Seminar

„Optimierung von Heizungsanlagen“

Trainings- und Weiterbildungs-
zentrum Wolfenbüttel e. V.

proKlima GbR
bei der Stadtwerke Hannover AG

Tagesablauf/Themen:

10 Uhr - Begrüßung

1. **Hintergrund: Energieeffizienz im Gebäudebestand (Teuber)**
2. **Hydraulischer Abgleich (Grundlagen) und Raumheizlast (Teuber)**
3. **Pumpen (Herr Teuber)**
4. **Vorstellung d. Programms zur „Optimierung von Heizungsanlagen – Hydraulischer Abgleich“ (Timm)**
5. **Einführung in das Programm anhand eines Berechnungsbeispiels (Timm/Teuber)**

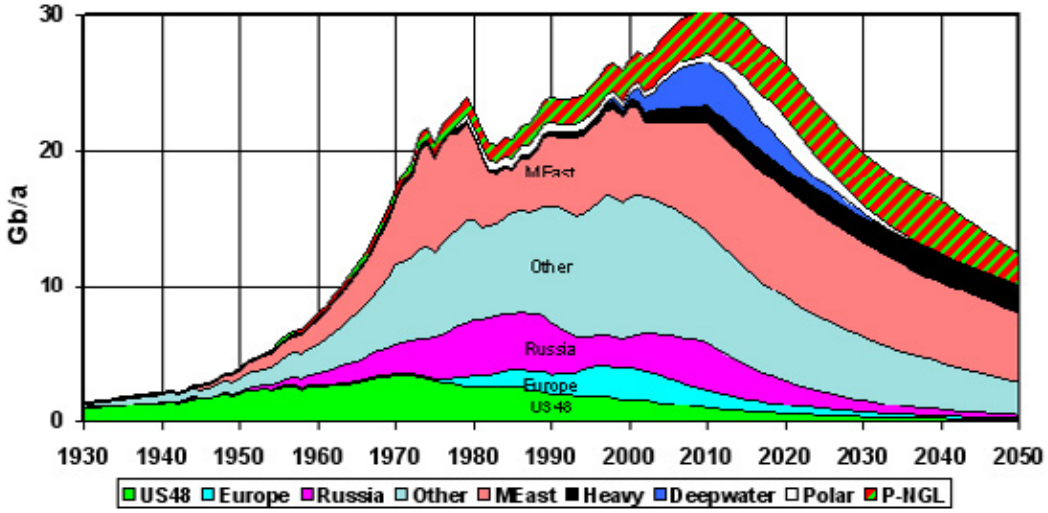
13: Uhr – Mittagspause bis 14:00 Uhr

6. **Thermostatheizkörperventile (Teuber)**
7. **Sondereinbauten (Teuber)**
8. **Regelung (Teuber)**
9. **Wärmeerzeuger (Teuber)**

18 Uhr - Verabschiedung

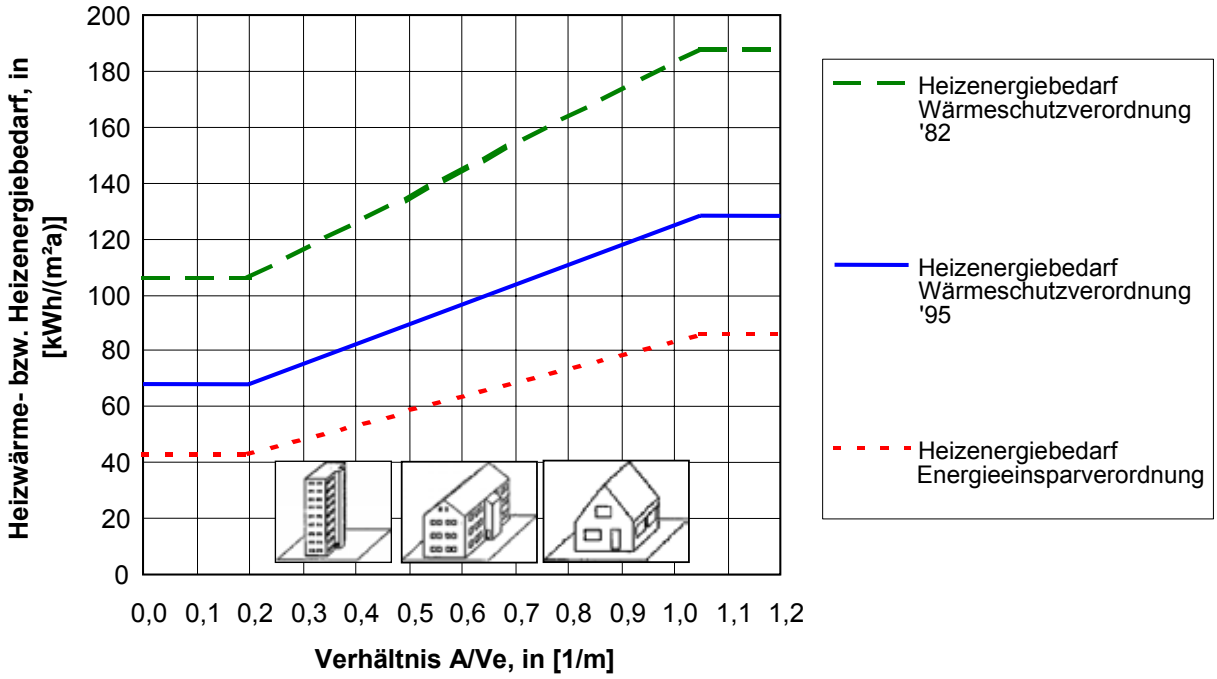
Kaffeepause Vor- und Nachmittags nach Bedarf

