

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff - FH BS/Wolfenbüttel

## **Erfahrungen der energetischen Optimierung von Nichtwohngebäuden**

**Symposium: „Energieausweis für Nichtwohngebäude“**

**Hannover ,29. November 2007**



**Themen, die im Rahmen diese Vortrages behandelt werden:**

- 1. Wie können umfassende Modernisierungsmaßnahmen im Nichtwohnbau umgesetzt und wirtschaftlich bewertet werden?**
- 2. Wie kann durch einen Abgleich von Verbrauch und Bedarf nach DIN 18599 – 11 eine realistische Bewertung des Bestands erfolgen?**
- 3. Wie können zukünftig energetische Modernisierungen tatsächlich in der Praxis umgesetzt werden?**

**Beispielprojekt: „Neu-Erkerode 2015“**



## Kennzahlen zum Merken:

**Wärmeenergie:** ca. 160...200 kWh/(m<sup>2</sup>a) (Bestand)

ca. 70...100 kWh/(m<sup>2</sup>a) (Neubau)

**Elektroenergie:** ca. 30...100 kWh/(m<sup>2</sup>a) (Bestand)

**1 kWh Nutzenergie: 0,10 – 0,15 €**

**1 We<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 90 \$/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

○ ○ ○

## Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen

### These:

Die wichtigste Rolle für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung spielen die vorgesehene Restnutzungsdauer des Gebäudes sowie der kalkulatorische Zins im Verhältnis zur Energiepreissteigerung



Mittlerer Darlehenszins der letzten 25 Jahre: 7,2%/a (10a)  
 Aktuell: 5%/a (10a) - Langfristige Bindung: 5,5% (30a)  
 Mittlere Energiepreissteigerung der letzten 40 Jahre: 8%/a  
 Verdoppelung der Energiepreise alle 10 Jahre!

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 <sup>2</sup> a)	Investition in €/m <sup>2</sup>	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>	15 ... 20	1 ... 6	0,02 ... 0,04

Bezugsfläche für bezogene Größen: beheizte Fläche



## Bilanzgrundlagen für Bedarfs- und Verbrauchsausweise

### Wohnbau

#### Neubau

- EnEV-Verfahren
- DIN V 4108-6 und 4701-10
- wie gehabt, für die nächsten 8 bis 10 Jahre

#### Bestand

- wie Neubau
- plus "Richtlinie zur vereinfachten Datenaufnahme bei Wohngebäuden"
- sowie DIN V 4701-12 + PAS 1027

### Nichtwohnbau

#### Neubau

- DIN V 18599 ggf. mit einem vereinfachten Nachweisverfahren
- plus "Richtlinie zur vereinfachten Datenaufnahme bei NWG"

#### Bestand

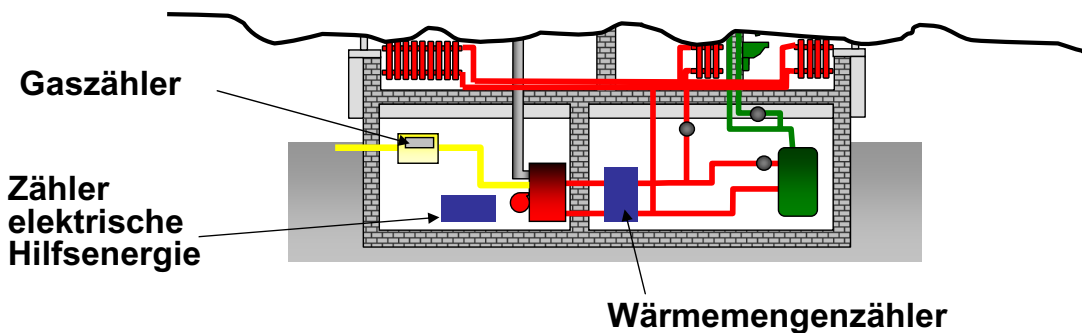
#### Verbrauch (alle)

- "Richtlinie zur Ermittlung von Verbrauchskennwerten"
- VDI 3807



## Quellen für Verbrauchsdaten

1. Abrechnungen mit dem Versorger bei leitungsgebundenen Energien
2. Einkaufsbelege bei nicht leitungsgebundenen Energien
3. Unterzähler (Wärmemengen-, Strom-, Wasserzähler)



## Möglichkeiten der Optimierung mit DIN V 18599 - Vor- und Nachteile

### Optimierung von Gebäuden

- Bewertung des **Zusammenspiels** der Nutzung, von baulichen und anlagentechnischen Randdaten auf Heizung und Kühlung
- Beispiel: Südorientierung, Verschattung, Personenabwärme, Speichervermögen, Lüftungskonzepte usw.

