



# Deutschland baut darauf – Nachhaltigkeit von Leichtbeton-Mauerwerk

*KLB-Forum 2014*



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

# Übersicht

---

- 1** | **Strategie der Nachhaltigkeit –**  
Kind globaler Krisen und Vision einer resilienten Zukunft *Seite 2*
- 2** | **Die Bau- und Immobilienwirtschaft –**  
Schlüsselbranche einer nachhaltigen Entwicklung *Seite 6*
- 3** | **Nachfrage im Wandel –**  
Treiber für die Baustoff- und Bauzulieferindustrie *Seite 11*
- 4** | **Neuer Kommunikationskanal –**  
Baupraktische Relevanz von EPDs *Seite 16*
- 5** | **Ganzheitlicher Bewertungsansatz –**  
Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton *Seite 22*
- 6** | **Zertifizierte Nachhaltigkeit –**  
Bewertung eines Muster-EFH *Seite 34*
- 7** | **Fazit –**  
Nachhaltigkeitsqualitäten von Leichtbetonmauerwerk *Seite 41*



# 1 Strategie der Nachhaltigkeit – Kind globaler Krisen und Vision einer resilienten Zukunft

# 1 Strategie der Nachhaltigkeit

## Begriff Nachhaltigkeit hat sich gesamtgesellschaftlich etabliert – begriffliche Unschärfe wird allerdings kritisch gesehen

Beispiele für sprachlichen Begriffsmissbrauch



Produktwerbung *Wella Professionals*  
[...] beseitigt Schuppen schonend und *nachhaltig*.



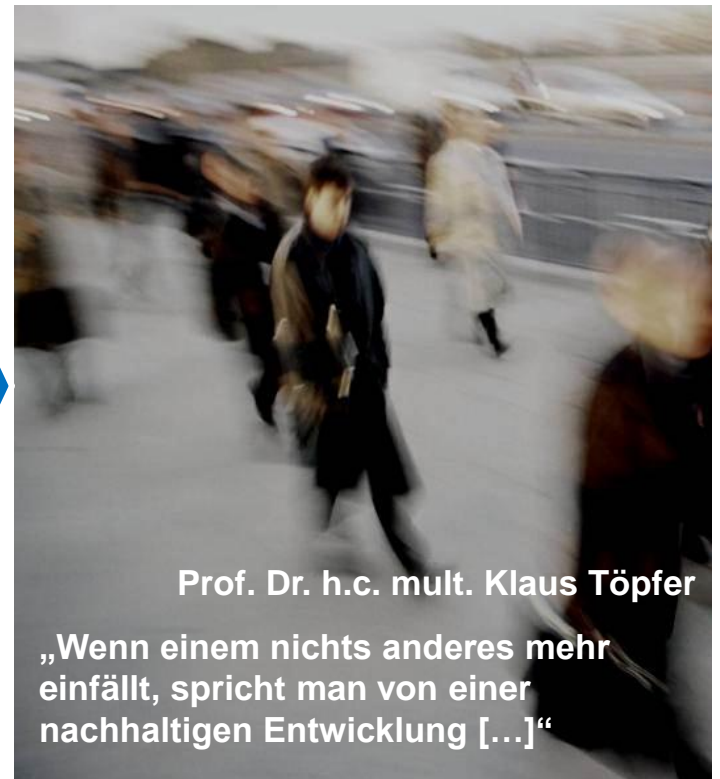
Onlinewerbung *Laderma*  
[...] dank moderner Lasertechnologie  
Haare [...] *nachhaltig* entfernen.



*Focus* – Wie abnehmen?  
[...] welche Verhaltensänderungen  
wirken, um [...] *nachhaltig* Gewicht  
zu verlieren.



*Balisto* Online-Claim  
„Natürlich nasch‘ ich *nachhaltig*!“



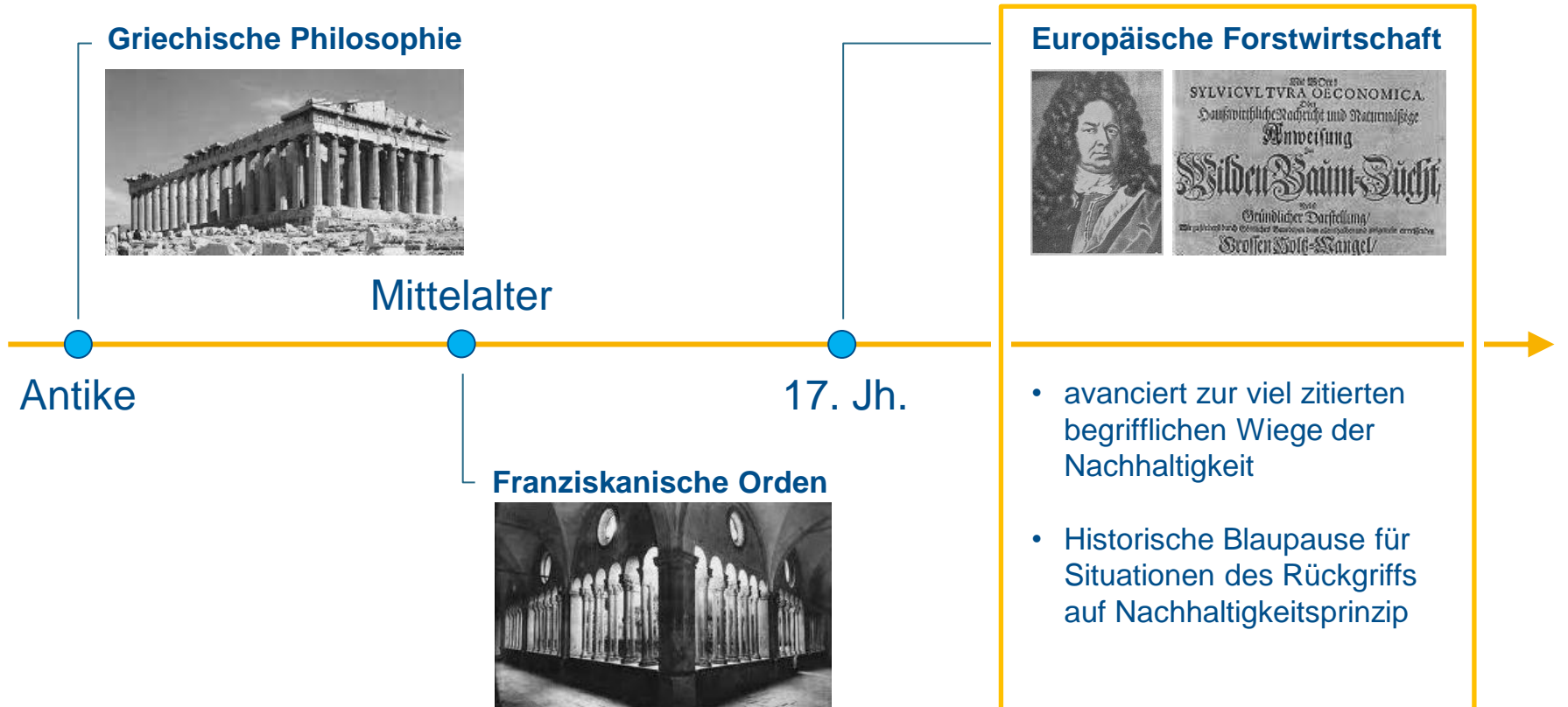
Prof. Dr. h.c. mult. Klaus Töpfer

„Wenn einem nichts anderes mehr  
einfällt, spricht man von einer  
nachhaltigen Entwicklung [...]“

# 1 Strategie der Nachhaltigkeit

## Nachhaltigkeitsansatz stellt aus historischer Sicht unser originäres Weltkulturerbe dar

Lange Ahnenreihe ihrer „Erfinder“



# 1 Strategie der Nachhaltigkeit

## Nachhaltigkeitsbegriff erlebt in globaler Krisensituation des Klimawandels erneute Renaissance

Erstaunliche Parallelen zur Ressourcenkrise des 17. Jahrhunderts





## 2 Die Bau- und Immobilienwirtschaft – Schlüsselbranche einer nachhaltigen Entwicklung

## 2 Nachhaltigkeit in der Bau- und Immobilienbranche

### Nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ordnet der Bau- und Immobilienwirtschaft eine Schlüsselrolle zu

Anteile der Bau- und Immobilienwirtschaft an Umweltwirkungen - Auswahl



60 %

des bundesdeutschen Abfallaufkommens entfallen auf das Bauwesen



40 %

der europäischen Energie- und Stoffströme werden durch das Bauwesen verursacht



33 %

des Ressourcenverbrauchs in Deutschland geht auf das Konto des Bauwesens



30 %

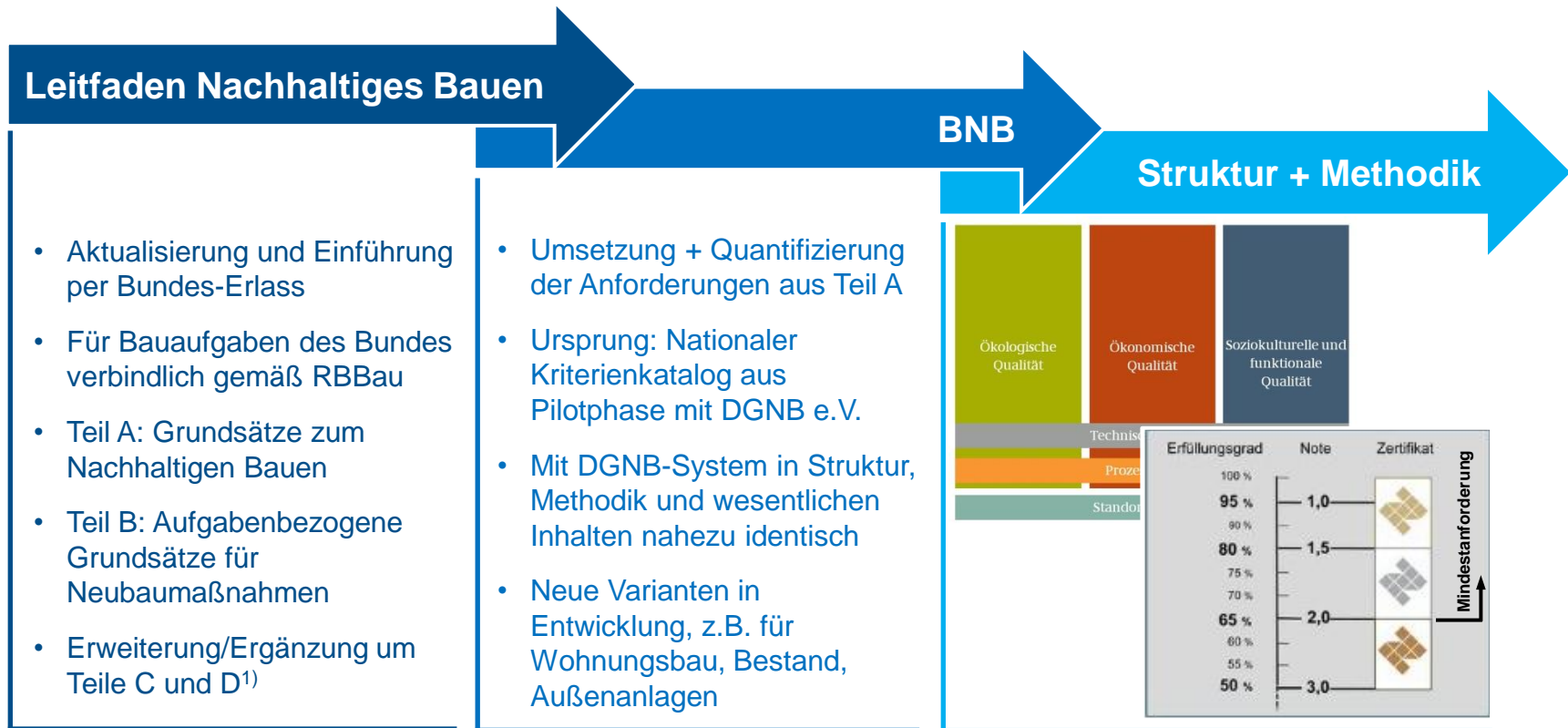
der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der OECD entfallen auf Wohn- und Gewerbeimmobilien



