

TEIL 2: ANLAGENOPTIMIERUNG

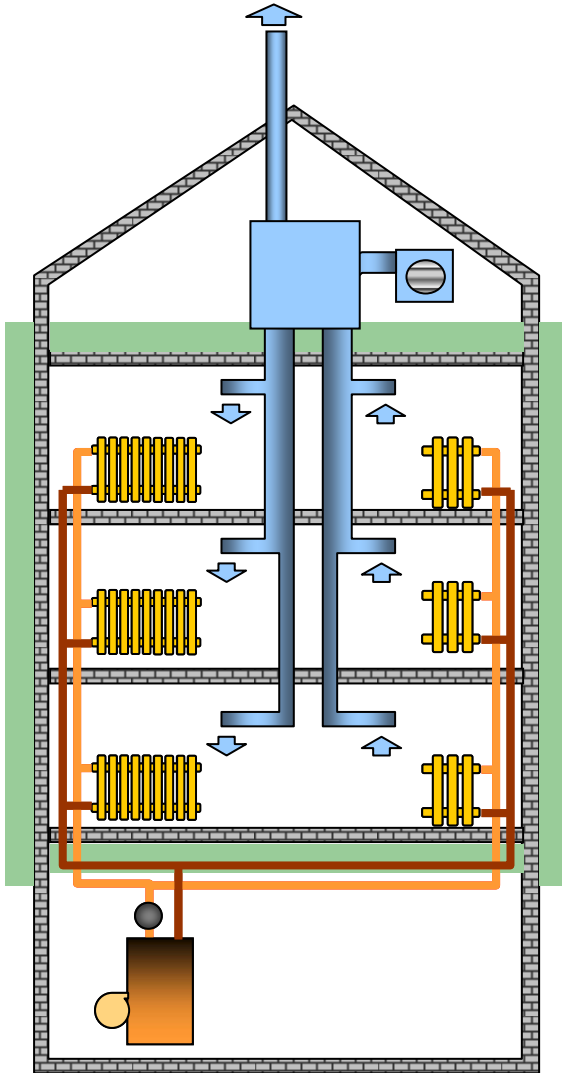
Optimierung von:

- Wärmeerzeugung (Art, Leistung)
- Wärmeverteilung (Dämmung, Leitungslängen)
- Regelung und Hydraulik
(Vermeidung eines Verschwendungspotentials)

Maßnahmen zur Optimierung der Hydraulik:

- 1. Berechnung der Raumheizlast und der benötigten Vorlauftemperatur**
- 2. Berechnung der Druckverluste im Rohrnetz**
- 3. Auslegung der Umwälzpumpe**
- 4. Auswahl und Voreinstellung der Thermostatventile**
- 5. Anpassung der Heizungsregelung**

Optimierungsbedarf

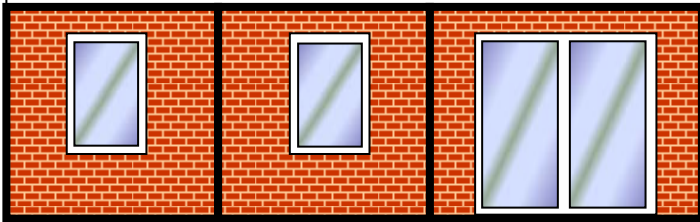


**Schwerpunkt: bestehende Gebäude,
insbesondere nach baulichen Sanierungen**

1. altes Gebäude mit „Hochtemperatur-Heizung“
2. Dämmung der Gebäudehülle (ggf. auch nur teilweise)
3. neue Heizlast, neue Systemtemperatur, Hydraulischer Abgleich Heizung
4. Einbau einer Lüftungsanlage
5. neue Heizlast, neue Systemtemperatur, erneuter Hydraulischer Abgleich der Heizung, Abgleich der Lüftung

Beispiel: Etagenwohnung

- Etagenwohnung
- 2 Zimmer, Küche, Bad
- 60 m² beheizte Fläche



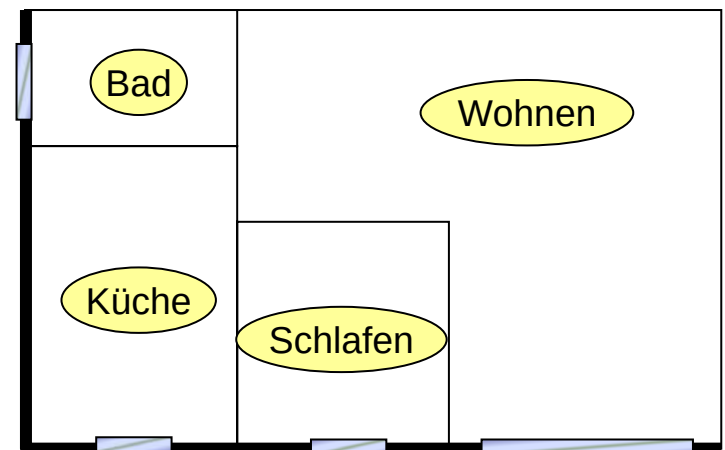
Bad: 6 m²

Küche: 12 m²

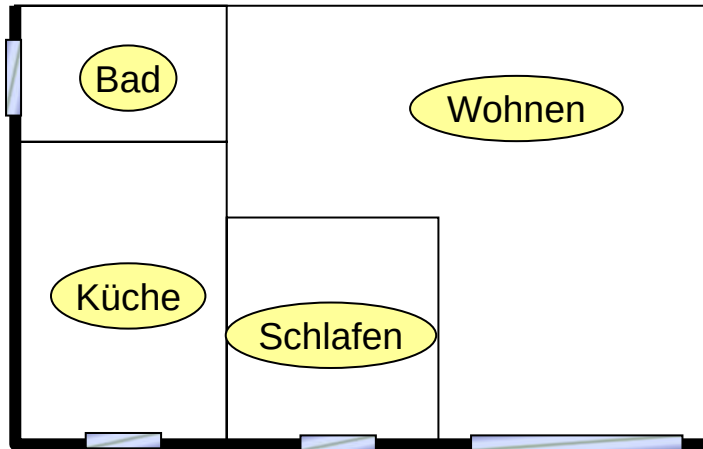
Schlafen: 9 m²

Wohnen: 33 m²

- Wandtherme mit integrierter Pumpe (und Überströmventil)
- Vorlauftemperatur 75 °C
- nicht voreinstellbare Heizkörperventile
- Gebäude letztes Jahr baulich gut saniert



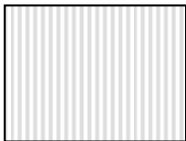
Geschätzter Hydraulischer Abgleich nach Thermostatventiltausch



- Haus ist gut wärmegedämmt mit neuen Fenstern
- Plattenheizkörper (s. u.)
- neue voreinstellbare Thermostatventile mit Stufen 1 - 6

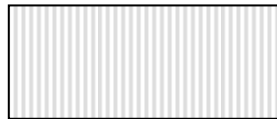
Welche Vorlauftemperatur?
Welche Voreinstellungen?

Bad: 6 m²



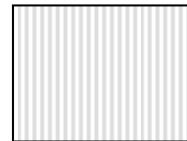
Typ 10
600 x 800

Küche: 12 m²



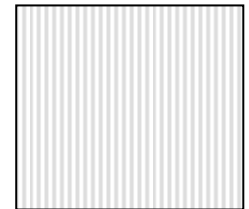
Typ 21
500 x 1200

Schlafen: 9 m²



Typ 11
600 x 800

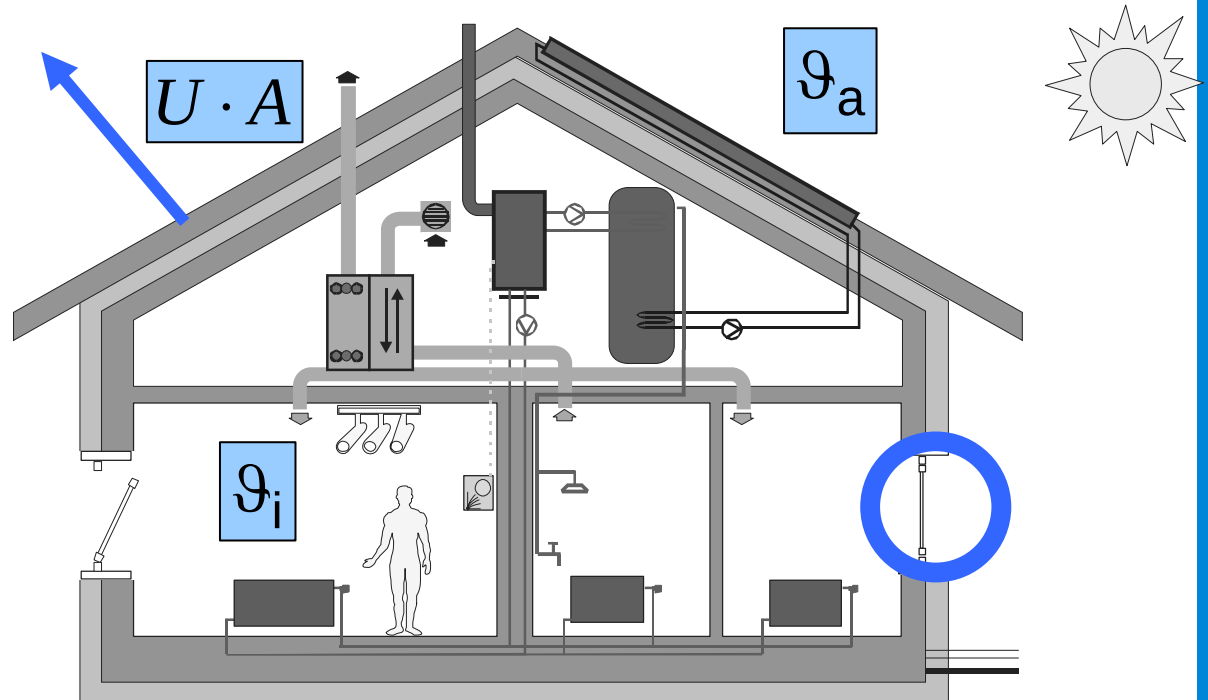
Wohnen: 33 m²



Typ 21
900 x 1000

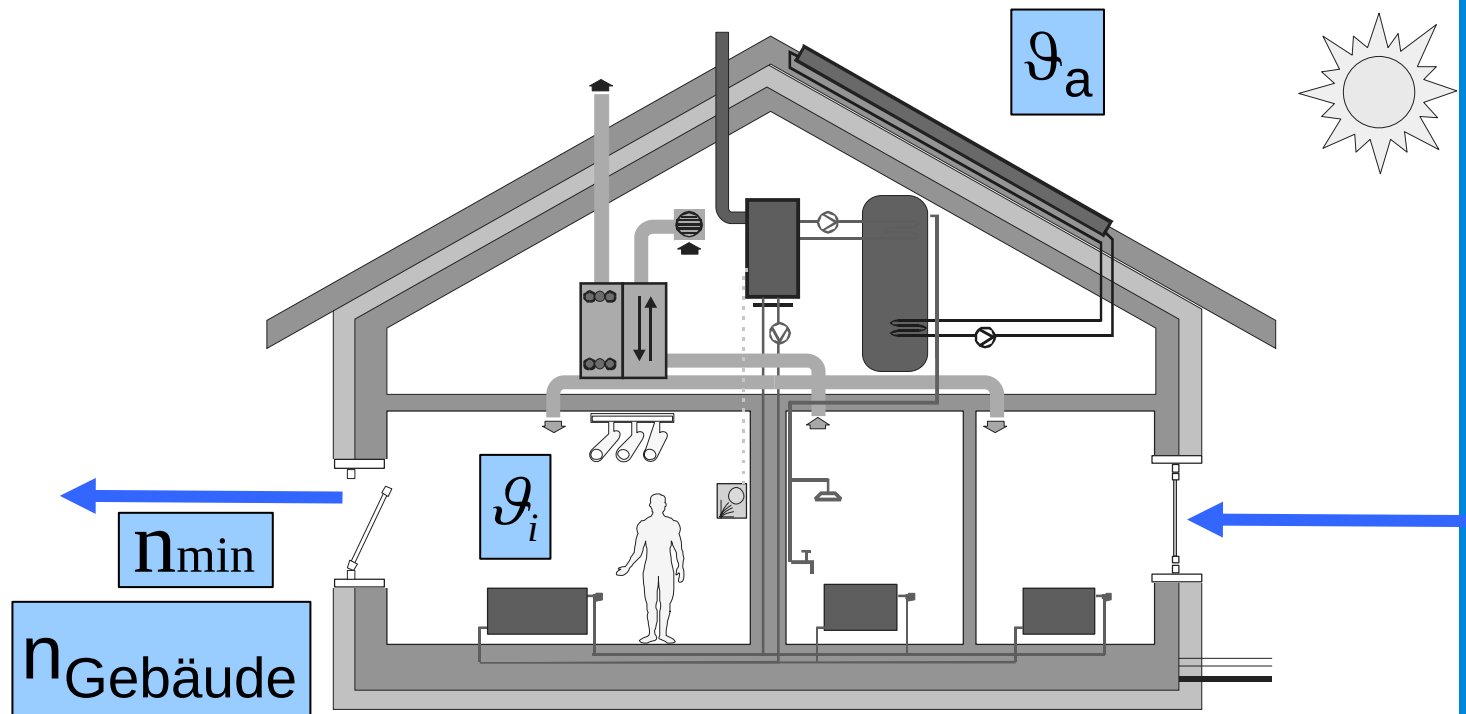
Berechnung der Heizlast - Transmission

$$\dot{Q}_T = U \cdot A \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)$$

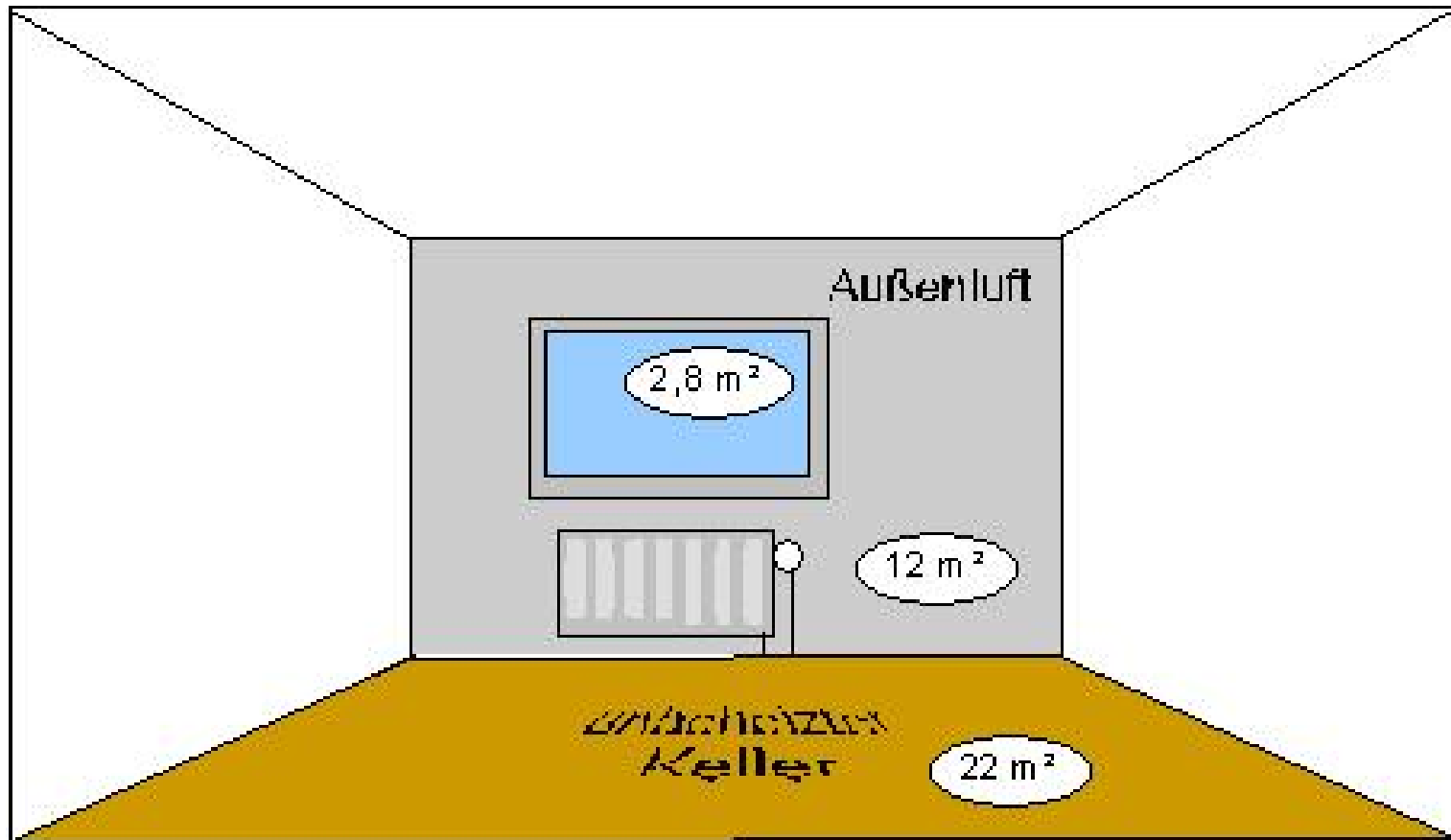


Berechnung der Heizlast - Lüftung

$$\dot{Q}_V = n \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_L \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)$$

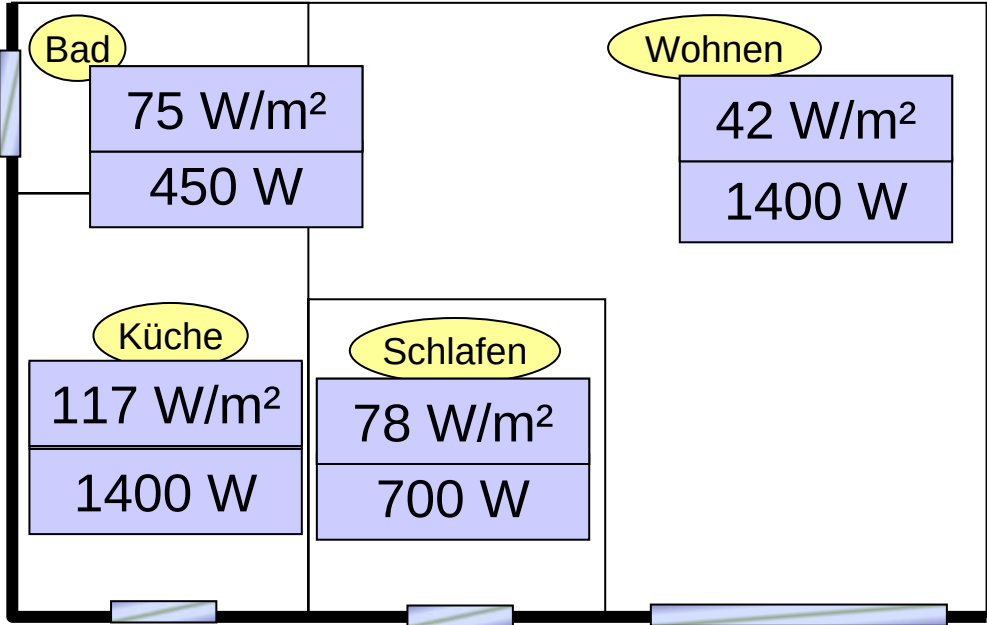


Berechnung der Heizlast



Alte Heizlast

alte U-Werte: Wände $1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 Fenster $2,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



