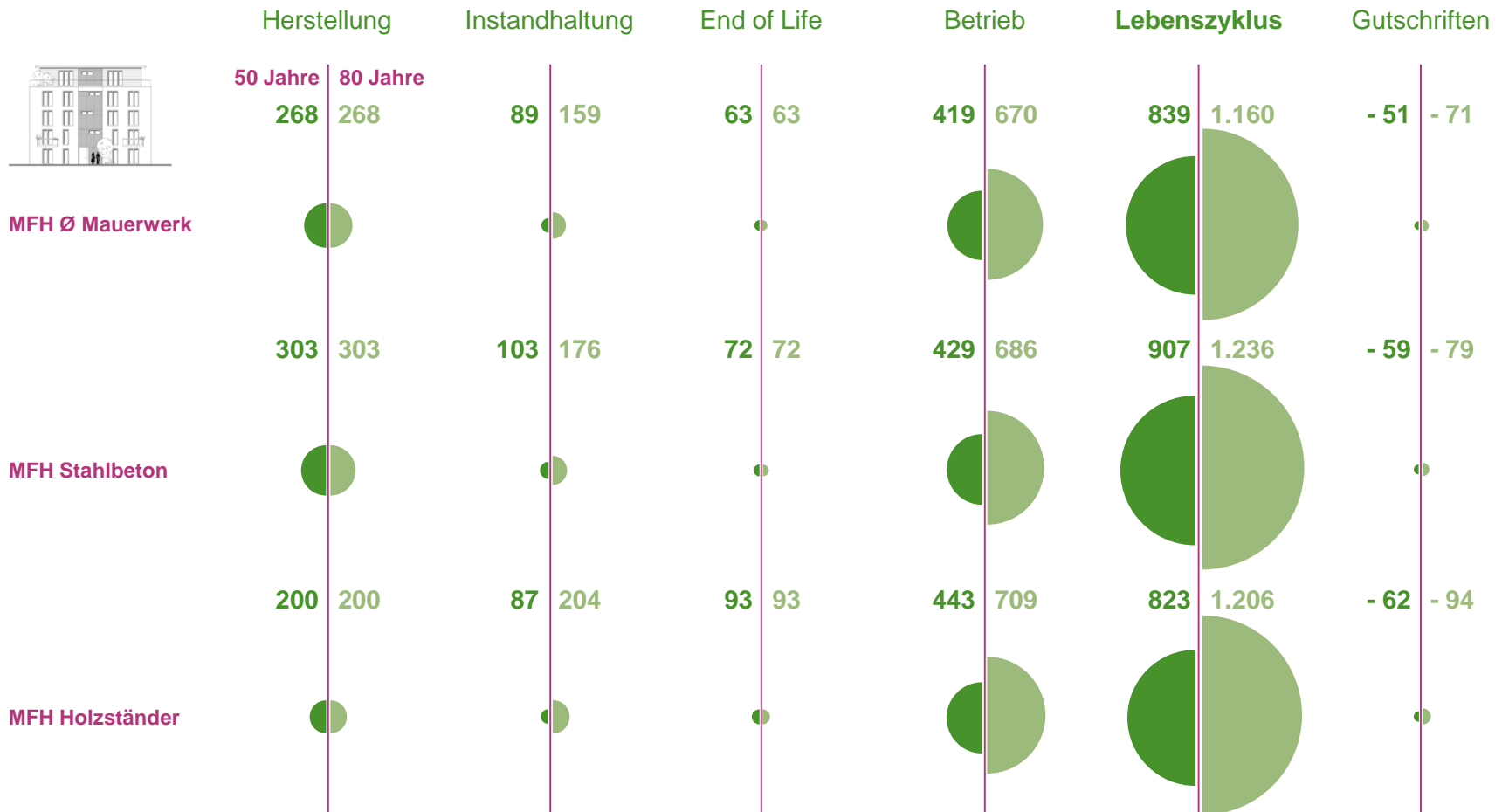
Bisherige Studienergebnisse *ohne* Wärmespeichereffekte

