

# Forschungs- und Qualifizierungsprojekt

SH-Innung Wilhelmshaven – FH BS/Wolfenbüttel – BBS II Leer – Uni Bremen FPB - WILO

## Optimierung von Heizsystemen durch Information und Qualifikation zur nachhaltigen Nutzung von Energieeinsparpotentialen

Kooperation: OPTIMUS – proKlima – DBU-Studie Brennwertkessel



## Qualität in der Gebäude- und Anlagentechnik

Ursachen für die hohen Verbrauchswerte heutiger Heizungsanlagen  
Einsparchancen: Verschwendungspotential und Zwangswärmekonsum

1. Qualität ist quantifizierbar: Ergebnisse aus dem OPTIMUS-Projekt
2. Qualität ist messbar: Energieanalyse aus dem Verbrauch - Energiepass
3. Qualität ist systemabhängig: Verluste von Brennwertkesseln in der Praxis

Fazit: Empfehlungen an Hersteller – Handwerk - Nutzer

## Qualitätssicherung in der Heizungsanlagentechnik

In der Heizungs- und Lüftungsanlagentechnik fehlt eine Qualitätssicherung wie der Blower-Door-Test in der Gebäudetechnik.

EnEV-Bonus für Dichtheit:  $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) = 40\%$  des Heizwärmebedarfs eines Passivhauses

**Ziel des OPTIMUS/proKlima - Projektes ist, diesen Bonus zu übertreffen und QS in der EnEV 2006 und im Energiepass zu etablieren und ein neues Geschäftsfeld für das Handwerk zu eröffnen! Zukünftig ohne Förderung! Weil es von sich aus wirtschaftlich ist!**

## Qualitätssicherung in der Heizungsanlagentechnik

**Warum wird im Neubau und im modernisierten Bestand ca. 30% mehr verbraucht als nach EnEV theoretisch erreichbar wäre?**

Viele Studien, wie z. B. der TU München und des Kaminkehrerhandwerks aus dem Jahr 2000 oder "das Wunder von Norderstedt (1987)": Mehrverbrauch nach Kesselmodernisierung – untersucht von Prof. Bach – belegen dies. Auch eigene Projektbeispiele belegen dies!

**Ursache: Verschwendungspotentiale und Zwangswärmekonsum durch mangelnde Planung bzw. Auslegung und fehlende Qualitätssicherung**

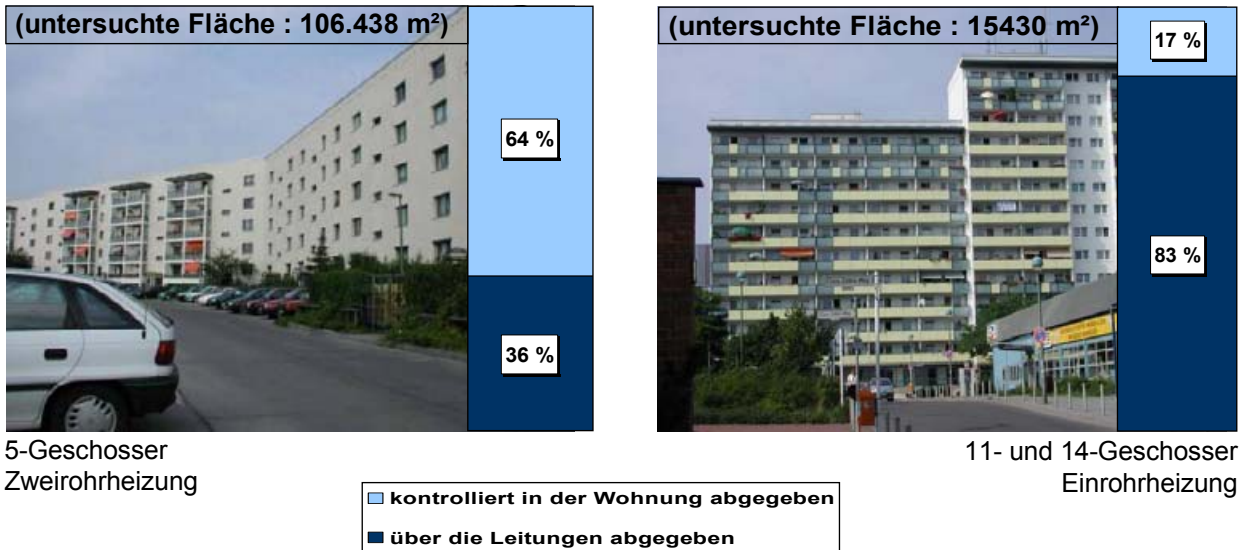
Es ist müßig die Ursachen einseitig einer Gruppe zuzuordnen:  
Nutzer – Hersteller – Planer – Handwerk

**Besser ist zukünftig "wieder" eine planmäßige Heizungsauslegung und eine Qualitätsgesicherte, dokumentierte Ausführung (proKlima-Projekt)**

## Beispiel: Mehrverbrauch trotz guter Hülle und guter Wärmeezeugung

In modernisierten Plattenbauten der neuen Bundesländer treten, abhängig von den eingesetzten Heizrohrsystemen, bei gleicher Qualität der Außenfassade und gleicher Erzeugung, also bei wahrscheinlich gleichen Kennwerten in Bedarfsausweisen, sehr unterschiedliche Heizenergieverbräuche auf:

### 40% Verbrauchsunterschied - Alte Einrohrheizung - Zwangswärmekonsum



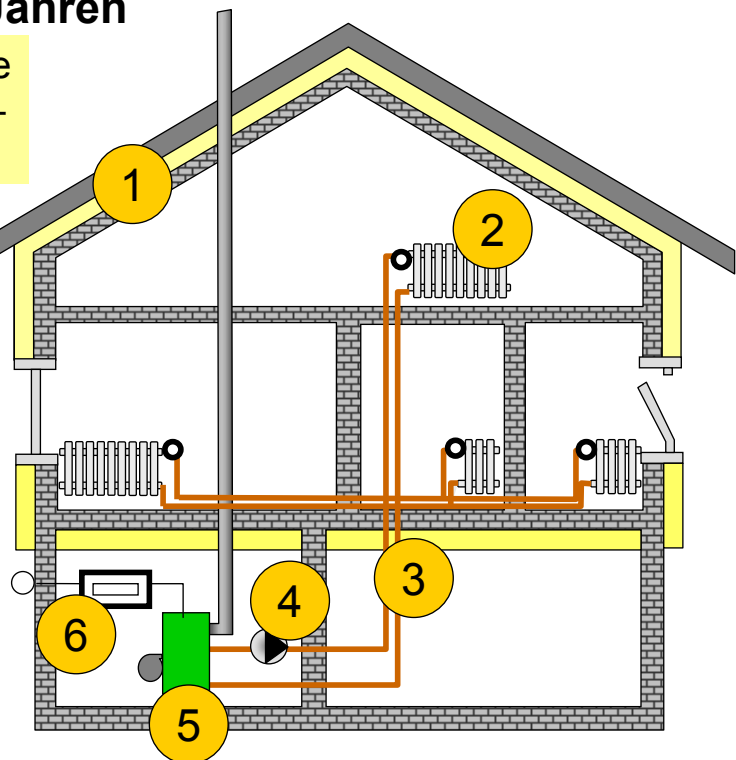
5-Geschosser  
Zweirohrheizung

11- und 14-Geschosser  
Einrohrheizung

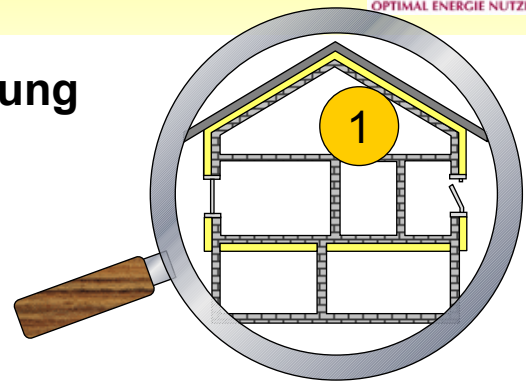
## Anlagenauslegung vor 30 Jahren

... so wird es gelehrt und so wurde es auch früher mit Erfolg durchgeführt

1. Heizlastermittlung (DIN 4701)
2. Heizkörperauslegung mit 90/70 °C einheitlich
3. Rohrnetzrechnung mit 100 Pa/m, Ventilautorität von 0,5 am ungünstigsten Heizkörper,  $X_P = 2 K$  für die TH-Ventile
4. Angepasste Auslegung der Pumpe
5. Kessel passend zum Gebäude ohne oder mit geringem hydraulischen Widerstand
6. Einstellung der Heizkurve gemäß Heizkörperauslegung



## Theorie und Praxis: Heizlastberechnung



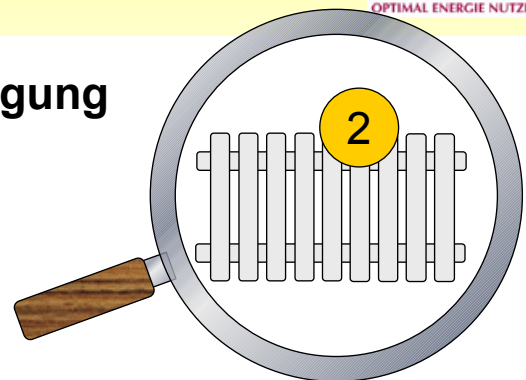
### Wunsch...

- Heizlastermittlung raumweise nach EN 12831 oder bis vergangenes Jahr nach DIN 4701-1, 2 und 3

### ...Wirklichkeit

- keine Heizlastermittlung
- **Daumenwerte** (unabhängig ob Eck- oder innenliegende Räume)
- **40 ... 100 W/m<sup>2</sup>**

## Theorie und Praxis: Heizkörperauslegung



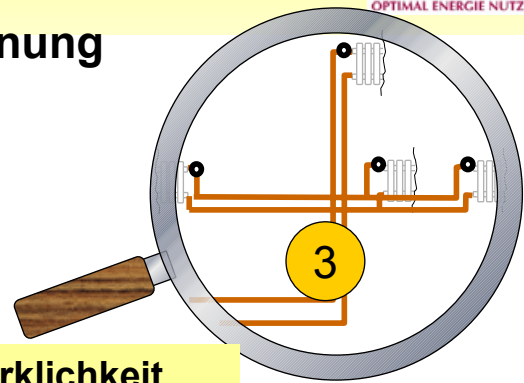
### Wunsch...

- Heizkörperauslegung nach Heizlastermittlung
- Auslegungstemperaturen einheitlich, z.B. 65/40 °C

### ...Wirklichkeit

- **Heizkörperauswahl (keine Auslegung) nach geschätzter Heizlast** und/oder Breite des Fensters – VDI 6030 – Neue Wärme?!?
- Auslegungsvorlauftemperaturen 55/45 °C - Herstellerempfehlung

## Theorie und Praxis: Rohrnetzberechnung



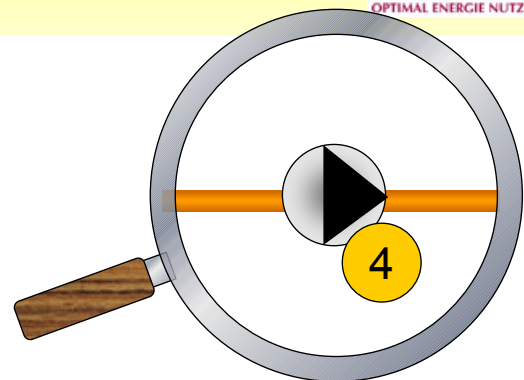
### Wunsch...

- Rohrnetzberechnung mit Thermostatventilauslegung ausgehend vom ungünstigsten Strang
- $R = 30 \dots 70 \text{ Pa/m}$
- Ventilautorität ungünstigster Heizkörper  $a_v = 0,3 \dots 0,5$
- Regelbereich  $X_p = 1 \dots 2 \text{ K}$
- Einsatz der kleinsten THKV (VE oder austauschbare Kegel)
- Hydraulischer Abgleich

### ...Wirklichkeit

- keine Rohrnetzberechnung - Einsatz gängiger Rohrdimensionen
- Thermostatventile viel zu groß und oft ohne Voreinstellmöglichkeit zukünftig verbieten
- wahre Ventilautorität  $a_v < 0,1$
- kein hydraulischer Abgleich

## Theorie und Praxis: Pumpendimensionierung



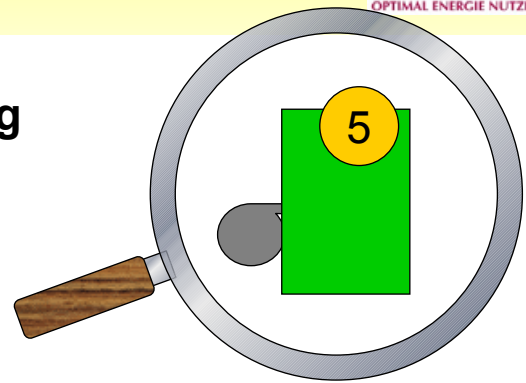
### Wunsch...

