



Deutschland baut darauf – Nachhaltigkeit von Leichtbeton-Mauerwerk im Geschosswohnungsbau

Univ.-Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner und Dr.-Ing. S. Pohl

KLB-Fachforum 2015

Kompass

| **Deutschland baut darauf** – Nachhaltigkeit von Leichtbeton-Mauerwerk im Geschosswohnungsbau

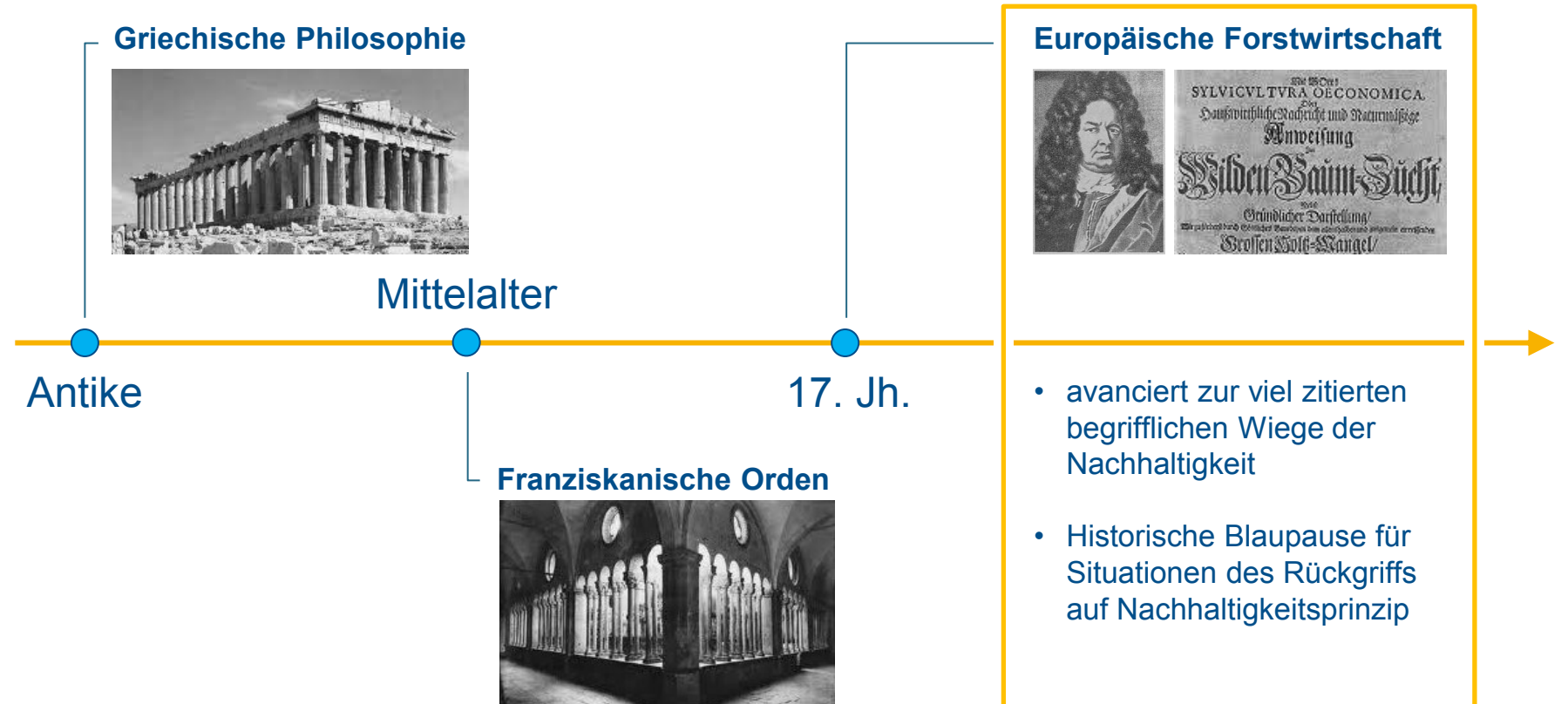
- 1** | **Strategie der Nachhaltigkeit** – Kind globaler Krisen und Vision einer resilienten Zukunft
- 2** | **Die Bau- und Immobilienwirtschaft** – Schlüsselbranche einer nachhaltigen Entwicklung
- 3** | **Nachfrage im Wandel** – Treiber für die Baustoff- und Bauzulieferindustrie
- 4** | **Neuer Kommunikationskanal**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



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

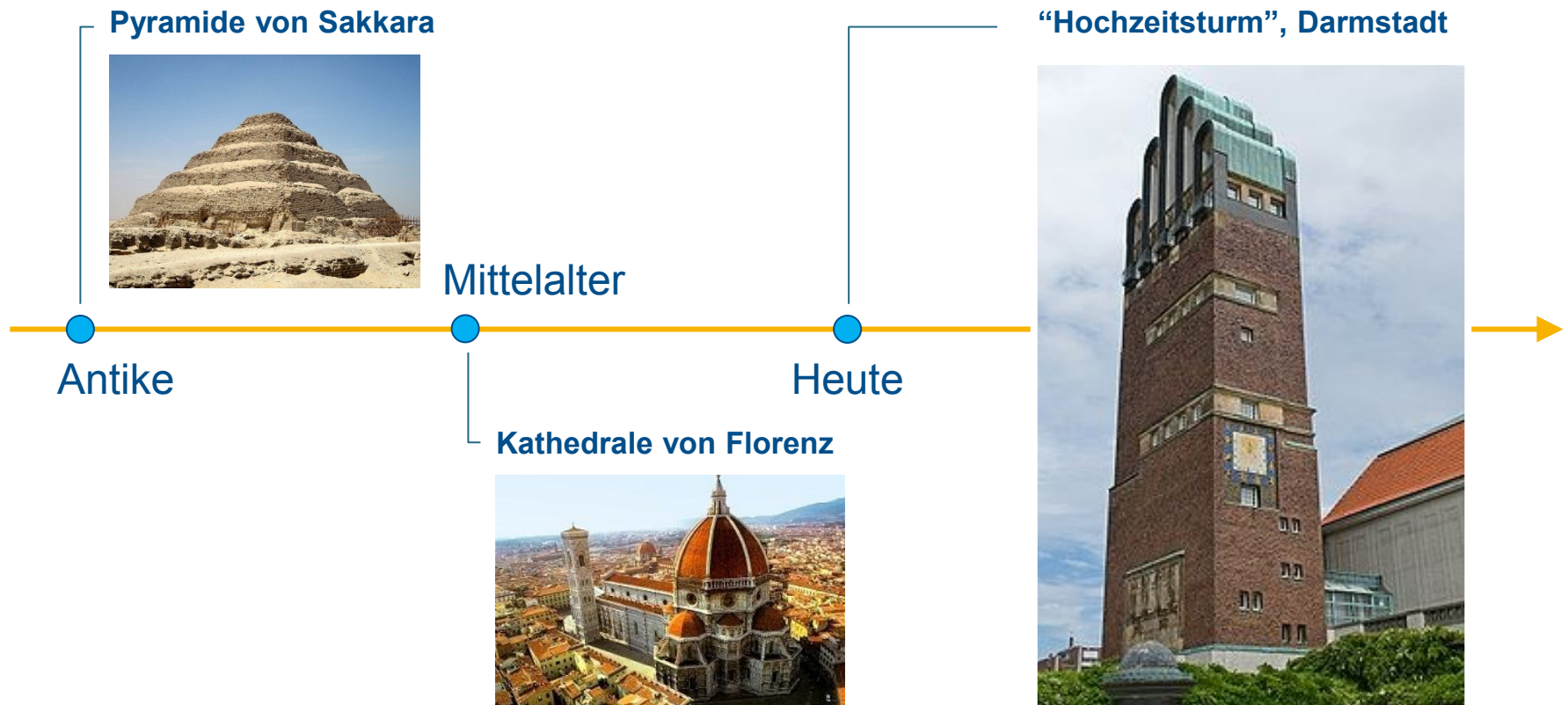
Nachhaltigkeitsansatz als gemeinsames kulturelles Erbe

Lange Ahnenreihe ihrer „Erfinder“



Bauweise Mauerwerk mit ähnlich langer Entwicklungshistorie

Beispiele



Bildnachweise: Wikipedia

Ist Nachhaltigkeit heute nur ein inflationäres Modewort?

Beispiele für sprachlichen Begriffsmissbrauch



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



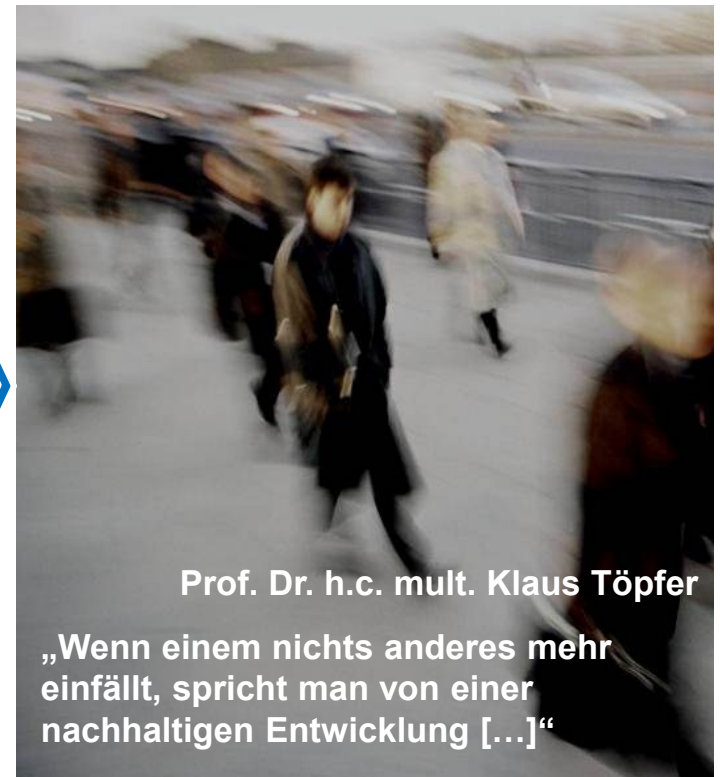
Onlinewerbung *Laderma*
[...] dank moderner Lasertechnologie
Haare [...] *nachhaltig* entfernen.



