Optimierung von Heizsystemen Das Projekt "OPTIMUS"

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbütte

1

Optimierung von Heizsystemen – Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006

Tagesplan

- 1. Das Forschungsprojekt OPTIMUS: Technische und wirtschaftliche Ziele
- 2. Umsetzung der Optimierung Bestandsaufnahme
- 3. Handwerkerqualifizierung Optimierung als neues Geschäftsfeld
- 4. Gebäudeoptimierung und Kosten
- 5. Fazit Schlussfolgerungen
- 6. Diskussion

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Kennzahlen zum Merken:

1 kWh Nutzenergie: 0,10 – 0,15 €

1 Wel Dauerleistung: 1 - 1,50 €/a

1 Liter Heizöl – 1 m³ Erdgas – 10 kWh – 50...70 €cent

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

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

3

Optimierung von Heizsystemen - Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006

Entwicklung des Ölpreises

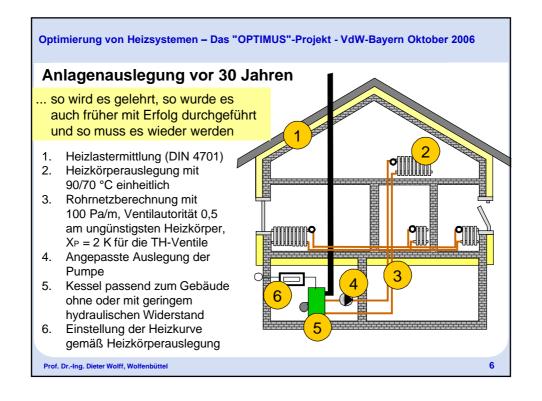


- In den letzten 6 Jahren von 10 \$/b auf 60 \$/b, also um den Faktor 6!
- In den letzten 40 Jahren von 1,36 \$/b auf 60 \$/b, also um den Faktor 44!
- Durchschnittliche Rohölpreissteigerung in den letzten 40 Jahren: 10%/a
- Die Heizkosten haben sich in den letzten 6 Jahren mehr als verdoppelt!
- Durchschnittliche Heizölpreissteigerung in den letzten 40 Jahren: 7%/a

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Optimierung von Heizsystemen - Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006 **Praxis: Traurige Bilanz** □alt Studie TU München & Kaminkehrerhandwerk für 2000 Wohngebäude: Gebäude mit Errichtung ab 1989 zu Einsparung durch Kesseltechnologie Gebäuden vor 1977: Einspareffekt 25 % (Soll: -60 %) □alt neue Kesseltechnik gegenüber 15 Jahren älterer Kesseltechnologie: Verbrauchsrückgang 10 % (Soll: -35%) Fehlen: von kritischer Planungsbeurteilung, von Qualifizierung und Qualitätssicherung in Planung und Ausführung, von sachgerechter Bau- und Anlagentechnik-Kontrolle

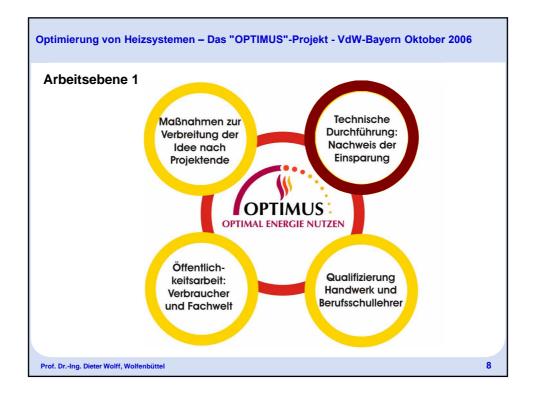
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel



Ziele

- Die Einsparpotenziale durch die Optimierung bestehender Heizungsanlagen in der konkreten Praxis nachweisen.
- 2. Die "Optimierung von Heizungsanlagen" zu einer Standardmaßnahme der energetischen Gebäudesanierung entwickeln.

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel



Projektziele - Technischer Bereich

vorhandene Technologien bestmöglich zu nutzen durch die Optimierung von bestehenden Heizungsanlagen

- Energieeinspar- und Wirtschaftlichkeitsnachweis durch Verbrauchsmessungen an konkreten Objekten
- 2. Entwicklung von Hilfsmitteln zur Optimierung für das Fachhandwerk

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

9

Optimierung von Heizsystemen – Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006

Ausgangslage

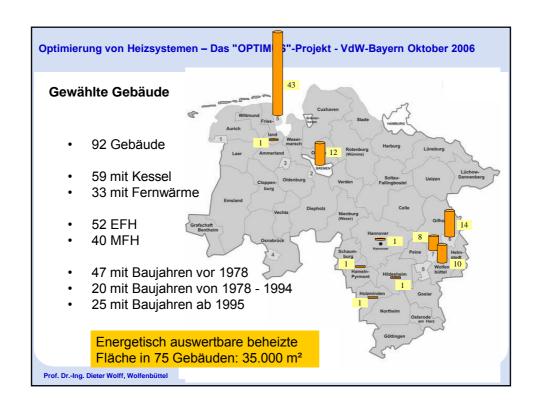
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

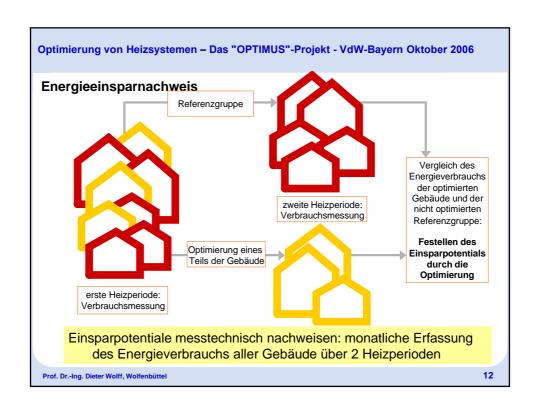
Schwerpunkt: bestehende Gebäude, insbesondere nach baulichen Sanierungen.

- 1. altes Gebäude mit "Hochtemperatur-Heizung"
- 2. Dämmung der Gebäudehülle (ggf. auch nur teilweise)
- 3. Berechnung der neuen Heizlast, neuen Systemtemperatur, hydraulischer Abgleich der Heizung

OPTIMUS - Ziel:

vorhandene Technologien bestmöglich zu nutzen durch die Optimierung von bestehenden Heizungsanlagen





Ist-Zustandsaufnahme:

Heizflächen und Thermostatventile

großzügige Heizkörperbemessung:

<u>Heizkörpernormleistung</u> = **etwa 1,7** effektiver Raumheizlast





- Durchflusswerte $(k_{V,S})$ der eingesetzten Ventile sind etwa 7 ... 10fach zu groß.
- Der hydraulische Abgleich ist in deutlich weniger als 10 % der Anlagen vorhanden.
- Weniger als die H\u00e4lfte der Thermostatventile sind \u00fcberhaupt voreinstellbar.

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

13

Optimierung von Heizsystemen - Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006

Verteilsystem und Umwälzpumpen

großzügige Pumpenauslegung:

<u>vorhandene elektrische Pumpenleistung</u> = **etwa 3,0** ausreichende el. Pumpenleistung

typischer Kennwert für installierte Pumpenleistung bezogen auf die beheizte Fläche: etwa 0,13 (MFH) ... 0,43 (EFH) W/m² für Heizungsumwälzpumpen





Außerhalb des beheizten Bereichs verlegt:

- etwa 0,1 m/m² Heizungsleitungen mit mäßiger bis guter Dämmung
- etwa 0,08 m/m² Trinkwarmwasserleitungen mit guter Dämmung

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Erzeuger und Regelung

großzügige Wärmeerzeugerauslegung:

vorhandene Erzeugerleistung Gebäudeheizlast

= etwa 1,8





Zentrale Heizkurveneinstellung

- Heizkurvensteilheit etwa 1,6 bei allen Gebäudearten, Altersklassen und Energieversorgungen,
- Parallelverschiebung 4 K im MFH und 1 K im EFH
- Auslegungsvorlauftemperaturen von ca. 80 °C für alle Gebäude

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbütte

15

Optimierung von Heizsystemen – Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006

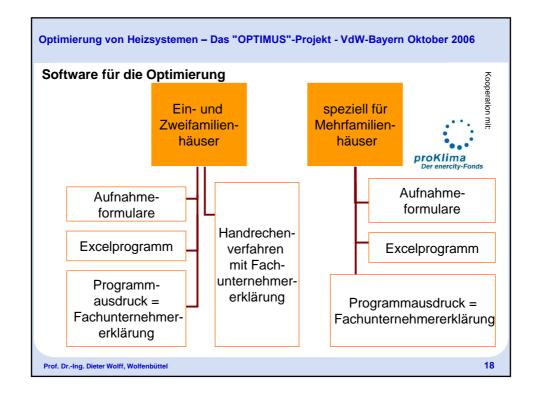
Resultat der Istzustandsaufnahme

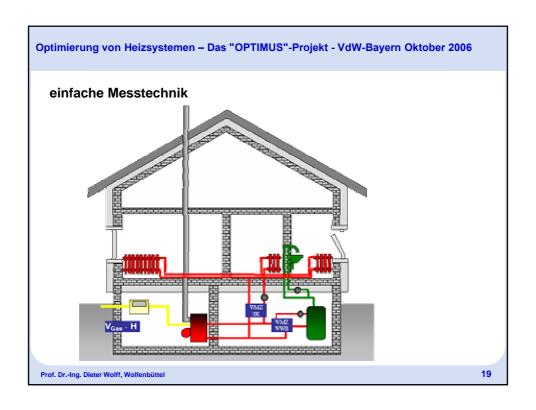
- Überdimensionierung / Werkseinstellung der Komponenten ermöglichen ein Verschwendungspotential: möglicher Energieverbrauch ist zwei bis drei mal höher als der minimale Jahresenergiebedarf
- fehlender hydraulischer Abgleich sowie die Heizkörper-, Pumpen- und Thermostatventilüberdimensionierung provozieren 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)

