



RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden

6. Ökobilanz-Werkstatt

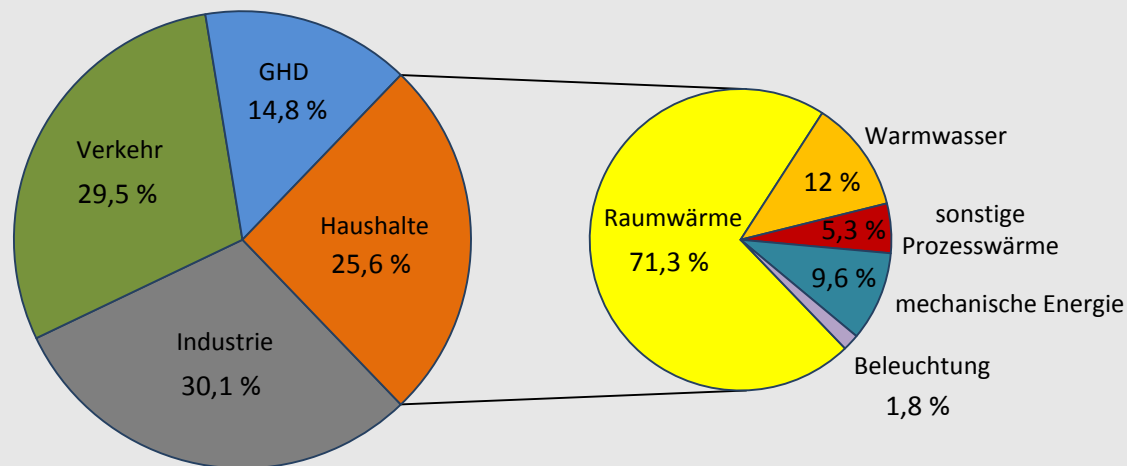
30. September 2010

Dipl.-Ing. Julian Röder

Motivation

- Ziel der Bundesregierung: Reduktion der CO₂-Emissionen
- Großes Potenzial der Energieeinsparung im Gebäudebereich

Struktur des Endenergieverbrauchs
Deutschland 2007



Quelle: BMWi 2009

Motivation

- Verringerung des Wärmebedarfs durch Mindestanforderungen
- EnEV berücksichtigt die Nutzungsphase des Gebäudes
- Anforderungen werden durch verbesserte Anlagentechnik und Gebäudedämmung erreicht
- Erhöhung des Primärenergieeintrages für Gebäude

→ **Ganzheitliche Betrachtung notwendig**

- Untersuchungsrahmen und Bilanzierungsmethodik
- Das untersuchte System
- Material- und Betriebsenergiemengen
- LCA Ergebnisse
- Bewertung

Untersuchungsrahmen und Bilanzierungsmethodik

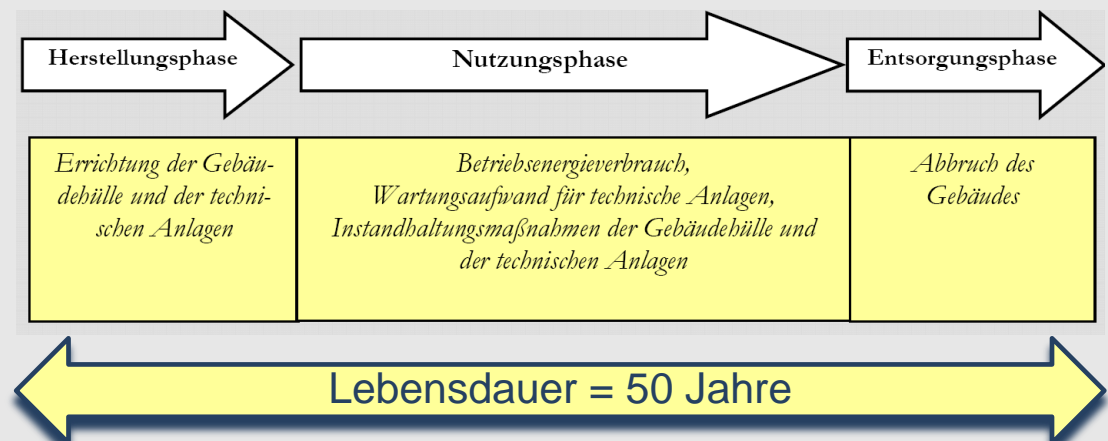
■ System:

- Gebäude mit Anlagentechnik
- Einfamilienhaus
- 120 m² Wohnfläche
- 325 m³ Innenvolumen
- 31 m² Fensterfläche



■ Systemgrenze:

