

Erreichte Einsparungen und Verbesserungen



Gliederung

1. Projektziele und Projektablauf
 2. Erfassung des Ist-Zustands und Optimierung
 3. Projektergebnisse: Energieeinsparung
-
4. Projektergebnisse: Kosten und Wirtschaftlichkeit
 5. Empfehlungen für die Praxis
 6. Ausblick EnEV 2006 und Gebäuderichtlinie

vorhandene Technologien bestmöglich zu nutzen durch die Optimierung von bestehenden Heizungsanlagen

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

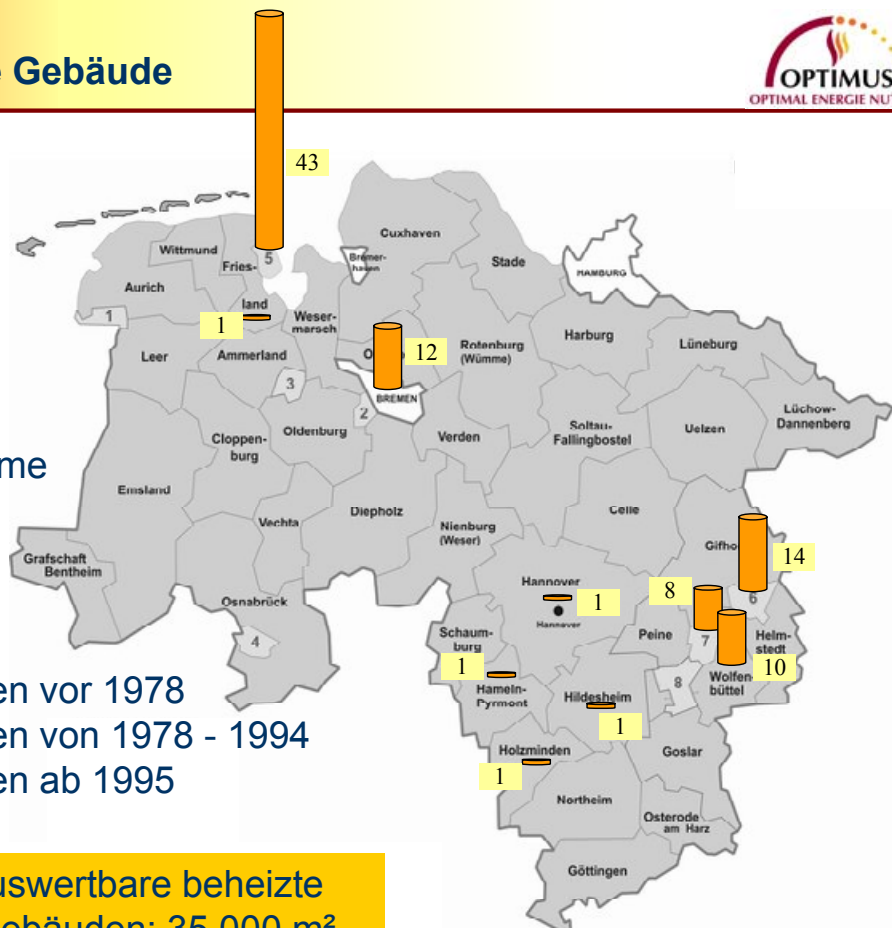
Beide Ziele wurden erreicht!