### Vorteile

- integrierte Bilanz mit **vielen Eingabemöglichkeiten** zum realistischen Gebäudeabbild

### Nachteile

- **vielen Eingabemöglichkeiten** und damit auch viel Manipulationsspielraum
- aufwändige Zonierung und Randdatenerhebung

## Zeitaufwand und Kosten

- dena Feldversuch Nichtwohnbau:**

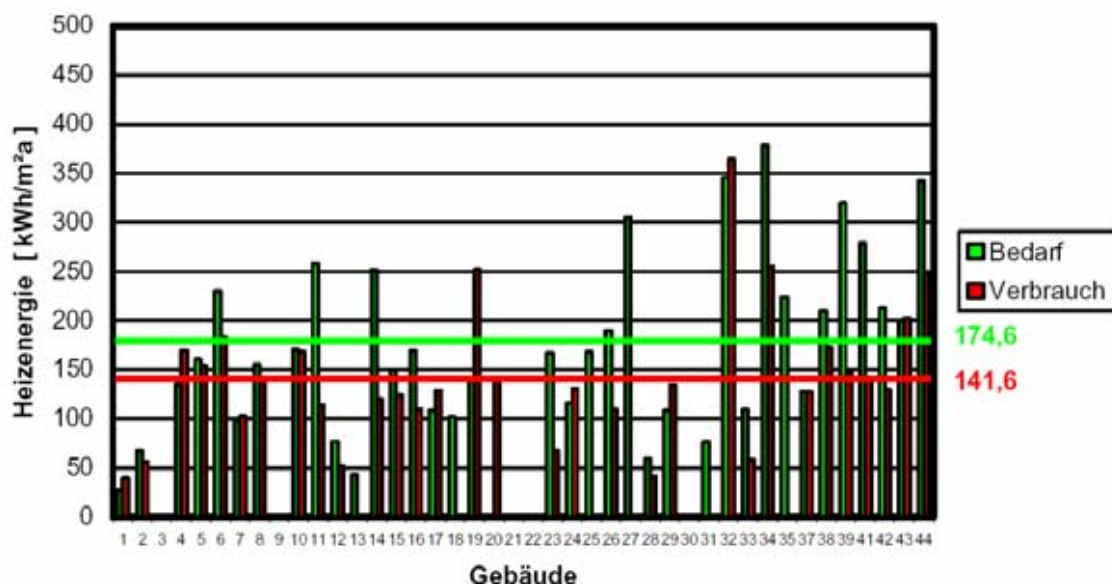
140 h bei Anwendung der DIN V 18599,  
geschätzte 100 h nach Einarbeitung

Basis: 44 Gebäude á ca. 8 – 9 Zonen und  
ca. 12.500 m<sup>2</sup> Fläche



## Theorie und Praxis: Endenergie im Nichtwohnbau

Evaluierung dena Feldversuch Nichtwohngebäude  
Heizenergiebedarf - Heizenergieverbrauch im Feldversuch