## 2 Nachhaltigkeit in der Bau- und Immobilienbranche

# Forcierte ganzheitliche Betrachtungsweise von Bauwerken gilt dabei als zentraler Baustein einer nachhaltigen Entwicklung

Zertifizierungssysteme als Element der baupraktischen Umsetzung – Beispiel: BNB-System

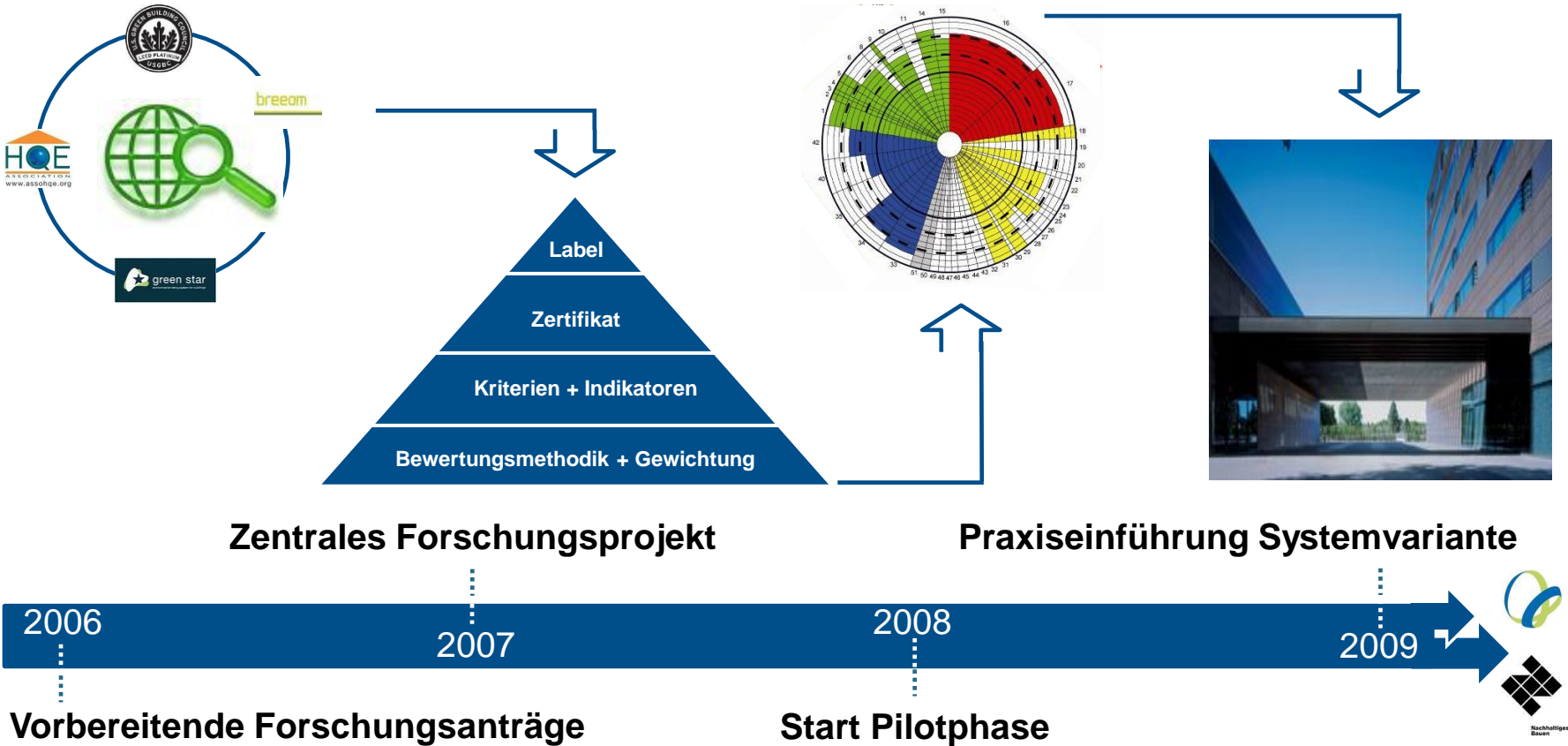


1) Teil C: Nutzung + Bewirtschaftung, Teil D: Bestand; Ergänzung voraussichtlich im 3. Quartal 2011

## 2 Nachhaltigkeit in der Bau- und Immobilienbranche

### TU Darmstadt war bei der Entwicklung und Pilotphase der deutschen Gütesiegel federführend beteiligt

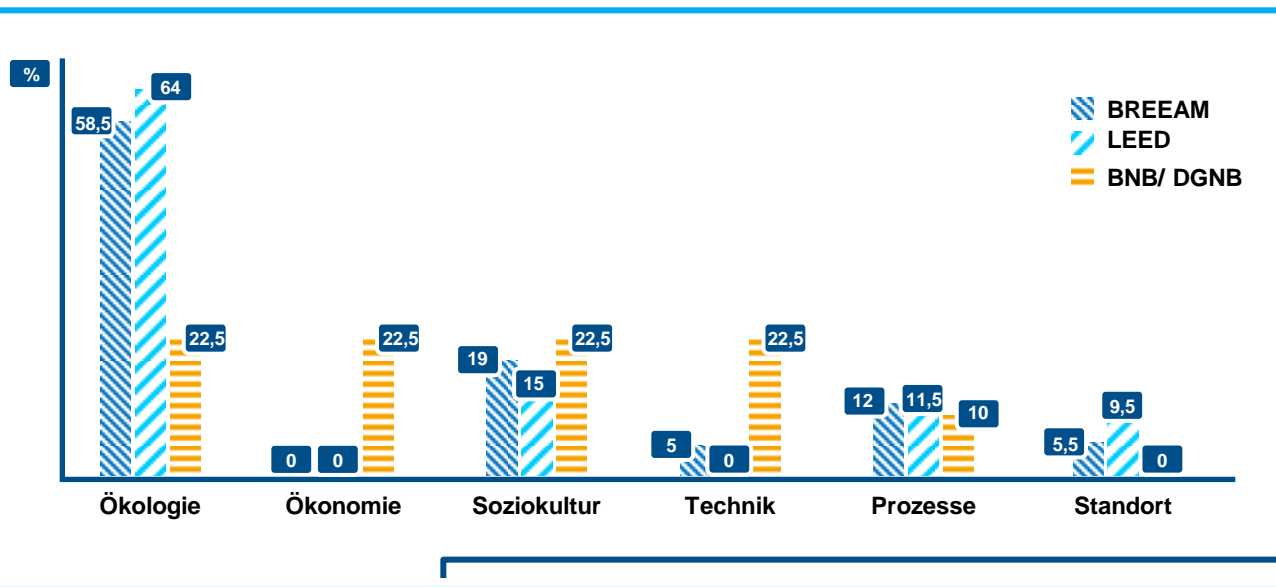
Systemstränge BNB und DGNB haben gemeinsamen Ursprung



## 2 Nachhaltigkeit in der Bau- und Immobilienbranche

### DGNB und BNB gehören zu ganzheitlichen Zertifizierungssystemen der 2. Generation – *Sustainable Building* als Bewertungsgegenstand

BREEAM und LEED mit ökologischem Fokus – *Green Building Rating*



- Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden keine deutsche Innovation
- Systeme BREEAM und LEED bereits in 1990er Jahren eingeführt
- BREEAM und LEED entsprechen aber nicht dem global anerkannten Drei-Säulen-Modell
- DGNB/ BNB sind ganzheitlich orientierte Evolutionsstufe

A hand is shown holding a glass that contains a reflection of a lush green tree against a blue sky with white clouds. In the background, several white wind turbines are visible, slightly out of focus. The overall image conveys a message of environmental friendliness and sustainable energy.

### **3 Nachfrage im Wandel – Treiber für die Baustoff- und Bauzulieferindustrie**

### 3 Nachhaltigkeit als Treiber für die Baustoffindustrie

## Nachhaltigkeit verstetigt sich als Trend der sozioökonomischen und bau- und immobilienwirtschaftlichen Entwicklung

Nachfrage nach nachhaltigen Gebäuden beeinflusst auch Baustoff-/Bauzulieferindustrie

#### Markt für DGNB-Zertifizierungen

Zertifizierte Gebäude	↗
Grünes Investitionsvolumen	↗
Grüner Flächenumsatz	↗
Grüne Fonds	↗