- Auswahl der Pumpe nach Rohrnetzberechnung – Höchste Wirkungsgrade (Hocheffizienzpumpen)
- typische Förderhöhen  $0,6 \dots 1,5 \text{ m}$

### ...Wirklichkeit

- Pumpen in Wandgeräten vorgegeben
- Förderhöhen nur in Ausnahmefällen einstellbar, sonst  $2,5 \dots 4 \text{ m}$
- häufig mit Überströmventilen
- Geräuschprobleme
- Energieverschwendung von  $30 \dots 80 \text{ W (€/a)}$

## Theorie und Praxis: Kesselauslegung



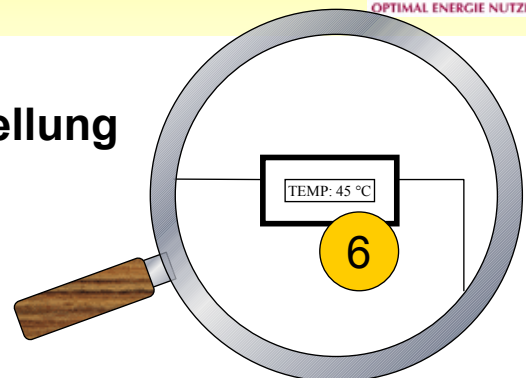
### Wunsch...

- Festlegung der Kesselleistung ohne WW-Bereitung 4 ... 10 kW
- mit WW-Bereitung 11 ... 18 kW
- Hoher Modulationsbereich des Brenners (1:3 bis 1:10)
- Kessel ohne nennenswerte hydraulische Widerstände und ohne eigene Pumpe(nnotwendigkeit)

### ...Wirklichkeit

- Kesselleistung (11) ... 18 ... 24 kW
- hohe hydraulische Widerstände
- viel zu große integrierte Pumpen

## Theorie und Praxis: Regelungseinstellung



### Wunsch...

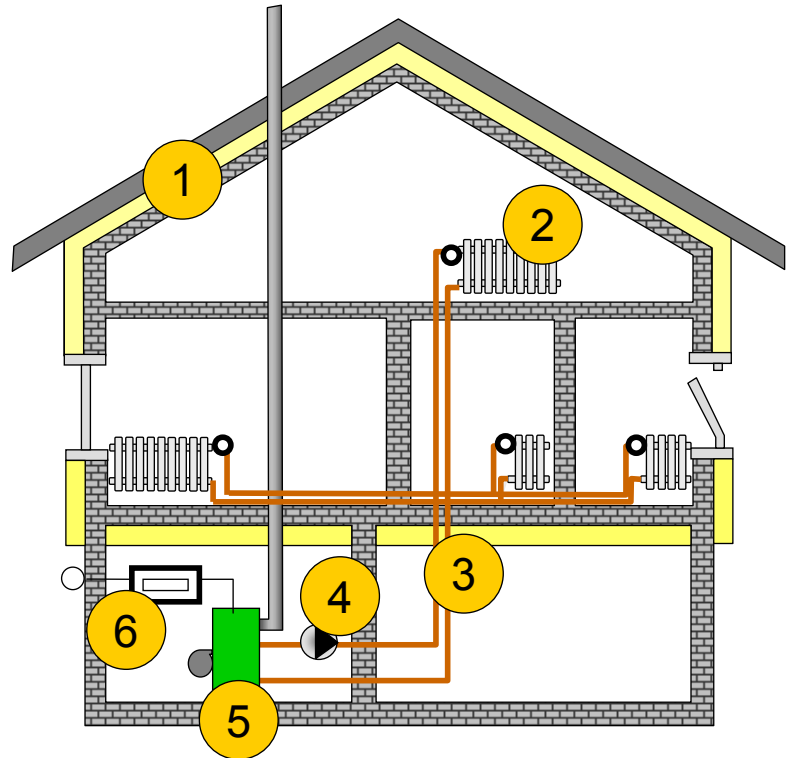
- Einstellung der Heizkurve am Regler gemäß Heizkörperauslegung
- witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung

### ...Wirklichkeit

- keine Einstellung der Heizkurve (Werkseinstellung)
- Resultat: nicht 65°C sondern 80°C Vorlauftemperatur an den Heizflächen

## Resultat

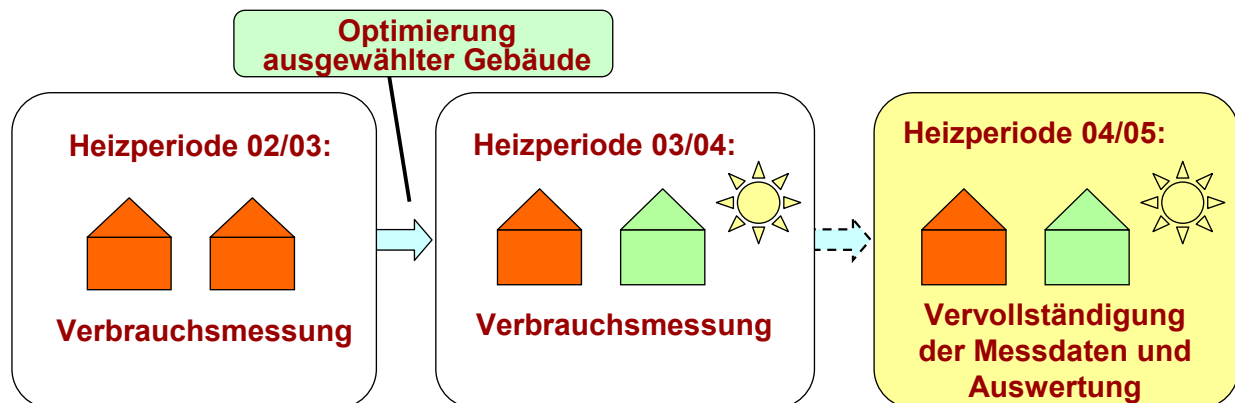
- **Einsparpotential:**  
**20 ... 50 kWh/(m<sup>2</sup>a)**  
**Primärenergie**
- Die Gas- und Ölindustrie sowie die Versorgungsunternehmen freuen sich