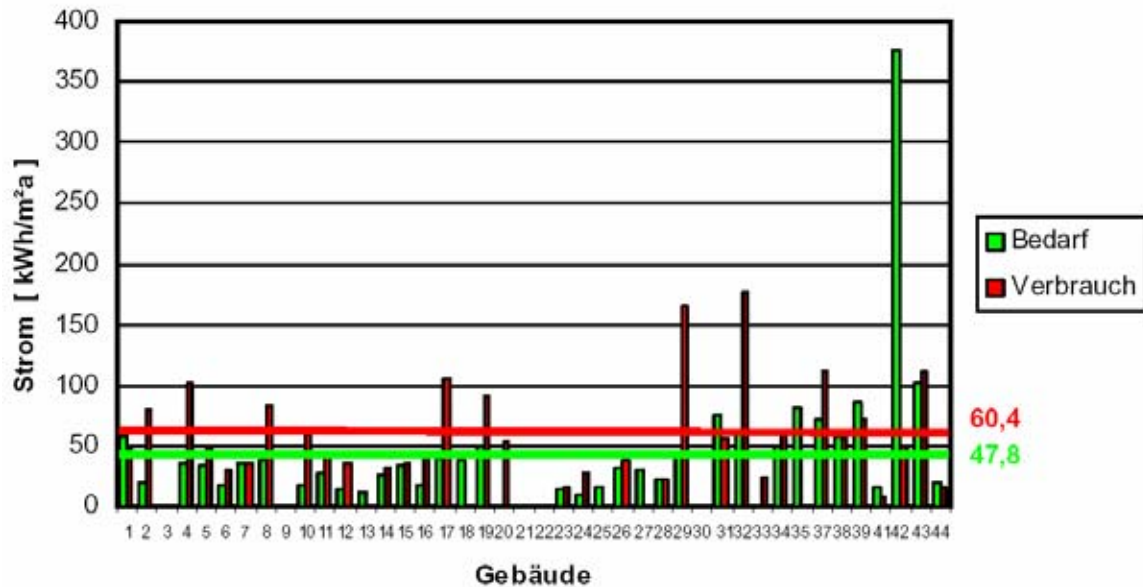


Quelle: dena, IRB



## Theorie und Praxis: Endenergie im Nichtwohnbau

### Evaluierung dena Feldversuch Nichtwohng Gebäude Strombedarf - Stromverbrauch im Feldversuch



Quelle: dena, IRB

# Neuerkerode 2015

## Beispielprojekt für die ganzheitliche energetische Modernisierung

Dr.-Ing. Kati Jagnow

## DBU-Projekt: Stiftung Neuerkerode



- Betreuung von 840 Pflegebedürftigen mit etwa ebenso vielen Mitarbeitern
- 55 Gebäude,
- Baujahre 1871 bis 1993
- ca. 50.000 m<sup>2</sup> Fläche;
- Ø 300 kWh/m<sup>2</sup>a für Wärme + Strom;
- Ø 100 m<sup>3</sup>/a Wasser je Bewohner



## Projekt 2015

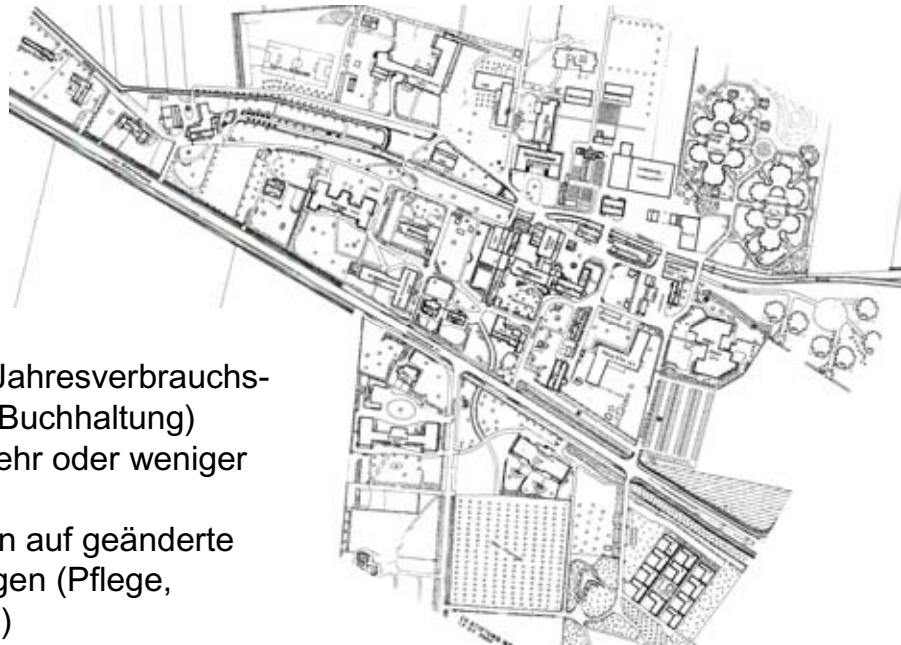
**Grundlagenprojekt im Rahmen der energetischen und ökologischen Modernisierung der Evangelischen Stiftung Neuerkerode: Bestandsaufnahme des Gebäude- und Anlagenbestandes (Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt – DBU)**

