

**4. Hessischer Energieberaterntag
Frankfurt am Main - 10. Mai 2007**

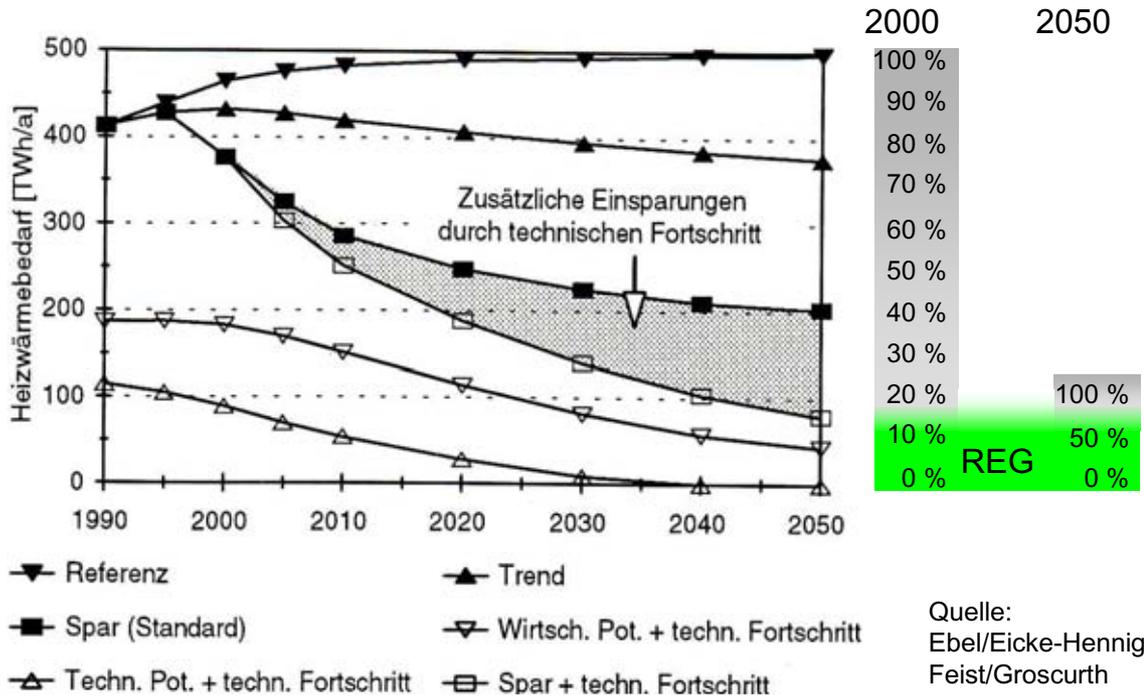
**„Heizungsoptimierung- es geht mehr als man denkt
(OPTIMUS-Projekt)“**

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

Fragen, die im Rahmen diese Vortrages beantwortet werden sollen:

- 1. Welchen Standard sollten zukünftige Energieeinsparverordnungen für Gebäude und Anlagentechnik im Neubau und für die Modernisierung vorschreiben?**
- 2. Welche Praxiserfahrungen ergeben sich aus dem Projekt „OPTIMUS“ vor allem für bereits modernisierte Gebäude?**
- 3. Wie können zukünftig Energieeinsparungen mit einer „ehrlichen“ Energieberatung erreicht werden?**
- 4. Zusammenfassung – Empfehlungen.**

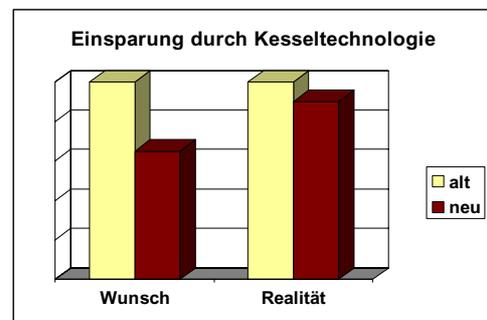
Forderung: Nur durch 80%-ige Verbrauchsminderung ist bis 2050 ein regenerativer Anteil von 80% erreichbar!
 (1987: wirtschaftlich 4 - 6 cm; heute 16 – 25 cm Dämmung)



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: 7%/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

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.

$$\frac{\text{Mehrkosten } \text{€} / \text{a}}{\text{Einsparung } \text{kWh} / \text{a}}$$

Maßnahme	Energieeinsparung in kWh/(m ² a)	Investition in €/m ²	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
Hydraulischer Abgleich und Heizungsoptimierung nach baulicher Modernisierung	10 ... 20	1 ... 6	0,02 ... 0,04