Erdöl- & Erdgasvorräte aus Sicht des Jahres 2003



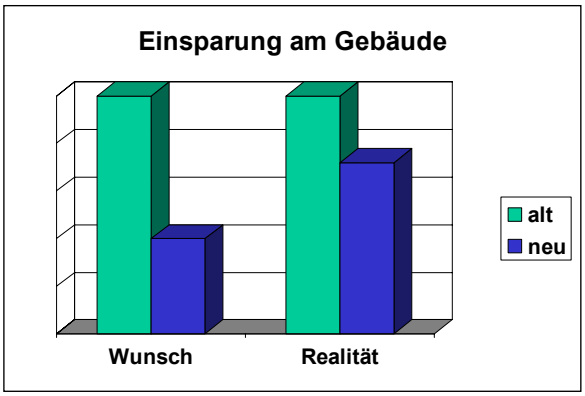
aus: The Association for the Study of Peak Oil & Gas (ASPO), Newsletter 37, Januar 2004

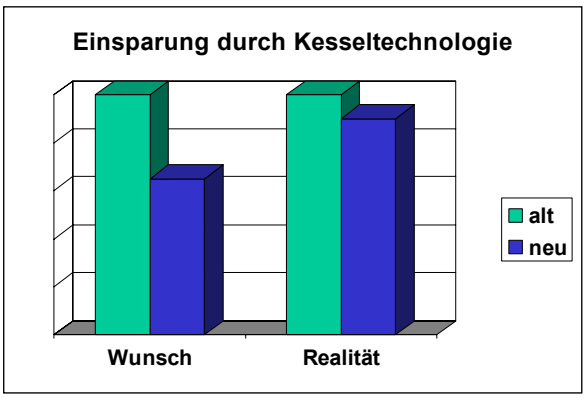
Energiesparen in Theorie:



Traurige Bilanz:

Die erhoffte Heizenergieeinsparung im Neubau durch die verschiedenen Novellierungen der Wärmeschutz- (WSchV) und der Heizungsanlagen-Verordnung (HeizAnlV) um den Faktor 2,5 – von ca. 220 kWh/(m²a) Heizenergieverbrauch auf unter 100 kWh/(m²a) seit 1977 trat leider nicht ein.





„Problem“ Anlagentechnik:

- Bilanziert wird eine Ausführung nach den „Regeln der Technik“: ohne Überdimensionierung, mit optimaler Regelung, Wärmeerzeuger mit (nahezu) Prüfstandsdaten und insgesamt mit lückenloser Dämmung !

- Oft weicht die real ausgeführte Anlage von dem „theoretisch angenommenen Idealzustand“ ab.

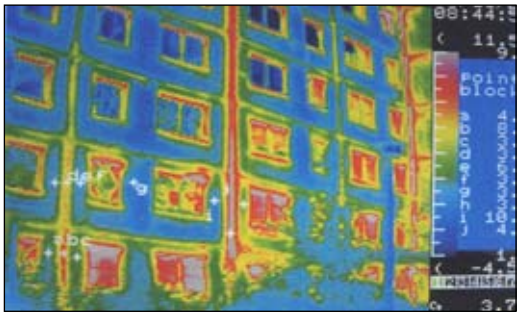
“Verschwendungspotenzial der Anlagentechnik“

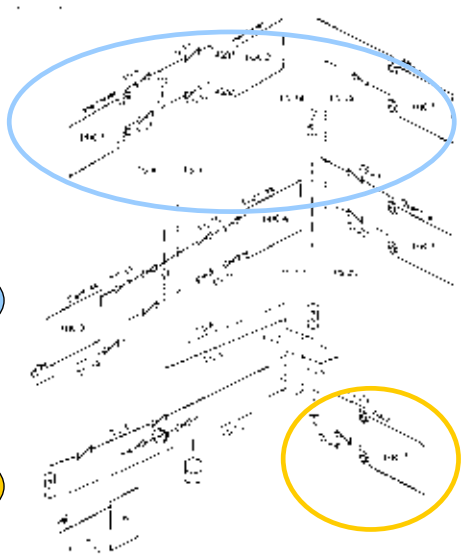
- Häufiger Grund: Leistungsüberangebot:
  - Heizflächen überdimensioniert
  - Pumpe überdimensioniert und/oder auf höchster Stufe („3“) in Betrieb
  - Thermostatventile nicht voreingestellt („N“) oder Rücklaufverschraubungen voll offen
  - zentrale Regler auf Werkseinstellung (75°C Vorlauftemperatur u. a.)