- energetische Untersuchung aller Gebäude sowie des Nahwärmenetzes und der Wärmeversorgung
- Auswertung von Verbrauchsdaten
- Erstellung einer detaillierten Energiebilanz (IWU)
- Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen
- Berücksichtigung von Umnutzung
- Kostenvorplanung für energetische Maßnahmen

**... und künftig: Einbindung der Bewohner + Mitarbeiter, Detailkosten- und Maßnahmenplanung**



## DBU-Projekt: Stiftung Neuerkerode



Bislang:

- Archivierung der Jahresverbrauchsdaten (Technik + Buchhaltung)
- Instandhaltung mehr oder weniger ausfallorientiert
- spontane Reaktion auf geänderte Gesetzesgrundlagen (Pflege, Brandschutz usw.)



## ein Beispiel...



Austausch von defekten Pumpen in diesem Krankenhaus in Neuerkerode Anfang 2007

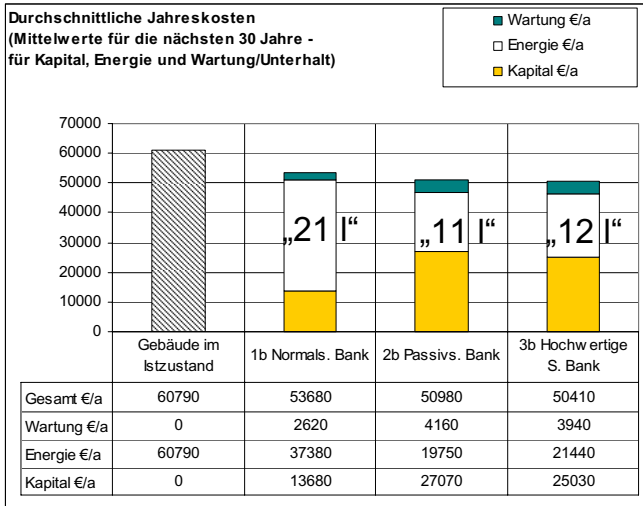
- Pumpentausch nach Ausfall
- bezahlt aus dem allgemeinen Instandhaltungsbudget von 1,5 Mio. €
- eigentlich ist nicht bekannt, welche Pumpengröße optimal ist, nicht einmal, ob der Fußbodenheizkreis im nächsten Jahr noch so gebraucht wird
- die Pumpe läuft mit ca. 180 W auf höchster Stufe (dauernd)



## Beispielgebäude: Wohnen

Fläche: 960 m<sup>2</sup>

Verbrauch: 312 MWh



trotz Anbau (ca. 10 %) langfristig wirtschaftlich (Amortisation ca. 22 Jahre, mit KfW: 15 Jahre)

mit: 20 cm Dämmung, 3-Scheiben-Fenstern und optimierter Wärmeübergabe

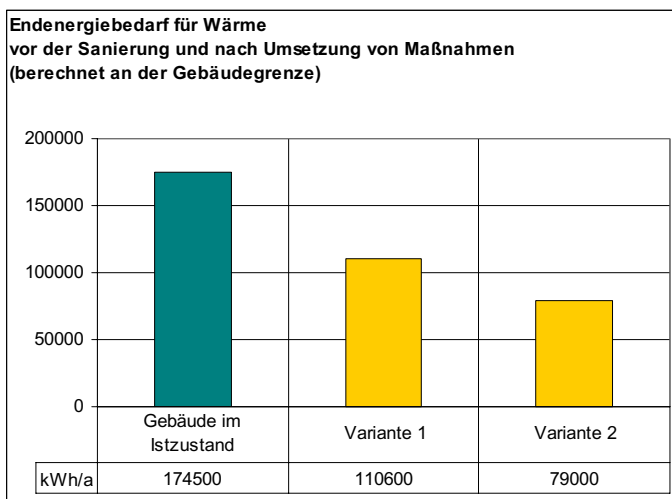
Quelle: Figge et al

○ ○ ○

## Beispielgebäude: Nichtwohnbauten

Fläche: 323 m<sup>2</sup>

Verbrauch: 163 MWh



Einsparung ohne Investition:

mittlere Innentemperatur 12°C oder 11°C statt 15°C

oder doch gar keine Beheizung?