Bezugsfläche für bezogene Größen: beheizte Fläche

Schlussfolgerungen aus der vorangegangenen Tabelle:

- 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, bevor ein Holzpelletkessel oder eine Wärmepumpe eingebaut werden.**
- 4. Besser vorher Gebäude und Nahwärmenetz optimal dämmen, bevor das BHKW oder solare Nahwärme installiert werden.**

Optimierung von Heizungsanlagen

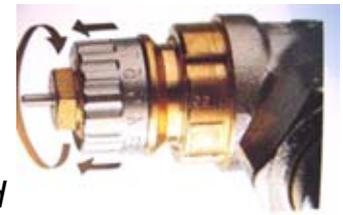
OPTIMUS-PROJEKT

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.

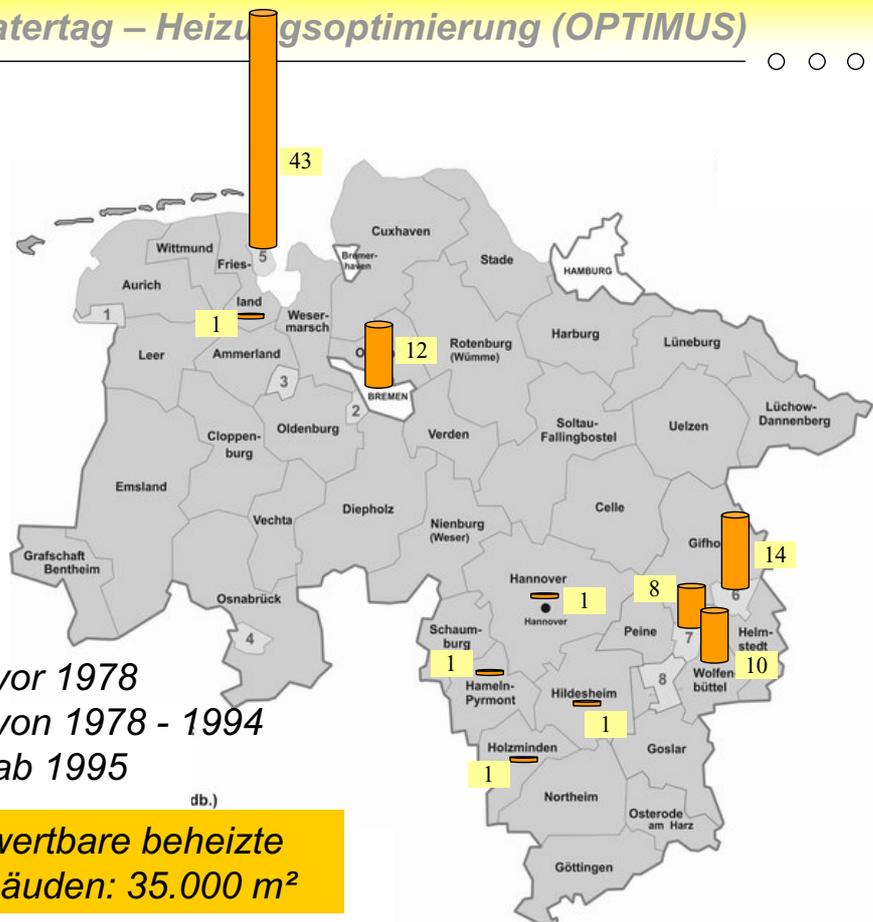


Optimierung zur Verminderung des Verschwendungspotentials für Wärme, der elektrischen Hilfsenergie für die Pumpe und zur Komfortverbesserung



Vorrang geringinvestiver Maßnahmen
Beispiel: OPTIMUS

- 92 Gebäude
- 59 mit Kessel
- 33 mit Fernwärme
- 52 EFH
- 40 MFH
- 47 mit Baujahren vor 1978
- 20 mit Baujahren von 1978 - 1994
- 25 mit Baujahren ab 1995



Energetisch auswertbare beheizte Fläche in 75 Gebäuden: 35.000 m²

Zustand der Gebäude und Anlagen



- durchschnittliche Kompaktheitsgrade A/V_e
- 0,56 (MFH)
 - 0,64 (EFH)