3

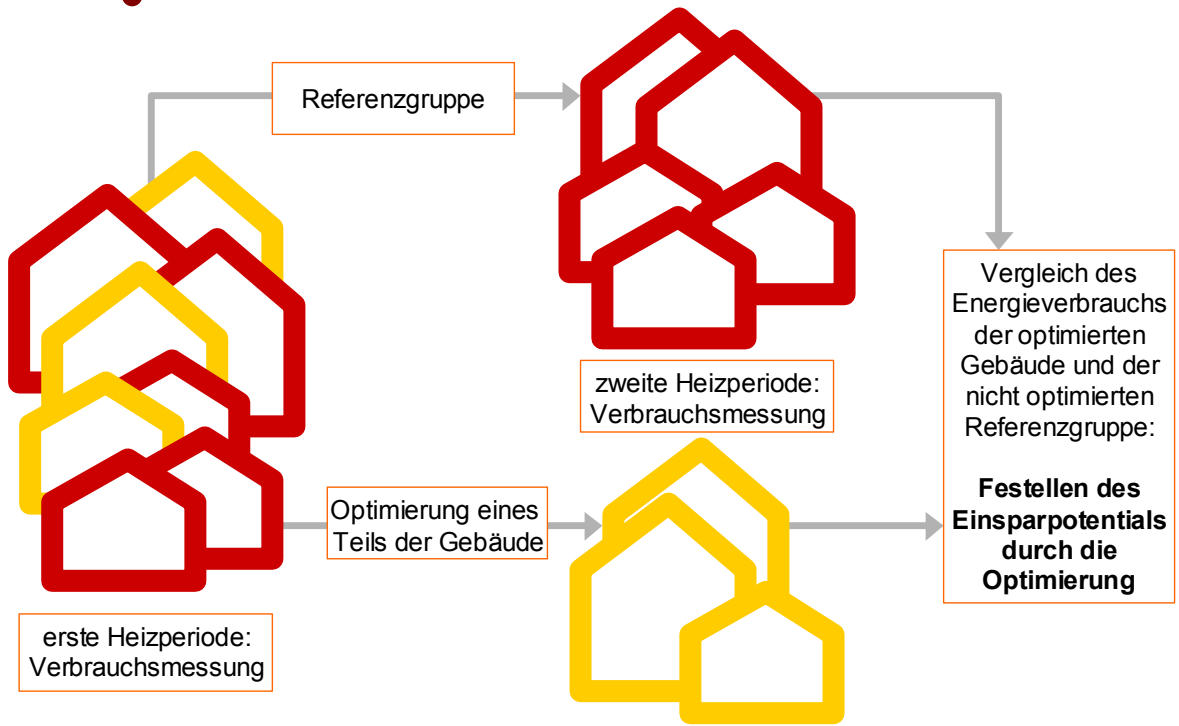
Gewählte Gebäude

- 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



4



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



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



großzügige Heizkörperbemessung:

$\frac{\text{Heizkörpernormleistung}}{\text{effektiver Raumheizlast}} = \text{etwa } 1,7$



- 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 Hälfte der Thermostatventile sind überhaupt voreinstellbar.

7

Verteilssystem und Umwälzpumpen

großzügige Pumpenauslegung:

$\frac{\text{vorhandene elektrische Pumpenleistung}}{\text{ausreichende el. Pumpenleistung}} = \text{etwa } 3,0$

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

8

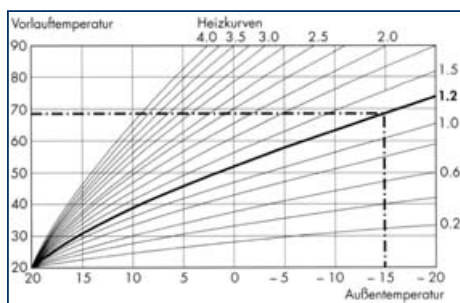
großzügige
Wärmeerzeugerauslegung:

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

9

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)