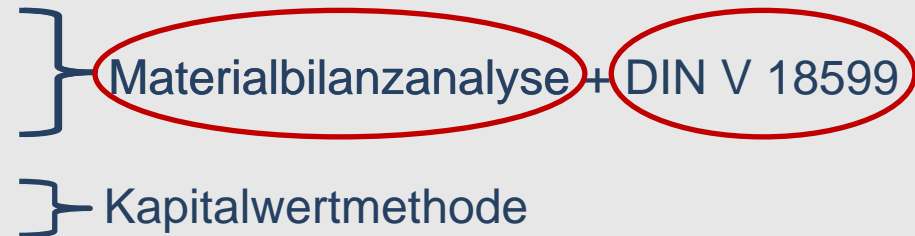
- Außenfläche der Gebäudehülle



Untersuchungsrahmen und Bilanzierungsmethodik

■ Bilanzierung von:

- Kumulierter Energieaufwand (KEA)
- CO₂-Emissionen
- Kosten



■ Herstellungs- und Entsorgungsphase

- Massen [$\text{kg}_{\text{Material}}$] x spezifischer KEA-Wert [$\text{MJ}/\text{kg}_{\text{Material}}$] = KEA [MJ]
- Massen [$\text{kg}_{\text{Material}}$] x spezifischer CO₂-Emissionswert [$\text{t}/\text{kg}_{\text{Material}}$] = CO₂ [t]

■ Nutzungsphase

- Berechnung der Prozessenergiemengen x Primärenergiefaktoren

Untersuchungsrahmen und Bilanzierungsmethodik

■ Bilanzierung von:

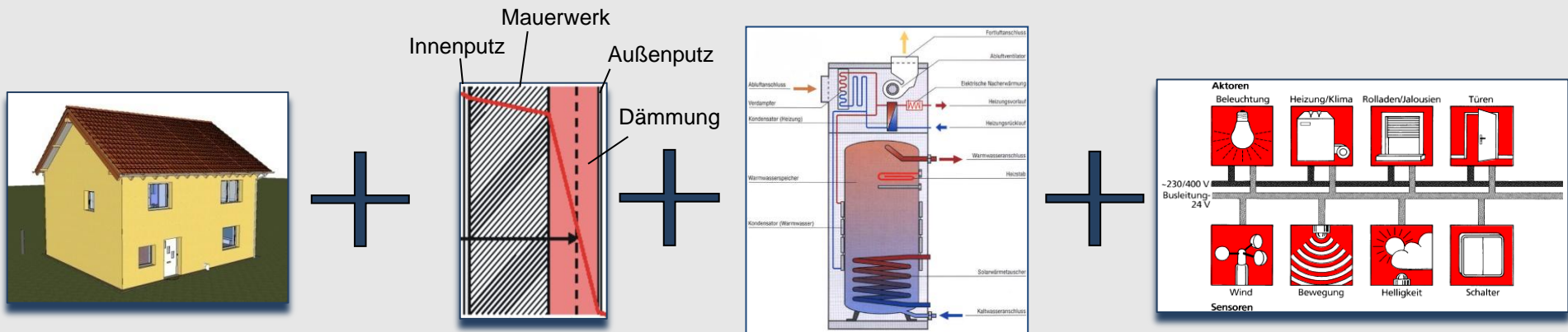
- Kumulierter Energieaufwand (KEA)
- CO₂-Emissionen
- Kosten

} Materialbilanzanalyse + DIN V 18599
} Kapitalwertmethode

■ Kostenberechnung:

- Erstkosten: Herstellung
- Folgekosten: Nutzung und Entsorgung
- Kalkulatorischer Zinssatz von 5 %
- Brennstoffkosten mit jährlicher Preissteigerung von 3 %

Das untersuchte System



Energieklasse:

- 6 unterschiedliche Energiestandards nach U-Werten:

D1: EnEV überschritten
D2: EnEV erfüllt
D3 bis D5: unter EnEV
D5 PH: Passivhaus

Gebäudehülle:

- 6 unterschiedliche Mauerwerke mit 2 unterschiedlichen Materialien
- 8 unterschiedliche Dämmstoffe
- 3 unterschiedliche Fenstertypen

