

# **Energie und Kosteneffizienz von Maßnahmen der energetischen Modernisierung im Vergleich**

**Aachener Energietage 2007 - 2. November 2007**

**Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff  
Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel**

**Fragen, die im Rahmen dieses Vortrages beantwortet werden sollen:**

## **1. Ziele**

**Wie sind die Ziele der Minderung des Kohlenstoffverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Modernisierung des Bestands erreichbar?**

## **2. Kosten**

**Wie hoch sind die Kosten der eingesparten kWh für verschiedene Maßnahmen? Welche Rolle spielt der Planungszeitraum?**

**Die Energiekosten haben sich in den letzten 40 Jahren alle 10 Jahre mehr als verdoppelt!**

## **3. Praxis**

**Wie ehrlich sind die rechnerischen Prognosen aus Bedarfsrechnungen im Vergleich zur Praxis und wie könnten mit dem Werkzeug: Energieanalyse aus dem Verbrauch (E-A-V) Energieeinsparungen garantiert werden?**

## **4. Anforderungen**

**Wie könnte eine EnEV 2008-2009-2010(?) drastisch vereinfacht werden und wie könnten die Sünden der Vergangenheit zukünftig vermieden werden? - Ausblick**

## Kennzahlen zum Merken:

**Bestand: 160...200 kWh/(m<sup>2</sup>a) - Neubau: 70...100 kWh/(m<sup>2</sup>a)**  
**Trinkwarmwasser: ca. 25 – 40 kWh/(m<sup>2</sup>a) (Nutzen + Verluste)**

**1 kWh Nutzenergie: 0,10 – 0,15 €**

**1 W<sub>el</sub> Dauerleistung: 1 - 1,50 €/a**

**1 Liter Heizöl – 1 m<sup>3</sup> Erdgas – 10 kWh – 50...70 €cent**

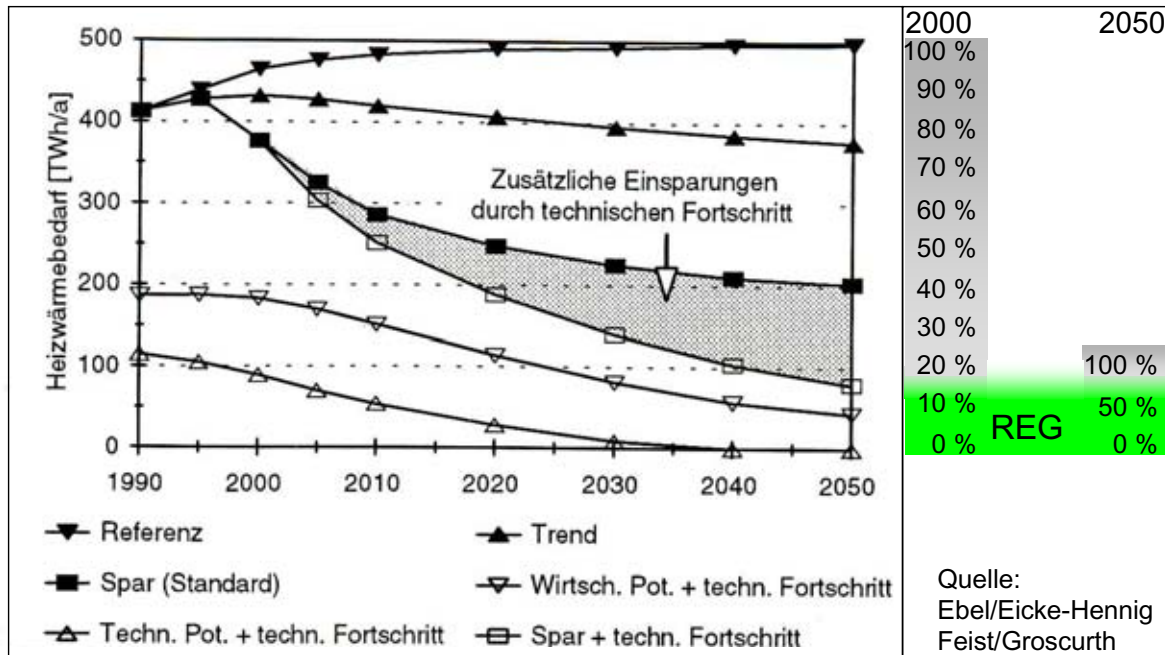
**Kennen Sie die Entwicklung des Rohölpreises und des Heizölpreises in den letzten acht bzw. in den letzten vierzig Jahren?**