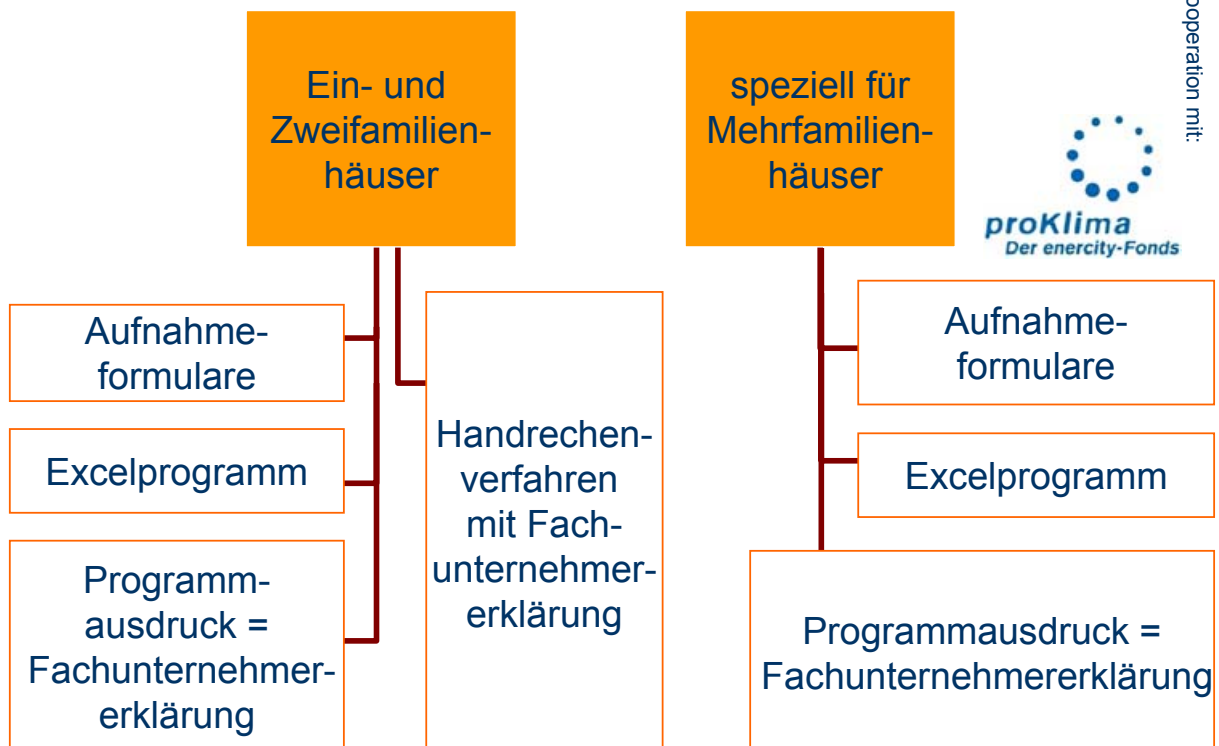
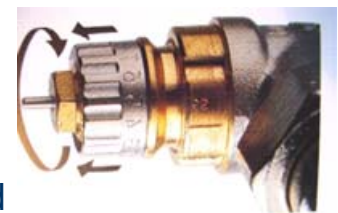
10

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



Heizwärmereersparnis:	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 ...

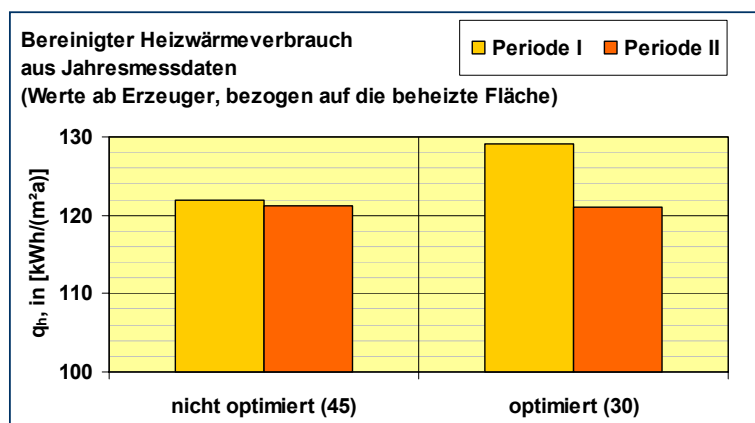
- neuen Gebäuden (nach 1978) deutlich höher als in den alten Gebäuden (vor 1977)
- Gebäuden mit geringem Heizwärmeverbrauch (unter 130 kWh/m²a) deutlich höher als bei hohem Heizwärmeverbrauch (über 130 kWh/m²a)
- MFH im Mittel etwas höher als in den EFH
- Gebäuden mit Kessel höher als in den Gebäuden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