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 [...]“

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

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

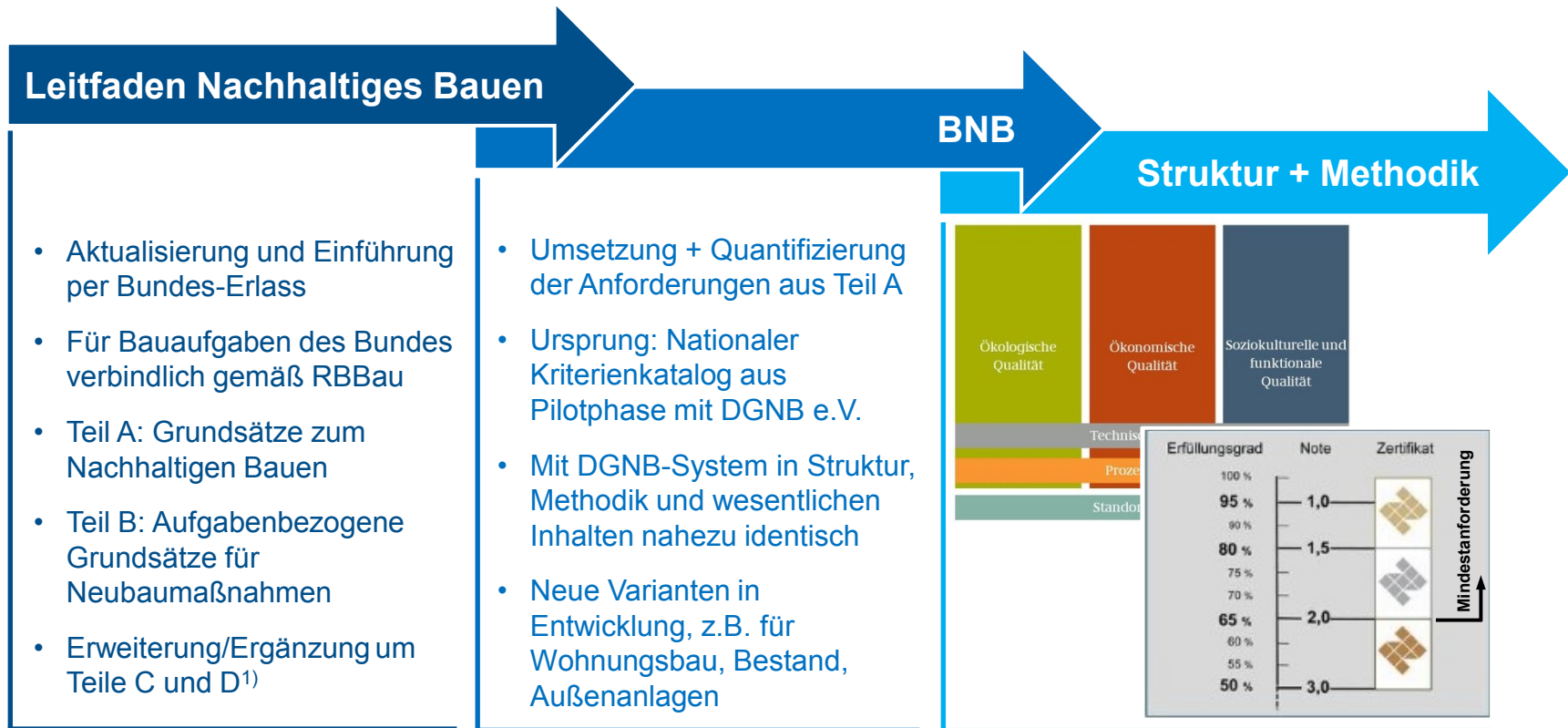


30 %

der CO₂-Emissionen in der OECD entfallen auf Wohn- und Gewerbeimmobilien

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

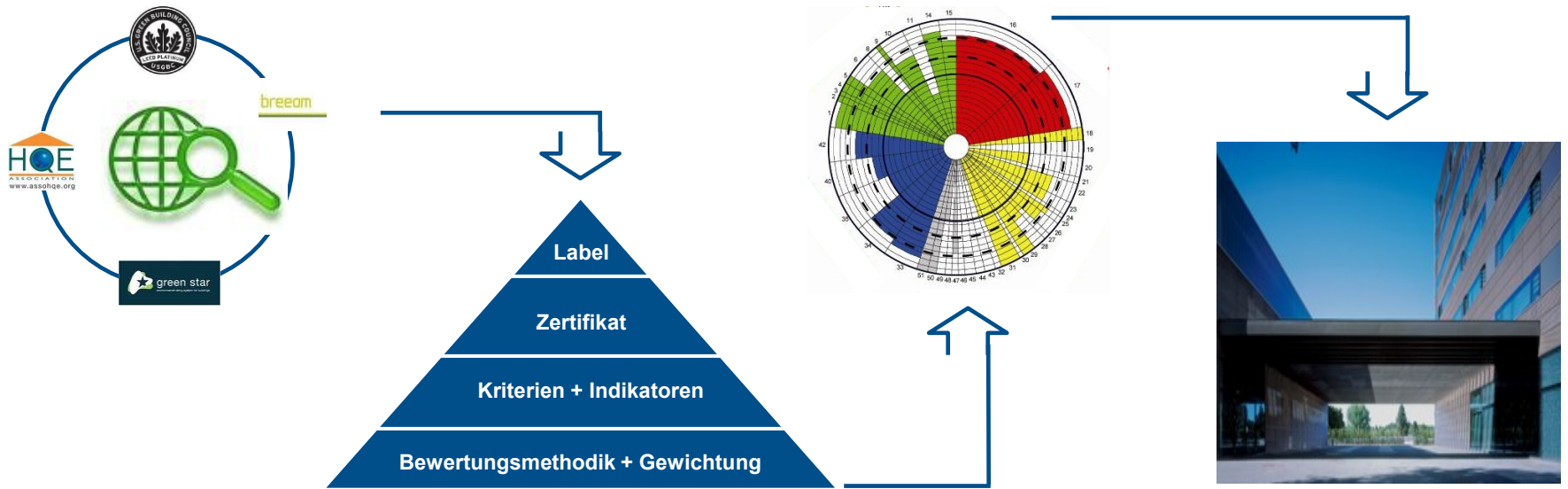
Zertifizierungssysteme als Element der baupraktischen Umsetzung – Beispiel: BNB-System



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

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

Systemstränge BNB und DGNB haben gemeinsamen Ursprung



Zentrales Forschungsprojekt

Praxiseinführung Systemvariante

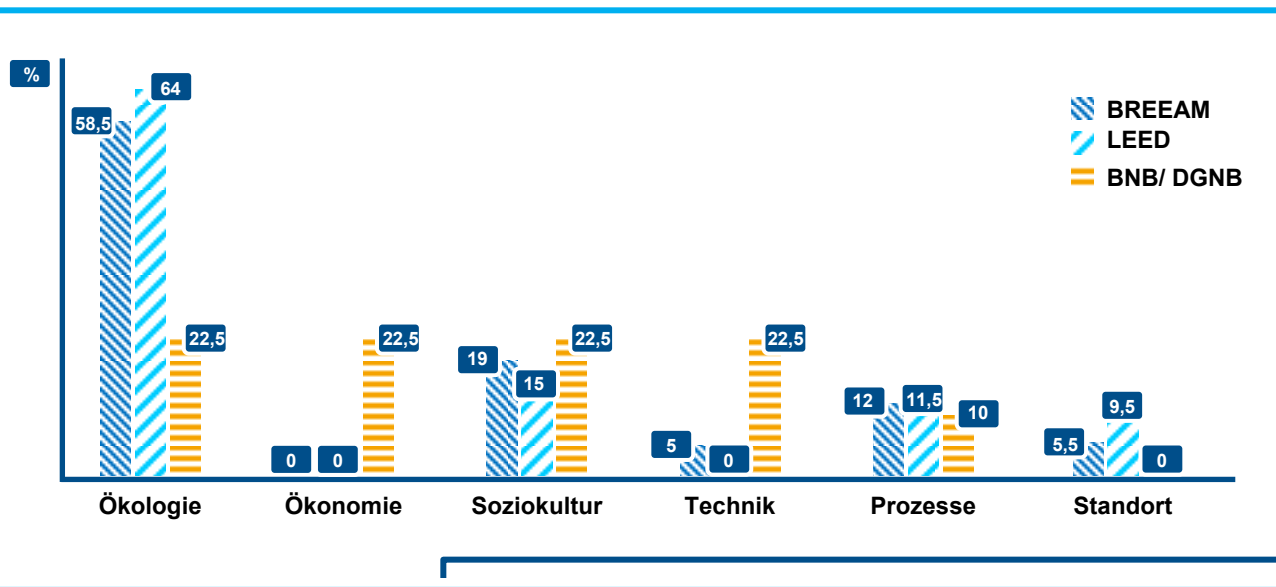


Vorbereitende Forschungsanträge

Start Pilotphase

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



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

Nachhaltigkeit als verstetigter Trend in Bau- und Immobilienwirtschaft

Nachfrage nach nachhaltigen Gebäuden beeinflusst auch Baustoff-/Bauzulieferindustrie

