



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

Berechnungsgang der EnEV DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 und die Konsequenzen

28. Sitzung des Arbeitskreises kostengünstiger Passivhäuser

23. Juni 2004 in Darmstadt

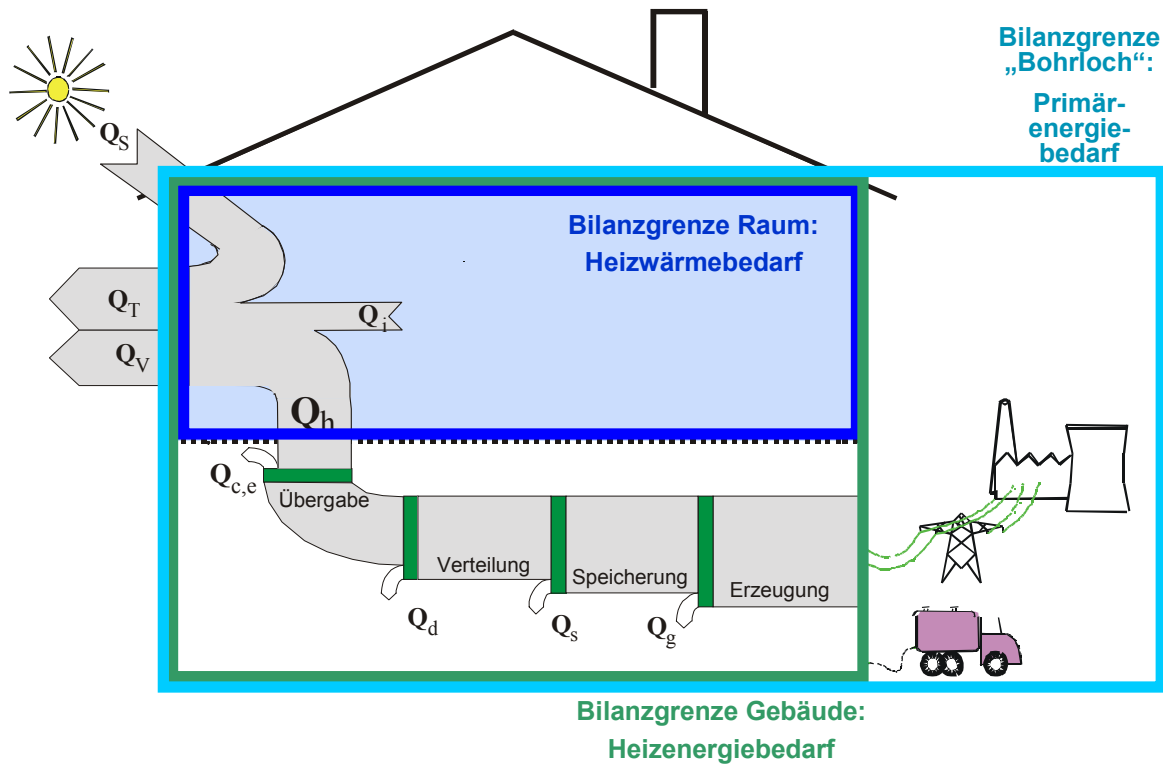


Gliederung

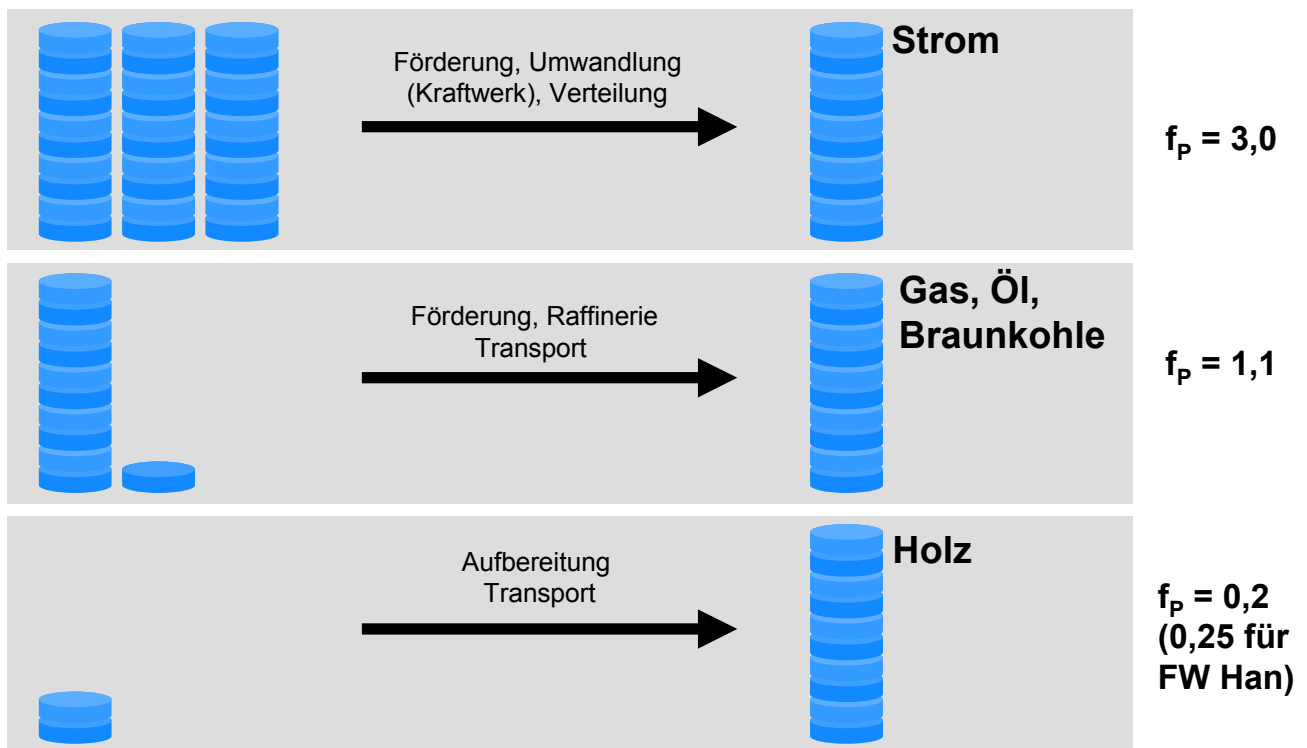
1. **Berechnungsgang und Nachweisverfahren**
2. **Notwendigkeit einer Gesamtbilanzierung von Gebäude – Anlagentechnik – Nutzung – Qualitätssicherung**
3. **Warum die Begriffe: "Übergabeverluste – Fremdwärmenutzungsgrad und Heizwärmebedarf" nicht eindeutig sind
Kann nicht auf sie verzichtet werden?**
4. **Übergabe- und Verteilverluste im modernisierten Bestand**
5. **Vorschlag: einfache Bedarfs- bzw. Verbrauchsbilanz**



Bilanzgrößen:

