

# Exergiekennndaten und Bewertungsverfahren für den Gebäudebestand in Deutschland



Fraunhofer-Institut für Bauphysik  
Tekn. Dr. Dietrich Schmidt

1. Definition Exergie
2. „LowEx“-Ansatz
3. Wirkung verschiedener TGA Systeme
4. „LowEx“ Kennwert
5. Auswertung
6. Zusammenfassung

# 1. Definition Exergie

Was ist Exergie?

- EXERGIE ist der in ARBEIT umwandelbare Anteil eines Energieflusses (Nutzbarkeit)
- EXERGIE ist vom Zustand des Systems und dessen Umgebung abhängig

**ENERGIE => QUANTITÄT**

**EXERGIE => QUANTITÄT + QUALITÄT**

### Ansatz: LowEx-Konzept

➔ Anpassung des **Quantitäts-** UND **Qualitätsniveaus** an das Angebot und die Nachfrage

**Quantität** ⇒ Energieeinsparung

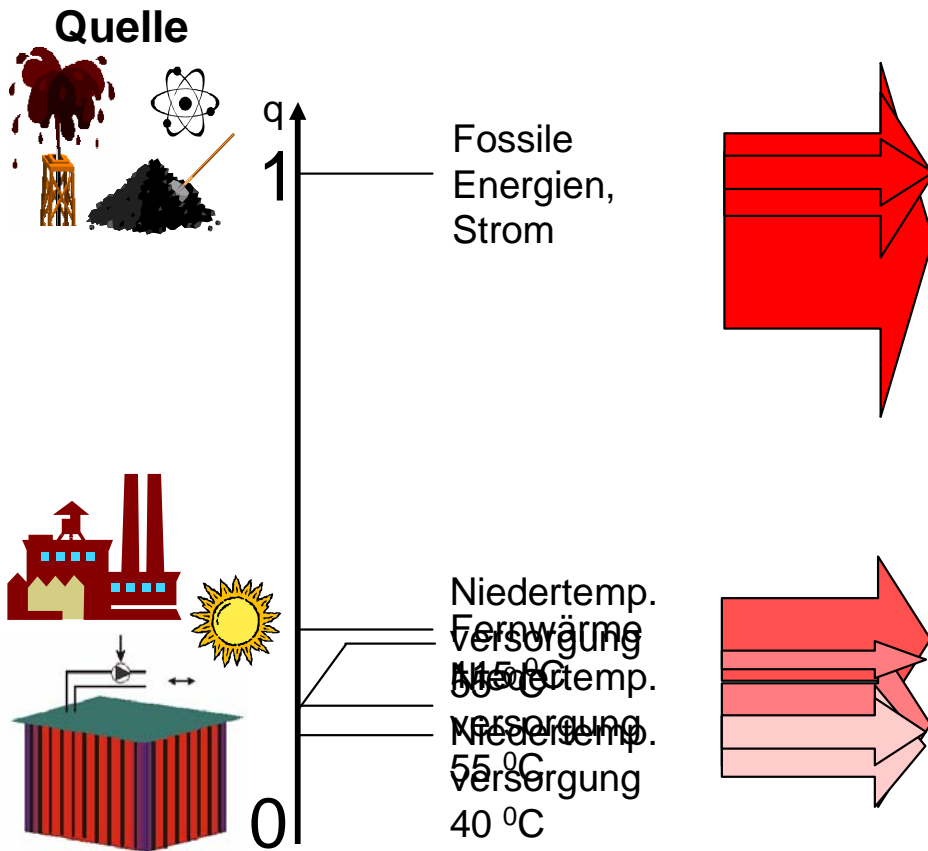
**Qualität** ⇒ Nutzung von „Niedrig-Qualitätsquellen“  
z.B. thermische Solarwärme,  
Erdwärme oder Umgebungswärme