1. Ungenügender Hydraulischer Abgleich von Heizungs- und Lüftungsanlagen (1)

SYMPTOM

In einem fünfgeschossigen Niedrigenergie-Mehrfamilienhaus werden folgende Beobachtungen gemacht: In der Heizzeit tritt in den Erdgeschosswohnungen erhöhte Fensterkipplüftung auf, in den Wohnungen im Obergeschoss beschweren sich die Bewohner über unzureichende Raumtemperaturen und Zugerscheinungen.





1. Ungenügender Hydraulischer Abgleich von Heizungs- und Lüftungsanlagen (2)

DIAGNOSE

Es wurden weder das Heizrohrsystem noch das zentrale Abluftkanalsystem hydraulisch abgeglichen. Die als Abhilfe durchgeführte Erhöhung der Pumpenleistungsstufe führte zu einer befriedigenden Beheizung der Obergeschosse, aber auch zu einer weiteren Überheizung der Erdgeschosse

EINSPARPOTENZIAL:

15…30 kWh/(m²a)

n_{eff} = 0,4..1,2 h^{-1} uneinheitlich

t_i = 20…23 °C uneinheitlich

2. Ungedämmte Rohrleitungen und Ungeregelte Wärmabgabe im Estrich verlegter Rohrleitungen (1)

Rohrleitungsdämmung auch im beheizten Bereich (keine unfreiwillige Fußbodenheizung

Dämmung auch an schwierigen Stellen

Dämmdicke grösser HeizAnlV

2. Ungedämmte Rohrleitungen und Ungeregelte Wärmabgabe im Estrich verlegter Rohrleitungen (2)

SYMPTOM

In Niedrigenergie-Mehrfamilien-häusern werden in den Innen-fluren erhöhte Raumtemperaturen festgestellt.

2. Ungedämmte Rohrleitungen und Ungeregelte Wärmabgabe im Estrich verlegter Rohrleitungen (3)

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.

EINSPARPOTENZIAL **10…20 kWh/(m²a)**

lokal: t_i = 24…25 °C

Nutzungsgrad von Gas-Brennwertkesseln

Theoretischer Nutzungsgrad von Gas-Brennwertkesseln:

111 % (Hu)

Abstrahlverluste, Abgasverluste, Verteilverluste, ...

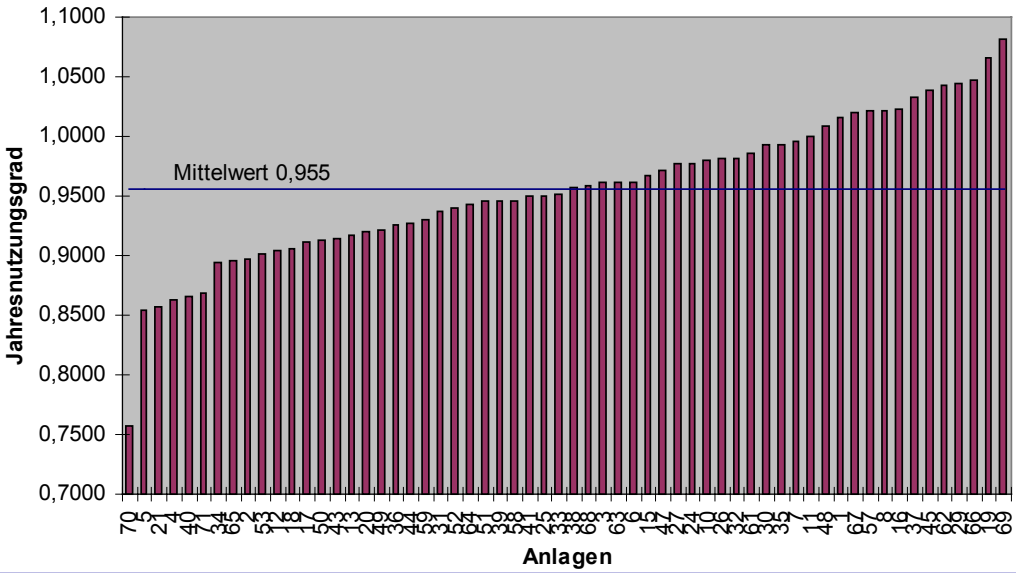
Nutzungsgrad-Angabe der Hersteller:

bis zu 109 % (Hu)