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Optimierung von Heizsystemen – Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006 Optimierungsarbeiten 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

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbütte





Überblick: Erreichte Energieeinsparungen

Heizwärmeersparnis: 7 kWh/(m²a) 90.000 kWh/a 106.000 kWh/a **Endenergieersparnis:** 8 kWh/(m²a) Primärenergieersparnis: 10 kWh/(m²a) 124.000 kWh/a

CO₂-Ersparnis: 28.300 kg/a 2,1 kg/(m²a)

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

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Auswirkungen der Optimierung sind größer in Gebäuden mit einem baulich hohen Standard (neue Baualtersklasse bzw. geringer Heizwärmeverbrauch)

Neue Gebäude

- geringere Wärmeanforderung
- jedes zusätzliche (ungeregelte) Wärmepotential führt in diesem Gebäudetyp schnell zum Mehrverbrauch
- Optimierung beseitigt bzw. vermindert das Verschwendungspotential und führt zu größeren Einsparpotentialen.

Alte Gebäude

- · hohe Wärmeanforderung
- Überschüsse können besser genutzt werden, auch ungeregelte
- mangelnde Qualität führt zu geringen Verschwendungspotentialen
- es ergeben sich dann auch geringere Einsparpotentiale

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

21

Optimierung von Heizsystemen – Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006

OPTIMUS-Beispiel I: 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 kWh/(m²a) № 21 %

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

OPTIMUS – Beispiel I

In dem neuen MFH (Bj. 1998) waren bereits alle notwendigen Komponenten vorhanden, sie mussten nur noch nach der OPTIMUS-Strategie richtig eingestellt werden: Einsparung an Endenergie (Fernwärme):

21 kWh/(m² a), absolut 26 MWh/a

Langfristige jährliche Energieeinsparung in den nächsten 15 a:

ca. 2000 €/a (für die Mieter)

Langfristige jährliche Kapital- und Wartungskosten in den nächsten 15 a:

ca. 150 €/a (für den Vermieter)

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

23

Optimierung von Heizsystemen - Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006

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.

- Heizwärmeersparnis
 28 kWh/(m²a) bzw.
 21 % von 132 kWh/(m²a)
- Hilfsenergieersparnis
 1,4 kWh/(m²a)
 bzw. 18 % von 7,6
 kWh/(m²a)

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



Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Optimus-Beispiel II: MFH mit Gasetagenheizung

In einer der acht untersuchten WE ergab sich eine Einsparung an Endenergie (Erdgas) von:

31 kWh/(m² a), absolut 1,7 MWh/a (170 m³ Erdgas/a)

und an elektrischer Hilfsenergie von knapp:

3 kWh/(m² a), absolut 150 kWh/a

[Anmerkung: bei Einsatz der neuen, erst heute verfügbaren Hocheffizienzpumpen in den Wandkesseln hätte sich sogar eine Einsparung an elektrischer Hilfsenergie von mehr als 10 kWh/(m² a) bzw. absolut 500 kWh/a ergeben!].

Langfristige jährliche Energieeinsparung in den nächsten 15 a:

ca. 170 €/a

langfristige jährliche Kapital- und ggf. Wartungskosten in den nächsten 15 a:

ca. 46 €/a.

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

25

Optimierung von Heizsystemen – Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006

OPTIMUS-Beispiel III: Neues EFH

In einem EFH (Bj. 1995) mit Gas-Niedertemperaturkessel wurden 14 neue voreinstellbare Thermostatventile sowie ein Differenzdruckregler eingebaut und die Heizungsoptimierung nach OPTIMUS mit gesamten Investitionskosten von

900€

durchgeführt. Einsparung an Endenergie (Erdgas):

24 kWh/(m² a), absolut 4,4 MWh/a (440 m³ Erdgas/a)

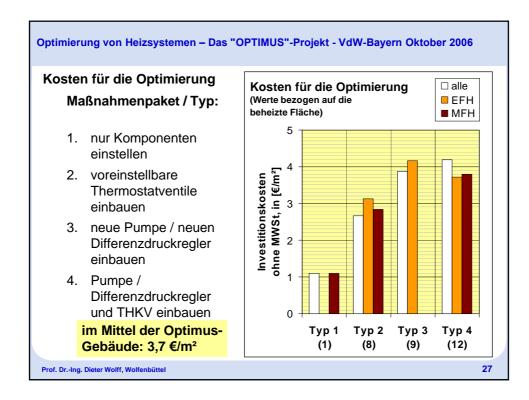
Langfristige jährliche Energieeinsparung in den nächsten 15 a :

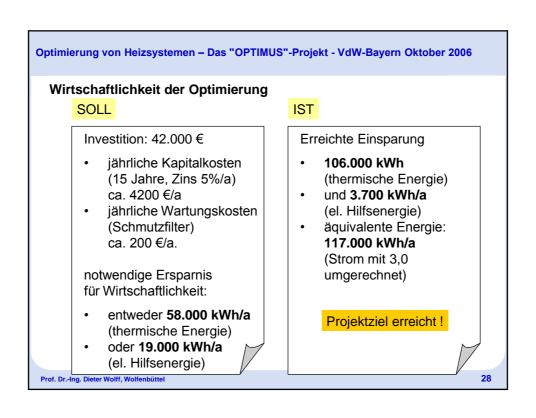
ca. 340 €/a

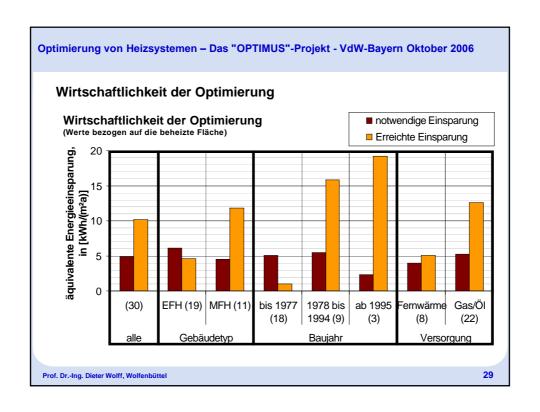
langfristige jährliche Kapital- und ggf. Wartungskosten in den nächsten 15 a:

ca. 90 €/a.

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel







Optimierungsempfehlungen

Bewertung anhand Energieeinsparung sowie Wirtschaftlichkeit.

	EFH		MFH	
	mit Kessel	mit Fernwärme	mit Kessel	mit Fernwärme
Baujahr bis 1977 – nicht baulich modernisiert	0	0	0	0
Baujahr bis 1977 – größtenteils baulich modernisiert	+	+	++	+
Baujahr 1978 bis 1994	+	+	++	+
Baujahr ab 1995	++	++	++	++

- Uneingeschränkte Empfehlung: Gebäude mit Baujahren ab 1978
- Gebäude mit Baujahren vor 1977: vorwiegend MFH und Gebäude mit Kesseln (größere Einsparungen zu erwarten)
 - möglichst wenn ohnehin Investitionen in die Anlage / Baukörpermodernisierung notwendig sind
 - oder wenn einstellbare Komponenten vorhanden sind

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Nutzerbefragung:

nach der Optimierung: Gesamteindruck und Zufriedenheit verbessern sich (33 % zufriedener, 8 % unzufriedener)



Verbesserung: lange Aufheizzeiten, unterschiedlich warme Räumen/Heizkörpern, Luft in der Anlage

Verschlechterung: Geräuschprobleme, nicht ausreichende Beheizung

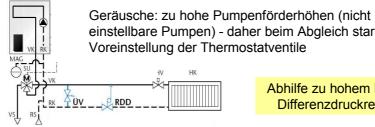
Nutzer sind unbedingt in den Optimierungsprozess einzubeziehen!

So sehen Nutzer die Auswirkungen der Optimierung:

- einzelne Nutzer sind sehr zufrieden mit der sich ergebenden gleichmäßigen Beheizung und können nun nach eigenen Angaben sparsamer heizen.
- andere Nutzer haben das Gefühl, die Räume werden einzeln oder alle nicht mehr ausreichend beheizt.