## 2. „LowEx“ Ansatz

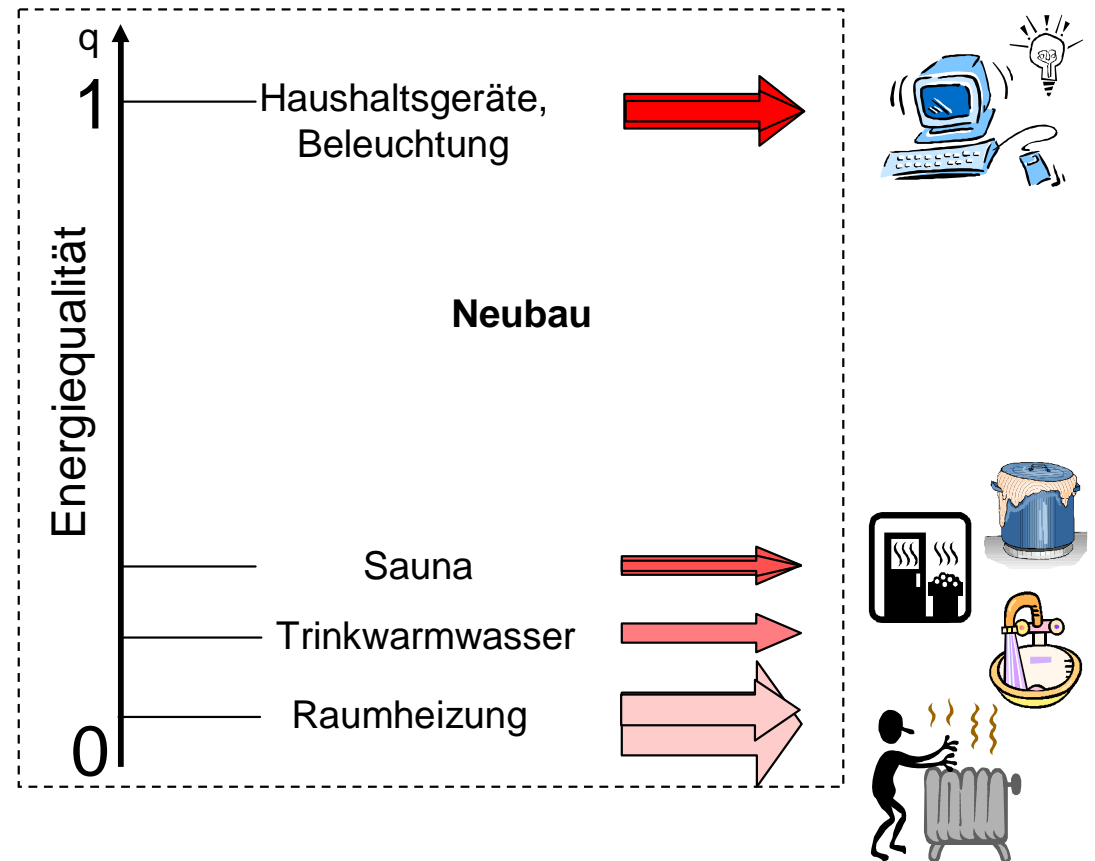
LowEx

# Anpassung der Energiequalität der Versorgung an den Bedarf

### Energieversorgung

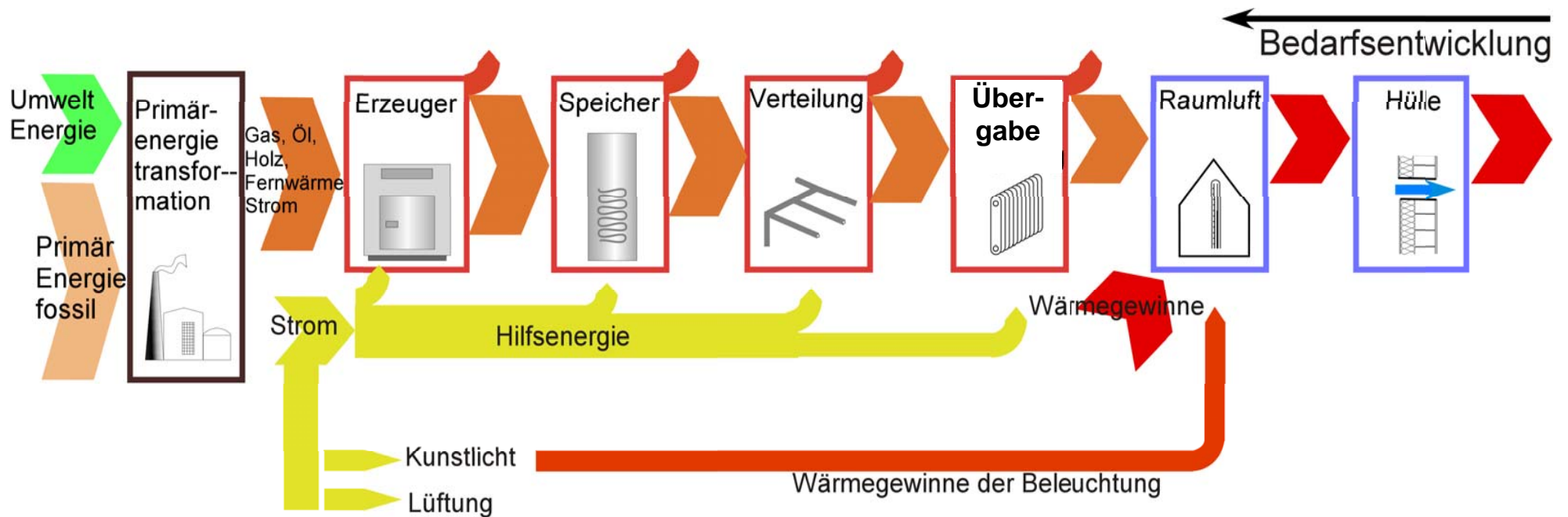


### Energienutzung

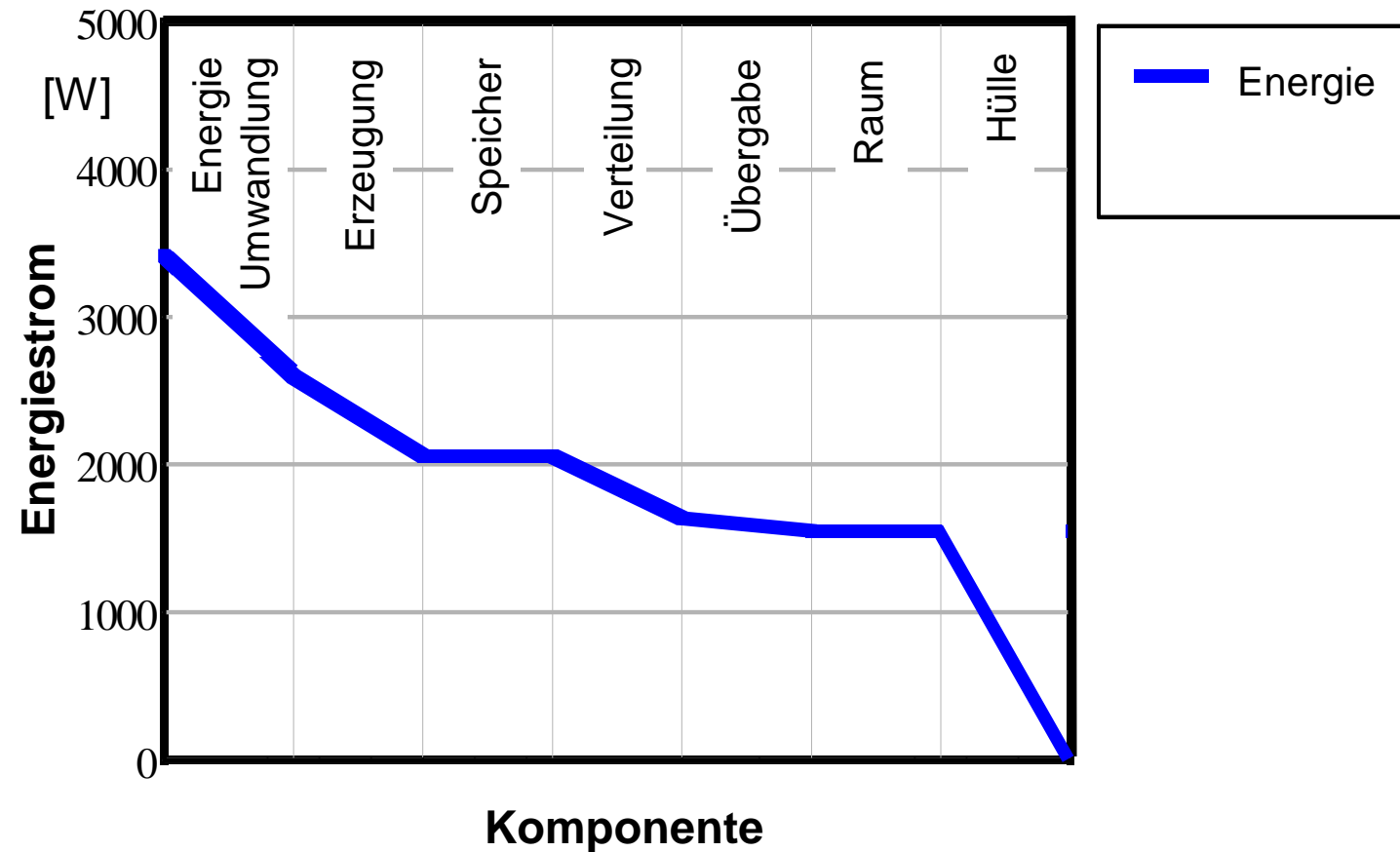