Markt für DGNB-Zertifizierungen

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

Anmeldungen

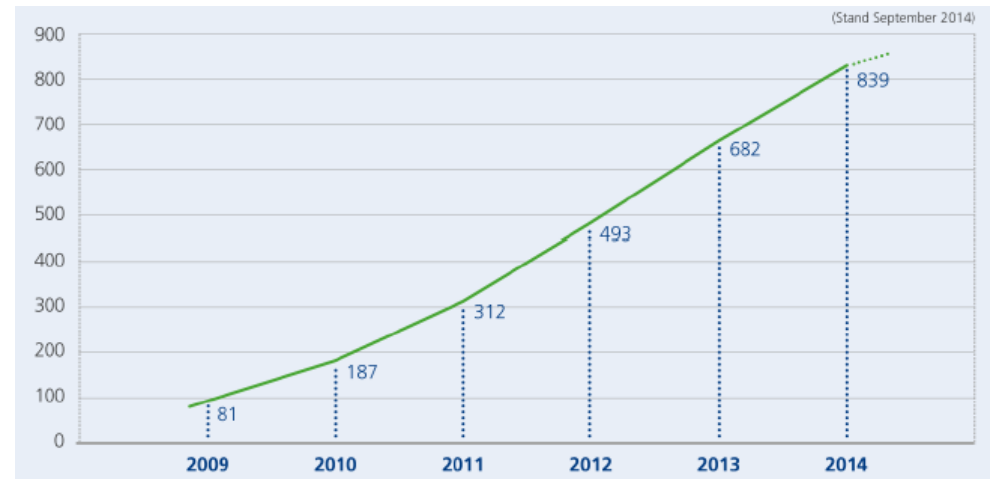
> 390

Vorzertifikat

> 260

Zertifikat

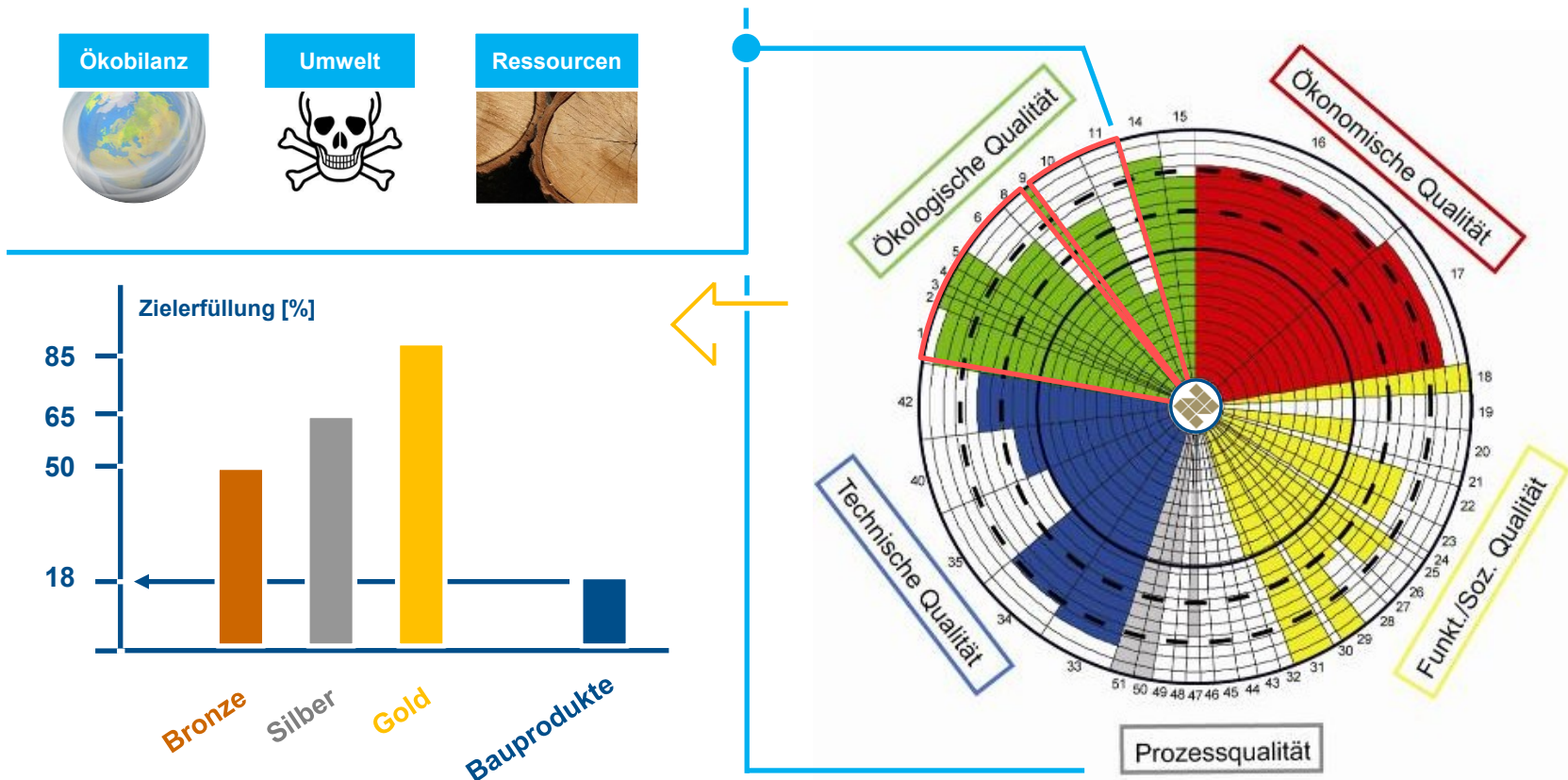
> 330



Quelle: www.dgnb-system.de

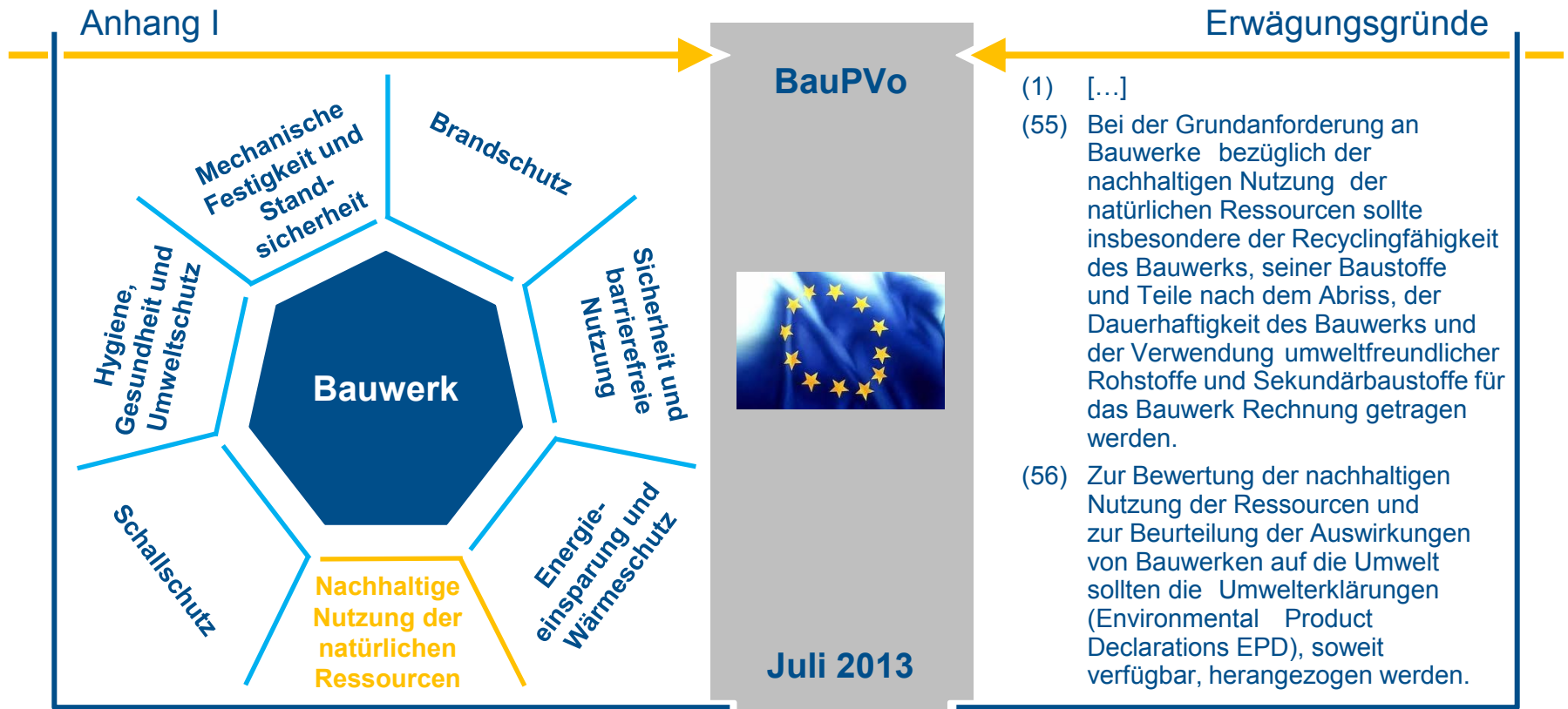
Zertifizierungssysteme aggregieren Komponenten eines Gebäudes zu einer gesamthaften Nachhaltigkeitsperformance

Beispiel DGNB – Bauprodukte bestimmen unmittelbar 18 % der Gesamtbewertung



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

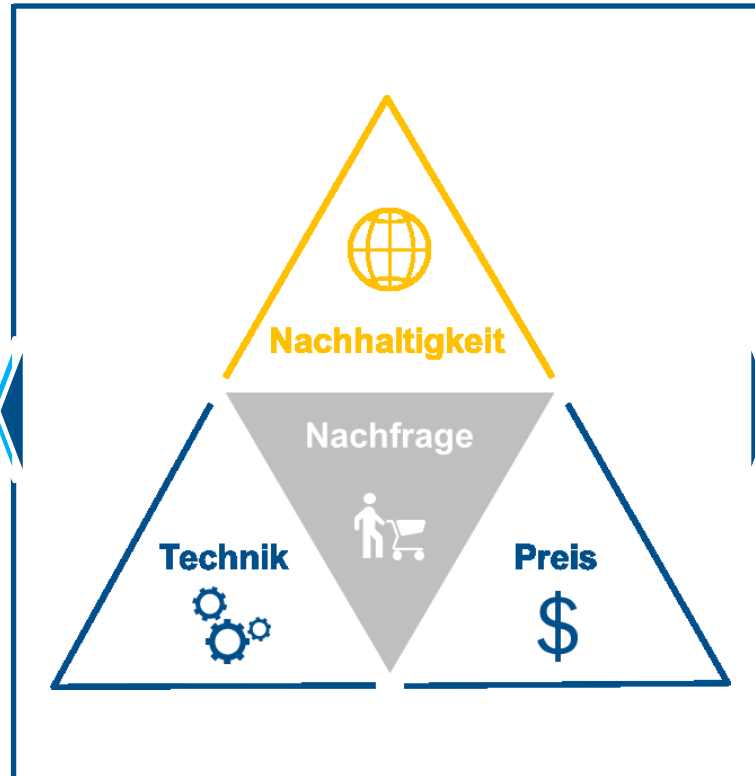
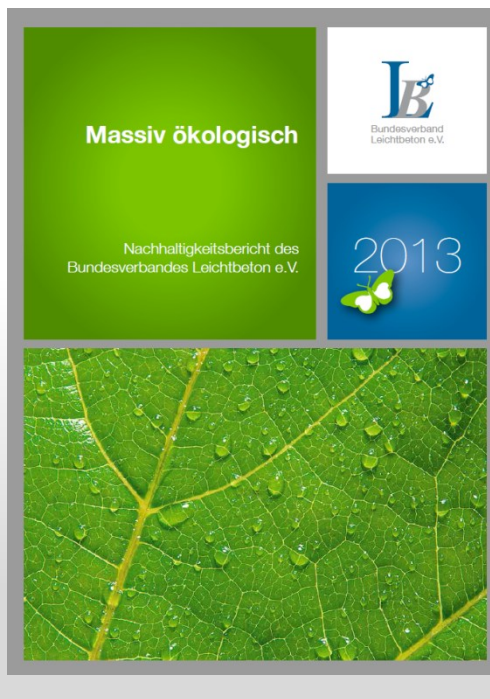
Auszüge der EU-Bauproduktenverordnung



Klassische 2-D-Nachfrageentscheidung wird zum Nachfragedreieck

EPDs und Nachhaltigkeitsberichte als neue Kommunikationsform

CSR-Bericht BV Leichtbeton e.V.