## Entwicklung des Ölpreises: Verdoppelung für den Verbraucher alle 10 a!



- In den letzten 8 Jahren von 10 \$/b auf über 96 \$/b, also um den Faktor 9!
- In den letzten 40 Jahren von 1,36 \$/b auf 90 \$/b, also um den Faktor 66!
- Durchschnittliche Rohölpreissteigerung in den letzten 40 Jahren: 10%/a
- Die Heizkosten haben sich in den letzten 8 Jahren mehr als verdoppelt!
- Durchschnittliche Heizölpreissteigerung in den letzten 40 Jahren: 8%/a

## Ziele für eine Reduzierung des C-Verbrauchs bzw. der CO<sub>2</sub>-Emissionen

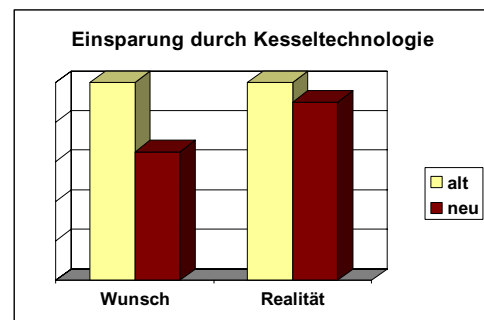
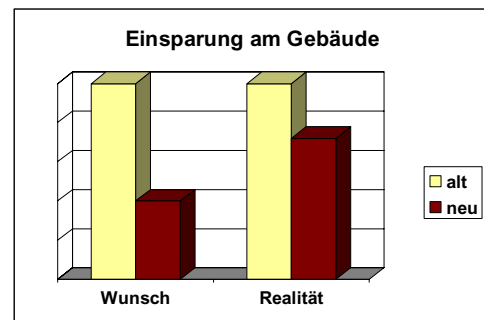


**Nur durch 80%-ige Verbrauchsminderung ist bis 2050 ein regenerativer Anteil von 80% erreichbar!**

## Aktuelle Studie der DPG: Sanierungseffizienz: 35%

Studie TU München & Kaminkehrerhandwerk für 2000 Wohngebäude:

- Gebäude mit Errichtung ab 1989 zu Gebäuden vor 1977:  
Einspareffekt 25 % (Soll: -60 %)
- neue Kesseltechnik gegenüber 15 Jahren älterer Kesseltechnologie:  
Verbrauchsrückgang 10 % (Soll: -35%)



**Gründe: Fehlen von kritischer Planungsbeurteilung, von Qualifizierung und Qualitätssicherung in Planung und Ausführung, von sachgerechter Bau- und Anlagentechnik-Kontrolle**

## Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen

### These:

**Die wichtigste Rolle für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung spielt die vorgesehene Restnutzungsdauer des Gebäudes!**



**Die Energiepreissteigerung der letzten 40 Jahre: 8%/a!  
Dies entspricht einer Verdoppelung der Energiepreise  
alle 10 Jahre! Und in den nächsten 40 Jahren?**

2007: 0.06 €/kWh

2017: 0,12 €/kWh

2027: 0,24 €/kWh

2037: 0,48 €/kWh

2047: 1 €/kWh

○ ○ ○

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff - FH Braunschweig/Wolfenbüttel – Fachbereich Versorgungstechnik

7

## Kosten

### ... und Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen

#### These:

Die Bewertungsgröße "**Kosten der eingesparten kWh Energie**" bzw. "**Äquivalenter Energiepreis**" ist das am besten geeignete Kriterium zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen im Gebäudebestand. Auch zum Vergleich verschiedener Alternativen!



Die Kosten der eingesparten kWh Energie ergeben sich aus den annuitätischen Kosten der Maßnahme dividiert durch die jährlich eingesparten Energiemengen.

|            |       |
|------------|-------|
| Mehrkosten | €/a   |
| Einsparung | kWh/a |

○ ○ ○

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff - FH Braunschweig/Wolfenbüttel – Fachbereich Versorgungstechnik

8

| Maßnahme                                                                            | Energieeinsparung in kWh/(m²a) | Investition in €/m² | Äquivalenter Energiepreis in €/kWh |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Dämmung (Dach, Kellerdecke, Außenwand)                                              | 50 ... 150                     | 50 ... 250          | 0,02 ... 0,20                      |
| Fenster                                                                             | 20 ... 50                      | 30 ... 150          | 0,06 ... 0,30                      |
| Kesseltausch                                                                        | 20 ... 120                     | 20 ... 80           | 0,02 ... 0,20                      |
| Komfortlüftung                                                                      | 10 ... 30 (max)                | 20 ... 70           | 0,08 ... 0,25                      |
| Solare Trinkwassererwärmung                                                         | 5 ... 20 (max)                 | 35 ... 50           | 0,10 ... 0,30                      |
| Solare Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung                               | 10 ... 25 (max)                | 50 ... 80           | 0,10 ... 0,40                      |
| <u>Hydraulischer Abgleich und Heizungsoptimierung nach baulicher Modernisierung</u> | 10 ... 20                      | 1 ... 6             | 0,02 ... 0,04                      |