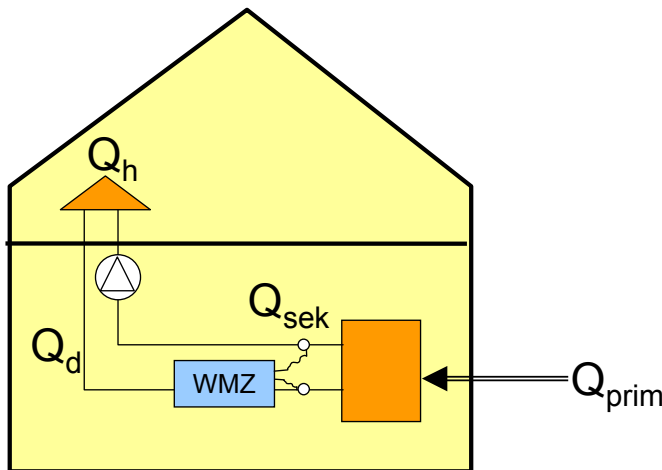
## 1. OPTIMUS: Qualität ist quantifizierbar!

Verbesserung der Energieeffizienz von Heizungsanlagen im Gebäudebestand, Nachweis von Einsparpotentialen durch **Optimierung der Anlagentechnik**

- Messtechnische Erfassung der Verbrauchsdaten von ca. 100 Ein- und Mehrfamilienhäusern im Raum Norddeutschland
- Auswertung der Verbrauchsdaten und Ermittlung des Einsparpotentials durch Optimierung



## Einfaches Messprinzip in allen Projekten

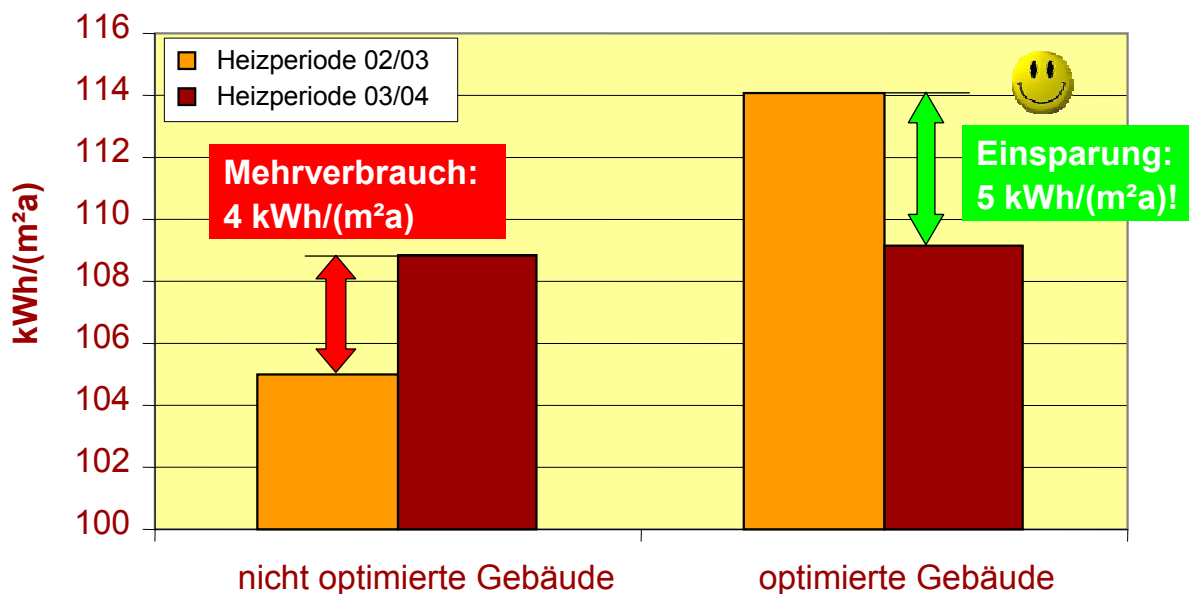


**Messgrößen  
und Messorte**

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 ( $Q_{prim}$ ,  $Q_{sek}$ )

## Verluste über die Gebäudehülle in den Kernheizzeiten 11 – 03 der Heizperioden 02/03 und 03/04 – erste Auswertungen



## Die mittlere Energieeinsparung (Stand: 04/05) durch die Optimierung ist höher als das Einsparpotential eines Blower- Door-Tests nach EnEV

Für alle Messdaten wurde selbstverständlich eine Korrektur des Witterungseinflusses durchgeführt, um die Werte vergleichbar zu machen. Die bislang vorliegenden Ergebnisse sind sehr viel versprechend! Es zeigt sich trotz der noch nicht vollständigen Auswertung ein Einsparpotential alleine für den Heizwärmeverbrauch (ohne zusätzliche Kesselverluste) von im Mittel:

**10 ± 3 kWh/(m<sup>2</sup>a) bezogen auf die beheizte Wohnfläche.**

Dem gegenüber stehen Investitionen von:

**1(MFH)...2(EFH) bis maximal 5 €/m<sup>2</sup> beheizte Fläche**

je nachdem, ob Thermostatventile und Pumpen nur eingestellt oder ausgetauscht werden mussten. Damit ist diese Energieeinsparmaßnahme fast immer wirtschaftlich (EnEG), vor allem dann, wenn die Technikkomponenten bereits vorhanden sind und nur eingestellt werden müssen.

## Maßnahmenpakete

Auf Basis der Einzelkosten für die Maßnahmen ergeben sich die zusammengefassten Kennwerte für die vier möglichen Maßnahmenpakete:

### Maßnahmenpaket 1:

Die vorhandenen Komponenten müssen nur eingestellt werden.

### Maßnahmenpaket 2:

Es müssen voreinstellbare Thermostatventile eingebaut werden.