# 2. „LowEx“-Ansatz

## Energieströme in einem Gebäude (Heizfall)



- Beispiel
- Stationäre Berechnung

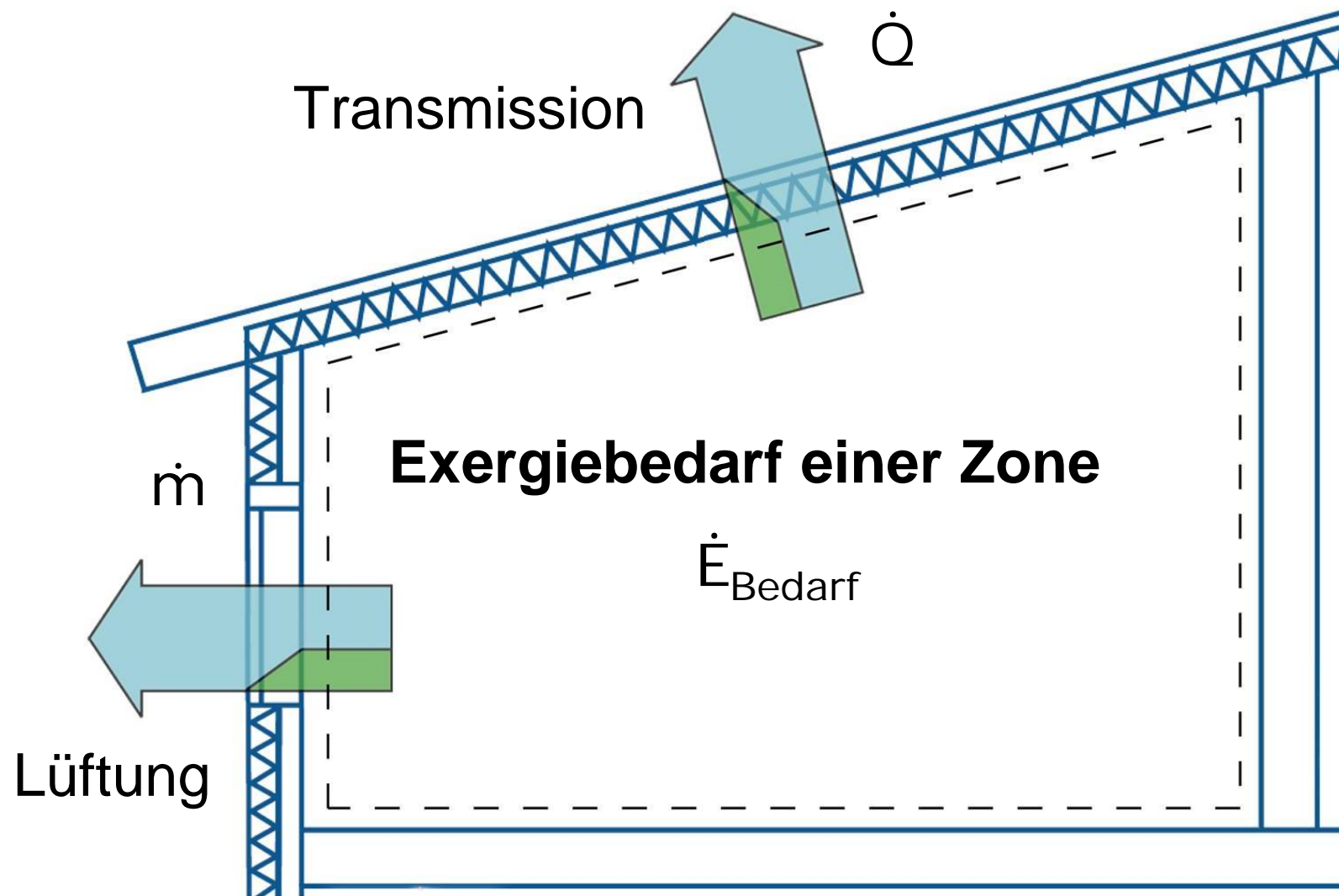


Energieströme durch ein Gebäude  
für eine Grundvariante

Primärenergetische Effizienz ca. 70% für „übliche“ Systeme

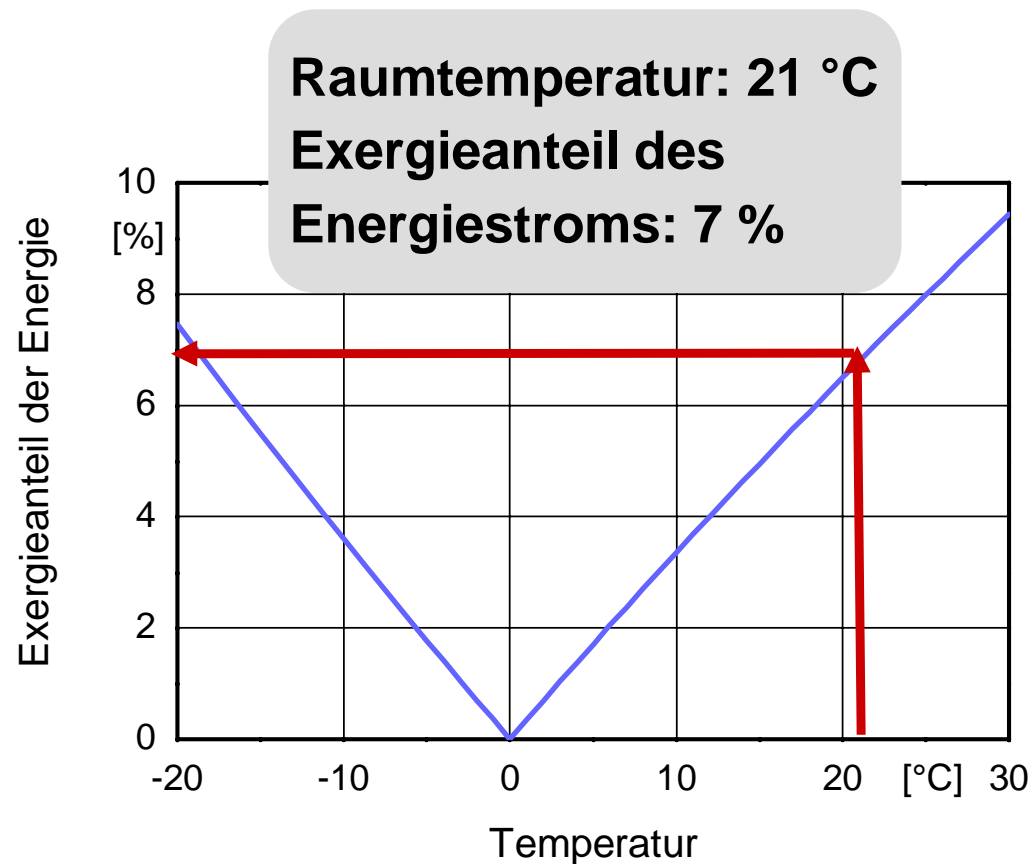
Offene Punkte:

- Wo gibt es Verbesserungspotenziale?
- Werden die Potenziale der Energie wirklich ausgenutzt?
- Wie hoch ist der exergetische Bedarf und die exergetische Effizienz?



Quelle: HRI

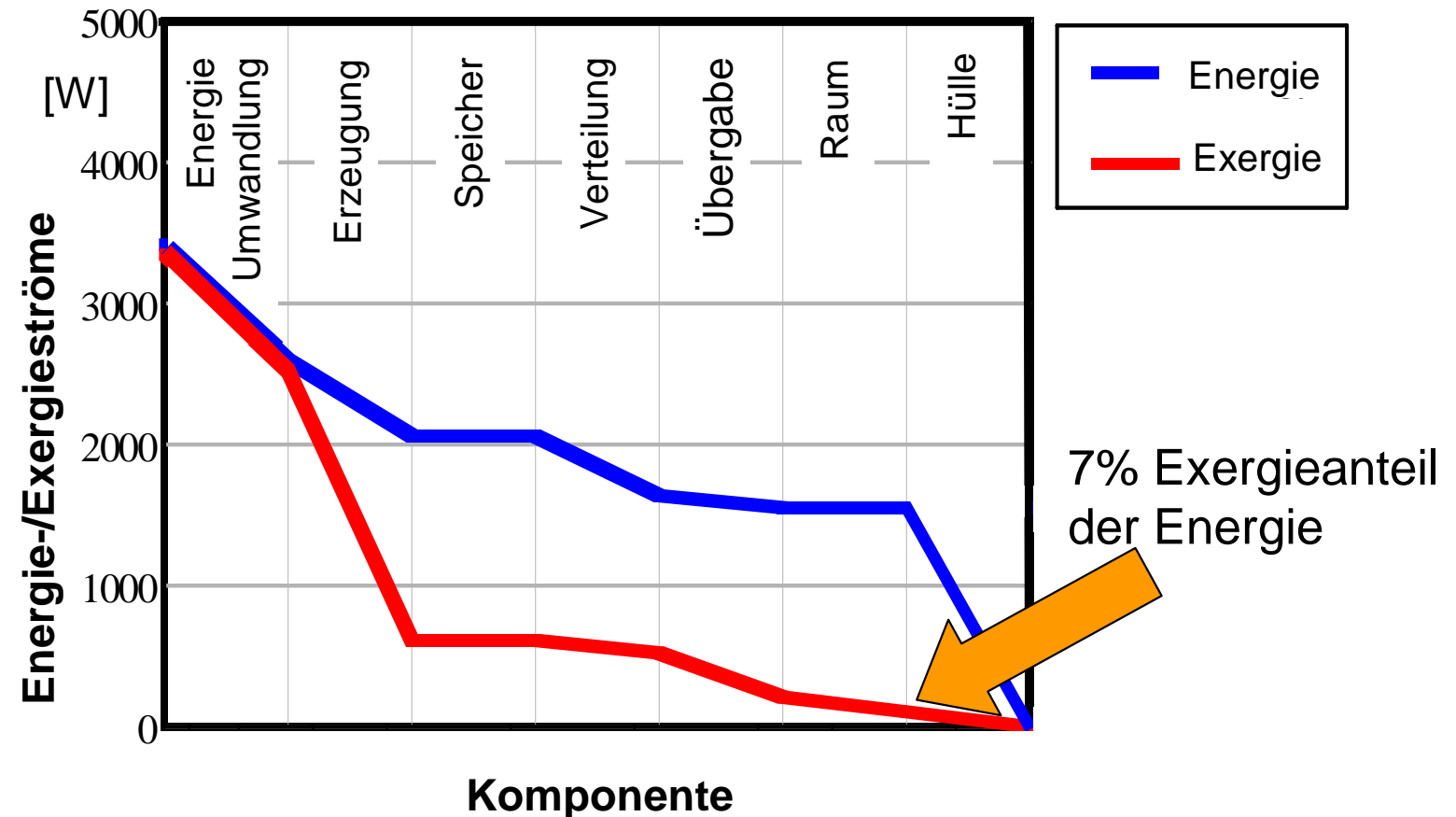
### Exergiebedarf eines Gebäudes



Umgebungstemperatur: 0°C

- Die Größe des Exergieflusses steigt mit der Temperaturdifferenz
- Selbst unter extremen Umgebungsbedingungen beträgt der Exergieanteil weniger als 15 %

- Beispiel
- Stationäre Berechnung



Energie- und Exergieströme durch ein Gebäude für eine Grundvariante

### Stationäre Betrachtung der Heizaufgabe

- Der Exergiebedarf einer Heizaufgabe unter Berücksichtigung klimatischer Randbedingungen

$$Ex = \eta_c \cdot Q$$

- Analoge Abschätzung kann für den Exergiebedarf einer Kühlaufgabe durchgeführt werden:

Randbedingungen Raum:

Heizen (Winter)

20-22°C

30-60% r.F.

Kühlen (Sommer)

22-26°C

30-60% r.F.