Bezugsfläche für bezogene Größen: beheizte Fläche

## Optimierung von Heizungsanlagen

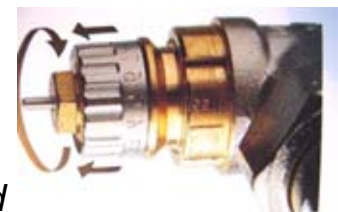
### OPTIMUS-PROJEKT

Die Optimierung in der Planung und Ausführung umfasst:

1. den hydraulischen Abgleich mit Voreinstellung von Thermostatventilen,
2. die Einstellung der ausreichenden Förderhöhe an der Pumpe
3. die Einstellung der Vorlauftemperatur am zentralen Regler.



Optimierung zur Verminderung des Verschwendungspotentials für Wärme, der elektrischen Hilfsenergie für die Pumpe und zur Komfortverbesserung





## Einzelbetrachtung OPTIMUS-Projekt: neues MFH in Braunschweig

Mehrfamilienhaus mit 18 Wohneinheiten,  
Baujahr 1998, 1250 m<sup>2</sup> Wohnfläche



Optimierungsmaßnahmen ohne Investitionen in Komponenten:

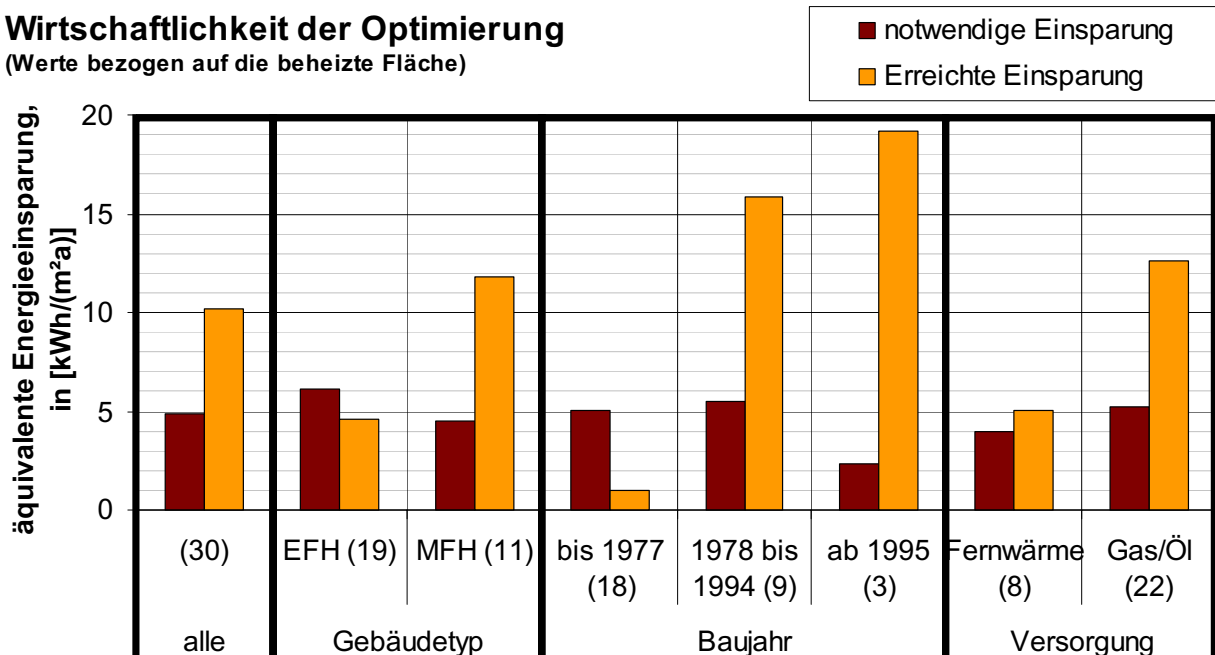
- Voreinstellung der Thermostatventile
- Einstellung der optimalen Pumpenförderhöhe
- Optimale Einstellung der Regelung

Verringerung des Verbrauchs thermischer Energie durch Optimierung von **99 auf 78 kWh/(m<sup>2</sup>a)** ⇨ **21 %**

## Einsparpotential einer Heizungsoptimierung in neuen und bereits modernisierten Gebäuden so hoch wie eine Solaranlage (TWW/HU)

### Wirtschaftlichkeit der Optimierung

(Werte bezogen auf die beheizte Fläche)