Optimierung von Heizsystemen - Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006



einstellbare Pumpen) - daher beim Abgleich starke

Abhilfe zu hohem Preis: Differenzdruckregler

- Zukünftige Geräteentwicklung: Augenmerk auf Geräte mit gutem "primärenergetischen Nutzungsgrad" richten (inkl. Pumpenstrom)
- Kesselhersteller: Verfügbarkeit von Wandkessel mit kleinen einstellbaren Pumpen oder ohne integrierte Pumpe (siehe auch DBU-Projekt "Brennwertkessel")
- Ausführende: sorgfältige Wahl der Komponenten; sorgfältige Umsetzung der Optimierung; Nutzeraufklärung.

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Umsetzung der EU Gebäuderichtlinie

Bislang: keine Honorierung einer Anlagenoptimierung in der EnEV ("Ausführung nach den Regeln der Technik" vorausgesetzt), aber z.B. Bonus für Gebäudedichtheit und Wärmebrückenarmes Bauen

Chance das "Bonusprinzip" ist die Umsetzung der EU Gebäuderichtlinie 2006. Vorschlag für Wohngebäude:

- Wohngebäude (nach 1978) sowie baulich auf diesen Standard modernisierte Gebäude: Bonus für Heizwärmebedarf ∆q_h = -10 kWh/(m²a)
- Wohngebäude mit Baujahren vor 1978 ohne weitere bauliche Maßnahmen: kein Bonus für Heizwärmebedarf
- Alle Wohngebäude: Bonus für Hilfsenergiebedarf ∆q_{EI} = -0,3 kWh/(m²a)

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

33

Optimierung von Heizsystemen - Das "OPTIMUS"-Projekt - VdW-Bayern Oktober 2006

Theorie:

 Faktor 3,0 zwischen alten und neuen Gebäuden

Praxis:

 Faktor 1,5 zwischen alten und neuen Gebäuden

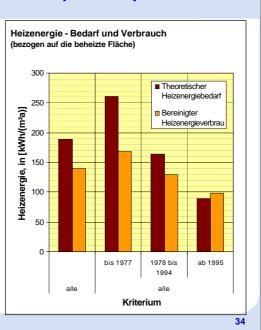
Abgleich:

- alte Gebäude 35 % mehr berechneter Bedarf
- neue Gebäude 10 % weniger Bedarf

Konsequenz:

• zu hohe theoretische Einsparprognose





Ausblick

- Wohnbaugesellschaft Nibelungen will langfristig den gesamten Bestand (7000 WE) in Braunschweig optimieren.
- Verbreitung der Ergebnisse u.a. über den dualen Studiengang "TGA" an der FH Wolfenbüttel
- Weiterbildung "Systemtechnik" in Niedersachsen für Handwerker
- Optimierung: Chancen für das Handwerk: 20 – 40 kWh/(m²a)

Verbreiten Sie mit uns die Optimus-Idee!



Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

2. + 3. Umsetzung der Optimierung + Qualifizierung

Das Projekt "OPTIMUS"

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

1

Optimierung von Heizsystemen – Das "OPTIMUS"-Projekt – vdw Bayern - Oktober 2006

Ausgangslage

5. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

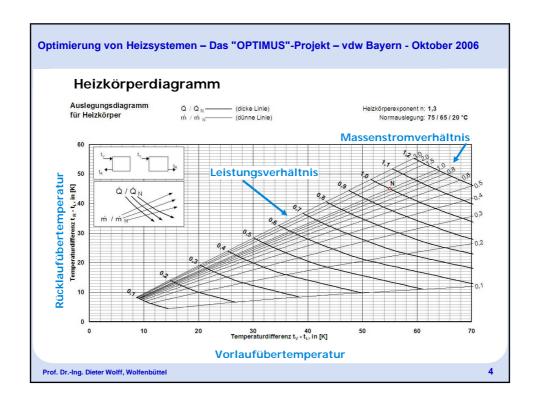
Schwerpunkt: bestehende Gebäude, insbesondere nach baulichen Sanierungen.

- altes Gebäude mit "Hochtemperatur-Heizung"
- 2. Dämmung der Gebäudehülle (ggf. auch nur teilweise)
- 3. Berechnung der neuen Heizlast, neuen Systemtemperatur, hydraulischer Abgleich der Heizung

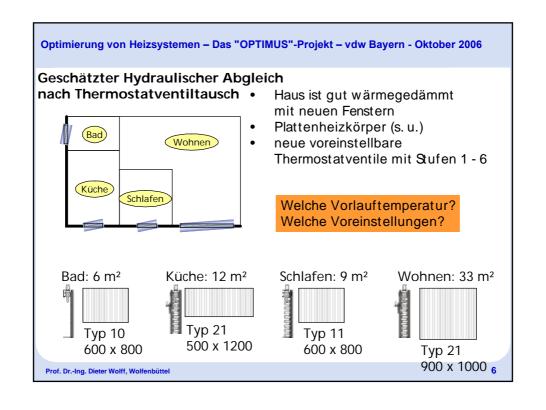
OPTIMUS - Ziel:

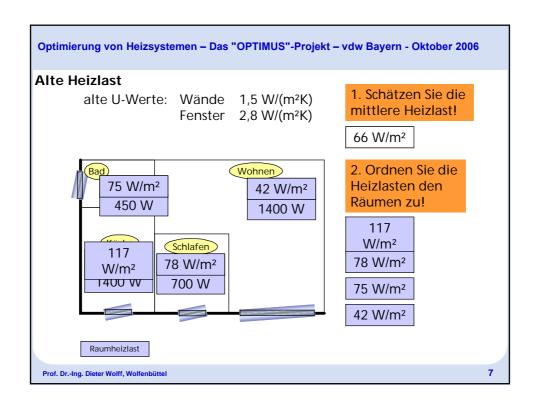
vorhandene Technologien bestmöglich zu nutzen durch die Optimierung von bestehenden Heizungsanlagen