CO₂-Äquivalente in Tonnen für Muster-MFH über 50 + 80 Jahre



Neue Studienergebnisse *mit* Wärmespeichereffekten

CO₂-Äquivalente in Tonnen für Muster-MFH über 50 + 80 Jahre





Ergebnisaggregation und -darstellung macht den Unterschied

Gegenüberstellung aktueller relevanter Studien



CO2-Tonnagen und Wärmespeichereffekte
über den Lebenszyklus von Gebäuden

Kurzstudie
- Revision C -



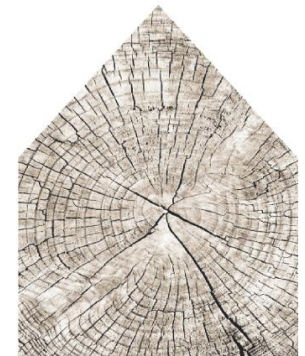
Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Energie und Technologie
Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Kurzfassung

www.energieatlas.bayern.de

Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden –
Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und
Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren
(THG-Holzbau)



04 / 2017

Ressourceneffizientes Bauen, Prof. Dr.-Ing. Annette Halner
Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Ruhr-Universität Bochum (RUB)

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM **RUB**

LfU-Studie „Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden“

Wesentliche Ergebnisse



Jede Bauweise besitzt sowohl Stärken als auch Schwächen, sodass weder die Massiv- noch die Leichtbauweise allein favorisiert werden kann.

Schwere massive Bauformen erreichen durch ihre hohe thermisch wirksame Masse eine hohe Wärmepufferwirkung. Dadurch kann der Heizwärmebedarf in einer Größenordnung von 10 % verringert sowie eine sommerliche Überwärmung des Gebäudes stark reduziert werden. Ebenso lassen sich ein hohes Schallschutzniveau und ein gutes Brandschutzverhalten einfach erreichen.

Die Vorteile der leichteren **Holzbauweisen** liegen vor allem in der Energieeinsparung bei der Herstellung und Errichtung des Gebäudes (graue Energie) sowie den geringeren Emissionen im Bereich Treibhausgasausstoß, Versauerung, Eutrophierung und Sommersmogbildung.

Allgemein wurde bestätigt, dass eine Steigerung der **Energieeffizienz** eine Reduktion der Umweltauswirkungen im Lebenszyklus des Gebäudes zur Folge hat, weshalb diese anzustreben ist. Der energetische Mehraufwand bei der Herstellung, um eine erhöhte Effizienz des Gebäudes zu erreichen, wird typischerweise durch Einsparungen während der Nutzungsdauer bei den Parametern Primärenergieaufwand und Treibhausgaspotenzial deutlich überkompensiert. Ebenfalls lässt sich hierdurch der Wohnkomfort steigern, insbesondere durch eine geringe Überwärmung des Gebäudes im Sommer.

RUB-Studie „THG-Holzbau“

Wesentliches Ergebnis und ergebnisprägende Randbedingungen

Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden –
Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und
Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren
(THG-Holzbau)



04 / 2017

Ressourceneffizientes Bauen, Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner
Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften
Ruhr-Universität Bochum (RUB)

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM **RUB**

Ergebnis

$$\text{CO}_2\text{-Substitution} = \frac{\text{■} - \text{■}}{\text{■}} < \sim 58 \%$$