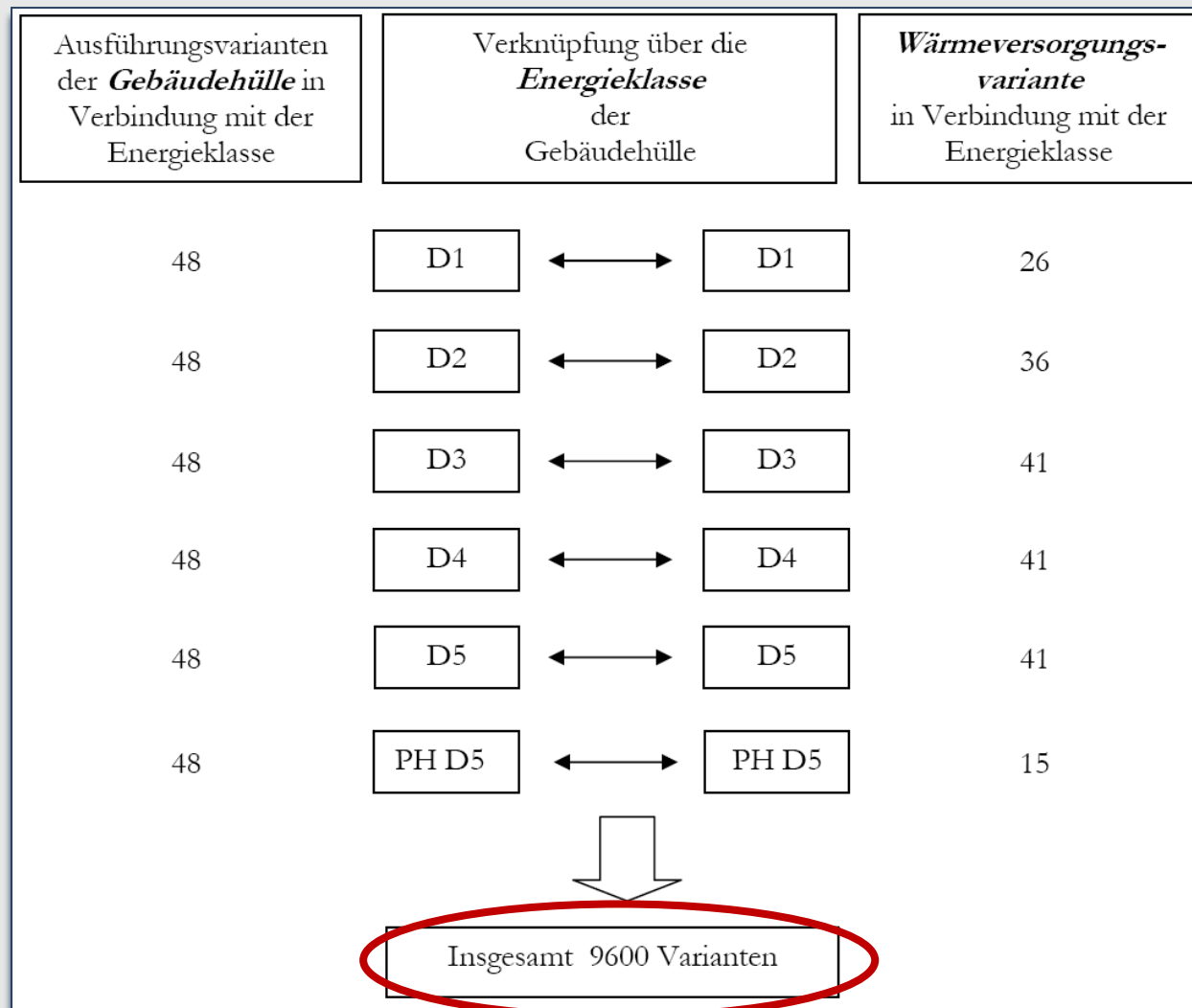
Anlagentechnik:

- 6 unterschiedliche Anlagensysteme für D1 bis D5
- 3 unterschiedliche Anlagensysteme für D5 Passivhaus
- 2 unterschiedliche Wärmeabgabe- und 3 Lüftungssysteme

Regelungstechnik:

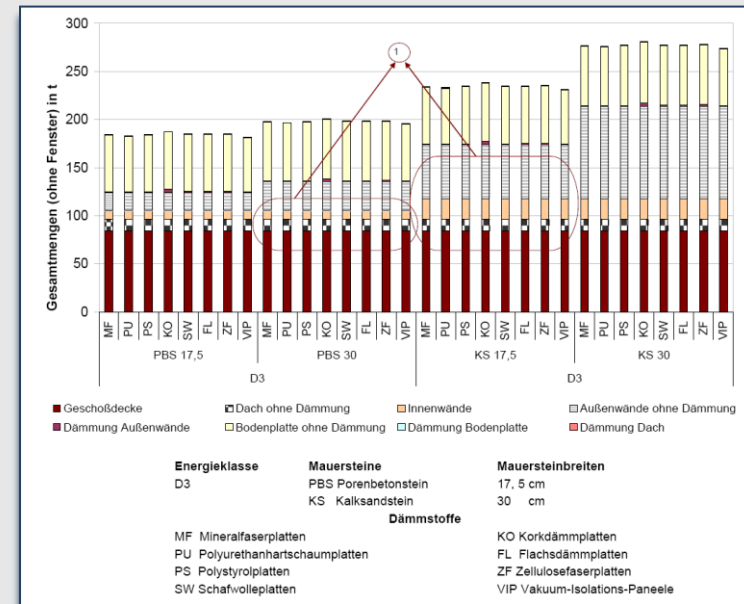
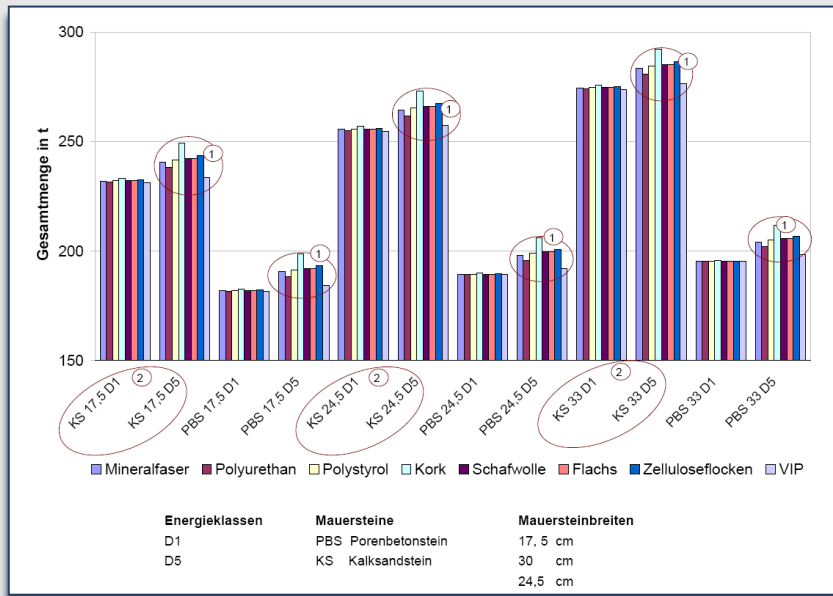
- 3 unterschiedliche Regelungskonzepte

Das untersuchte System



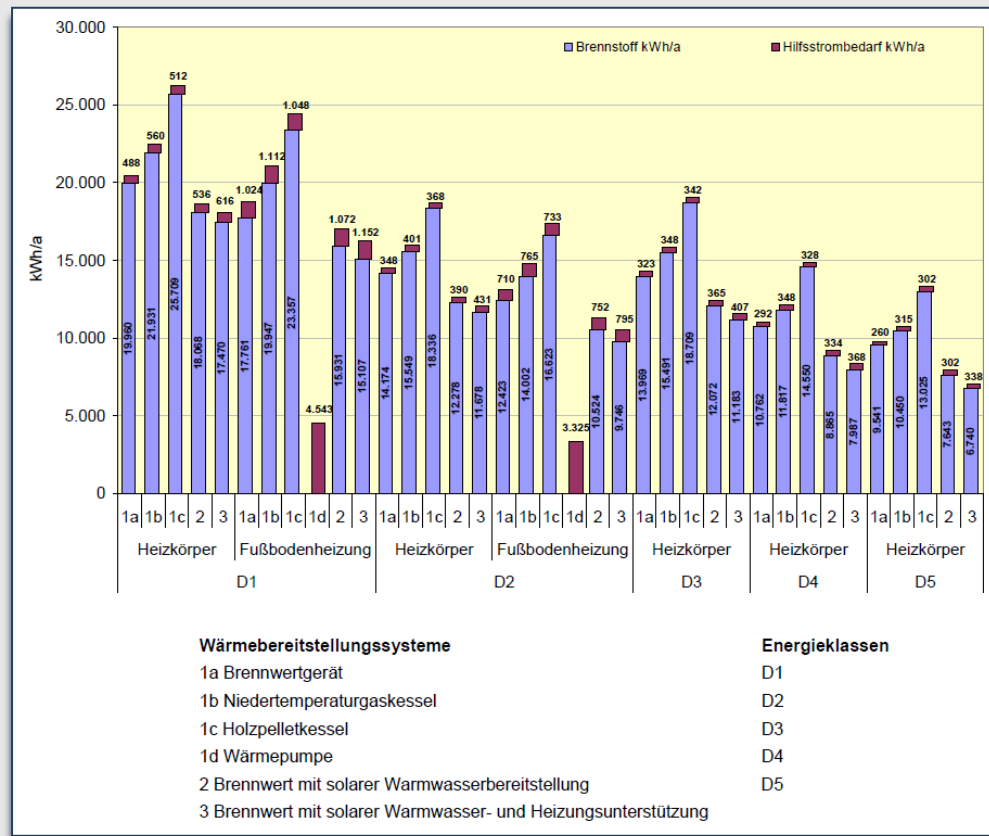
Materialmengen - Herstellungsphase (Gebäudehülle)