Quelle: Figge et al

○ ○ ○

## Ablauf der Bewertung



Quelle: CDM

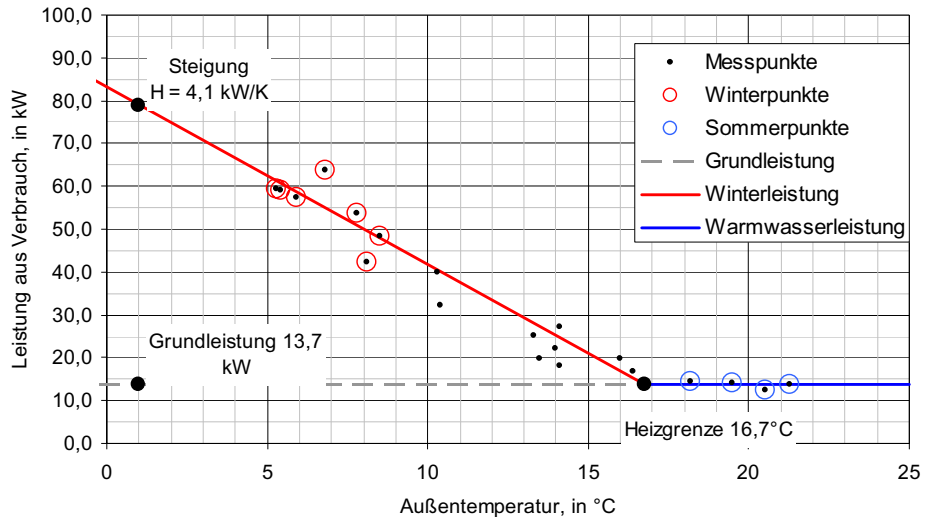
## ... was alles zu bedenken ist:

- Strategische Ziele definieren: Erhalt von Pflegeplätzen, Wohnraum für Mitarbeiter, Optimierung der Arbeitsplätze für Behinderte, Umstellung der Nahwärme auf 80 % regenerative Versorgung usw.
- Grunddaten: Netze und Gebäude, Alter, Materialien, belastende Einflüsse, Anzahl Reparaturen, Kosten für Ausfälle
- Zustandsentwicklung: Demographie, Preissteigerungen, Restlebensdauer der Komponenten, typische Wartungsintervalle, Umnutzungen
- Modellrechnungen: Energetische Sanierung mit Instandhaltung koppeln, wenn nicht Umnutzungspläne entgegenstehen (Beispiel Flachdachsanierung)
- Maßnahmenpläne erstellen, umsetzen, überwachen
- parallel: Betriebsüberwachung per Verbrauchsdaten



## Messung von Verbrauchsdaten (Energiesignatur des Gebäudes)

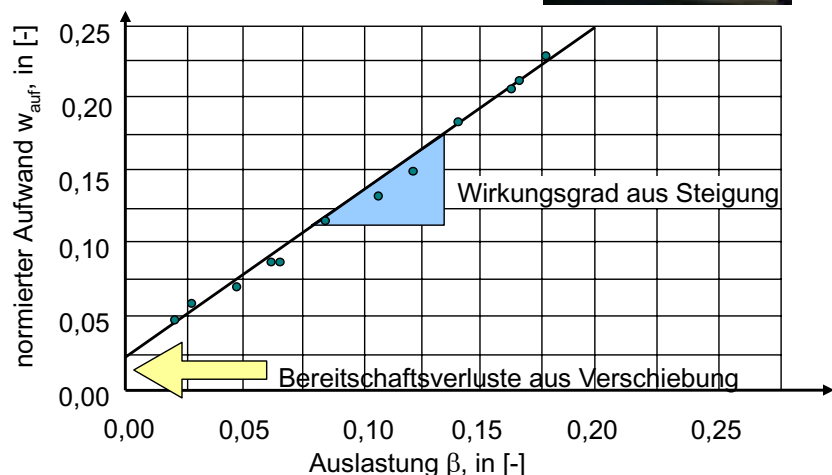
- maximale Leistung (Reduzierung nach im Zuge einer Modernisierung ?)
- Hinweise auf „Sommerverbrauch“ und Grundlast



○ ○ ○

## Detailanalyse eines Erzeugers (Energiesignatur des Erzeugers)

- Überwachung der Effizienz (Abgasverluste, Bereitschaft)
- Hinweise zur Überdimensionierung
- künftig: Optimierung der Einbindung der Biogasanlage in die Kesselzentrale