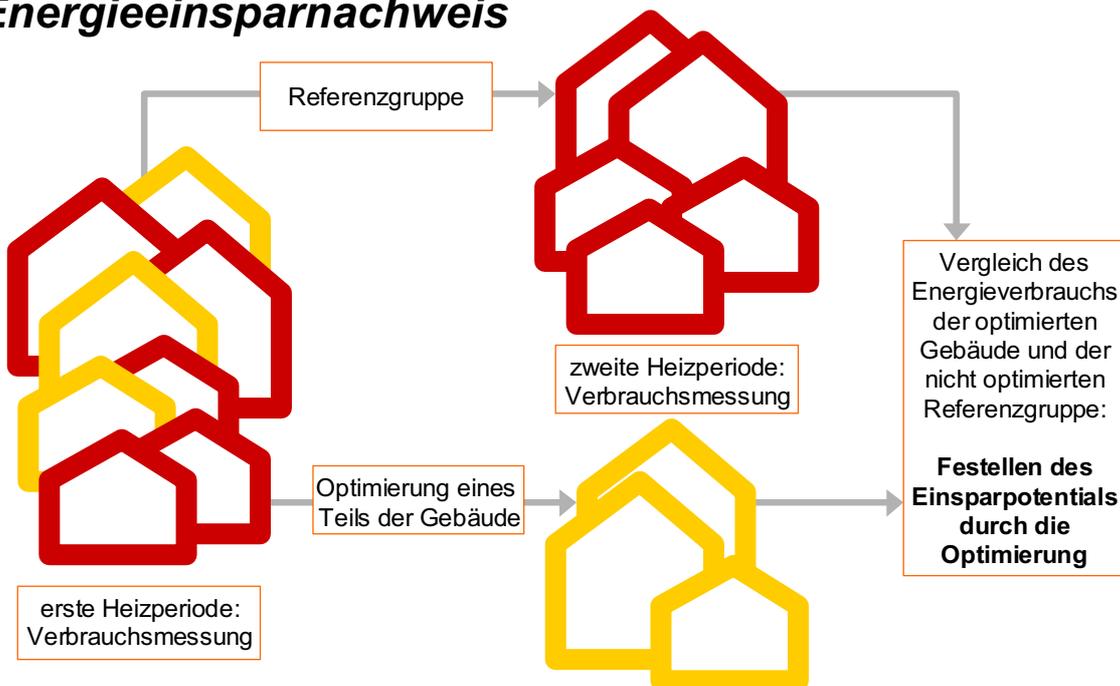
- durchschnittliche beheizte Fläche
- 153 m² (EFH)
 - 837 m² (MFH)



- mittlere U-Werte der Gebäude
- 1,3 W/(m²K) - Baujahre vor 1977
 - 0,47 W/(m²K) - Baujahre ab 1995



Energieeinsparnachweis



Einsparpotentiale messtechnisch nachweisen: monatliche Erfassung des Energieverbrauchs aller Gebäude über 2 Heizperioden

Resultat der Istzustandsaufnahme

- *Überdimensionierung / Werkseinstellung der Komponenten ermöglichen ein Verschwendungspotential: möglicher Energieverbrauch ist **zwei bis drei** mal höher aller der minimale Jahresenergiebedarf*
 - *fehlender hydraulischer Abgleich sowie die Heizkörper-, Pumpen- und Thermostatventilüberdimensionierung provozieren schlechtes Regelverhalten (Zweipunktverhalten des Einzelraumregelkreises)*
 - *Anlagen weisen Geräuschprobleme und eine schlechte Wärmeverteilung auf*
- *Optimierung: Oktober 2003 bis Januar 2004*
 - *31 Gebäude (beheizte Fläche ca. 11.500 m²)*

Überblick: Erreichte Energieeinsparungen

Heizwärmeersparnis:	7 kWh/(m²a)	90.000 kWh/a
Endenergieersparnis:	8 kWh/(m²a)	106.000 kWh/a
Primärenergieersparnis:	10 kWh/(m²a)	124.000 kWh/a
CO₂-Ersparnis:	2,1 kg/(m²a)	28.300 kg/a

Die erreichte Einsparung ist in den ...

- *neuen Gebäuden (nach 1978) deutlich höher als in den alten Gebäuden (vor 1977)*
- *Gebäuden mit geringem Heizwärmeverbrauch (unter 130 kWh/m²a) deutlich höher als bei hohem Heizwärmeverbrauch (über 130 kWh/m²a)*
- *MFH im Mittel etwas höher als in den EFH*
- *Gebäuden mit Kessel höher als in den Gebäuden mit Fernwärme*

Einzelbetrachtung: neues MFH in Braunschweig

Mehrfamilienhaus mit 18 Wohneinheiten,
Baujahr 1998, 1250 m² 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 kWhl(m²a)** ↘ **21 %**

OPTIMUS-Beispiel II: MFH mit Gasetagenheizung

In acht Etagenwohnungen eines MFH wurden – auf Vorschlag des Projektantragstellers Dipl.-Ing. Stein – im Zuge der Optimierung die im Kessel integrierten, ungeregelten Pumpen durch geregelte ersetzt.