Heizwärmeeinsparung

im Mittel $\Delta q_h = -7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

- mit q_h bis 130 kWh/(m²a) -11 kWh/m²a
- mit q_h ab 130 kWh/(m²a) -2 kWh/m²a
- bis 1977 0 kWh/m²a
- 1978 bis 1994 -9 kWh/m²a
- ab 1995 -18 kWh/m²a

- EFH -6 kWh/m²a
- MFH -8 kWh/m²a
- Kessel -10 kWh/m²a
- Fernwärme -4 kWh/m²a



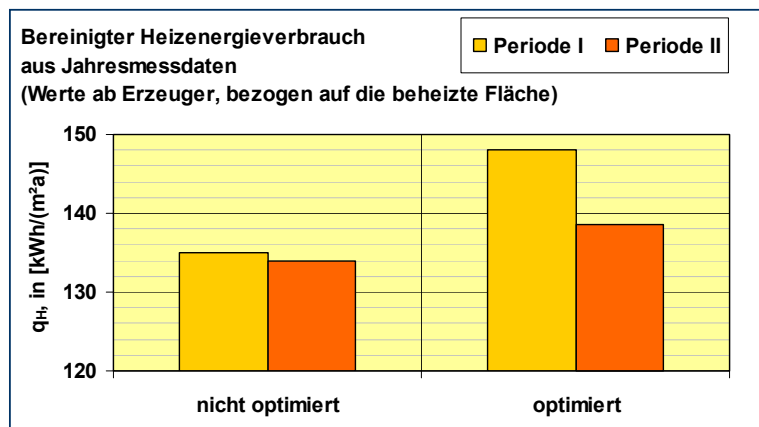
im Mittel $\Delta q_H = -8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

- mit q_H bis $130 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ $-12 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$
- mit q_H ab $130 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ $-4 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$

- bis 1977 $-1 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$
- 1978 bis 1994 $-14 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$
- ab 1995 $-19 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$

- EFH $-4 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$
- MFH $-11 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$

- Kessel $-11 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$
- Fernwärme $-5 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$



15

Überraschend!

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 unregelmäßige
- mangelnde Qualität führt zu geringen Verschwendungspotentialen
- es ergeben sich dann auch geringere Einsparpotentiale

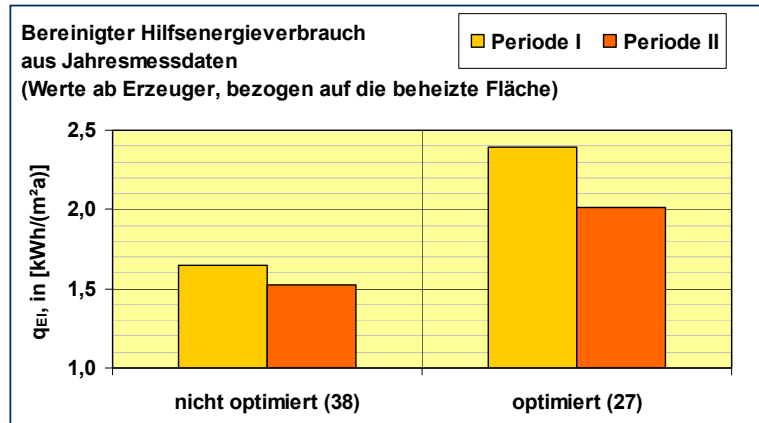
16

im Mittel $\Delta q_{EI} = -0,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

- EFH -0,3 kWh/m²a
- MFH -0,2 kWh/m²a

- bis 1977 -0,1 kWh/m²a
- 1978 bis 1994 -0,6 kWh/m²a
- ab 1995 -0,1 kWh/m²a

Die Einsparung an Primärenergie ist drei mal so hoch!