○ ○ ○

## Mitarbeiter und Teilprojekte

- 4 Wohnbauten (Mitarbeiterwohnungen, Wohnheime für Behinderte) als Vertiefungsprojekt mit 11 Studenten
- 8 Nichtwohnbauten als Studienarbeiten (Gewächshäuser, Arbeitsstätten, Weiterbildungszentrum, ...)
- 3 Wohnbauten als Energieberaterprojekte für die Ausbildung künftiger Berater
- 10 Häuser mit dem Schwerpunkt Umnutzung (Wohnen/Büro und umgekehrt) im Rahmen von 2 Diplomarbeiten
- die restlichen Gebäude werden von 3 Energieberatern und einem Mitarbeiter der Stiftung Neuerkerode bewertet (Team: TGA+Elektro+Bauingenieur)
- darüber hinaus: Konzept für die Nahwärme



**... und das ist unser Ziel:**  
60-80% regenerativ bei  
1/3 des heutigen Verbrauchs

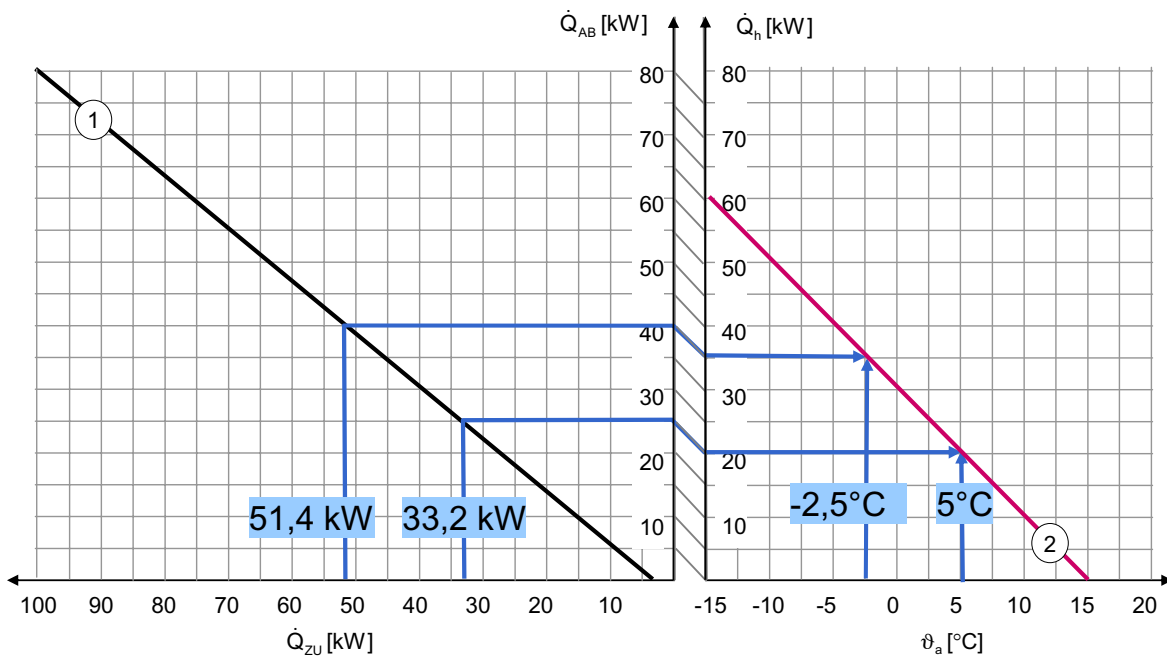
## Praxis

***E – A – V: Energieverbrauchsanalyse: (H/A<sub>E</sub>B mal G) + Q***  
***Die Zusammenführung von Bedarfs- und Verbrauchsausweis***

- **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<sub>E</sub>B in W/(m<sup>2</sup>K) – G<sub>12-15°C</sub>***  
***Fingerabdruck der Anlage: Q in kWh/(m<sup>2</sup> a) bzw. η<sub>ges</sub>***  
***Jahres-Nutz- und Verlustwärmengen in kWh/(m<sup>2</sup> 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****„Fingerabdruck der Anlage“: Nutzungsgrade und Kesselverluste**

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)]**

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

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

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

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

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

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

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

○ ○ ○

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



weitere Informationen zu den Themen  
Energieberatung, Heizungstechnik,  
Modernisierung, Contracting u.v.m.  
finden Sie hier:

**[www.delta-q.de](http://www.delta-q.de)**

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