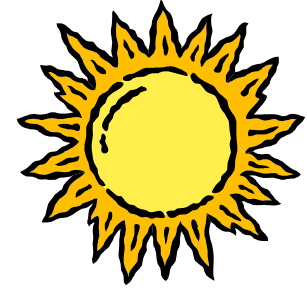


Prof. Dr.-Ing. Mario Adam

Fachhochschule Düsseldorf  
Lehrgebiet Regenerative Energiesysteme



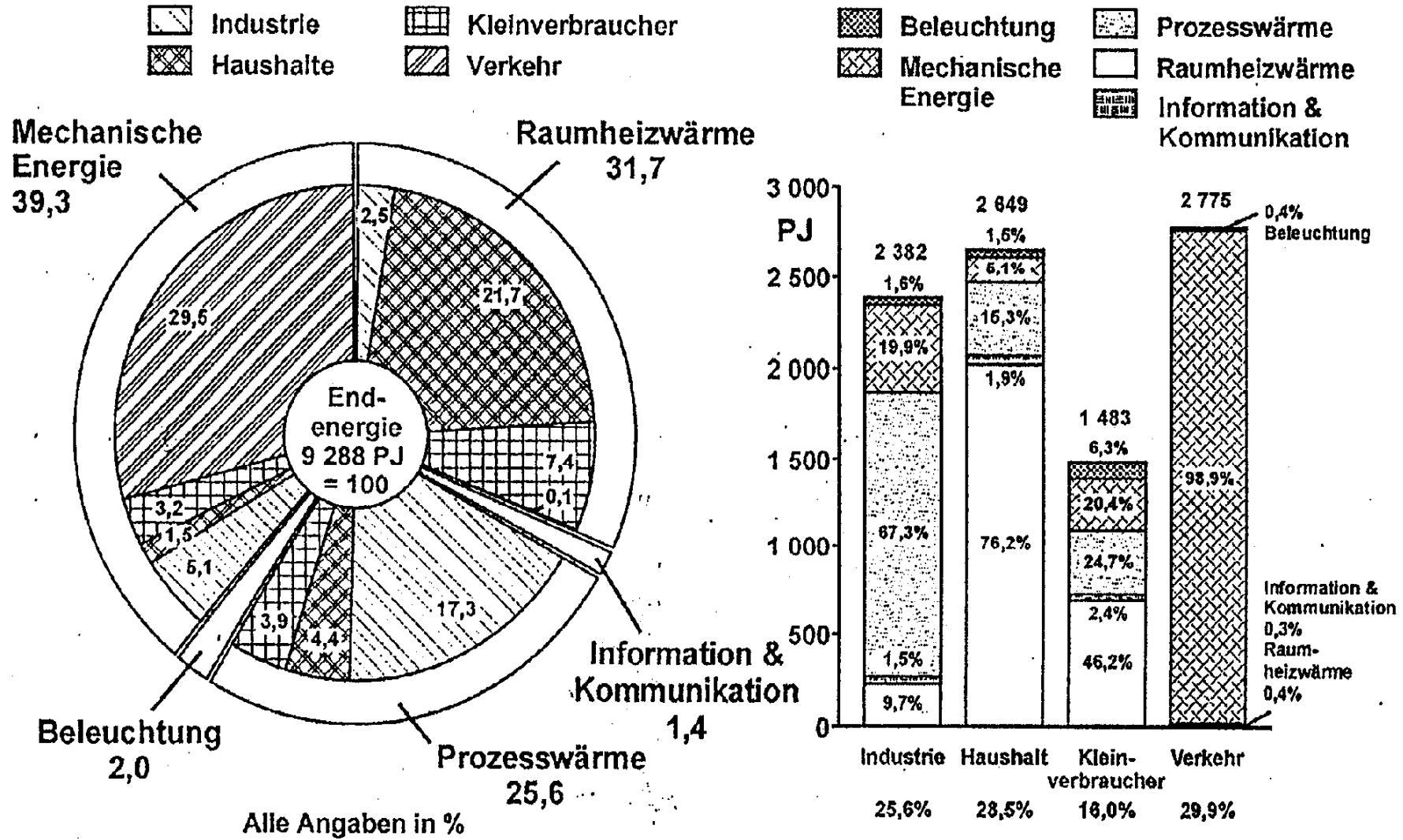
# Energie sparendes solares Bauen

Übersicht - Heizenergieverbrauch in Deutschland

Gebäude - Dämmung, passive Solarenergienutzung

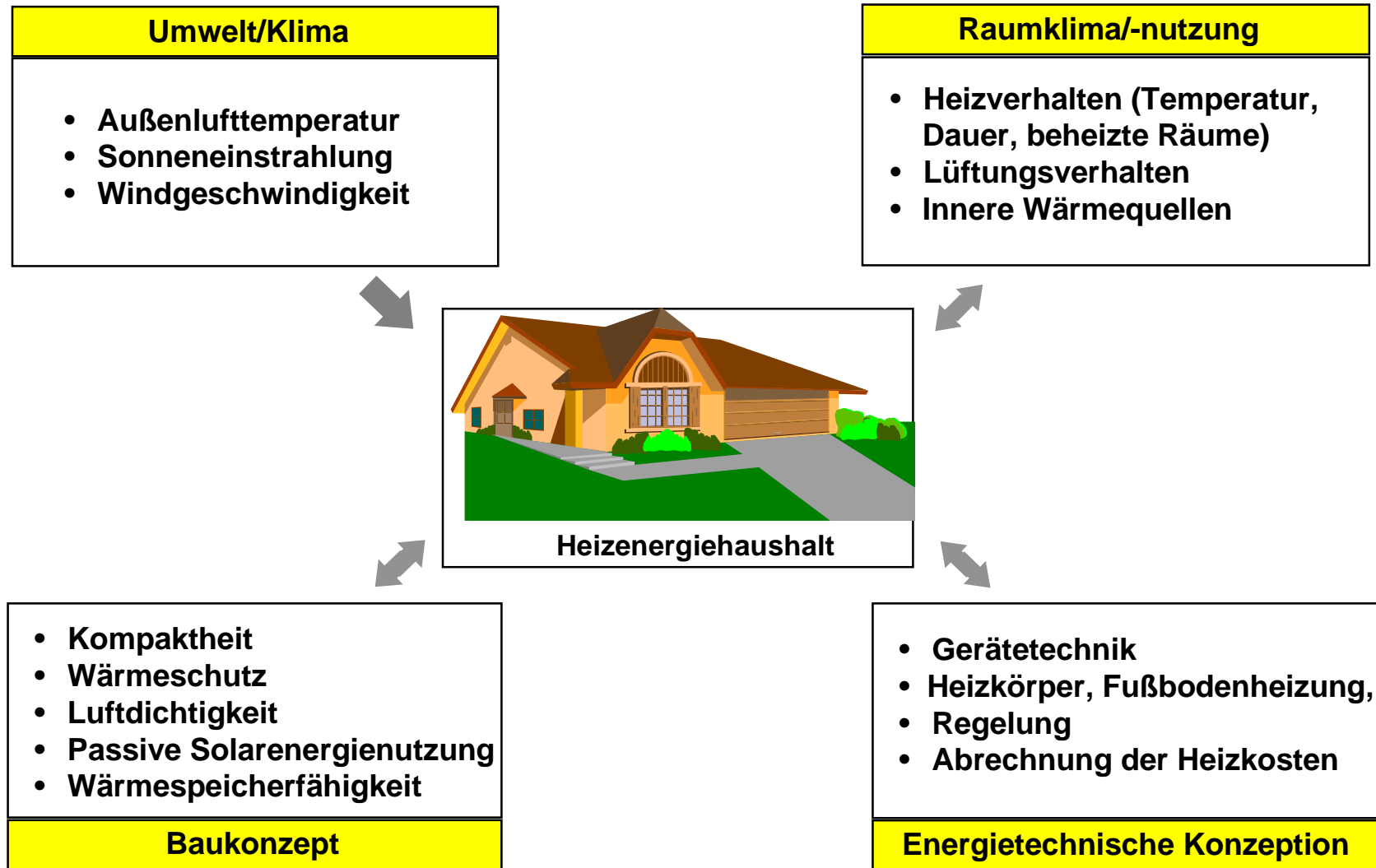
Technik - Heizung, Lüftung, aktive Solarenergienutzung