3. Feldversuche zeigen: Verminderte Brennwertnutzung in NEHern (1)

SYMPTOM

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



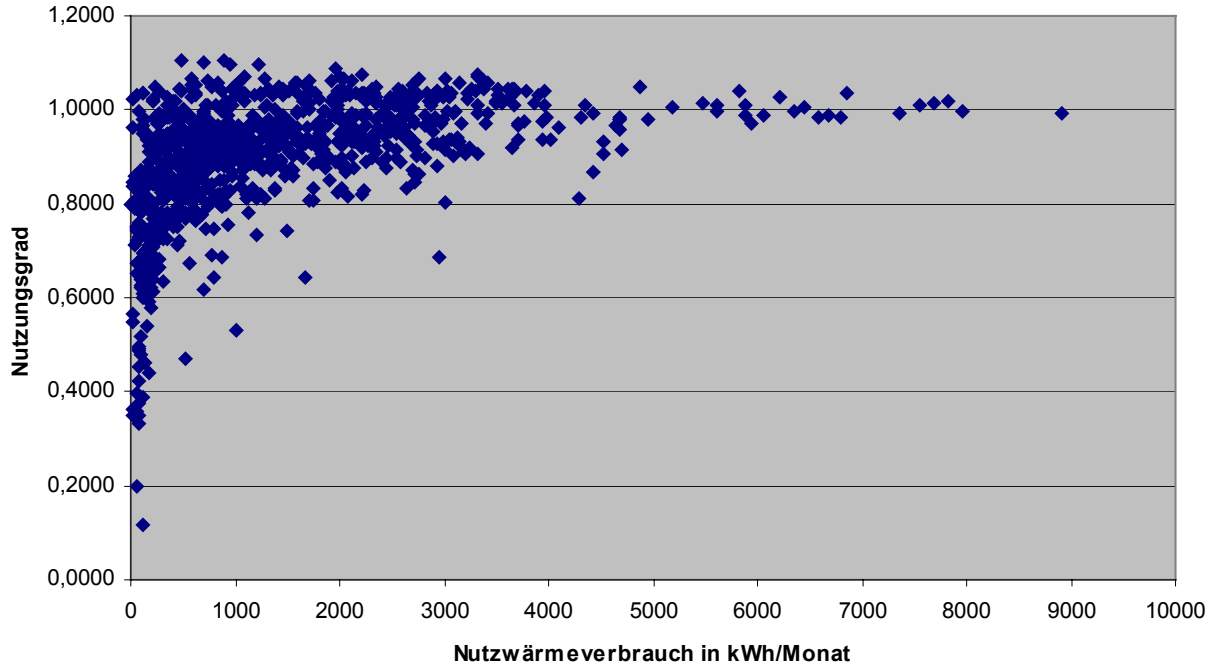
3. Feldversuche zeigen: Verminderte Brennwertnutzung in NEHern (2)

DIAGNOSE

Durch den steigenden Anteil der Fremdwärme in gut gedämmten Gebäuden treten die in Deutschland üblichen Thermostatventile immer stärker in Aktion. Die heute überwiegend eingesetzten Brennwertthermen mit Anforderungen an einen Mindestvolumenstrom und Überströmventilen ergeben zusammen mit einer **nicht durchgeführten Regler-, Pumpen- und Thermostatventil-Voreinstellung** eine verminderte Brennwertnutzung.

EINSPARPOTENZIAL 10…25 kWh/(m²a)

3. Feldversuche zeigen: Verminderte Brennwertnutzung in NEHern (3)



Fazit: Systemdenken erforderlich

- **Der Einsatz optimaler Komponenten allein reicht nicht aus, um deren Einsparpotenzial zu nutzen (Bsp. Brennwertkessel)**
- **Durch nicht angepasste Komponenten und Regler-einstellungen wird häufig Energie verschwendet**
- **Die einzelnen Komponenten müssen sorgfältiger auf einander abgestimmt werden (Hydraulischer Abgleich)**

→ Das System muss als ganzes betrachtet und optimiert werden!

Systemkompetenz

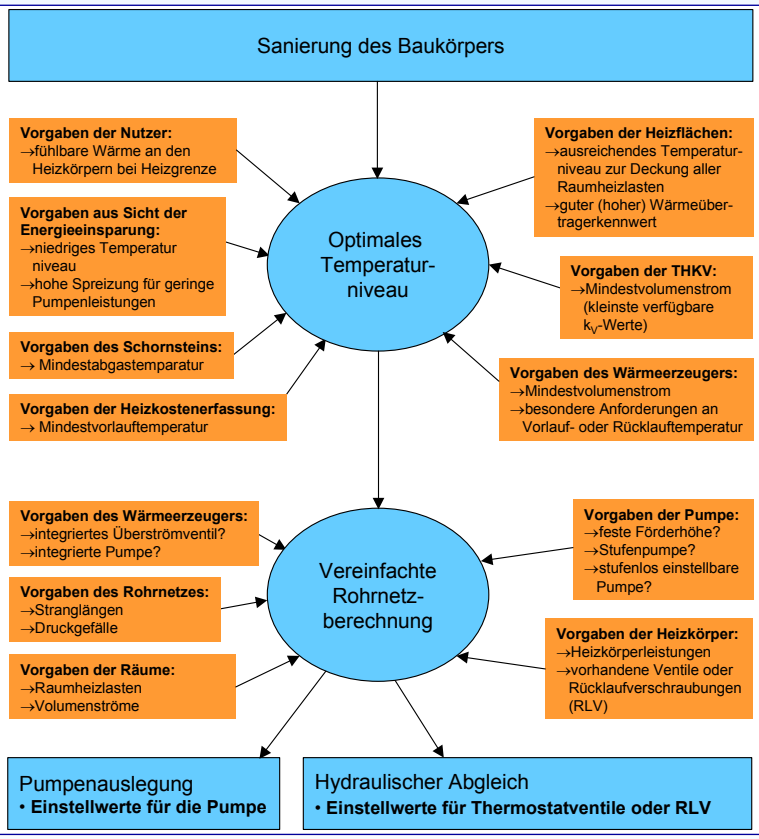
Maßnahmen im Rahmen des Qualitätssicherungspaket „Heizung“:

- **Berechnung der Raumheizlast und der benötigten Vorlauftemperatur**
- **Berechnung der Druckverluste im Rohrnetz**
- **Auslegung der Umwälzpumpe**
- **Auswahl und Voreinstellung der Thermostatventile**
- **Anpassung der Heizungsregelung**

proKlima-Computerprogramm zur Berechnung des hydraulischen Abgleichs

- **Raumheizlast und Normheizleistung der installierten Heizflächen**
  - ➔ vereinfachte Ermittlung der Raumheizlast anhand der Außenwand und Fensterflächen
- **Abschätzung der Rohrnetzausdehnung**
  - ➔ Aufmaß der Länge des längsten Strangs
- **Abschätzung der Entfernung der Heizkörper zur Pumpe**
  - ➔ zonale Dreiteilung anhand des längsten Strangs

Die Heizungsanlage – Ein komplexes System mit vielen Zusammenhängen



Quelle: Jagnow/Timm/Halper, TGA Fachplaner, Mai 2003, S. 35

Ergebnis der optimierten Hydraulik

Programm-Version 3.3

Sachbearbeiter

Nummer	3
Name	Timm, Tobias
Straße	
PLZ, Ort	
Telefon	
Telefax	

Antragsteller

Name	Mustermann, Hans

Gebäude

Straße	proKlima-Straße 2
PLZ, Ort	30169 Hannover
Strang	

1.) Berechnete Gebäudeheizlast

Gebäudekenndaten:

Baualtersklasse	:	8) 01/1995 bis heute	
Grundfläche	:	148	m²
Heizlast	:	5	kW
spez. Heizlast	:	35	W/m²

2.) Optimiertes Temperaturniveau des Gesamtsystems

Temperaturen für den Auslegungsfall:

Vorlauftemperatur	:	62	°C	--> Am Regler eingestellte Heizkurve:
Rücklauftemperatur	:	38	°C	Steilheit:
				Parallelverschiebung:

3.) Optimierte Pumpeneinstellung

Pumpendaten:

Pumpentyp	:	Nicht stufenlos einstellbare Restförderhöhe	
Pumpenstufe	:	Stufe 1	
Restförderhöhe	:	250	mbar (entspricht 2,50 m)
Volumenstrom	:	187	l/h

4.) Differenzdruckregler

Hinweis / einzustellende Reglerwerte:

Zur Optimierung der Heizungsanlage wird ein Strang-Differenzdruckregler eingesetzt.

Einstellwert: **50** mbar

5.) Sonstiges

Δp(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.

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 $\dot{Q}_{HK}/\dot{Q}_R$	k_V-Wert m³/h	Δp mbar	Durch-fluss l/h	Gewähltes Ventil: Hersteller, Typ, DN	Gewählte 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

Einsparpotential im Bestand:

- 80 % der 37 Millionen Wohnungen in Deutschland wurden vor 1977 ohne besonderen Wärmeschutz errichtet
- Auch die nach der ersten Wärmeschutzverordnung errichteten Gebäude sind bereits Sanierungsbedürftig
- etwa 24 Millionen Wohnungen lassen sich energetisch sinnvoll sanieren

Hydraulischer Abgleich - Grundlagen

**Trainings- und Weiterbildungs-
zentrum Wolfenbüttel e. V.**

Was versteht man unter dem „hydraulischen Abgleich“?