Konstruktion Holzbau



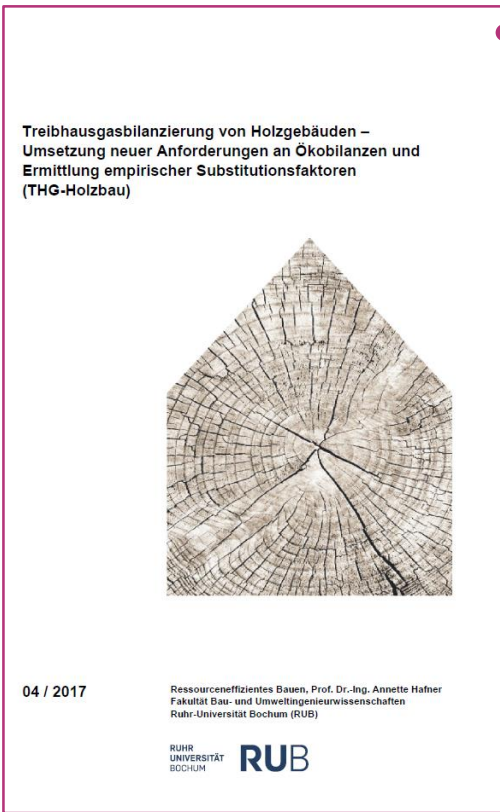
Konstruktion Massivbau

Randbedingungen

- # unterschiedliche energetische Standards
- # konstruktionsunspezifische Bauteile (Keller, Dach, Innenausbau, Fenster, etc.) exkludiert
- # Betriebsphase (Wärme- und Strombedarf) exkludiert

RUB-Studie „THG-Holzbau“

Ergebniswirkung der RUB-Randbedingungen



➔ Ergebniswirkung RUB-Konfiguration

$$\text{CO2-Substitution} = \frac{[\text{Green Square} + \text{Grey Square} + \text{Red Circle}]}{[\text{Green Square} + \text{Grey Square} + \text{Red Circle}] - [\text{Brown Square} + \text{Grey Square} + \text{Grey Circle}]}$$

< ~ 58 %

- Konstruktion Holzbau