# Endenergieverbrauch BRD, 1999



Quelle: AG Energiebilanzen

# Der Heizenergiehaushalt eines Gebäudes

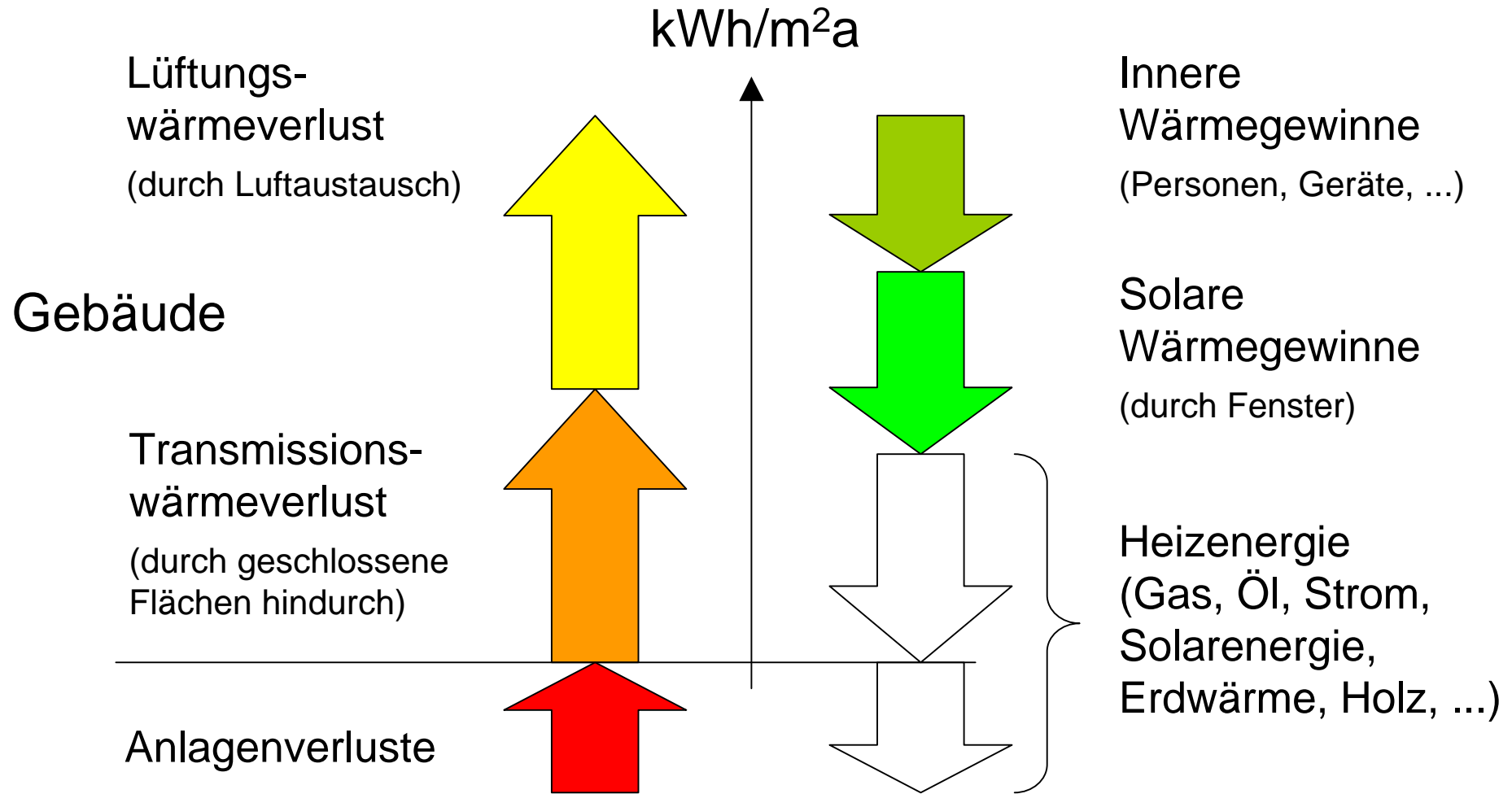


Quelle: nach Rouvel, L., Raumkonditionierung - Wege zum energetisch optimierten Gebäude, 1978

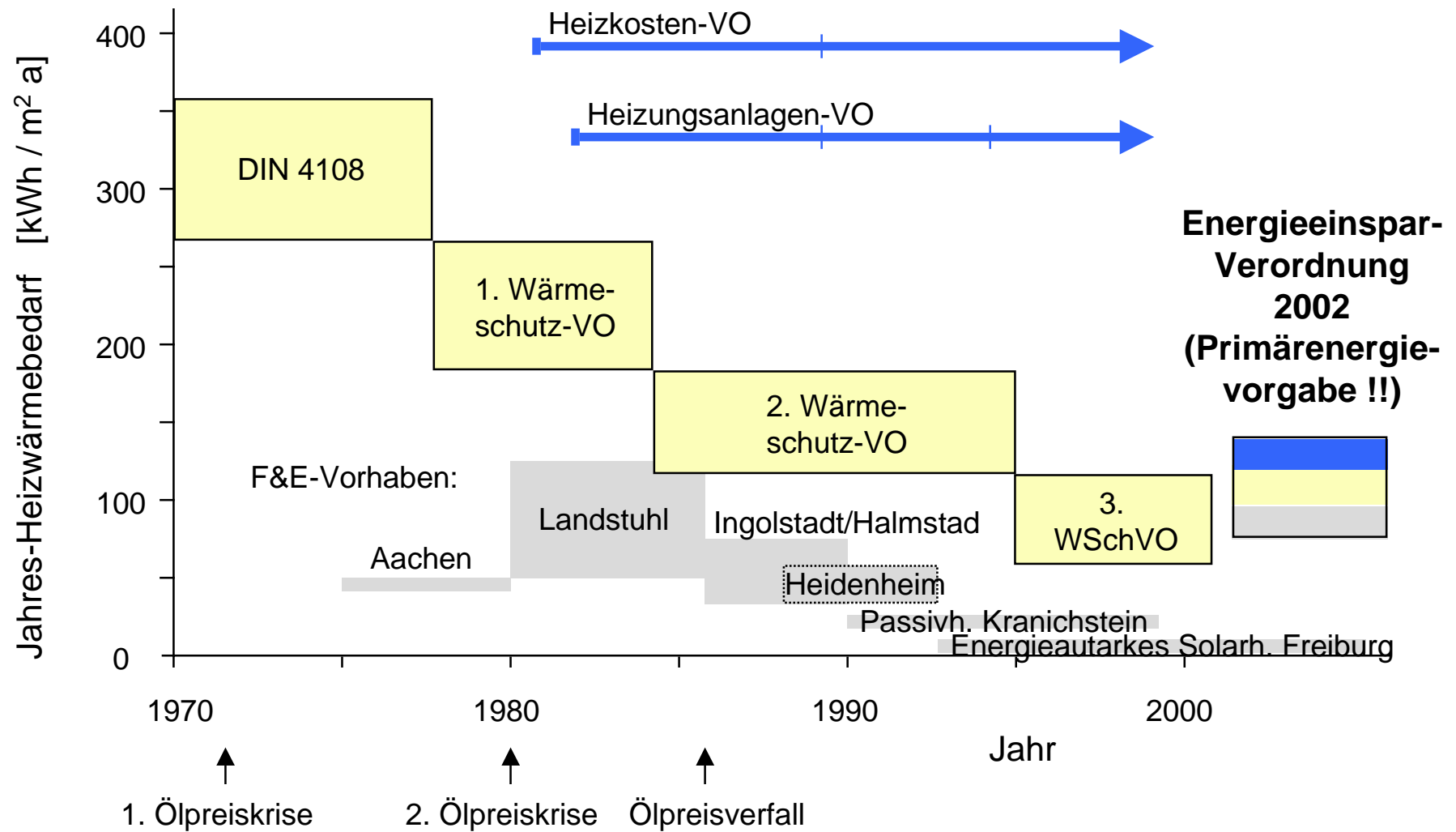
# Energiebilanz am Gebäude

## Wärmeverluste

## Wärmegewinne



# Heizwärmebedarf in Deutschland



# Merkmale energiesparender Gebäude

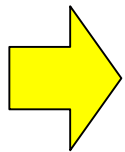
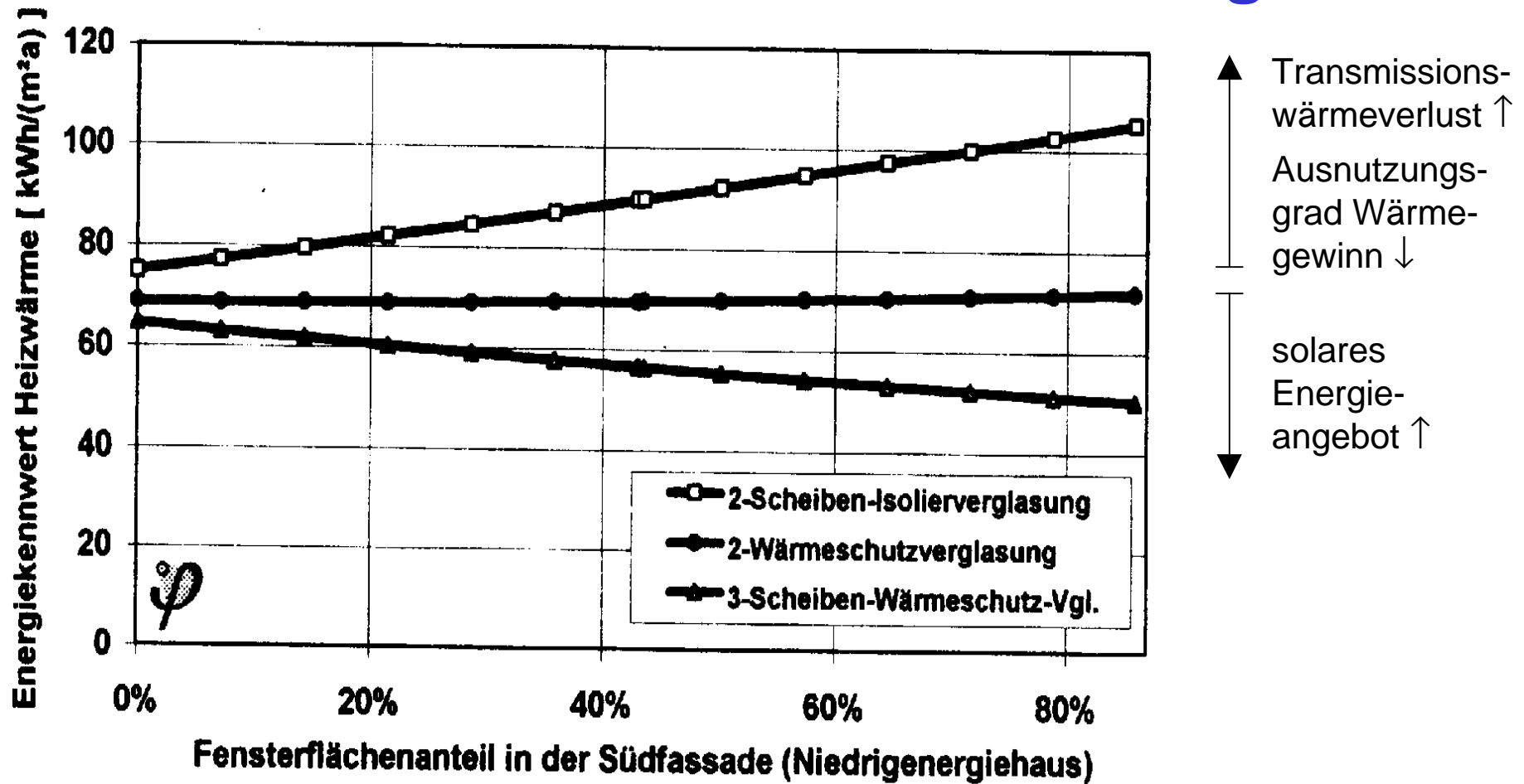
## - Gebäude -