- Mit der Energieklasse ansteigende Masse der Gebäudehülle
 - Gesamtmasse eines Stoffes = Stärke x Fläche x Dichte
 - Summierung der Stoffe für Außenwände, Bodenplatte, Geschosdecke und Dach



Betriebsenergiemengen – Nutzungsphase (Wärmebereitstellung)

- Deutliche Betriebsenergieeinsparung mit steigender Energieklasse



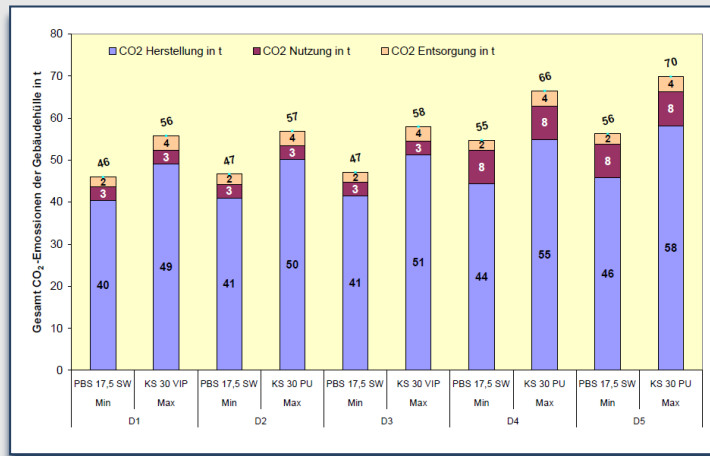
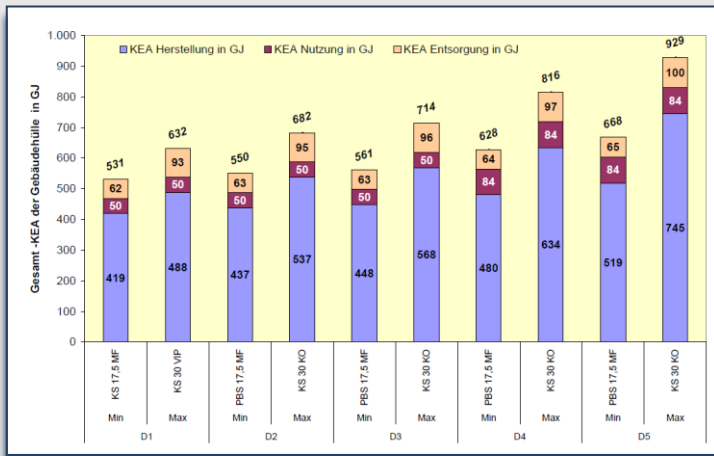
- Deutliche Betriebsenergieeinsparung mit Lüftungsanlagen und WRG
- Geringe Betriebsenergieeinsparung durch Regelungstechnik

LCA Teil-Ergebnisse – Gesamte Lebensdauer

■ KEA

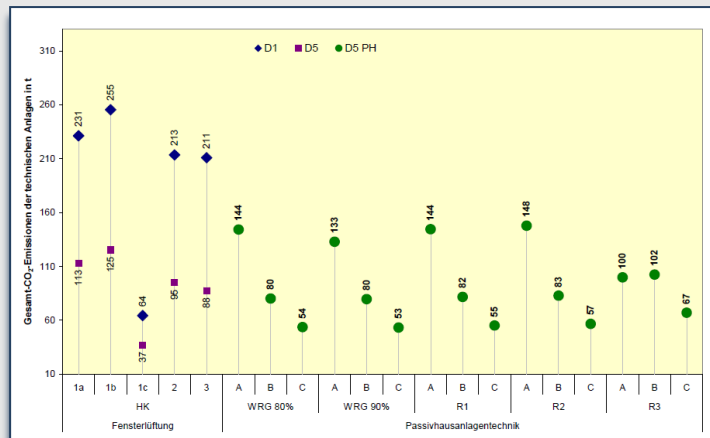
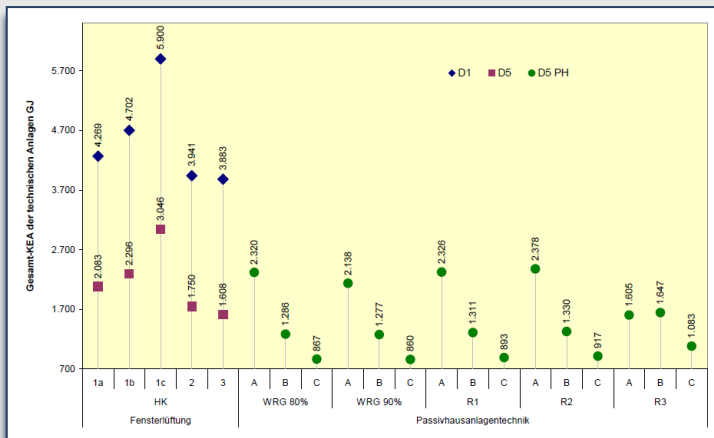
■ CO₂-Emissionen