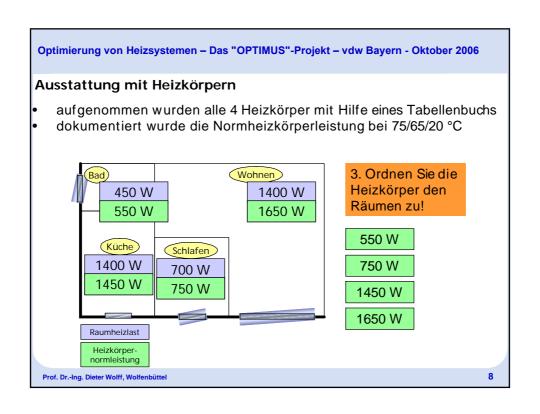


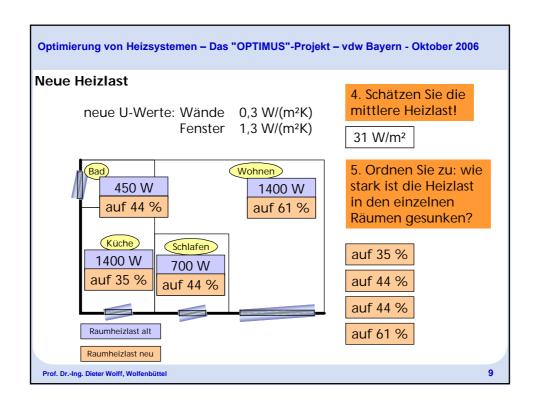


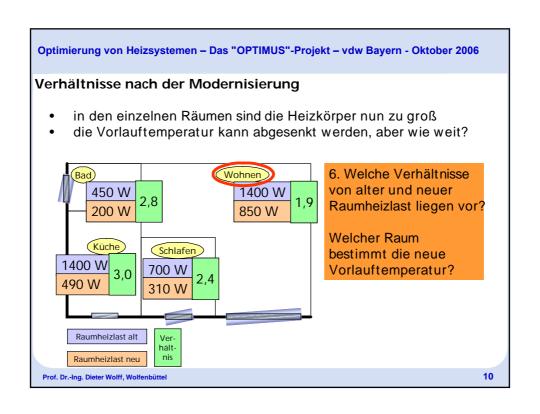


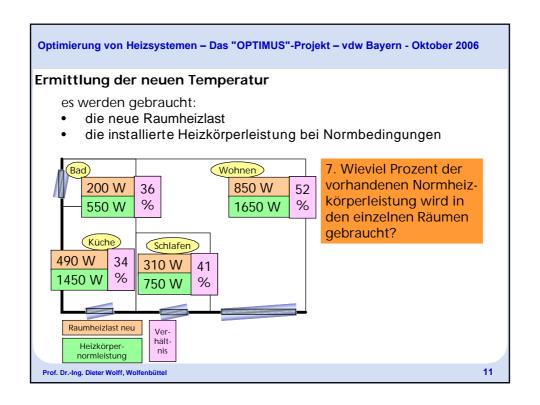


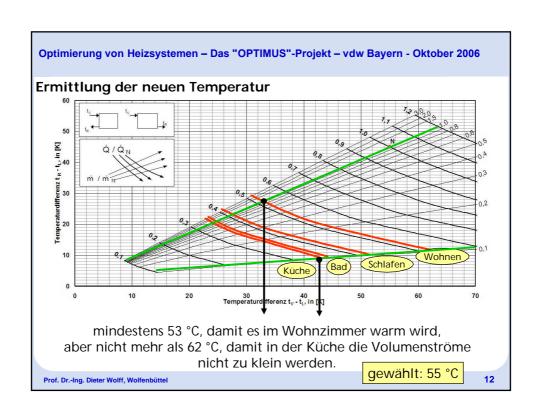


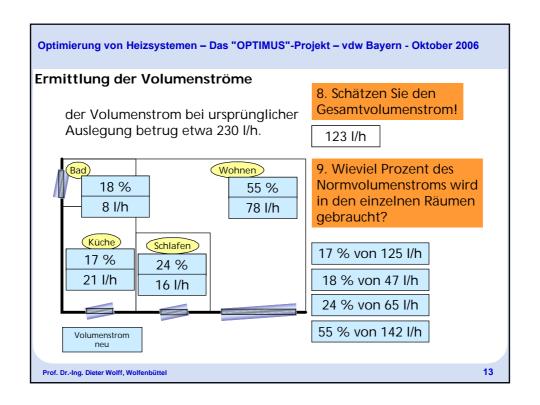


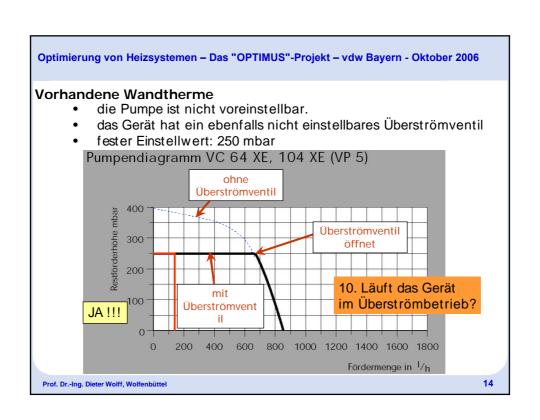


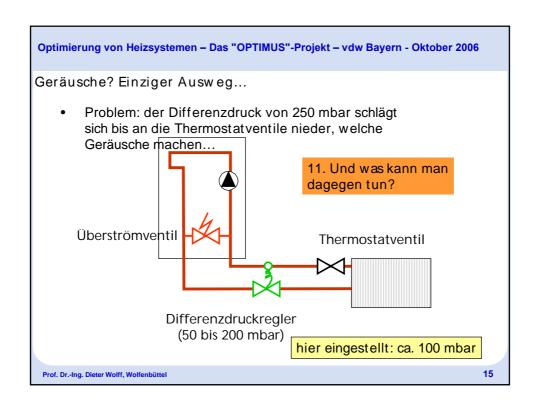


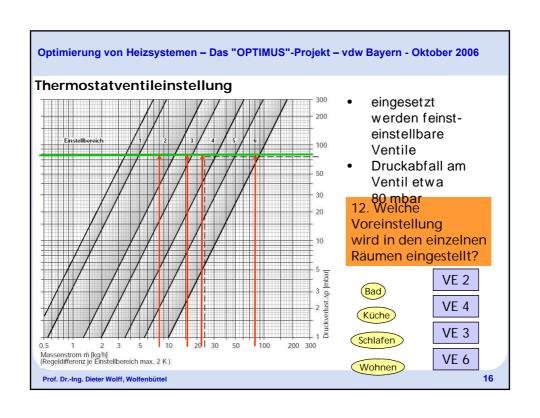


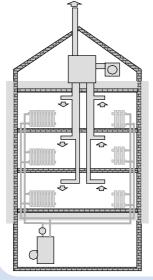












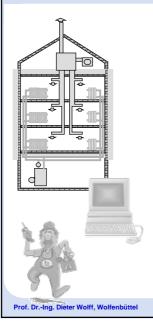
6-Tage - Handwerkerkurs

- Grundlagen auffrischen, damit das Folgende verständlich wird.
- Besprechung der Komponenten einer Heizungsanlage: Wärmeerzeuger, Verteilnetz, Wärmeübergabe und Regelung. Schwerpunkte: Zusammenhänge verdeutlichen + Hinweise, worauf bei der Modernisierung geachtet werden muss. Ziel: Aufzeigen von Optimierungsmöglichkeiten im Bestand für spätere Sanierungen.
- Besprechung der Komponenten einer Lüftungsanlage: Systeme, Netze, Auslässe. Ziel: Schwerpunkte: Zusammenhänge verdeutlichen + Aufzeigen von Funktionsprinzipien. Ziel: Kenntnisse über die Einsatzfelder im Neubau und Bestand.

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

17

Optimierung von Heizsystemen - Das "OPTIMUS"-Projekt - vdw Bayern - Oktober 2006



Wo stehen wir und wo geht's hin?

- Heizlastberechnung. Im Neubau mit DIN 12831 ggf. unter Berücksichtigung von Lüftungstechnik. Im Bestand vereinfachte Ansätze. Ziel: Erläuterung von Vorgehensweisen und Besprechung von Praxisproblemen. Vorbereitung auf die spätere Anwendung von Software.
- Netzberechnung. Für Neuplanungen: Wiederholung der Vorgehensweise einer Rohrnetzberechnung. Für den Bestand: vereinfachte Ansätze. Ziel: Erläuterung von Vorgehensweisen und Besprechung von Praxisproblemen. Vorbereitung auf die spätere Anwendung von Software.
- Anwendung einer Beispielsoftware zur Optimierung von Heizungsanlagen als Vorbereitung auf die Praxis.
- Marketing. Besprechung einiger Fragen jenseits der Technik. Damit die Kenntnisse später auch Anwendung finden!

VdW Mai 2006

4. Gebäudeoptimierung und Kosten Energieanalyse aus dem Verbrauch Energieeinsparverordnung 2007

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

1

Optimierung von Heizsystemen - Energieanalyse aus dem Verbrauch

VdW Mai 2006

Ist das langfristig (nachhaltig) geplant?

KW 35 – Besprechung einer Diplomarbeit (Stadtwerke Mittelstadt in NBL)

Aussage einer Führungskraft der Stadtwerke:

"Vor fünf Jahren wurde eine Plattenbausiedlung umfangreich auf EnEV-Standard modernisiert...natürlich mit Förderung Anfang diesen Jahres wurden 20% davon "zurückgebaut" – auf Deutsch: abgerissen...natürlich mit Förderung da verzweifelt man!"



Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

VdW Mai 2006

VDI nachrichten – 16. Juni 2006: "Steuerrecht steht dem Energiesparen im Wege" Teil I

"Erst 5 Mio. der 31 Mio. Altbauwohnungen sind saniert. Nur bei einem Drittel der jährlichen Wohnungsmodernisierungen werden nach Angaben der KfW umfassende Maßnahmen zur Energieeinsparung durchgeführt. Ein Grund hierfür ist, dass das Steuerrecht teils kontraproduktiv zur Energieeinsparverordnung ist...

Bei einem Mehrfamilienhaus in Berlin-Mitte wurden beispielsweise Maßnahmen zur Dämmung der

Außenwände aufgeschoben, um steuerliche Vorteile zu nutzen. Stattdessen ersetzte der Bauherr zunächst die alten Kohleöfen durch eine Gas-Zentralheizung und baute neue Fenster ein. Denn Ausgaben können nur in Höhe von 15% der Anschaffungskosten als "anschaffungsnahe Erhaltungsaufwendungen" steuerlich geltend gemacht werden. Die Wärmedämmung hätte als zusätzliche Investition gegolten und diesen Rahmen gesprengt. Dämmt der Bauherr die Wände dagegen drei Jahre später, kann er die Kosten dafür als Instandhaltung absetzen..."

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

3

Optimierung von Heizsystemen - Energieanalyse aus dem Verbrauch

VdW Mai 2006

Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen

These:

Die Bewertungsgröße "Kosten der eingesparten kWh Energie" bzw. "Äquivalenter Energiepreis" ist das am besten geeignetes Kriterium zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen im Wohngebäudebestand.

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



Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

VdW Mai 2006

Maßnahme	Energieein- sparung 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 30 (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

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

5

Optimierung von Heizsystemen - Energieanalyse aus dem Verbrauch

VdW Mai 2006

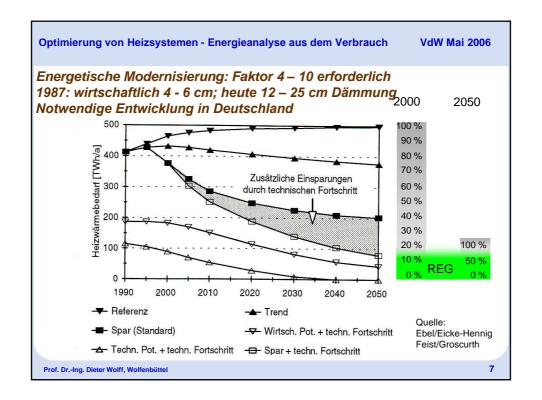
Bewusstseinswandel ist erforderlich - Zwei Zitate:

"Die sauberste Energie ist die, die erst gar nicht gebraucht wird."

"Nur durch 80% Energieeinsparung kann im Jahr 2050 ein Deckungsanteil regenerativer Energieträger von mehr als 80 % erreicht werden!"