Raumheizlast

1. Schätzen Sie die mittlere Heizlast!

66 W/m^2

2. Ordnen Sie die Heizlasten den Räumen zu!

117 W/m^2

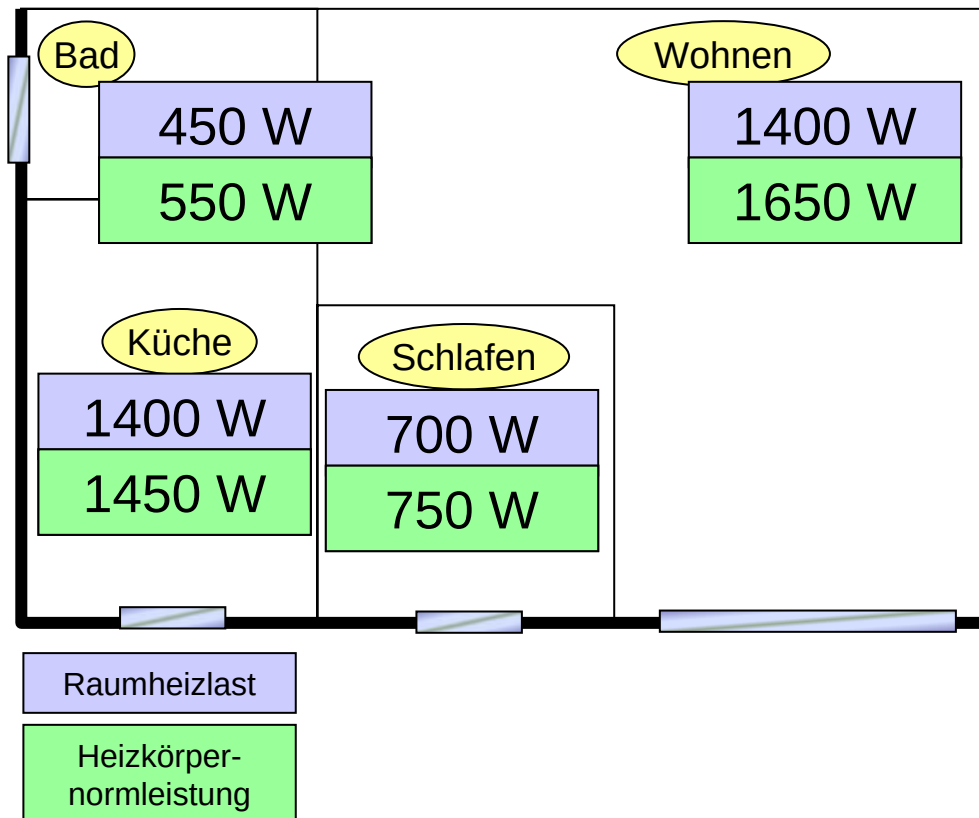
78 W/m^2

75 W/m^2

42 W/m^2

Ausstattung mit Heizkörpern

- aufgenommen wurden alle 4 Heizkörper mit Hilfe eines Tabellenbuchs
- dokumentiert wurde die Normheizkörperleistung bei 75/65/20 °C



3. Ordnen Sie die Heizkörper den Räumen zu!

550 W

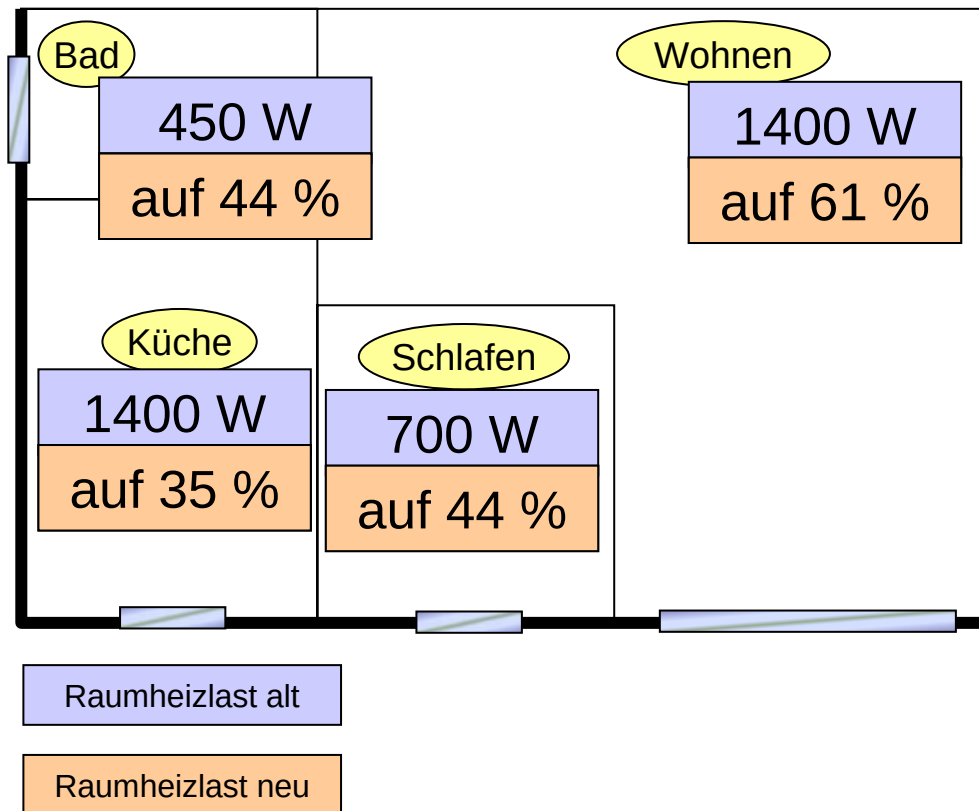
750 W

1450 W

1650 W

Neue Heizlast

neue U-Werte: Wände $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Fenster $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



4. Schätzen Sie die mittlere Heizlast!

31 W/m²

5. Ordnen Sie zu: wie stark ist die Heizlast in den einzelnen Räumen gesunken?

auf 35 %

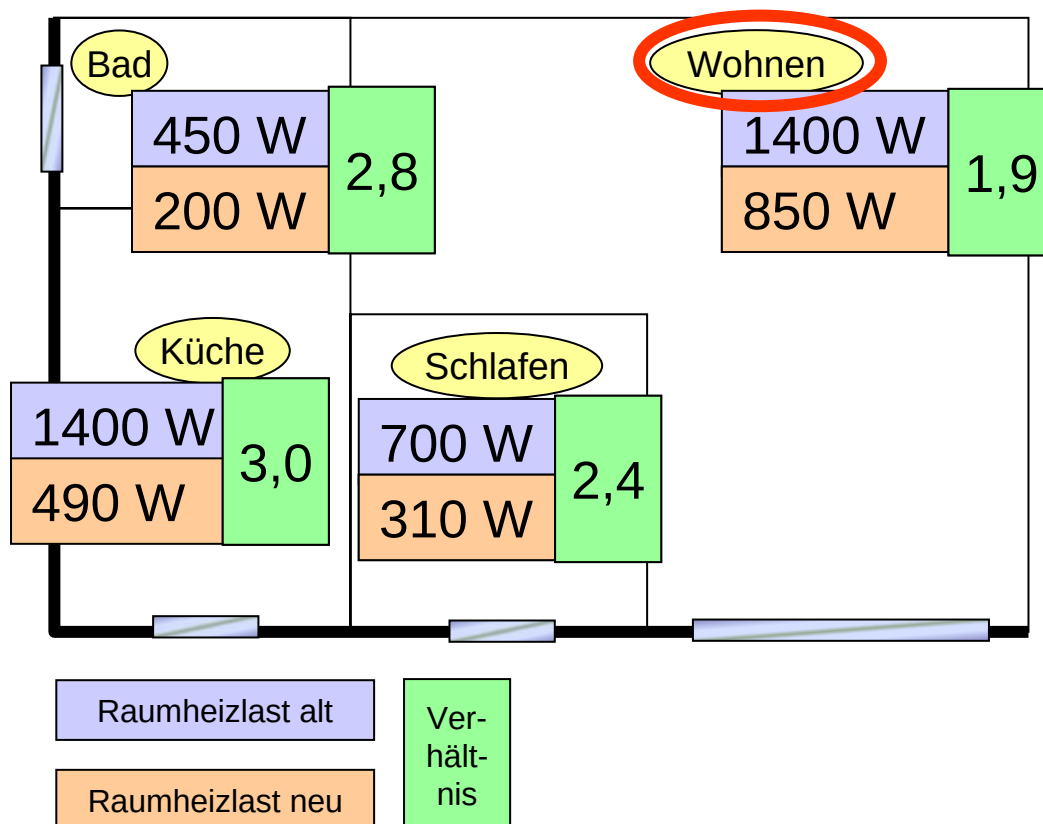
auf 44 %

auf 44 %

auf 61 %

Verhältnisse nach der Modernisierung

- in den einzelnen Räumen sind die Heizkörper nun zu groß
- die Vorlauftemperatur kann abgesenkt werden, aber wie weit?



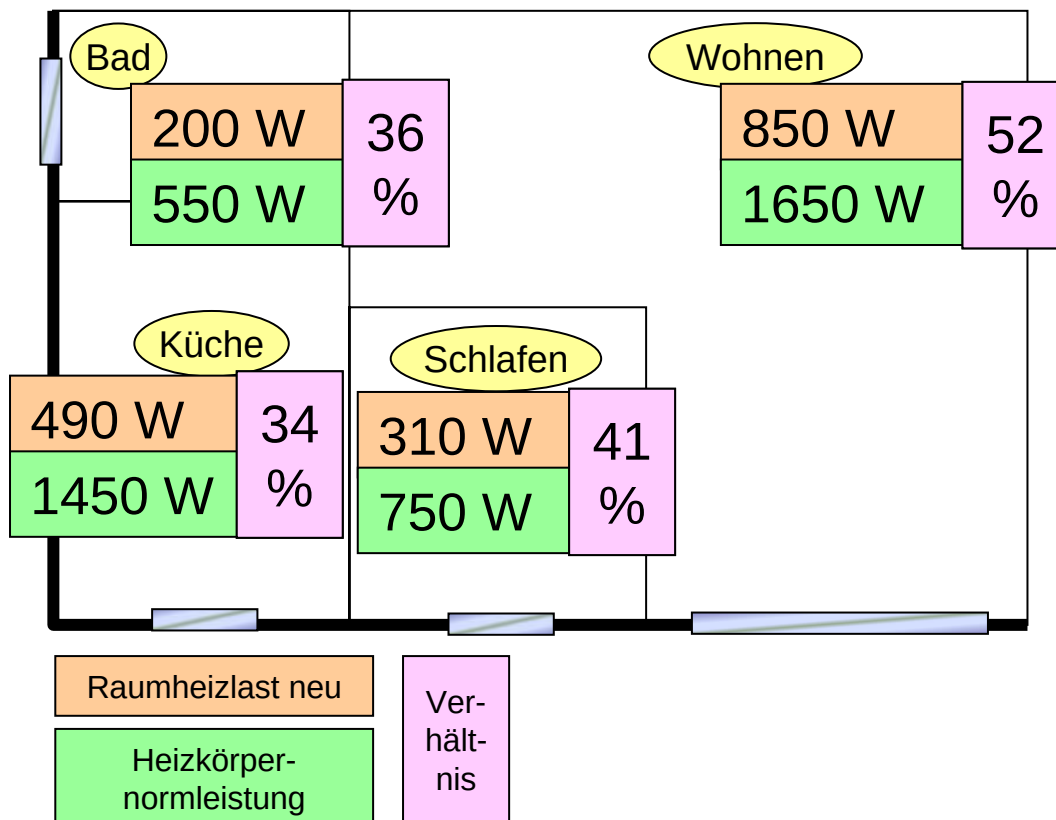
6. Welche Verhältnisse von alter und neuer Raumheizlast liegen vor?

Welcher Raum bestimmt die neue Vorlauftemperatur?

Ermittlung der neuen Temperatur

es werden gebraucht:

- die neue Raumheizlast
- die installierte Heizkörperleistung bei Normbedingungen



7. Wieviel Prozent der vorhandenen Normheizkörperleistung wird in den einzelnen Räumen gebraucht?

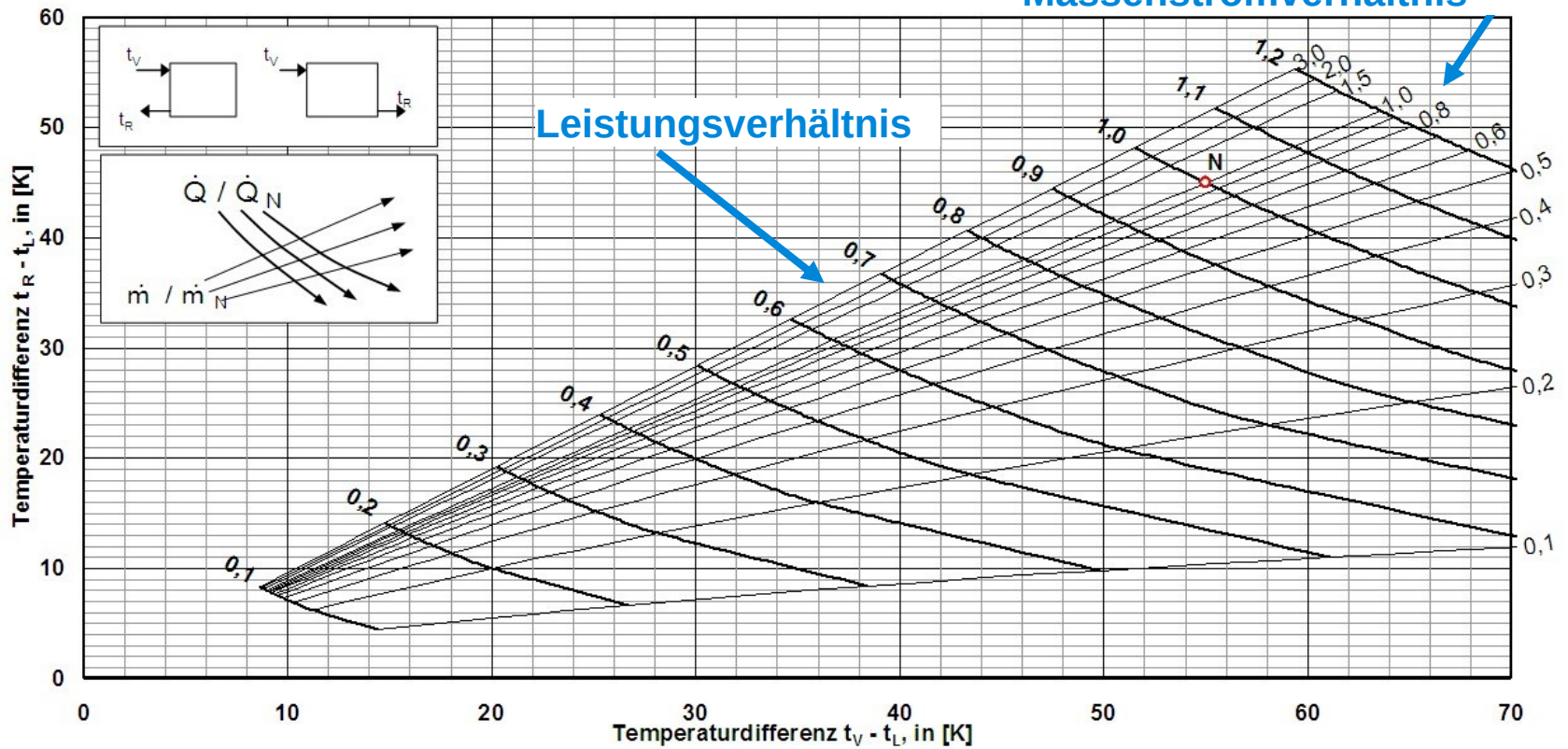
Heizkörperdiagramm

Auslegungsdiagramm
für Heizkörper

$\dot{Q} / \dot{Q}_N$ ——— (dicke Linie)
 $\dot{m} / \dot{m}_N$ ——— (dünne Linie)

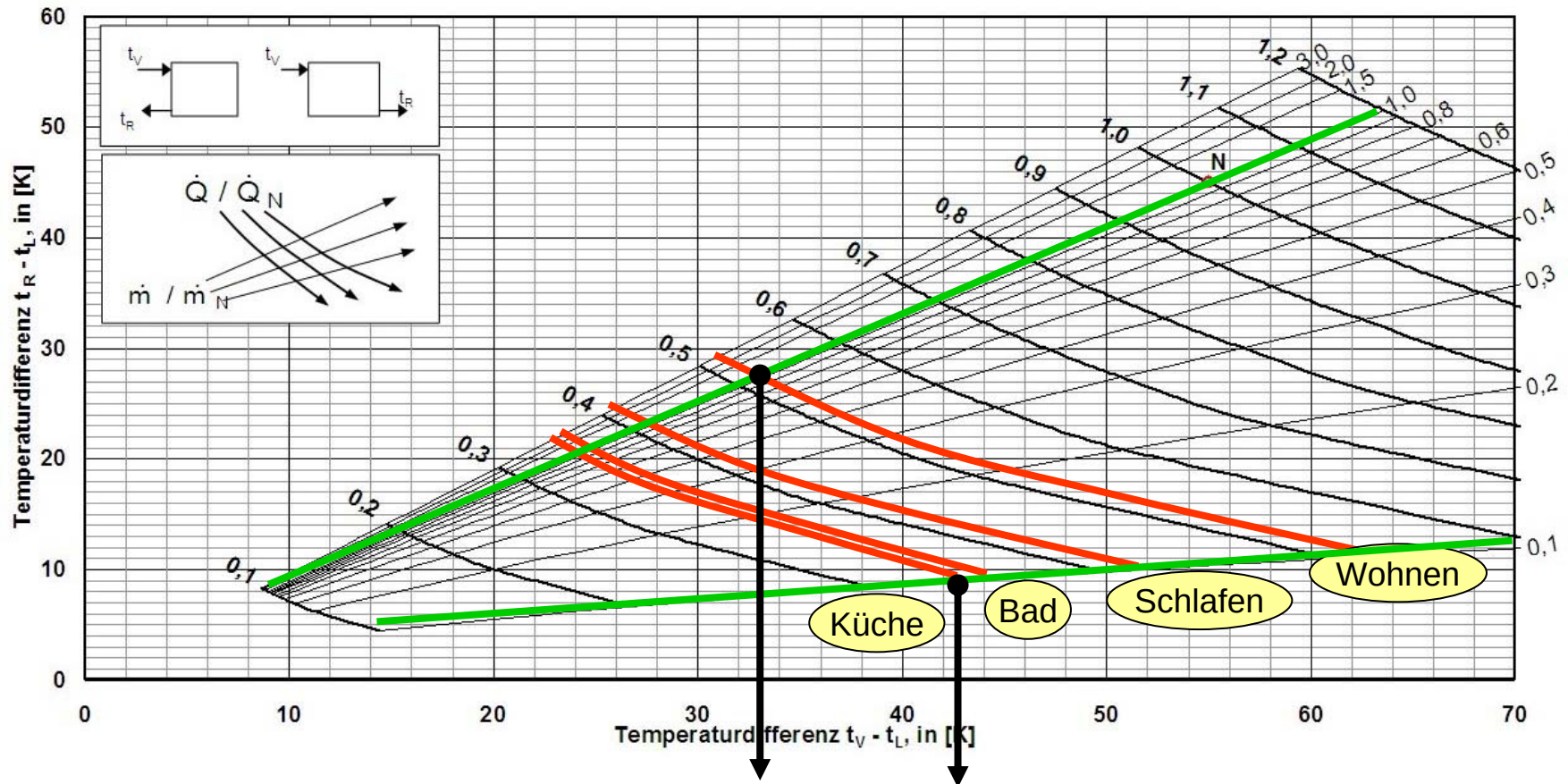
Heizkörperexponent n: 1,3
Normauslegung: 75 / 65 / 20 °C

Rücklaufübertemperatur



Vorlaufübertemperatur

Ermittlung der neuen Temperatur



mindestens 53 °C, damit es im Wohnzimmer warm wird,
aber nicht mehr als 62 °C, damit in der Küche die Volumenströme
nicht zu klein werden.

gewählt: 55 °C

Ermittlung der Volumenströme

der Volumenstrom bei ursprünglicher Auslegung betrug etwa 230 l/h.