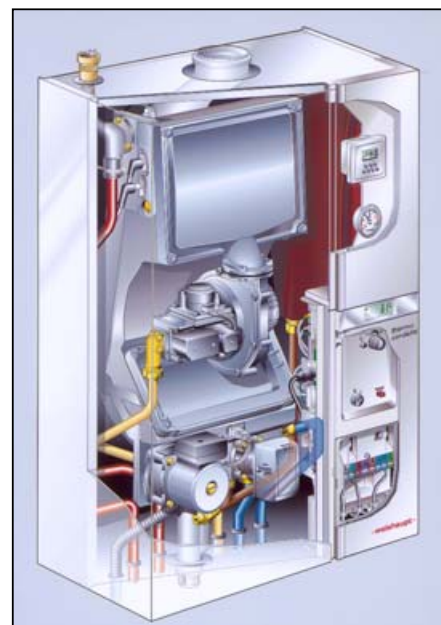


Sondermaßnahme: Optimierung mit Pumpentausch

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



Mehrfamilienhaus mit 18 Wohneinheiten,
Baujahr 1998, 1250 m² Wohnfläche



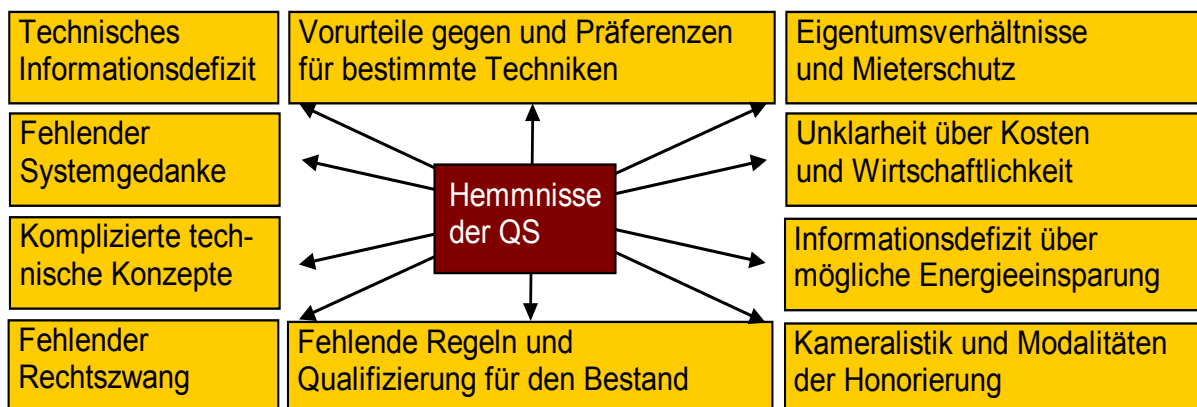
Optimierungsmaßnahmen ohne Investitionen in Komponenten:

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

Verringerung des Verbrauchs thermischer Energie durch Optimierung von **99 kWh/(m²a)** auf **78 kWh/(m²a)**

Das entspricht einer prozentualen Verringerung von 21 %

Hemmnisse für Optimierung



Darüber hinaus sind auch die Entwicklungen der Vergangenheit (seit etwa 1978) ein Hemmnis.

Heute offen für die Qualitätssicherung zu plädieren – vor allem die nachträgliche – bedeutet nicht Versäumnisse der letzten 40 Jahre anzuprangern, sondern neue Erkenntnisse zur Optimierung zukünftig im Neubau und bei der Modernisierung einzubringen!

Heizwärmersparnis:	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

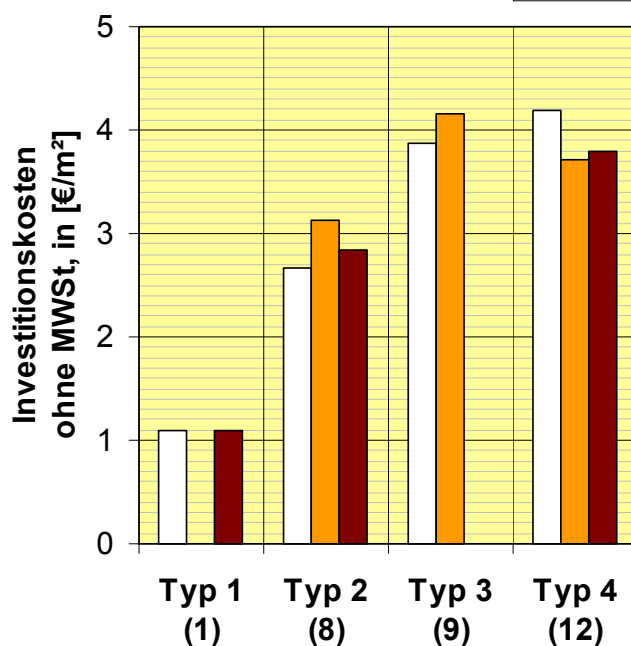
Maßnahmenpaket / Typ:

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

Kosten für die Optimierung

(Werte bezogen auf die beheizte Fläche)



SOLL

Investition: 42.000 €

- jährliche Kapitalkosten (15 Jahre, Zins 5%/a) ca. 4200 €/a
- jährliche Wartungskosten (Schmutzfilter) ca. 200 €/a.

notwendige Ersparnis für Wirtschaftlichkeit:

- entweder **58.000 kWh/a** (thermische Energie)
- oder **19.000 kWh/a** (el. Hilfsenergie)

IST

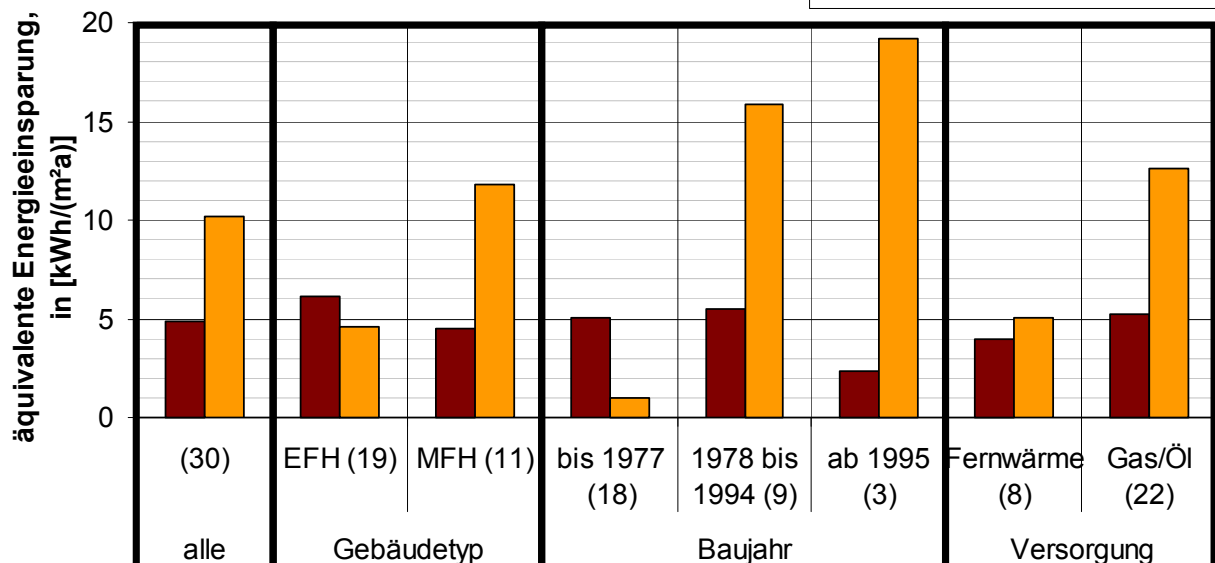
Erreichte Einsparung

- **106.000 kWh** (thermische Energie)
- und **3.700 kWh/a** (el. Hilfsenergie)
- äquivalente Energie: **117.000 kWh/a** (Strom mit 3,0 umgerechnet)

Projektziel erreicht !