- Konstruktion Massivbau
- Keller, etc.
- Modul B6 ohne Speichereffekt
- Modul B6 mit Speichereffekt

➔ Relatives Substitutionspotential wird unrealistisch vergrößert!



RUB-Studie „THG-Holzbau“

Zum Vergleich: Konfiguration LCEE-Studie








CO₂-Tonnagen und Wärmespeichereffekte
über den Lebenszyklus von Gebäuden

Kurzstudie
Revision C

Konfiguration LCEE-Studie

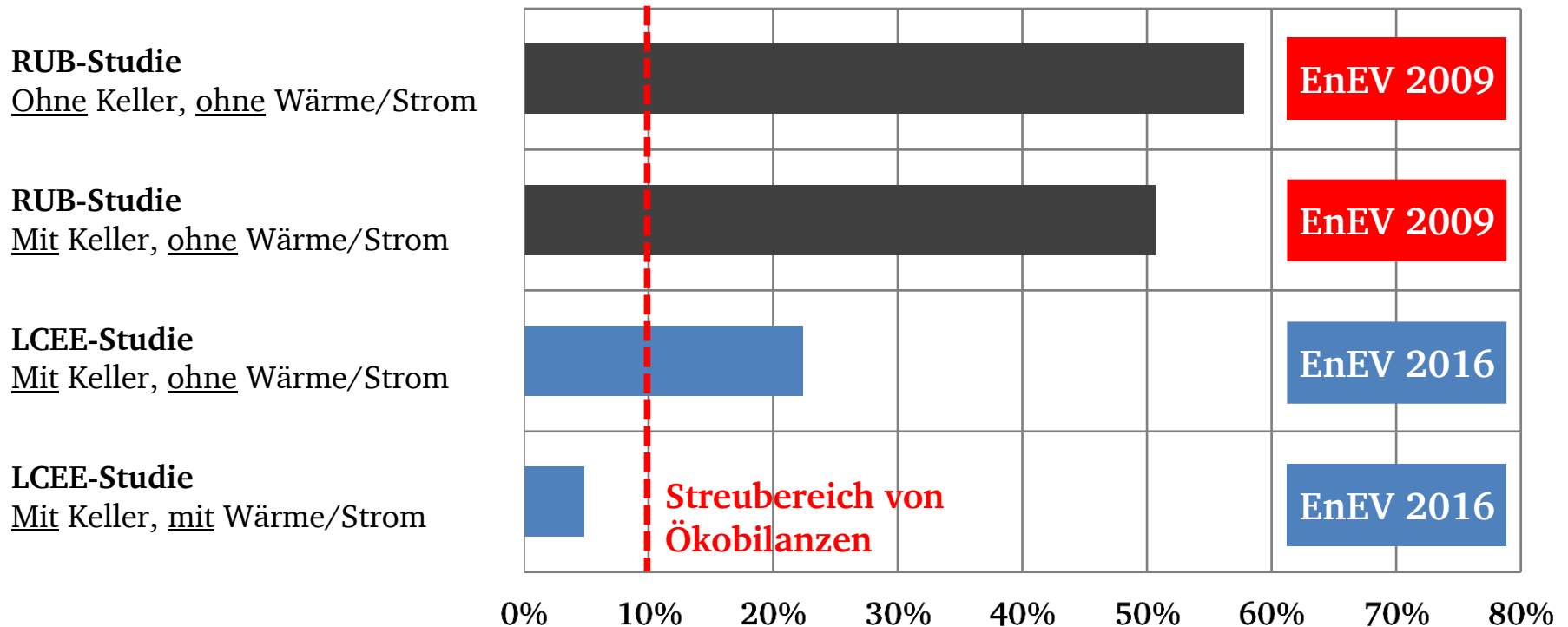
$$\text{CO}_2\text{-Substitution} = \frac{[\text{Green Square} + \text{Grey Square} + \text{Red Circle}] - [\text{Brown Square} + \text{Grey Square} + \text{Grey Circle}]}{\text{Green Square} + \text{Grey Square} + \text{Red Circle}}$$