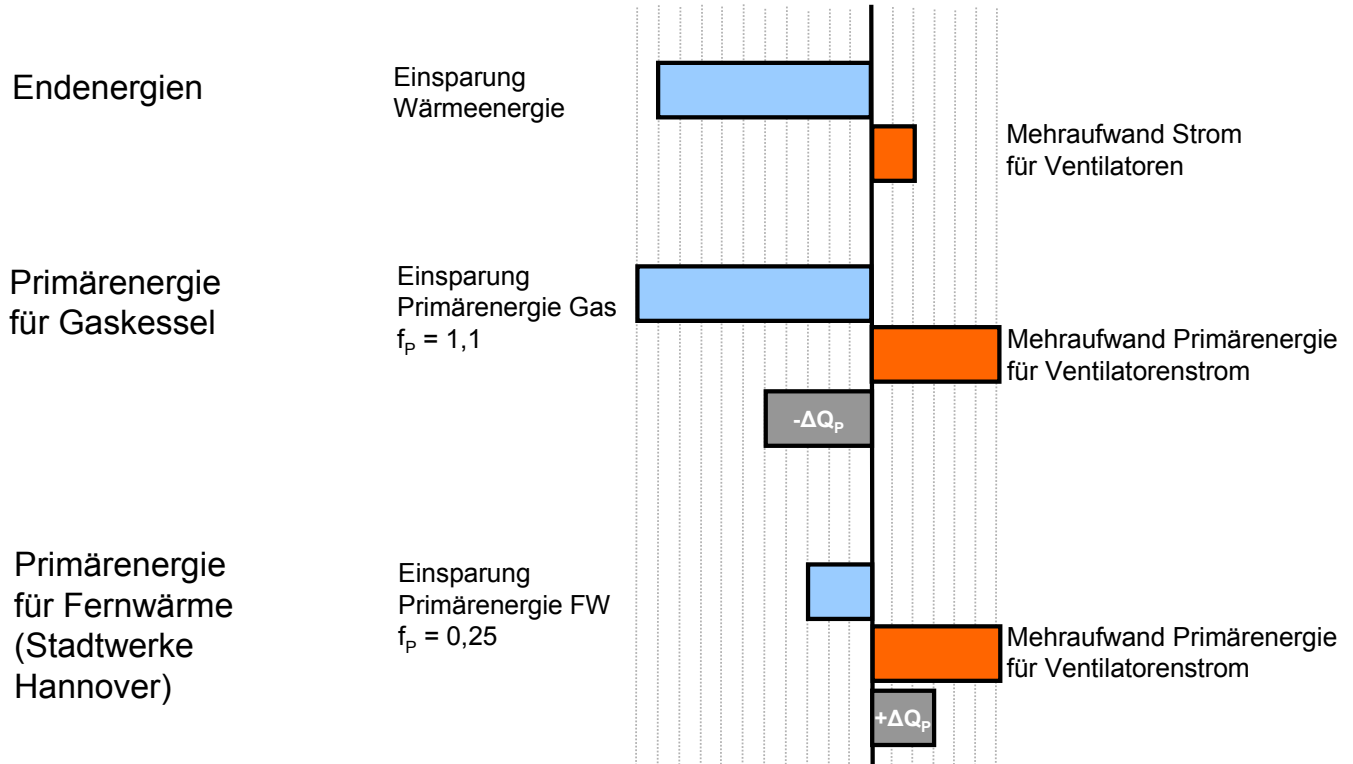


Primärenergie und Primärenergiefaktoren:

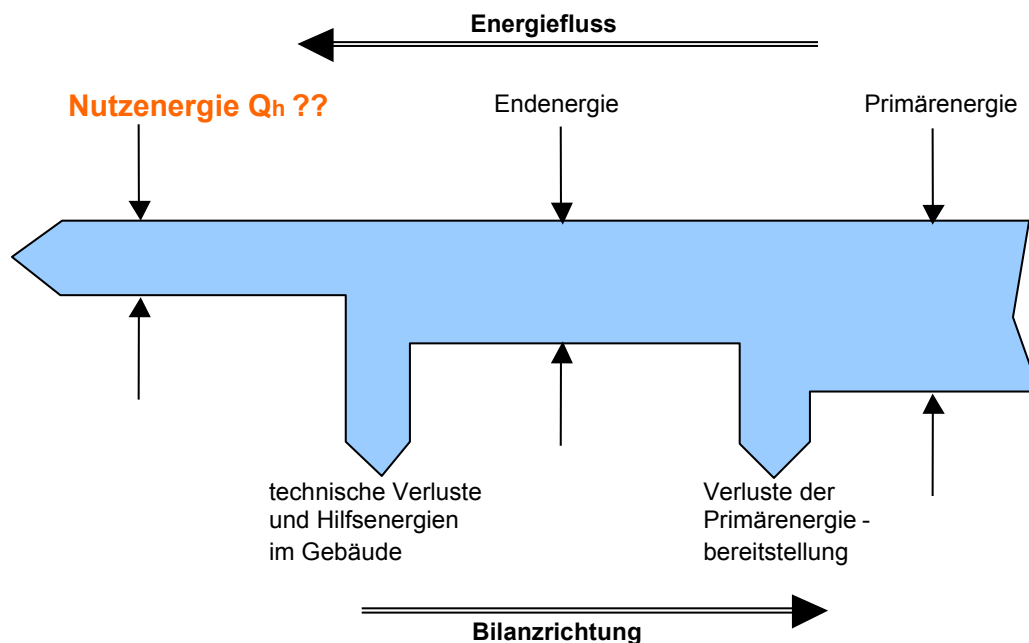




Paradox ?! – Wohnungslüftung mit WRG in der EnEV – HAN gegen BS

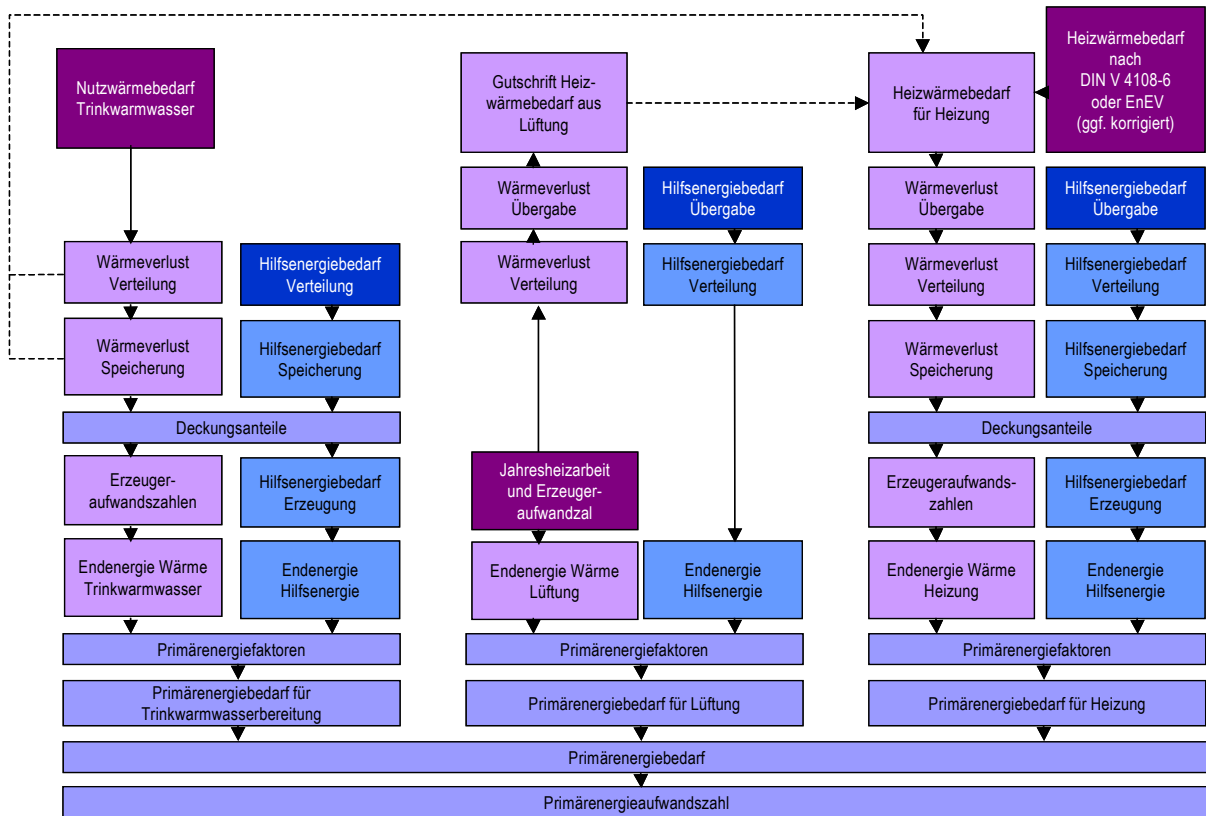


Bilanzprinzip der DIN V 4701 Teil 10:





Einzelkennwerte und Bilanz:



Ausführliches Beispiel für den Nachweis

Bei Interesse und Zeit am Schluss!