## **Schlussfolgerungen: Investitionen gezielt einsetzen!**

- 1. Besser erst Energiesparlampen einsetzen, bevor Solarzellen auf dem Dach installiert werden.**
- 2. Besser vorher Wasserspararmaturen einsetzen, bevor eine Solaranlage eingebaut wird.**
- 3. Besser vorher das Gebäude energetisch modernisieren und die Heizungsanlagen optimieren, bevor ein Holzpelletskessel oder eine Wärmepumpe eingebaut werden.**
- 4. Besser vorher Gebäude und Nahwärmenetz optimal dämmen, bevor das BHKW oder solare Nahwärme installiert werden.**

## **Potentiale durch Effizienzsteigerung**

**Ehrliche anstelle „verschleierter Energiebilanzen“**

**Beispiel 1: "Brennwertkessel in der Praxis"**

**Der Nutzungsgrad der Wärmerzeugung und Verteilung von Anlagen  
Im Bestand liegt bei nur ca. 60 - 65% bezogen auf den Brennwert!**

**Auswertung der Nutzungsgrade und Verluste aus dem Projekt  
OPTIMUS für neuwertige Brennwert- und Niedertemperaturkessel:**

**Nutzungsgrad (BW-K): 79%      Kesselverluste: 39 kWh/(m<sup>2</sup>a)**

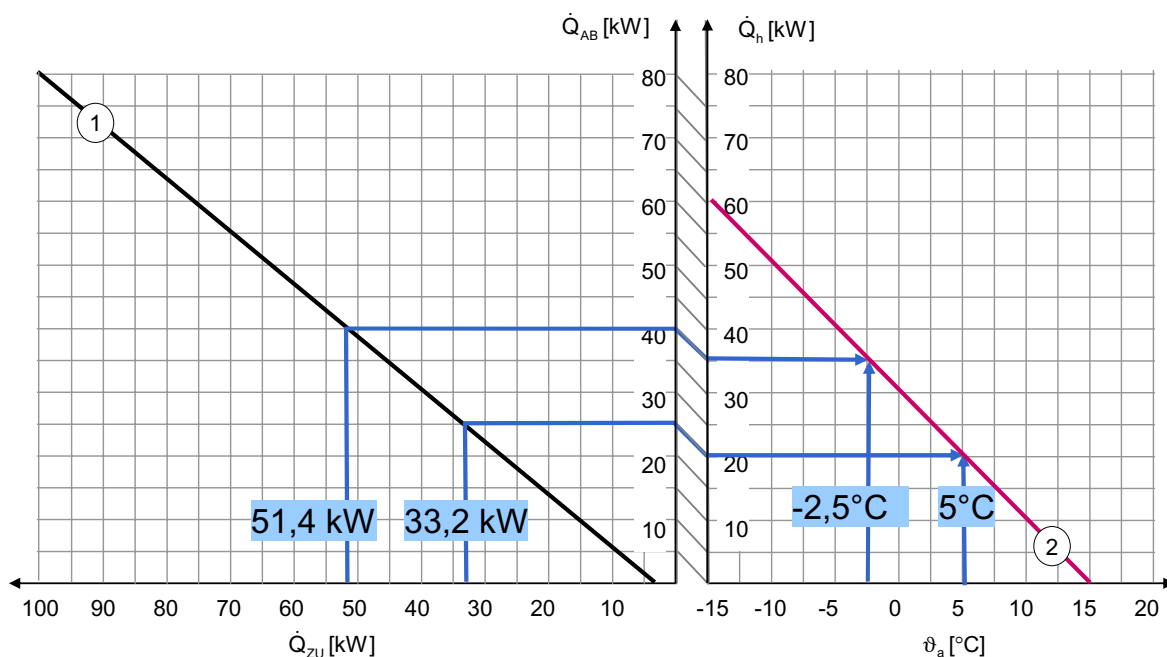
**Nutzungsgrad (NT-K): 73%      Kesselverluste: 59 kWh/(m<sup>2</sup>a)**

Gesamtverbrauch:      191 (BW)      220 (NT) in kWh<sub>HS</sub>/(m<sup>2</sup>a)

**Nach einem Bedarfsorientierten Energiepass hätten sich Kesselverluste  
von 22 anstelle 39 kWh/(m<sup>2</sup>a) und nach den "Normnutzungsgraden" aus  
Kesselherstellerangaben hätten sich 5 – 10 kWh/(m<sup>2</sup>a) ergeben!**