• Gebäudehülle



Energieklasse	Mauerstein	Dämmstoff
D1	PBS Porenbetonstein	SW Schatwolle
D2	KS Kalksandstein	PU Polyurethan
D3	Mauersteinbreiten	VIP Vakuum-Isolations-Paneele
D4	17,5 cm	
D5	30 cm	

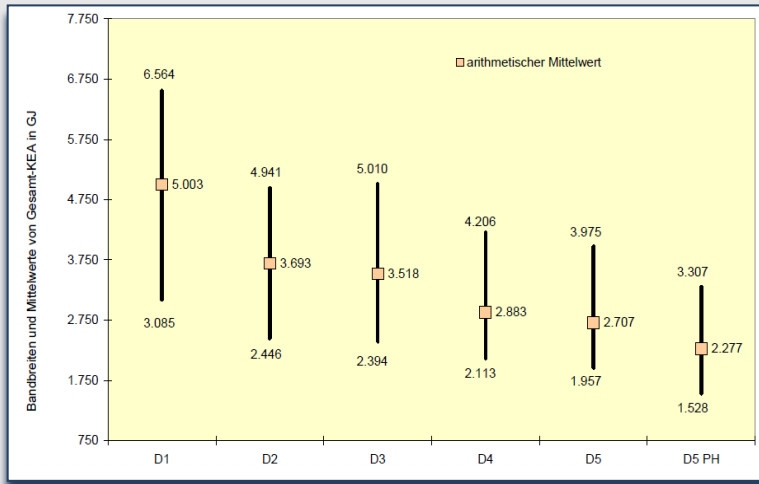
• Wärmeversorgung



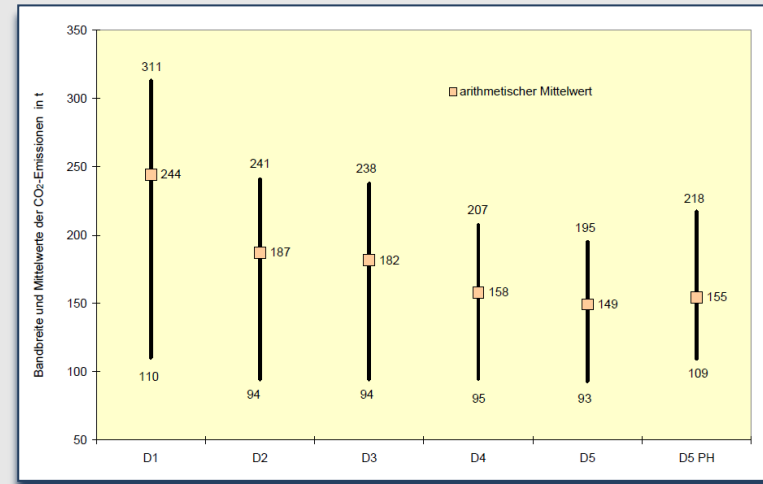
1a Brennwertgerät	HK Heizkörper
1b Niedertemperaturgaskessel	R1 Regelungskonzept 1
1c Holzpelletkessel	R2 Regelungskonzept 2
2 Brennwert mit solarer Warmwasserbereitstellung	R3 Regelungskonzept 3
3 Brennwert mit solarer Warmwasser- und Heizung	
A Beheizung über Lüftung, Durchlauferhitzer	WRG Wärmerückgewinnung
B Lüftungskompaktgerät	
C Lüftungskompaktgerät mit Solaranlage	Energieklassen: D1, D5, D5 PH

LCA Gesamt-Ergebnisse – Gesamte Lebensdauer (System)