- Kompakte Gebäudehülle
  - Verzicht auf Bungalows, Fassadenversprünge, Erker, Loggien, ...
  - Fassadenstrukturierung mittels vorgesetzter Balkone, Materialien, ...
- Sehr guter Wärmeschutz, Minimierung von Wärmebrücken
  - empfohlene U-Werte und Dämmdicken: siehe Tabelle
  - ununterbrochene Dämmschicht, keine auskragenden Bauteile, keine ungedämmten Vollholzquerschnitte, ...
- Luftdichtigkeit
  - Blower-Door-Test
  - Luftwechsel-Zielwert bei Druckunterschieden von 50 Pa = 0,5 mbar  $\leq 1,0 \text{ h}^{-1}$
- Optimierung der passiven Solarenergienutzung
  - Fenster mit Wärmeschutzverglasung (am Besten mit 3 Scheiben)
  - große Flächen im Süden, kleine im Norden, nicht zu große im Osten, Westen

# U-Werte und äquivalente Dämmdicken für verschiedene Baustandards (EFH)

	Wärmeschutz- verordnung 1995 Geb. < 100 kWh/m <sup>2</sup> a		EnEV 2002 Niedrigenergiehaus Geb. < 70 kWh/m <sup>2</sup> a		Passivhaus Null-/Plusenergieh. Geb. < 15 kWh/m <sup>2</sup> a	
	U [W/m <sup>2</sup> K]	deq [cm]	U [W/m <sup>2</sup> K]	deq [cm]	U [W/m <sup>2</sup> K]	deq [cm]
Dach	0,22	18 cm	0,15	27 cm	≤ 0,1	≥ 40 cm
Außenwand	0,5	8 cm	0,25	16 cm	≤ 0,15	≥ 27 cm
Keller, Erdreich	0,35	12 cm	0,3	14 cm	≤ 0,2	≥ 20 cm
Fenster	1,8		1,5		0,8	

# Einfluss: Fensterfläche, Fenstergüte

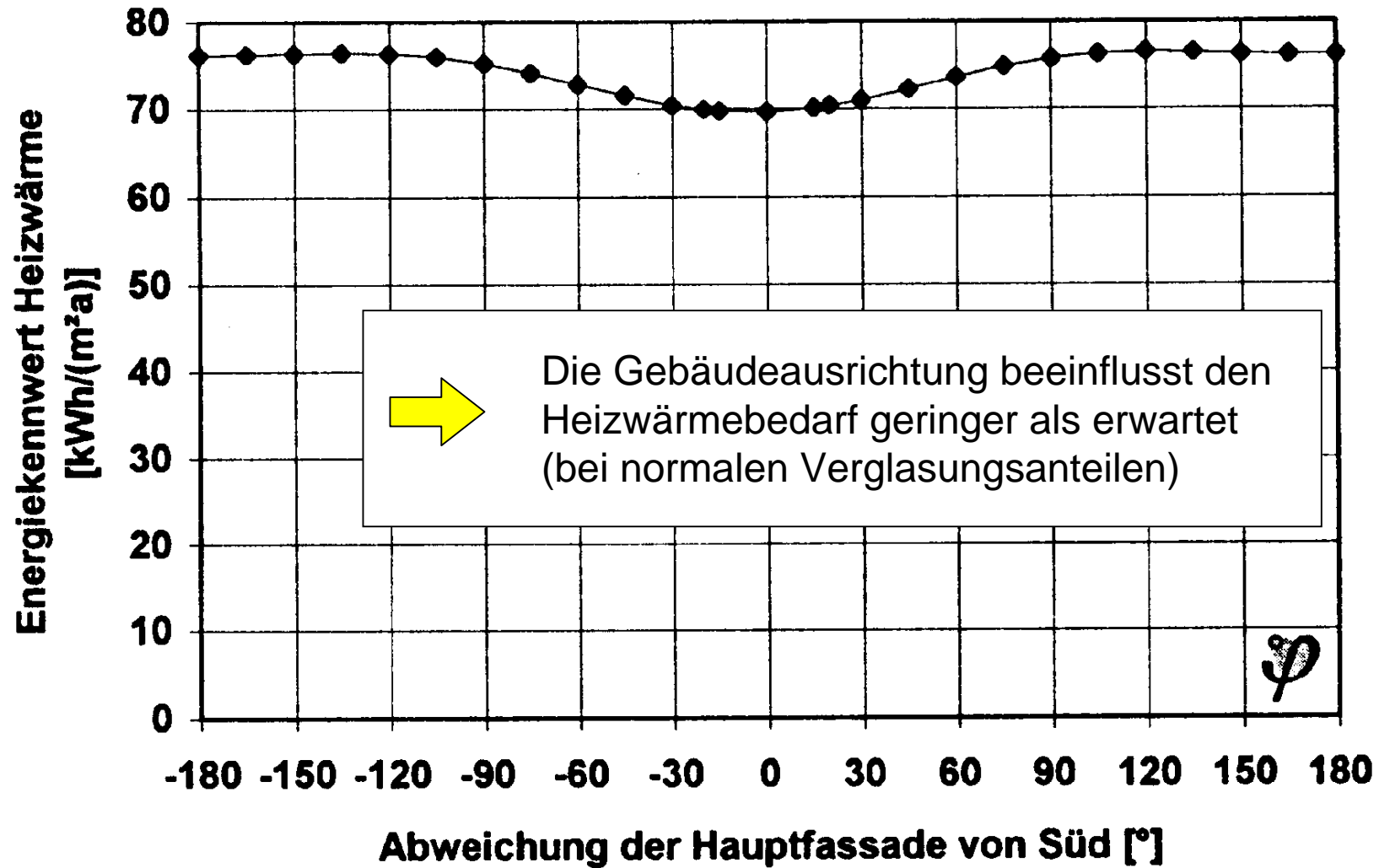


- Fenstergüte wichtiger als Fläche
- verringerter Heizwärmebedarf nur bei 3fach Wärmeschutzverglasung Richtung Süden ( $\pm 20^\circ$ )

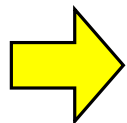
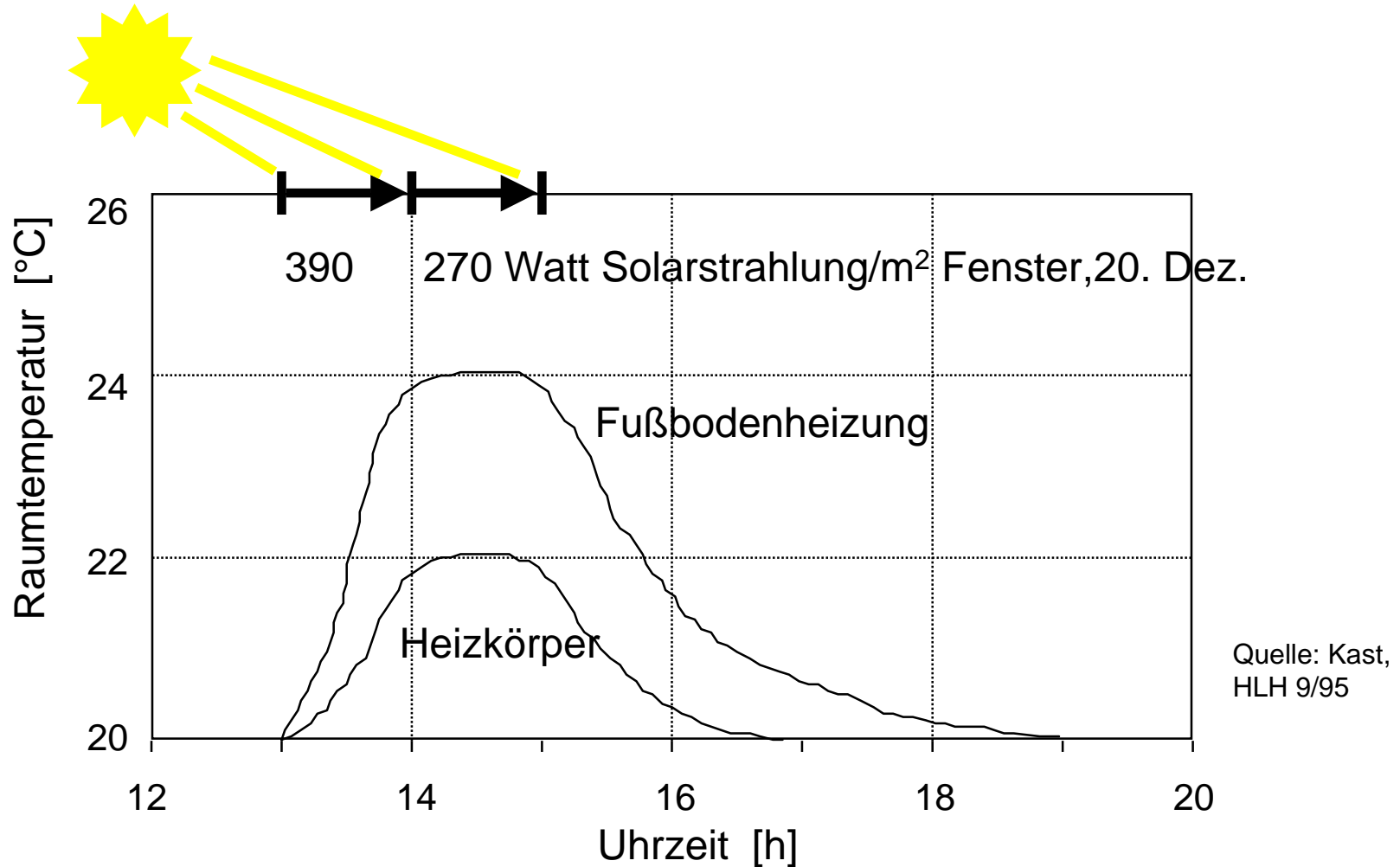