Dabei ist die wichtigste Frage: "Wie und in welcher Reihenfolge erreichen wir dieses Ziel?" Zunächst die "alte Scheune" mit einem Holzhackschnitzeloder Pellet-Kessel ausstatten oder erst die Außenwand dämmen und die Einfachverglasung gegen Wärmeschutzverglasung austauschen und dann neue Energieträger bei geringerem Leistungs- und Energiebedarf einsetzen?

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel



VdW Mai 2006

Ehrliche anstelle "verschleierter Energiebilanzen"

Beispiel 1: "Brennwertkessel in der Praxis"

Auswertung der Nutzungsgrade und Kesselverluste aus dem Projekt OPTIMUS für 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 kWhHs/(m²a)

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

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

VdW Mai 2006

Ehrliche anstelle "verschleierter Energiebilanzen"

Beispiel 2: Solare Sanierung

Ein aktuell beworbenes Programm "Solare Sanierung" [SOLSAN] verspricht für ein Bestandsgebäude mit einem heute für Bestandsbauten typischen Wärmebedarf von 200 kWh/(m² a) für Raumheizung und Trinkwarmwasser eine Reduzierung um 60 kWh/(m² a), also um 30 %, durch die Verbindung: "Solarenergienutzung & Anlageneffizienz".

Nicht – oder nicht direkt – erwähnt wird, dass mit der solaren Sanierung meist auch weitere Maßnahmen wie der Einsatz eines neuen Brennwertheizkessels, ein hydraulischer Abgleich und weitere Optimierungsmaßnahmen durchgeführt wurden.

Nicht – oder nicht direkt – erwähnt wird, dass mit einer Solaranlage für Warmwasser und Heizungsunterstützung nur 10 bis maximal 30 kWh/ (m² a) bezogen auf die beheizte Fläche an Endenergieeinsparungen möglich sind – und zwar unabhängig ob Alt- oder Neubauanlage. Bei einem angeführten Beispiel sind es lediglich 7 kWh/(m² a)!

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

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

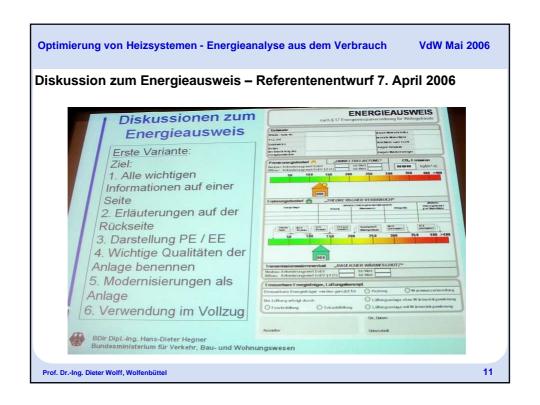
q

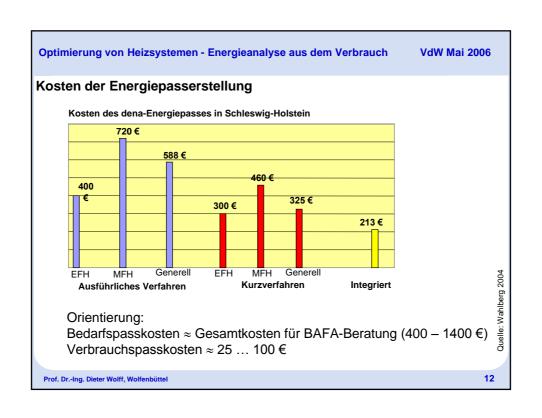
Optimierung von Heizsystemen - Energieanalyse aus dem Verbrauch

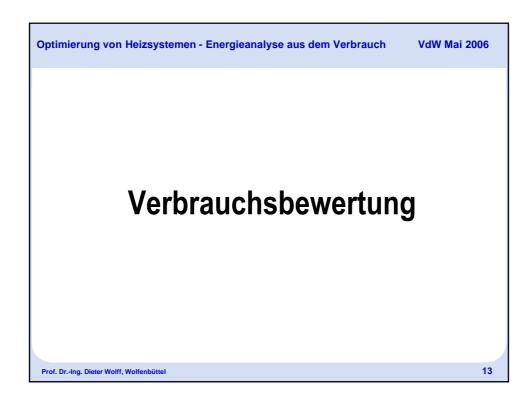
VdW Mai 2006

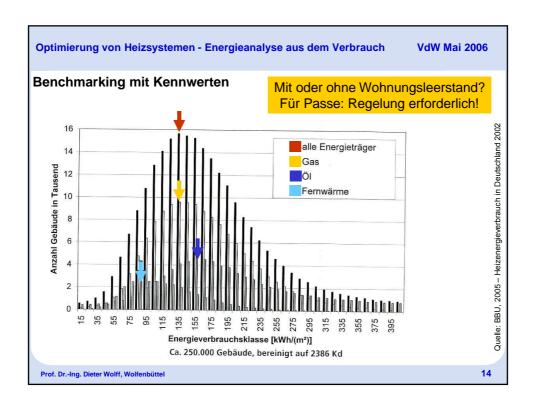
Energieverbrauch oder -bedarf für Wohnbauten? Beides, wenn möglich

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

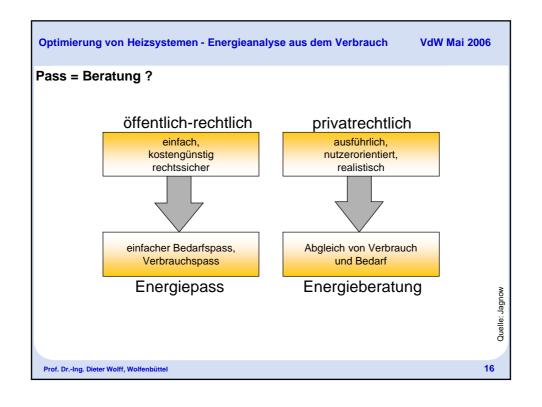








erbrau	ch oder Bedarf	
	Verbrauchspass	Bedarfspass
Vor- teile	 keine Detailaufnahme notwendig als Dienstleistung der Abrechungsunternehmen denkbar 	 normierter Nutzer Vergleichbarkeit von Gebäuden - incl. Leerstand individuelle Einsparvorschläge ableitbar
Nach- teile	 Nutzerverhalten kann nicht beziffert werden nicht überall liegen Verbrauchsdaten vor Energetische Bewertung von Einsparmaßnahmen nur bedingt möglich 	 sehr genaue Aufnahme notwendig* hohe Kosten für den Auftraggeber viele Aussteller nötig Heizkosten können nicht geschätzt werden



VdW Mai 2006

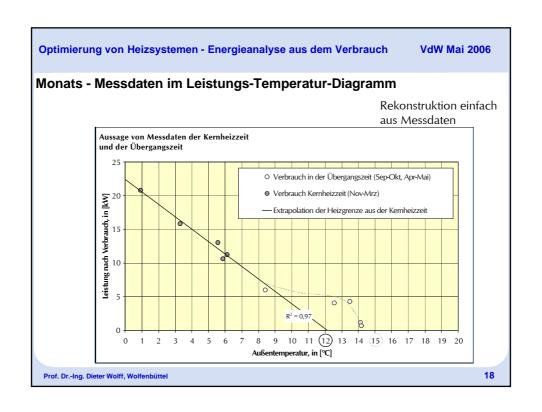
2. Qualität ist messbar: Energieanalyse aus dem Verbrauch und EID-Bedarfspass

Die monats- und jahresweise Erfassung von:

- Heiz- (End-) energieverbrauch (primärseitig) Q_{prim}
- Nutzwärmeverbrauch (sekundärseitig) $\mathbf{Q}_{\mathrm{sek}}$

liefert im Zusammenhang mit der mittleren Außentemperatur und mit einer Abschätzung der Verteilverluste (Q_d) außerhalb des beheizten Bereichs alle wichtigen Kennwerte von Gebäude und Anlagentechnik:

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

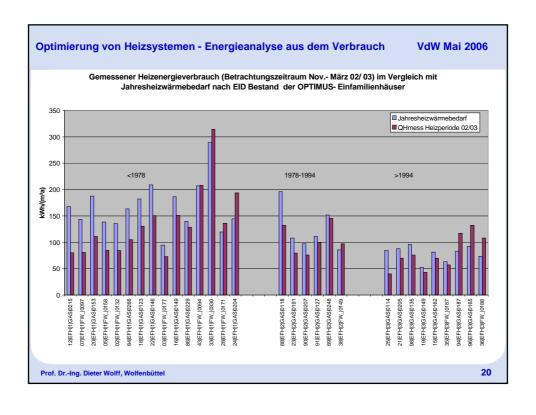


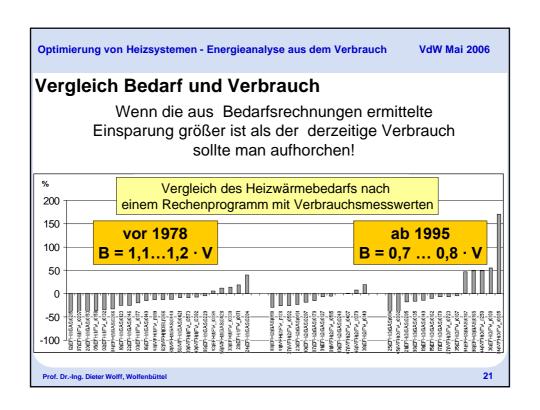
VdW Mai 2006

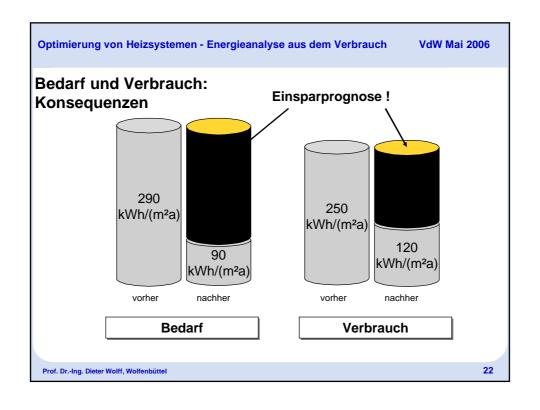
Energiepass aus Verbauchs-Bedarfs-Abgleich: Kenndaten aus Verbrauchsmessungen