KEA



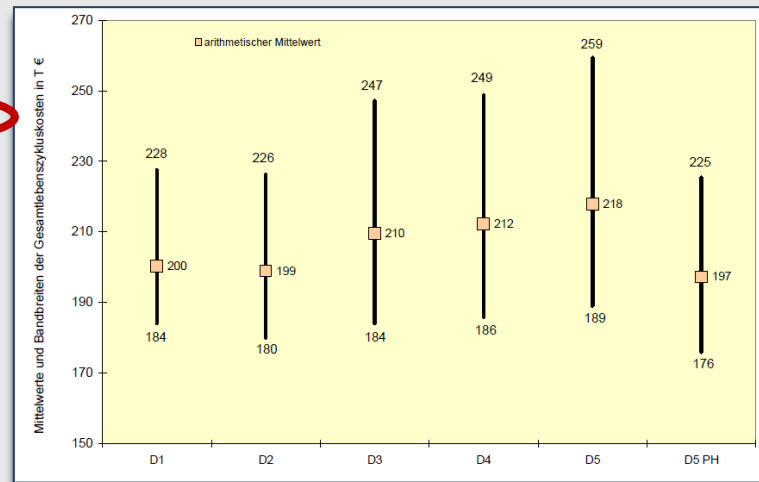
CO₂-Emissionen



KEA

Herstellung: 10 % bis 30 %
 Nutzung: 68 % bis 90 %
 Entsorgung: 1 % bis 2 %

Kosten



CO₂-Emission

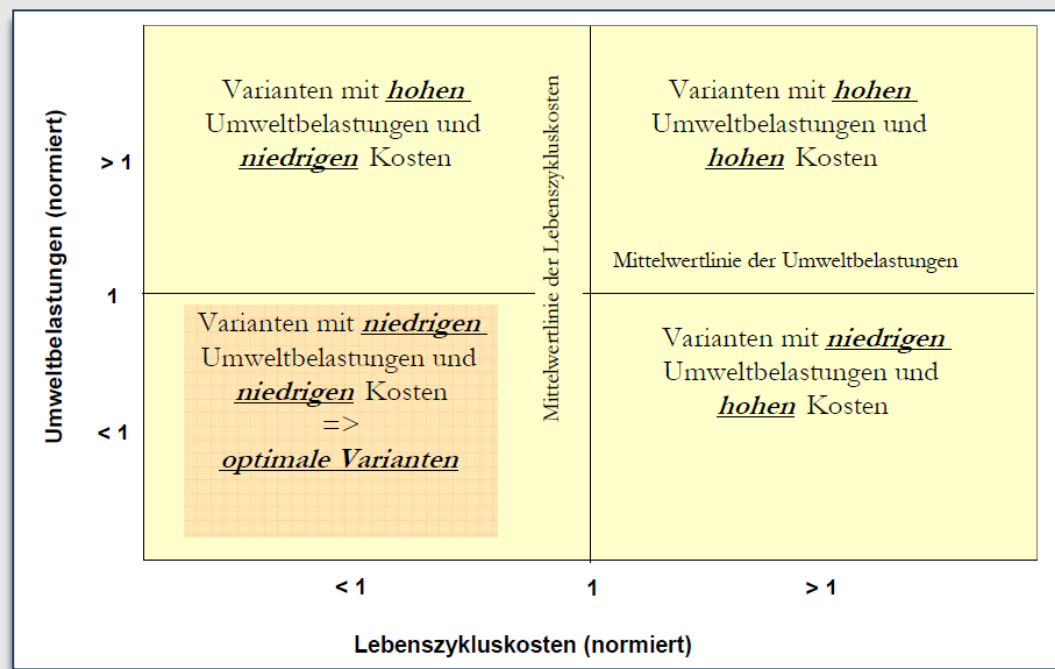
Herstellung: 19 % bis 34 %
 Nutzung: 64 % bis 80 %
 Entsorgung: 3 % bis 4 %

Kosten

Herstellung: 64 % bis 74 %
 Nutzung: 21 % bis 28 %

Bewertung

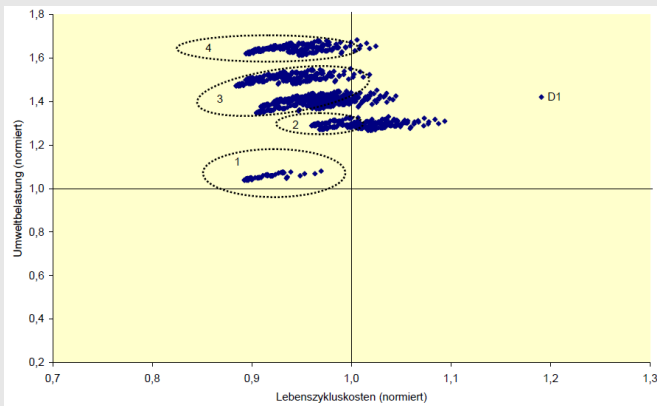
- Bewertung durch Kosten-Umweltbelastungsdiagramm
- Umweltbelastung ergibt sich zu gleichen Teilen aus KEA und CO₂-Emission
- Umweltbelastung und Lebenszykluskosten sind über Mittelwerte normiert