Anmeldungen

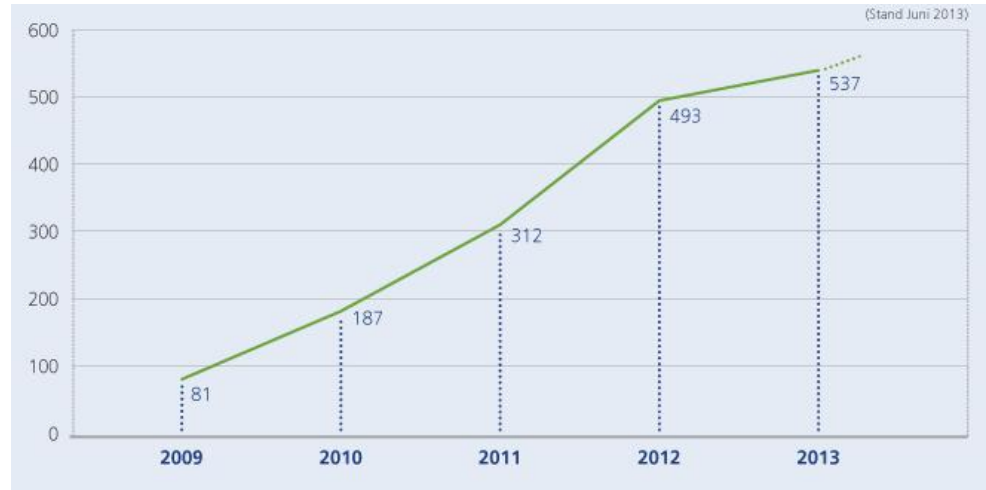
> 320

Vorzertifikat

> 260

Zertifikat

> 280

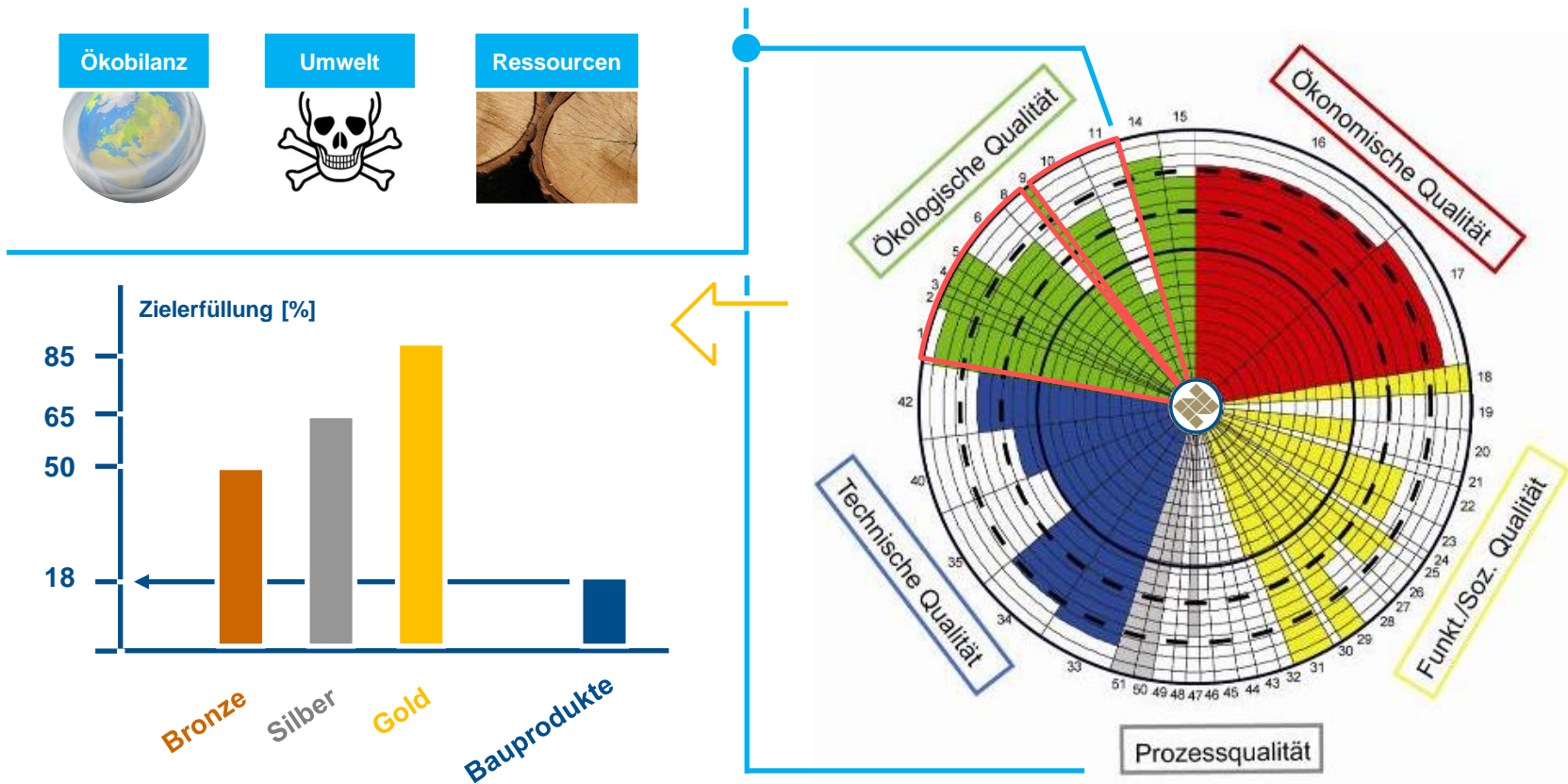


Quelle: [www.dgnb-system.de](http://www.dgnb-system.de)

### 3 Nachhaltigkeit als Treiber für die Baustoffindustrie

## Zertifizierungssysteme aggregieren Komponenten eines Gebäudes zu einer gesamthaften Nachhaltigkeitsperformance

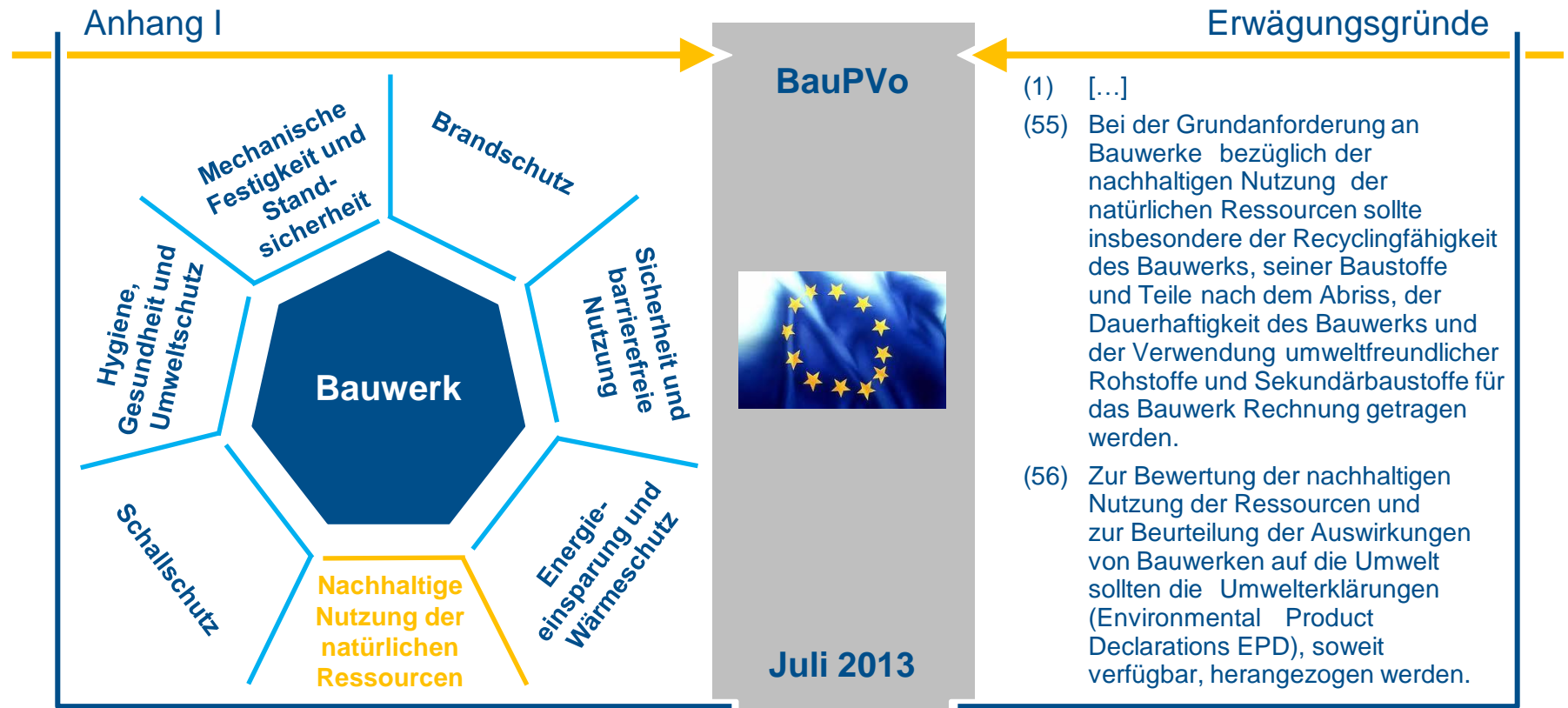
Beispiel DGNB – Bauprodukte bestimmen unmittelbar 18 % der Gesamtbewertung



### 3 Nachhaltigkeit als Treiber für die Baustoffindustrie

## EU-Bauproduktenverordnung (BauPVo) postuliert die Nachhaltigkeit von Bauprodukten als eine Grundanforderung an Bauwerke

Auszüge der EU-Bauproduktenverordnung

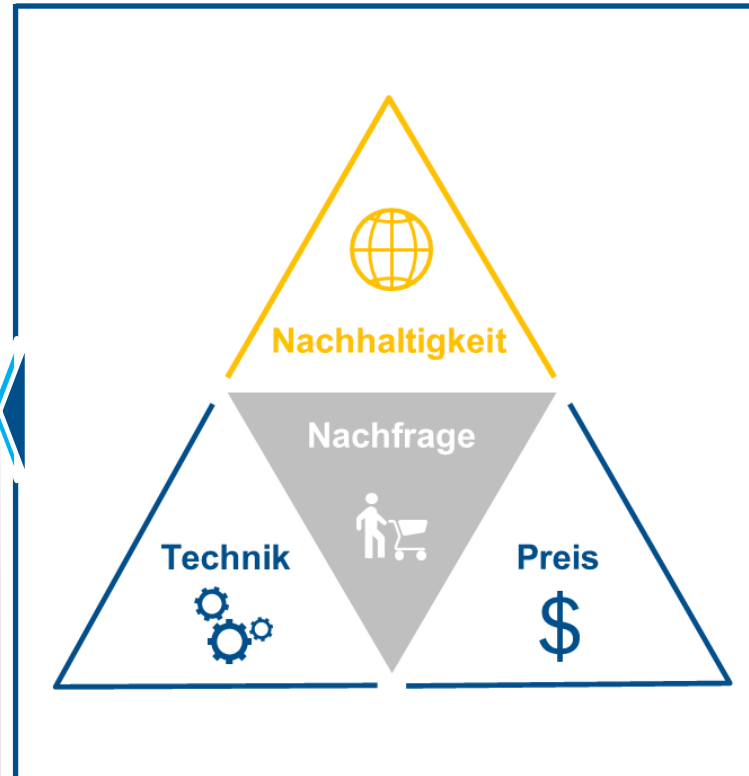


### 3 Nachhaltigkeit als Treiber für die Baustoffindustrie

## Für Produkthersteller entwickelt sich die klassisch zweidimensionale Nachfrageentscheidung zu einem Nachfragedreieck

EPDs und Nachhaltigkeitsberichte als neue Kommunikationsform

CSR-Bericht BV Leichtbeton e.V.