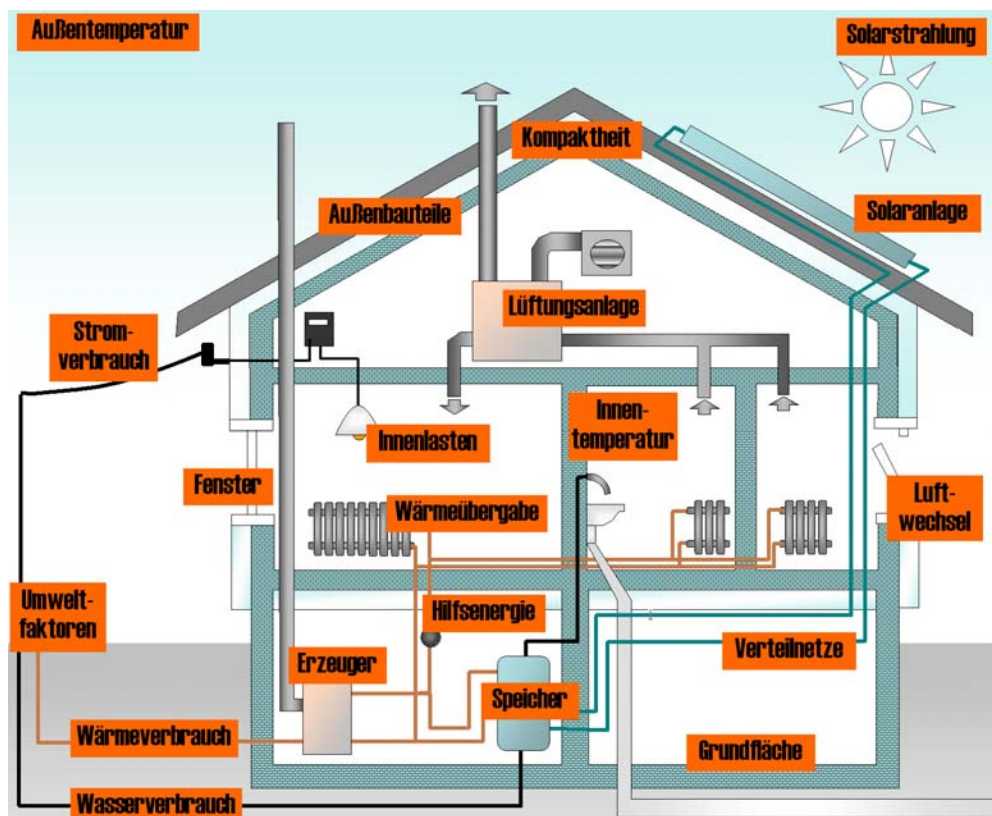


2. **Notwendigkeit einer Gesamtbilanzierung von Gebäude, Anlagentechnik, Nutzung und Qualitätssicherung**

(wie im NEH und PH die QS zu Wärmebrücken und Dichtheit) – Wesentliche Aufgabe für die Modernisierung im Bestand



Beispielgebäude:





Modernisierung von Plattenbauten ohne Anpassung des Heizsystems

SYMPTOM

In modernisierten Plattenbauten der neuen Bundesländer treten, abhängig von den eingesetzten Heizrohrsystemen, bei gleicher Qualität der Außenfassade sehr unterschiedliche Heizenergieverbräuche auf.



5-Geschosser (Zweirohrheizung)



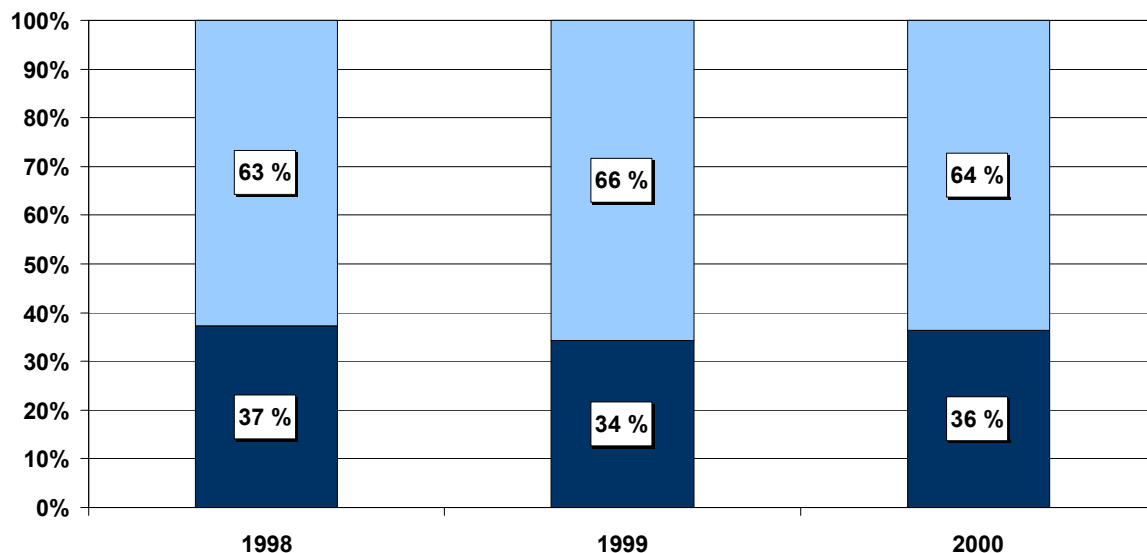
11- und 14-Geschosser (Einrohrheizung)



Modernisierung von Plattenbauten – Energieverbrauch 5-Geschosser:

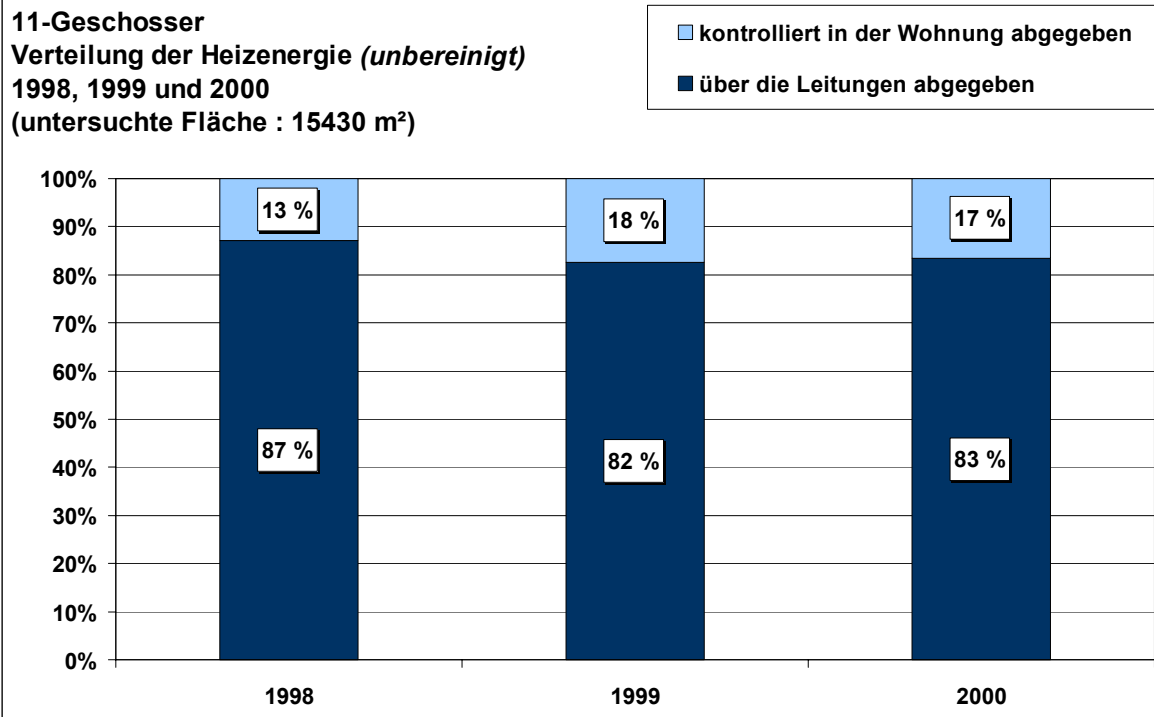
5-Geschosser
Verteilung der Heizenergie (*unbereinigt*)
1998, 1999 und 2000
(untersuchte Fläche : 106.438 m²)

■ kontrolliert in der Wohnung abgegeben
■ über die Leitungen abgegeben





Modernisierung von Plattenbauten – Energieverbrauch 11-Geschosser:



3. Warum die Begriffe: "Übergabeverluste – Fremdwärmenutzungsgrad und Heizwärmebedarf" nicht eindeutig sind Praxisbeispiele



Ungeregelte Wärmabgabe im Estrich verlegter Rohrleitungen:

SYMPTOM

In Niedrigenergie-Mehrfamilienhäusern werden in den Innenfluren erhöhte Raumtemperaturen festgestellt.