### Maßnahmenpaket 3:

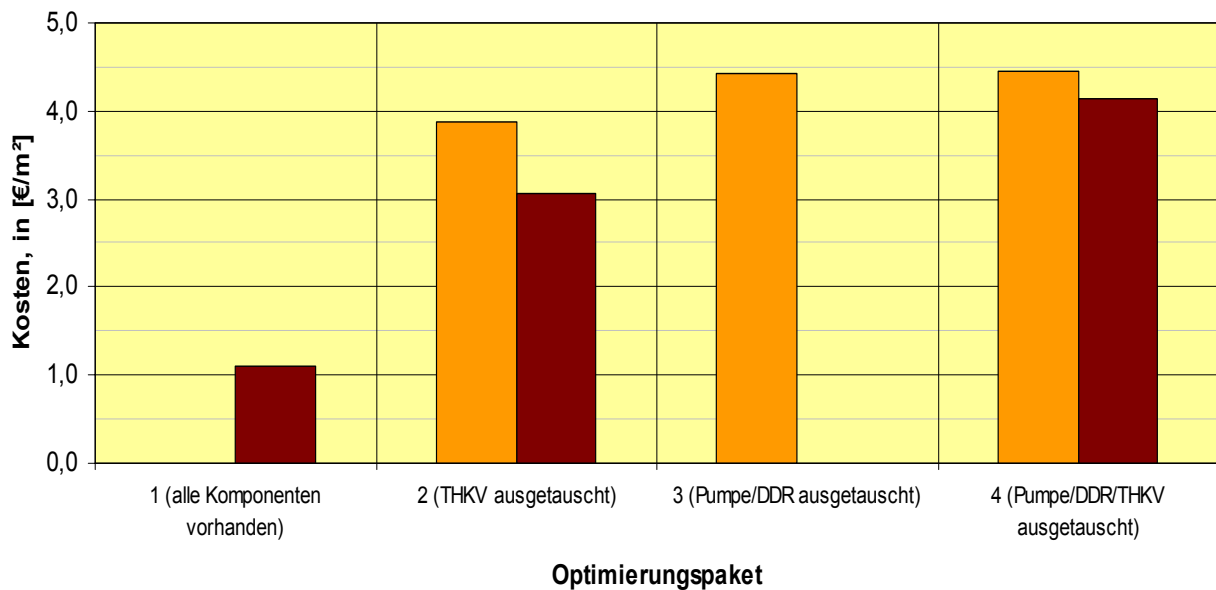
Es muss eine neue Pumpe/neuer Differenzdruckregler eingebaut werden.

### Maßnahmenpaket 4:

Pumpe/Differenzdruckregler und THKV müssen eingebaut werden.

Kosten für die Optimierung, bezogen auf die beheizte Wohnfläche, in [€/m<sup>2</sup>]

EFH  
MFH



## Einzelbetrachtungen von ausgesuchten Gebäuden

**Mehrfamilienhaus in Braunschweig mit 18 Wohneinheiten, Baujahr 1998, 1250 m<sup>2</sup> beheizte Wohnfläche**



Optimierungsmaßnahmen:

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

- ⇒ Verringerung des Verbrauchs thermischer Energie durch Optimierung von **96 kWh/(m<sup>2</sup>a) auf 71 kWh/(m<sup>2</sup>a)**
- ⇒ Prozentuale Verringerung des Wärmeenergieverbrauchs um **26 %**
- ⇒ Verminderung der Kosten der Raumheizung um ca. **1600 €/a** bzw. **90 €/a** je Wohneinheit

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

Die monats- und jahresweise Erfassung von:

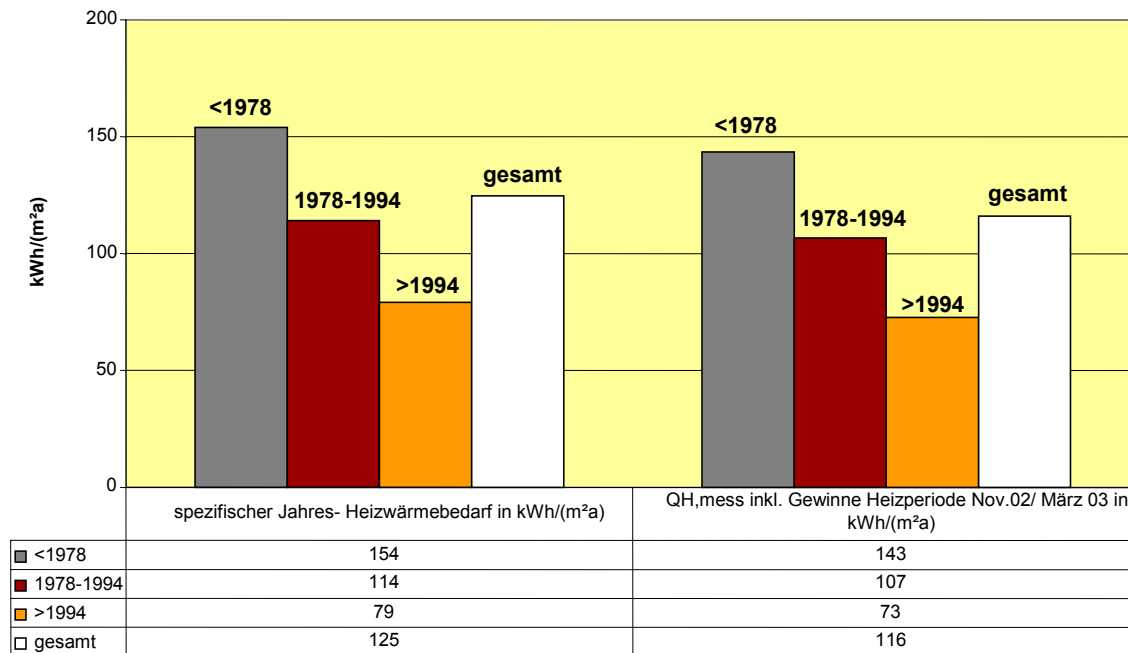
- Heiz- (End-) energieverbrauch (primärseitig)  $Q_{\text{prim}}$
- Nutzwärmeverbrauch (sekundärseitig)  $Q_{\text{sek}}$

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:

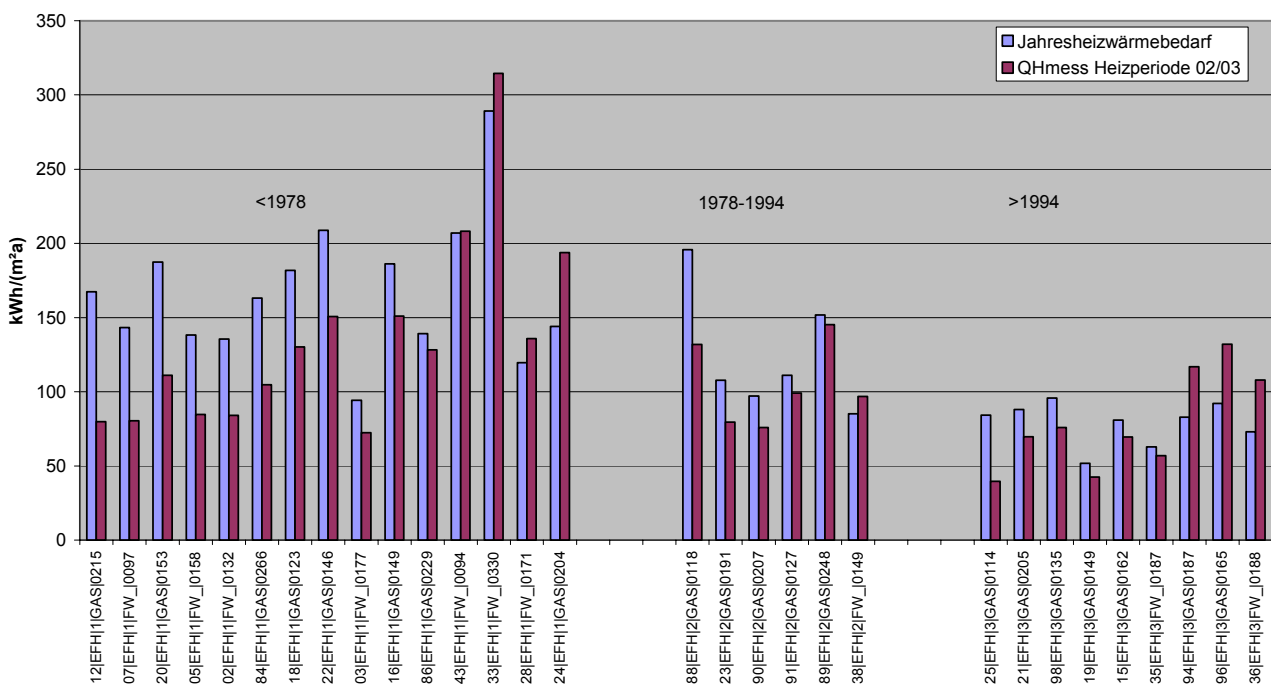
## Energiepass aus Verbrauchs-Bedarfs-Abgleich: Kenndaten aus Verbrauchsmessungen

- **Jahresheizwärmeverbrauch** (im beheizten Bereich) in kWh/(m<sup>2</sup>a) 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/(m<sup>2</sup>K)
- **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)

**Durchschnittlicher Jahresheizwärmebedarf nach EID Bestand im Vergleich mit durchschnittlichem Heizenergieverbrauch (Betrachtungszeitraum: Nov.- März 02/ 03) der OPTIMUS- Mehrfamilienhäuser**

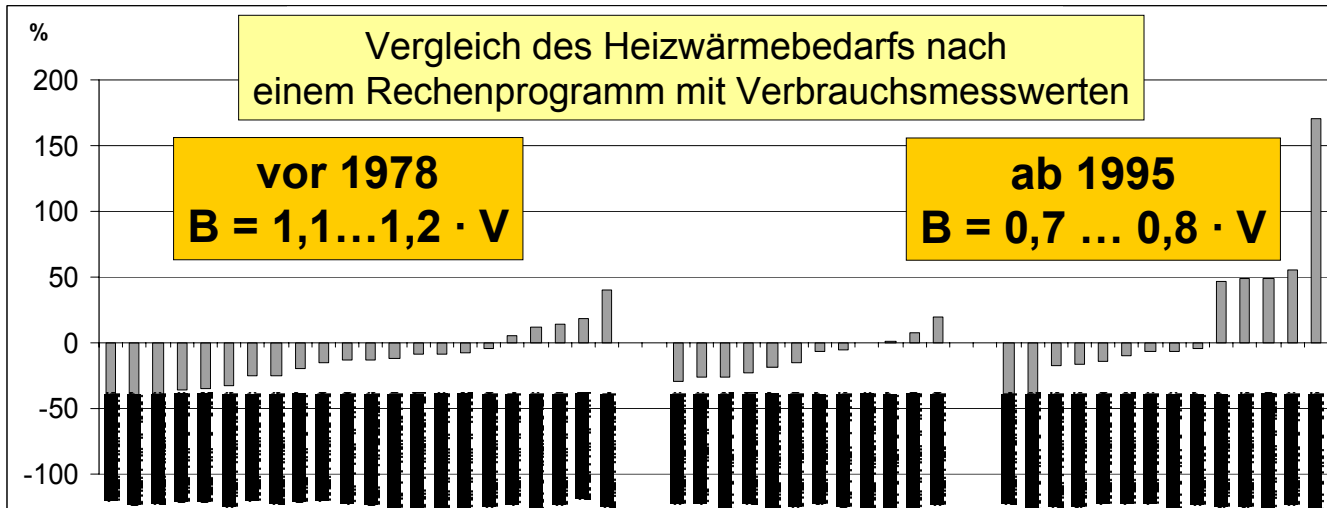


**Gemessener Heizenergieverbrauch (Betrachtungszeitraum Nov.- März 02/ 03) im Vergleich mit Jahresheizwärmebedarf nach EID Bestand der OPTIMUS- Einfamilienhäuser**