EPDs Leichtbetonmauersteine



Quelle: Bundesverband Leichtbeton e.V. | www.bau-umwelt.de



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

EPDs bieten objektivierte und verständliche Informationsplattform

Themenfelder einer EPD (Auswahl) – Beispiel KLB-EPD



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

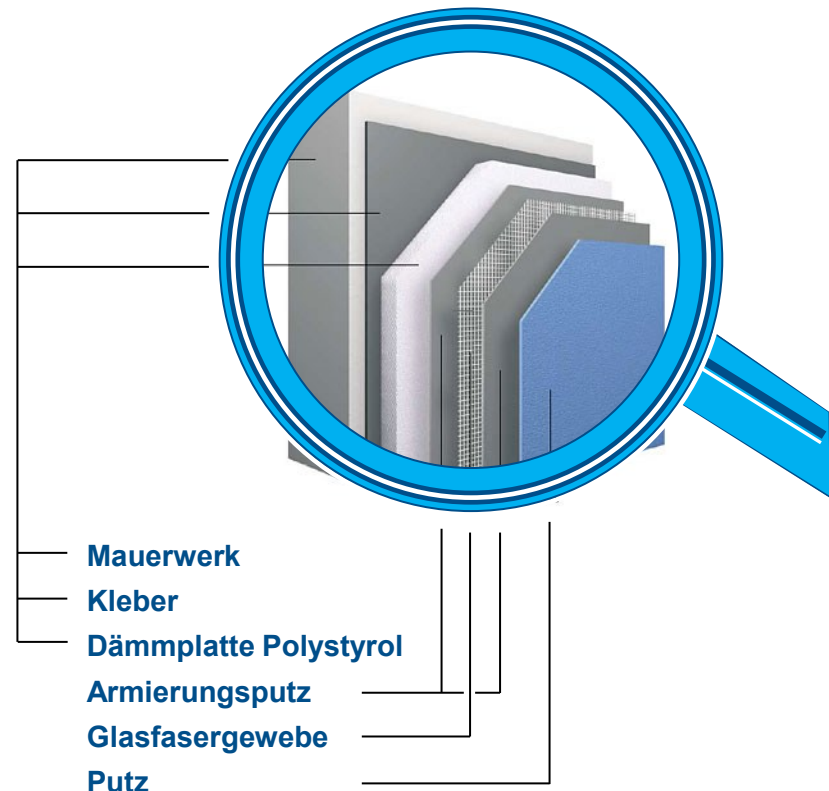
Ökobilanz auf Bauwerksebene ist elementarer Bestandteil der Nachhaltigkeitszertifizierung von Immobilien

Modellierung des Schichtaufbaus aller relevanten Bauteile – Beispiel: Außenwand

Konstruktive Bauteile

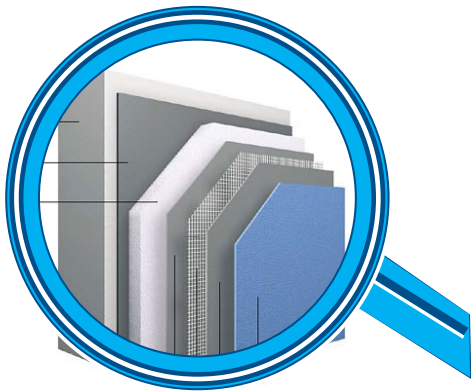


KG 320 Gründung
KG 330 Außenwände
KG 340 Innenwände
KG 350 Decken
KG 360 Dächer



Daten zu Umweltwirkungen von Baustoffen als Ökobilanz-Herzstück

EPDs liefern entsprechende herstellerepezifische Daten – Fortsetzung Beispiel



Ökobilanzielle Basisdaten (Auswahl)

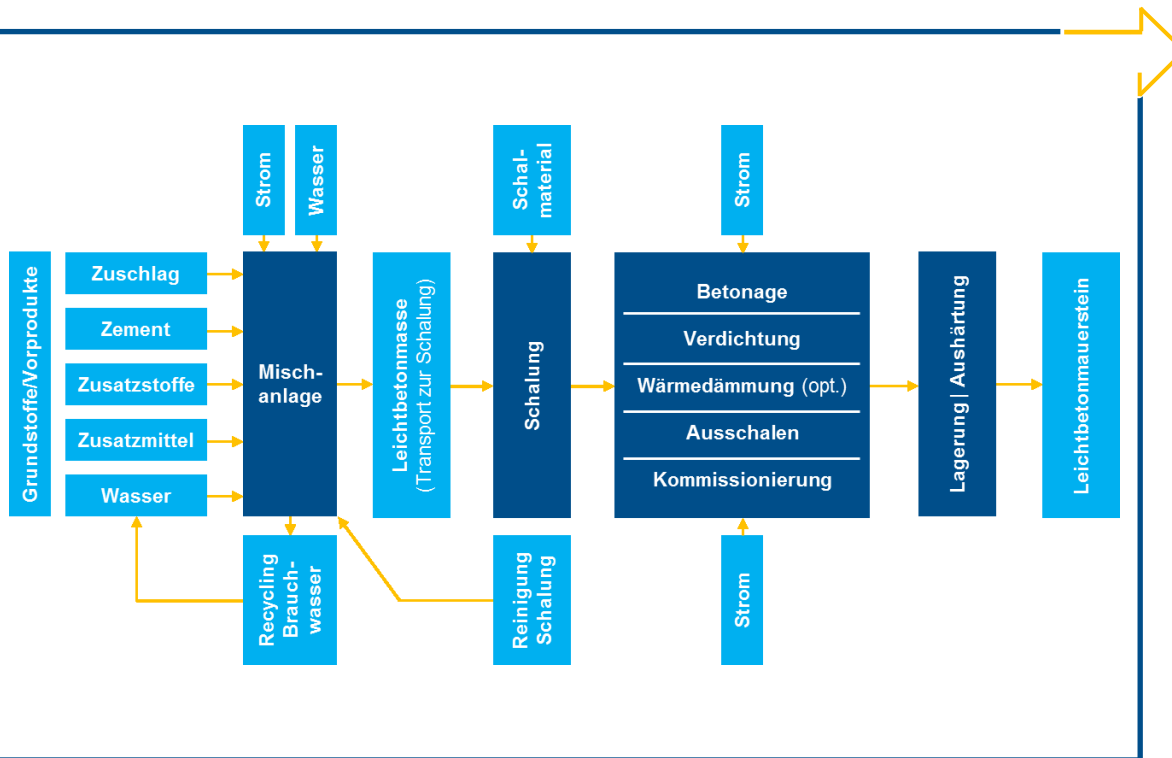
	pro	Primärenergie	Treibhauspotential
Mauerwerk	m ³		
Kleber	kg		
Dämmplatte Polystyrol	m ³		
Armierungsputz	kg		
Glasfasergewebe	kg		
Armierungsputz	kg		

Mauerwerk	m ³
Kleber	kg
Dämmplatte Polystyrol	m ³
Armierungsputz	kg
Glasfasergewebe	kg
Armierungsputz	kg

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

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

EPD von KLB für Leichtbetonmauersteine



UMWELT-PRODUKTDEKLARATION
nach ISO 14025 und EN 15804

Deklarationsherber	KLB Klimaleichtblock GmbH
Herausgeber	Institut Baun und Umwelt e.V. (IBU)
Programmherber	Institut Baun und Umwelt e.V. (IBU)
Deklarationsnummer	EPO-KL-B-20130162-1AC1-DE
Ausstellungsdatum	15.12.2013
Gltig bis	15.12.2016

Plan-Blcke mit integrierter Dmmung - KLB-Isostar
KLB Klimaleichtblock GmbH

www.ibu-umwelt.com/ / <http://epd-online.com>

Institut Baun und Umwelt e.V.

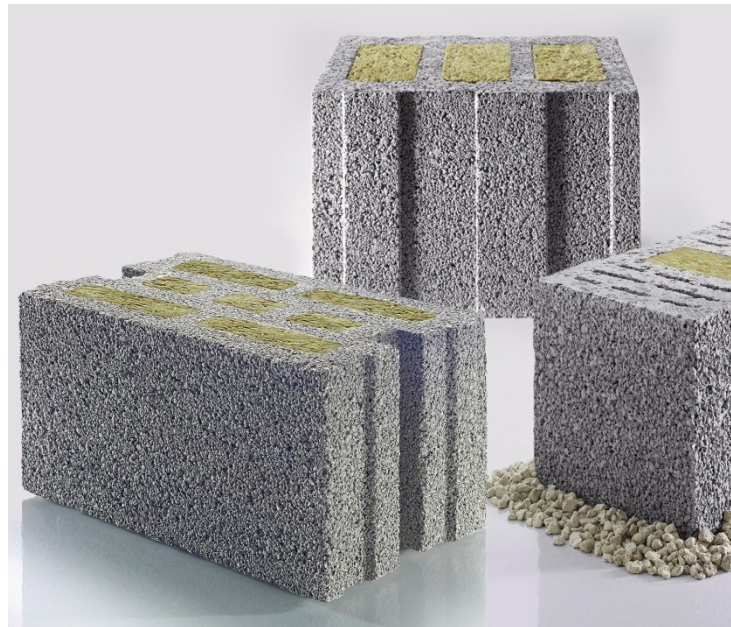
Beton- und Fertigteilindustrie hat Trend zur Erhebung und Darstellung von Umweltwirkungen früh aufgegriffen

EPD für KLB-Klimablock – Kooperation mit Institutsausgründung LCEE

So wird
gebaut **KLB**
Klimaleichtblock[®]



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



UMWELT-PRODUKTDEKLARATION

nach ISO 14025 und EN 15804

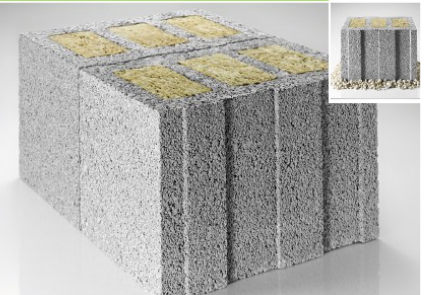
Deklarationsnutzer	KLB Klimaleichtblock GmbH
Herausgeber	Institut Baun und Umwelt e.V. (IBU)
Programmhalter	Institut Baun und Umwelt e.V. (IBU)
Deklarationsnummer	EPD-KLB-2013/010-4AC1-DE
Ausstellungsdatum	19.12.2013
Gültig bis	18.12.2016

Plan-Blöcke mit integrierter Dämmung - KLB-Isostar
KLB Klimaleichtblock GmbH

www.ibu-umwelt.com/ ibp.epd-online.com



Institut Baun
und Umwelt e.V.