## EFH\_I aus IWU Studie



1995-2001

Quelle: IWU

## Gebäudedaten und Rahmenbedingungen

- Raumlufttemperatur: 21°C
- Referenztemperatur: 0°C
- Gebäudeart: Wohngebäude
- Lüftung: Fensterlüftung  
 $n=0,6 \text{ h}^{-1}$
- Trinkwarmwasser-  
erzeugung: 45 l/(Pers\*Tag) / elektrisch
- Transmissionswärme-  
verlustkoeffizient:  $H_T' = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$

## EFH\_I aus IWU Studie



Quelle: IWU

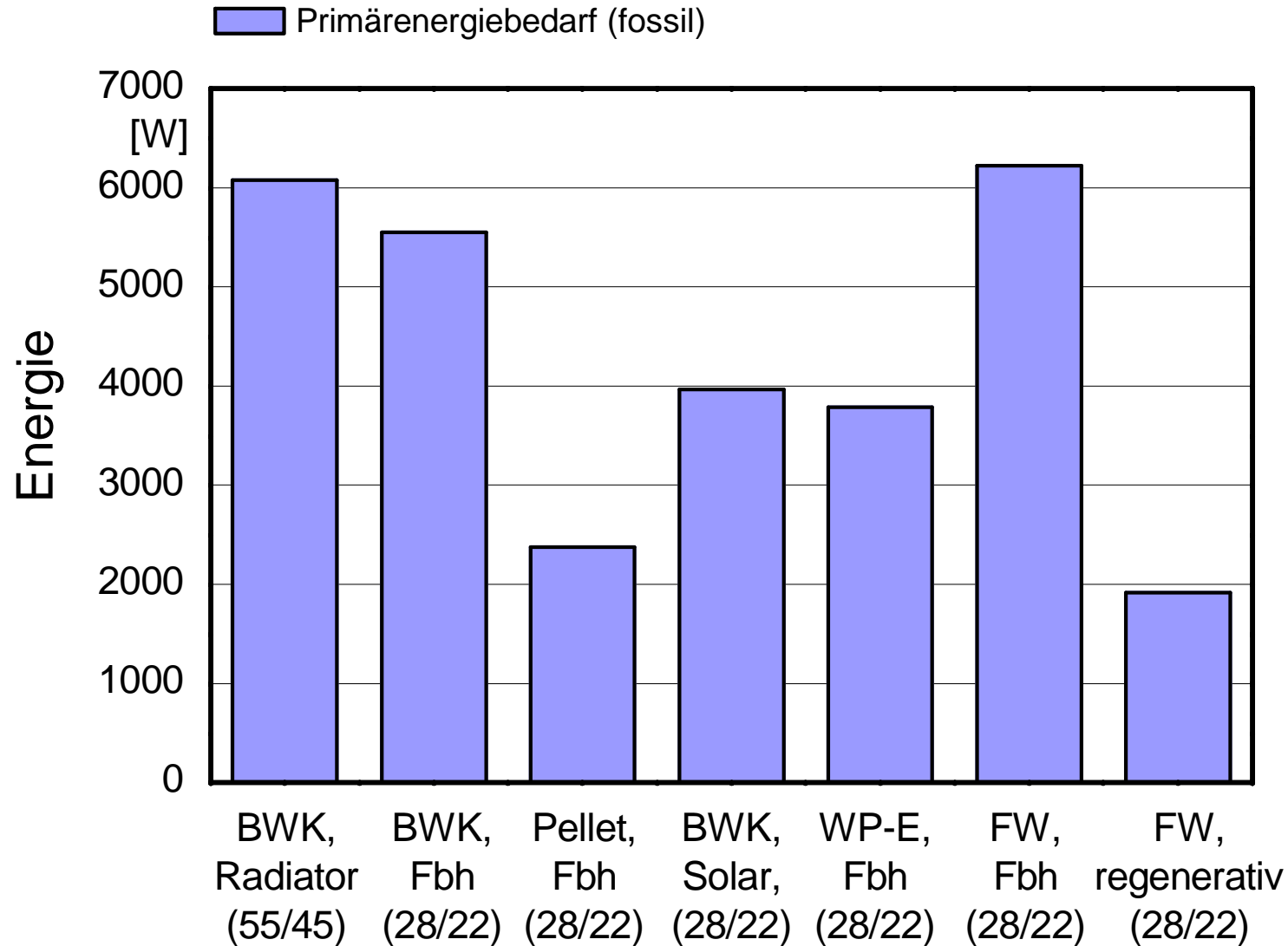
## Anlagenvarianten

1. Brennwertkessel und 55/45 Radiatoren
2. Brennwertkessel und 28/22 Fußbodenheizung
3. Biomasse/Pelletkessel und 28/22 Fußbodenheizung
4. Brennwertkessel und Solar-Flachkollektor 40% (FBH)
5. Wärmepumpe und 28/22 Fußbodenheizung
6. Fernwärme und 28/22 Fußbodenheizung  
- Fernwärme und 28/22 (FBH) –regenerativ