EPDs Leichtbetonmauersteine



Quelle: Bundesverband Leichtbeton e.V. | [www.bau-umwelt.de](http://www.bau-umwelt.de)





**4 Neuer Kommunikationskanal –  
Baupraktische Relevanz von EPDs**

## 4 Baupraktische Relevanz von Produktdeklarationen

# EPDs bieten objektivierte und verständliche Informationsplattform für ökologische Qualität eines Bauprodukts und schaffen Transparenz

Themenfelder einer EPD (Auswahl) – Beispiel EPD Betonbauteile Süd



**Produktdefinition:** Anwendung, Normen, Bauphysik, ...

**Grundstoffe:** Rezeptur, Hilfsstoffe, Rohstoffgewinnung, ...

**Produktherstellung:** Prozesse, Gesundheit/Arbeitsschutz, ...

**Produktverarbeitung:** Restmaterial, Verfahren, ...

**Nutzungszustand:** Beständigkeit, Umwelt/Gesundheit, ...

**Außergewöhnliche Einwirkungen:** Brand, Hochwasser

**Ökobilanz:** *verifizierte* Bilanzierung der Umweltwirkungen, u.a. nach Primärenergie, Treibhauspotential, etc.

**Nachweise:** z.B. Radioaktivität, Auslaugung

## 4 Baupraktische Relevanz von Produktdeklarationen

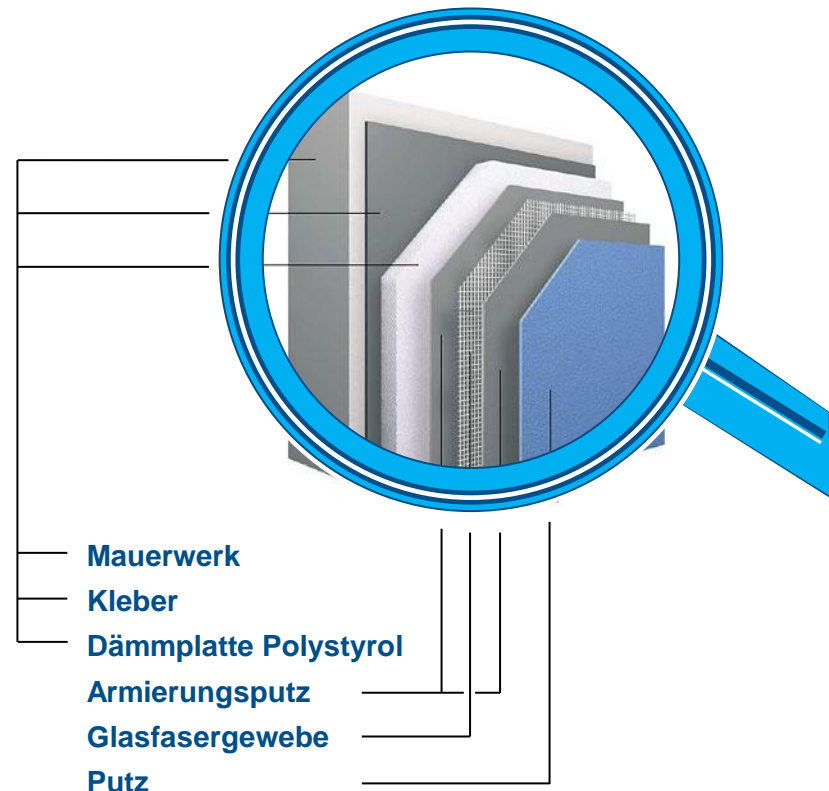
### Ökobilanz auf Bauwerksebene ist elementarer Bestandteil der Nachhaltigkeitszertifizierung von Immobilien

Modellierung des Schichtaufbaus aller relevanten Bauteile – Beispiel: Außenwand

#### Konstruktive Bauteile



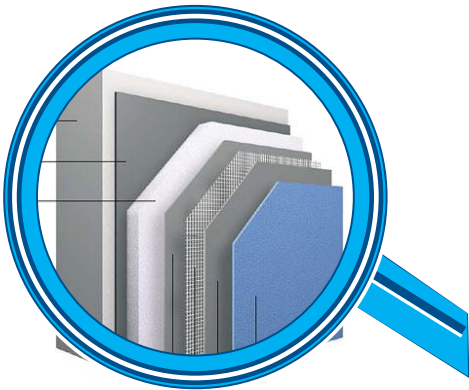
- KG 320 Gründung
- KG 330 Außenwände
- KG 340 Innenwände
- KG 350 Decken
- KG 360 Dächer



## 4 Baupraktische Relevanz von Produktdeklarationen

### Daten zu Umweltwirkungen von Baustoffen sind das Herzstück einer Ökobilanz

EPDs liefern entsprechende herstellerepezifische Daten – Fortsetzung Beispiel



Ökobilanzielle Basisdaten (Auswahl)

	pro	Primärenergie	Treibhauspotential
Mauerwerk	m <sup>3</sup>		
Kleber	kg		
Dämmplatte Polystyrol	m <sup>3</sup>		
Armierungsputz	kg		
Glasfasergewebe	kg		
Armierungsputz	kg		

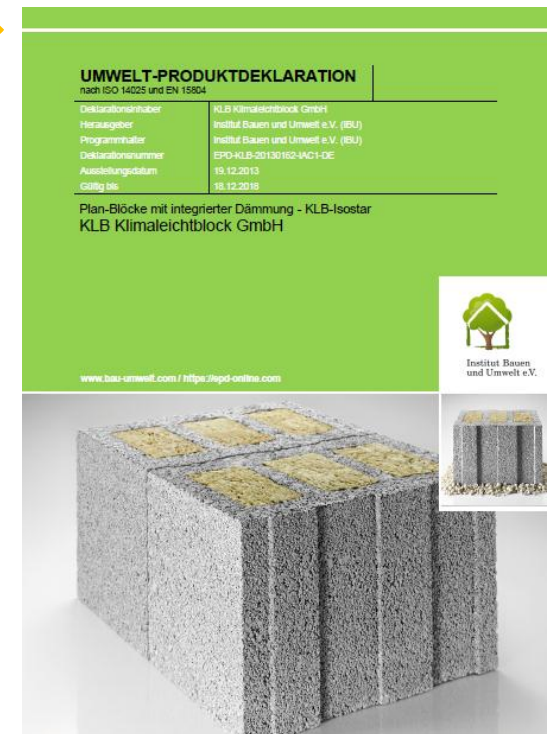
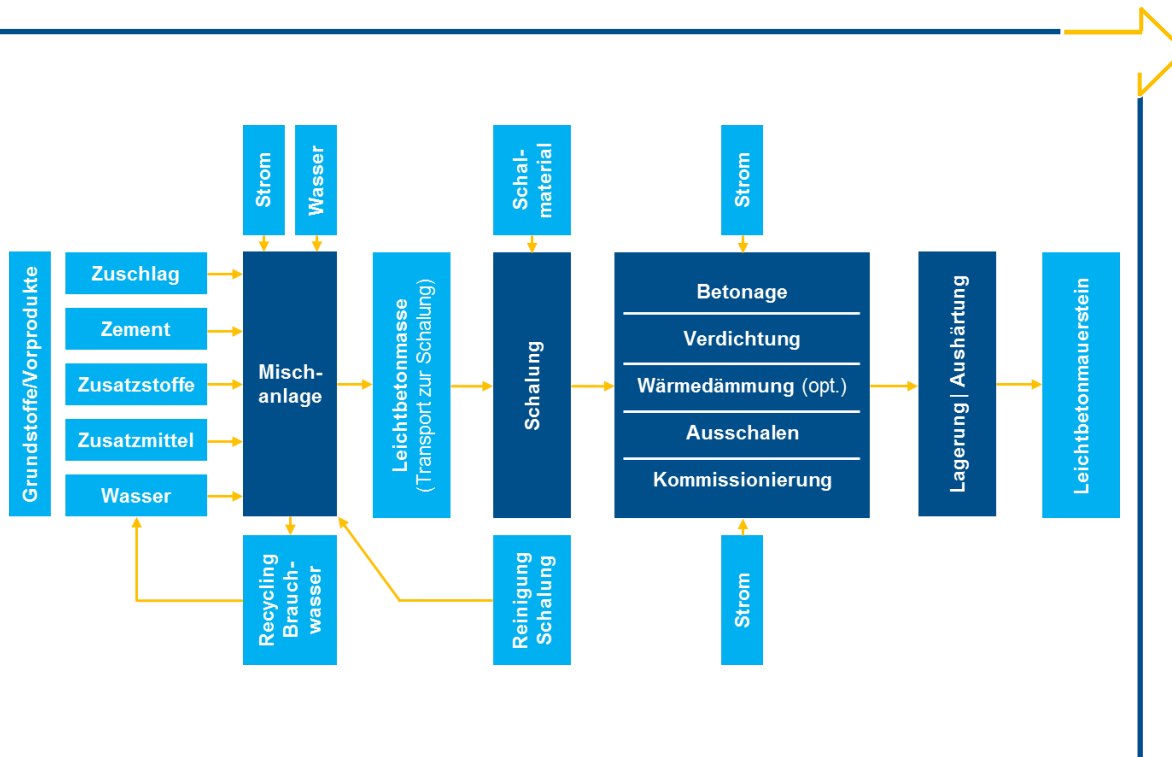
Mauerwerk	m <sup>3</sup>
Kleber	kg
Dämmplatte Polystyrol	m <sup>3</sup>
Armierungsputz	kg
Glasfasergewebe	kg
Armierungsputz	kg

Mauerwerk			
...			
<u>Σ Bauteilschichten</u>			

## 4 Baupraktische Relevanz von Produktdeklarationen

EPDs sind primär als neutrale Informationsplattform konzipiert – keine Vergleichsbetrachtung mit anderen Produkten integriert