DIAGNOSE

Erhöhte Wärmeabgabe der im Estrich verlegten ungedämmten Kunststoffleitungen für die Einzelanbindung aller Heizkörper von einem Wohnungsverteiler („Spaghetti – Verteilung“).

Gleichzeitig Abfuhr der Überschusswärme über die Abluftabsaugung in den benachbarten Sanitärräumen.



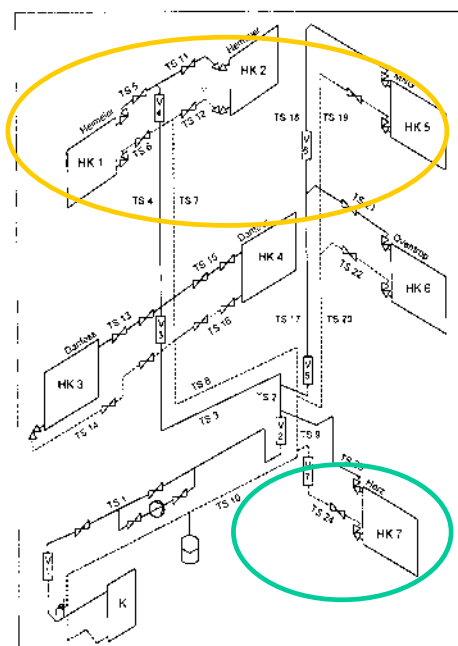
VERSCHWENDUNGSPOTENTIAL

10...20 kWh/(m²a)

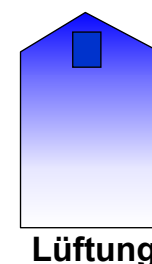


UNZUREICHENDE QUALITÄTSSICHERUNG IN DER ANLAGENTECHNIK

mögliche
Unterversorgung



mögliche
Übersorgung

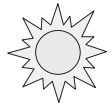
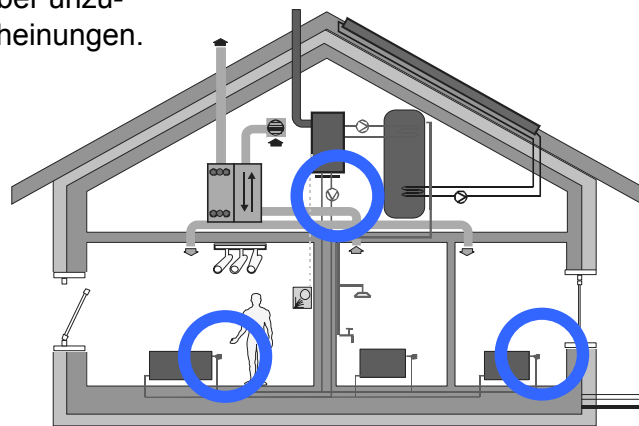
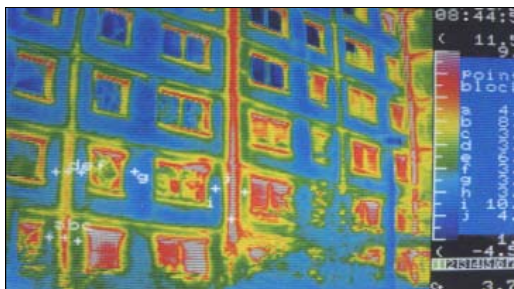




Ungenügender Hydraulischer Abgleich von Heizungs- und Lüftungsanlagen:

SYMPTOM

In einem fünfgeschossigen Niedrigenergie-Mehrfamilienhaus werden folgende Beobachtungen gemacht: In der Heizzeit treten in den Erdgeschosswohnungen erhöhte Fensterkipplüftung auf, in den Wohnungen im Obergeschoss beschwerten sich die Bewohner über unzureichende Raumtemperaturen und Zugscheinungen.



Ungenügender Hydraulischer Abgleich von Heizungs- und Lüftungsanlagen:

DIAGNOSE

Es wurden weder das Heizrohrsystem noch das zentrale Abluftkanalsystem hydraulisch abgeglichen. Die als Abhilfe durchgeführte Erhöhung der Pumpenleistungsstufe führte zu einer befriedigenden Beheizung der Obergeschosse, aber auch zu einer weiteren Überheizung der Erdgeschosse.

EINSPARPOTENTIAL:

15...30 kWh/(m²a)

$n_{\text{eff}} = 0,4..1,2 \text{ h}^{-1}$ uneinheitlich

$t_i = 20...23 \text{ °C}$ uneinheitlich



4. Übergabe- und Verteilverluste im modernisierten Bestand und im Neubau



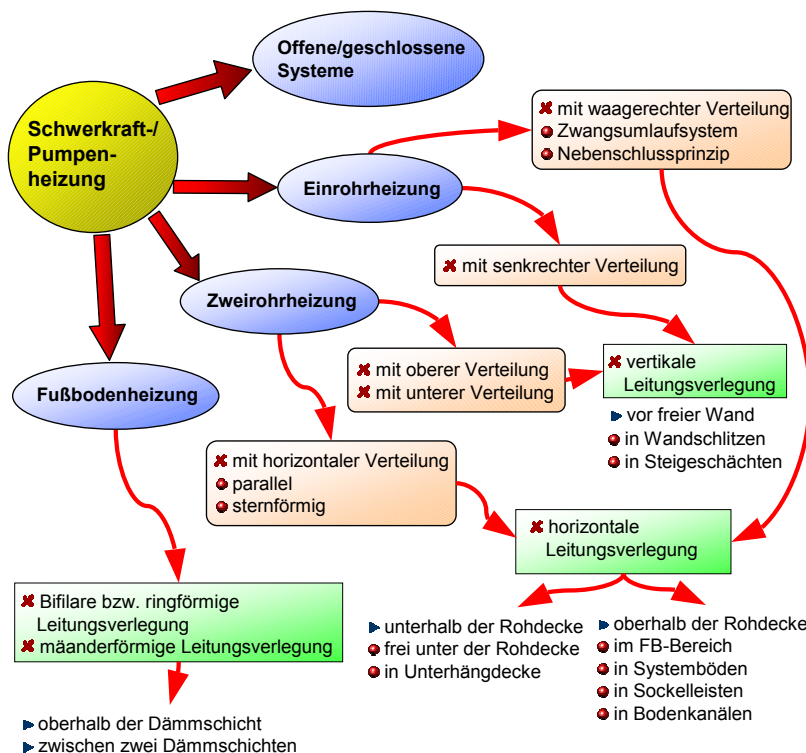
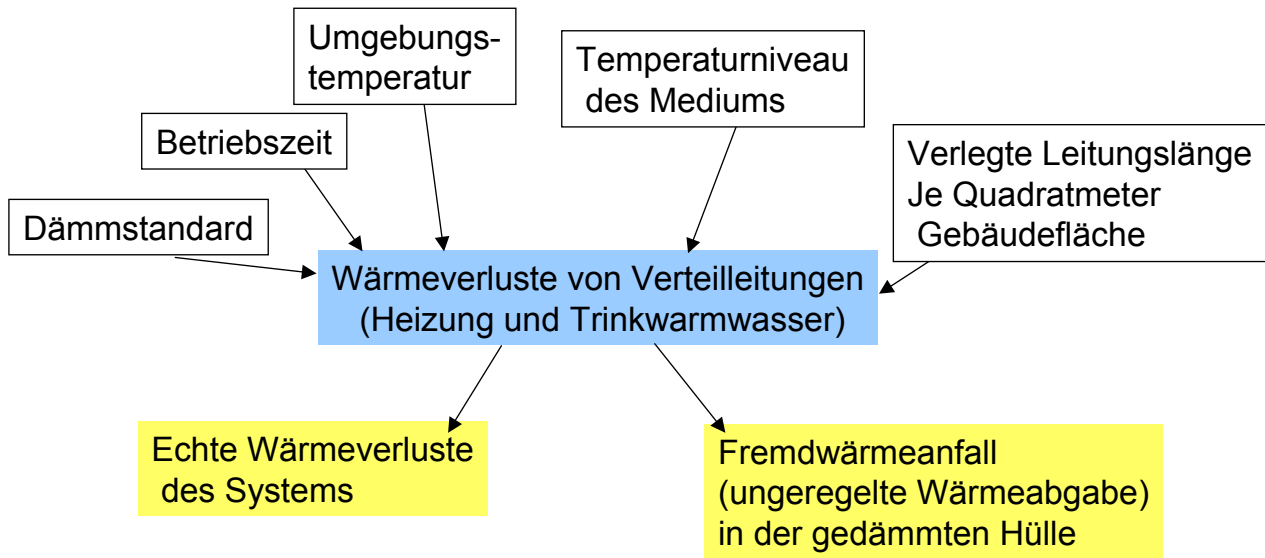
Zusätzliche Zirkulationsverluste in Neubau-EFH: 9 kWh/(m² a)

	Anzahl	Q_{TW}	q_{TW}
		kWh	kWh/(m ² a)
Ohne Zirkulation	25	53916	15,33
zeitgesteuerte Zirkulationspumpe	22	96069	24,47

Gegenüberstellung der Anlagen mit und ohne Zirkulation
 DBU – Brennwertprojekt – 60 Heizanlagen mit Brennwert



Einfluss der Wärmeverteilung auf die Energiebilanz – Modernisierung!