# Einfluss: Ausrichtung Hauptfassade

Niedrigenergie-Reihenhaus, Hauptfassade mit 19 m<sup>2</sup> Verglasung (= 34 %)



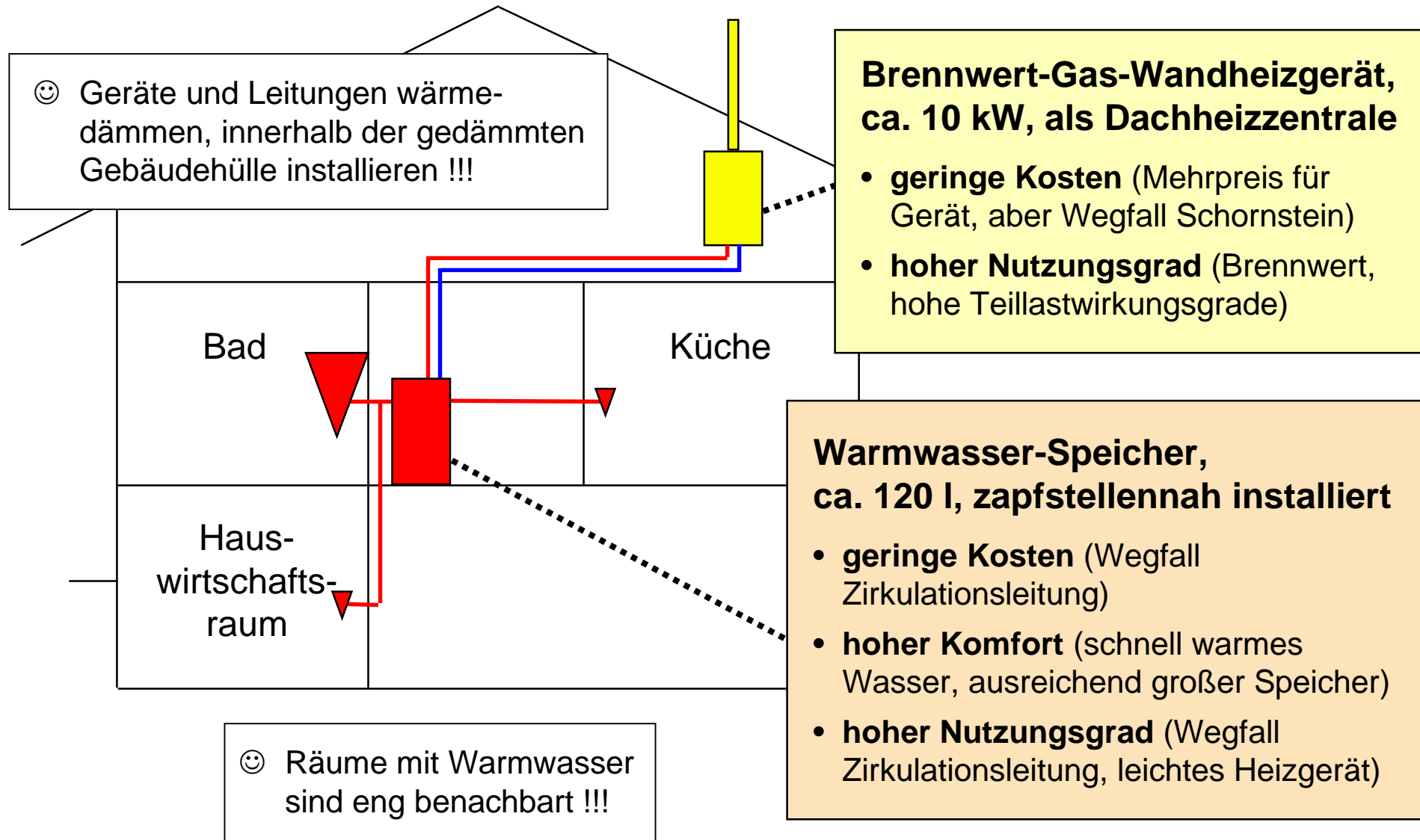
# Heizkörper oder Fußbodenheizung im NEH



Empfehlung: Heizkörper, ausgelegt auf maximal 45 °C Vorlauftemperatur

# Energiesparende „normale“ Gerätetechnik

## Beispiel Einfamilienhaus



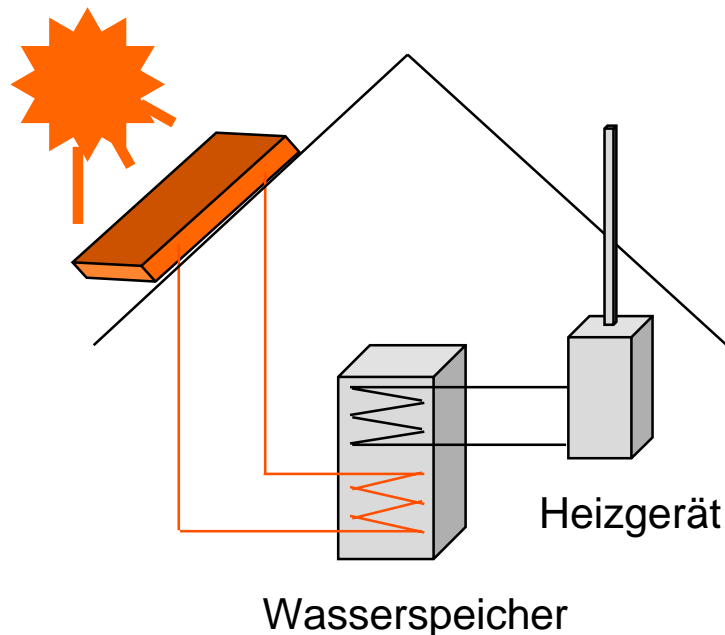
# Nutzung regenerativer Energien

Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung ↔ Zusätzliche Investition

## Solarkollektor-Anlage

Unterstützung Warmwasser + Heizung

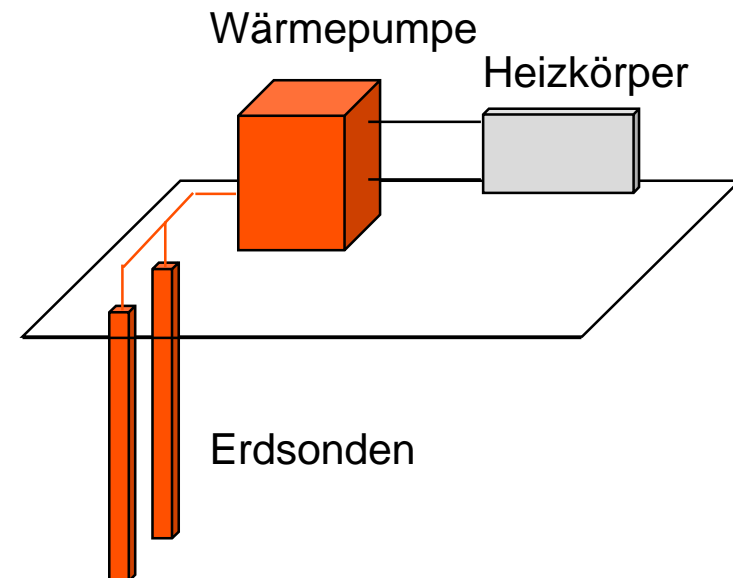
- 15 m<sup>2</sup> Flachkollektoren, 700 l Speicher
- plus 8.000 € (minus Zuschüsse)
- minus 25 % Primärenergie  
minus 25 % CO<sub>2</sub>