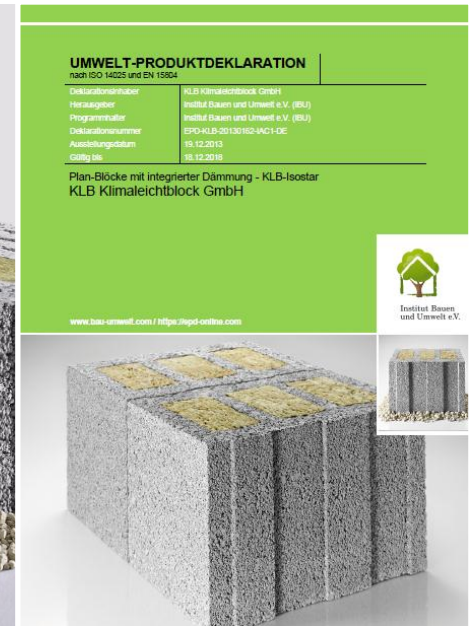
EPD von KLB für Leichtbetonmauersteine



## 4 Baupraktische Relevanz von Produktdeklarationen

# Beton- und Fertigteilindustrie hat Trend zur Erhebung und Darstellung von Umweltwirkungen früh aufgegriffen

EPD für KLB-Klimablock – Kooperation mit Institutsausgründung LCEE



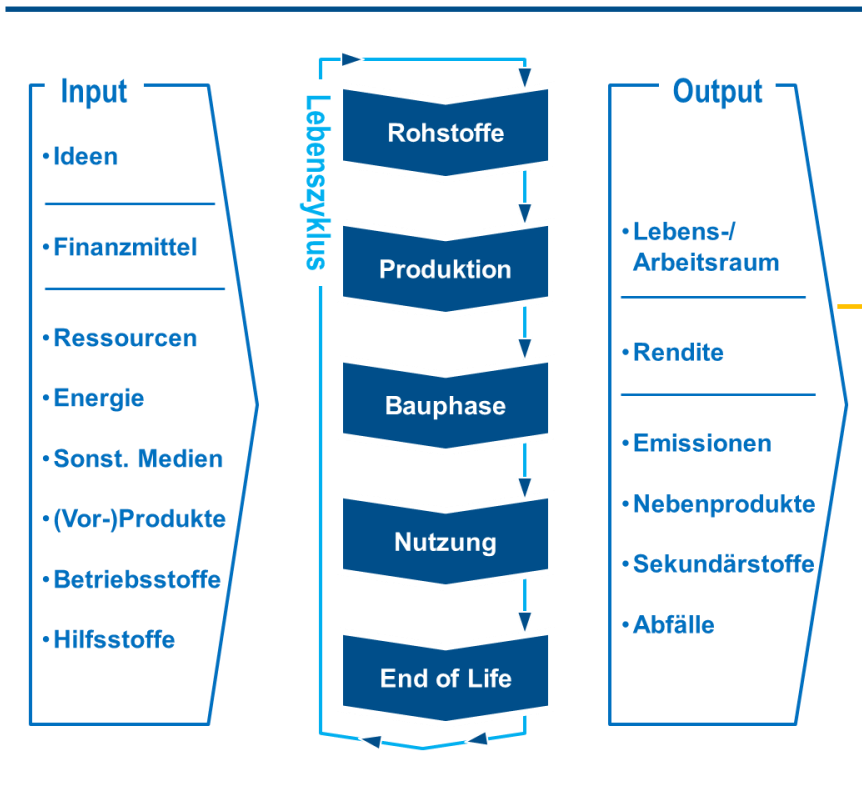


## **5** Ganzheitlicher Bewertungsansatz – Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton

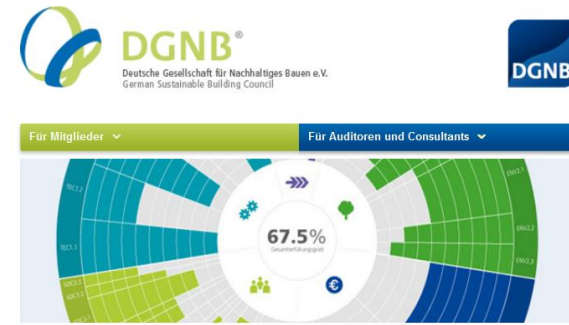
## 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

### Untersuchung der Nachhaltigkeitsperformance eines exemplarischen Muster-EFH verschiedener Konstruktionsarten und Bauweisen

Ganzheitlicher, lebenszyklusumspannender Untersuchungsansatz - Schema



#### Exemplarisch: Muster-Einfamilienhaus



Neubau Kleine Wohngebäude, Version 2013

#### Relevantes Nutzungsprofil der DGNB-Systemfamilie



# 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

## Nachhaltigkeitsaspekte der Phasen Rohstoffe | Produktion | Erstellung haben ökologischen Fokus

Ausgewählte Nachhaltigkeitsaspekte von Leichtbeton – Einordnung in DGNB-Kriterien



DGNB KRITERIUM ENV1.2  
RISIKEN FÜR DIE LOKALE UMWELT

NUTZUNGSPROFIL  
Neubau Wohngebäude Version 2013

THEMENFELD  
Ökologische Qualität

KRITERIENGRUPPE  
Wirkungen auf globale und lokale Umwelt

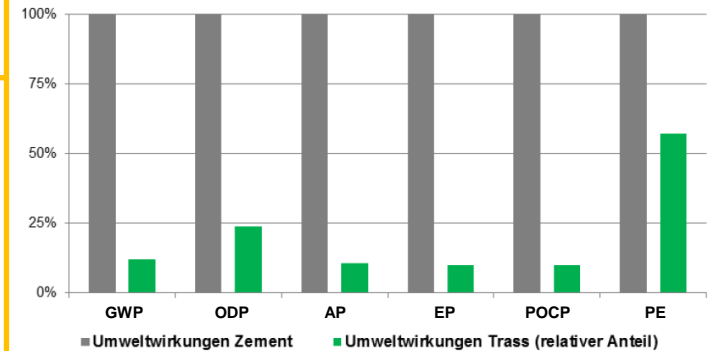
SPEZIFISCHER BEDEUTUNGSFAKTOR  
3  
ANTEIL AN DER GESAMTBEWERTUNG  
3,3%

- Fokus: Halogene, Schwermetalle, VOC-Emissionen
- *Leichtbeton*: keine Gefahren für Boden/Luft/Grundwasser, Gesundheit Mensch, Flora/Fauna
- Auch im Verbund mit Ergänzungsmaterialien

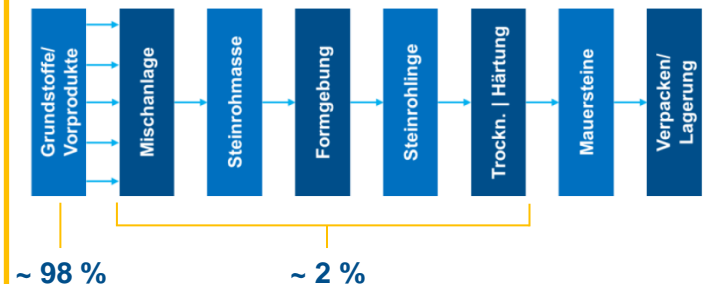
### Kriterienkatalog



### Bindemittel-Substitution



### Energieeinsatz Herstellphase

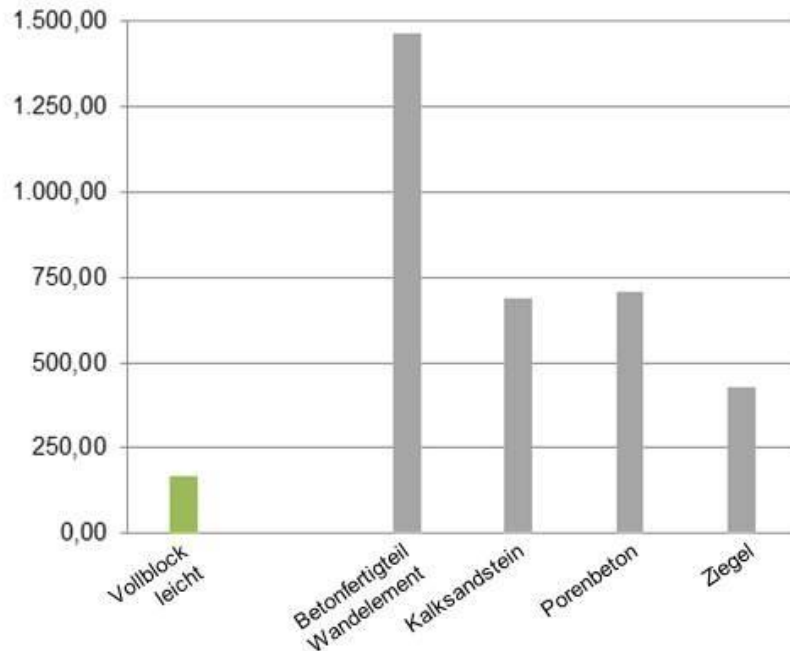


## 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

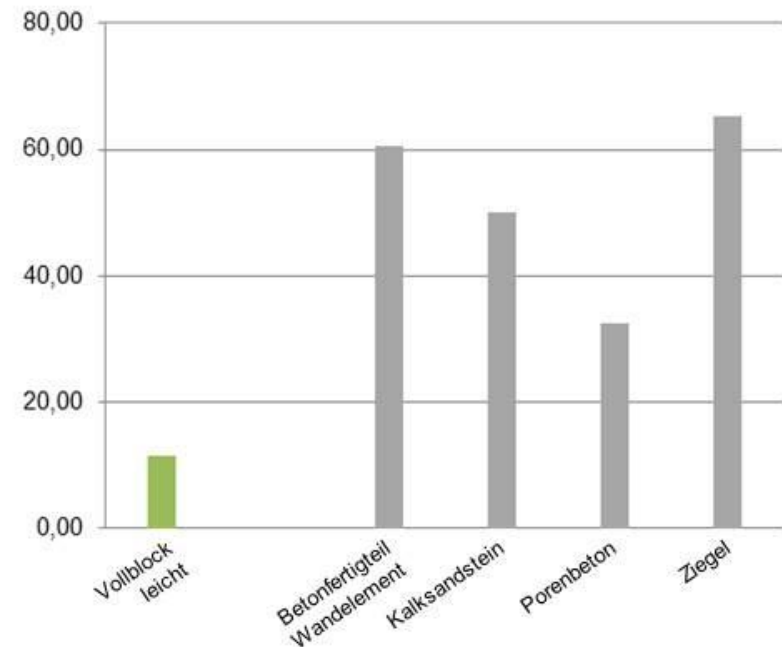
### Beispiel 1 – Ökobilanzielle Umweltwirkungen klassischer LB-Steine

Primärenergie pro funktioneller Einheit: 1 m<sup>2</sup> Wand gleicher Eigenschaften (U=0,26)

PE<sub>ne,Ges</sub>  
[MJ]



PE<sub>e,Ges</sub>  
[MJ]