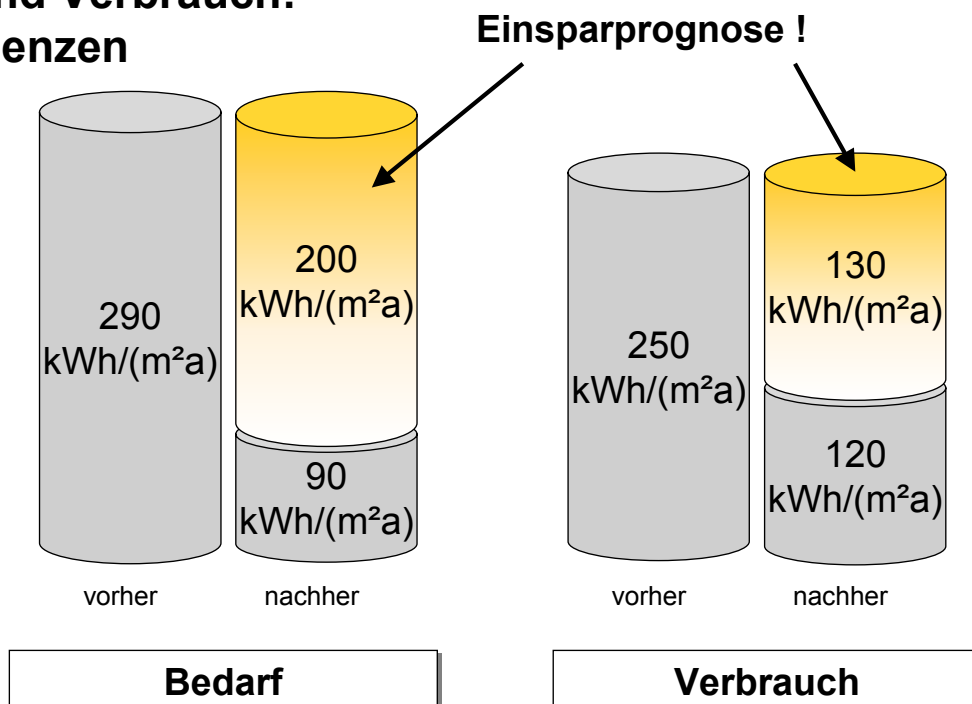


## Vergleich Bedarf und Verbrauch

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



## Bedarf und Verbrauch: Konsequenzen



### 3. Qualität ist systemabhängig: Verluste von Brennwertkesseln in der Praxis

Projekt an der FH Wolfenbüttel gefördert durch die DBU: 2000 bis 2004

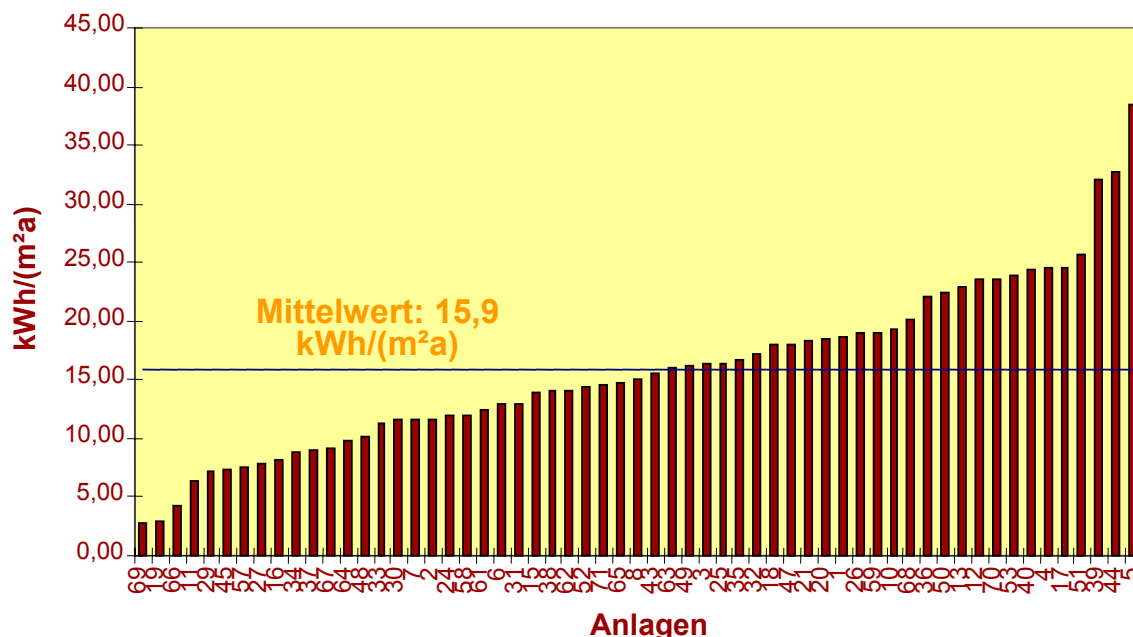
Ergebnis: Jahresnutzungsgrade von  
Brennwertkesseln in der Praxis: **65 – 94 % (Mittelwert: 86% Ho)**

**Hauptverluste durch Aufstellung im unbeheizten Bereich und  
durch Anforderungen an Kesselmindestvolumenstrom  
(Überströmventil)**

Zum Vergleich:

cci: Studie Wärmepumpen: Jahresarbeitszahlen  
von Wärmepumpen. **2,7 – 3,4**

### Flächenbezogener jährlicher Erzeugerverlust ( $H_0$ )



### Durchschnittswerte aller untersuchten Anlagen

Mittlerer Betriebsbereitschaftsverlust:  $q_B = 0,5 \%$

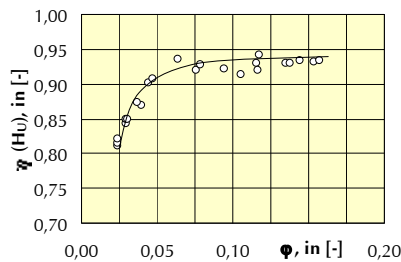
Mittlerer Kesselwirkungsgrad:  $90 \%$  ( $H_o$ )

Mittlerer Jahresnutzungsgrad:  $86 \%$  ( $H_o$ ).

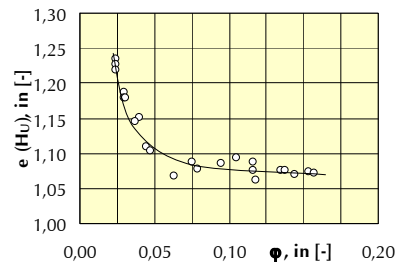
Mittlere Kesselbelastung:  $\beta = 0,09$   
(1,8 kW bei 20 kW Kesselleistung)

### Auswertung von Messwerten – Keine prozentualen Größen(!):

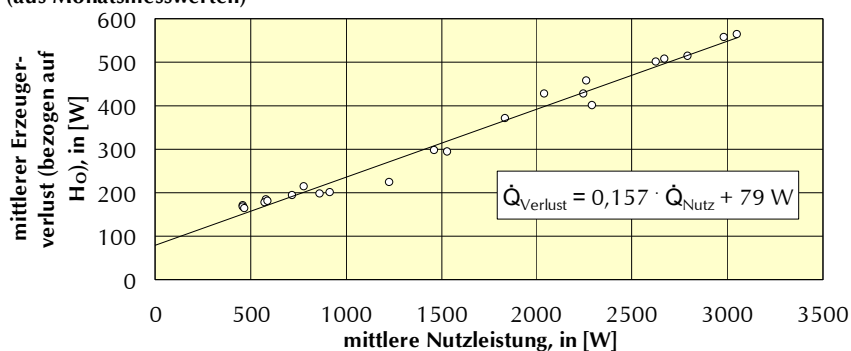
Erzeugernutzungsgrad  
(aus Monatsmesswerten)