## Elektro-Wärmepumpe

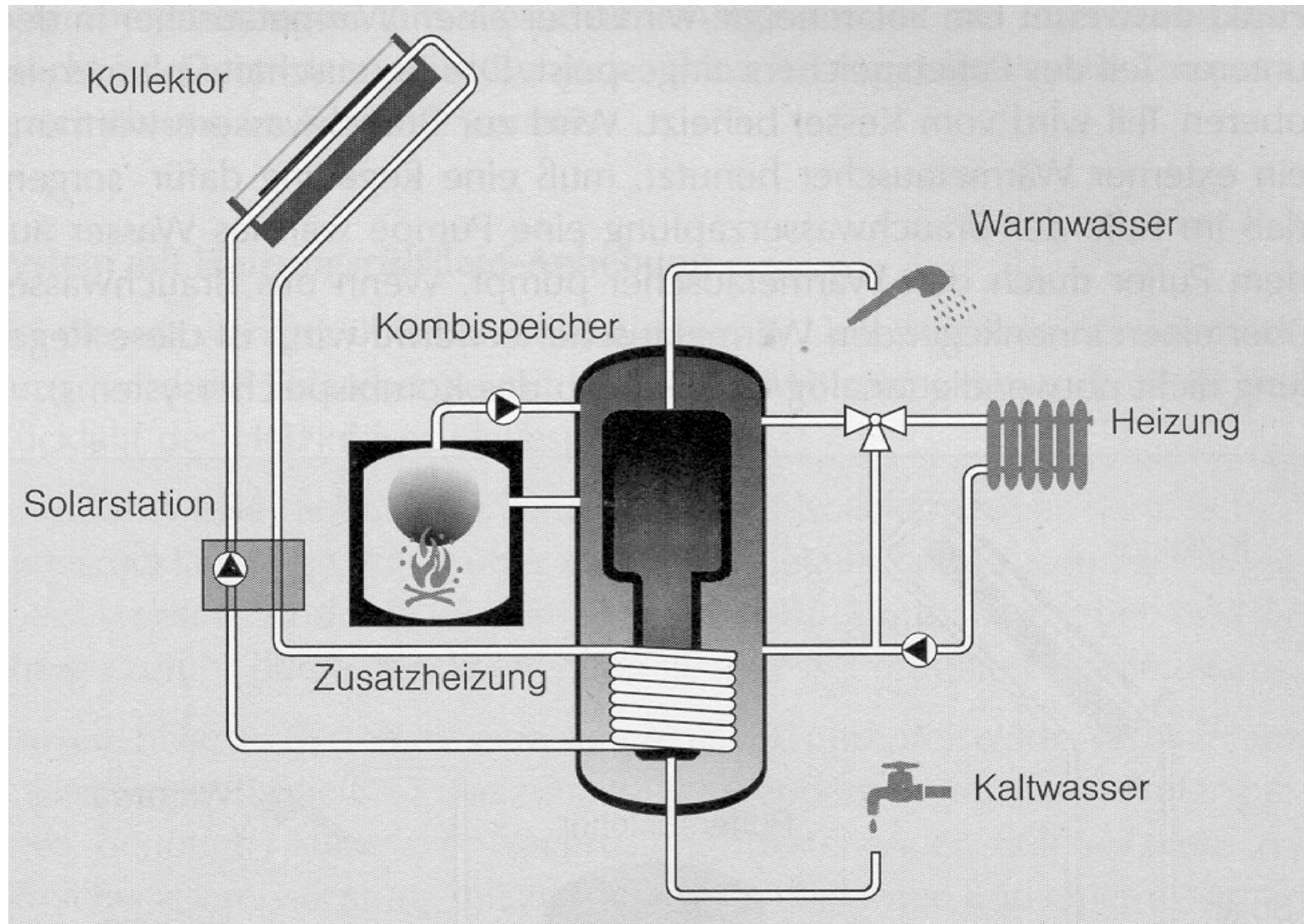
Unterstützung Warmwasser + Heizung

- ohne Zusatzheizung (monovalent)
- Wärmequelle Erdsonden
- plus 8.000 € (minus Zuschüsse)
- minus 25 % Primärenergie  
minus 25% CO<sub>2</sub> (im Vergl. zu Öl; Gas 0%)



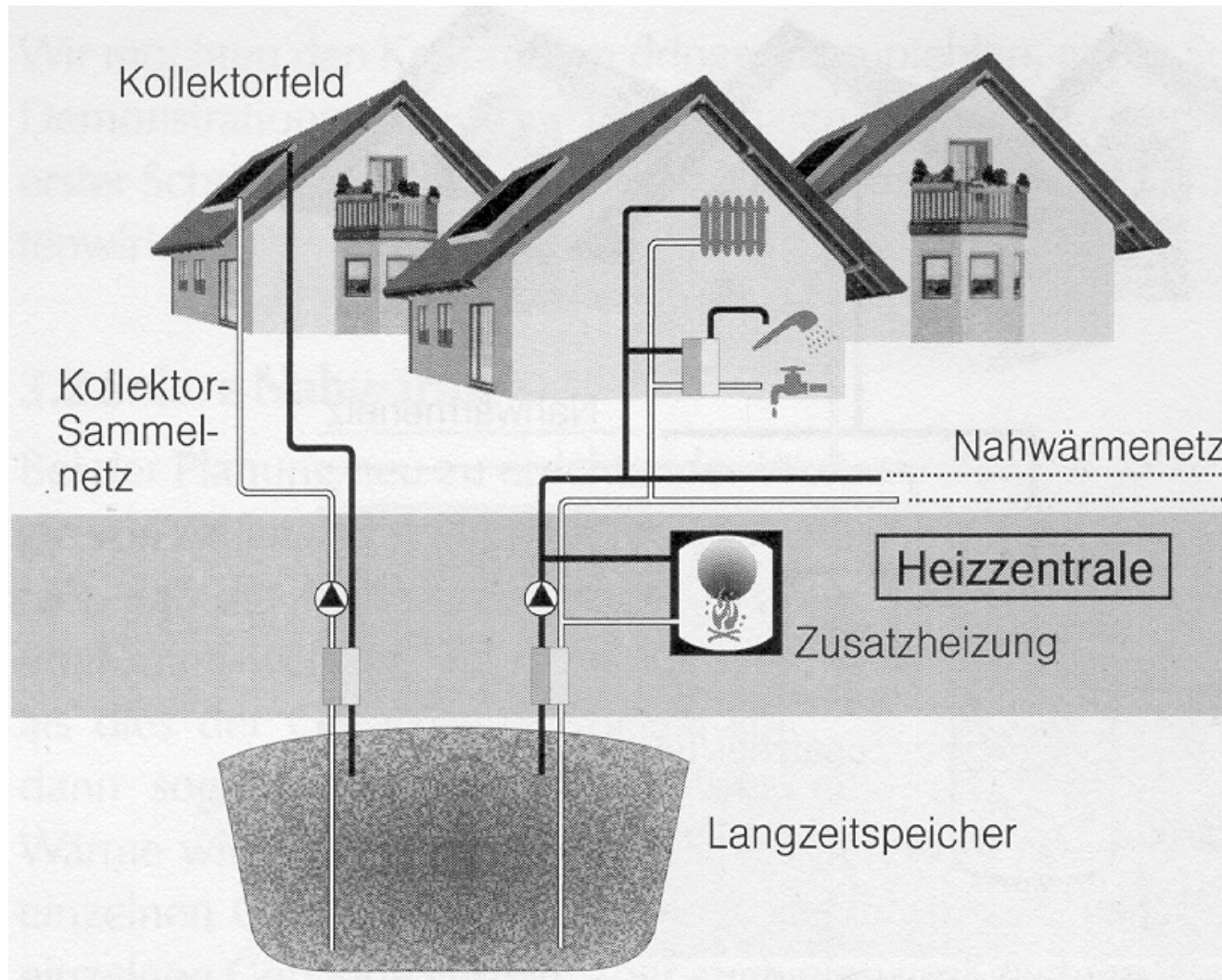
# Solare Brauchwassererwärmung und Raumheizung

Beispiel: System mit Kombispeicher



Quelle: Ökoinstitut e.V., 1997

# Solare Nahwärme: Warmwasser + Heizung



- solarer Deckungsgrad:  
ca. 40 ... 60 %  
(vom Gesamtenergiebedarf)
- Wärmegestehungskosten:  
ca. 15 ... 25 ct/kWh
- Kollektorfläche:  
15 - 30 m<sup>2</sup> Haus
- Speichervolumen:  
1.000 - 10.000 m<sup>3</sup> für  
eine Siedlung

# Heizenergieautarke Solarhäuser mit saisonaler Energiespeicherung

## ⇒ Erste verkaufsfähige Haustypen

Primär: minimierter Wärmebedarf für Heizung und Brauchwasser  
20 - 30 kWh/m<sup>2</sup>a (3000 - 5000 kWh/a)

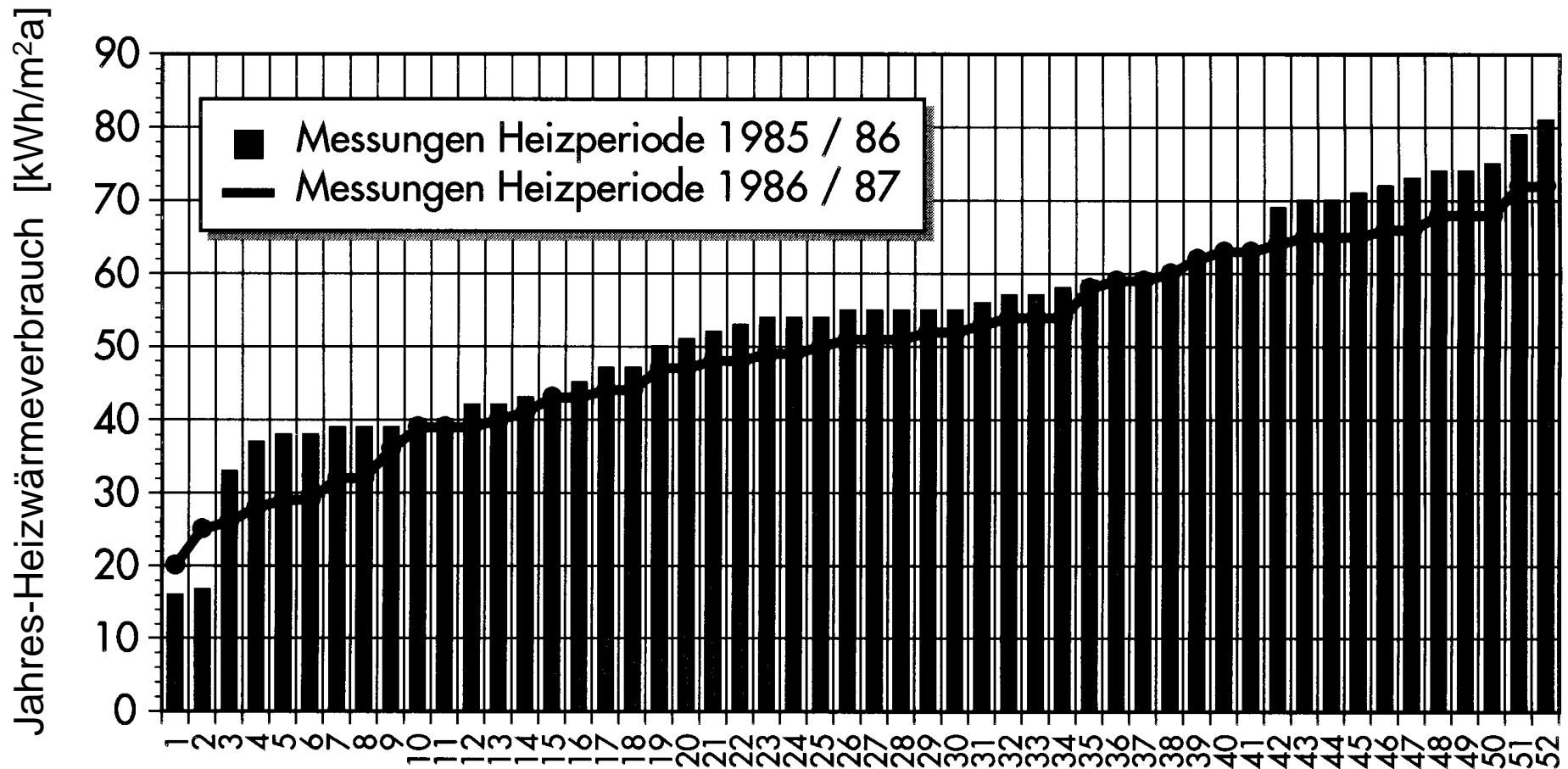
Sekundär: Deckung des Restwärmebedarfes mit Solarenergie