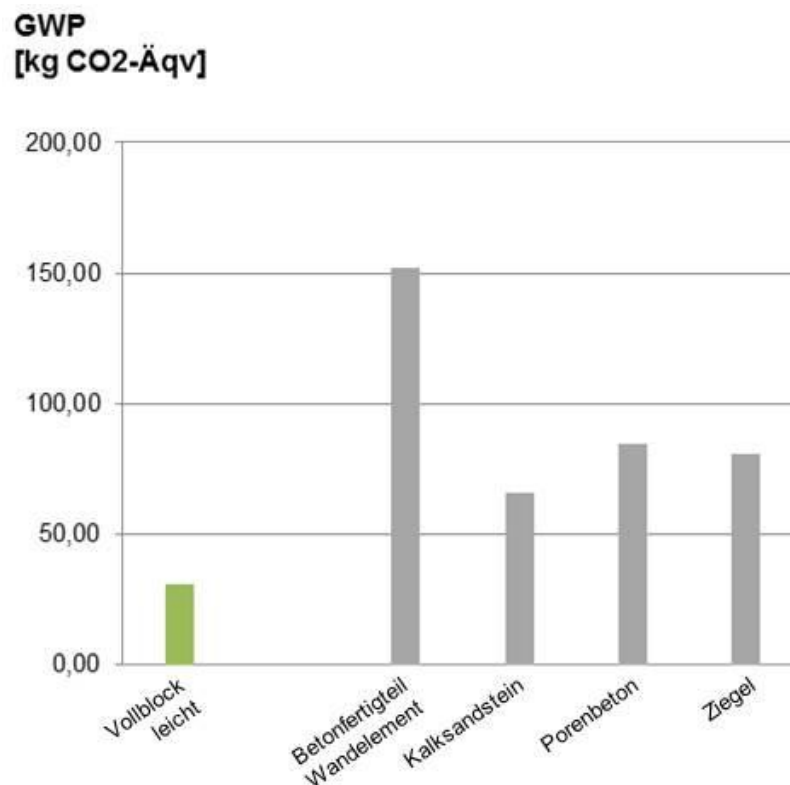


Quelle: Studie der LCEE GmbH

## 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

### Beispiel 1 – Ökobilanzielle Umweltwirkungen klassischer LB-Steine

Treibhauspotential pro funktioneller Einheit: 1 m<sup>2</sup> Wand gleicher Eigenschaften (U=0,26)

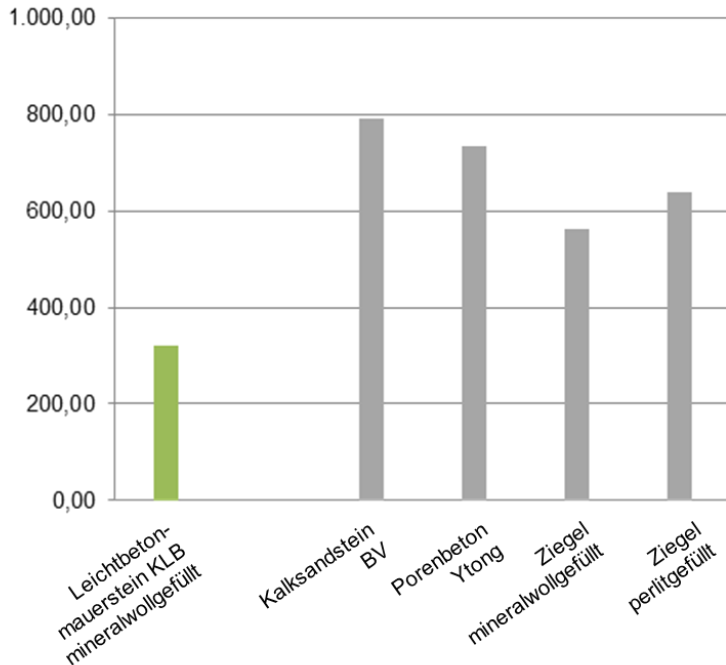


## 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

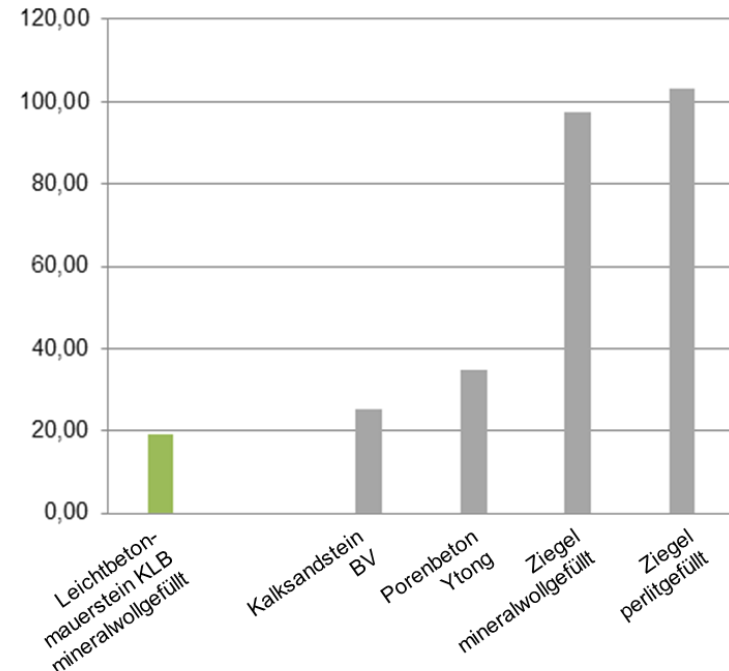
### Beispiel 2 – Ökobilanzielle Umweltwirkungen verfüllter LB-Steine

Primärenergie pro funktioneller Einheit: 1 m<sup>2</sup> Wand gleicher Eigenschaften (U=0,23)

PE<sub>ne,Ges</sub>  
[MJ]



PE<sub>e,Ges</sub>  
[MJ]

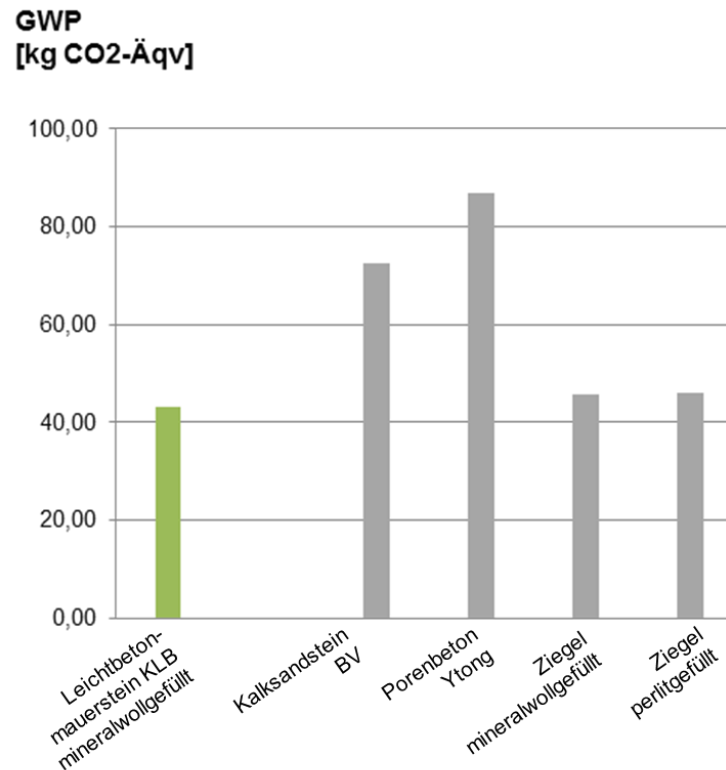


Quelle: Studie der LCEE GmbH

## 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

### Beispiel 2 – Ökobilanzielle Umweltwirkungen verfüllter LB-Steine

Treibhauspotential pro funktioneller Einheit: 1 m<sup>2</sup> Wand gleicher Eigenschaften (U=0,23)



Quelle: Studie der LCEE GmbH

## 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

### Beispiel 3 – Risiken für die lokale Umwelt

EFH / ZFH aus Mauerwerk	Kriterium NKW12-06	Risiken für die lokale Umwelt
Gewichtung Kriterium		3,375 % Anteil an der Gesamtnote
Anforderungen des Kriteriums		
Qualitätsstufe 1	1 Bewertungspunkt	Anforderungen erfüllt, Qualitätsstufe erreicht ✓
Qualitätsstufe 2	5 Bewertungspunkte	Anforderungen erfüllt, Qualitätsstufe erreicht ✓
Qualitätsstufe 3	7,5 Bewertungspunkte	Anforderungen erfüllt, Qualitätsstufe erreicht ✓
Qualitätsstufe 4	10 Bewertungspunkte	Anforderungen erfüllt, Qualitätsstufe erreicht ✓

**Mauerwerk aus Leichtbeton erfüllt die höchste Qualitätsstufe**

## 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

### Nachhaltigkeitsaspekte der Nutzungsphase haben soziokulturellen und funktionalen Schwerpunkt – zentral: *Nutzerkomfort*

Ausgewählte Nachhaltigkeitsaspekte von Leichtbeton – Einordnung in DGNB-Kriterien

#### Brandverhalten und Feuerwiderstand

- 95 % aller Brände in *Privathaushalten*
- Relativ hohe *Eintrittswahrscheinlichkeiten*
- Als mineralischer Baustoff *nicht brennbar*
- Hoher *Feuerwiderstand* wegen Tragreserven

#### Schadensausmaß bei Schadensfalleintritt

- 95 % der Todesfälle wg. *Rauchgasvergiftung*
- Als mineralischer Baustoff *keine Erhöhung der Brandlasten*
- Keine *ätzenden/zersetzenden Gase*
- Positiver Einfluss auf *materielles Schadensausmaß*
- Auch für *andere Schadensfallszenarien* (Hochwasser, Sturm, etc.)

#### Kriterienkatalog



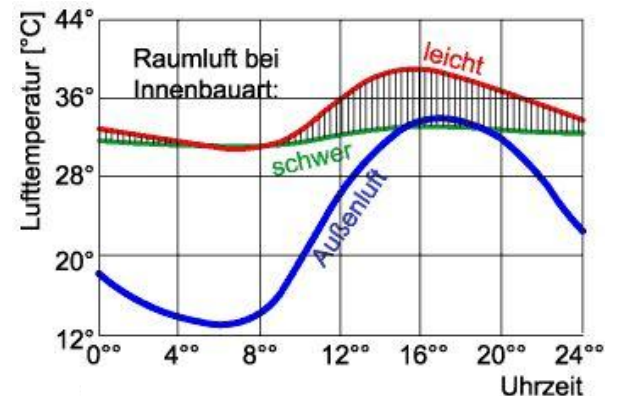
#### Komfort Winter → U-Werte

Der thermische Komfort in der Heiz- und Kühlperiode wird über mehrere Einzelindikatoren bewertet. Grundlage der Beurteilung sind die Vorgaben von DIN EN 15251, DIN EN ISO 7730, VDI2078, DIN EN 12831, DIN 33403 und DIN 4108-2.