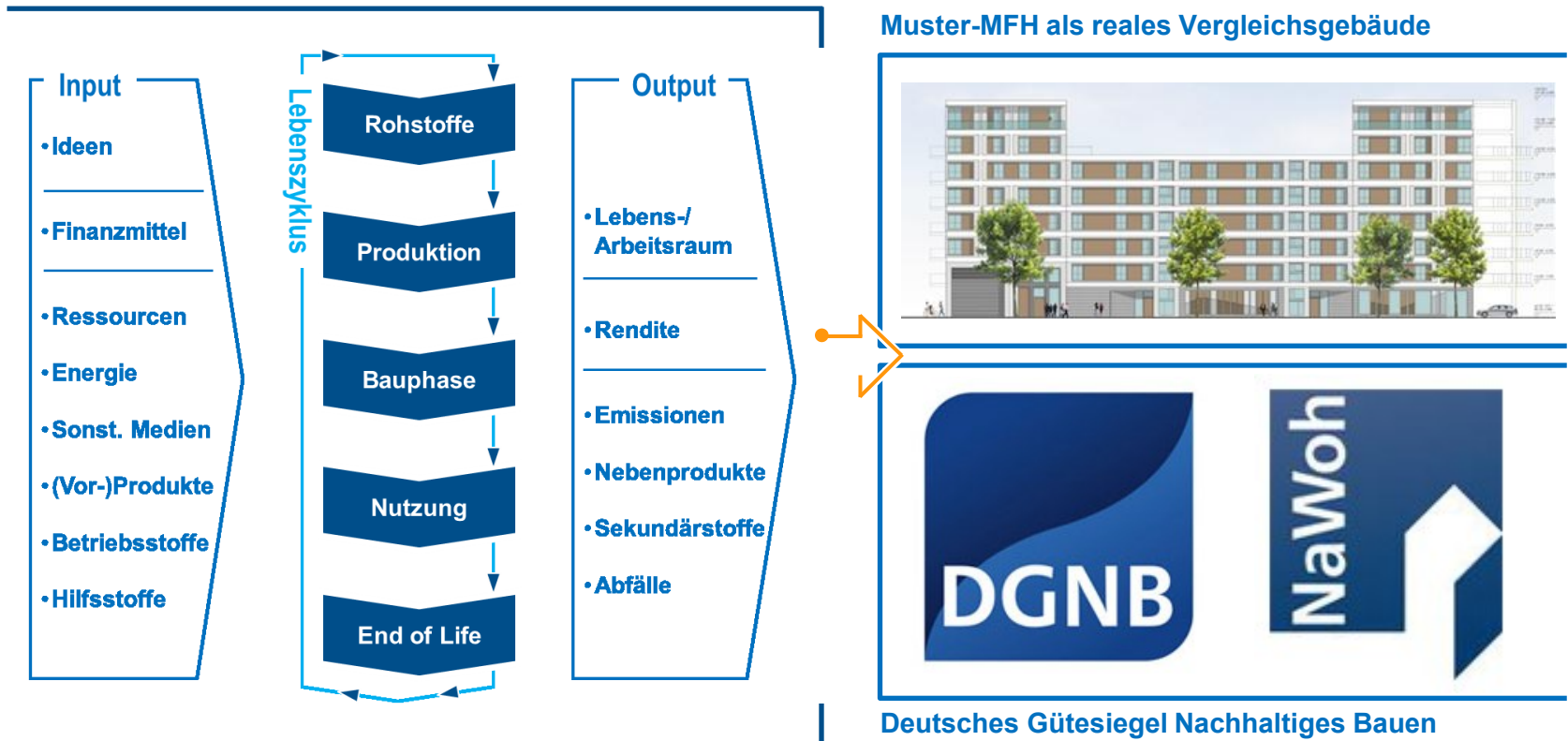




5 Ganzheitlicher Bewertungsansatz – Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton

Untersuchung der Nachhaltigkeitsperformance eines Muster-MFH

Ganzheitlicher, lebenszyklusumspannender Untersuchungsansatz – Schema



Phasen Rohstoffe | Produktion | Erstellung mit ökologischem 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%

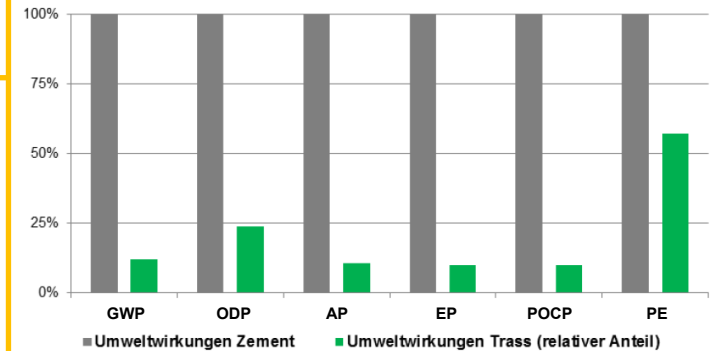
- *Fokus*: Halogene, Schwermetalle, VOC-Emissionen
- *Leichtbeton*: keine Gefahren für Boden/Luft/Grundwasser, Gesundheit Mensch, Flora/Fauna
- Auch im Verbund mit Ergänzungsmaterialien

Kriterienkatalog

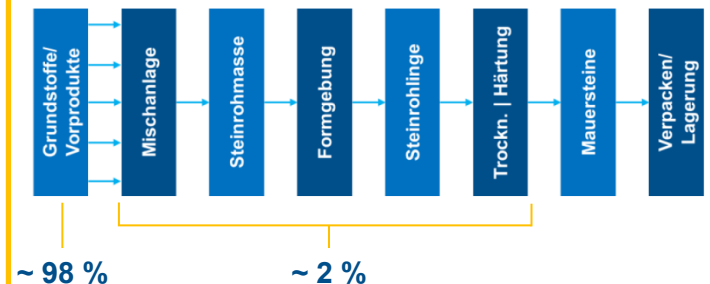
Ökobilanz

Umweltrisiken

Bindemittel-Substitution



Energieeinsatz Herstellphase

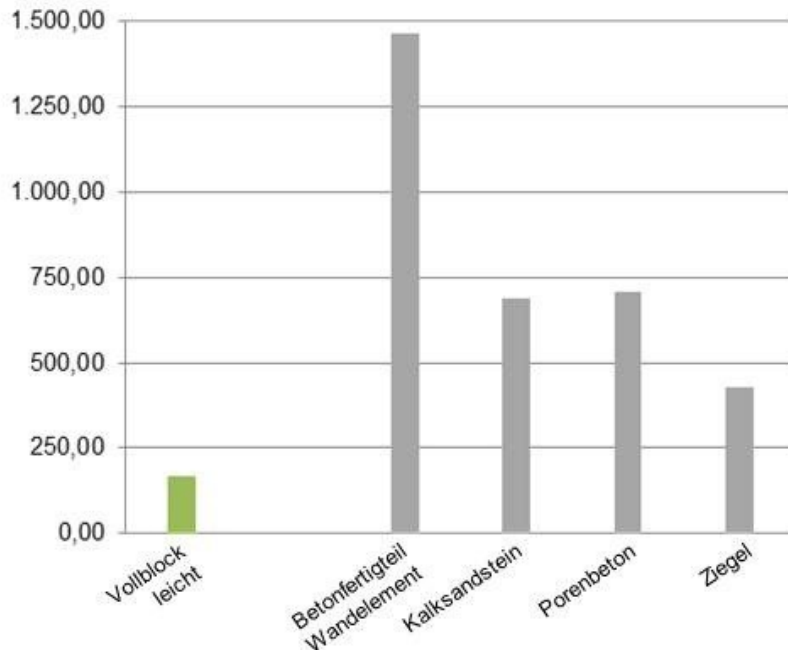


5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

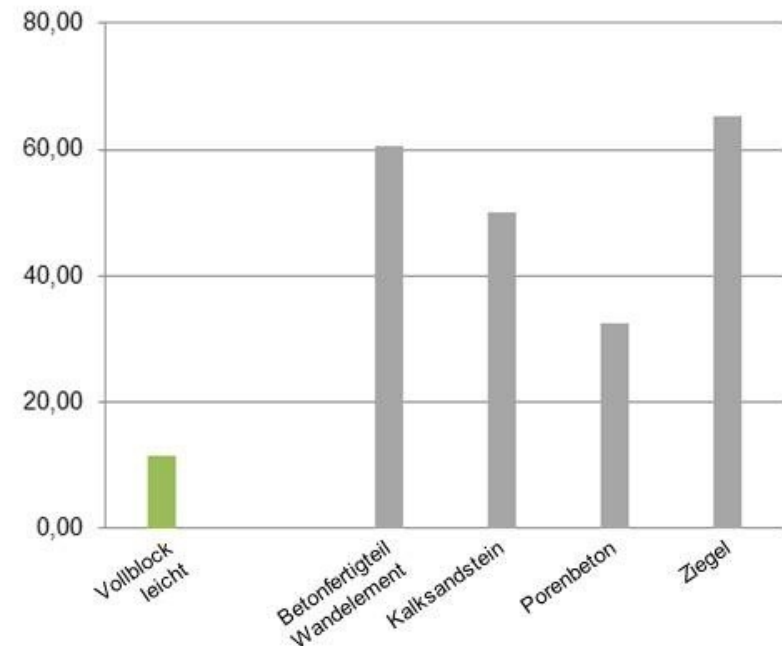
Beispiel 1 – Ökobilanzielle Umweltwirkungen klassischer LB-Steine