8. Schätzen Sie den Gesamtvolumenstrom!

123 l/h

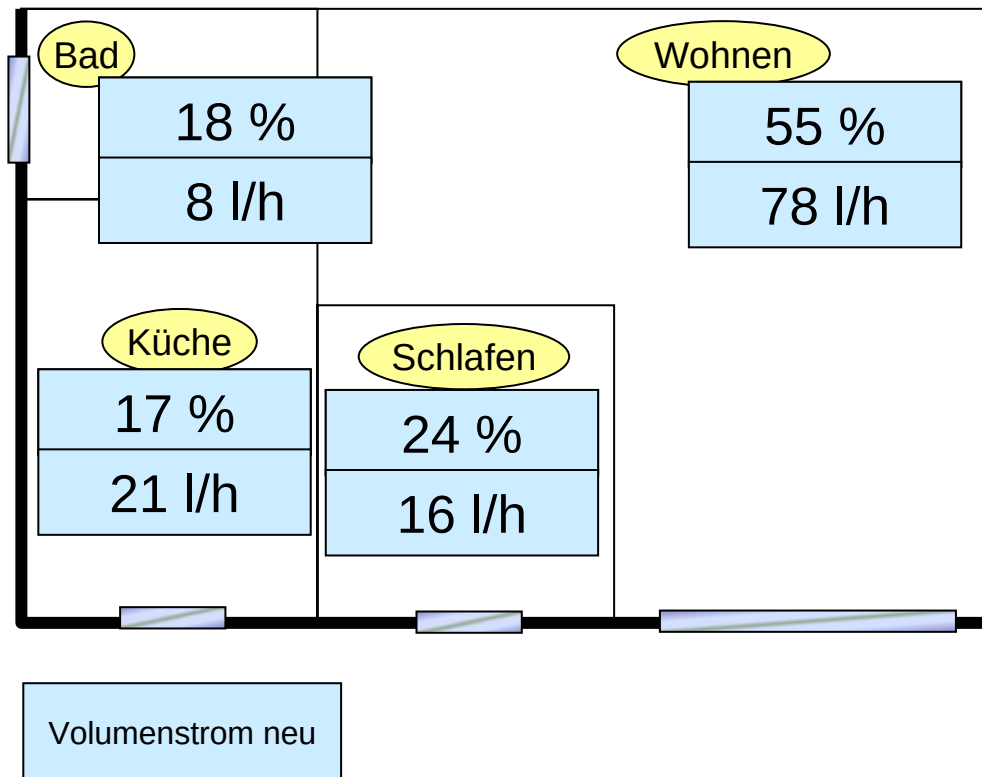
9. Wieviel Prozent des Normvolumenstroms wird in den einzelnen Räumen gebraucht?

17 % von 125 l/h

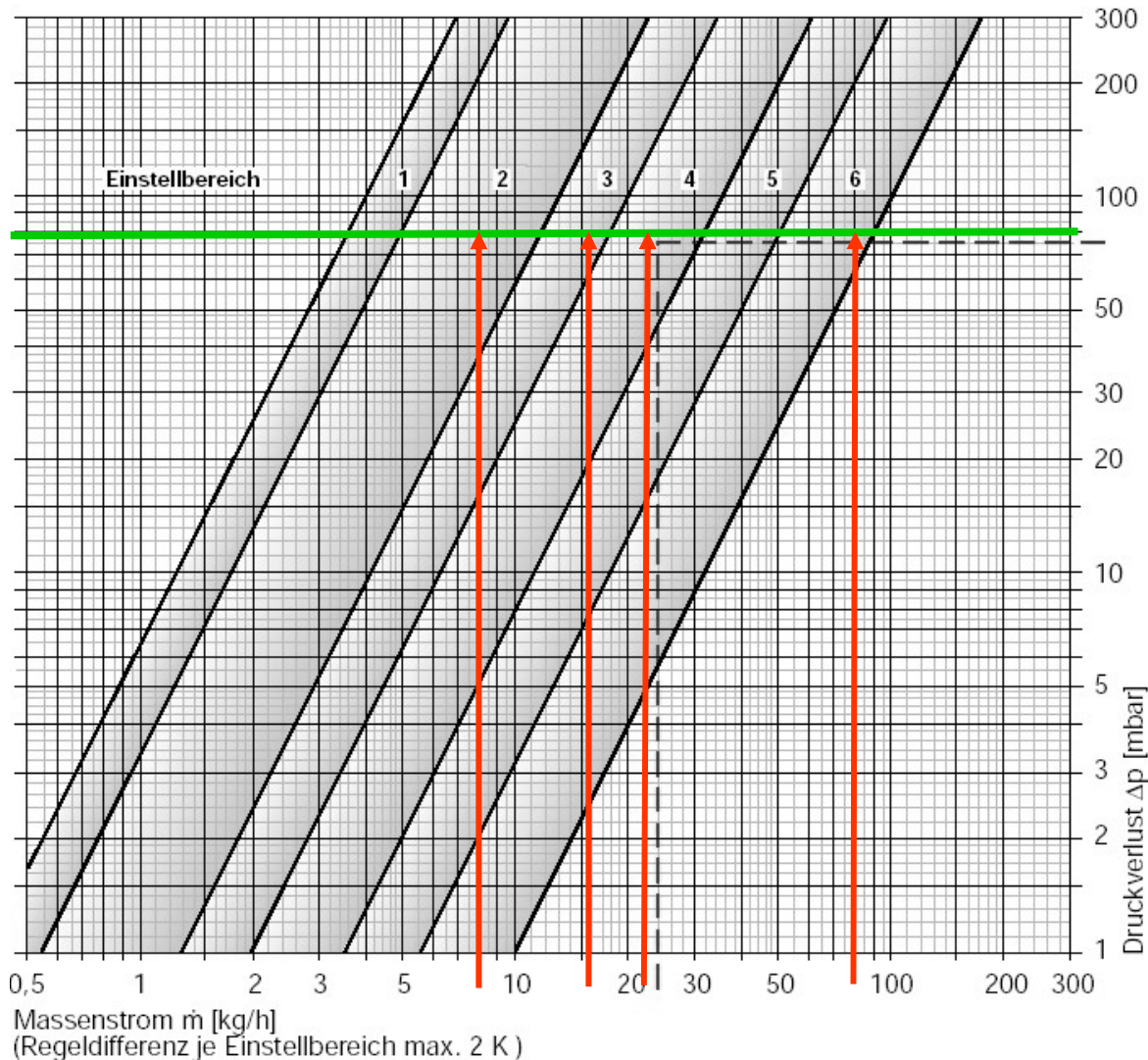
18 % von 47 l/h

24 % von 65 l/h

55 % von 142 l/h



Thermostatventileinstellung



- eingesetzt werden feinst-einstellbare Ventile
- Druckabfall am Ventil etwa 80 mbar

12. Welche Voreinstellung wird in den einzelnen Räumen eingestellt?

Bad	VE 2
Küche	VE 4
Schlafen	VE 3
Wohnen	VE 6

VERFAHREN ZUR OPTIMIERUNG IM BESTAND

1) Rohrnetzberechnungsprogramme

Beschreibung

- Der hydraulische Abgleich wird in Form einer ingenieurmäßigen Berechnung nach den Regeln der Technik ermittelt.
- d.h. detaillierte Aufnahme von Wandaufbauten, Leitungslängen, Leitungsdimensionen, ... ist zwingend erforderlich

Einschränkungen

- Wandaufbauten nicht nachvollziehbar, Rohrnetz in Estrich und Schächten
- wichtige Größen zur Berechnung nicht ermittelbar

➔ in bestehenden Anlagen ungeeignet

2) OPTIMUS-Software

- Datenaufnahme vor Ort
- Ermittlung der optimalen Einstellungen der einzelnen Anlagenkomponenten mit der Software
- Einstellung der Anlagenkomponenten vor Ort

Aufnahmeformulare der OPTIMUS Software

TWW Aufnahmeformular I

A) Antragsteller - Daten

Name: _____
 Vorname: _____
 Straße: _____
 Hausnummer: _____
 PLZ: _____
 Wohnort: _____

B) Gebäude

1. Gebäude: _____
 Straße: _____
 Hausnummer: _____
 PLZ: _____
 Ort: _____

2. Gebäude: _____
 Straße: _____
 Hausnummer: _____
 PLZ: _____
 Ort: _____

3. Gebäude: _____
 Straße: _____
 Hausnummer: _____
 PLZ: _____
 Ort: _____

4. Gebäude: _____
 Straße: _____
 Hausnummer: _____
 PLZ: _____
 Ort: _____

C) Daten des Heizkreises

1. Art der Wärmeversorgung: _____
 2. Puffer: _____
 3. Einbauelemente und -länge: _____
 4. Notizen, Skizzen usw.: _____

TWW Aufnahmeformular II

D) Raumdatenblatt

1. Wohnung und Heizkreis: _____
 Raum-Nr. und Bezeichnung: _____

2. Allgemein: Fläche des Raumes in m²: _____
 Ist der Raum kuppelgedeckt? ☐ ja ☐ nein
 Wenn nicht kuppelgedeckt: Raumhöhe in m: _____

3. Begrenzungsflächen, die an Außenluft, Erdreich oder Räume mit anderen Temperaturengrenzen ($\Delta t \geq 5K$):

Fläche	U-Wert	Fläche	U-Wert	Fläche	U-Wert	Fläche	U-Wert	Fläche	U-Wert
1. FB		2. DK		3. DK		4. DK		5. DK	
6. DK		7. DK		8. DK		9. DK		10. DK	
11. DK		12. DK		13. DK		14. DK		15. DK	
16. DK		17. DK		18. DK		19. DK		20. DK	
21. DK		22. DK		23. DK		24. DK		25. DK	
26. DK		27. DK		28. DK		29. DK		30. DK	
31. DK		32. DK		33. DK		34. DK		35. DK	
36. DK		37. DK		38. DK		39. DK		40. DK	
41. DK		42. DK		43. DK		44. DK		45. DK	
46. DK		47. DK		48. DK		49. DK		50. DK	
51. DK		52. DK		53. DK		54. DK		55. DK	
56. DK		57. DK		58. DK		59. DK		60. DK	
61. DK		62. DK		63. DK		64. DK		65. DK	
66. DK		67. DK		68. DK		69. DK		70. DK	
71. DK		72. DK		73. DK		74. DK		75. DK	
76. DK		77. DK		78. DK		79. DK		80. DK	
81. DK		82. DK		83. DK		84. DK		85. DK	
86. DK		87. DK		88. DK		89. DK		90. DK	
91. DK		92. DK		93. DK		94. DK		95. DK	
96. DK		97. DK		98. DK		99. DK		100. DK	

4. Heizflächen:

Fläche	U-Wert	Fläche	U-Wert	Fläche	U-Wert	Fläche	U-Wert
1. FB		2. DK		3. DK		4. DK	
5. DK		6. DK		7. DK		8. DK	
9. DK		10. DK		11. DK		12. DK	
13. DK		14. DK		15. DK		16. DK	
17. DK		18. DK		19. DK		20. DK	
21. DK		22. DK		23. DK		24. DK	
25. DK		26. DK		27. DK		28. DK	
29. DK		30. DK		31. DK		32. DK	
33. DK		34. DK		35. DK		36. DK	
37. DK		38. DK		39. DK		40. DK	
41. DK		42. DK		43. DK		44. DK	
45. DK		46. DK		47. DK		48. DK	
49. DK		50. DK		51. DK		52. DK	
53. DK		54. DK		55. DK		56. DK	
57. DK		58. DK		59. DK		60. DK	
61. DK		62. DK		63. DK		64. DK	
65. DK		66. DK		67. DK		68. DK	
69. DK		70. DK		71. DK		72. DK	
73. DK		74. DK		75. DK		76. DK	
77. DK		78. DK		79. DK		80. DK	
81. DK		82. DK		83. DK		84. DK	
85. DK		86. DK		87. DK		88. DK	
89. DK		90. DK		91. DK		92. DK	
93. DK		94. DK		95. DK		96. DK	
97. DK		98. DK		99. DK		100. DK	

Die zur Berechnung mit dem Programm benötigten Ausgangsdaten können mit Hilfe von Aufnahmeformularen vor Ort aufgenommen werden.

ARBEIT MIT DEM PROGRAMM

Antragsteller

Antragsteller [X]

Sachbearbeiter : 0002 Marco Sobirey

Antragsteller:

Name :

Vorname :

Straße :

Hausnummer :

Postleitzahl :

Wohnort :

Telefon :

Fax :

Email :

**Daten aus
Formular I - A**

Info : **Status :**

Gebäudedaten

allgemeine Angaben (Gebäudedaten)

Sachbearbeiter : 0002 Marco Sobirey

Antragsteller (AS):
Name : Hans Mustermann
Strasse : Glücksberg 27
Ort : 38300 Wolfenbüttel

Anschrift des Gebäudes:
Straße : Glücksberg
Hausnummer : 27
Postleitzahl : 38321
Ort : Denkte

Gebäudeart :
Einfamilienhaus

Baujahr :
8) 01/1995 bis he

überwiegend verwendeter Fenstertyp :
2 Scheiben-Wärmeschutzverglasung (u=1,5)

Lage des Gebäudes:
Reihenhaus, windstark, normal

Angabe zu den Heizungskomponenten:
☐ Fußbodenheizung vorhanden
☐ Differenzdruckregler eingebaut
☐ Mehr als ein Heizkreis oder 1 Pumpe

Längster Heizungsstrang : 37 m
Art der Heizkostenerfassung :
☒ Keine
☐ Wärmemengenzähler
☐ Heizkostenverteilerverdunster (HKVV)
☐ HKVE1
☐ HKVE2

Neue Eingabe

<

>

Löschen

Speichern

Weiter

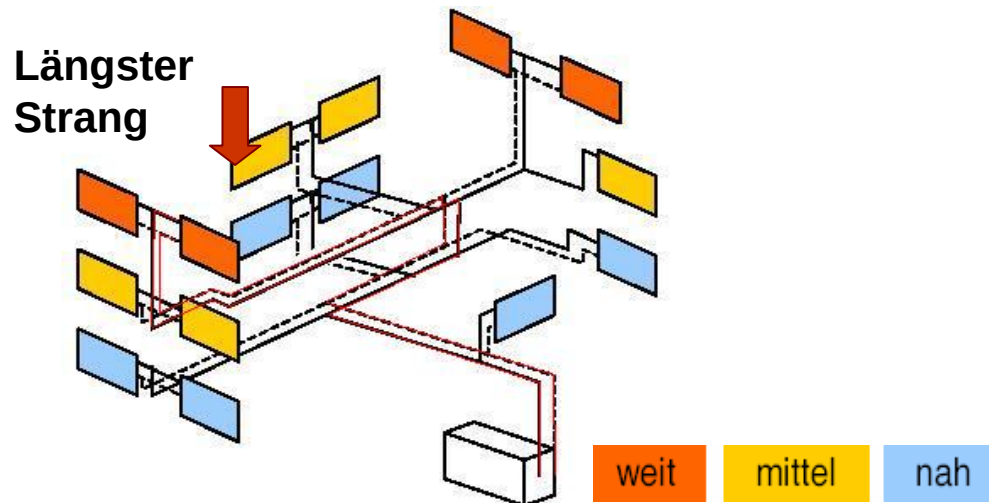
Zurück

Info : Status : Bearbeiten Satz 1 von 1

Berücksichtigung der Druckverluste

- die Länge des längsten Strangs des Rohrnetzes und die Entfernung der einzelnen Heizkörper zur Pumpe (weit, mittel, nah) bei größeren Gebäuden
- Aufnahme von Sondereinbauten (z. B. WÜT, Filter) für die Abschätzung der Druckverluste
- Fabrikat und Typ der Pumpe und Einstellbereiche sonstiger Einbauten wie z. B. Differenzdruckregler

Diese Daten aufzunehmen erfordert eine Begehung der Heizzentrale.



Raumdaten

Raumdaten-Aufnahme

Sachbearbeiter : 0002 Marco Sobirey

Antragsteller (AS):
Name : Hans Mustermann

Gebäudeadresse:
Glücksberg 27, 38321 Denkte

Wohnungs-Nr.: 0002.010.0009.0009

Wohnungs-Bezeichnung: 99 - Mustermann

Raum-Nr.: 0002.010.0009.0009.0050

Raum-Bezeichnung: Wohnzimmer EG

☒ Raum ist kubisch aufgebaut

Grundfläche: 32,8 m²

Raumhöhe: 2,4 m

Temperatur: 20 °C

Raumvolumen: m³

Heizkörper 1:
HK-Art: Profil-Flach-HK
HK-Typ: 33
Höhe: 350
Länge: 1200
Tiefe:
Gliederanzahl:
Leistung in W:
nach DIN EN 442
Entfernung zur
Pumpe: 3) weit

Heizkörper 2:
HK-Art: Profil-Flach-HK
HK-Typ: 33
Höhe: 350
Länge: 1200
Tiefe:
Gliederanzahl:
Leistung in W:
nach DIN EN 442
Entfernung zur
Pumpe: 3) weit

Heizkörper 3:
HK-Art: Kein HK
HK-Typ:
Höhe:
Länge:
Tiefe:
Gliederanzahl:
Leistung in W:
nach DIN EN 442
Entfernung zur
Pumpe:

Heizkörper 4:
HK-Art:
HK-Typ:
Höhe:
Länge:
Tiefe:
Gliederanzahl:
Leistung in W:
nach DIN EN 442
Entfernung zur
Pumpe:

Wohnraum

Neue Eingabe **<** **>** **Löschen** **Speichern** **Weiter** **Zurück**

Info : **Status :** Bearbeiten **Satz 1 von 9**

Begrenzungsflächen

Begrenzungsflächen-Aufnahme (BF)

Sachbearbeiter : 0002 Marco Sobirey

Antragsteller (AS):
Name :
Wohnungs-Nr.: 0002.007.0006.0006
Raum-Nr.: 0002.007.0006.0006.0028
BF-Nr.: 0002.007.0006.0006.0028.00068

Gebäudeadresse:
Wohnungs-Bezeichnung:
Raum-Bezeichnung: Wohnzimmer EG
BF-Bez.: Erdreich
BF-Art: 07) Fußboden an Erdreich (FB-E)

Fläche: 32,8 m²
Temperatur auf der Rückseite der BF: 0/ °C

☐ u-Wert der Fläche bekannt? W/(m² K)

Zusätzliche Wärmedämmung :
Dicke in cm: Wärmeleitfähigkeitsgruppe:

Fenster-Angaben | **Tür-Angaben**

	Fensterbreite:	Fensterhöhe:	Fensterart:	Rahmenart:
1.	m	m		
2.	m	m		
3.	m	m		
4.	m	m		

Info : Status : Bearbeiten Satz 1 von 2

Buttons: Neue Eingabe, <, >, Löschen, Speichern, Zurück

Vorlauftemperatur

Art der Vorlauftemperaturregelung

Auslegungs-Vorlauftemperatur des betrachteten Systems kann ...

beliebig gewählt werden: ☒ (bitte auswählen)

nicht beliebig gewählt werden: ☐ (bitte auswählen)

--> vorgegebene Auslegungs-Vorlauftemperatur: °C



Wärmeerzeugung

Microsoft Excel - Bewegungsdaten.xls

Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Daten Fenster ?