< ~ 5 %

-  Konstruktion Holzbau
-  Konstruktion Massivbau
-  Keller, etc.
-  Modul B6 ohne Speichereffekt
-  Modul B6 mit Speichereffekt

RUB-Studie „THG-Holzbau“

Vergleichendes Gutachten der TU Darmstadt (Auszug)



„RUB-Studie wählt [...] Untersuchungsrahmen, der eine [...] über-
spitzte ökologische Vorteilhaftigkeit des Holzbaus suggeriert.“

„Referenzwerte“ CO₂ als Relation für 50 Jahre-Betrachtung

Beispiele: Pro-Kopf-Emissionen CO₂ in Deutschland | CO₂-Emissionen Pkw-Verkehr



- ▶ „Übersetzung“ Differenzen CO₂-Tonnagen Holzbau ggü. Mauerwerk in km-Fahrleistung eines durchschnittlichen Diesel-Mittelklassewagens
- ▶ Umrechnung auf Zeitraum eines Jahres
- ▶ Differenzen Typengebäude EFH entsprechen Fahrleistung von ca. 550 km
- ▶ Differenzen Typengebäude MFH entsprechen pro Wohnung Fahrleistung von ca. 145 km

KLB-Steine...

...im ökobilanziellen Wettbewerb

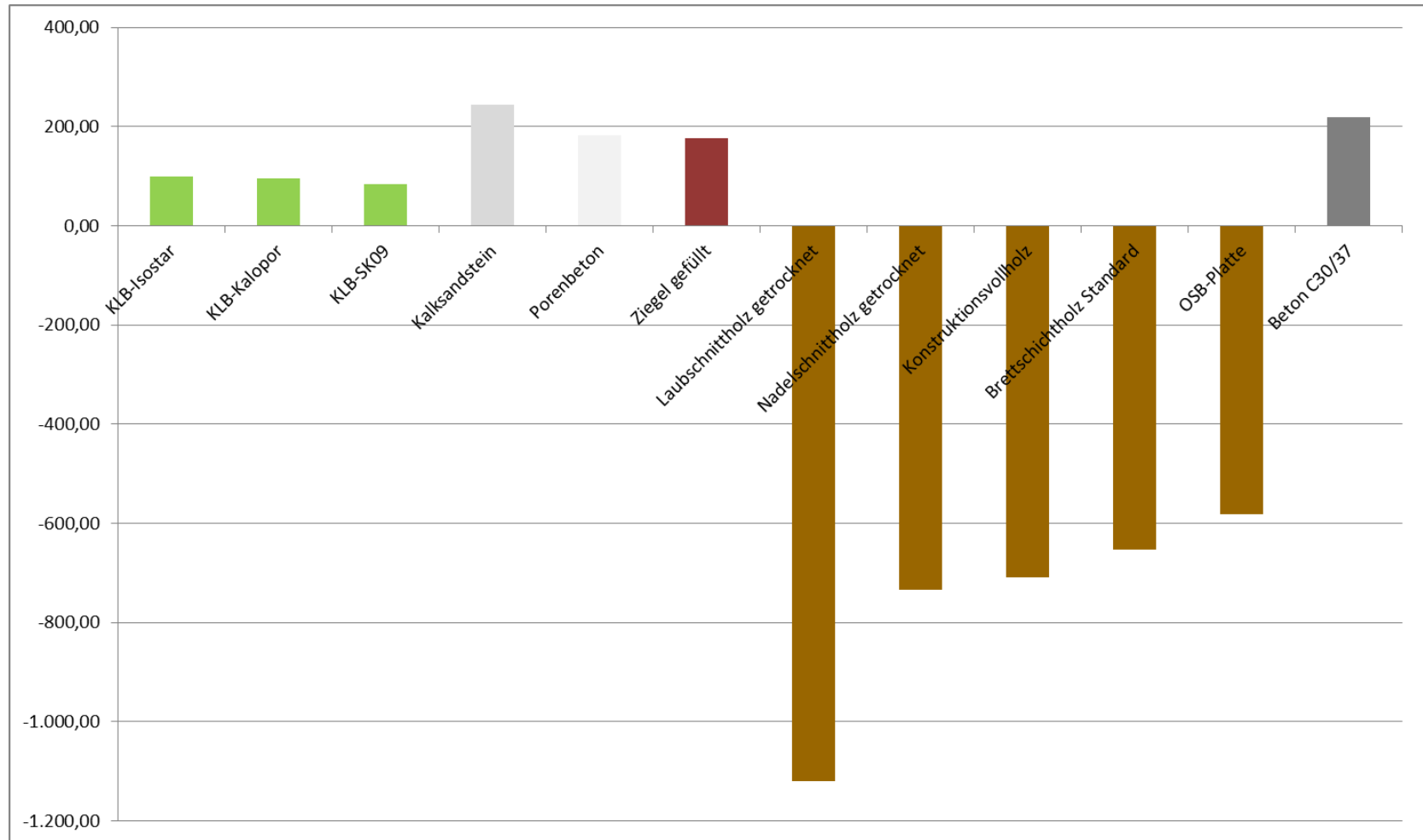


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



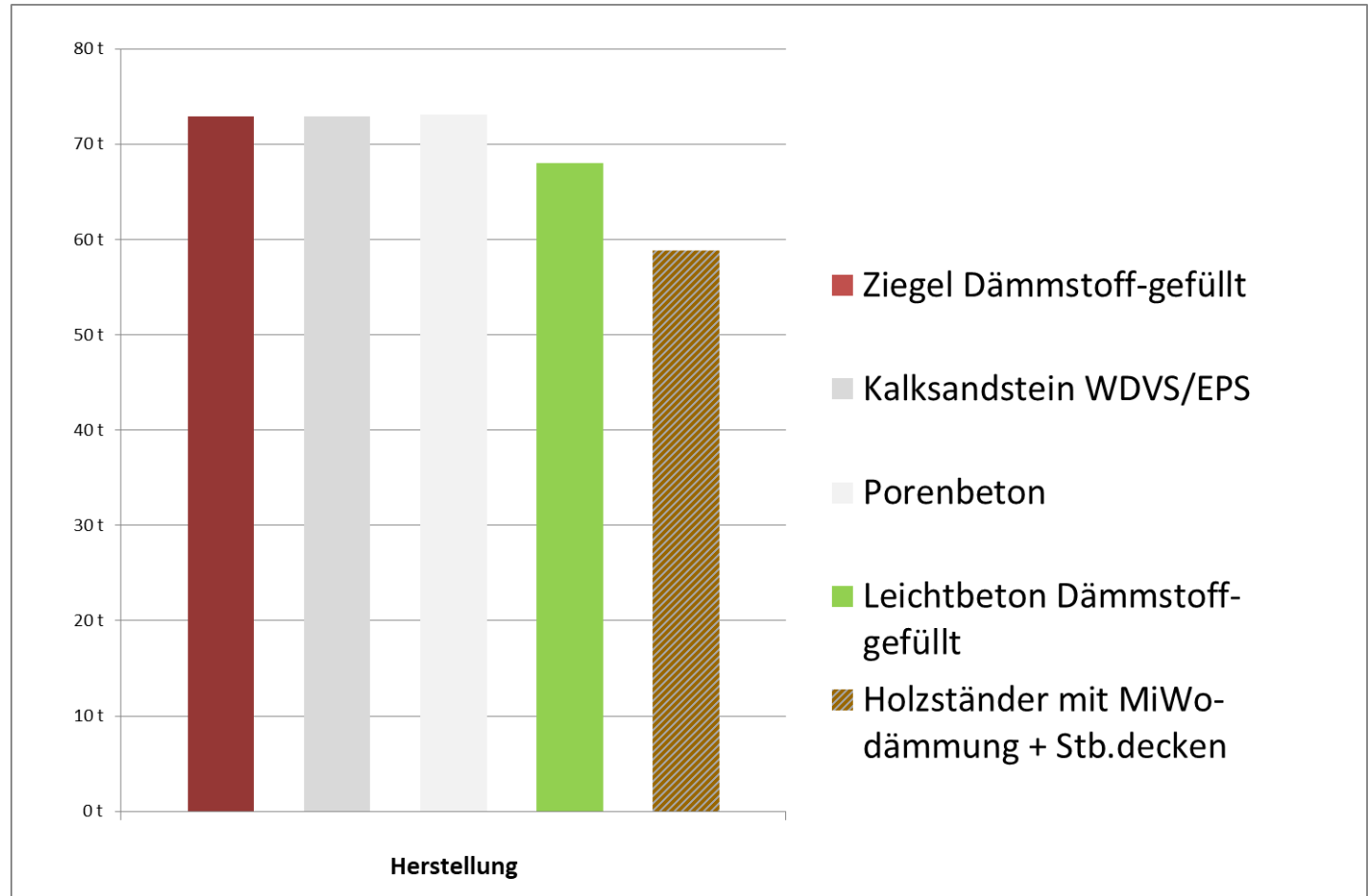
Überblick über Emissionen bei der Herstellung von Bauprodukten

CO₂-Äquivalente in kg je m³ konstruktivem Bauprodukt für Module A1-A3 (gemäß ökobau.dat)