Im Rahmen der Bewertung werden die folgenden Indikatoren beurteilt:

- (1) Operative Temperatur/ Raumlufttemperatur / Heizperiode (quantitativ)
- (2) Zugluft / Heizperiode (qualitativ)
- (3) Strahlungstemperasymmetrie und Fußbodentemperatur / Heizperiode (qualitativ)
- (4) Operative Temperatur/ Raumlufttemperatur / Kühlperiode (quantitativ)
- (5) Strahlungstemperasymmetrie und Fußbodentemperatur / Kühlperiode (qualitativ)

#### Komfort Sommer → Speicherfähigkeit



## 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

### Beispiel 2 - Bewertung des thermischen Komforts

EFH / ZFH aus Mauerwerk

Kriterien NKW12-18 & -19

*Thermischer Komfort Winter / Sommer*

Gewichtung Kriterien

5,355 % Anteil an der Gesamtnote

#### Relevante Indikatoren der Kriterien und maximal erreichbare Checklistenpunkte

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1. Operative Temperatur           | maximal 70 von insgesamt 100 Checklistenpunkten erreichbar |
| 3. Strahlungstemperaturasymmetrie | maximal 15 von insgesamt 100 Checklistenpunkten erreichbar |

#### Qualitative Einschätzung zur Indikatorenbewertung

Wärmedämmeigenschaften (Wärmeleitfähigkeit, Wärmedurchgangskoeffizient) und Wärmespeicherfähigkeit (Wärmespeicherkapazität) von Mauerwerkskonstruktionen schaffen sehr gute Voraussetzungen für hohe Bewertungen der Indikatoren *Operative Temperatur* und *Strahlungstemperaturasymmetrie*.



## 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

### Beispiel 3 - Bewertung der wärmeschutztechnischen Qualität

EFH / ZFH aus Mauerwerk

Kriterium NKW12-35

Feuchte- und wärmeschutztechnische Qualität

Gewichtung Kriterium

5,625 % Anteil an der Gesamtnote

#### Anforderungen der relevanten Indikatoren

##### Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten $U$ der opaken Außenbauteile

Grenzwert: $U \leq 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	15	Checklistenpunkte	Anforderungen erfüllt, Qualitätsstufe erreicht	✓
Referenzwert: $U \leq 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	20	Checklistenpunkte	Anforderungen erfüllt, Qualitätsstufe erreicht	✓
Zielwert: $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	30	Checklistenpunkte	Anforderungen erfüllt, Qualitätsstufe erreicht	✓

##### Sonneneintragskennwert $S$

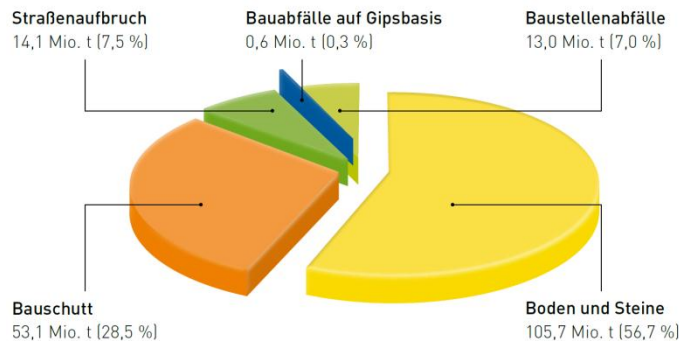
Grenz-/Referenzwert: (vorh.) $S \leq (\text{zulässig}) S_{\text{max}}$	8	Checklistenpunkte
Zielwert: (vorh.) $S \leq 0,8 * (\text{zulässig}) S_{\text{max}}$	15	Checklistenpunkte

# 5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

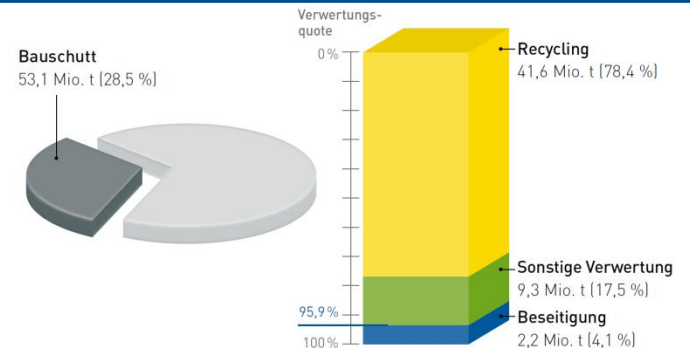
## Gute Rückbau- und Rezyklierbarkeit der Primärkonstruktion entscheidend für hohe Nachhaltigkeitsqualität des End of Life

Beispielhafte Aspekte zu Rückbau und Demontage

### Abfallmengen und -fraktionen in Deutschland



### Recyclingquoten mineralischer Fraktionen in Deutschland



Aufwand	Punkte	Leichtbetonmauerwerk
Nicht vertretbar	0	Qualitätsstufe erreicht ✓
vertretbar	24	Qualitätsstufe erreicht ✓
leicht	38	Qualitätsstufe bedingt erreicht ✓

Leichtbetonmauerwerk	Punkte	Aufwand
✓ Qualitätsstufe erreicht	0	sehr hoch
✓ Qualitätsstufe erreicht	8	hoch
✓ Qualitätsstufe erreicht	24	mittel
✗ Qualitätsstufe erreicht	32	gering
✗ Qualitätsstufe erreicht	38	sehr gering

### DGNB-Bewertung Trennbarkeit Mauerwerkskonstruktionen

### DGNB-Bewertung Demontage Mauerwerkskonstruktionen



## 6 Zertifizierte Nachhaltigkeit – Bewertung eines Muster-EFH



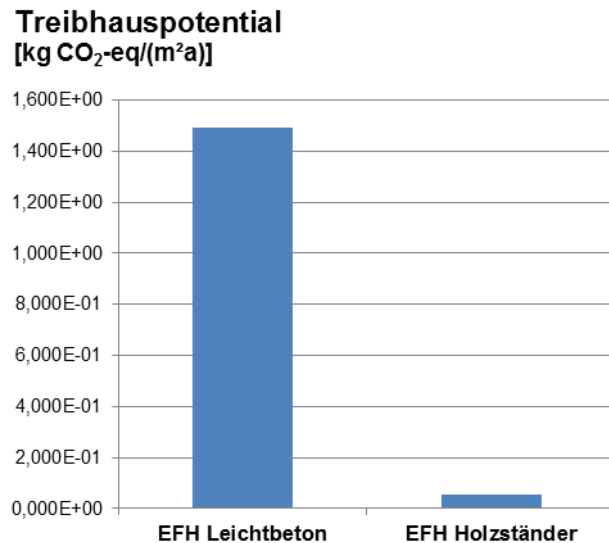


## 6 Bewertung eines Muster-Einfamilienhauses

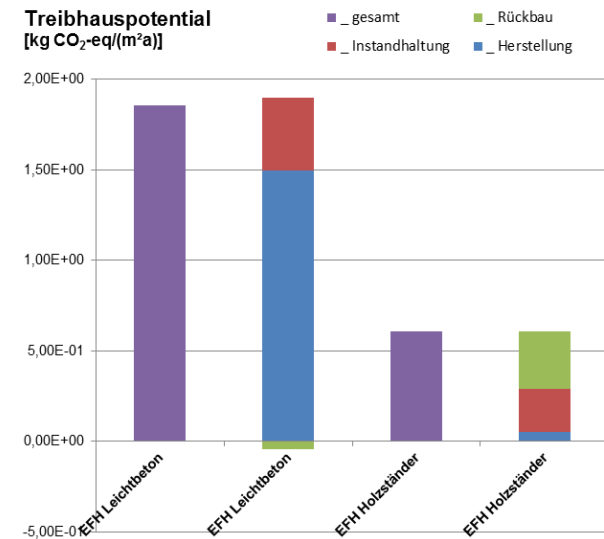
# Ökologische Nachhaltigkeitsperformance wird determiniert von ökobilanzieller Lebenszyklusbewertung (1/3)

Graphische Auszüge für Wirkungskategorie Treibhauspotential

Wandkonstruktionen – Lebenszyklusphase Herstellung



Wandkonstruktionen – Herstellung, Nutzung, Rückbau

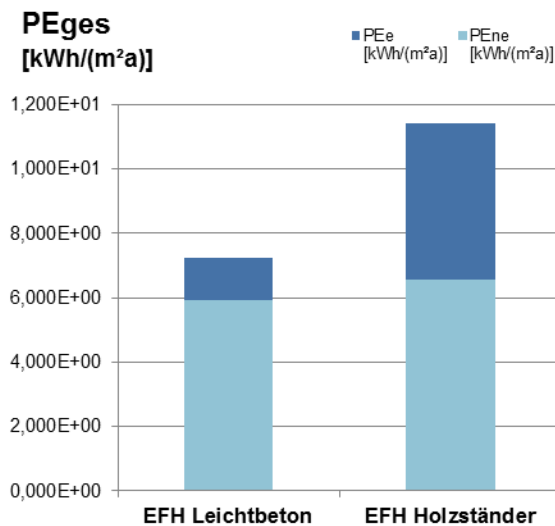


## 6 Bewertung eines Muster-Einfamilienhauses

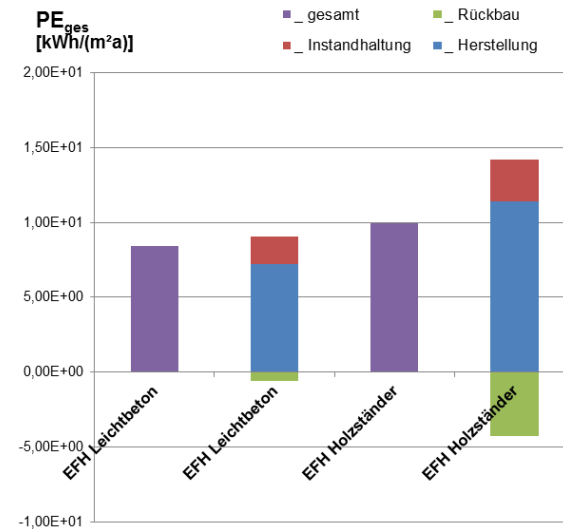
# Ökologische Nachhaltigkeitsperformance wird determiniert von ökobilanzieller Lebenszyklusbewertung (1/3)