- **VOB, Teil C und DIN 18380:**

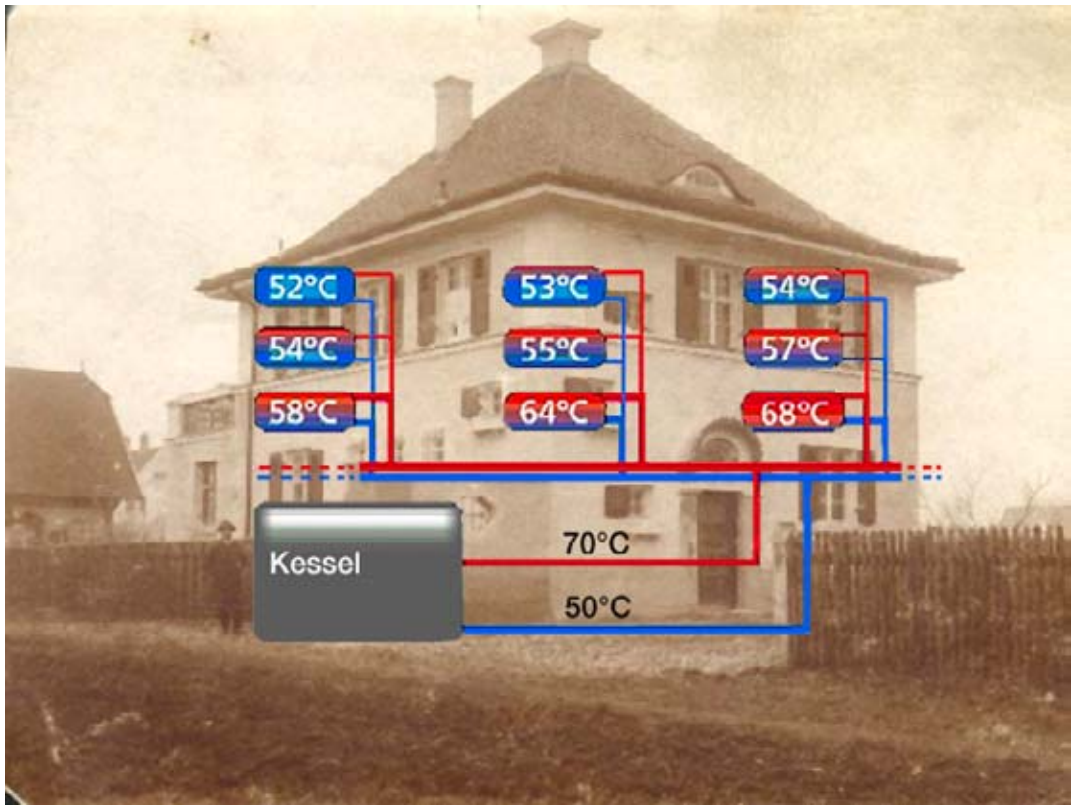
  „… Der hydraulische Abgleich ist so vorzunehmen, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb, also z. B. auch nach Raumtemperaturabsenkungen oder Betriebspausen der Heizungsanlage, alle Wärmeverbraucher entsprechend ihres Wärmebedarfs mit Heizwasser versorgt werden“.

- **Der hydraulisch Abgleich sollte sowohl in Heizungsanlagen als auch in Lüftungsanlagen durchgeführt werden. Im Folgenden soll es jedoch ausschließlich um den „hydraulischen Abgleich“ von Heizungsanlagen gehen.**

Warum sollte der hydraulische Abgleich durchgeführt werden?

Grund 1: Gerechte Wärmeverteilung

- Nur durch den hydraulischen Abgleich kann sichergestellt werden, dass alle Verbraucher genau mit dem Wärmestrom versorgt werden, der zu Erreichen der benötigten Heizleistung erforderlich ist.
- Das Wasser verhält sich wie der elektrische Strom, es geht immer den Weg des geringsten Widerstands. Hydraulisch günstige (z. B. pumpennahe Heizkörper) werden besser versorgt als hydraulisch ungünstige (z. B. pumpenferne Heizkörper).
- Das Problem „gerechte Wärmeverteilung“ tritt verstärkt auf, wenn die Mehrzahl der Thermostatventile geöffnet ist, also im Auslegungsfall oder nach Absenkphasen.



Was passiert, wenn der hydraulisch Abgleich nicht durchgeführt wird?

Problem: Einzelne Räume werden nicht ausreichend beheizt

Häufig durchgeführte „Behelfslösung“:

- **Erhöhung der Pumpenleistung (Pumpe wird auf höchstmögliche Drehzahl einstellt)**
- **Falls die Erhöhung der Pumpenleistung nicht ausreicht oder die Pumpe bereits auf der höchsten Stufe läuft, wird im nächsten Schritt oft die Heizkurve angehoben bzw. steiler eingestellt → höhere Vorlauftemperaturen**

Behelfslösung und die Folgen

- **Ungleichmäßige Wärmeabgabe**
  - **Pumpennahe Heizkörper werden überversorgt.**
    → An den entsprechenden Heizkörpern wird ein Verschwendungspotenzial zur Verfügung gestellt.
- **Geräusche in der Anlage**
  - **Durch die erhöhte Pumpenleistung treten insbesondere in den hydraulisch günstigen Rohrleitungsabschnitten mit kleinen Durchmessern und in den Thermostatventilen lästige Strömungs- und Pfeifgeräusche auf.**
- **Ungleichmäßige Aufheizzeiten**
  - **Die Aufheizzeiten der einzelnen Räume nach Absenkphasen weichen in hydraulisch nicht abgeglichenen Netzen stark voneinander ab.**

Behelfslösung und die Folgen

- **Hohe Rücklauftemperaturen**
  - **Insbesondere in den Aufheizzeiten stellen sich an den nicht abgeglichenen Heizkörpern hohe Volumenströme ein. Die Folge sind hohe Rücklauftemperaturen. Dies führt direkt zu einem verminderten Brennwertnutzen und zur Nichteinhaltung der erlaubten Rücklauftemperatur bei Nah- und Fernwärmenetzen.**

Behelfslösung und die Folgen

- **Unnötig hohe Pumpenleistung**
  - **Um trotz nicht abgeglichener Anlage alle Heizflächen ausreichend mit Wärme versorgen zu können, muss die Pumpe mit einer höheren Leistung betrieben werden und verbraucht daher mehr elektrische Energie als in einem abgeglichenen System (Achtung: Primärenergiefaktor f_P = 3,0!)**
- **Anlage entspricht nicht den „Allgemein anerkannten Regeln der Technik“**
  - **Laut VOB (Teil C) im Zusammenspiel mit DIN 18380 wird der hydraulische Abgleich explizit gefordert.**

Neue VOB Teil C – DIN 18380 (Entwurf Juli 2002)

Die Entwurfsfassung der Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen – DIN 18380 / VOB Teil C vom Juli 2002 liegt vor.