Frage hier eingeben

Arial 10 F K

Bearbeitung zurücksenden... Bearbeitung beenden...

11 fx

A B C D E F G H I J K L M N

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Auswahl der Wärmeerzeugung

Kessel (Gas / Öl): ☒ (bitte auswählen)

Nah- oder Fernwärme: ☐ (bitte auswählen)

Weiter

UngünstHK Rücklauftemp Wertepaare WÜTa Rohrnetz_konst UmrechnungEinheiten Fernwärme Wertanalyse Ergebnis **Auswahl** R

Bereit

NF

Restförderhöhe und Sondereinbauten eingeben

Microsoft Excel - Bewegungsdaten.xls

Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Daten Fenster ?

Frage hier eingeben

D19 0

Erforderliche Eingabedaten zur Berechnung des hydraulischen Abgleichs

Zur Berechnung des hydraulischen Abgleichs sind weitere Eingaben erforderlich. Bitte füllen Sie die folgenden Felder entsprechend der Erläuterungen aus.

Eingabe von Pumpendaten

Bitte wählen Sie den eingesetzten Pumpentypen:

TYP A) Restförderhöhe nicht oder nicht stufenlos einstellbar ☒ (bitte auswählen)

Berechneter Anlagenvolumenstrom: **147 l/h**

Restförderhöhe der Pumpe (Typ A) bei berechnetem Anlagen-Volumenstrom: Stufe 1 Stufe 2 Stufe 3 Stufe 4 [mbar]

TYP B) Restförderhöhe stufenlos einstellbar ☐ (bitte auswählen)

Berechneter Anlagenvolumenstrom: **147 l/h**

Einstellbare Restförderhöhe der Pumpe (Typ B) bei berechnetem Anlagen-Volumenstrom: MIN MAX [mbar]

Externes Überströmventil

Bitte geben Sie den Ansprechdruck eines externen Überströmventils ein:

Ansprechdruck externes Überströmventil: [mbar]

Druckverlust in Sondereinbauten

Bitte geben Sie den Druckverlust in Sondereinbauten ein (z. B. WMZ, Filter, Rückschlagventile):

Druckverlust in Sondereinbauten: [mbar]

Weiter

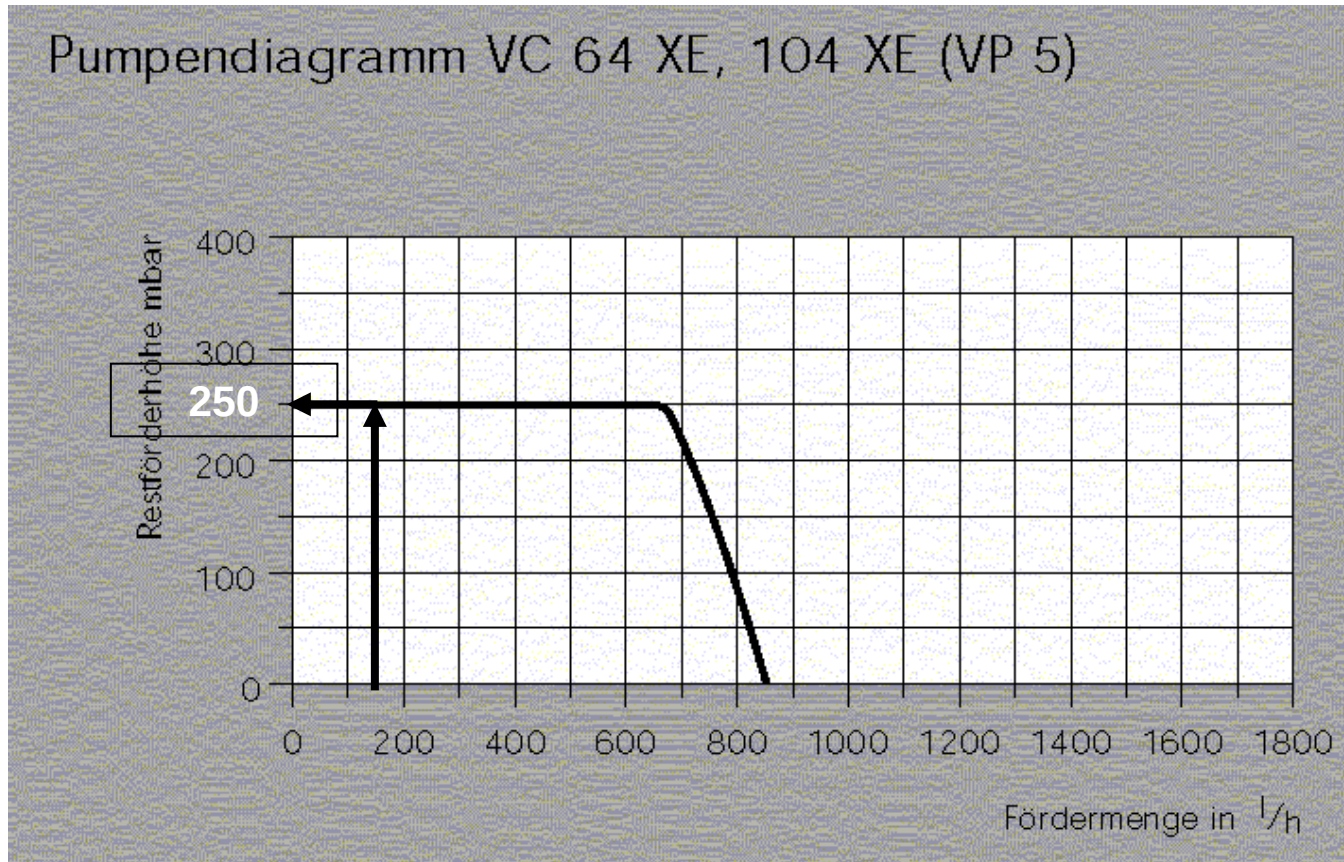
Rücklauftemp Wertepaare WÜTa Rohrnetz_konst UmrechnungEinheiten Fernwärme Wertanalyse Ergebnis Auswahl Rohrnetz var

Bereit

NF

1.Auswahl

Restförderhöhe – aus Herstellerunterlagen



Restförderhöhe und Sondereinbauten eingeben

Microsoft Excel - Bewegungsdaten.xls

Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Daten Fenster ?

Frage hier eingeben

D19 0

Erforderliche Eingabedaten zur Berechnung des hydraulischen Abgleichs

Zur Berechnung des hydraulischen Abgleichs sind weitere Eingaben erforderlich. Bitte füllen Sie die folgenden Felder entsprechend der Erläuterungen aus.

Eingabe von Pumpendaten

Bitte wählen Sie den eingesetzten Pumpentypen:

TYP A) Restförderhöhe nicht oder nicht stufenlos einstellbar ☒ (bitte auswählen)

Berechneter Anlagenvolumenstrom: **147 l/h**

Restförderhöhe der Pumpe (Typ A) bei berechnetem Anlagen-Volumenstrom: Stufe 1 Stufe 2 Stufe 3 Stufe 4 [mbar]

TYP B) Restförderhöhe stufenlos einstellbar ☐ (bitte auswählen)

Berechneter Anlagenvolumenstrom: **147 l/h**

Einstellbare Restförderhöhe der Pumpe (Typ B) bei berechnetem Anlagen-Volumenstrom: MIN MAX [mbar]

Externes Überströmventil

Bitte geben Sie den Ansprechdruck eines externen Überströmventils ein:

Ansprechdruck externes Überströmventil: [mbar]

Druckverlust in Sondereinbauten

Bitte geben Sie den Druckverlust in Sondereinbauten ein (z. B. WMZ, Filter, Rückschlagventile):

Druckverlust in Sondereinbauten: [mbar]

Weiter

Rücklauftemp Wertepaare WÜTa Rohrnetz_konst UmrechnungEinheiten Fernwärme Wertanalyse Ergebnis Auswahl Rohrnetz var

Bereit

NF

1.Auswahl

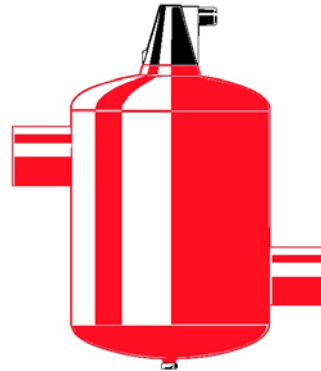
Druckverlust in Sondereinbauten

- Schmutzfänger



Rotguss-Schmutzfänger mit
Schweißstößen DN
15 bis 32

- Luftabscheider /
-sammler



Flamcovent
Absorptions-
Luftabscheider

- Schwerkraftbremsen



Sperrventil „Flowstop“
DN 25, 32

Vorschläge

Microsoft Excel - Bewegungsdaten.xls

Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Daten Fenster ?

Frage hier eingeben

R1

A B C D E F G H I J K M N

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

Der Einsatz eines Strang-Differenzdruckreglers wird vorgeschlagen

Aufgrund der bis hierher gemachten Angaben und der bisherigen Zwischenergebnisse wird in dieser Heizungsanlage der Einsatz eines Strang-Differenzdruckreglers zur endgültigen Optimierung von Temperaturniveau und Hydraulik unbedingt empfohlen.

Auswahl Strang-Differenzdruckregler

Strang-Differenzdruckregler vorsehen

Strang-Differenzdruckregler nicht vorsehen

WÜTa Rohrnnetz_konst UmrechnungEinheiten Fernwärme Wertanalyse Ergebnis Auswahl Rohrnnetz_var NahFern GasÖl **DDR** Ausga

Bereit NF

Ergebnisbogen (I)

Ergebnisausdruck
(allgemeine Daten) des Programms

Der Bogen wird
ausgedruckt.

Ergebnis der optimierten Hydraulik		Program-Version 3.3	
Sachbearbeiter		Antragsteller	
Nummer : 3		Name : Mustermann, Hans	
Name : Timm, Tobias			
Straße :		Gebäude	
PLZ, Ort :		Straße : proKlima-Straße 2	
Telefon :		PLZ, Ort : 30169 Hannover	
Telefax :		Strang :	
1.) Berechnete Gebäudeheizlast		2.) Optimiertes Temperaturniveau des Gesamtsystems	
Gebäudekenndaten:		Temperaturen für den Auslegungsfall:	
Baualtersklasse : 8) 01/1995 bis heute		Vorlauftemperatur : 62 °C --> Am Regler eingestellte Heizkurve:	
Grundfläche : 148 m²		Rücklauftemperatur : 38 °C Steilheit:	
Heizlast : 5 kW		Parallelverschiebung:	
spez. Heizlast : 35 W/m²			
3.) Optimierte Pumpeneinstellung		4.) Differenzdruckregler	
Pumpendaten:		Hinweis / einzustellende Reglerwerte:	
Pumpentyp : Nicht stufenlos einstellbare Restförderhöhe		Zur Optimierung der Heizungsanlage wird ein Strang-Differenzdruckregler eingesetzt.	
Pumpenstufe : Stufe 1		Einstellwert: 50 ... ba	
Restförderhöhe : 250 mbar (entspricht 2,50 m)			
Volumenstrom : 187 l/h			
5.) Sonstiges		$\Delta p(\text{sonder})$: 0 mbar Ansprechwert ext. Ü-Ventil: 0 mbar Längster Strang: 37,0 m Kennw. HK-Dim.: 46% 2,5	
Der hydraulische Abgleich wurde für eine nicht-einheitliche HK-Dimensionierung berechnet.			

Ergebnisbogen (II)

Ergebnisausdruck
(Raumdaten und Ventile) des Programms

Der Bogen wird
ausgedruckt.

6.) Einstellwerte der Thermostatventile

Raumdaten				Heizkörperdaten				THKVs - Ermittlung der Voreinstellwerte				
lfd. Nr.	Raumbezeichnung	beheizte Fläche m²	Raum-Heizlast W	Heizkörpertyp	t _R °C	Norm-Leistung 75/65°C	Ver-hältnis Q _{HK} /Q _R	k _v -Wert m³/h	Δp mbar	Durch-fluss l/h	Gew ähltes Ventil: Hersteller, Typ, DN	Gew ählte Voreinstellung, Bemerkungen
1	1) Wohnzimmer EG.	32,8	743	Profil-Flach-HK 33/350/1200	33	1879	2,5	0,11	39	22		
2	1) Wohnzimmer EG.	32,8	743	Profil-Flach-HK 33/350/1200	33	1879	2,5	0,11	39	22		
3	2) Flur EG.	23,5	691	Profil-Flach-HK 22/600/700	45	1186	1,7	0,18	39	35		
4	3) Küche EG.	11,2	442	Profil-Flach-HK 22/600/400	50	678	1,5	0,16	39	32		
5	4) WC EG.	1,5	130	Profil-Flach-HK 11/600/400	29	377	2,9	0,02	39	3		kv-Wert zu klein! Spreizung > 30 K!
6	5) Schlafzimmer DG.	16,6	535	Profil-Flach-HK 22/600/1000	28	1694	3,2	0,07	43	13		Spreizung > 30 K!
7	6) Kinderzimmer DG.	19,7	451	Profil-Flach-HK 22/350/1200	29	1322	2,9	0,06	43	12		Spreizung > 30 K!
8	7) Kinderzimmer 2 DG.	9,8	398	Profil-Flach-HK 22/350/1200	27	1322	3,3	0,05	43	10		Spreizung > 30 K!
9	8) Bad DG.	6,4	482	Anderer Typ	38	1000	2,1	0,08	46	17		
10	9) Büro DG.	26,4	546	Profil-Flach-HK 22/350/1000	39	1102	2,0	0,09	46	20		

OPTIMIERUNG VON HEIZUNGSANLAGEN

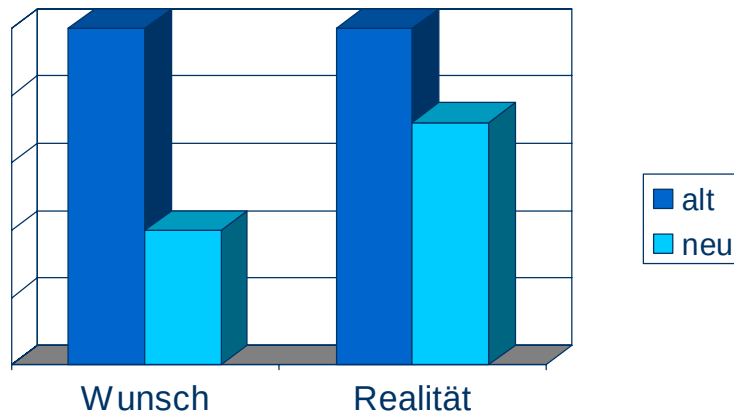
Institut für Haus und Versorgungstechnik

25.01.2007

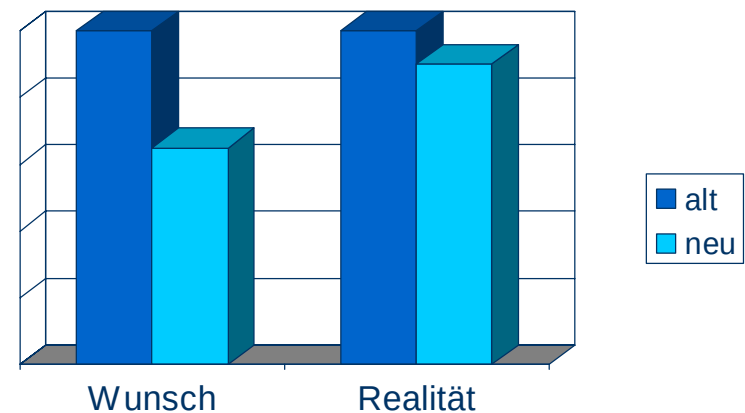


Die erhoffte Heizenergieeinsparung im Neubau um den Faktor 2,5 (seit 1977) trat leider nicht ein
(Novellierungen: Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnung).

Einsparung am Gebäude

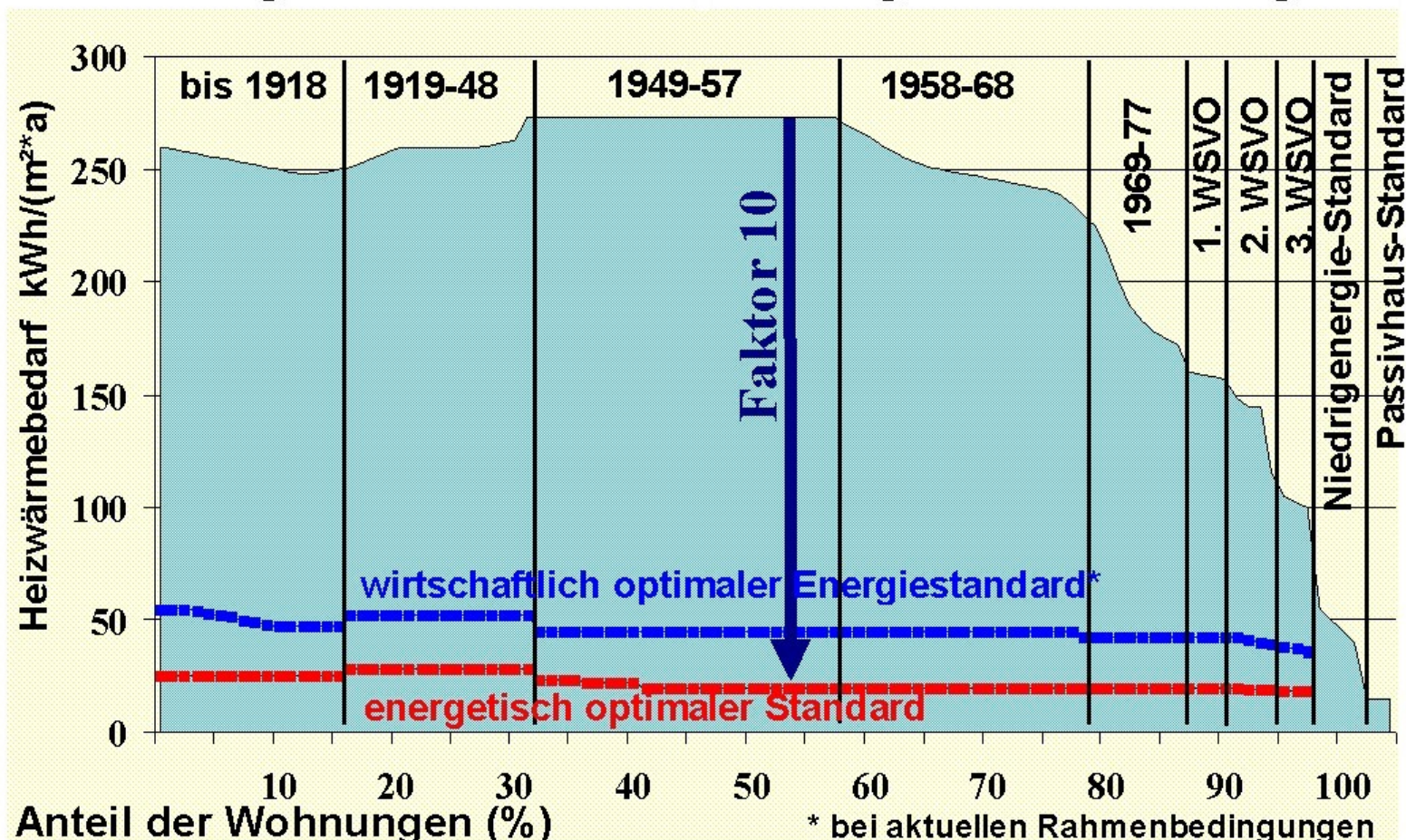


Einsparung durch Kesseltechnologie



Gebäude, Technik und Nutzer werden nicht als System angesehen.
Es erfolgt keine Optimierung.