- Heizwärmesparnis **28 kWhl(m²a) bzw. 21 % von 132 kWhl(m²a)**
- Hilfsenergieersparnis **1,4 kWhl(m²a) bzw. 18 % von 7,6 kWhl(m²a)**
Hocheffizienzpumpen: 65 – 80%!

Optimierung mit Pumpentausch:
großer Energiesparerfolg - aber
nur zusammen mit dem Nutzer

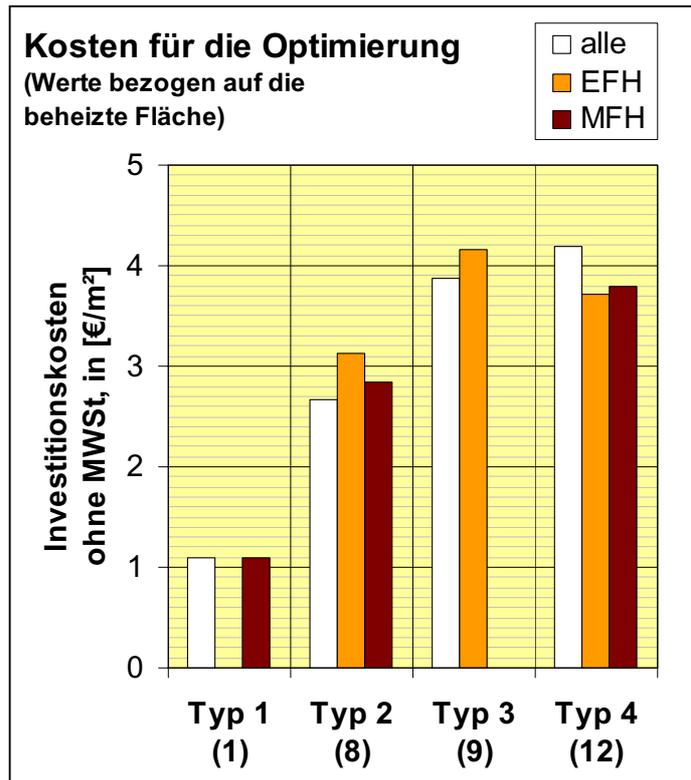


Kosten für die Optimierung

Maßnahmenpaket / Typ:

1. nur Komponenten einstellen
2. voreinstellbare Thermostatventile einbauen
3. neue Pumpe / neuen Differenzdruckregler einbauen
4. Pumpe / Differenzdruckregler und THKV einbauen