Dem hydraulischen Abgleich wird besondere Aufmerksamkeit geschenkt:

- In Absatz 3.1.1. wird auf die genaue Abstimmung von Umwälzpumpen, Armaturen und Rohrleitungen sowie thermostatischen Heizkörperventilen und auf die Begrenzung des Differenzdruckes entsprechend hingewiesen.
- In Absatz 3.1.3 wird auf die vom Auftraggeber gelieferten Planungsunterlagen und Berechnungen der Rohrleitungs- und Pumpenauslegung (Netzhydraulik) besonders hingewiesen.
- Absatz 4.1.2.: Als Nebenleistung wird die Prüfung der Unterlagen des Auftraggebers genannt.

Fazit

Aufgrund der genannten Zusammenhänge sollte der hydraulische Abgleich standardmäßig in jeder Anlage durchgeführt werden.

Achtung:

Bei veränderter Heizlast, z. B. durch eine nachträgliche Wärmedämmung der Gebäudehülle, ist der hydraulische Abgleich erneut durchzuführen.

Ausgangsvoraussetzungen

- **Raumheizlast und Normheizleistung der installierten Heizflächen muss bekannt sein.** (Aus dem Verhältnis ergibt sich die benötigte Übertemperatur der einzelnen Heizflächen.)
  - Vereinfachte Ermittlung des Raumheizlast anhand der Außenwand- und Fensterflächen.
  - Aufnahme der vorhandenen Heizflächen, Bestimmung der Normheizleistung mit Hilfe von Tabellen oder anhand von Daten der Heizkostenerfassungsfirmen.
- Die **Ausdehnung des Rohrnetzes** (Länge des längsten Strangs) muss vorliegen.
- Die **Entfernung der einzelnen Heizkörper zur Pumpe** muss abgeschätzt werden.

Unmittelbar betroffene Komponenten

Hydraulik

- **Pumpe** und/oder **Differenzdruckregler**
  - Förderhöhe bzw. eingestellter Differenzdruck
- **Thermostatventile**
- **Rücklaufverschraubungen** der Heizkörper

evt. auch

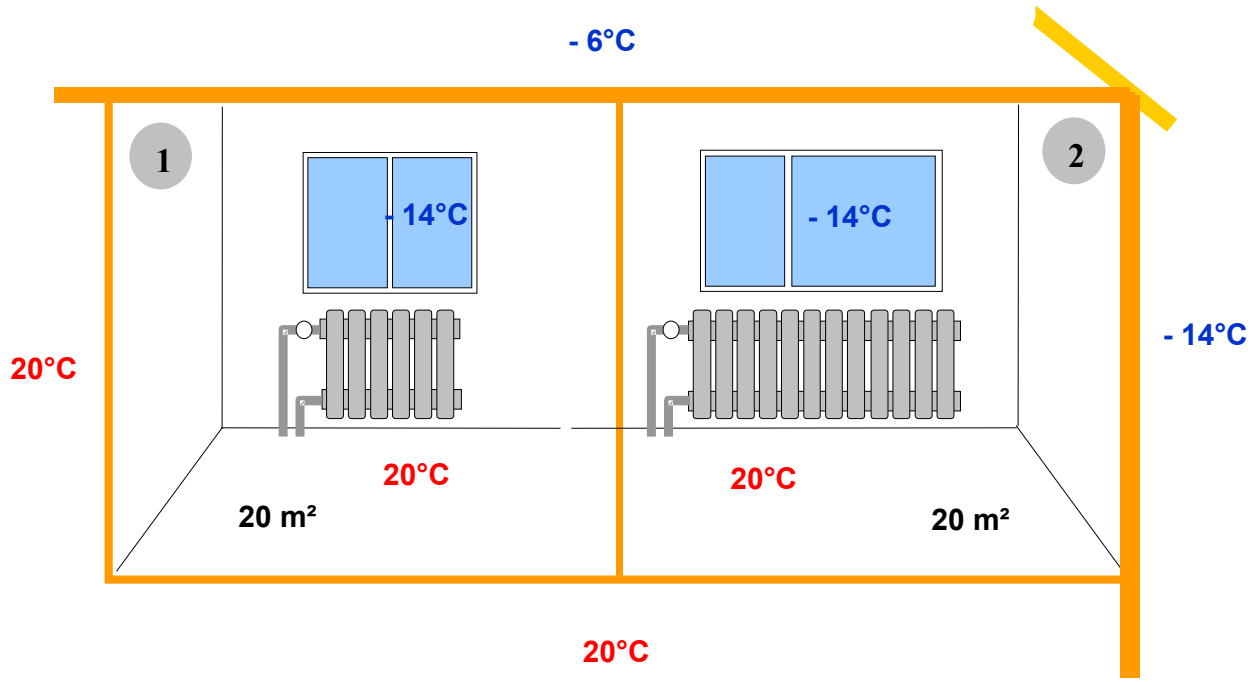
- Strangregulierventile
  - Eingestellter Volumenstrom
- Überströmventile
  - Eingestellter Ansprechdruck