**Praxis****E – A – V: Energieverbrauchsanalyse:  $(H/A_{EB} \text{ mal } G) + Q$** 

- Gebäude
  - 1000 m<sup>2</sup> beheizte Fläche
  - Warmwasserbereitung elektrisch
- Gaskessel
  - Kesselnennleistung 80 kW
  - Kesselwirkungsgrad (brennwertbezogen) 80%
  - Bereitschaftsverluste (brennwertbezogen) 0,028 bzw. 2,8 kW
- Verteilverluste im Keller 5 kW (konstant, da mit Überströmregelung)
- Verbrauchsdaten/Außentemperatur
  - Dezember: 3000 m<sup>3</sup> = 33.600 kWh (brennwertbezogen) / -2,5°C
  - März: 1800 m<sup>3</sup> = 20.000 kWh (brennwertbezogen) / +5,0°C
- Gesucht: **Fingerabdruck des Gebäudes:  $H/A_{EB}$  in  $W/(m^2K)$  –  $G_{12-15^\circ C}$**   
**Fingerabdruck der Anlage:  $Q$  in  $kWh/(m^2 a)$  bzw.  $\eta_{ges}$**   
**Jahres-Nutz- und Verlustwärmengen in  $kWh/(m^2 a)$**

**Praxis****Bessere Einsparprognose durch Energieanalyse aus dem Verbrauch  
Zwei Monatsmessungen für die "Fingerabdrücke" Anlage - Gebäude**



**Praxis****Fingerabdruck des Gebäudes und Heizgrenze**

Fingerabdruck des Gebäudes:  
(Steigung)

$$H = \frac{\Delta \dot{Q}_h}{\Delta \vartheta_a} = \frac{(35 - 20) \text{ kW}}{(5 - (-2,5)) \text{ K}} = 2 \frac{\text{ kW}}{\text{ K}}$$

$$h = \frac{H}{A_{EB}} = \frac{2 \text{ kW / K}}{1000 \text{ m}^2} = 2 \frac{\text{ W}}{\text{ m}^2 \text{ K}} \quad \dots \text{ bezogen auf die beheizte Fläche}$$

Heizgrenztemperatur:  
(Nullstelle)

$$\vartheta_{HG} = 15^\circ \text{ C}$$

**Praxis****Nutzungsgrade**

Jahresnutzungsgrad des Kessels

$$\eta_a = \frac{Q_{AB,a}}{Q_{ZU,a}} = \frac{\dot{Q}_{AB,m} \cdot 6000 \text{ h/a}}{\dot{Q}_{ZU,m} \cdot 6000 \text{ h/a}} = \frac{25 \text{ kW}}{33,2 \text{ kW}} = 75,3\%$$

Gesamtnutzungsgrad

$$\eta_{\text{gesamt}} = \frac{Q_h}{Q_{ZU,a}} = \frac{\dot{Q}_h \cdot 6000 \text{ h/a}}{\dot{Q}_{ZU,m} \cdot 6000 \text{ h/a}} = \frac{20 \text{ kW}}{33,2 \text{ kW}} = 60,2\%$$

## Praxis

**Jahresenergiemengen [alle Werte durch 1000 m<sup>2</sup> geteilt ergeben kWh/(m<sup>2</sup> a)]**

$$\text{Transmission} \quad Q_T = 1,32 \frac{\text{kW}}{\text{K}} \cdot (20 - 5) \text{K} \cdot 6000 \text{h/a} = 118.800 \text{kWh/a}$$

$$\text{Lüftung} \quad + \quad Q_V = 0,68 \frac{\text{kW}}{\text{K}} \cdot (20 - 5) \text{K} \cdot 6000 \text{h/a} = 61.200 \text{kWh/a}$$

$$\text{Wärmegewinne} \quad - \quad Q_{\text{Gewinne}} = 10 \text{kW} \cdot 6000 \text{h/a} = 60.000 \text{kWh/a}$$

$$\text{Heizwärme} \quad = \quad Q_h = 20 \text{kW} \cdot 6000 \text{h/a} = 120.000 \text{kWh/a}$$

$$\text{Verteilverluste} \quad + \quad Q_d = 5 \text{kW} \cdot 6000 \text{h/a} = 30.000 \text{kWh/a}$$