# 3. Wirkung verschiedener TGA Systeme

LowEx

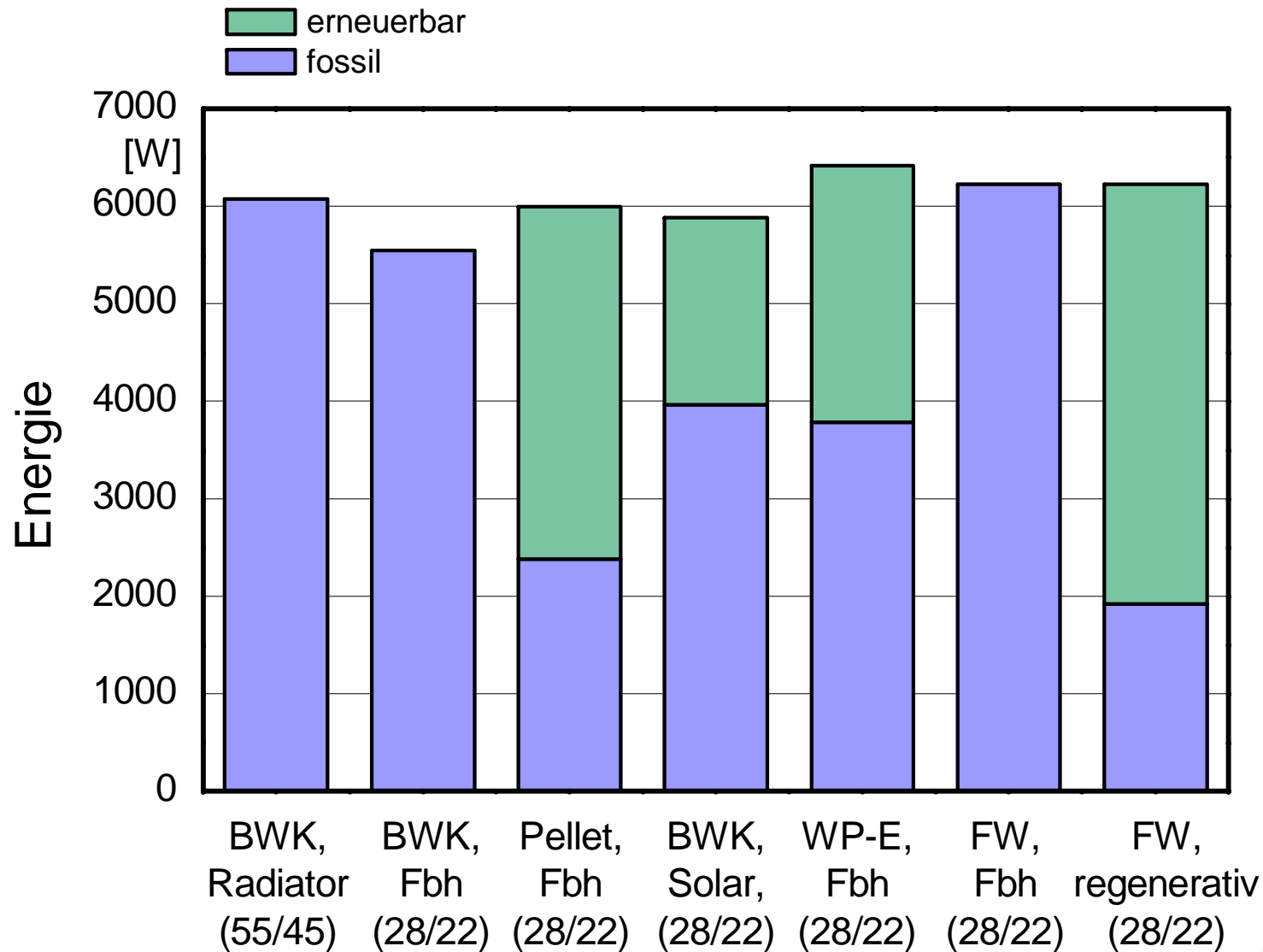
**Gesamtbilanz:** Primärenergiebedarf



# 3. Wirkung verschiedener TGA Systeme

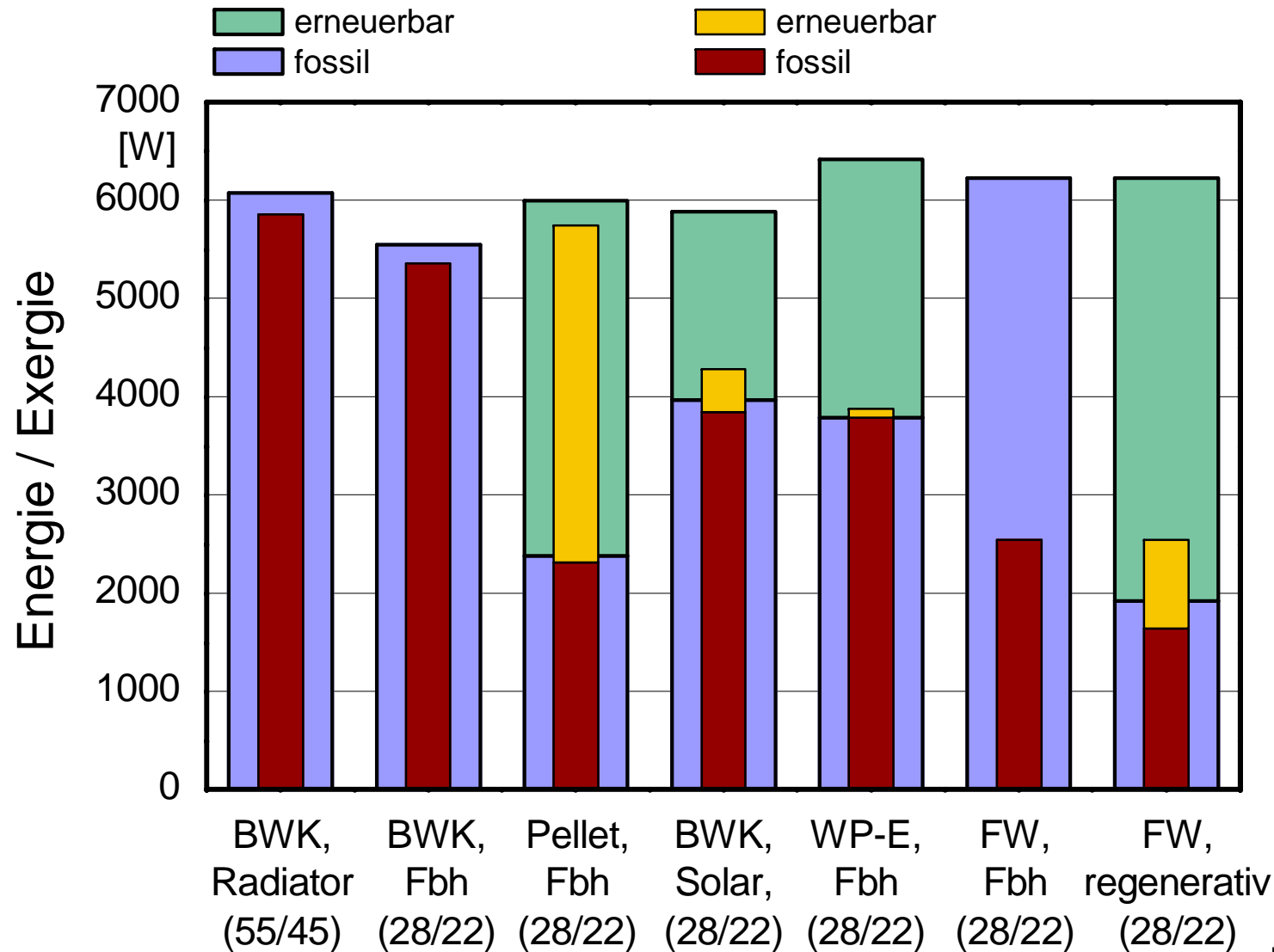
LowEx

**Gesamtbilanz:** Primärenergiebedarf



# 3. Wirkung verschiedener TGA Systeme

**Gesamtbilanz:** Primärenergiebedarf Exergieanteil des Primärenergiebedarfs



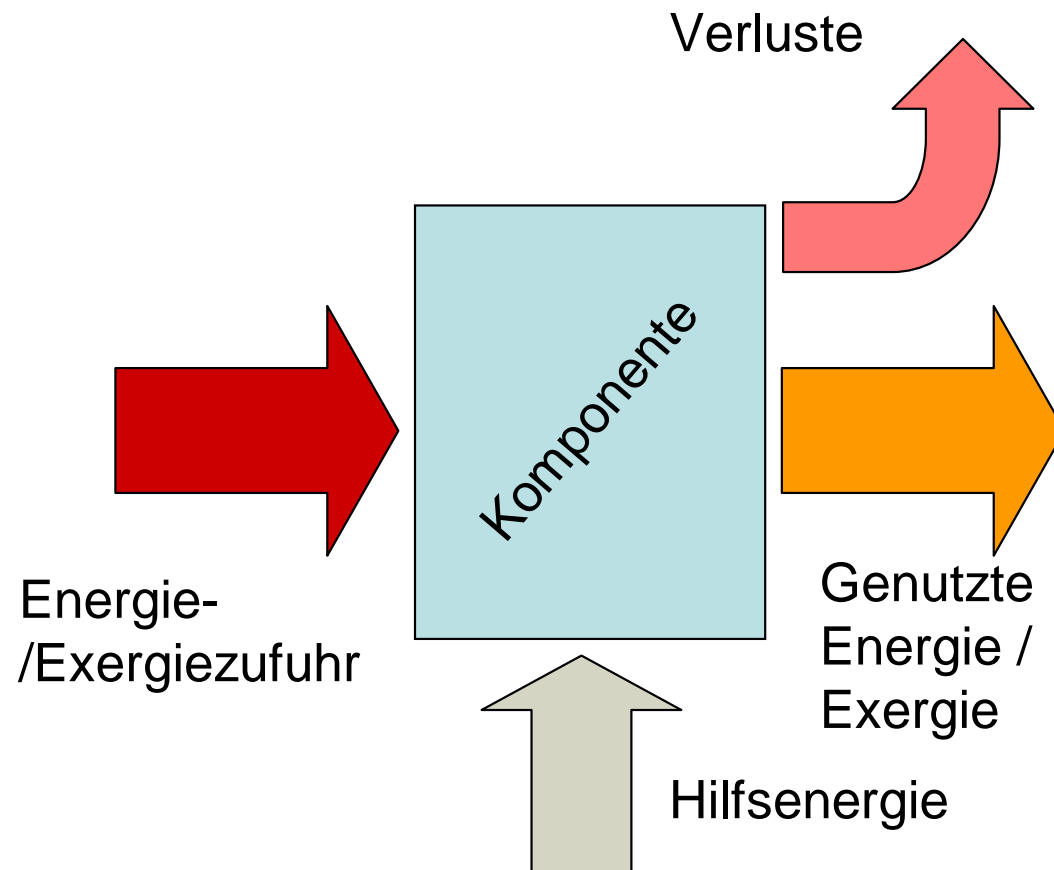
Zwischenfazit:

- Exergie ermöglicht Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Energieformen auf **gleicher** Basis, unabhängig vom Standort (Land).