Primärenergie pro funktioneller Einheit: 1 m² Wand gleicher Eigenschaften (U=0,26)

PE_{ne,Ges}
[MJ]



PE_{e,Ges}
[MJ]

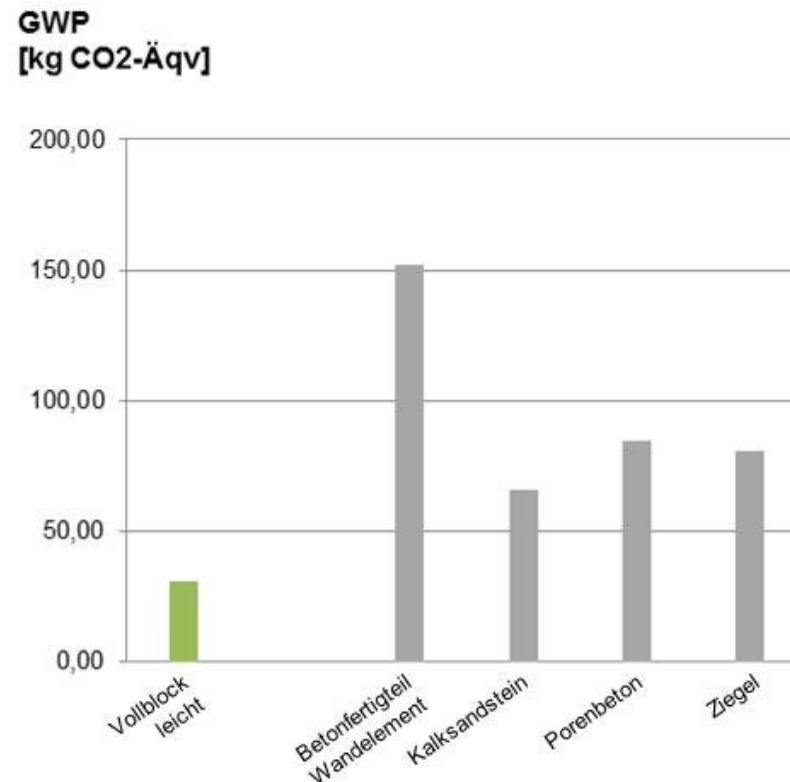


Quelle: Studie der LCEE GmbH

5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

Beispiel 1 – Ökobilanzielle Umweltwirkungen klassischer LB-Steine

Treibhauspotential pro funktioneller Einheit: 1 m² Wand gleicher Eigenschaften (U=0,26)

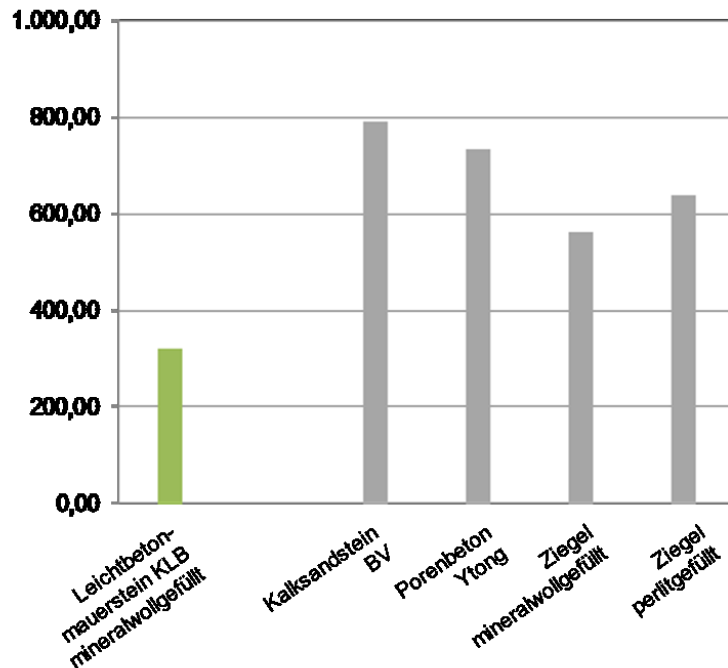


5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

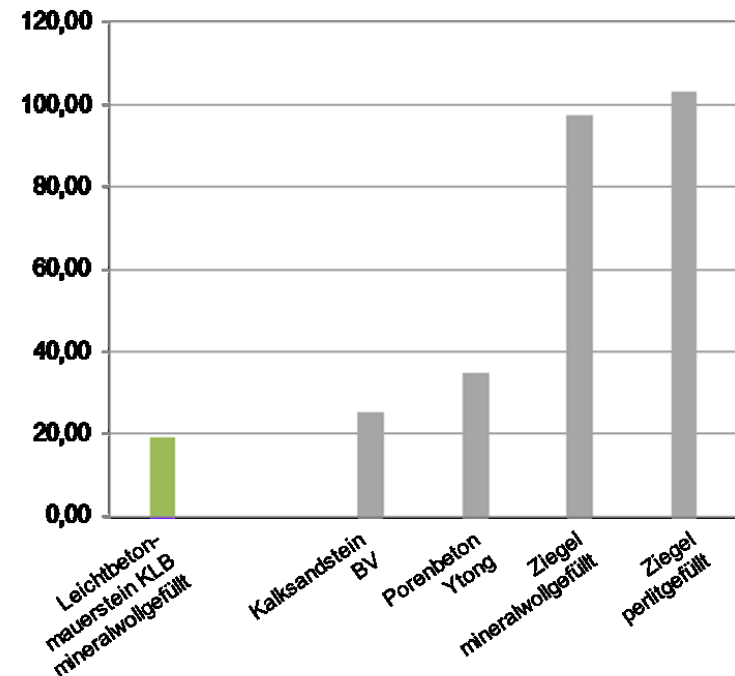
Beispiel 2 – Ökobilanzielle Umweltwirkungen verfüllter LB-Steine

Primärenergie pro funktioneller Einheit: 1 m² Wand gleicher Eigenschaften (U=0,23)

PE_{ne,Ges}
[MJ]



PE_{e,Ges}
[MJ]

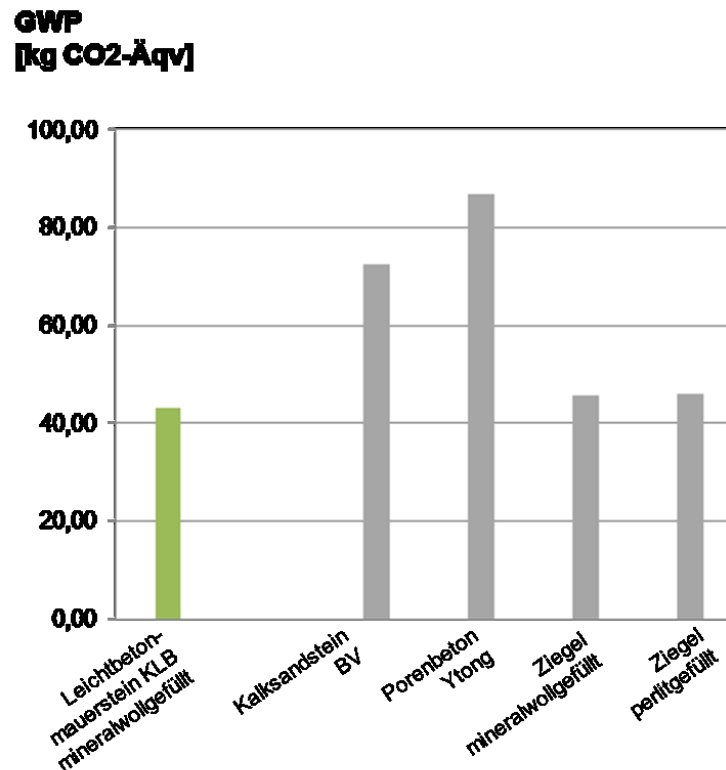


Quelle: Studie der LCEE GmbH

5 Performance von Wohngebäuden aus Leichtbeton-Mauerwerk

Beispiel 2 – Ökobilanzielle Umweltwirkungen verfüllter LB-Steine

Treibhauspotential pro funktioneller Einheit: 1 m² Wand gleicher Eigenschaften (U=0,23)



Quelle: Studie der LCEE GmbH

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	✓

Nutzungsphase mit soziokulturell-funktionalem Schwerpunkt

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



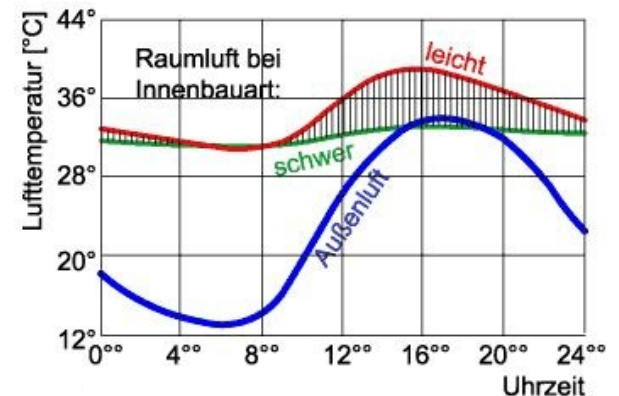
Komfort Winter → U-Werte

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



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*.