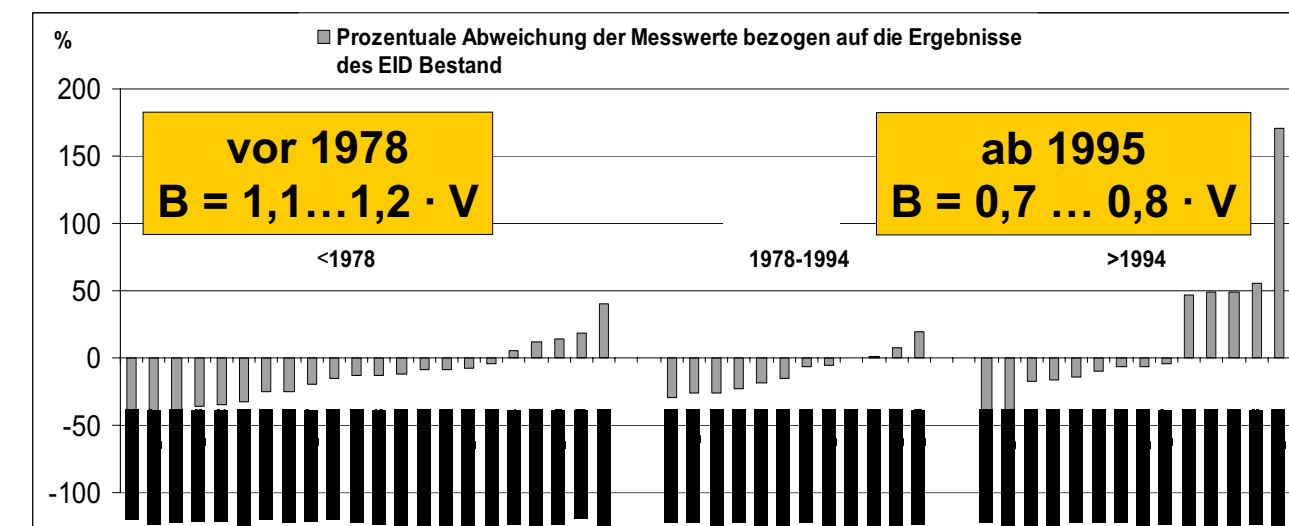
$$\text{Erzeugerverluste} \quad + \quad Q_g = (199,2 - 120 - 30) \text{MWh/a} = 49.200 \text{kWh/a}$$

$$\text{Heizenergie} \quad = \quad Q_H = 33,2 \text{kW} \cdot 6000 \text{h/a} = 199.200 \text{kWh/a}$$

## Energiepassdiskussion: Bedarf und Verbrauch - Was kommt 2008?

Wenn die aus Bedarfsrechnungen ermittelte Einsparung größer ist als der derzeitige Verbrauch sollte man aufhören!

Vergleich des Heizwärmebedarfs nach einem Rechenprogramm mit Verbrauchsmesswerten



## **Zusammenfassung und Ergänzungen:**

### **Thesen zur „ehrlichen“ CO<sub>2</sub>-Minderung und zur Energieeinsparung**

#### **1. Energieversorger werden zu Energiedienstleistern**

DIE ZEIT (16. November 2006) Autor Fritz Vorholz:  
Der Klimapolitik entgegen stehen die Interessen  
der mächtigen Konzerne – und Gewerkschaften –  
die der Energiewirtschaft und der Autoindustrie zum  
Beispiel....

Von einem regelrechten „Verhinderungskartell“  
spricht Hermann Ott vom Wuppertal-Institut.



**Wenn zukünftig die Industrie, das Handwerk und die Energieversorger nicht mehr Produkte, Geräte oder Energie verkaufen, sondern die Dienstleistung: „Komfortable Beheizung und Belüftung von x m<sup>2</sup> Nutzfläche bei minimalen Energieeinsatz“ könnten alle am gleichen Strang ziehen und tatsächlich Energieeinsparen!**

### **Thesen zur „ehrlichen“ CO<sub>2</sub>-Minderung und zur Energieeinsparung**

**2. Maßnahmen zur Energieeinsparung müssen kontinuierlich auf ihren Erfolg hin überprüft werden (Monitoring) – Garantierte Einsparungen!**

**3. Das Mieter-Investor-Dilemma im Mietwohnungsbau ist zu beseitigen: Warmmiete**

**4. Miet-/Steuerrechtliche und Förderpolitische Rahmenbedingungen müssen drastisch vereinfacht werden – Einspar-Contracting!**

**5. Das beibehaltene Anforderungsniveau der EnEV 2008 ist nicht akzeptabel. Bei heutigen Energiepreisen sind bereits das 3 I-Haus und sogar das Passivhaus auch im Bestand wirtschaftlich!**



**Kosten der Instandsetzung, einer Modernisierung nach EnEV (Mind.) und EnEV (Neubau) sowie einer darüber hinaus gehenden Modernisierung mit Passivhauskomponenten**

1. Die „Sowieso-Kosten“ einer Instandsetzung ohne energetische Verbesserungen im Bereich von Nachkriegs-Mehrfamilienhäuser typisch:

**$50 \text{ €/m}^2 + 2,50 \text{ €/m}^2 \text{ a) mal [2000 – Baujahr]}$**

also bei z. B.  **$150 \text{ €/m}^2$**  beheizte Fläche für ein Mehrfamilienhaus mit Baujahr 1960.