- Das Potenzial der regenerativen Energien wird berücksichtigt.
  - ↳ Eine rationale Energienutzung erfordert eine Limitierung des Exergiebedarfs (Gebäude als Gesamtsystem)!

Wie kann dies z.B. Planern transparent gemacht werden?

- ↳ Neuer Kennwert der Exergie zur benötigten Energie in Beziehung setzt (Bedarfsanpassung).

## Bewertungsgröße „Exergieaufwandszahl“



$$\varepsilon = \frac{\text{Aufwand}}{\text{Nutzen}}$$

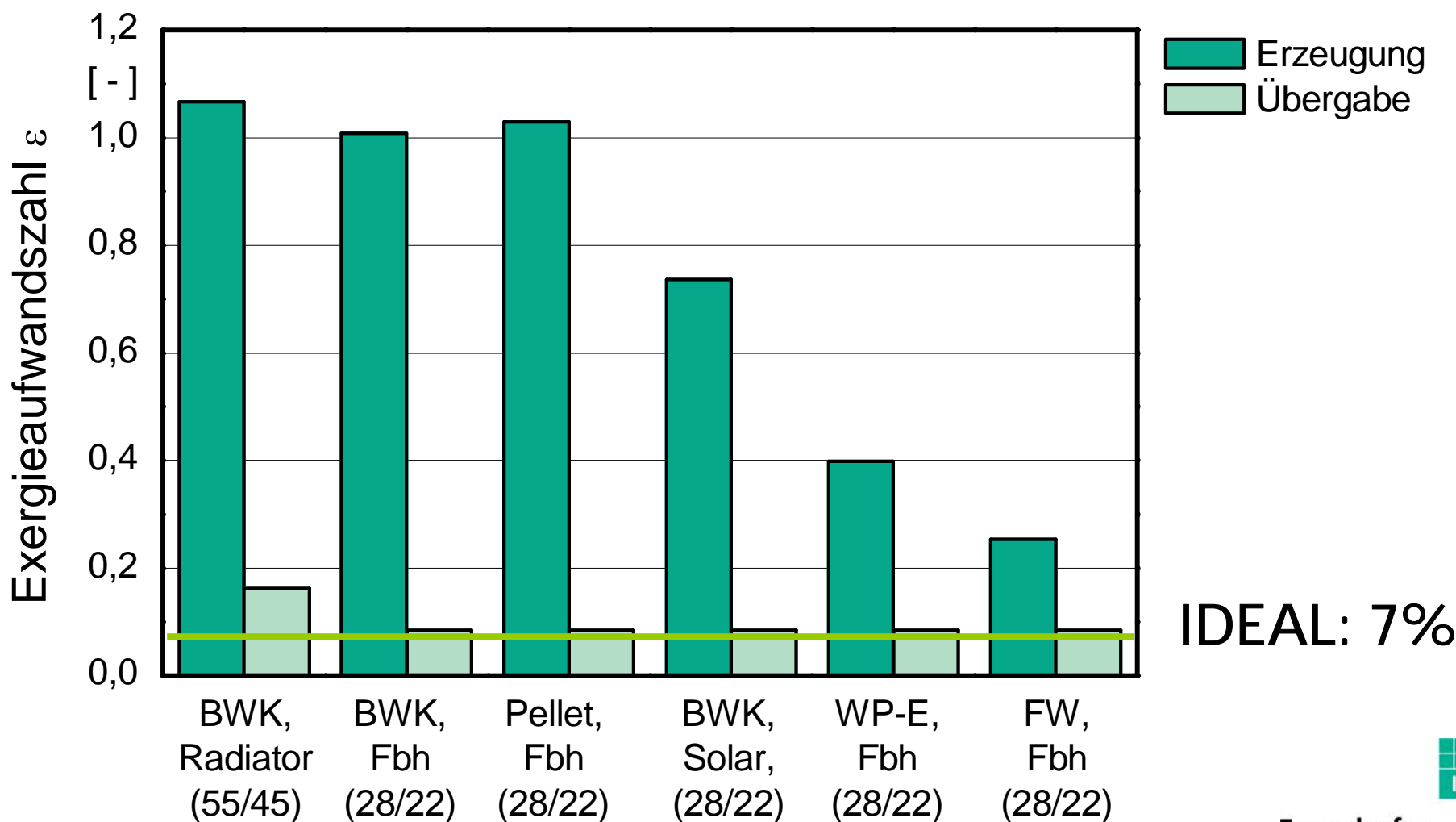
$$\varepsilon = \frac{\dot{E}x_{in} + \dot{E}x_{aux}}{\dot{E}n_{out}}$$