Beispiel Weber Haus: 40 m<sup>2</sup> Solarkollektoren  
18 m<sup>3</sup> Wasserspeicher  
500 €/m<sup>2</sup> Mehrkosten gegenüber konventionellem Neubau

## ⇒ Zukünftige Alternative zu Wasserspeichern: Adsorptionsspeicher

# Großer Nutzereinfluss

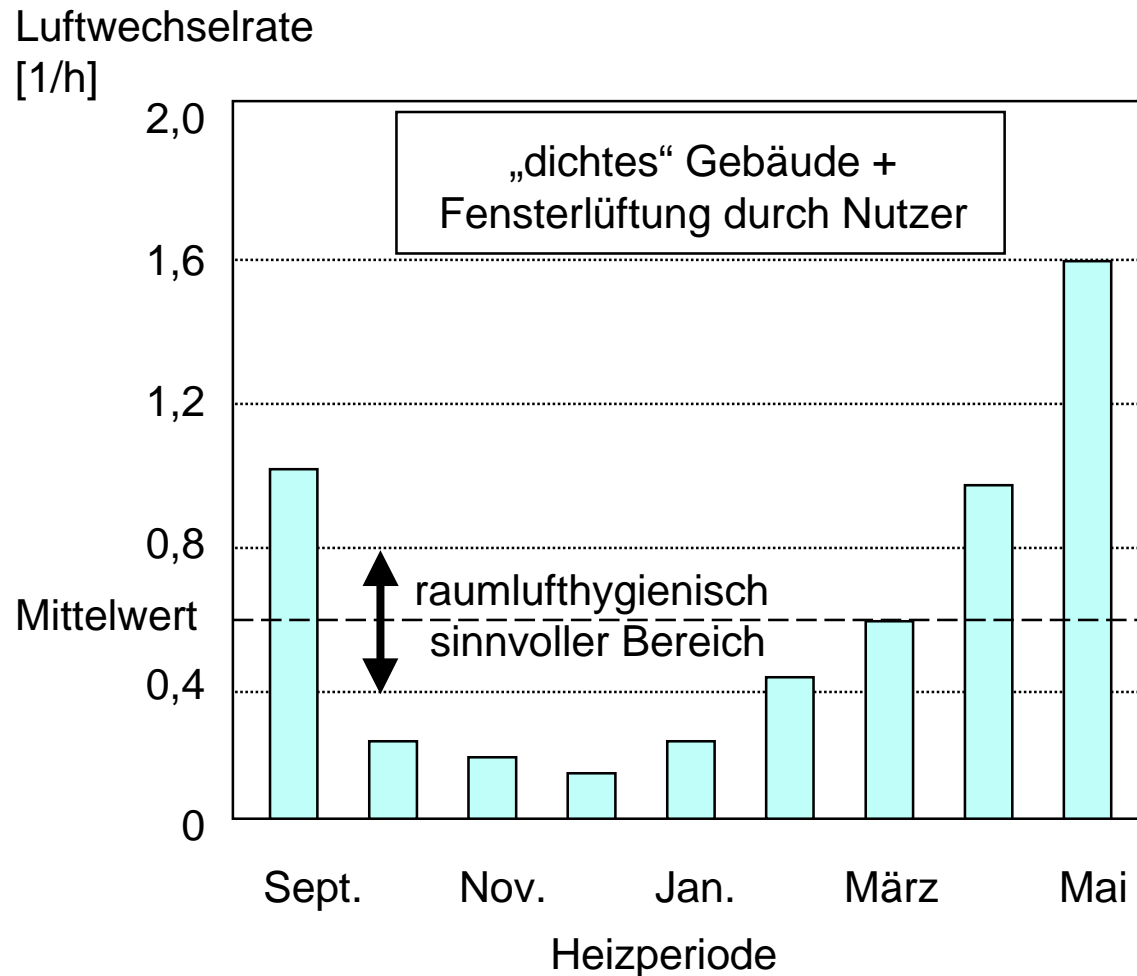
⇒ Heizgewohnheiten, Lüftungsverhalten



52 gleiche Häuser in Skive/Dänemark



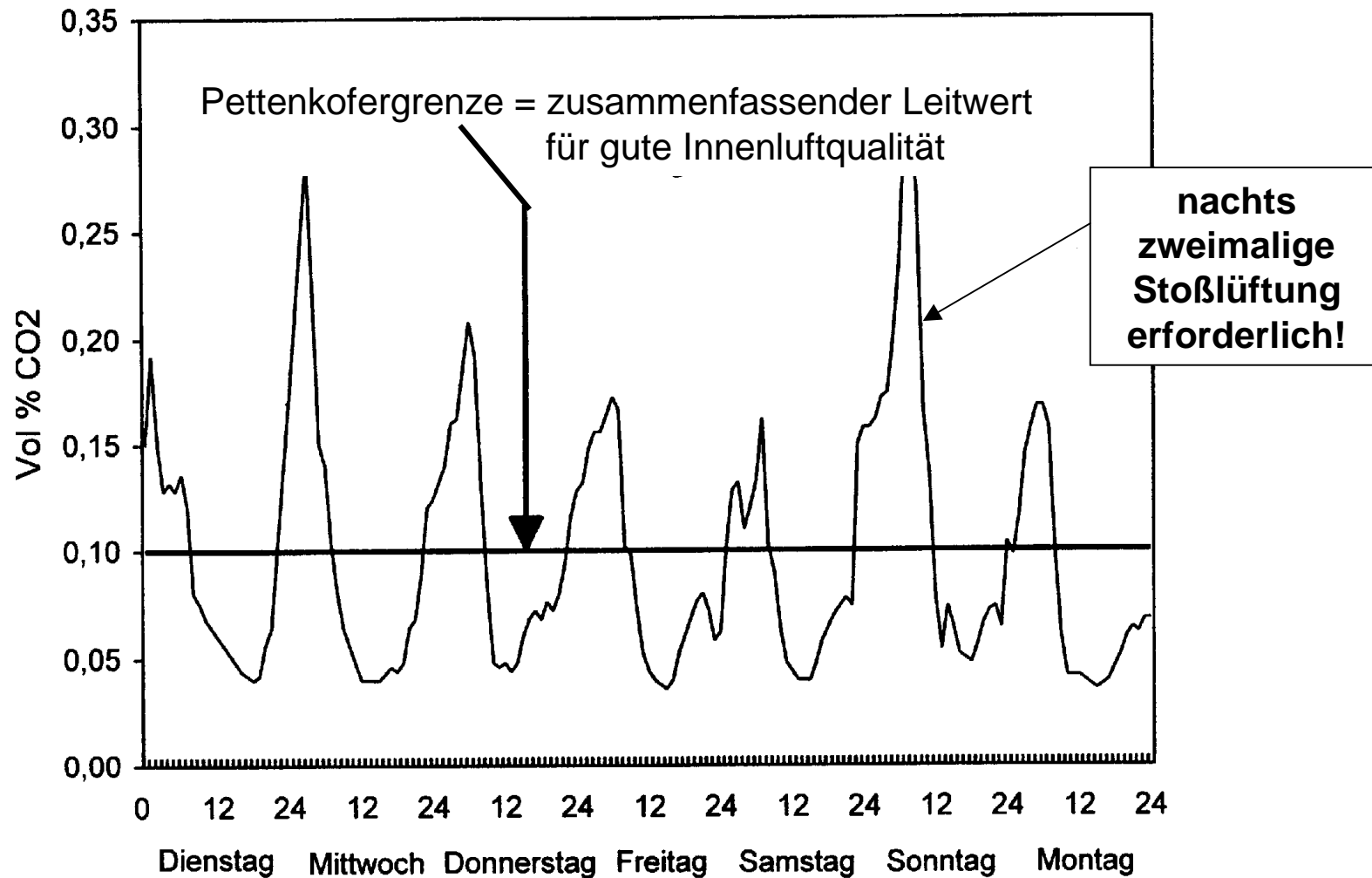
# Beispielhafter Frischluftwechsel durch Fugen- und Fensterlüftung