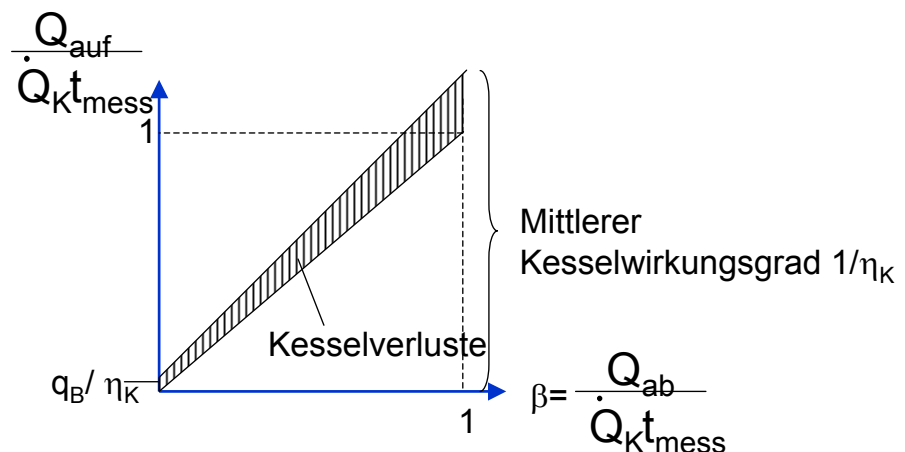
Erzeugeraufwandszahl  
(aus Monatsmesswerten)



Erzeugernutz- und -verlustleistung  
(aus Monatsmesswerten)



## Auswertung: Effizienz des Wärmeerzeugers



Typische Ergebnisse

	gemessen	berechnet	
Verluste Brennwert	16	6,5	kWh <sub>HO</sub> /(m <sup>2</sup> a)
Verluste Niedertemperatur	38	20	

## Energetisches Einsparpotential NEUBAU: bis 50 kWh/(m<sup>2</sup>a): Heizwärmebedarf von zwei bis drei Passivhäusern

Die mittleren, auf die beheizte Wohnfläche bezogenen Wärmeerzeugerverluste von Brennwertkesseln liegen mit ca. **15 ... 16 kWh(H<sub>0</sub>)/(m<sup>2</sup>a)** in der gleichen Größenordnung wie der gesamte Raumheizwärmebedarf eines Passivhauses. Ziel: **5 kWh/(m<sup>2</sup> a)**

Integrierte Pumpen mit 40 bis zu 80 W elektrischer Überschussleistung erzeugen einen zusätzlichen Primärenergiebedarf von **5 bis 9 kWh/(m<sup>2</sup>a)**

Die Wärmeabgabe von Trinkwarmwasser-Zirkulationsleitungen und von Heizwasserleitungen liegt mindestens noch einmal in der gleichen Größenordnung: **10 kWh/(m<sup>2</sup> a)**

Durch eine QS der Sekundärseite (Verteilung, Übergabe) ergibt sich ein weiteres Einsparpotential von min. **10 kWh/(m<sup>2</sup>a)**, wie erste Ergebnisse der OPTIMUS-Studie zeigen.

## Empfehlungen an die Hersteller

1. Die nach dem Trinkwarmwasserwärmebedarf dimensionierten **Wärmeerzeuger** sind für den Neubaubereich mit Heizlasten von 25...50 W/m<sup>2</sup> **zu groß** und arbeiten weitgehend unterhalb des Modulationsbereichs des Brenners im Taktbetrieb.
2. Der durch die Konstruktion der Brennwertwandkessel erforderliche **Mindestkesselvolumenstrom** (wegen des geringen Wasserinhalts der meisten am Markt angebotenen Brennwertgeräte) und der damit verbundene Einsatz von **Überströmventilen** oder hydraulischer Weichen führt zu einer unerwünschten Rücklauftemperaturenanhebung und damit zu einer **Minderung des Brennwertnutzens**.

3. Die in den Wärmeerzeugern eingebauten **Heizkreisumwälzpumpen** weisen für den Neubaubereich **viel zu hohe Förderdrücke** auf. Im Zusammenspiel mit nicht hydraulisch abgeglichenen Heiznetzen führt dies wegen der hohen Umlaufwassermengen zu **Geräuschen**, zu kleinen Temperaturspreizungen, erhöhten Rücklauftemperaturen und verstärkter Schalthäufigkeit, die den **Nutzungsgrad verschlechtern**.
4. Aus **nicht angepassten Heizkurven und Reglereinstellungen** resultieren zu hohe Systemtemperaturen. Hier sollte von Herstellerseite eine niedrigere Werkseinstellung gewählt werden, um den Heizungsbauer zu zwingen, bei der Inbetriebnahme eine Anpassung der Heizkurve auf Planwerte vorzunehmen.
5. Von den **Thermostatventilherstellern** werden Ventile (voreinstellbar oder Austauschkegel) mit **kleineren K<sub>vs</sub>-Werten gefordert: 0,1 – 0,2 m<sup>3</sup>/h**
6. Forcierung des Einsatzes kleinster **Hocheffizienzpumpen**

## Empfehlungen für die Ausführung

Plandaten von den ausführenden Handwerkern einstellen und in einer Fachunternehmererklärung bestätigen:

- Korrekte Einstellung der Heizkurve am Regler
- Anpassung der Pumpe
- Durchführung des hydraulischen Abgleichs

## Empfehlungen für die Nutzung

Information und Einweisung in alle wesentlichen Geräte- und Bedienfunktionen v. a. für die Reglereinstellung (Heizpausen, Heizgrenztemperaturen, Sommerbetrieb, Thermostatventilregler)

## Strategien für die weitere Bearbeitung der Projekte

- Entwicklung und Erprobung von **Qualifizierungsangeboten für Fachhandwerk und Berufsschulen**
  - Schulungen und Informationsmaterial für Fachbetriebe
  - Entwicklung eines Praxisprüfstands Heizungsanlage und Erstellung eines Lehrkonzeptes
- Etablierung der **Optimierung von Heizungsanlagen als neues Geschäftsfeld** für das Fachhandwerk, „**OPTIMUS- Fachunternehmererklärung**“
- **Öffentlichkeitsarbeit:** Information von Verbraucher-, Umwelt- und Fachverbänden
- **Energieeffizienzfonds:** Siehe Antrag Förderprogramm des Wuppertal-Instituts: 240 (Hydraulischer Abgleich) + 30 (EC-Pumpe) + 30 (WW) = 300 €

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**