Beispiel 3 - Bewertung der wärmeschutztechnischen Qualität

EFH / ZFH aus Mauerwerk	Kriterium NKW12-35	<i>Feuchte- und wärmeschutztechnische Qualität</i>
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	✓

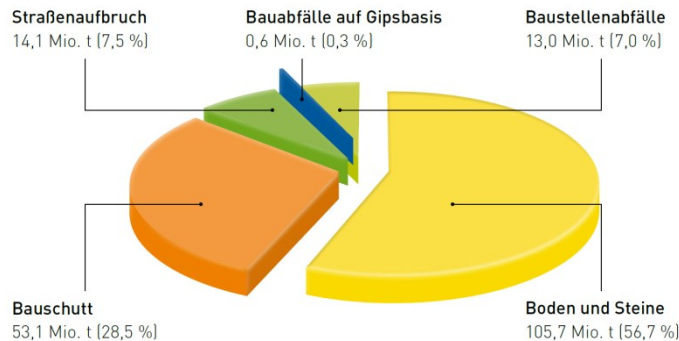
Sonneneintragskennwert S

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

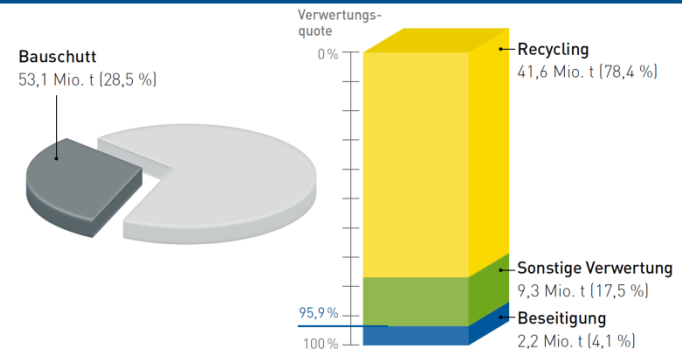
Nachhaltigkeit End of Life: Rückbaubarkeit und Recyclingpotential

Beispielhafte Aspekte zu Rückbau und Demontage

Abfallmengen und -fraktionen in Deutschland



Recyclingquoten mineralischer Fraktionen in Deutschland



Aufwand	Punkte	LB-Mauerwerk
Nicht vertretbar	0	Qualitätsstufe erreicht ✓
vertretbar	24	Qualitätsstufe erreicht ✓
leicht	38	Qualitätsstufe bedingt erreicht ✓

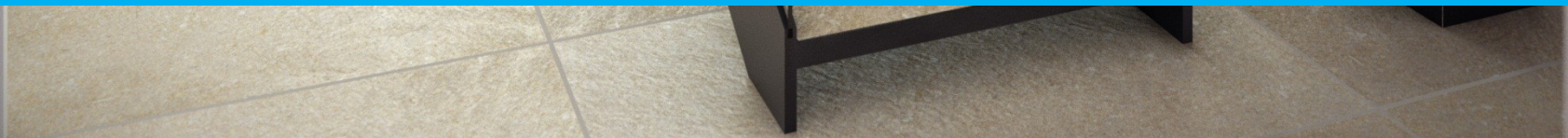
LB-Mauerwerk	Punkte	Aufwand
✓ Qualitätsstufe erreicht	0	sehr hoch
✓ Qualitätsstufe erreicht	8	hoch
✓ Qualitätsstufe erreicht	24	mittel

DGNB-Bewertung Trennbarkeit Mauerwerkskonstruktionen

DGNB-Bewertung Demontage Mauerwerkskonstruktionen



6 Zertifizierte Nachhaltigkeit – Bewertung eines Muster-EFH



Nachhaltigkeitsbilanz für ein reales Muster-MFH

Objektiver Variantenvergleich von Konstruktionsweisen – Identische Gebäudeparameter



Identisch in

- **Architektur**
 - **Innenraumgestaltung**
 - **Technischer Gebäudeausrüstung**
 - **Funktion | Funktionalem Äquivalent**
 - **Energetischer Qualität**
- **Vergleichbarkeit**

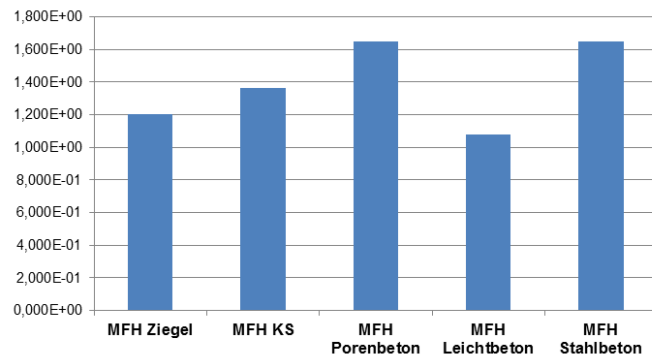


Ökologische Nachhaltigkeitsqualität indiziert durch Ökobilanz

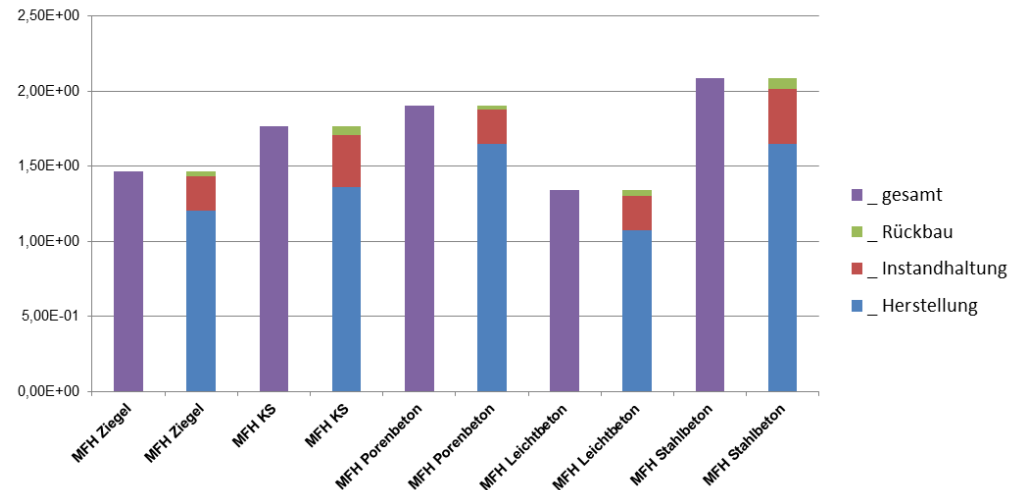
Ergebnisse Muster-MFH für Wirkungsindikator Treibhauspotential (GWP)

Wandkonstruktionen Muster-MFH – Herstellung | Wandkonstruktionen Muster-MFH – Herstellung | Nutzung | Rückbau

GWP
[kg CO₂-eq/(m²a)]



GWP
[kg CO₂-eq/(m²a)]

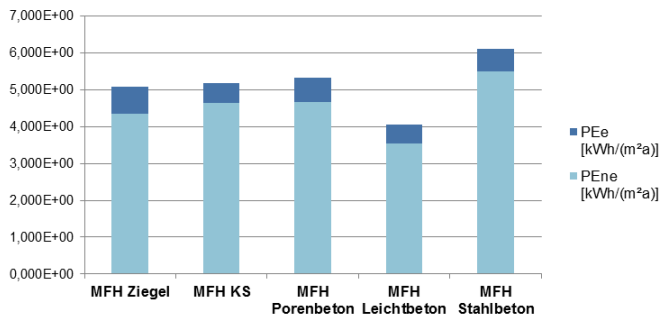


Ökologische Nachhaltigkeitsqualität indiziert durch Ökobilanz

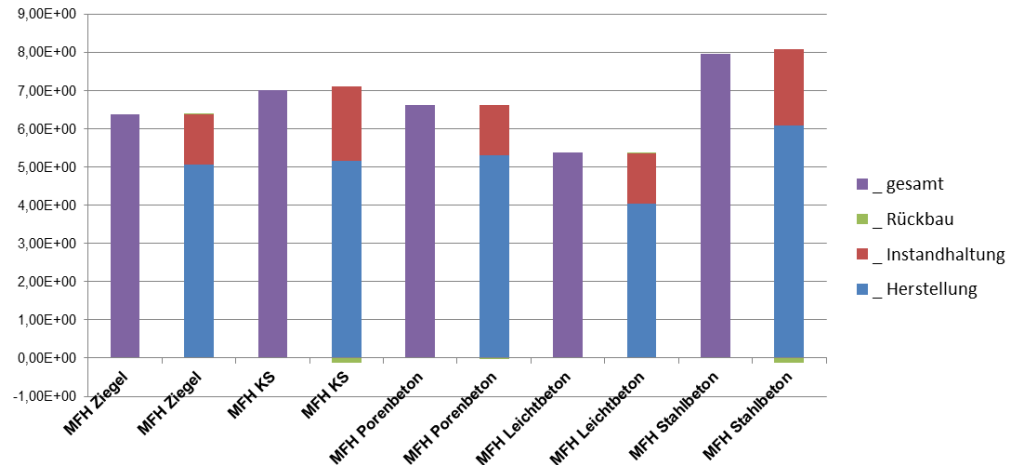
Ergebnisse Muster-MFH für Wirkungsindikator Primärenergieeinsatz (PE_{ges})

Wandkonstruktionen Muster-MFH – Herstellung | Wandkonstruktionen Muster-MFH – Herstellung | Nutzung | Rückbau

PE_{ges}
[kWh/(m²a)]



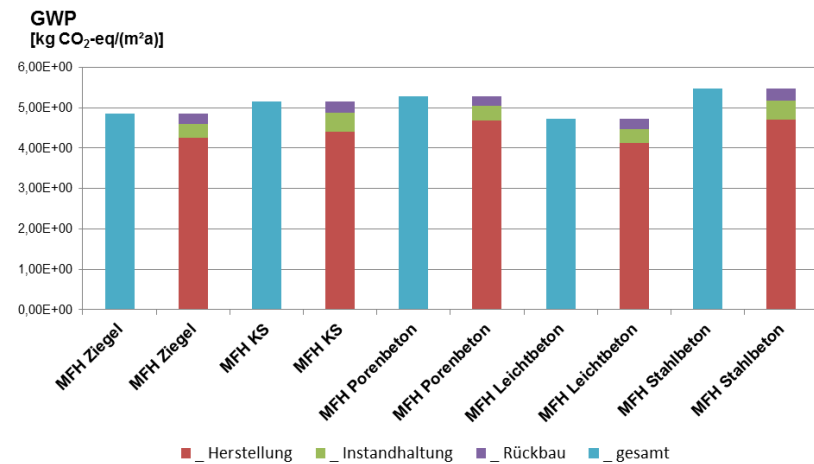
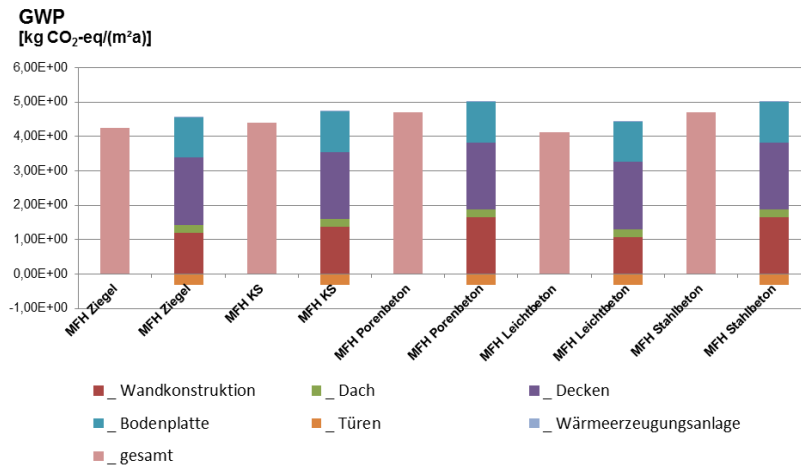
PE_{ges}
[kWh/(m²a)]