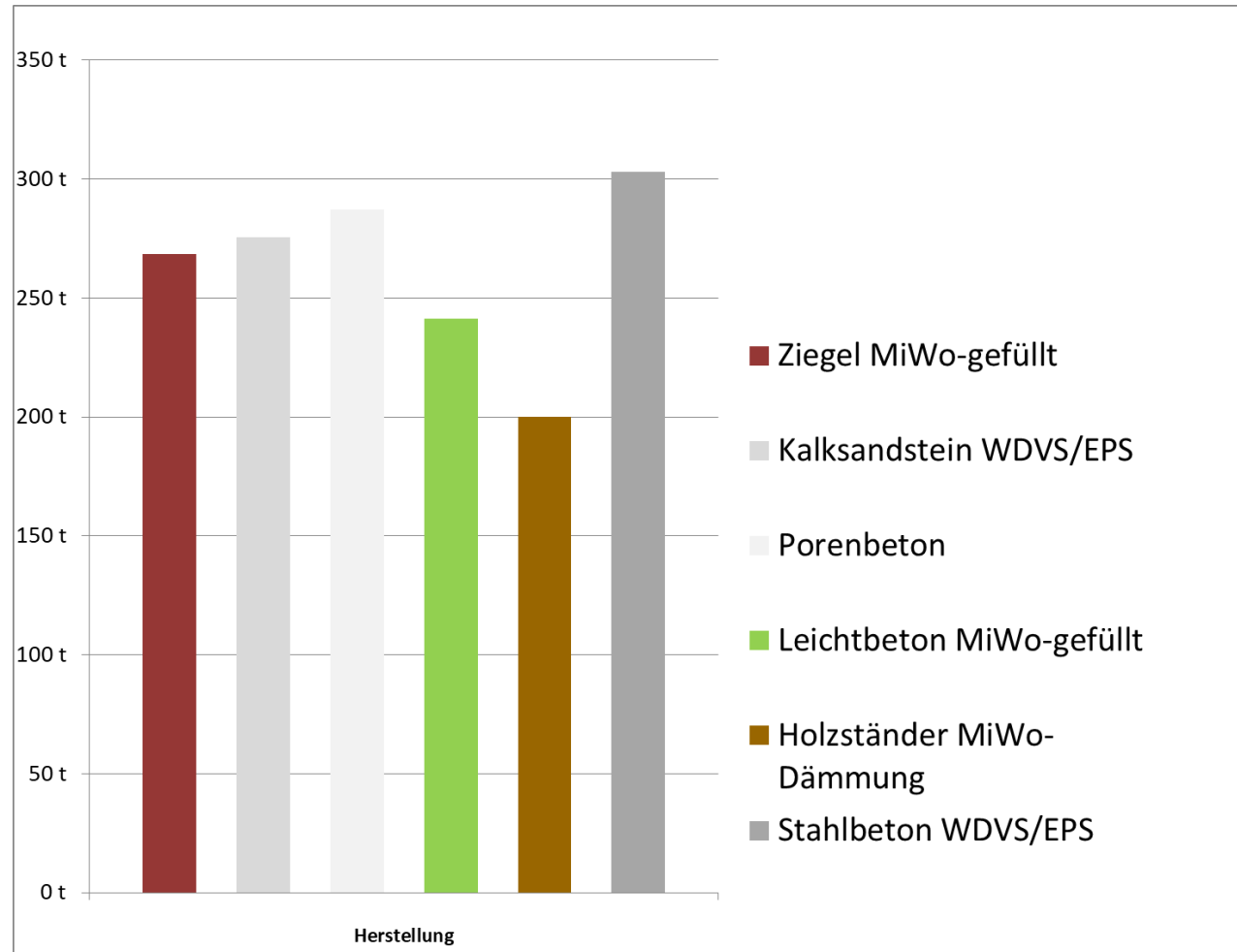
Leichtbeton mit sehr niedrigen Umweltwirkungen bei der Herstellung

CO₂-Äquivalente für EFH-Typengebäude Lebenszyklusphase Herstellung (A1-A3)



Leichtbeton mit sehr niedrigen Umweltwirkungen bei der Herstellung

CO₂-Äquivalente für MFH-Typengebäude Lebenszyklusphase Herstellung (A1-A3)



Fazit & Ausblick



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Was bedeuten diese Ergebnisse für das klimaschonende Bauen?

Ergebnisinterpretation

- 1 | Bauweise ökobilanziell *nicht* entscheidend
- 2 | Ökobilanziell *zentral* ist *Betriebsphase*
- 3 | *Klimaneutralität* bestimmt durch *Energieversorgung*
- 4 | *Nutzer(-ausstattung)* hat entscheidende Bedeutung

Was bedeuten diese Ergebnisse für das klimaschonende Bauen?

Denkanstöße | Neuer Blickwinkel für ganzheitliche Betrachtung erforderlich