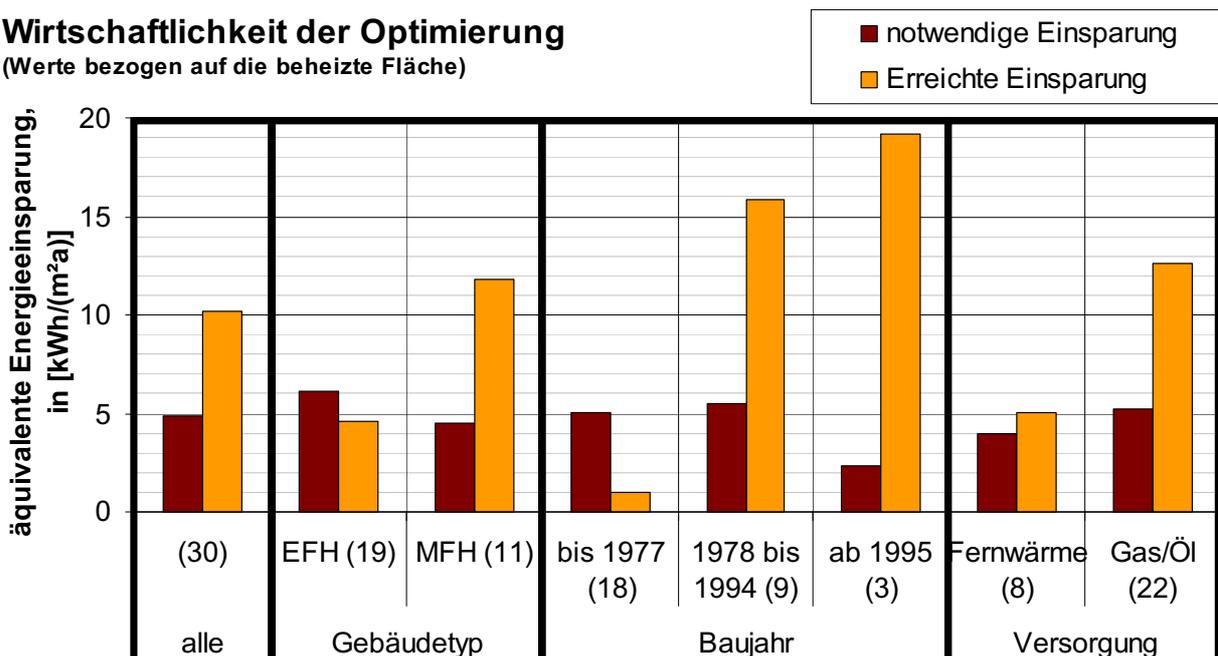
im Mittel der Optimus-Gebäude: 3,7 €/m²



Äquivalenter Energiepreis: 0,02 – 0,03 €/kWh für bereits modernisierte Gebäude und für Neubauten – aber wie steuerlich einordnen?

Wirtschaftlichkeit der Optimierung

(Werte bezogen auf die beheizte Fläche)



Potentiale durch Effizienzsteigerung

Ehrliche anstelle „verschleierter Energiebilanzen“

Beispiel 1: "Brennwertkessel in der Praxis"

Der Nutzungsgrad der Wärmerzeugung und Verteilung vorhandener Anlagen 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/(m²a)
Nutzungsgrad (NT-K): 73% Kesselverluste: 59 kWh/(m²a)

Gesamtverbrauch: 191 (BW) 220 (NT) in kWh_{Hsl}/(m²a)

Nach einem Bedarfsorientierten Energiepass hätten sich Kesselverluste von 22 anstelle 39 kWh/(m²a) und nach den "Normnutzungsgraden" aus Kesselherstellerangaben hätten sich 5 – 10 kWh/(m²a) ergeben!

Ehrliche anstelle "verschleierter Energiebilanzen"

Beispiel 2: Solare Sanierung [SOLSAN]:

Reduzierung des Wärmebedarfs von 200 kWh/(m² a) für Raumheizung und Trinkwarmwasser um 60 kWh/(m² a) durch die Verbindung: „Solarenergienutzung & Anlageneffizienz“.

Nicht erwähnt: weitere Maßnahmen wie der Einsatz eines neuen Brennwertheizkessels, ein hydraulischer Abgleich und weitere Optimierungsmaßnahmen wurden durchgeführt.

Nicht erwähnt: mit einer Solaranlage für Warmwasser und Heizungsunterstützung können nur **10 bis 20 kWh/(m² a)** bezogen auf die beheizte Fläche an Endenergieeinsparungen erreicht werden.

Bei einem angeführten Beispiel sind es lediglich **7 kWh/(m² a)!**

Äquivalenter Energiepreis: 0,15 ... 0,22 €/m²a

Thesen zur „ehrlichen“ CO₂-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 m² Nutzfläche bei minimalen Energieeinsatz“ könnten alle am gleichen Strang ziehen und tatsächlich Energieeinsparen!