- wenn es kühl „zieht“ bleiben die Fenster zu bzw. werden schneller wieder geschlossen
- bei Sonnenschein wird häufiger gelüftet
- selbst bei sinnvollen mittleren Luftwechselraten weichen Monats-, Tages-, Stundenwerte erheblich von den Erfordernissen ab
- undichtes Gebäude: größere Zugprobleme bei kalter Witterung, ansonsten analoge Situation nur bei höherer mittlerer Luftwechselrate

# Kohlendioxid-Konzentration

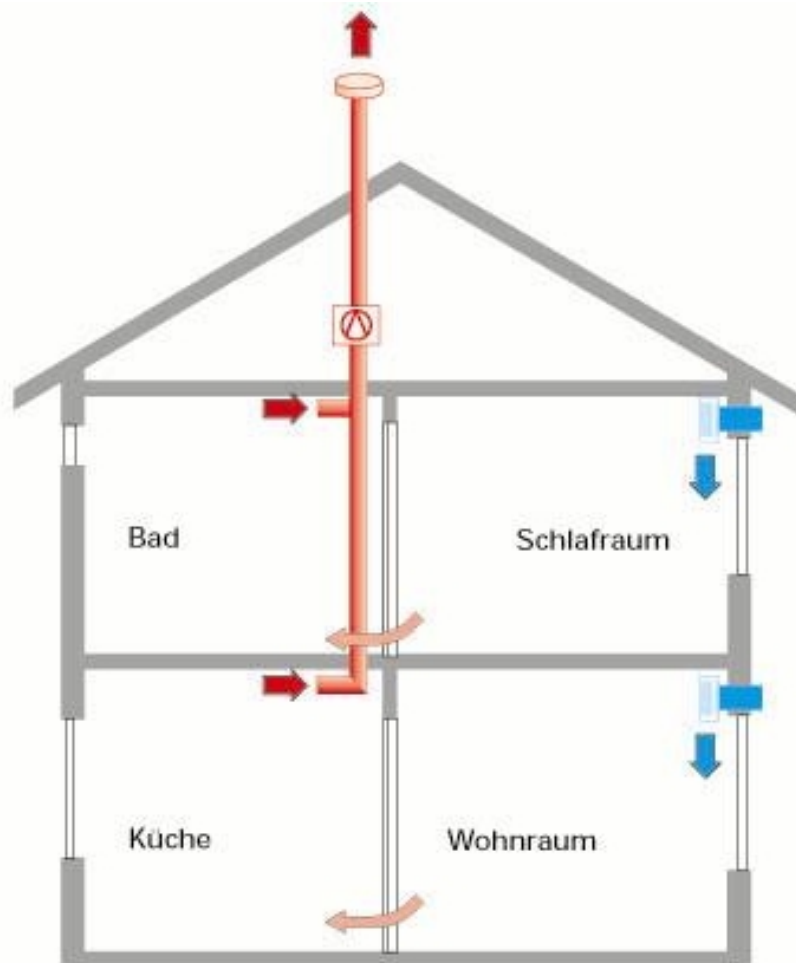
beispielhafter Verlauf im Schlafzimmer eines Wohnhauses