Schema des Heizenergie-Reduktionspotenzials im Wohngebäudebestand durch energetische Sanierung

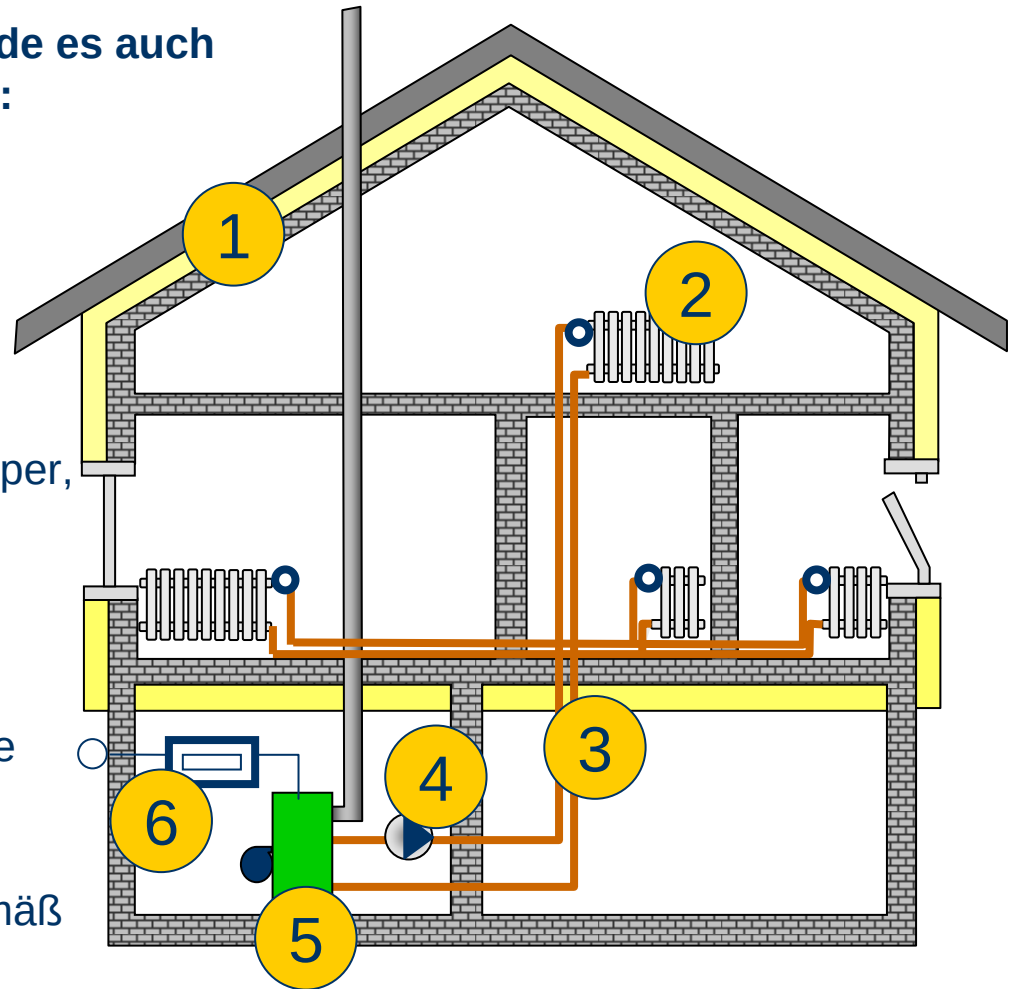


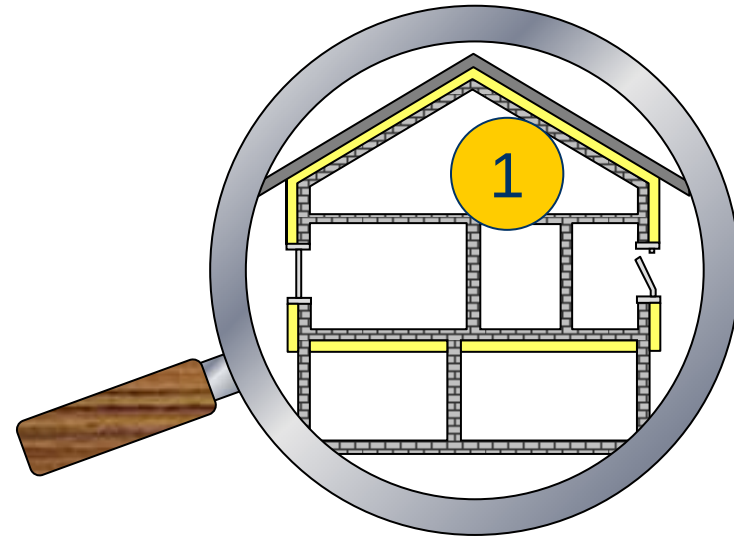
Quellen: ARENHA 1993, IWU 1994, Bundesarchitektenkammer 1995, Schulze Darup 1998/2000

ANLAGEN: FRÜHER UND HEUTE

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. Rohrnetzberechnung mit 100 Pa/m, Ventilautorität 0,5 am ungünstigsten Heizkörper, $X_p = 2$ K für die Thermostatventile
4. Angepasste Auslegung der Pumpe
5. Kessel passend zum Gebäude ohne oder mit geringem hydraulischen Widerstand
6. Einstellung der Heizkurve gemäß Heizkörperauslegung



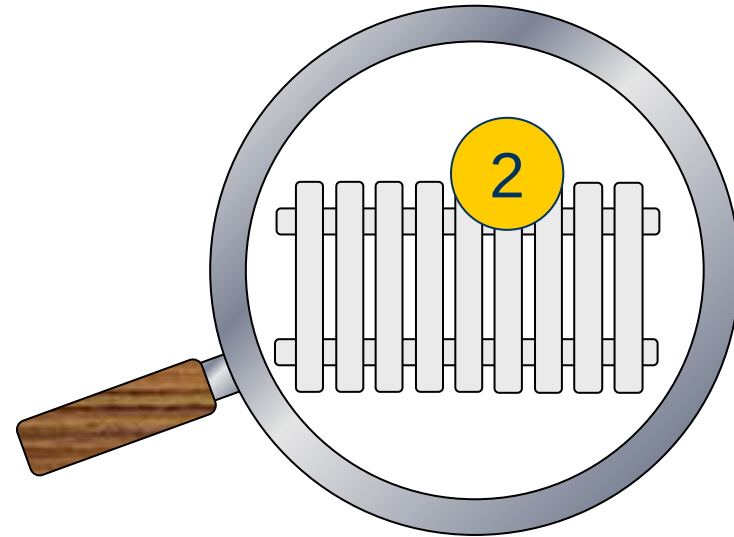


Wunsch

- Heizlastermittlung raumweise nach EN 12831 oder bis zum Jahr 2004 nach DIN 4701-1, 2 und 3

Wirklichkeit

- keine Heizlastermittlung
- Daumenwerte (unabhängig ob Eck- oder innen liegenden Räumen)
- 40–100 W/m²

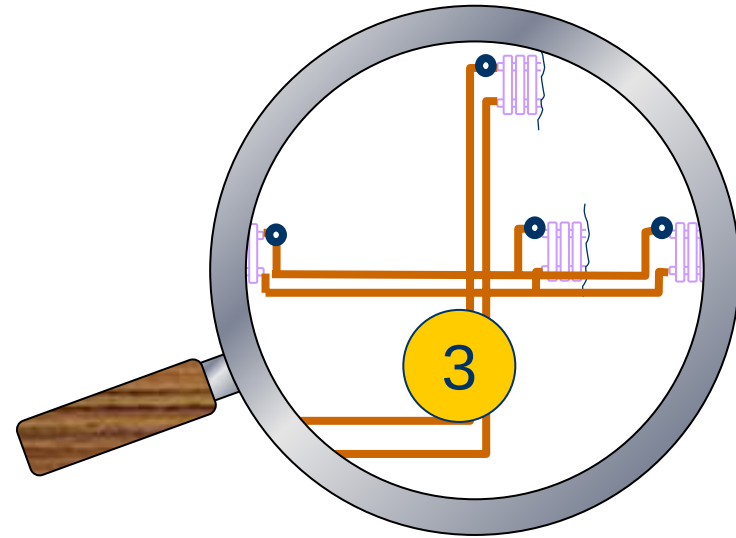


Wunsch

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

Wirklichkeit

- Heizkörperauswahl (keine Auslegung) nach geschätzter Heizlast und/oder Breite des Fensters
- Auslegungsvorlauftemperaturen 55/45 °C – Herstellerempfehlung

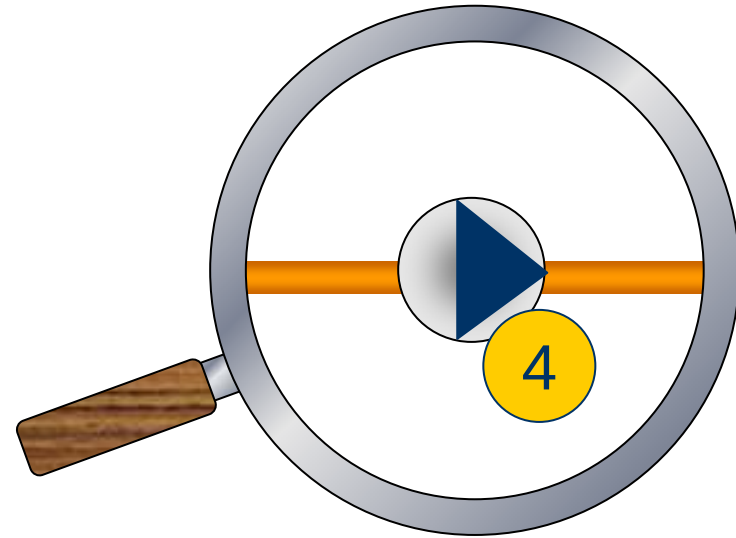


Wunsch

- Rohrnetzberechnung mit Thermostatventilauslegung, ausgehend vom ungünstigsten Strang
- $R = 30\text{--}70 \text{ Pa/m}$
- Ventilautorität ungünstigster Heizkörper $a_v = 0,3\text{--}0,7$
- Regelbereich $X_p = 1\text{--}2 \text{ K}$
- Einsatz der kleinsten THKV
- Hydraulischer Abgleich

Wirklichkeit

- keine Rohrnetzberechnung – Einsatz gängiger Rohrdimensionen
- Thermostatventile viel zu groß und oft ohne Voreinstellung
- wahre Ventilautorität $a_v < 0,1$
- kein Hydraulischer Abgleich

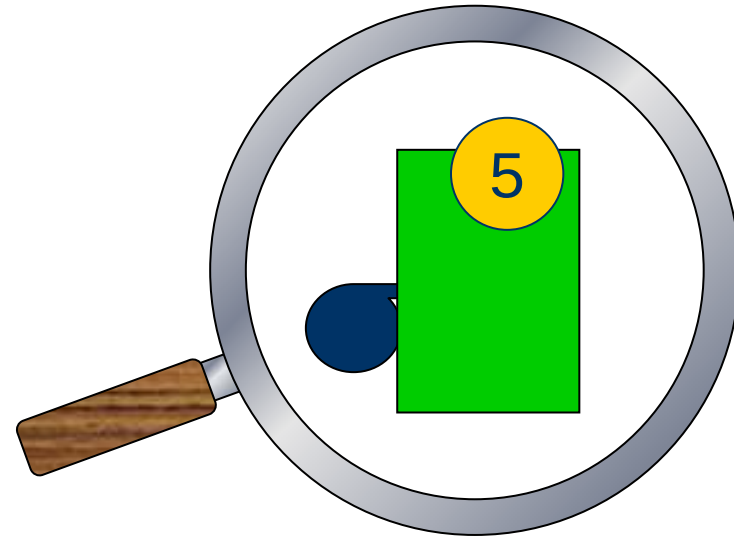


Wunsch

- Auswahl der Pumpe nach Rohrnetzberechnung
- typische Förderhöhen 0,6–1,5 m

Wirklichkeit

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

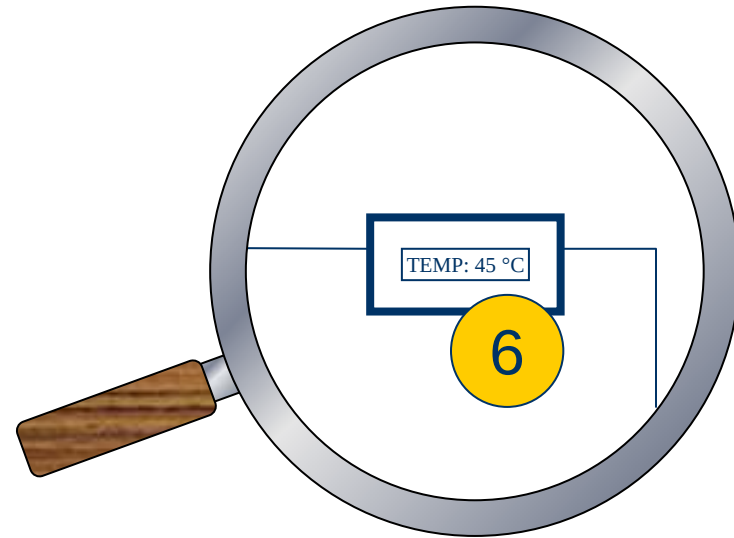


Wunsch

- Festlegung der Kesselleistung
 - ohne WW-Bereitung 8–15 kW
 - mit WW-Bereitung 11–18 kW
- Kessel ohne nennenswerte hydraulische Widerstände

Wirklichkeit

- Kesselleistung im EFH (11)–18–24 kW
- hohe hydraulische Widerstände



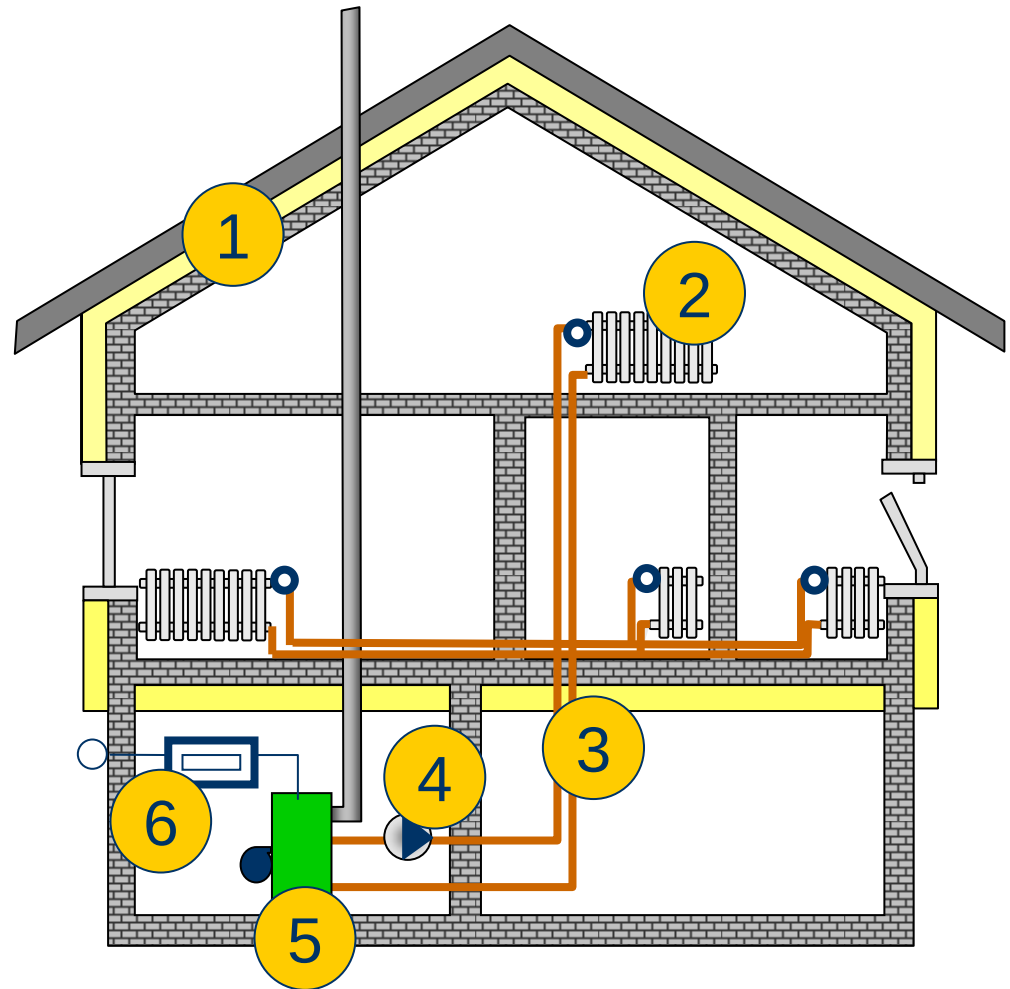
Wunsch

- Einstellung der Heizkurve am Regler
- witterungsgeführte Vorlauftemperaturregelung

Wirklichkeit

- keine Einstellung der Heizkurve (Werkseinstellung)
- Resultat: nicht 55–65 °C sondern 80 °C Vorlauftemperatur an den Heizflächen

- Einsparpotential:
20–50 kWh/(m²a)
Primärenergie
- Die Gas- und Ölindustrie
freut sich.
- Nutzerbeschwerden über
Geräusche u. a.
- Handwerker degradiert auf
das Zusammenbauen

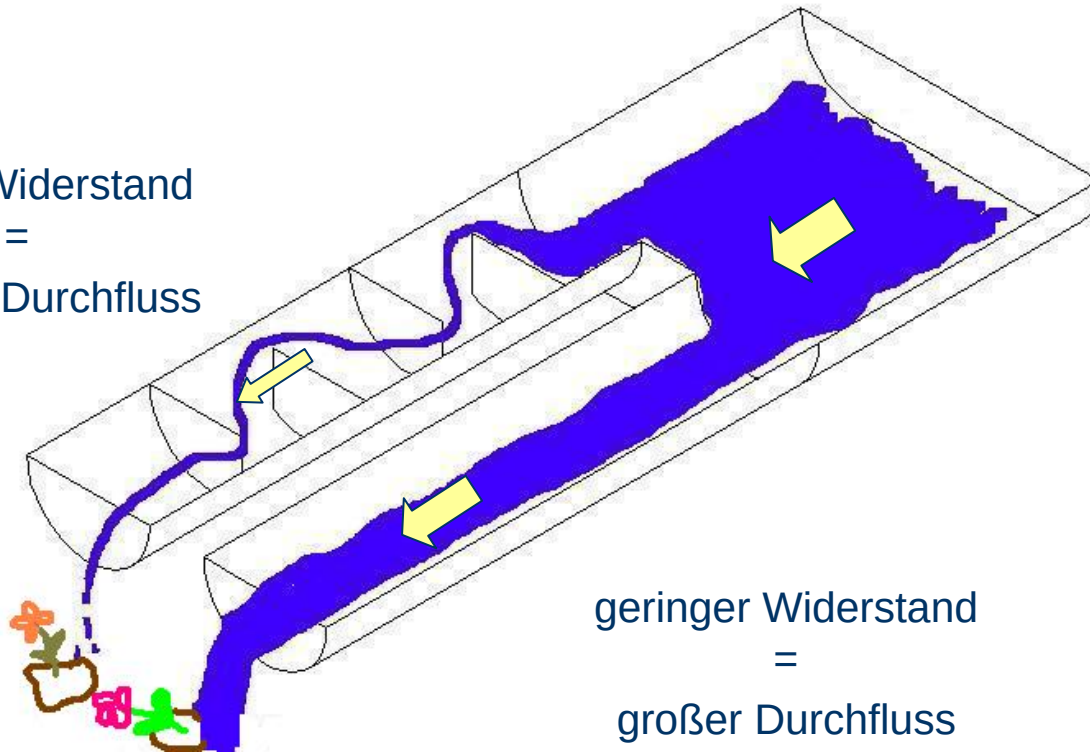


PROBLEMBEKÄMPFUNG UND DEREN KONSEQUENZEN

Was ist der hydraulische Abgleich ? (I)