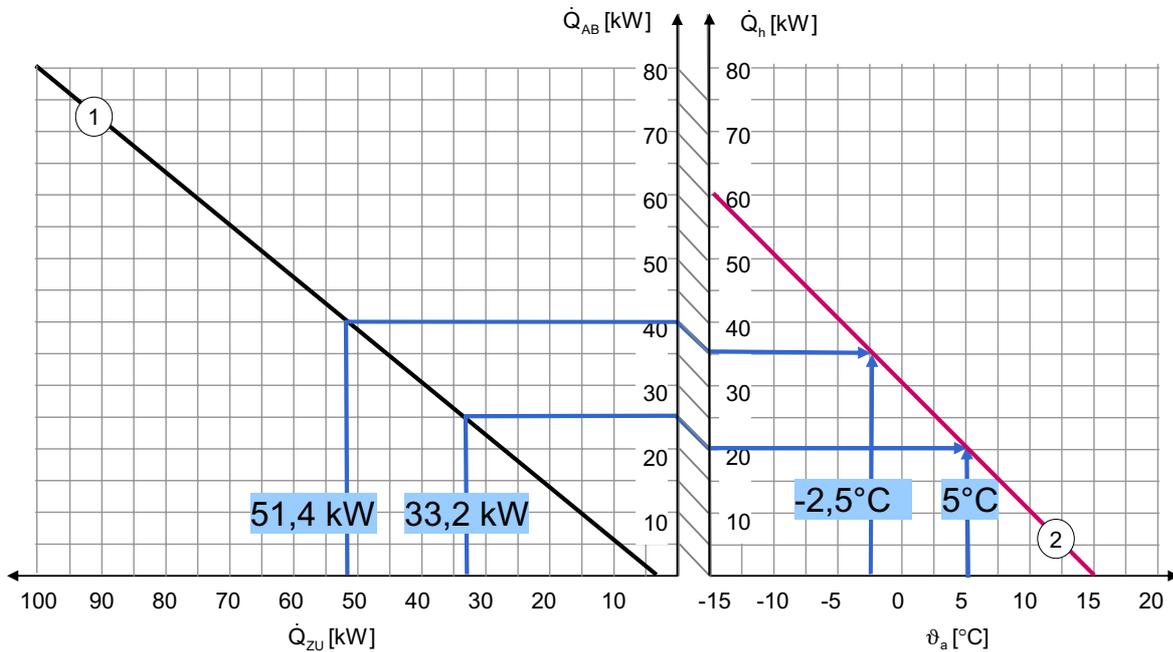
Praxis

E – A – V: Energieverbrauchsanalyse: (H/A_EB mal G) + Q

- Gebäude
 - 1000 m² 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 m³ = 33.600 kWh (brennwertbezogen)/-2,5°C
 - März: 1800 m³ = 20.000 kWh (brennwertbezogen)/+5,0°C
- Gesucht: **Fingerabdruck des Gebäudes: H/A_EB in W/(m²K) – G_{12-15°C}**
Fingerabdruck der Anlage: Q in kWh/(m² a) bzw. η_{ges}
Jahres-Nutz- und Verlustwärmengen in kWh/(m² 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)

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

$$h = \frac{H}{A_{EB}} = \frac{2 \text{ kW / K}}{1000 \text{ m}^2} = 2 \frac{\text{ W}}{\text{ m}^2 \text{ K}}$$

... 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 m² geteilt ergeben kWh/(m² a)]**

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

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

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

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

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

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

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

Praxis

Ehrliche anstelle "verschleierter Energiebilanzen"

Beispiel 2: Solare Sanierung [SOLSAN]

Reduzierung des Wärmebedarfs von **200 kWh/(m² a)** für Raumheizung und Trinkwarmwasser um **60 kWh/(m² a)** durch die Verbindung: **"Solarenergienutzung & Anlageneffizienz"**.

Nicht erwähnt: weitere Maßnahmen wie der Einsatz eines neuen Brennwertheizkessels, ein hydraulischer Abgleich und weitere Optimierungsmaßnahmen wurden durchgeführt.

Nicht erwähnt: mit einer Solaranlage für Warmwasser und Heizungsunterstützung können nur **10 bis 20 kWh/(m² a)** bezogen auf die beheizte Fläche an Endenergieeinsparungen erreicht werden.

Bei einem angeführten Beispiel sind es lediglich **7 kWh/(m² a)!**
Äquivalenter Energiepreis: 0,15 ... 0,22 €/m²a)

Thesen zur „ehrlichen“ CO₂-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

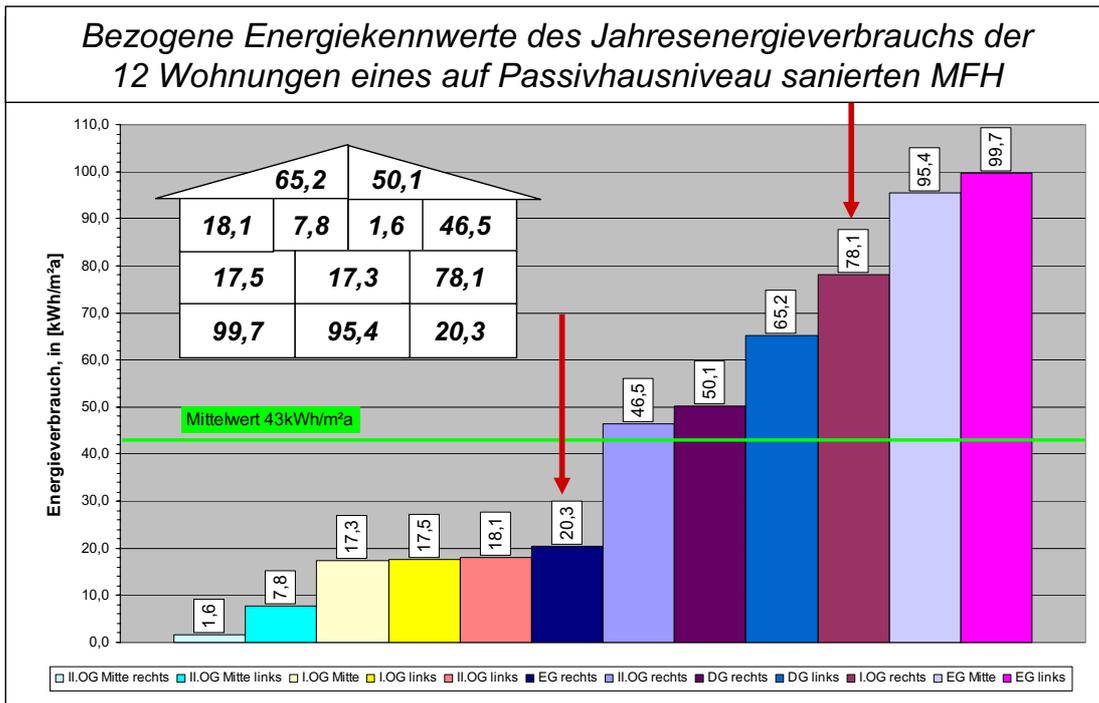
4. Miet-/Steuerrechtliche und Förderpolitische Rahmenbedingungen müssen drastisch vereinfacht werden – Einspar-Contracting!