Verteilverluste sind abhängig von der:

- ▶ Länge des Rohrnetzes
- ▶ Stärke der Rohrdämmung
- ▶ Temperaturdifferenz zwischen Heizsystem und Raumtemperatur

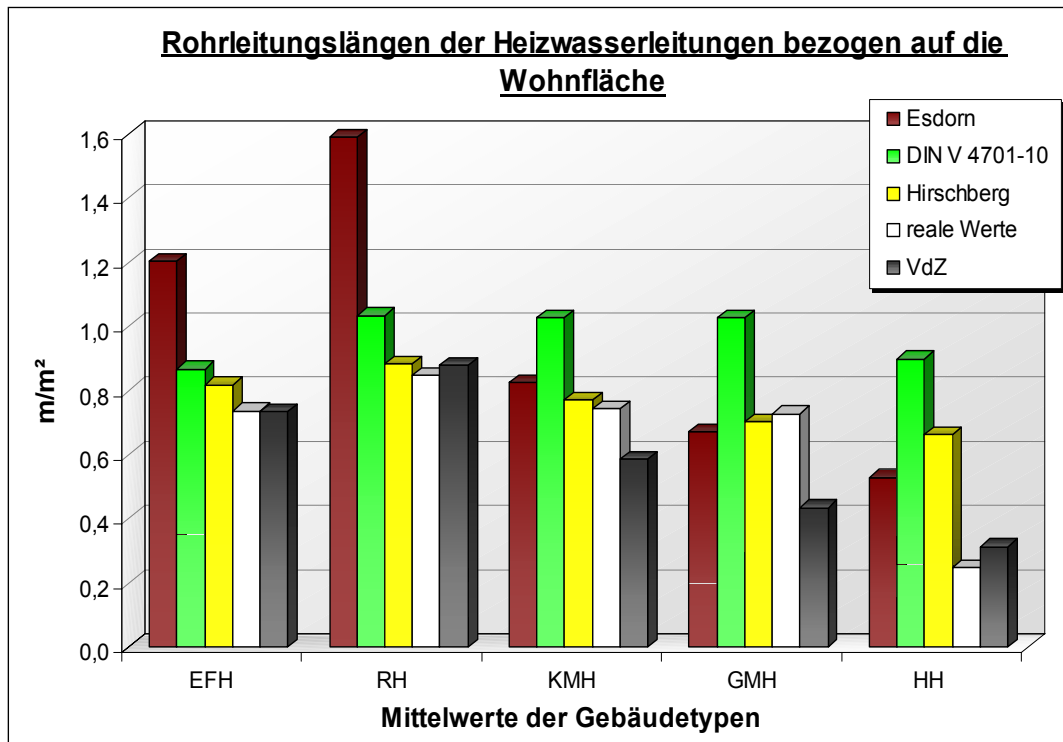


Bild 1: Theoretische und tatsächliche Rohrleitungslängen - Heizung

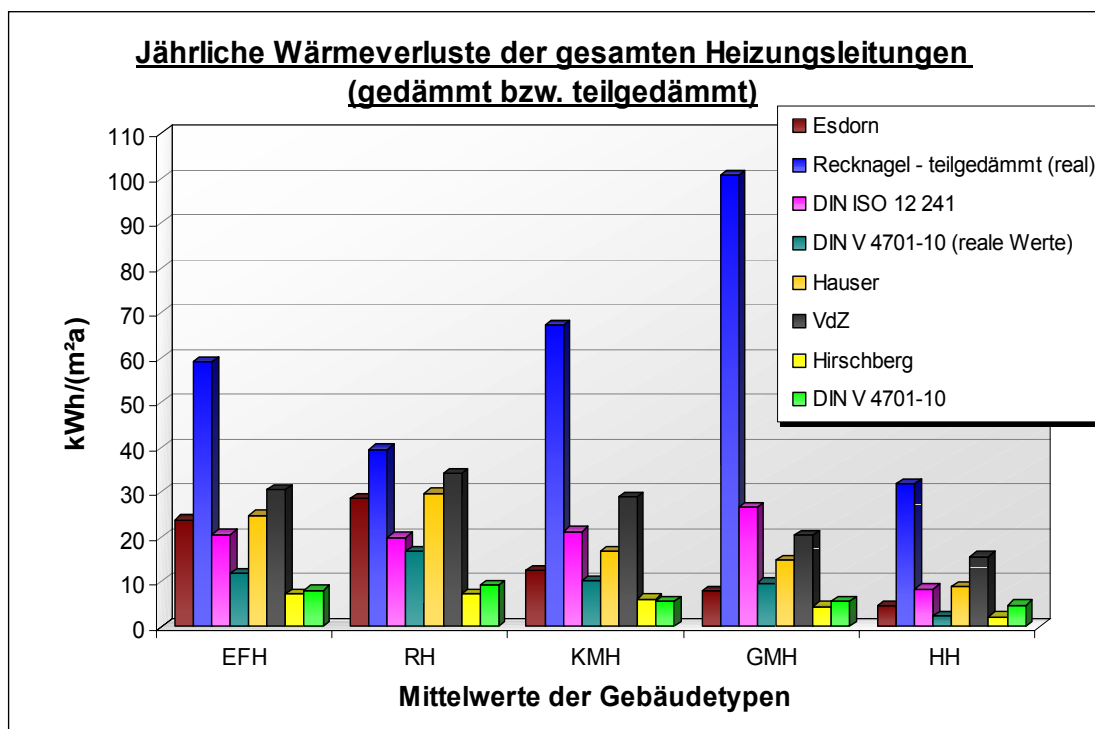


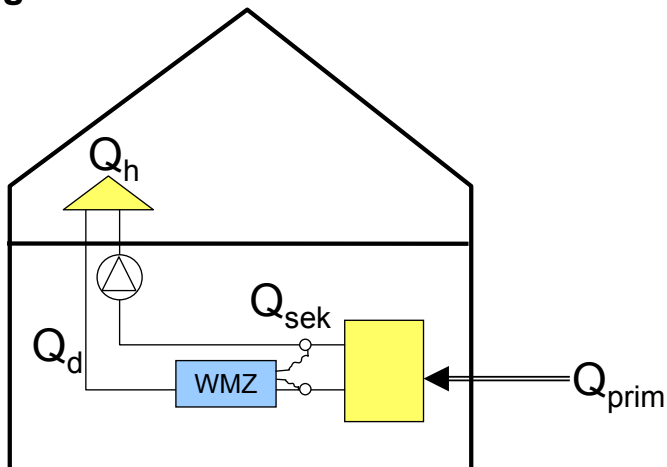
Bild 1: Jährliche Wärmeverluste der Heizungsleitungen



5. Vorschlag: einfache Bedarfs- bzw. Verbrauchsbilanz



Messgrößen und Messorte



DBU-Projekte an der FH Wolfenbüttel:

- ca. 90 EFH mit Kessel und Messung von Q_{prim} und Q_{sek}
- ca. 30 MFH mit Fernwärme (Q_{prim}) bzw. Kessel ($Q_{\text{prim}}, Q_{\text{sek}}$)