- Das Wasser verhält sich wie der elektrische Strom, es geht immer den Weg des geringsten Widerstands

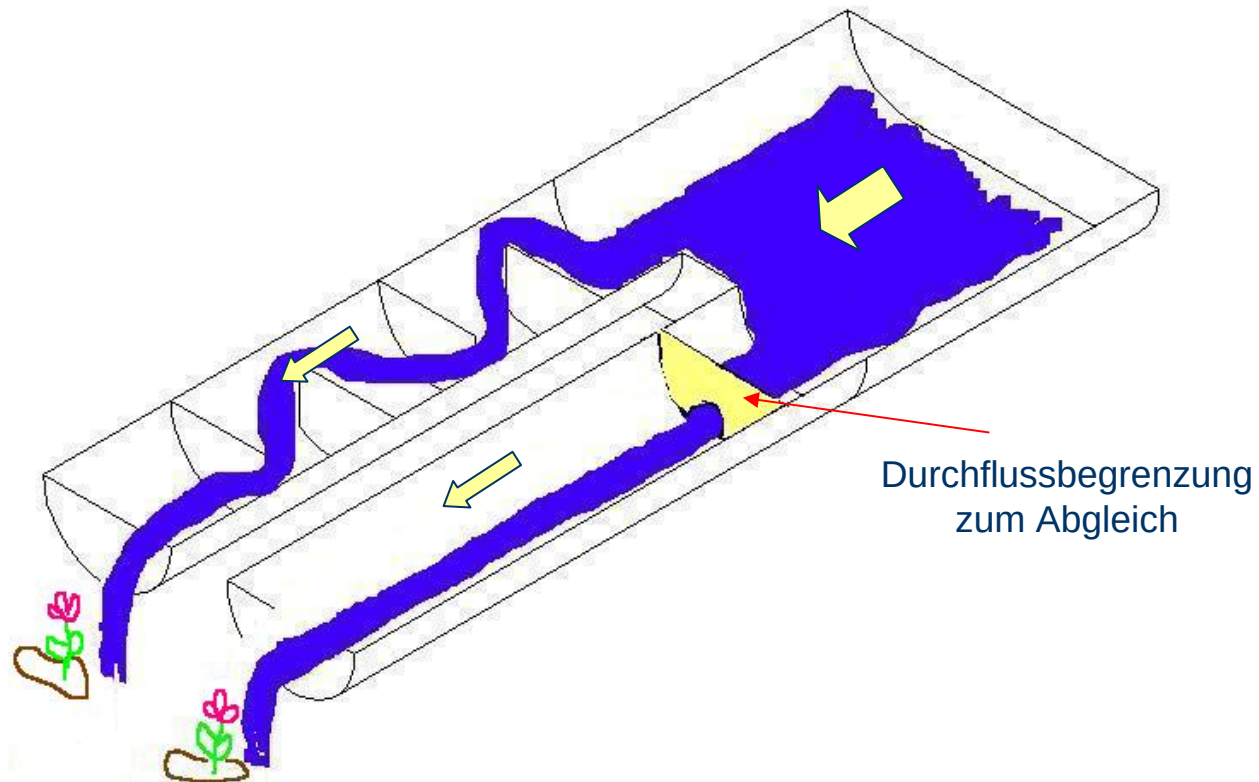
großer Widerstand
=
geringer Durchfluss



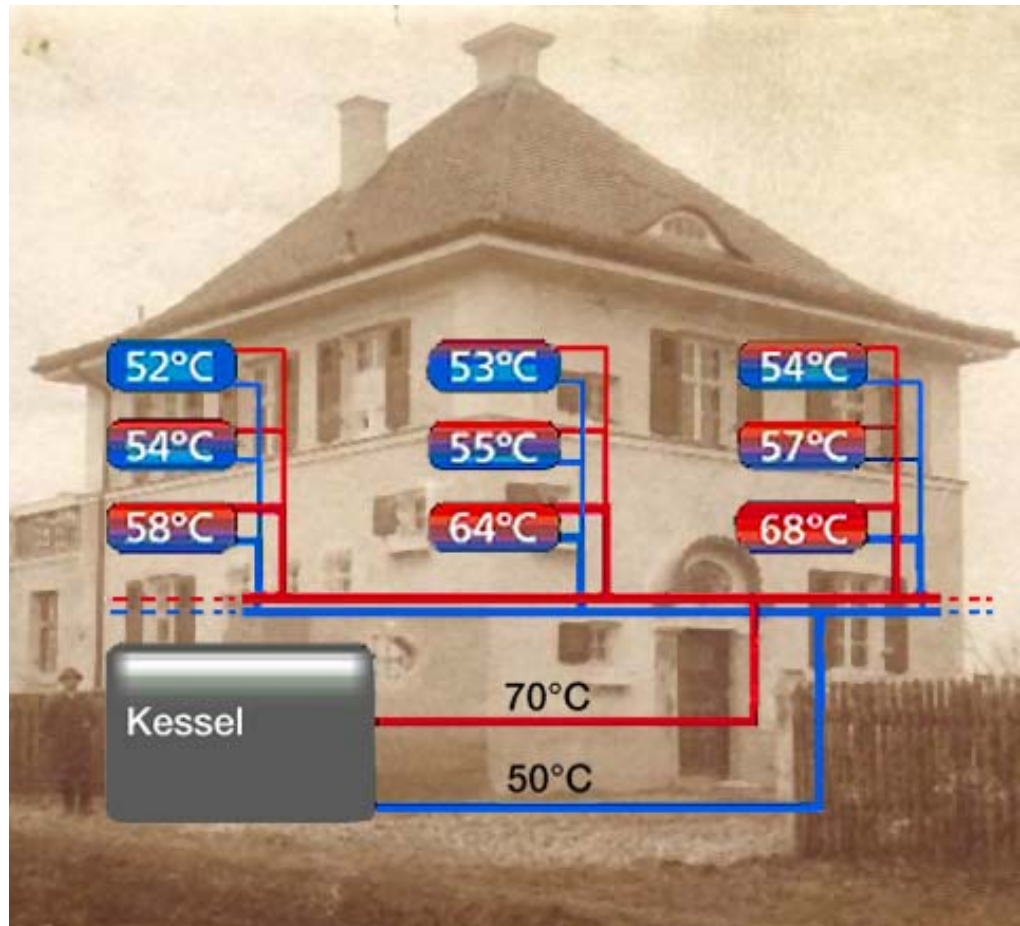
geringer Widerstand
=
großer Durchfluss

Was ist der hydraulische Abgleich ? (II)

- Der hydraulische Abgleich bewirkt, dass genau die Menge Wasser durch die Rohre strömt, die benötigt wird

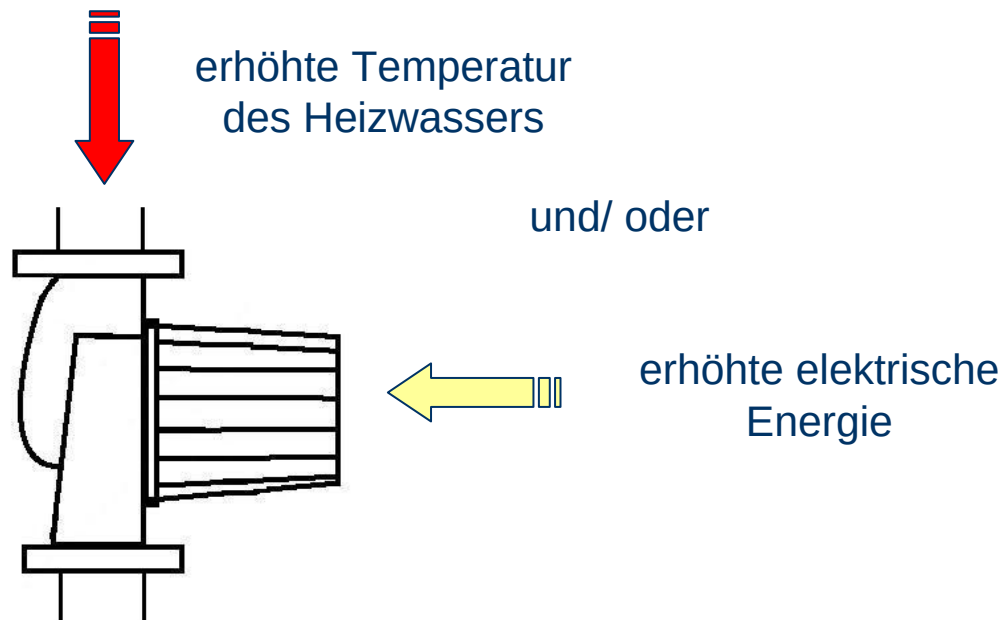


Probleme der Regelung und Hydraulik einer Heizungsanlage (I)



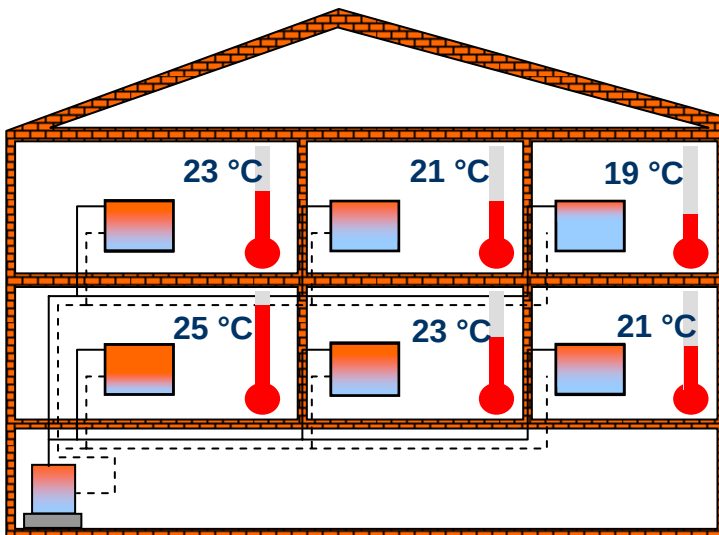
„Mein Gebäude wird nicht warm.
Kann man da nicht einfach an der Heizungsanlage was
einstellen, wie mein Handwerker gesagt hat ?“

- Erhöhung der Pumpenleistung
Die Pumpe wird auf die höchste Drehzahlstufe eingestellt
- Anhebung der Heizkurve
Dadurch ergeben sich höhere Vorlauftemperaturen



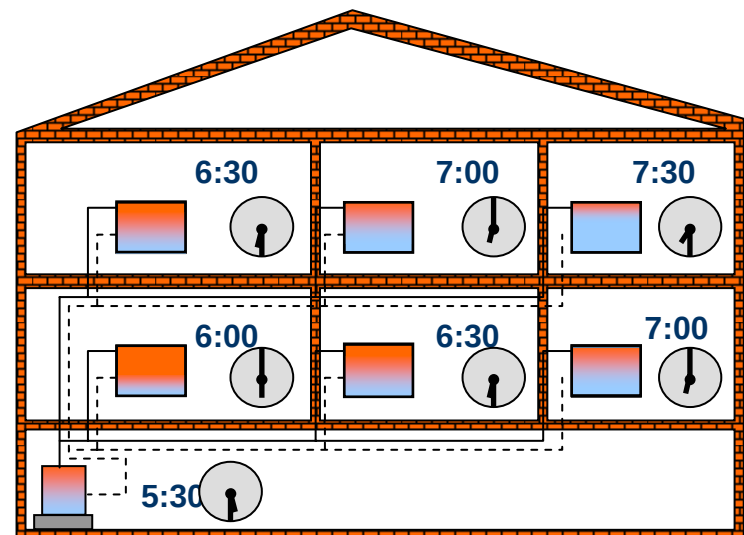
1) Ungleichmäßige Wärmeabgabe

Pumpennahe Heizkörper werden mit Wärme üversorgt und verschwenden so Heizenergie.



2) Ungleichmäßige Aufheizzeiten

Die Räume werden nach Absenckphasen unterschiedlich schnell warm.



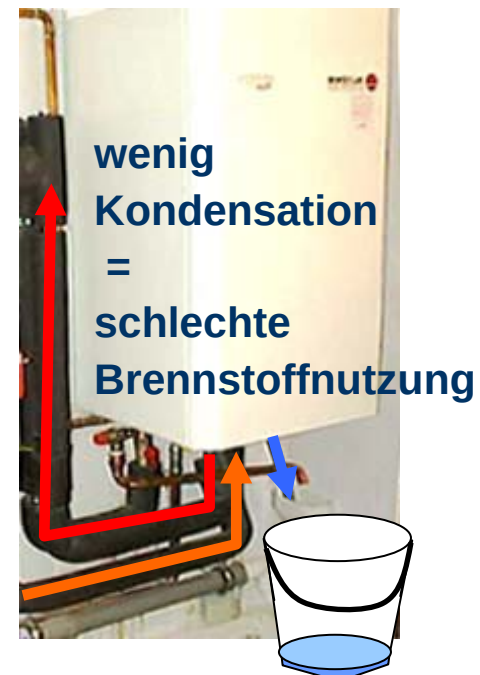
3) Hohe Rücklauftemperaturen

Zu hohe Durchflüsse an den Heizkörpern bewirken hohe Rücklauftemperaturen und damit einen verminderten Brennwertnutzen.

Kühler
Rücklauf
45 °C



Warmer
Rücklauf
70 °C



Folgen der „Behelfslösung“ (III)

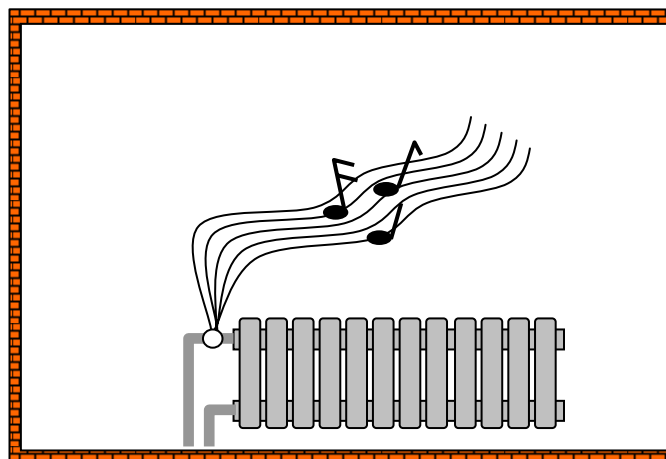
4) Unnötig hohe Pumpenleistung

Es wird mehr elektrische Energie verbraucht als notwendig wäre.



5) Geräusche in der Anlage

Durch die erhöhte Pumpenleistung treten in der Anlage lästige Strömungsgeräusche auf.



VERTEILSYSTEME IN GUT GEDÄMMTEN GEBÄUDEN

Symptom

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



Diagnose

Erhöhte Wärmeabgabe der im Estrich verlegten ungedämmten Kunststoffleitungen für die Einzelanbindung aller Heizkörper von einem Wohnungsverteiler („Spaghetti-Verteilung“); gleichzeitig Abfuhr der Überschusswärme über die Abluftabsaugung in den benachbarten Sanitärräumen

Einsparpotential

10–20 kWh/(m²a)