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



Praxis

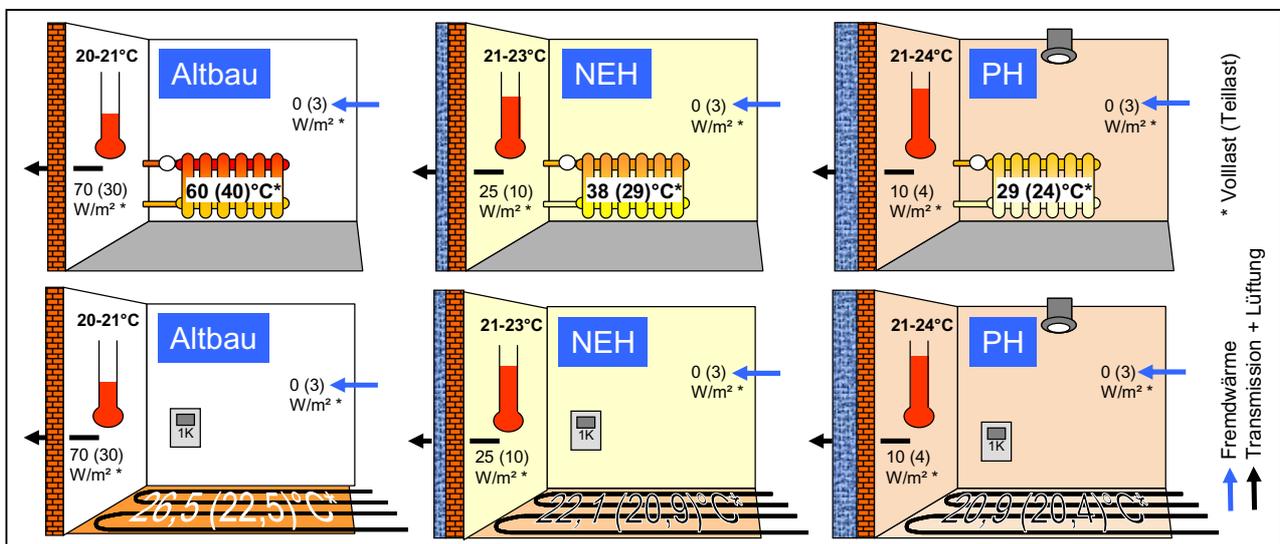
**Modernisierung mit Passivhauskomponenten
[Zukünftig mit Energieeinspar-(Passivhaus)-Contracting!]**



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 entsprechendem Verschwendungspotential?



Praxis



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

Thesen zur „ehrlichen“ CO₂-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!