Wirtschaftlichkeit der Optimierung

(Werte bezogen auf die beheizte Fläche)



- Planung und Ausführung einer qualitativ hochwertigen Anlagentechnik im Neubau: ca. 5 ... 8 €/m²
- davon 1,5 €/m² im MFH und 2,0 €/m² im EFH für die Planung und Umsetzung der reinen Optimierung (Berechnungen, Komponentenwahl, Einstellung vor Ort, Dokumentation)
- Rest für höherwertige Komponenten und Dämmungen

entspricht etwa 0,7 % der heutigen Baukosten (1200 €/m²)

- erfordert: mittlere jährliche Energieeinsparung von 10 ... 15 kWh/(m²·a)
- realistisch für den Neubau nach unseren Projektergebnissen!

Quelle: Energieeinsparungen in Gebäuden. Eickenhorst / Joos

„korrekte Reglereinstellung und hydraulischer Abgleich (abgegliche Thermostatventile und angepasstes Nutzerverhalten“
-5 ... -25 kWh/(m²a)
Heizenergie

Hochrechnung auf den Gebäudebestand

3,2 Milliarden Quadratmeter beheizter Fläche in Wohngebäuden

43 % in MFH und 57 % in EFH
91 % mit optimierbarer Warmwasserheizung
13 % Typ 1 / 34 % Typ 2 / 10 % Typ 3 / 35 % Typ 4

Gesamtkosten der Optimierung:

10,9 MRD €
bzw. 3,8 €/m²

Gesamteinsparung:

- ca. 4 ... **7** ... 9 kWh/(m²a)
bei Anlagentechnikoptimierung ohne Bauoptimierung
- ca. 7 ... **10** ... 12 kWh/(m²a)
bei kombinierter Anlagentechnik- und Bauoptimierung

Zusammen mit der baulichen Optimierung ist die Wirtschaftlichkeit sofort gegeben:
äquivalenter Energiepreis **4 ... 6 €Cent / kWh**

Bewertung anhand Energieeinsparung sowie Wirtschaftlichkeit.

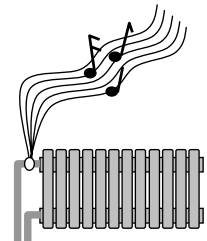
	EFH		MFH	
	mit Kessel	mit Fernwärme	mit Kessel	mit Fernwärme
Baujahr bis 1977 – nicht baulich modernisiert	0	0	0	0
Baujahr bis 1977 – größtenteils baulich modernisiert	+	+	++	+
Baujahr 1978 bis 1994	+	+	++	+
Baujahr ab 1995	++	++	++	++

- 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

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

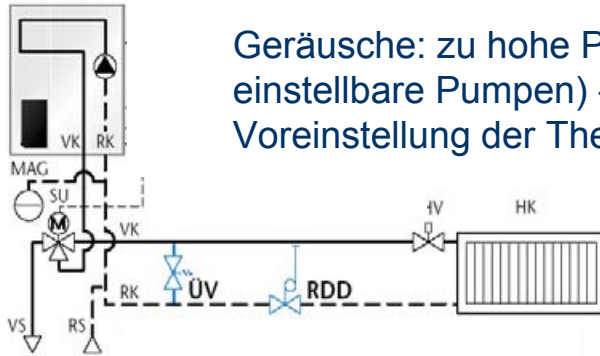


Nutzer sind unbedingt in den Optimierungsprozess einzubeziehen!

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.





Geräusche: zu hohe Pumpenförderhöhen (nicht einstellbare Pumpen) - daher beim Abgleich starke Voreinstellung der Thermostatventile

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.

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 $\Delta q_h = -10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- § **Wohngebäude mit Baujahren vor 1978 ohne weitere bauliche Maßnahmen:**
kein Bonus für Heizwärmebedarf
- § **Alle Wohngebäude:**
Bonus für Hilfsenergiebedarf $\Delta q_{Ei} = -0,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Theorie:

- Faktor 3,0 zwischen alten und neuen Gebäuden

Praxis:

- Faktor 1,5 zwischen alten und neuen Gebäuden

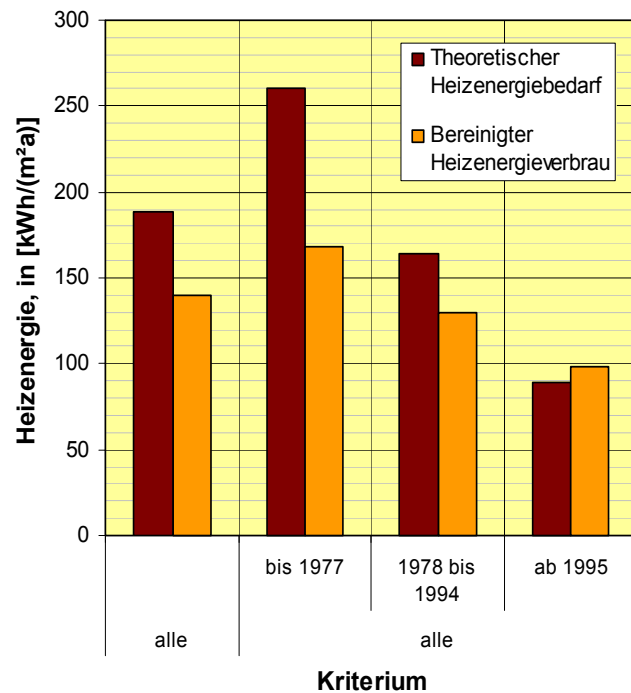
Abgleich:

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

Konsequenz:

- zu hohe theoretische Einsparprognose

Heizenergie - Bedarf und Verbrauch
(bezogen auf die beheizte Fläche)



Verwertung der Erkenntnisse des Projekts:

1. Gemessenen Einspareffekt einer Optimierung als Qualitätssicherungsbonus in der theoretischen Energiebilanzierung (DIN 4701-10, DIN 4701-12, PAS 1027, DIN 18599) oder im vereinfachten Verfahren der EnEV 2006 aufnehmen.
2. Nachgewiesene Abweichung von theoretischen und gemessenen Energiekennwerten verwenden, um Randbedingungen der theoretischen Rechenverfahren (Energiebilanzierung, Heizlastberechnung) zu verbessern, damit Bedarf und Verbrauch künftig besser übereinstimmen.
3. Verfahren zur technischen Umsetzung der Optimierung als verbindliche Regeln der Technik umsetzen. Dazu Festschreiben der erfolgreich getesteten notwendigen Arbeitsschritte einer Heizungsanlagenoptimierung im Bestand (Eingangsdaten, Berechnungsablauf, Umsetzung) in einer technischen Regel (z.B. VDMA)

Mögliche Zukunftsprognosen:

1. Verbreitung von echten Passivhäusern mit Luftheizung.
Verzicht auf Pumpenwarmwasserheizung.
Qualitätssicherung für das Lüftungssystem etablieren.
2. Nutzung regenerativer Energien mit konventioneller Heiztechnologie in hochwärmegedämmten Häusern.
Qualitätssicherung künftig noch wichtiger!

Bis dahin Gebäude mit konventionellen Heizungsanlagen und Energieträgern.
OPTIMUS-Heizungsanlagenoptimierung zur Schonung der Energieressourcen und als Impulse für das Handwerk.



- Wohnbaugesellschaft Nibelungen will aufgrund des Projekts 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 !

IMPRESSUM

Projektpartner / OPTIMUS-Gruppe:



Dieser Foliensatz wurde im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt DBU geförderten Projektes "OPTIMUS,, (OPTimierung von Heizungssystemen durch InforMation und Quali-fikation zur nachhaltigen NutzUng von EnergieeinSparpotenzialen) entwickelt.



Der Foliensatz kann kostenlos als unverändertes Gesamtwerk (nicht in Auszügen) weitergegeben werden, wenn die "OPTIMUS"-Gruppe als Ersteller und Bezugsquelle benannt wird.

Für die Schulung können einzelne Folien ausgeblendet werden.

Kommerzieller Vertrieb ist nicht gestattet.



Innung Sanitär- und Heizungstechnik Wilhelmshaven



Berufsbildende Schulen II Aurich



Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung Bremen



Trainings- & Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel e.V. Wolfenbüttel



Firma WILO AG Dortmund