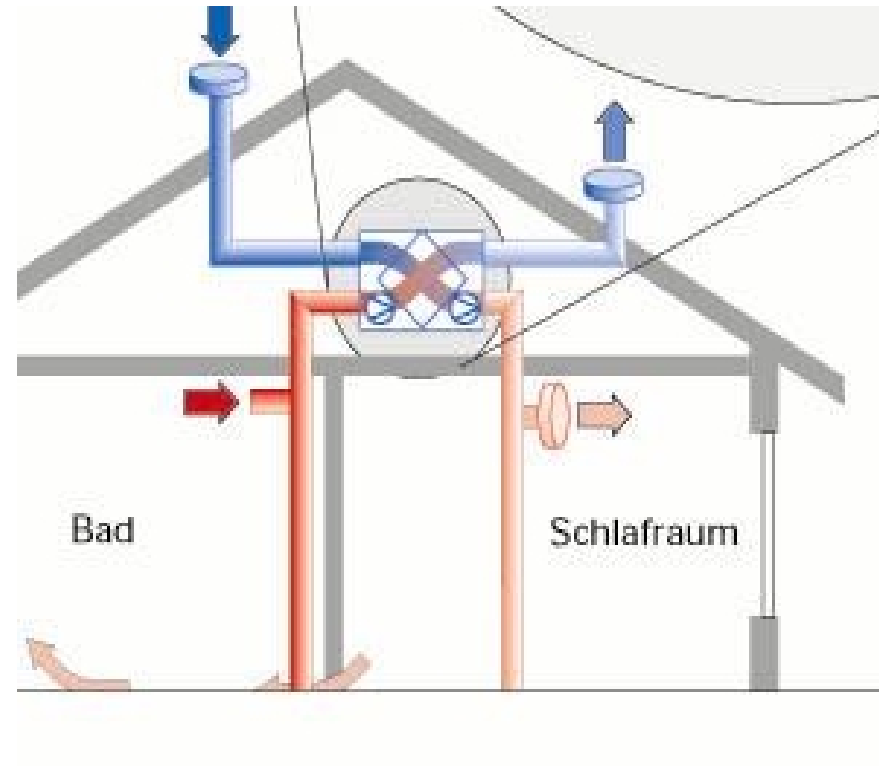
Quelle: Feist, Das Niedrigenergiehaus

# Wohnungs-Lüftungsanlage

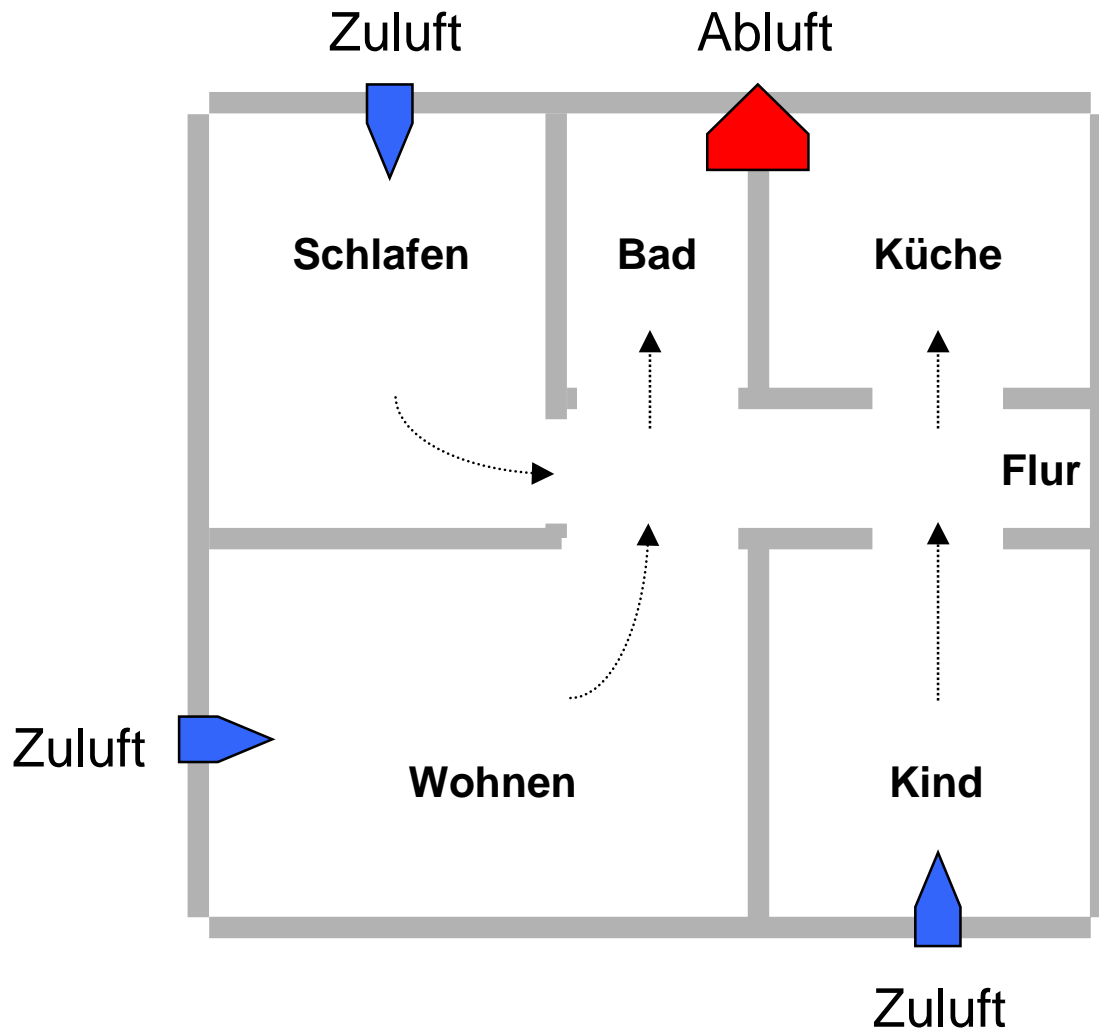
Abluft-Anlage



Zu/Abluft-Anlage  
mit Wärmerückgewinnung

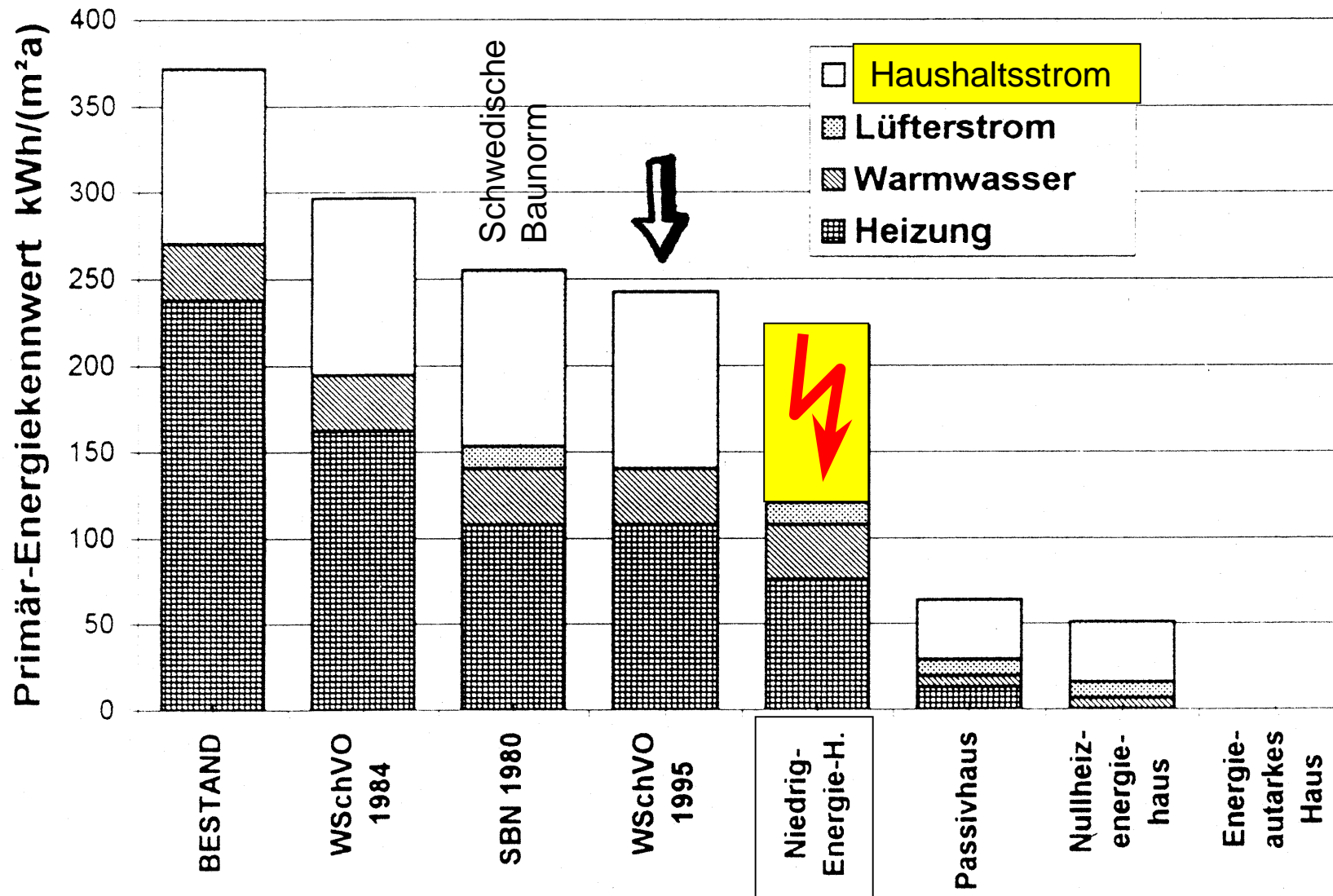


# Abluftanlage mit dezentralen Zulufteinlässen



- Platzierung der Zuluft-einlässe: über Kopfhöhe und über / neben Heizkörpern
- Bauarten von Zuluft-einlässen: für Wände, Fensterrahmen, Rolladenkästen
- Regelung der Lüfterleistung: z.B. in 4 Stufen Aus - Abwesenheit - Normal - Stark
- Vorteile: einfach, zweckmäßig, kostengünstig

# Bedeutung des Stromverbrauchs (EFH)



# Energie sparendes solares Bauen

## Zusammenfassende Empfehlungen

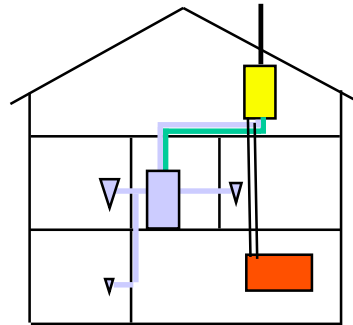


Kompaktheit

Wärmedämmung  $\geq 20$  cm

Wärmeschutzverglasung (3f)

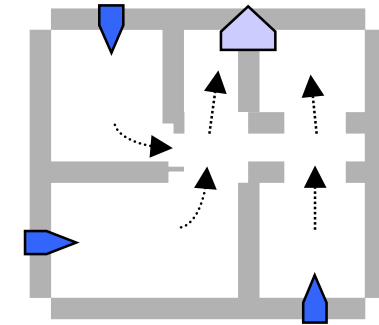
Luftdichtigkeit



Brennwert-Gas-Wandheizgerät

Dachheizzentrale, zapfstellen-  
naher Warmwasserspeicher

Heizkörper (max. 45°C)



Lüftungsanlage

Zentrale Abluft + dezentrale

Zuluft über Heizkörpern

(mit WRG **Passivhaus**)

☺ Elektro-Heizwärmepumpen, monovalent, Wärmequelle Erdreich, Energieeinsp.: 25 %

☺ Solaranlage, Warmwasser+Heizung, Energieeinsp. 25-100 % **Nullheizenergiehaus**

☺ Photovoltaik-Anlage, Kapitalrücklauf nach 15-20 Jahren **Plusenergiehaus**

# Heizenergieverbrauch und Wohnfläche

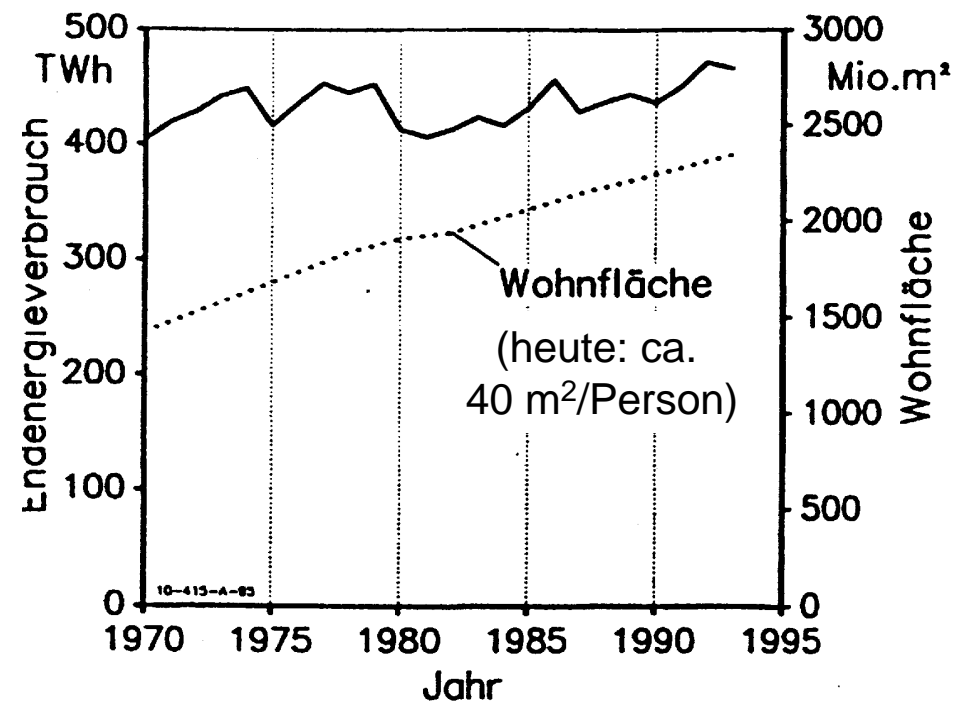
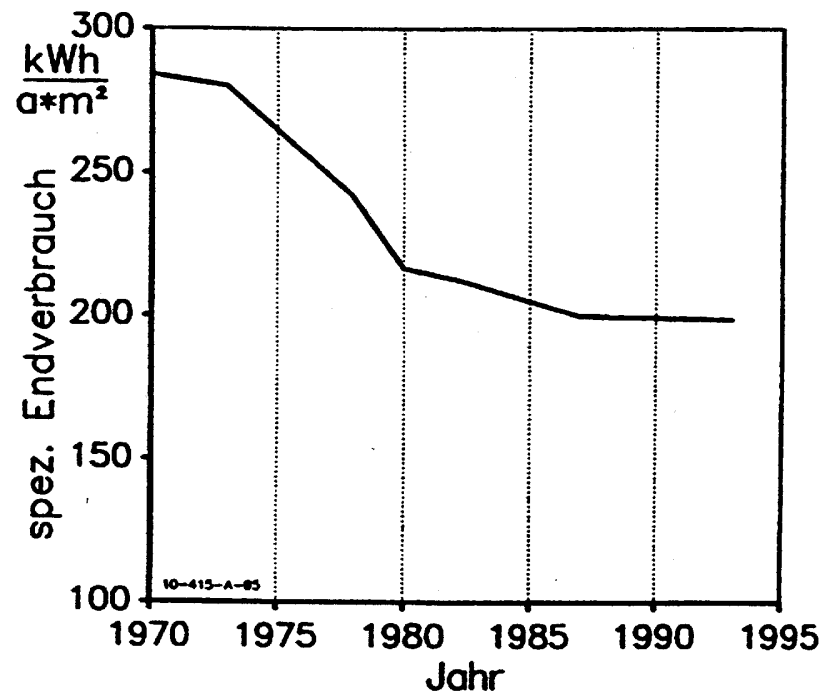
## BRD, alte Länder

Steigerung der technischen Effizienz

- ← Wärmeschutz
- ← Wirkungsgrade der technischen Geräte

Steigerung der Komfortansprüche

- ← Wohnflächenzunahme
- ← Vollraumbeheizung
- ← Einfamilienhaus statt Mehrfamilienhaus



Quelle: B. Geiger, TU München