- Jahresheizwärmeverbrauch (im beheizten Bereich) in kWh/(m²a) für Vergleiche vor und nach Optimierungsmaßnahmen
- Effektive Heizlast (EN 12831) $H = H_T + H_V$ 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)
- Auslegungsheizlast zur Ermittlung von Anschlussleistungen
- Effizienzwerte für Wärmeerzeuger (Wirkungsgrad, Bereitschaftsverlust, Nutzungsgrad, Aufwandszahl, Kesselverluste)

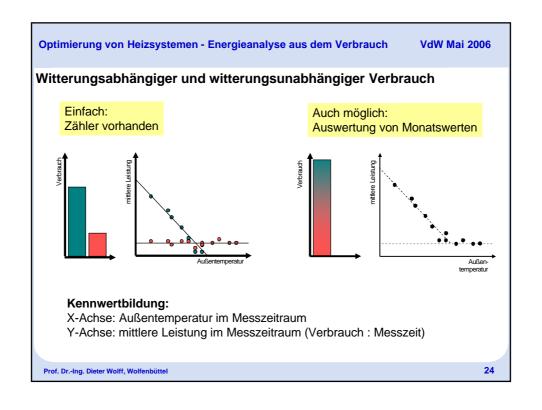
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

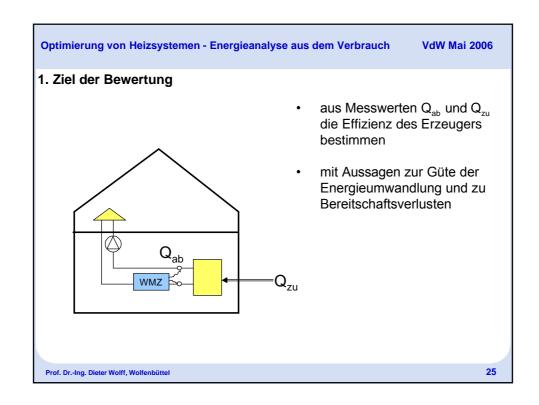


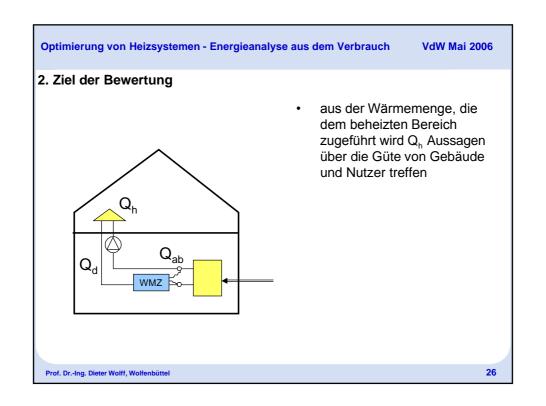


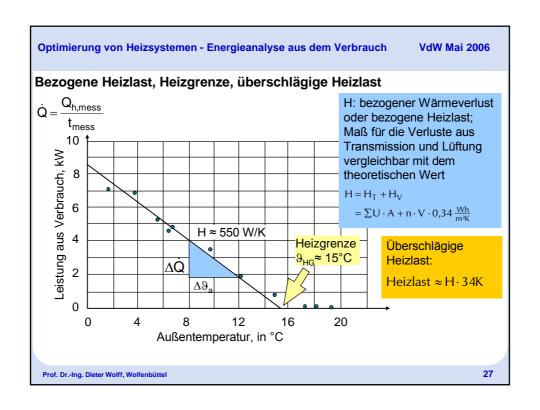


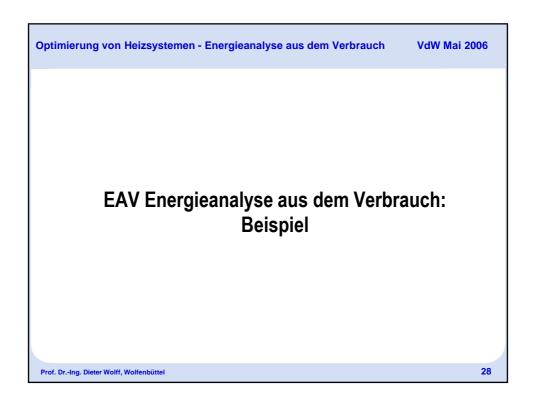












VdW Mai 2006

Energieanalyse aus dem Verbrauch: Nur Brennstoffverbrauch bekannt

Auswertung monatlicher Brennstoffverbräuche und der Immissionsschutzmessung (Abgasverluste)

gegebene Daten:

- Gebäudebaujahr: 1975 beheizte Fläche: 450 m²
- mittlere Raumtemperatur: 20 °C
- Warmwasserbereitung: elektrisch
- Kesselbaujahr: 1975
- Kesselleistung (Typenschild) 90 kW
- Schornsteinfegermessung: Abgasverlust q_A= 7 %
- Strahlungs- und Bereitschaftsverlust aus Typologie: $q_S = q_B = 2 \%$

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Optimierung von Heizsystemen - Energieanalyse aus dem Verbrauch

VdW Mai 2006

Energieanalyse aus dem Verbrauch: Nur Brennstoffverbrauch bekannt

Umrechnung der Kesseldaten auf Brennwertbezug

$$q_{A,HU} = 0.07 \qquad \qquad q_{A,HO} = \frac{(H_O \ / \ H_U \ -1) + q_{A,HU}}{H_O \ / \ H_U} = \frac{(1.06 \ -1) + 0.07}{1.06} = 0.123$$

$$q_{S,HU} = 0.02$$
 $q_{S,HO} = \frac{q_{S,HU}}{H_O/H_U} = \frac{0.02}{1.06} = 0.019$

$$q_{B,HU} = 0.02$$
 \longrightarrow $q_{B,HO} = \frac{q_{B,HU}}{H_O/H_U} = \frac{0.02}{1.06} = 0.019$

$$\eta_{K,HO} = 1 - q_{A,HO} - q_{S,HO} = 1 - 0.123 - 0.019 = 0.858$$

Kenndaten des normierten Aufwands

$$Steigung = m = \frac{1 - q_{B,HO}}{\eta_{K,HO}} = \frac{1 - 0,019}{0,858} = 1,143 \qquad Verschiebu \, ng = n = \frac{q_{B,HO}}{\eta_{K,HO}} = \frac{0,019}{0,858} = 0,022$$

Verschiebu ng =
$$n = \frac{q_{B,HO}}{\eta_{K,HO}} = \frac{0,019}{0,858} = 0,022$$

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

VdW Mai 2006

Energieanalyse aus dem Verbrauch: Nur Brennstoffverbrauch bekannt

Monat	Ölver- brauch	Q _{auf}	Mess- zeit	W _{auf}	β	Nutzungs grad η _{HO}	Nutzungs grad η _{HU}
	B B + t _{mes}	t _{mess}	$\frac{Q_{auf}}{\dot{Q}_{K}\cdot t_{mess}}$	w _{auf} -n m	$\frac{\beta}{\mathbf{w}_{auf}}$	η _{HU} = η _{HO} · 1,06	
Dezember	2082 I	22.069 kWh	744 h (31 d)	0,330	0,269	0,815	0,864
Februar	1344	14.246 kWh	672 h (28 d)	0,236	0,187	0,792	0,840

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

31

Optimierung von Heizsystemen - Energieanalyse aus dem Verbrauch

VdW Mai 2006

Energieanalyse aus dem Verbrauch: Nur Brennstoffverbrauch bekannt

Monat	β	Q _{zu}	Außen- temp. t _a
	siehe vorher	6.O	
Dezember	0,269	24,2 kW	0°C
Februar	0,187	16,8 kW	5 °C