Ökologische Nachhaltigkeitsqualität indiziert durch Ökobilanz

Ergebnisse Muster-MFH für Wirkungsindikator Treibhauspotential (GWP)

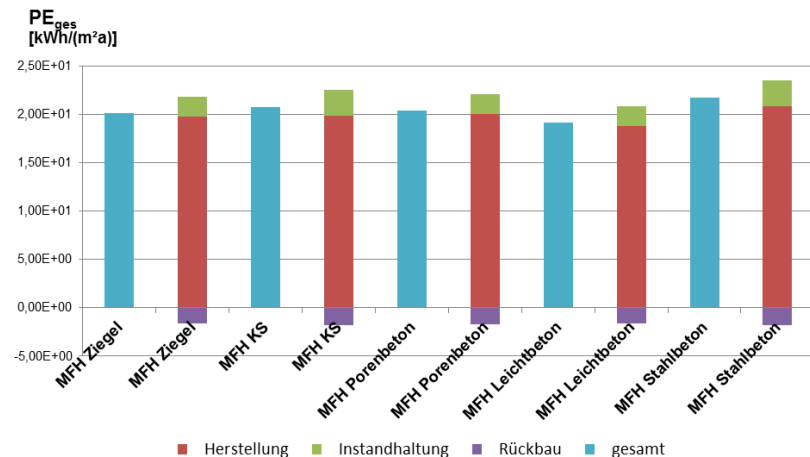
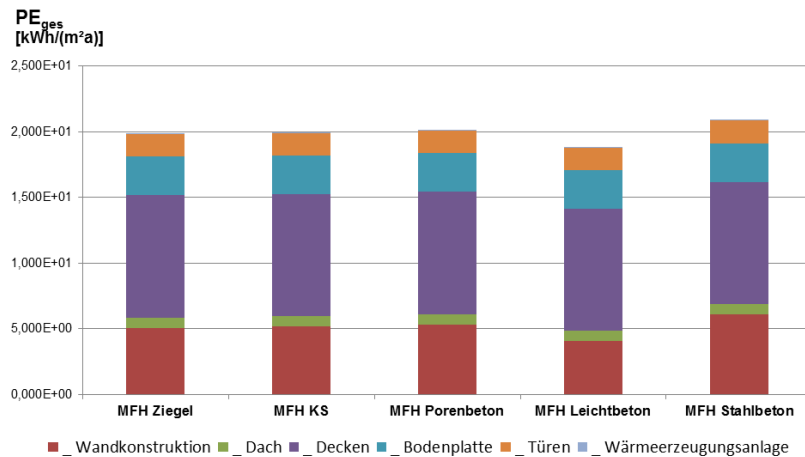
Gesamtkonstruktion Muster-MFH – Herstellung | Gesamtkonstruktion Muster-MFH – Herstellung | Nutzung | Rückbau



Ökologische Nachhaltigkeitsqualität indiziert durch Ökobilanz

Ergebnisse Muster-MFH für Wirkungsindikator Primärenergieeinsatz (PE_{ges})

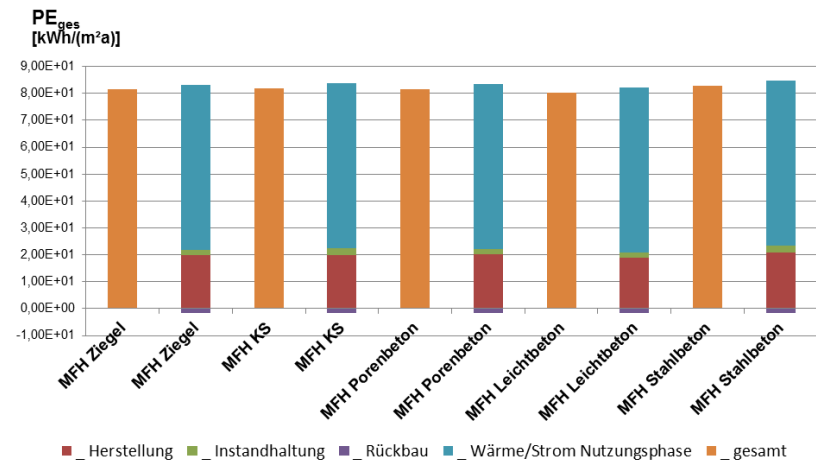
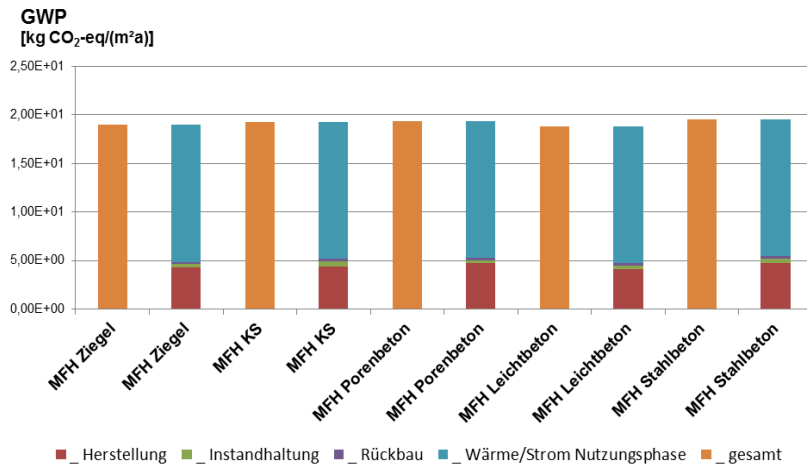
Gesamtkonstruktion Muster-MFH – Herstellung | Gesamtkonstruktion Muster-MFH – Herstellung | Nutzung | Rückbau



Ökologische Nachhaltigkeitsqualität indiziert durch Ökobilanz

Gesamtergebnisse Muster-MFH für GWP und PE_{ges}

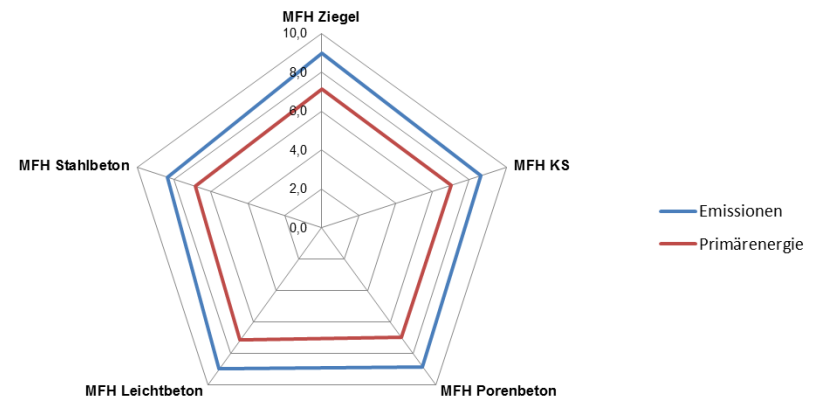
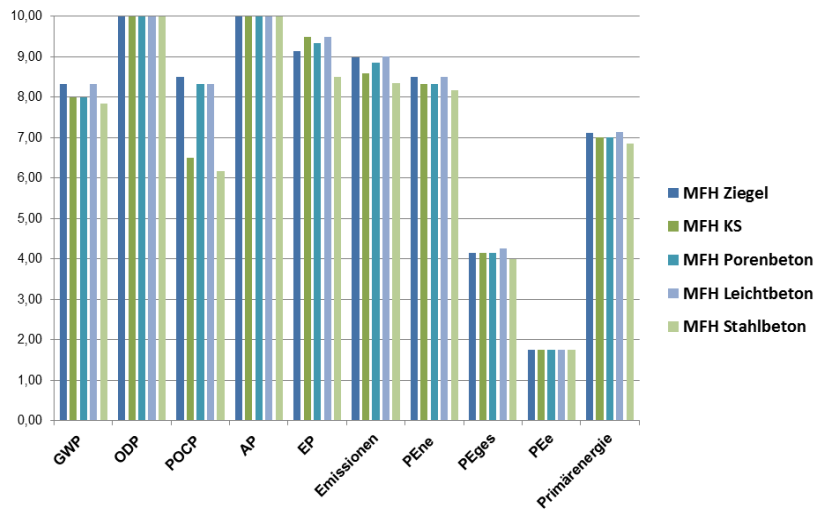
Muster-MFH – Gesamter Lebenszyklus inkl. Wärme | Strom



Ökologische Nachhaltigkeitsqualität indiziert durch Ökobilanz

Zertifizierungsergebnisse Musterhäuser nach DGNB | NaWoh

Zertifizierungsperformance Ökobilanz DGNB-NWO12



A small green plant with three leaves is in the foreground, growing in front of a blurred city skyline. The background shows several tall buildings under a clear blue sky. The overall image has a soft, out-of-focus quality.

7 Fazit – Nachhaltigkeitsqualitäten von Leichtbetonmauerwerk

Resümee und Fazit

Technik

- Hohes Sicherheitsniveau (v.a. Brand)
- Schallschutztechnische Qualität
- Rückbau-/Demontagefreundlichkeit, Rezyklierbarkeit (*keine* thermische Verwertung nötig)

- Optimale ökobilanzielle Lebenszyklusbewertung
- Einhaltung der höchsten Anforderungen bzgl. Umweltrisiken und Innenraumhygiene

Ökologie

- Faktische Qualität hinsichtlich Nutzungsflexibilität (Tragreserven, Grundrissgestaltung, etc.) und Wertstabilität (Lebensdauern, Wartungsfreiheit, Widerstandsfähigkeit) im DGNB *nicht* abbildbar



Soziokultur

- Ideale Voraussetzungen für hohe Bewertung von Komfortaspekten (Thermisch, akustisch, Innenraumhygiene/VOC)

Ökonomie