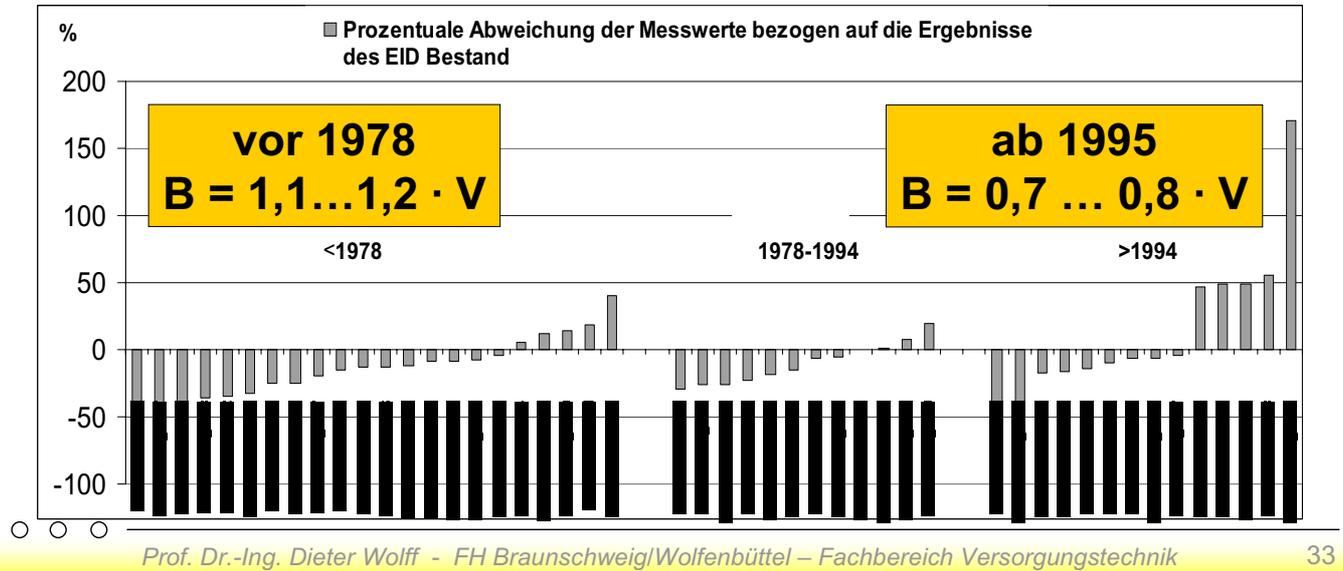
Deshalb besser: Höchst-Anforderungen an Bauteile und Komponenten!



Energiepassdiskussion: Bedarf und Verbrauch - Was kommt 2008?

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

Vergleich des Heizwärmebedarfs nach einem Rechenprogramm mit Verbrauchsmesswerten



Anforderungen an einen wirklichen NEH-Standard – auch im Bestand

Anforderungen	Kennwert in kWh/(m ² a) oder -	Anforderungen (U in W/(m ² K) n in 1/h)	Erläuterungen
Endenergie Wärme für RH	30 - 50	-	25 – 40 EnEV
Endenergie Wärme RH + WW	50 - 80	-	40 - 70 EnEV
Primärenergie RH, LÜ, WW	50 (Solar) – 120	-	40 – 80 EnEV
Dämmung AW/Dach/Kellerdecke		< 0,18/0,15/0,3	16 – 25 cm WLS 035
Fenster		1,20 – 1,30	2-fach Wsch.
Kontrollierte Lüftung/Dichtheit		n(eff.) = 0,45	n50 < 1,0
PE-bezogene Aufwandszahl/Anlagenverluste	1,0 (Solar) – 1,3 10 – 30	-	Holz: 1,1

Bezugsfläche: beheizte Fläche

Mehr Informationen:

www.Delta-Q.de

www.Energieberaterkurs.de

Im Jahr 2004: Peter Meiers Rückblick auf die EnEV 2002 In das Internet gestellt: Februar 2002

Peter Meier wohnt mit seiner 4-köpfigen Durchschnittsfamilie in einem im Jahr 2002 nach der neuen EnEV fertiggestellten „Niedrigenergiehauses“ mit 130 m² beheizter Wohnfläche (Technik: Gasbrennwertkessel mit Warmwasserspeicher, alle Komponenten in der thermischen Hülle).



Die Gasrechnung von 2003 (Jahr mit durchschnittlichem Klima) zeigt einen Gesamtenergieverbrauch von knapp **18 000 kWh** bezogen auf den Brennwert. Er soll 1023 € bezahlen.

Gerechnet hatte er mit einem Verbrauch von **9750 kWh/a** und einer Rechnung von 563 €, denn der nach EnEV 2002 vorgeschriebene „Energiebedarfsausweis“ wies einen durchschnittlichen Endenergiebedarf von 75 kWh/(m²·a) aus

Im Jahr 2004: Peter Meiers Rückblick auf die EnEV 2002

Peter Meiers Erwartung	$75 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 130 \text{ m}^2$ = 9750 kWh/a
Rechenwert mit der künstlichen Nutzfläche A_N nach EnEV 2002	$75 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 160 \text{ m}^2$ = 12 000 kWh/a
Berücksichtigung der unrealistischen Raum- und Klimadaten und der zu optimistischen Annahmen in den Normen DIN V 4701-10 und DIN V 4108-6	$12\ 000 \text{ kWh/a} \cdot 1,33$ = 15 960 kWh/a.
Berücksichtigung der Verrechnung des Gasversorgungsunternehmens auf den Brennwert	$15960 \text{ kWh/a} \cdot 1,1$ = 17 716 kWh _{Ho} /a
Verbrauch 2003	knapp 18 000 kWh/a