Komponente: Wärmeerzeuger oder Übergabesystem

# 4. Auswertung

LowEx

## Bewertungsgröße „Exergieaufwandszahl“



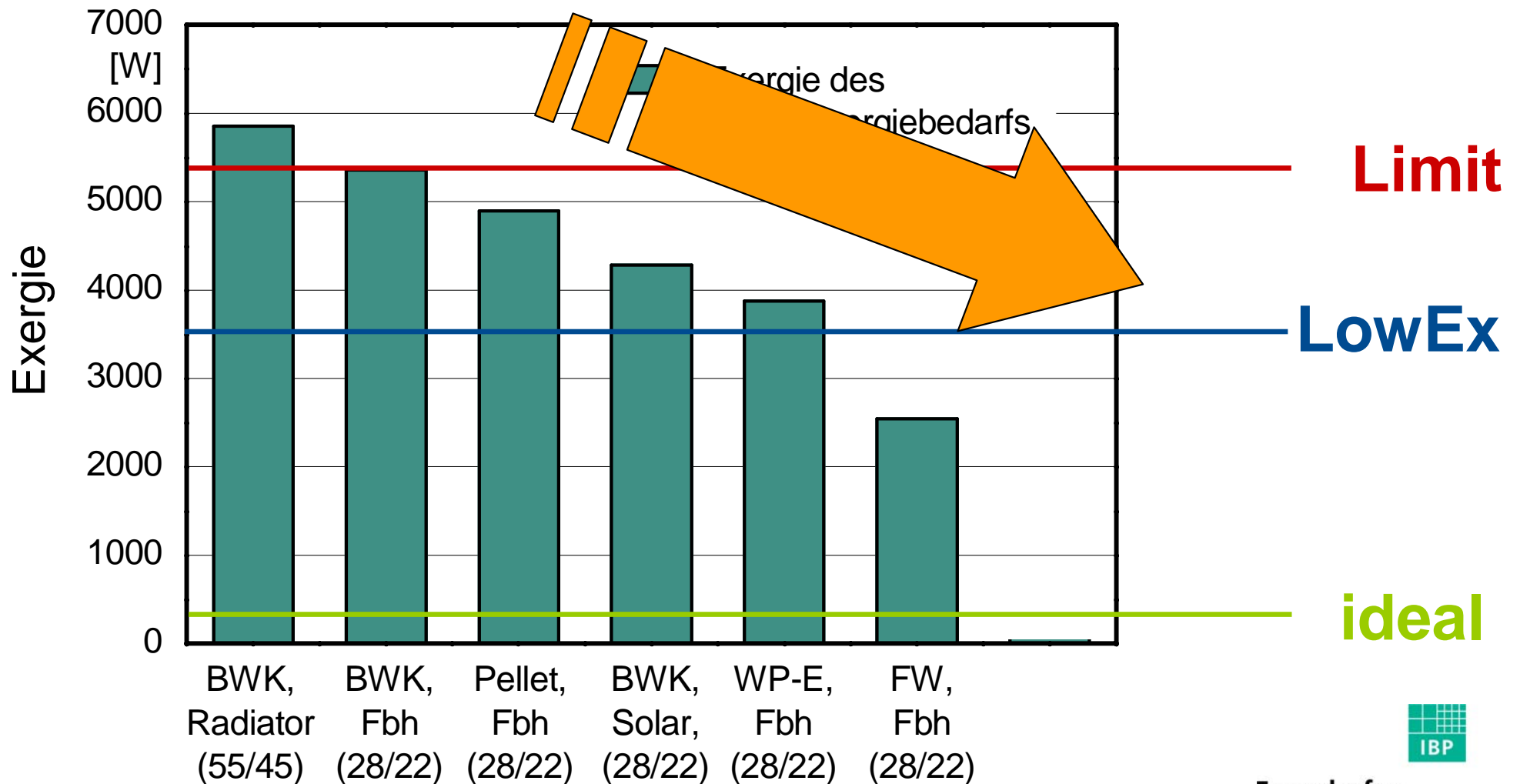
IDEAL: 7%



# 5. Zusammenfassung

LowEx

## Benchmarking Vorschlag



↳ Holz und Gas für Stromerzeugung und KWK!

- 1) Bedarf reduzieren:**  
Wärmeverluste begrenzen  $H_T'$  &  
Primärenergiebedarf (fossil) limitieren
- 2) Energiepotenzial nutzen:**  
Exergetischen Anteil des gesamten Primärenergiebedarfs  
(fossil und regenerativ) limitieren
- 3) Versorgung an der Bedarf anpassen:**  
Exergieaufwandszahl für Gebäudesysteme nahe am  
Bedarf der Zone(n)

Wie gehabt