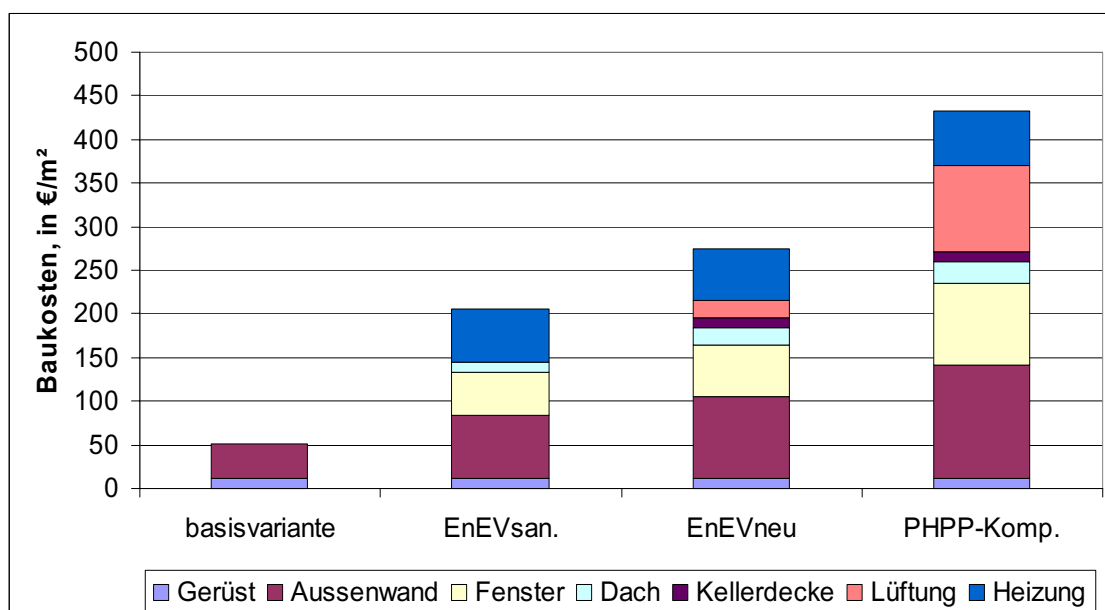
2. Die Modernisierung auf den Neubau-Standard der EnEV kostet zusätzlich zwischen  **$250 - 400 \text{ €/m}^2$**  (Amortisationszeit: > 15 Jahre)

3. Die Zusatzkosten auf den bestmöglichen Standard mit Passivhauskomponenten liegen bei nur noch  **$100 - 150 \text{ €/m}^2$**  (> 15 – 20 Jahre)



**Praxis**

**Kostenvergleich untersuchter Modernisierungsvarianten**

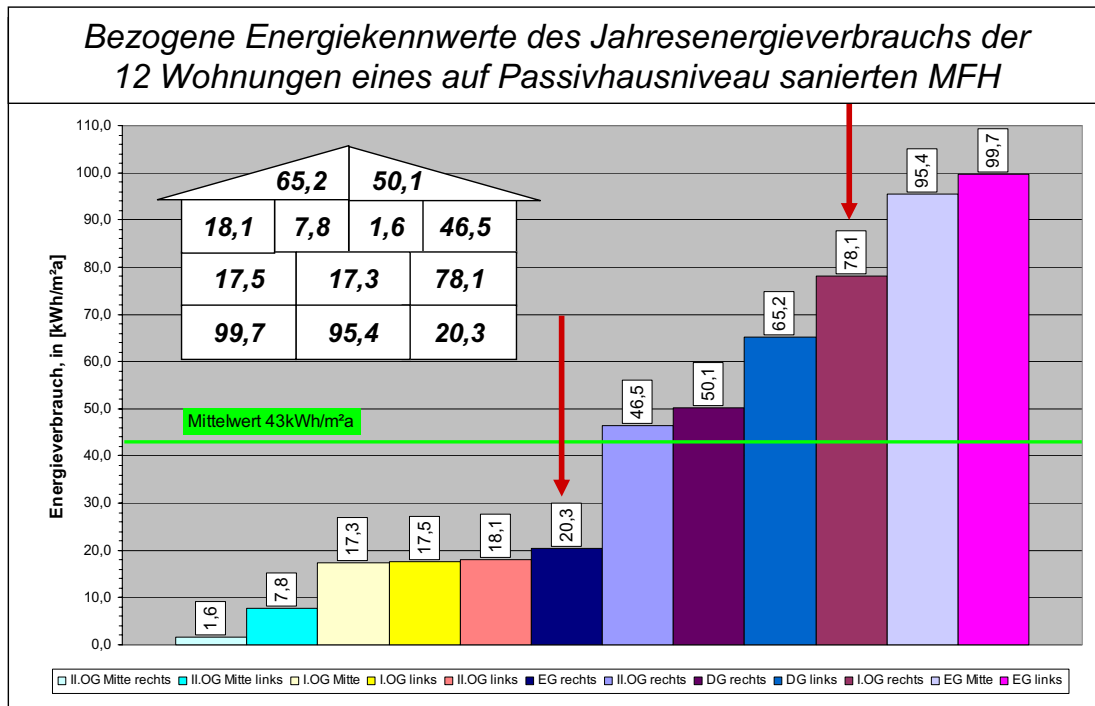


Äquivalente Energiepreise: 0,11 €/kWh (EnEVneu) bzw. 0,15 €/kWh (PH-Komp.)