Verbrauchsorientierter (statt bedarfsorientierter) Energiepass Untersuchungen der FH Wolfenbüttel – Projekte

Die monatliche Erfassung von:

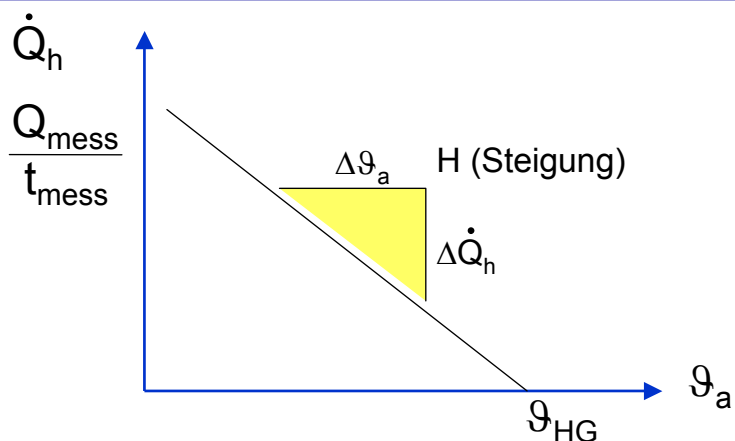
- Heiz- (End-) energieverbrauch (primärseitig) Q_{prim}
- Nutzwärmeverbrauch (sekundärseitig) Q_{sek}

liefert im Zusammenhang mit der mittleren Monatsaußentemperatur und mit einer Abschätzung der Verteilverluste (Q_d) außerhalb des beheizten Bereichs:

- Jahresheizwärmeverbrauch (im beheizten Bereich) in kWh/(m²a) für Vergleiche vor und nach Optimierungsmaßnahmen
- Effektive spezifische Heizlast $H = H_T + H_V$ in W/K
- Heizlast bezogen auf die beheizte Fläche $H^* = H / A$ in W/(m²K)
- Heizgrenztemperatur und Fremdwärmeanteil (ermittelt aus den Monatswerten in der Kernheizzeit November bis März)
- Auslegungheizlast
- Effizienzwerte für Wärmeerzeuger (Wirkungsgrad, Bereitschaftsverlust, Nutzungsgrad, Aufwandszahl, Kesselverluste)



Auswertung: Gebäude- und Anlageneffizienz



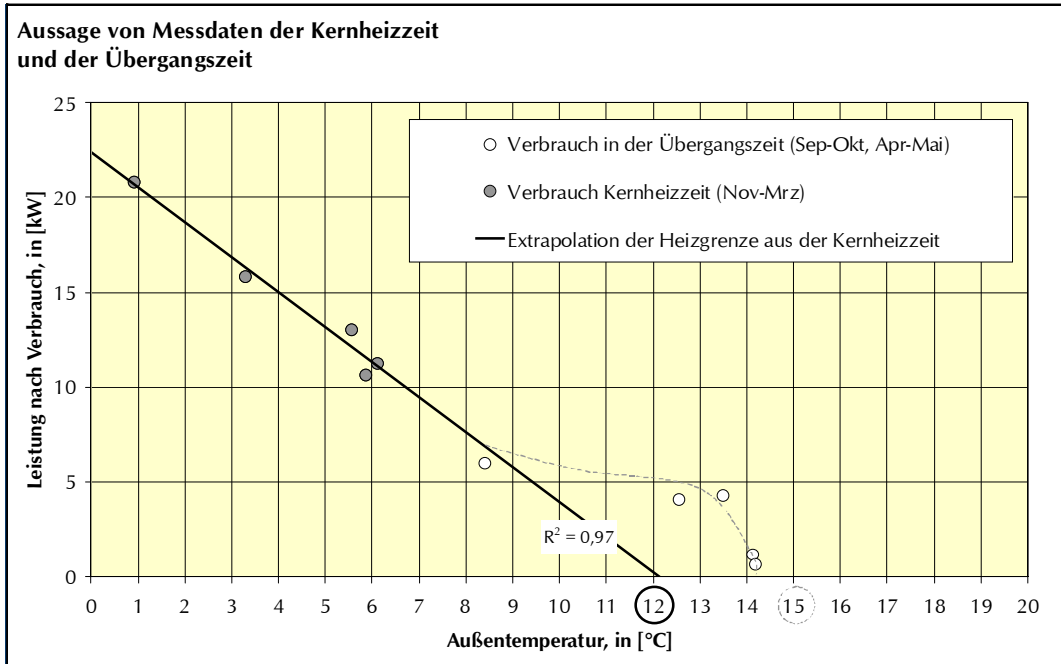
Typisches Ergebnis für ein Niedrigenergie-MFH mit Qualitätssicherung:

	gemessen	berechnet
Q_h/A_{EB}	60 kWh/(m ² a)	50 kWh/(m ² a)
H	1900 W/K	1700 W/K
H^*	1,4 W/(m ² K)	1,2 W/(m ² K)
θ_{HG}	13 °C	12 °C



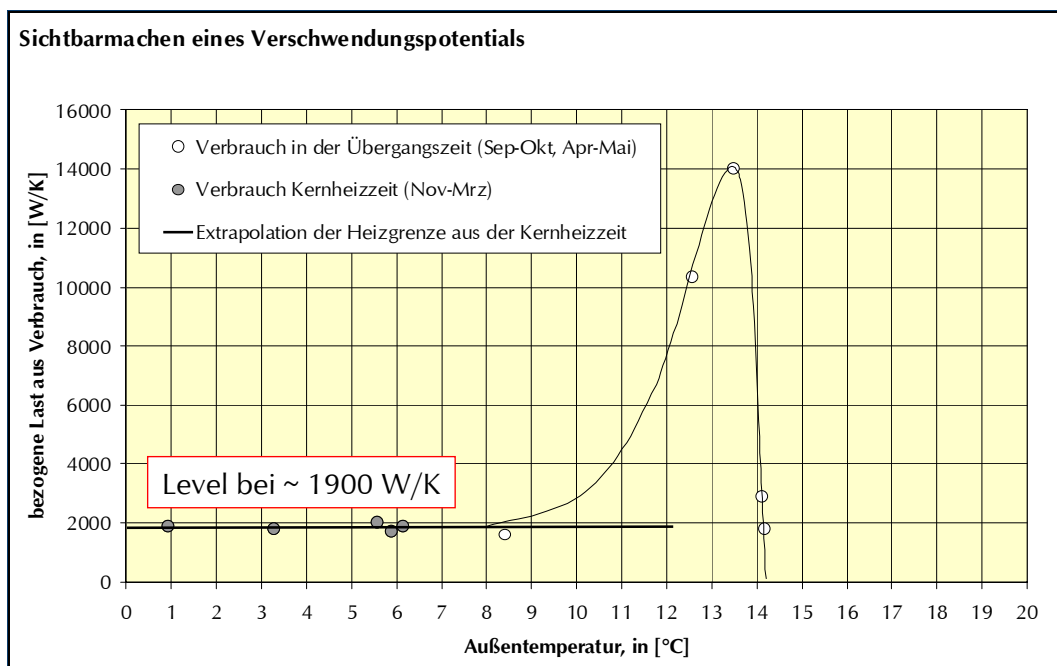
Messdaten im Leistungs-Temperatur-Diagramm