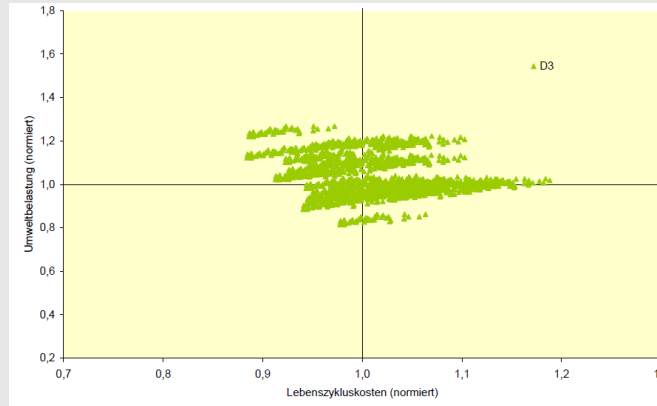
Bewertung

■ Bewertung durch Kosten-Umweltbelastungsdiagramm

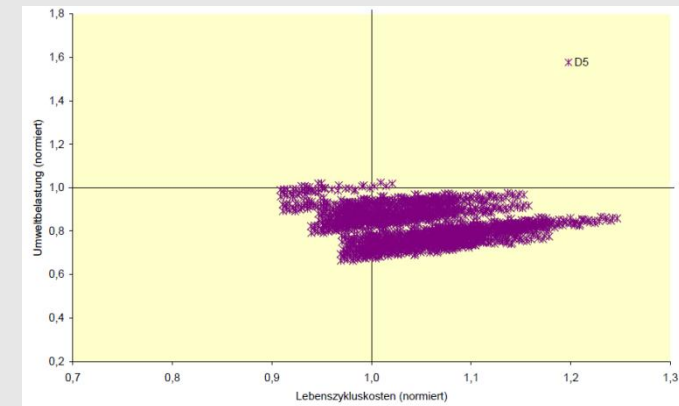
• Energieklasse D1



• Energieklasse D3

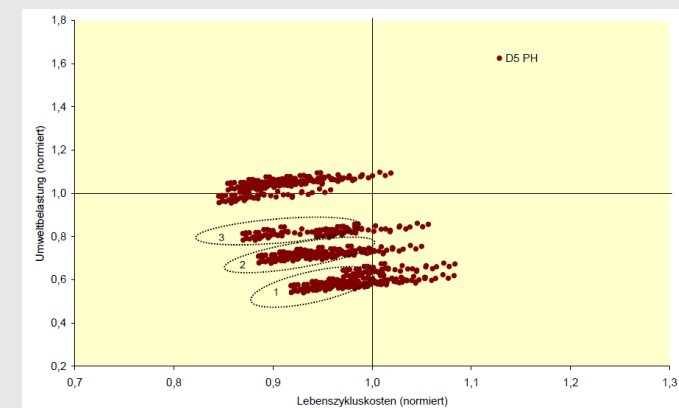


• Energieklasse D5



- D1 weist kein Optimum und Anlagentechnikcluster auf
- Verschiebung von D1 bis D5 nach unten rechts durch steigende Kosten und sinkende Umweltbelastung
- Abnehmende Clusterbildung bei steigender Energieklasse, da Wärmeerzeugung an Einfluss verliert
- Passivhaus hat günstigste Verteilung der Varianten, da Ersparnis bei Anlagentechnik und Betriebsenergie

• Energieklasse Passivhaus



Viele Daten! Und dann?

- Ist die Bewertung Sinnvoll?
- Wie gewichtet man die Kriterien KEA, CO₂, Kosten?
- Bewertung auf Interessenten zuschneiden?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Dipl.-Ing. Julian Röder

LEHRSTUHL ENERGIESYSTEME UND ENERGIETECHNIK

Kontakt: roeder@lee.rub.de

Quelle

Verfasser: Siraki, Klara

Ort, Verlag, Jahr: Bochum, LEE, 2007

Umfang: XIII, 170 S. : graph. Darst.

Überordnung: Schriftenreihe des Lehrstuhls für Energiesysteme und Energiewirtschaft ; 17

ISBN: 978-3-934951-19-8