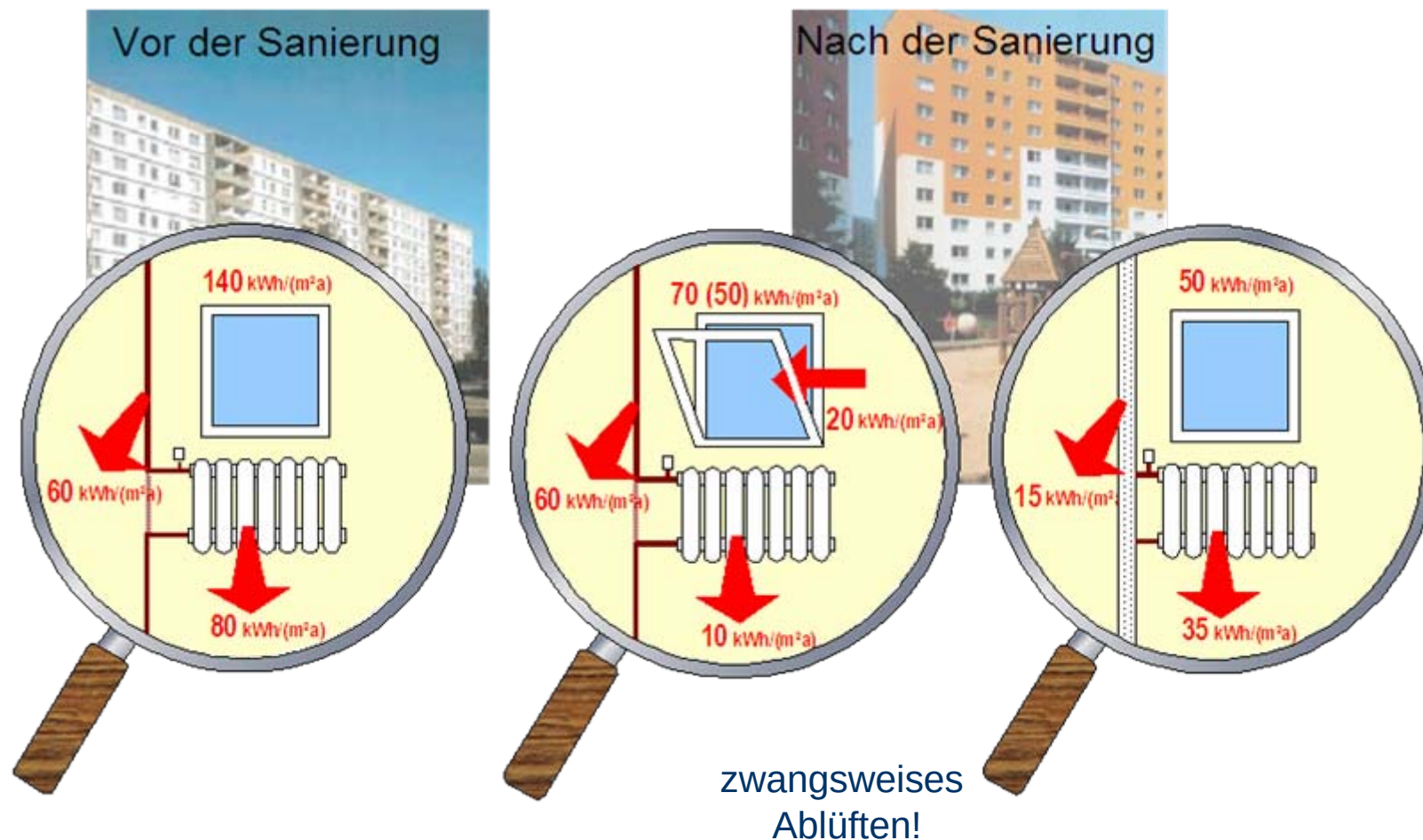
lokal: $t_i = 24 \dots 25 \text{ °C}$

Mehrverbrauch trotz guter Hülle und guter Wärmeerzeugung



11- und 14-Geschosser
Einrohrheizung

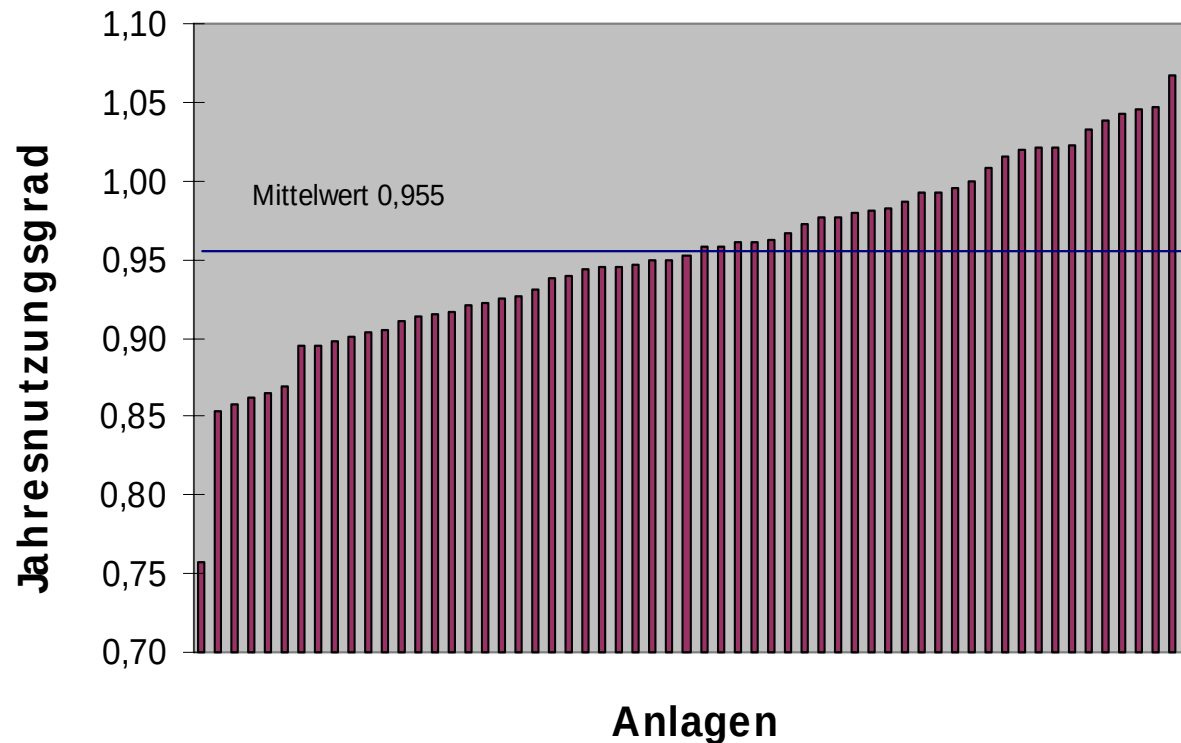
Zwangswärmekonsum ohne integrierte Planung und Ausführung



BRENNWERTKESSELANLAGEN

Symptom

In „unbegleiteten“ Niedrigenergie-Ein- und Mehrfamilienhäusern werden im Durchschnitt nur Jahresnutzungsgrade von ca. 95 %, bezogen auf den unteren Heizwert, gemessen.



- Der Einsatz optimaler Komponenten allein reicht nicht aus, um deren Einsparpotential zu nutzen (z.B. Brennwertkessel).
- Durch nicht angepasste Komponenten und Reglereinstellungen wird häufig Energie verschwendet.
- Die einzelnen Komponenten müssen sorgfältiger aufeinander abgestimmt werden (z.B. Hydraulischer Abgleich).

→ **Das System muss als Ganzes betrachtet und optimiert werden!**



Wilo-Brain

- Qualifizierungsoffensive für die SHK-Branche
- Hilfe für Fachhandwerker, um die Heizungsanlagen der Kunden zu optimieren



Projektpartner



Innung Sanitär- und Heizungstechnik
Wilhelmshaven



Berufsbildende Schulen II
Aurich



Forschungsgruppe Praxisnahe
Berufsbildung
Bremen



Trainings- & Weiterbildungszentrum
Wolfenbüttel e.V.
Wolfenbüttel



Firma WILO AG
Dortmund



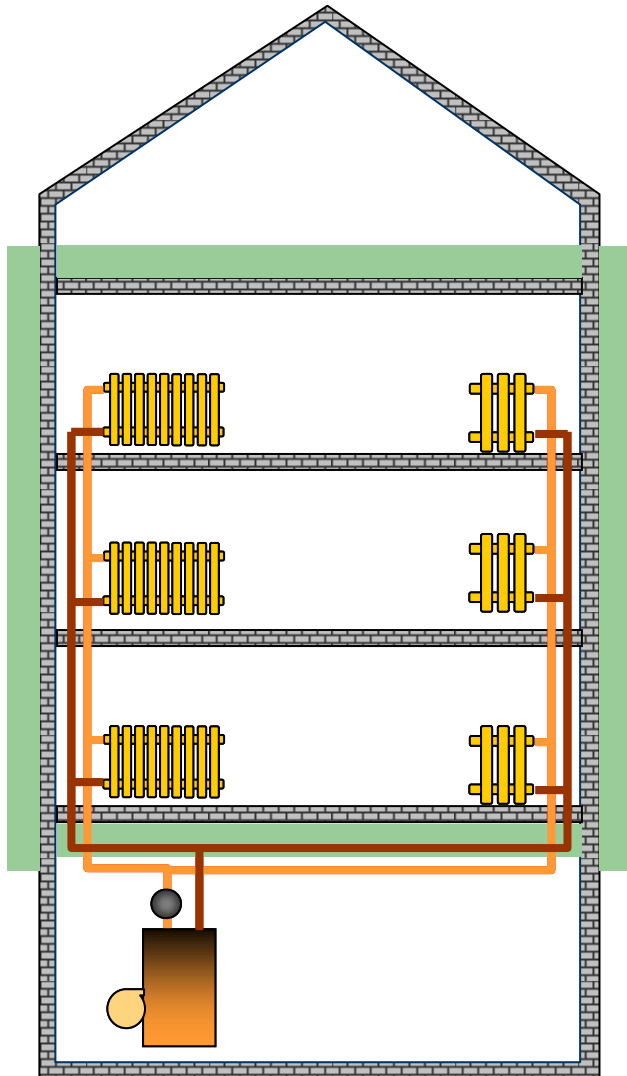
1. Die Einsparpotenziale durch die Optimierung bestehender Heizungsanlagen in der konkreten Praxis nachweisen.
2. Die „Optimierung von Heizungsanlagen“ zu einer Standardmaßnahme der energetischen Gebäudesanierung entwickeln.



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

Schwerpunkt: bestehende Gebäude, insbesondere nach baulichen Sanierungen.



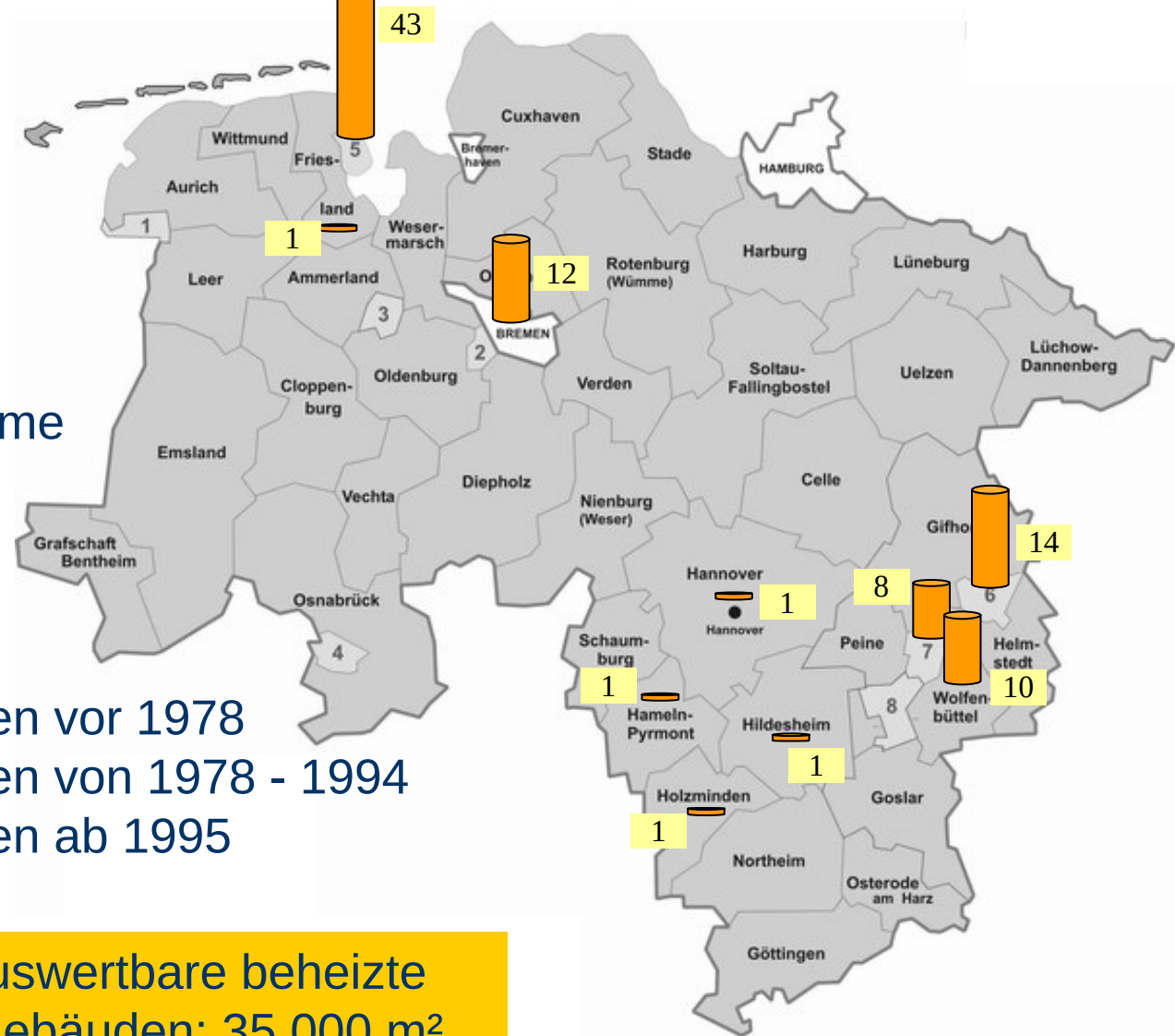
1. altes Gebäude mit „Hochtemperatur-Heizung“
2. Dämmung der Gebäudehülle (ggf. auch nur teilweise)
3. Berechnung der neuen Heizlast, neuen Systemtemperatur, hydraulischer Abgleich der Heizung

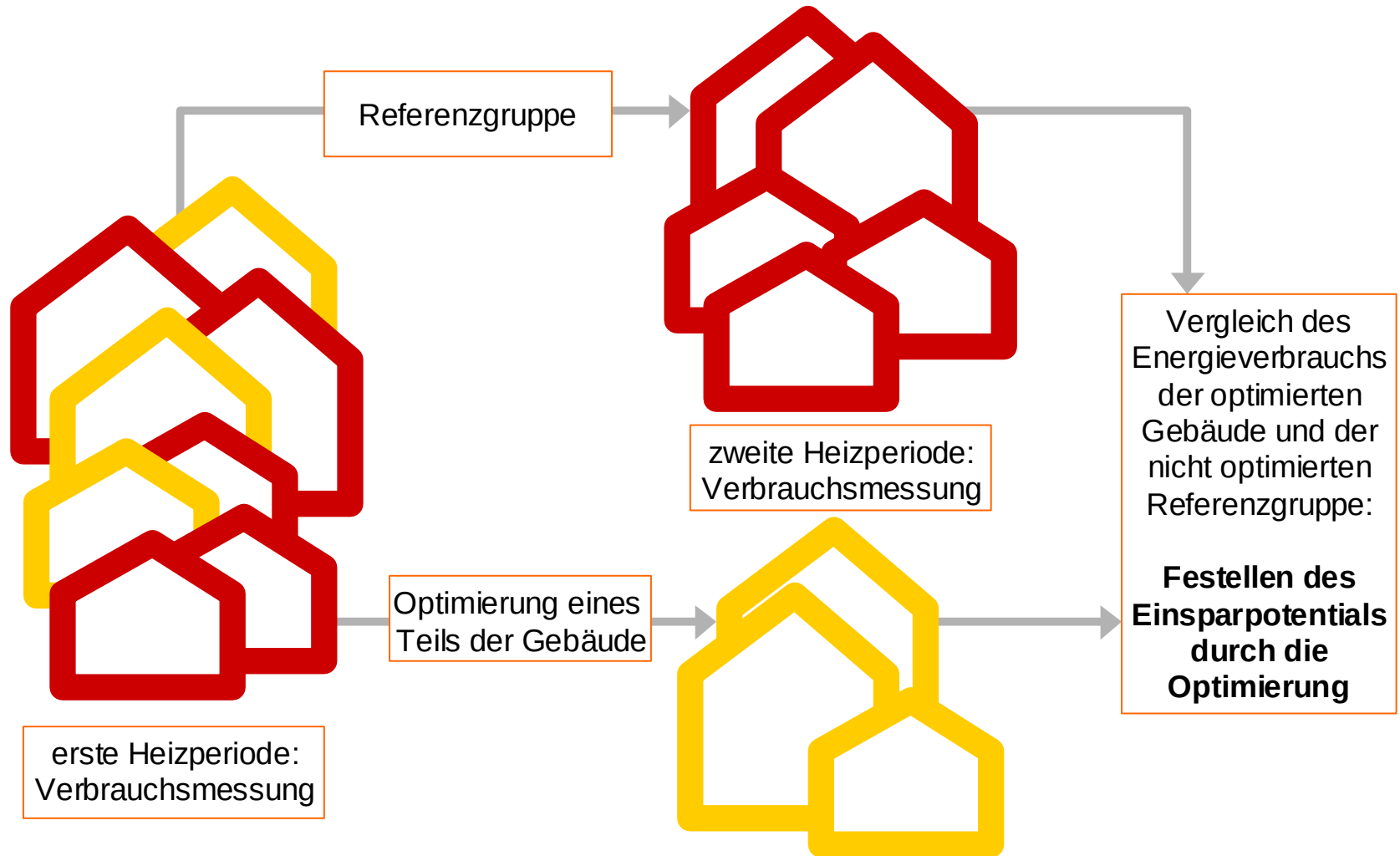
OPTIMUS - Ziel:

vorhandene Technologien bestmöglich zu nutzen durch die Optimierung von bestehenden Heizungsanlagen

- 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





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)



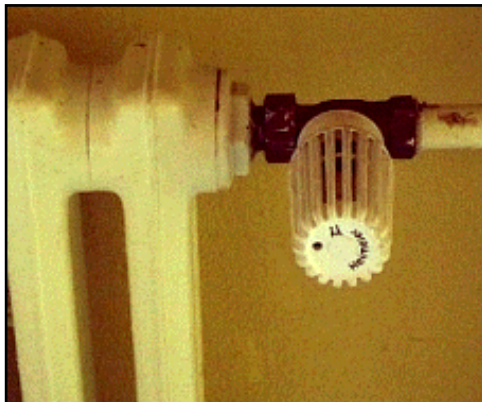
mittlere U-Werte
der Gebäude

- 1,3 W/(m²K) -
Baujahre vor 1977
- 0,47 W/(m²K) -
Baujahre ab 1995



großzügige Heizkörperbemessung:

Heizkörpernormleistung
effektiver Raumheizlast = **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.

großzügige Pumpenauslegung:

vorhandene elektrische Pumpenleistung
ausreichende el. Pumpenleistung = **etwa 3,0**

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



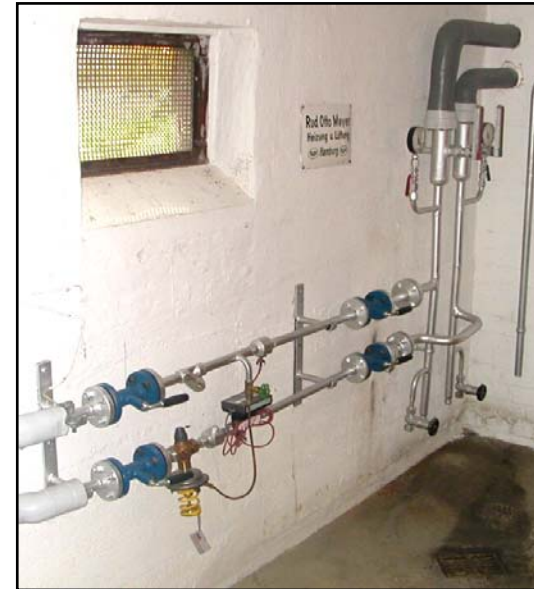
Außerhalb des beheizten Bereichs verlegt:

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

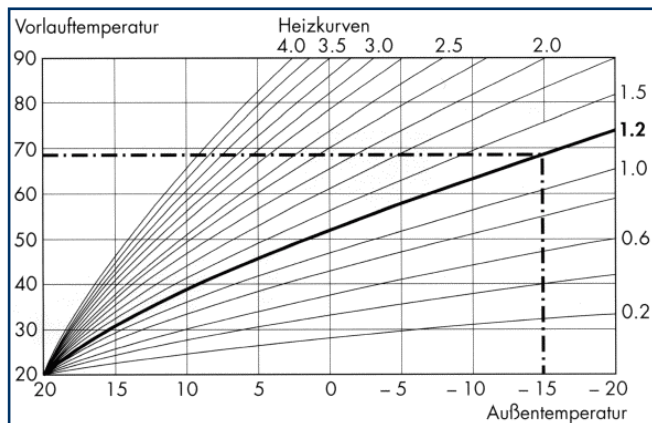
großzügige
Wärmeerzeugerauslegung:

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

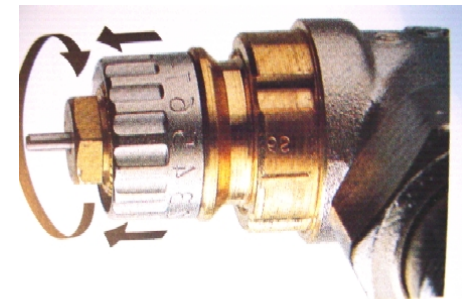
- Überdimensionierung / Werkseinstellung der Komponenten ermöglichen ein Verschwendungspotential: möglicher Energieverbrauch ist **zwei bis drei** mal höher als der minimale Jahresenergiebedarf
 - fehlender hydraulischer Abgleich sowie die Heizkörper-, Pumpen- und Thermostatventilüberdimensionierung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