Rekonstruktion einfach aus Messdaten



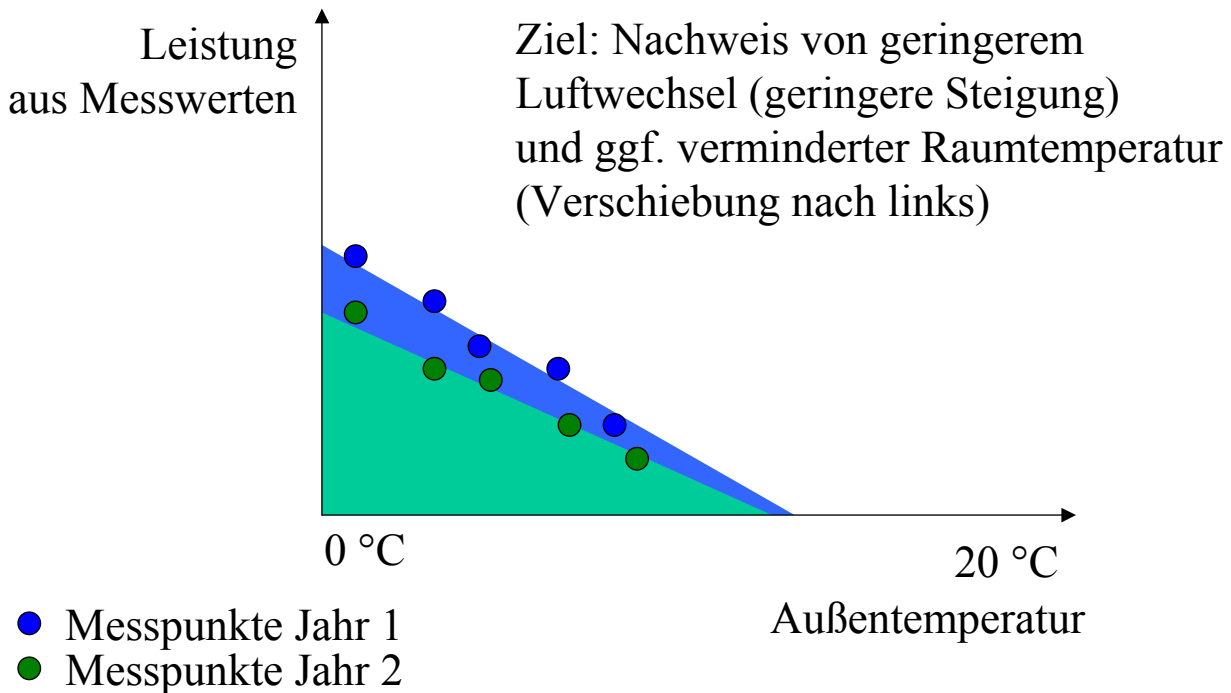
Messdaten im Last-Temperatur-Diagramm

mit G_{12} berechnet

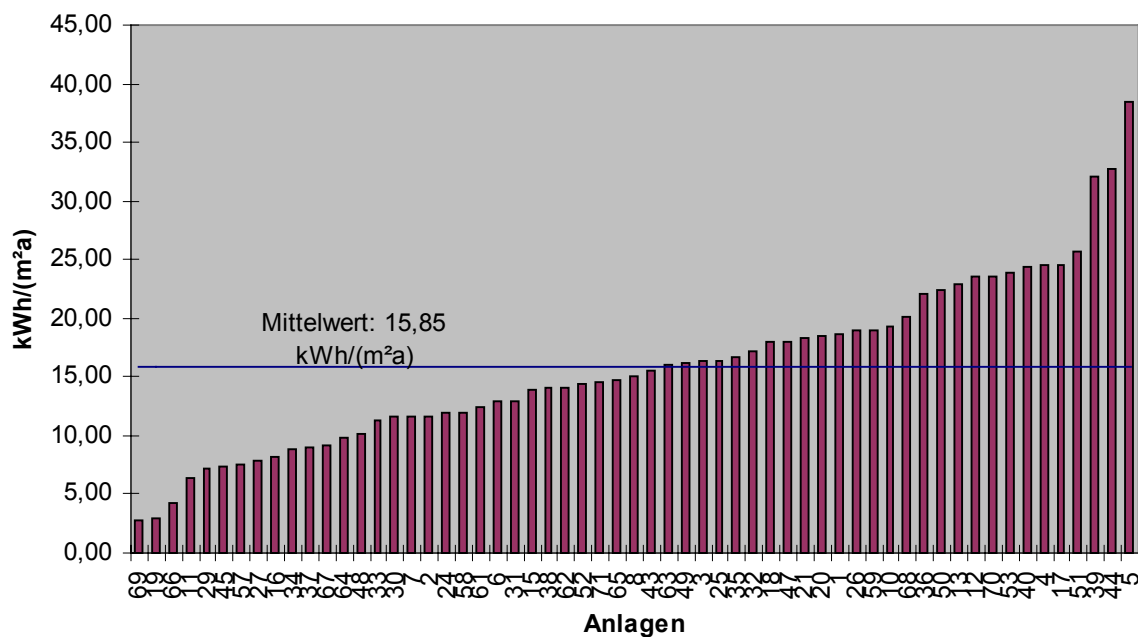




Vergleich zweier Messperioden zur Bestimmung der Einsparung



Flächenbezogener jährlicher Erzeugerverlust in kWh(H₀)/(m² a)





5. Vorschlag:

Extreme Vereinfachung der Nachweisverfahren und der Bilanzansätze

Auch beim PKW fragt keiner nach dem Verbrauchs-
anteil der Reifen oder der Benzineinspritzung...

Ansatz: $Q = H \cdot G + Q_t$

mit:

$$H = H_T + H_V$$

$$G = z \cdot (t_{HG} - t_{am})$$

$$Q_t = Q_d + Q_g$$

Temperaturbezogener Q-Verlust

Heizgradtage

technische Verluste außerhalb
der gedämmten Hülle

Bedarf und Verbrauch können auf einfachste Weise verglichen werden!



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Noch Zeit für Diskussion?



Abschließende Hinweise

Großer Aufklärungsbedarf: Peter Meier

Hinweise zum Weiterbilden



Im Jahr 2004: Peter Meiers Rückblick auf die EnEV 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 Gesamtendenergieverbrauch von knapp **18 000 kWh** bezogen auf den Brennwert. Er soll **1023 €** bezahlen.

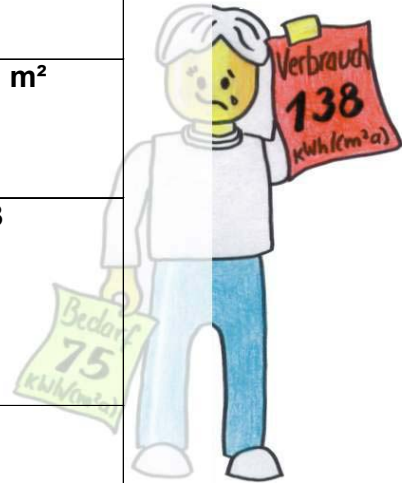
Gerechnet hatte er mit einem Verbrauch von **9750 kWh/a** und einer Rechnung von **563 €**, denn der nach EnEV 2002 vorgeschriebene „Energiebedarfsausweis“ wies einen durchschnittlichen Endenergiebedarf von **75 kWh/(m²·a)** aus



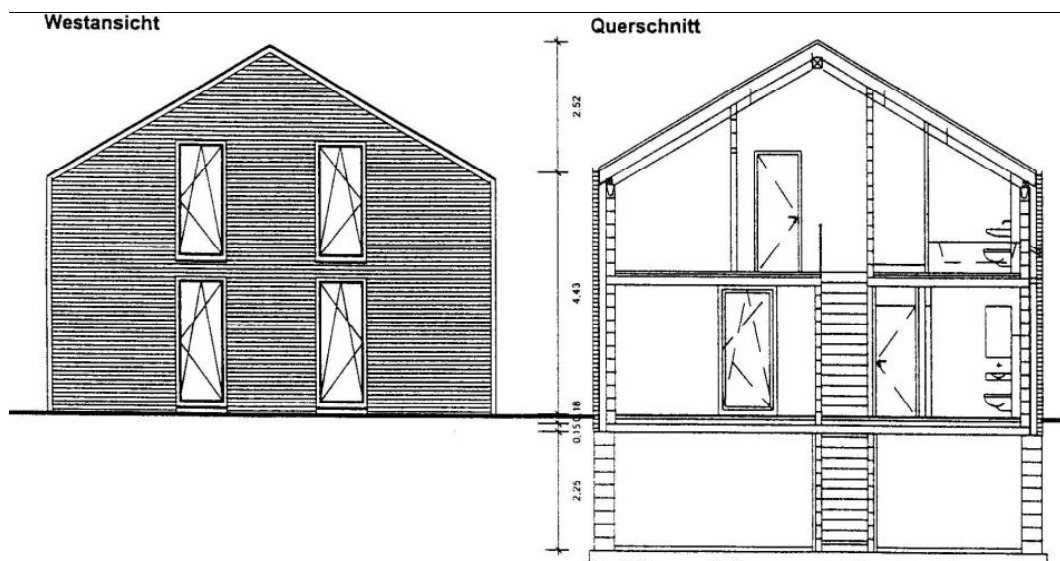


Im Jahr 2004: Peter Meiers Rückblick auf die EnEV 2002

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



Beispielgebäude - Baukörper:



Gebäudenutzfläche:

$A_N = 200,00 \text{ m}^2$



Heizwärmebedarf (1):

Spezifischer Transmissionswärmeverlust						Anmerkungen:
Bauteil	Abm. Faktor [-]	Fläche (Außenmaße) [m²]	U-Wert [W/(m²K)]	Verluste [W/K]		
1	x	x	=			nur Beispiel !
2	x	x	=			
3	x	x	=			
4	x	x	=			
5	x	x	=			
6	x	x	=			
7	x	x	=			
8	x	x	=			
9	x	x	=			
10	x	x	=			
11	x	x	=			
12	x	x	=			
13	x	x	=			
14	x	x	=			
	x	x	=			
Nachweis Wärmebrücken 0,05 x A			x	=		
H_T	Summe Transmissionswärmeverlust			Summe:	=	200,000 W/K
Spezifischer Lüftungswärmeverlust						
Luftwechselzahl	reduzierte Luftwechselrate, Gebäudedichtheit nachgewiesen:				0,163	
	ohne Nachweis				0,190	
					0,163 1/h	
H_V	Lüftungswärmebedarf H_V		0,163 x 625,00	=	101,875 W/K	
Summe Wärmebedarf = H _T + H _V					=	301,875 W/K



Heizwärmebedarf (2):

Solare Wärmegewinne						Gewinne [kWh/a]	Anmerkungen:
Fensterichtung	Faktor	Fensterfläche (Rohbaumaß) [m²]	g-Wert [-]	I _j [kWh/(m²a)]			
Süd	x	x	x	=		nur Beispiel !	
West	x	x	x	=			
Ost	x	x	x	=			
Nord	x	x	x	=			
Nord (Haustür) nur Glasfläche	x	x	x	=			
DFF Süd	x	x	x	=			
DFF Nord	x	x	x	=			
Q_S	Solare Wärmegewinne			Summe:	=	3941,000 kWh/a	
Interne Wärmegewinne							
Q_I	Interne Wärmegewinne		22 x 200,00	=	4400,000 kWh/a		
Summe nutzbare Wärmegewinne = Q _S + Q _I					=	8341,000 kWh/a	
Bezogener Jahresheizwärmebedarf							
Q_h	Jahresheizwärmebedarf		66 x (H _T + H _V) - 0,95 x (Q _I + Q _S)	=	11999,800 kWh/a		
q_h	q_h = Q_h / A_H				60,00 kWh/(m²a)		

Heizwärmebedarf: **q_h = 60 kWh/(m²a)**



Beispielgebäude – Anlagentechnik (Eierlegende...):

Heizung:

- integrierte Heizflächen (XP = 2 K); 35 / 28 °C Auslegung;
- Verteilleitungen im beheizten Bereich; Steigestränge im inneren des Gebäudes;
- geregelte Pumpe;
- Pufferspeicher im beheizten Bereich
- Erdreich-WP + Solaranlage + el. Heizstab

Trinkwarmwasserbereitung:

- zentral mit Zirkulation; Leitungen im beheizten Bereich;
- biv. Solarspeicher im beheizten Bereich;
- Erdreich-WP + Solaranlage + el. Heizstab

Lüftung:

- Zu- und Abluftanlage; Auslässe an der Außenwand; Einzelraumregelung
- Verteilleitungen im beheizten Bereich; Luftwechsel 0,5 h⁻¹
- WRG 60%, Luft-Luft-Wärmepumpe; Heizregister mit 35°C Auslegung



Übersicht Anlagenbewertung (1):

Anlagenbewertung nach DIN 4701 Teil 10 unter Verwendung von Standardkennwerten			
Bezeichnung des Gebäudes oder des Gebäudeteils	Einfamilienhaus		
Ort	Straße u. Hausnummer		
Gemarkung	Flurstücknummer		
1. Eingaben			
$A_{II} =$	<input type="text" value="200"/> m ²	$t_{HP} =$	<input type="text" value="185"/> d/a
	TRINKWASSER- ERWÄRMUNG	HEIZUNG	LÜFTUNG
absoluter Bedarf	$Q_{tw} =$ <input type="text" value="2.500"/> kWh/a	$Q_h =$ <input type="text" value="12.000"/> kWh/a	
bezogener Bedarf	$q_{tw} =$ <input type="text" value="12,5"/> kWh/(m ² a)	$q_h =$ <input type="text" value="60,00"/> kWh/(m ² a)	



Übersicht Anlagenbewertung (2):

2. Systembeschreibung									
Übergabe				integrierte Heizflächen, XP=2K; 35/28°C Auslegung			Zu/Abluftanlage, Auslässe Außenwand, Einzelraumregelung		
Verteilung	geb.zentral, mit Zirkulation, Verteilungen im beheizten Bereich			Verteilung im beheizten Bereich, Steigestränge innenliegend, ger. Pumpe			Verteilungen im beheizten Bereich, Luftwechsel $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$		
Speicherung	bivalenter Solarspeicher, Aufstellung im beheizten Bereich			Pufferspeicher im beheizten Bereich aufgestellt					
Erzeugung	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger r 3	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3	WÜT	L/L-WP	Heizregister
Deckungsanteil	0,53	0,45	0,02	0,10	0,85	0,05	---	---	---
Erzeuger	Solaranlage	Erdreich Wärmepumpe	el. Heizstab	Solaranlage	Erdreich Wärmepumpe	el. Heizstab	WRG 60%	ja	35°C Auslegung



Übersicht Anlagenbewertung (3):

3. Ergebnisse der Jahresendenergien und der Jahresprimärenergie									
Deckung von q_h		$q_{h,TW}$	4,8 kWh/m ² a	$q_{h,H}$	9,0 kWh/m ² a	$q_{h,L}$	46,1 kWh/m ² a		
Endenergie	Gas	$Q_{TW,WE,E,Gas}$	0 kWh/a	$Q_{H,WE,E,Gas}$	0 kWh/a	$Q_{L,WE,E,Gas}$	0 kWh/a	$Q_{E,Gas}$	0 kWh/a
	Öl	$Q_{TW,WE,E,Öl}$	0 kWh/a	$Q_{H,WE,E,Öl}$	0 kWh/a	$Q_{L,WE,E,Öl}$	0 kWh/a	$Q_{E,Öl}$	0 kWh/a
	Strom für Wärmeenergie	$Q_{TW,WE,E,Strom}$	657 kWh/a	$Q_{H,WE,E,Strom}$	635 kWh/a	$Q_{L,WE,E,Strom}$	2689 kWh/a	$Q_{E,Strom}$	3981 kWh/a
	Strom für Hilfsenergie	$Q_{TW,HE,E,Strom}$	241 kWh/a	$Q_{H,HE,E,Strom}$	772 kWh/a	$Q_{L,HE,E,Strom}$	654 kWh/a	$Q_{E,Strom,HE}$	1667 kWh/a
		$Q_{TW,WE,E,x}$	0 kWh/a	$Q_{H,WE,E,x}$	0 kWh/a	$Q_{L,WE,E,x}$	0 kWh/a	$Q_{E,x}$	0 kWh/a
Primärenergie		$Q_{TW,P}$	2694 kWh/a	$Q_{H,P}$	4221 kWh/a	$Q_{L,P}$	10029 kWh/a	Q_P	16944 kWh/a
						Summe			



Übersicht Anlagenbewertung (4):

4. bezogene Jahresendenergien und bezogene Jahresprimärenergie			
$q_{E, Gas}$	$Q_{E, Gas} / A_N$	0,0	kWh/(m ² a)
$q_{E, Öl}$	$Q_{E, Öl} / A_N$	0,0	kWh/(m ² a)
$q_{E, Strom}$	$(Q_{E, Strom} + Q_{E, Strom, HE}) / A_N$	28,2	kWh/(m ² a)
$q_{E, x}$	$Q_{E, x} / A_N$	0,0	kWh/(m ² a)
			q_p Q_p / A_N 84,7 kWh/a
5. Anlagenaufwandszahl			
		$e_p =$	1,17 [-]
			$e_p = Q_p / (Q_h + Q_{tw})$