Langfristige Energiepreise: 2007: 0,06 €/kWh – 2027: 0,24 €/kWh – 2047: 1 €/kWh

## Praxis

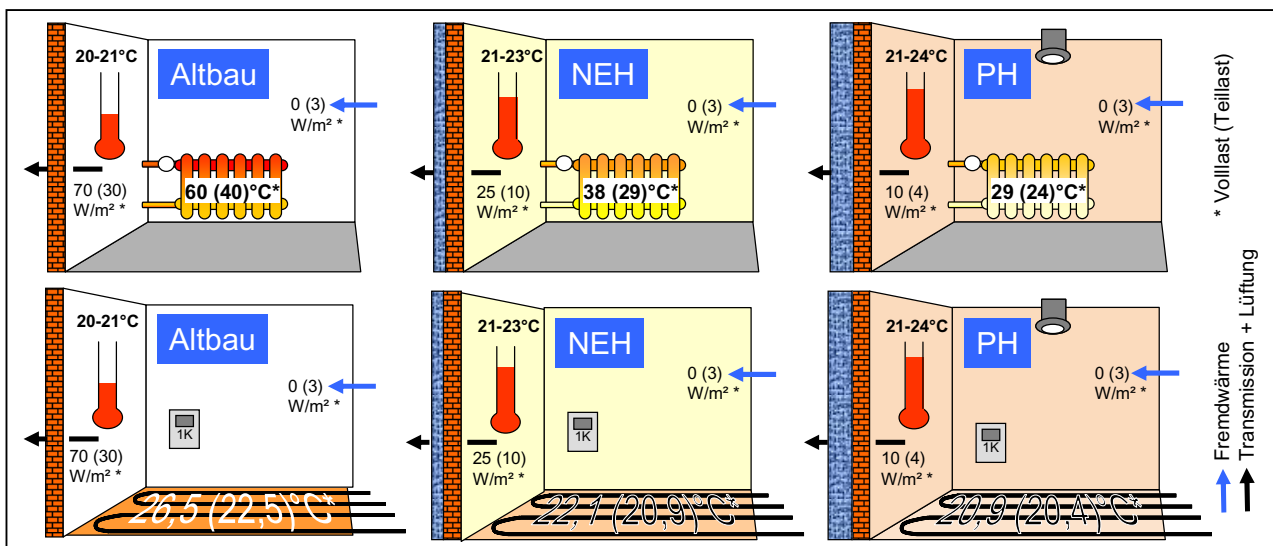
### Modernisierung mit Passivhauskomponenten - Feldergebnis



## Praxis

### Noch nicht gelöstes Problem: Regelbarkeit der Wärmeübergabe

Sind beibehaltene Heizkörper oder Fußbodenheizungen bei extrem geringen Heizlasten überhaupt noch vernünftig stetig regelbar oder gibt es nur noch den Auf-/Zu-Betrieb der Thermostatventile mit schwankenden Temperaturen 21 – 24°C und entsprechendem Verschwendungspotential?





## Praxis



**Die Frage ist: ab welchem Standard ist diese Maßnahme notwendig?**

## Thesen zur „ehrlichen“ CO<sub>2</sub>-Minderung und zur Energieeinsparung

6. Man sollte sich **vom Bilanzierungsprinzip** für den End- bzw- Primärenergienachweis nach **der EnEV verabschieden!**

**Von der Möglichkeit zwischen baulichen und anlagentechnischen Alternativen Kompensationsmöglichkeiten zu schaffen, sollte man sich verabschieden!**

**Die drastisch gestiegenen Energiepreise und der nicht mehr in Frage gestellte Klimawandel erfordern ein viel höheres Anforderungsniveau in einer zukünftigen EnEV, der sich am technisch und selbstverständlich auch wirtschaftlich bestmöglichen baupraktisch realisierbaren Standard orientieren muss!**

**Deshalb besser: Höchst-Anforderungen an Bauteile und Komponenten!**



***Mehr Informationen:***

***[www.Delta-Q.de](http://www.Delta-Q.de)***

***[www.Energieberaterkurs.de](http://www.Energieberaterkurs.de)***