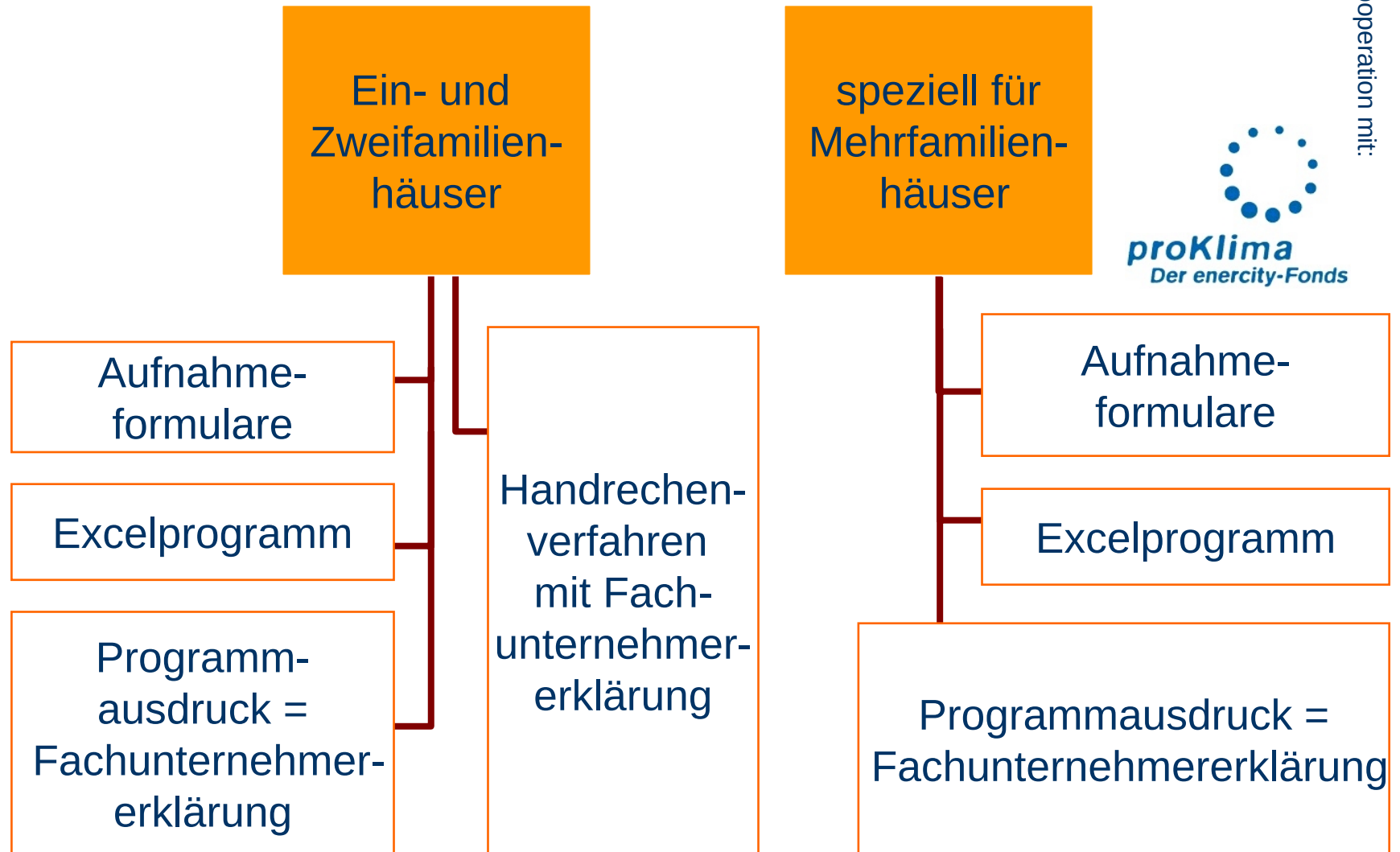
Die Optimierung in der Planung und Ausführung umfasst:

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





Heizwärmeersparnis:	7 kWh/(m ² a)	90.000 kWh/a
---------------------	--------------------------	--------------

Endenergieersparnis:	8 kWh/(m ² a)	106.000 kWh/a
----------------------	--------------------------	---------------

Primärenergieersparnis:	10 kWh/(m ² a)	124.000 kWh/a
-------------------------	---------------------------	---------------

CO ₂ -Ersparnis:	2,1 kg/(m ² a)	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

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 $\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$

Bereinigter Heizenergieverbrauch
aus Jahresmessdaten

(Werte ab Erzeuger, bezogen auf die beheizte Fläche)



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

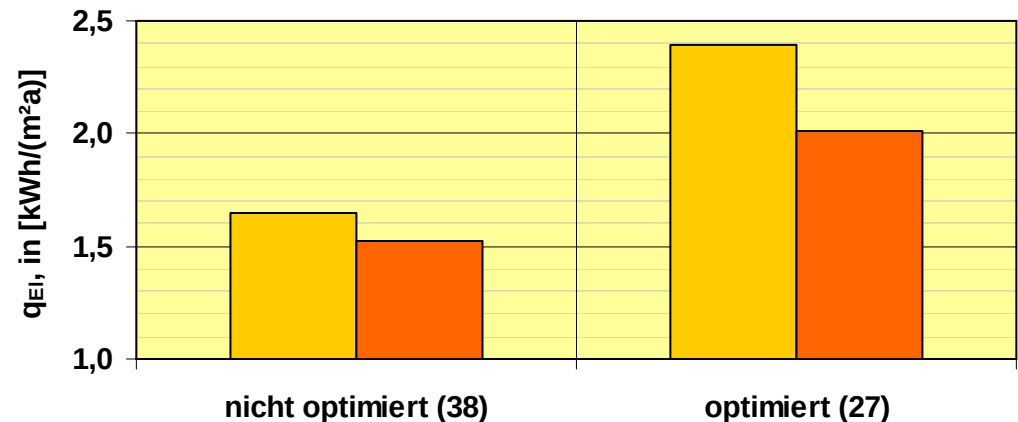
im Mittel $\Delta q_{EI} = -0,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

- 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!

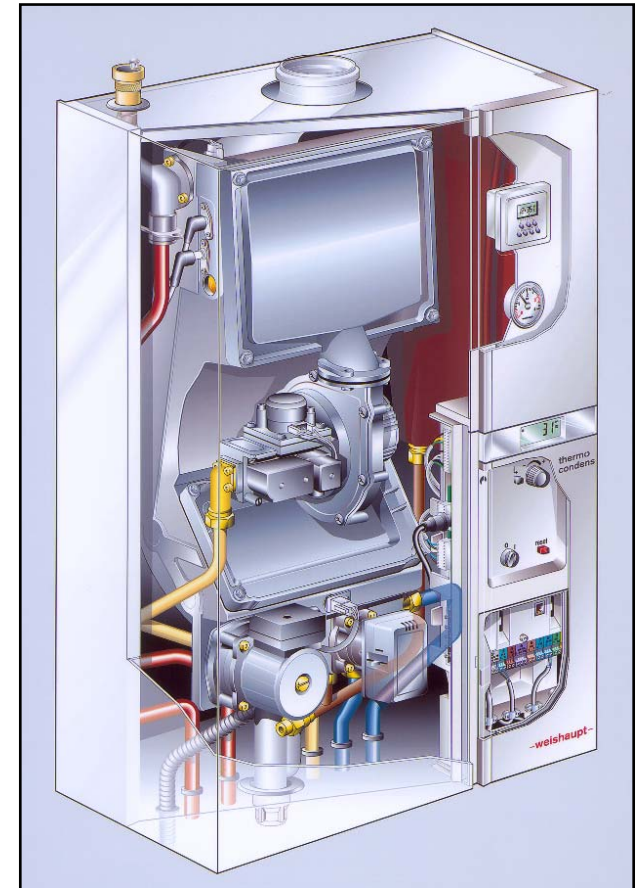
Bereinigter Hilfsenergieverbrauch
aus Jahresmessdaten

(Werte ab Erzeuger, bezogen auf die beheizte Fläche)



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)



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 %

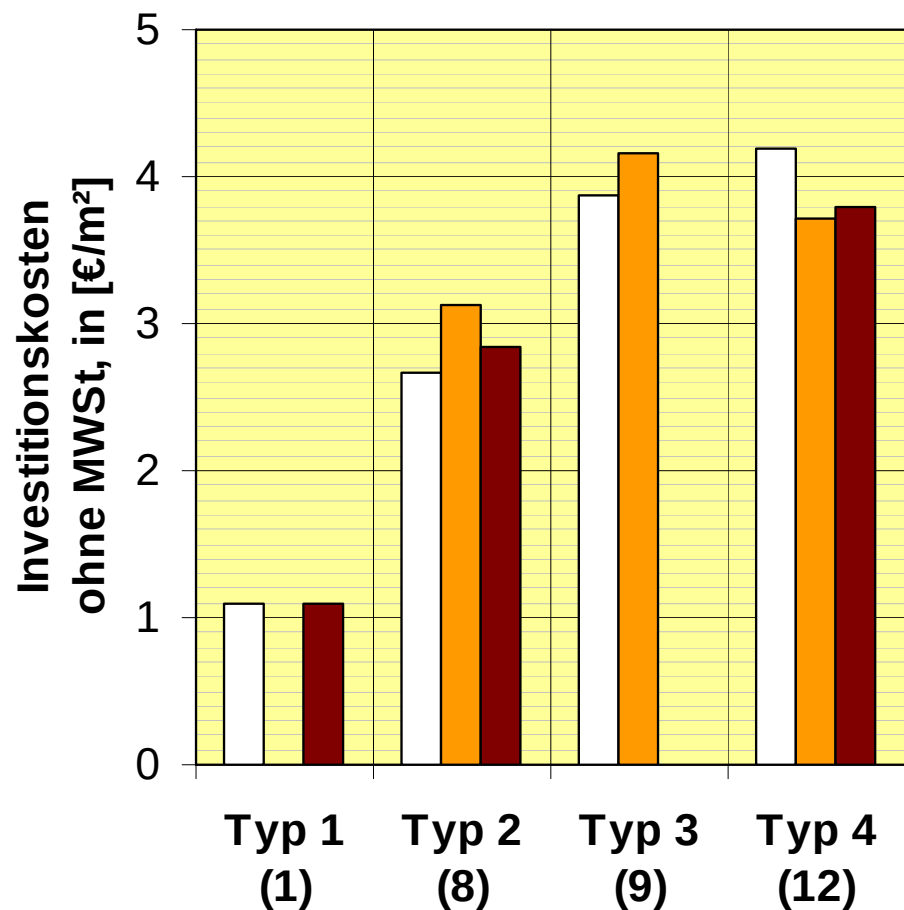
Maßnahmenpaket / Typ:

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

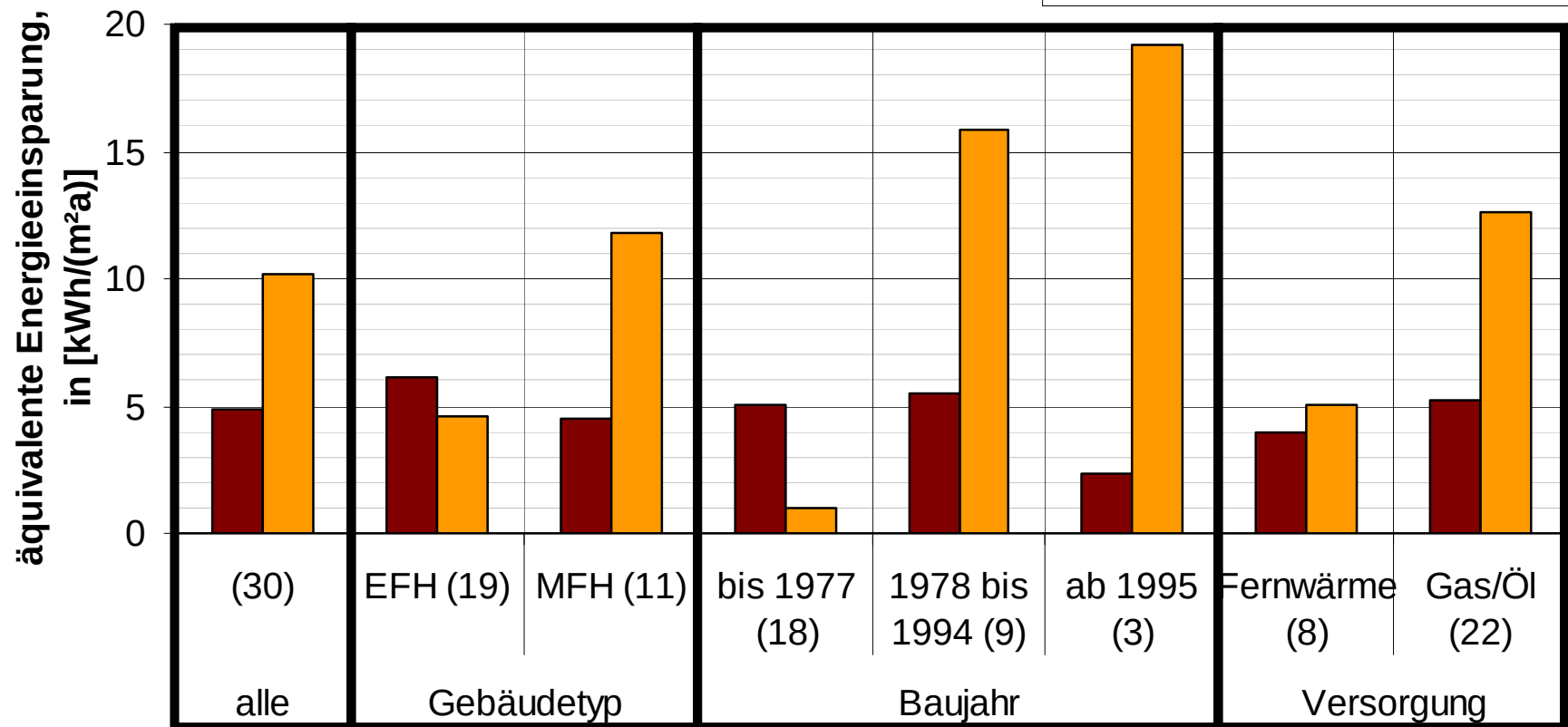
Erreichte Einsparung

- **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)



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

Theorie:

- Faktor 3,0 zwischen alten und neuen Gebäuden

Praxis:

- Faktor 1,5 zwischen alten und neuen Gebäuden

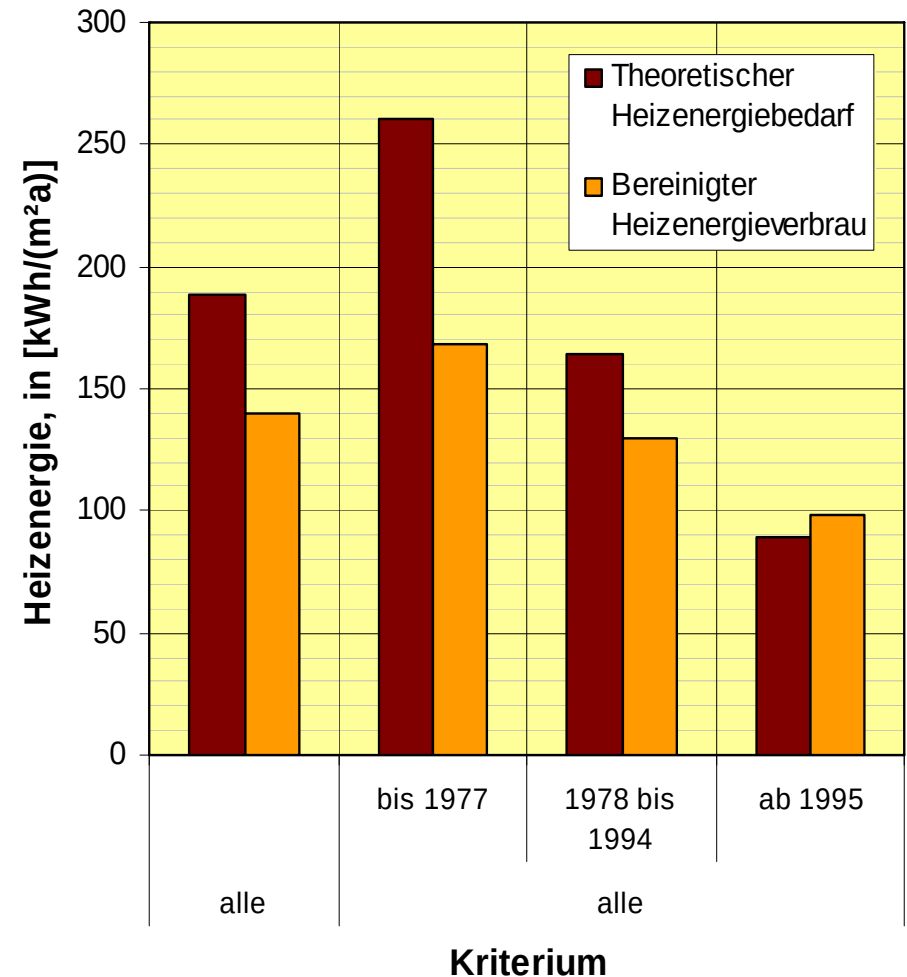
Abgleich:

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

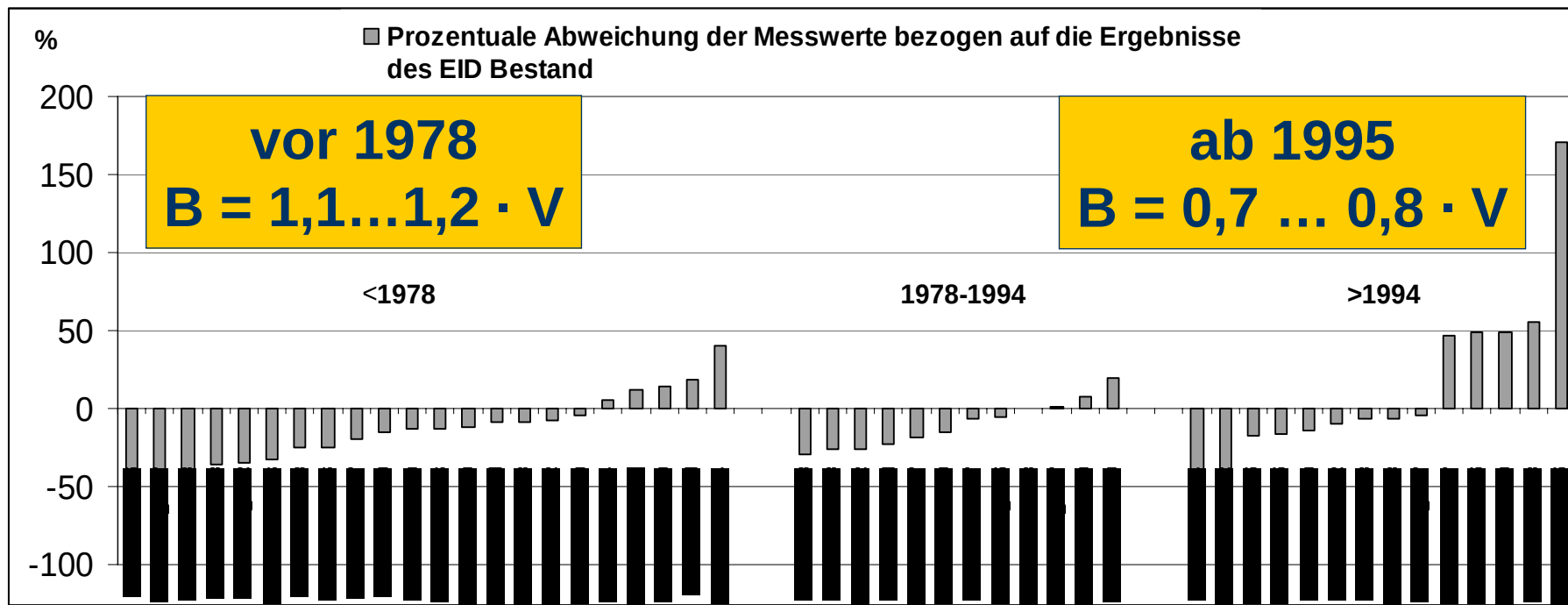
Konsequenz:

- zu hohe theoretische Einsparprognose

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



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



Aussage von Messdaten der Kernheizzeit und der Übergangszeit