Verlustkennwert

H =
$$\frac{\Delta \dot{Q}_{zu}}{\Delta \theta_a}$$

= $\frac{(24,2-16,8)kW}{(5-0)K}$ = 1,48 $\frac{kW}{K}$

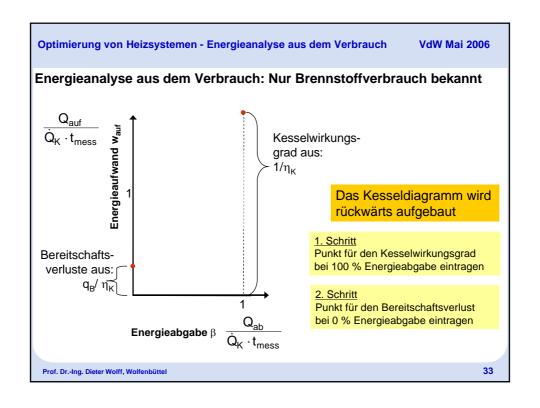
Maximale Leistung (Heizlast)

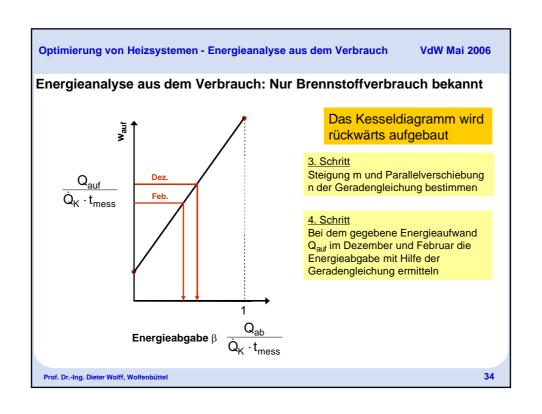
$$\dot{Q}_{max} = H \cdot \Delta \vartheta_{max}$$
$$= 1,48 \frac{kW}{K} \cdot 34K = 50,3 kW$$

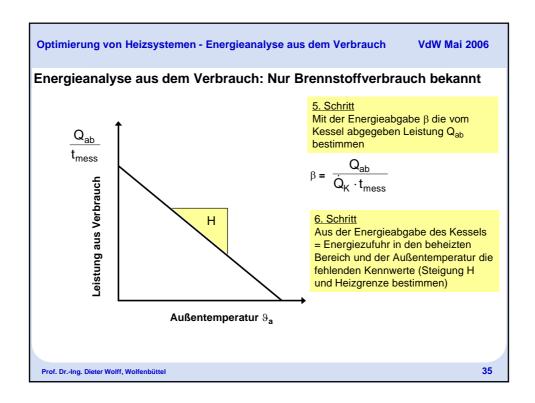
Heizgrenze

$$\theta_{HG} = \frac{24,2kW}{1,48kW/K} + 0^{\circ}C = 16,4^{\circ}C$$

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel







VdW Mai 2006

Aktuelle Ergebnisse eines "Kesselaustauschs":

Neuwertiger Brennwertkessel in einem Neubau nach WschV (EnEV) wurde 2003 ersetzt durch einen SolvisMax (Gasbrennwert).

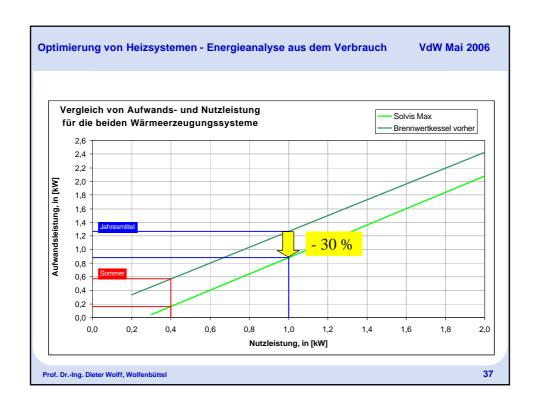
Ergebnis: ca. 30% geringerer Gasverbrauch bzw. ca. 3400 kWh/a Endenergie nach Witterungsbereinigung und bei angenommen gleicher Nutzung.

Nur 1 kW mittlere Nutzleistung für Raumheizung und Trinkwarmwasser (200 m³ Gas bzw. 2000 kWh bzw. 100 € 1) von 1. Okt. – 6. Dez. 2004 bzw. ca. 1/3 der Heizperiode mit SolvisMax!)

Mittlere Leistung für Trinkwarmwasser im Sommer: 0,4 kW (2 m³ Gas bzw. 20 kWh bzw. 1€ 1) von Juni – Juli 2004 mit SolvisMax!)

1) Annahme: 0,05 € je kWh

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel



VdW Mai 2006

Energetisches Einsparpotential NEUBAU: bis 50 kWh/(m²a): Heizwärmebedarf von zwei bis drei Passivhäusern

Die mittleren, auf die beheizte Wohnfläche bezogenen Wärmeerzeugerverluste von Brennwertkesseln liegen mit ca. 15 ... 16 kWh(Ho)/(m²a) in der gleichen Größenordnung wie der gesamte Raumheizwärmebedarf eines Passivhauses. Ziel: 5 kWh/(m²a)

Integrierte Pumpen mit 40 bis zu 80 W elektrischer Überschussleistung erzeugen einen zusätzlichen Primärenergiebedarf von 5 bis 9 kWh/(m²a)

Die Wärmeabgabe von Trinkwarmwasser-Zirkulationsleitungen und von Heizwasserleitungen liegt mindestens noch einmal in der gleichen Größenordnung: 10 kWh/(m² a)

Durch eine QS der Sekundärseite (Verteilung, Übergabe) ergibt sich ein weiteres Einsparpotential von min. 10 kWh/(m²a), wie erste Ergebnisse der OPTIMUS-Studie zeigen.

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

vdw-Bayern - Oktober 2006

5. Fazit – Ausblick - Schlussfolgerungen

Methoden zur Umsetzung von Modernisiserungsmaßnahmen

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

4

Optimierung von Heizungsanlagen

vdw-Bayern - Oktober 2006

Modernisierung (Optimierung) im Bestand Methodik Wertanalyse - Beispiel: Lüftung

Integrierte Betrachtung von:

- Wärmeschutzniveau
- Fensterqualität
- Lüftungs- und Heizungstechnik
- Qualitätssicherung in Planung und Ausführung
- Nutzeraufklärung

Nur im optimierten Gesamtsystem sind Erfolge erzielbar!

Wertanalyse als Werkzeug zur Entscheidungsfindung

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

vdw-Bayern - Oktober 2006

Modernisierung (Optimierung) im Bestand

Sehr hohes Wärmeschutzniveau: $U < 0.2 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ und Passivhausfenster: $U < 0.8 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$

liefern generell weniger Feuchteprobleme

Luftdichte Hülle auch im Bestand: n₅₀ < 0,6 1/h

Kontrollierte Lüftung (EnEV): n_{AnI} = 0,4 1/h ► 4 mal 6 = 24 kWh/(m² a))

Freie Lüftung: viermal täglich vollständiger Luftaustausch

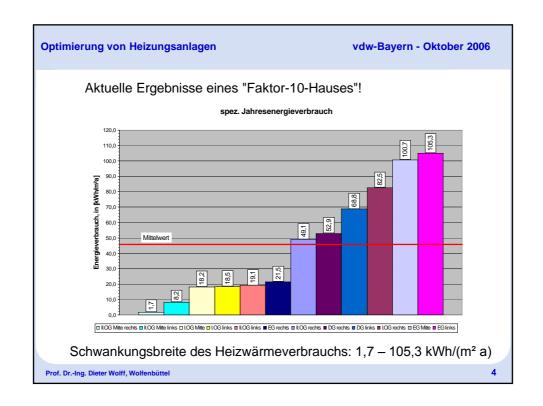
Lüftungsanlagen: Abluftanlage: 10 – 20 €/m², P_{el}: 0,1 – 0,15 Wh/m³

Zu- und Abluft/WRG: 40 - 50 €/m², Pel: 0,3 - 0,5 Wh/m³

Heizanlagen: Neuauslegung – Optimierung (proKlima-Programm) Heizflächen (65/40°C) – Thermostatventile (k_{VS} <0,1 m^3 /h) – Verteilund Zirkulationsleitungen: doppelte Dämmung – Hocheffizienzpumpen (< 15 W_{el}) – Reglereinstellung (Heizgrenztemperatur < 12°C) - Hydraulischer Abgleich (H_{Pumpe} < 1 – 2m)

Nutzerinformation: Begrenzung des Verschwendungspotentials der weiterhin vorhandenen Heizflächen – Keine unkontrollierte Lüftung

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel







vdw-Bayern - Oktober 2006

Vor- und Nachteile unterschiedlicher Lüftungssysteme [Laidig 2001]

Abluftanlage oder Zu-/Abluftanlage mit WRG?	Anlage	ntyp
	AB	WRG
<u>Standardanforderungen</u>		
Sichere Entlüftung	+	+
Sichere Belüftung bei dichter Gebäudehülle	+	+
Sichere Belüftung bei undichter Gebäudehülle	-	+
Platzbedarf für Kanäle, Zentralgerät etc.	+	0
Einsatz an elektrischer Energie	+	0
Einsatz an Heizenergie bei dichter Gebäudehülle	0	+
Einsatz an Heizenergie bei undichter Gebäudehülle	0	0
Investitionskosten	+	0
Sonderanforderungen		
Sichere Belüftung in windexponierter Lage	-	+
Sichere Belüftung bei einem Luftverbund über mehr als 2 Geschosse	?	+
Hohe Anforderungen an Schallschutz gegen außen	0	+
Hohe Anforderung an Außenluftfilterung	-	+
Gleichzeitiger Betrieb mit raumluftabhängigen Feuerstätten	nicht zu	lässig

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

7

Optimierung von Heizungsanlagen

vdw-Bayern - Oktober 2006

Praktische Ergebnisse: Lüftungssysteme im Vergleich (IKZ – 21/2003/44ff)

<u>BMWi-Modellvorhaben: Vergleichende Untersuchung von Lüftungssystemen</u> Zwei separate Gebäudehälften (P2) je 50 WE mit zusammen 2539 m² Wfl.