Graphische Auszüge für Wirkungskategorie Primärenergie

Wandkonstruktionen – Lebenszyklusphase Herstellung



Wandkonstruktionen – Herstellung, Nutzung, Rückbau

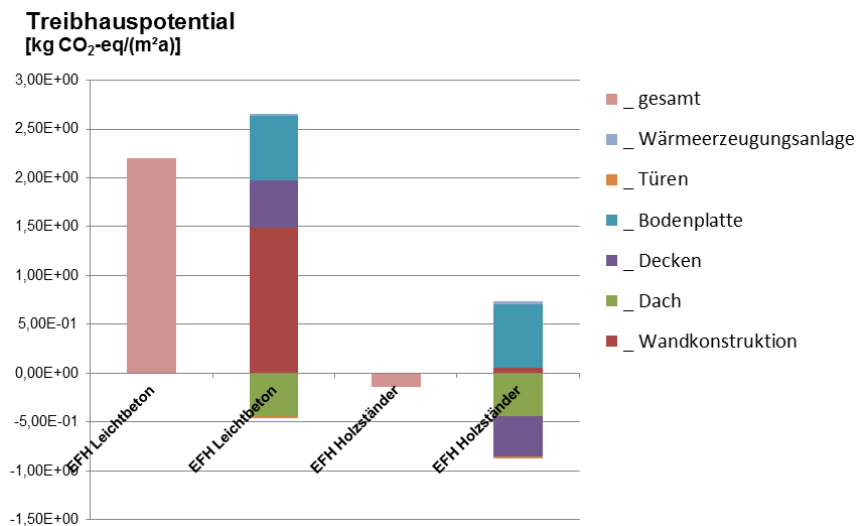


## 6 Bewertung eines Muster-Einfamilienhauses

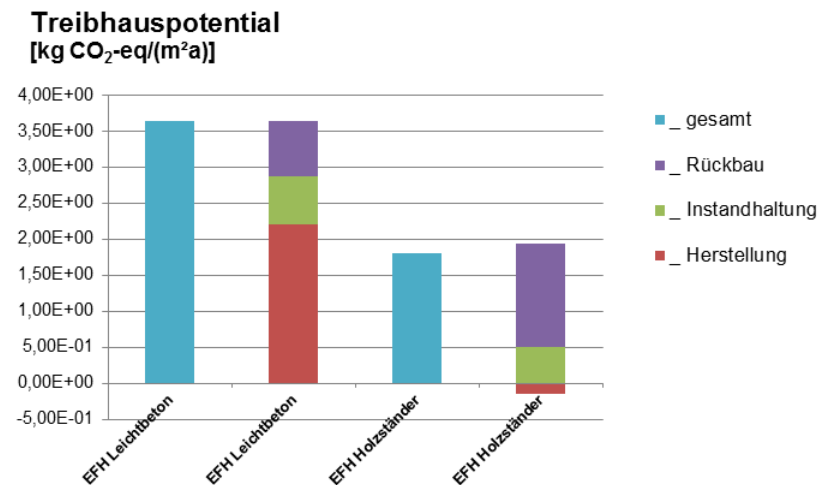
# Ökologische Nachhaltigkeitsperformance wird determiniert von ökobilanzieller Lebenszyklusbewertung (2/3)

Graphische Auszüge für Wirkungskategorie Treibhauspotential

Gesamtkonstruktion EFH – Lebenszyklusphase Herstellung



Gesamtkonstruktion EFH – Herstellung, Nutzung, Rückbau

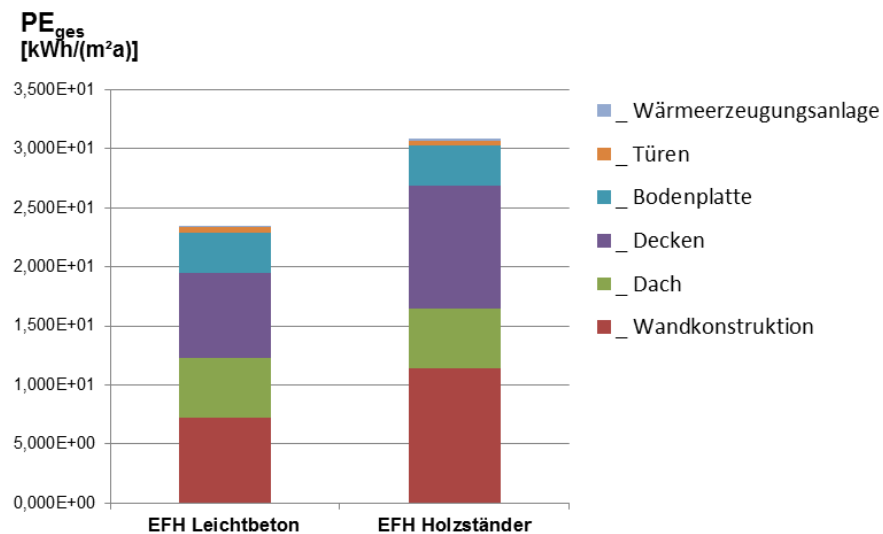


## 6 Bewertung eines Muster-Einfamilienhauses

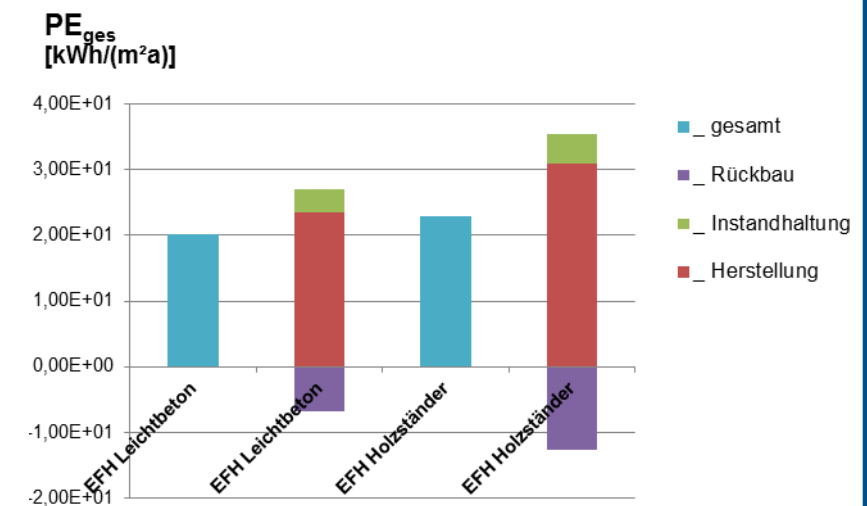
# Ökologische Nachhaltigkeitsperformance wird determiniert von ökobilanzieller Lebenszyklusbewertung (2/3)

Graphische Auszüge für Wirkungskategorie Primärenergie

Gesamtkonstruktion EFH – Lebenszyklusphase Herstellung



Gesamtkonstruktion – Herstellung, Nutzung, Rückbau



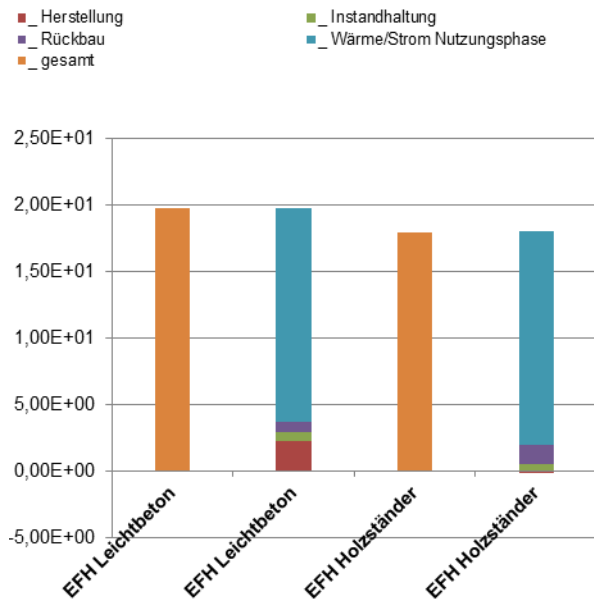


## 6 Bewertung eines Muster-Einfamilienhauses

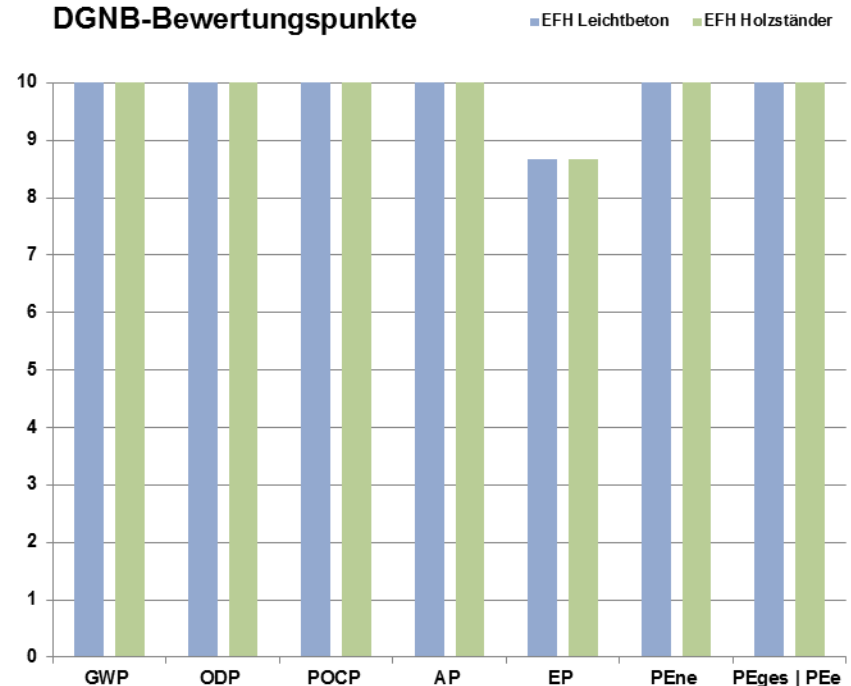
# Ökologische Nachhaltigkeitsperformance wird determiniert von ökobilanzieller Lebenszyklusbewertung (3/3)

Gesamtergebnisebene Treibhauspotential und Ableitung der DGNB-Bewertungen

**Treibhauspotential**  
[kg CO<sub>2</sub>-eq/(m<sup>2</sup>a)]



**DGNB-Bewertungspunkte**





## 7 Fazit – Nachhaltigkeitsqualitäten von Leichtbetonmauerwerk

## 7 Fazit - Nachhaltigkeitsqualität von Mauerwerk aus Leichtbeton

# Leichtbetonmauerwerk schafft wesentliche Voraussetzungen für hohe Nachhaltigkeitsqualität von Wohngebäuden

### Resümee und Fazit



# Ihr Partner

Alle reden über **Nachhaltigkeit** –  
Mit uns lassen Sie **Taten** folgen!

»Wirtschaftlich denken | Ökologisch planen | Nachhaltig gewinnen«



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Institut und Fachgebiet für Massivbau

Franziska-Braun-Straße 3 – 64287 Darmstadt

Phone: 06151-162144 – Fax: 06151-163044

Mail: [info@massivbau.tu-darmstadt.de](mailto:info@massivbau.tu-darmstadt.de)

Web: [www.ifm.tu-darmstadt.de](http://www.ifm.tu-darmstadt.de)

Member of  LCEE