Vor der Sanierung (Baujahr 65): Heizenergieverbrauch: 178 kWh/(m²a)

Standardsanierung: 8 cm WDV, ungeregelte Abluftanlage:

Heizenergieverbrauch: 90 kWh/(m²a)

Sanierung+: 14 cm WDV, Wärmeschutzverglasung U= 0,8 – 1,1 W/(m²K) mit bedarfsgeführter Abluftanlage: Heizenergieverbrauch: 66 kWh/(m²a) mit Zu- und Abluftanlage und WRG: Heizenergieverbrauch: 60 kWh/(m²a) Zu- und Abluft mit WRG theoretisch: Heizenergieverbrauch: 30 kWh/(m²a)

Bei Abluftanlage: Teilweise Beschwerden Fußkälte

Bei Zu- und Abluftanlage: Mieterzufriedenheit tendenziell höher

In beiden Fällen: 6- 10% ständig geöffnete Fenster

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

vdw-Bayern - Oktober 2006

Ansatz zur Lösungsfindung: Wertanalyse als Entscheidungshilfe

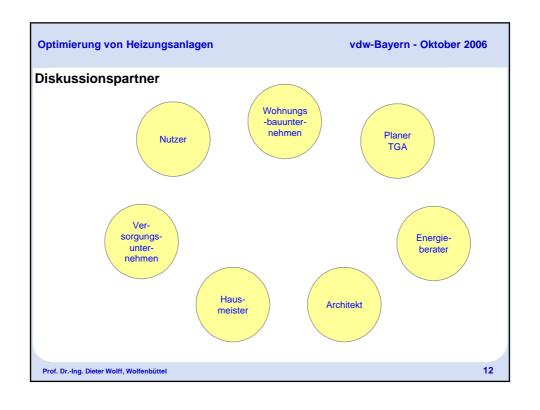
Die Wertanalyse ist eine Methode, um für ein kontrovers diskutiertes Problem eine Kompromisslösung zu finden, mit der alle Beteiligten – so weit es geht - zufrieden sind.

Die gefundene Lösung stellt unter Abwägung aller Fakten das Lösungsoptimum dar.

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

q

Optimierung von Heizungsanlagen vdw-Bayern - Oktober 2006 Problemstellung und drei mögliche Alternativen zur Lösung Ein wärmetechnisch modernisiertes Mehrfamilienwohnhaus (6 Wohneinheiten) Problem: mit Zentralheizung soll hinsichtlich unterschiedlicher Lüftungskonzepte analysiert werden. Nach einer vollständigen Sanierung der Außenfassade, Fensteraustausch und Zentralisierung der Alternative 1 Fensterlüftung Heizungsanlage wird nur eine Fensterlüftung vorgesehen. Es wird der Einbau von Außenluftdurchlasselementen Zentrale Alternative 2 und zentraler Abluft in Küche, Bädern und WCs Abluftanlage vorgesehen Wohnungsweise Zu- und Abluftanlage mit WRG Je Wohneinheit wird ein Lüftungsgerät mit Zu- und Alternative 3 Abluftventilatoren und Wärmerückgewinnung eingebaut 11 Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel



vdw-Bayern - Oktober 2006

Funktionen, die alle Lösungen erfüllen sollen

Funktion	Gebrauchsfun ktion (1) oder Geltungsfunkti on (2)	Sollfunktio n (1) oder Wunschfun ktion (2)
Schimmelpilzbildung vermeiden	1	1
Abtransport von Feuchtigkeit gewährleisten	1	1
Bedarfsabhängige Lüftung, abhängig von der Nutzung (Personenzahl)	1 2	1 2
Verminderung der Lüftungswärmeverluste	1	2
Schallschutz gewährleisten	1	1 2
Wartung und Instandhaltung einfach halten	1	1 2
Geringer Hilfsenergieverbrauch für Ventilatoren realisieren	1	2
Einfache, nutzerfreundliche Bedienung	1	12
Zugerscheinungen vermeiden	1	2

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

13

Optimierung von Heizungsanlagen

vdw-Bayern - Oktober 2006

Zusammenstellung der Kriterien für die Bewertung

Kri	terium (Kürzel)	Detaillierte Beschreibung
1	Investitionskosten	Investitionskosten minimieren
2	Wartung, Betrieb	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand gering halten
3	Energiekosten, Effizienz	Energieverbrauch und damit -kosten minimieren
4	Schutz der Bausubstanz	Bausubstanz schützen(Schimmelpilzvermeidung)
5	Wohnkomfort, Raumhygiene	Wohn- und Raumhygiene (Feuchte- und Schall) erhöhen
6	Vermietbarkeit, Wohnstandard	Wohnstandard und Vermietbarkeit verbessern

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

Optimierung von Heizungsanlagen vdw-Bayern - Oktober 2006 Bestimmung der Gewichtung der Merkmale aus der Sicht des Wohnungsunternehmens 1: Investitionskosten Gewichtung g in [%] 2: Wartung, Betrieb : Energiekosten, Effizienz 4: Schutz der Bausubstanz 6: Vermietbarkeit, Wohnstandard Kriterium 1: Investitionskosten 2 0 23 % 1: Investitionskosten 2: Wartung, Betrieb 3: Energiekosten, Effizienz 4: Schutz der Bausubstanz 5: Wohnkomfort, Raumhygiene 6: Vermietbarkeit, Wohnstandard 0 0 0 13 % 0 0 0 0 4 % 1 2 23 % 0 0 0 0 4 % 10 33 % 2 2 2 2 30 100 % 15 Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

rschiedener Interessensg		ittelwe n	ert					
_								
			G	ewichtu	ng, in [º	%]		
Kriterium	Wohnungsbau- unternehmen	Nutzer	Energieberater	Fachplaner TGA	Versorgungs- unternehmen	Hausmeister	Architket	Mittelwert
	23 %	17 %	13 %	7 %	3 %	7 %	3 %	10 %
1: Investitionskosten				4= 04		(07.0)	40.07	15 %
	13 %	23 %	10 %	17 %	3 %	27%	10 %	10 /0
2: Wartung, Betrieb	13 %	23 % 27 %	10 % 20 %	17 % 27 %	3 %	7 %	10 %	
1: Investitionskosten 2: Wartung, Betrieb 3: Energiekosten, Effizienz 4: Schutz der Bausubstanz								19 % 22 %
2: Wartung, Betrieb 3: Energiekosten, Effizienz	3 %	27 %	20 %	27 %	33 %	7 %	17 %	19 %

vdw-Bayern - Oktober 2006

Bestimmung der Erfüllungsgrade (Werte) der Alternativen aus der Sicht des Wohnbauunternehmens

Kriterium	Ge- wich- tung	Fenste	lüftung	Zentrale Abluftanlage		wohnungswei- se Zu- und Abluftanlage mit WRG	
	g, [%]	Wert w, [-]	w · g	Wert w, [-]	w · g	Wert w, [-]	w · g
1: Investitionskosten	10 %	1,00	0,10	0,50	0,05	0,00	0,00
2: Wartung, Betrieb	15 %	1,00	0,15	0,75	0,11	0,25	0,04
3: Energiekosten, Effizienz	19 %	0,25	0,05	0,50	0,10	0,75	0,14
4: Schutz der Bausubstanz	22 %	0,25	0,06	0,75	0,17	1,00	0,22
5: Wohnkomfort, Raumhygiene	16 %	0,00	0,00	0,50	0,08	1,00	0,16
6: Vermietbarkeit, Wohnstandard	17 %	0,00	0,00	0,25	0,04	0,75	0,13
Summe	100 %		0,36		0,55		0,69

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

17

Optimierung von Heizungsanlagen

vdw-Bayern - Oktober 2006

Erfüllung als Mittelwert verschiedener Interessensgruppen

Alternative		w · g								
	Wohnungsbau- unternehmen	Nutzer	Energieberater	Fachplaner TGA	Versorgungs- unternehmen	Hausmeister	Architket	Mittelwert		
1: Fensterlüftung	0,36	0,45	0,49	0,35	0,42	0,63	0,56	0,41		
2: zentrale Abluft	0,55	0,71	0,69	0,50	0,54	0,68	0,81	0,56		
3: dezentrale Zu- und Abluft	0,69	0,81	0,75	0,83	0,62	0,63	0,51	0,61		



Fazit: Die dezentrale Zu- und Abluft würde realisiert

Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Wolfenbüttel