Regelung

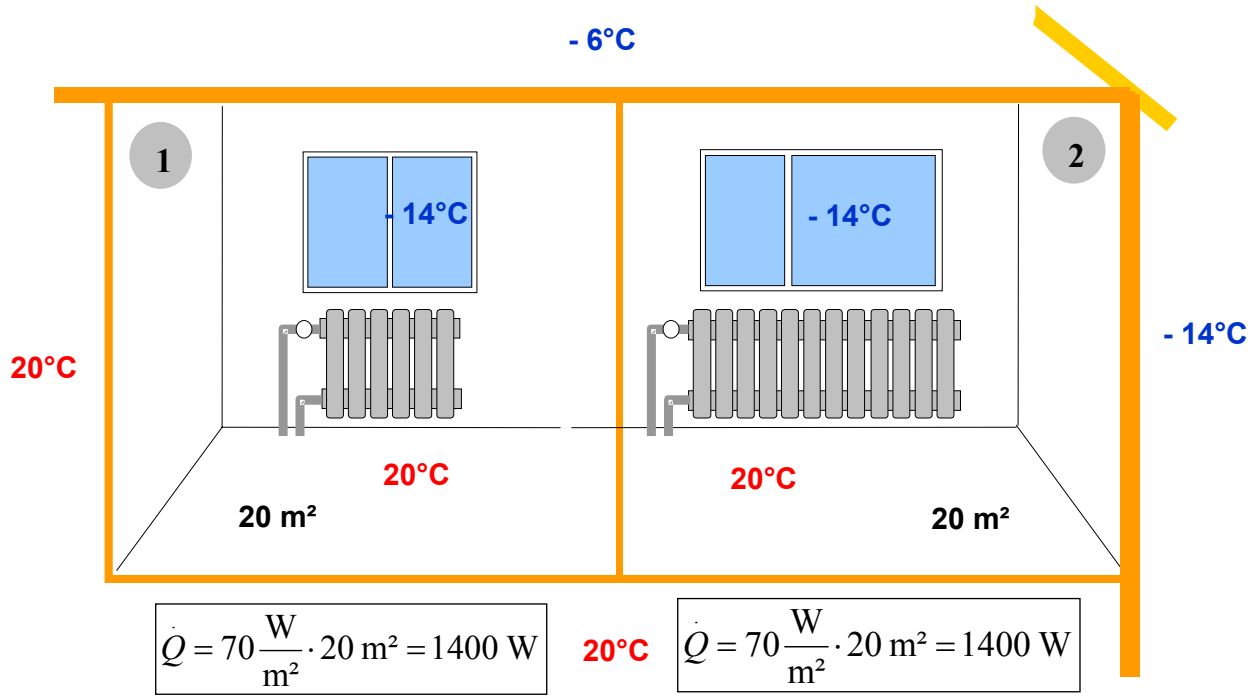
- **Heizkurve** (Vorlauftemperaturen)

→ Volumenstrom und Temperaturdifferenz → Heizleistung

Vereinfachte Heizlastberechnung:

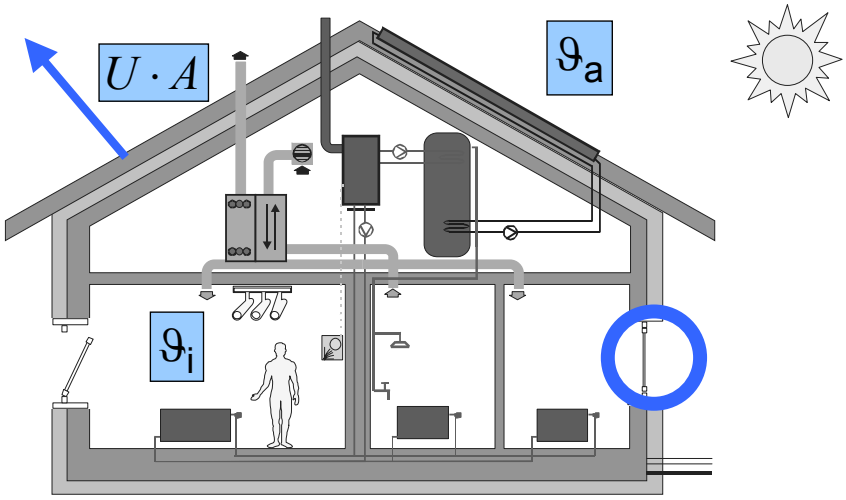


Vereinfachte Heizlastberechnung:



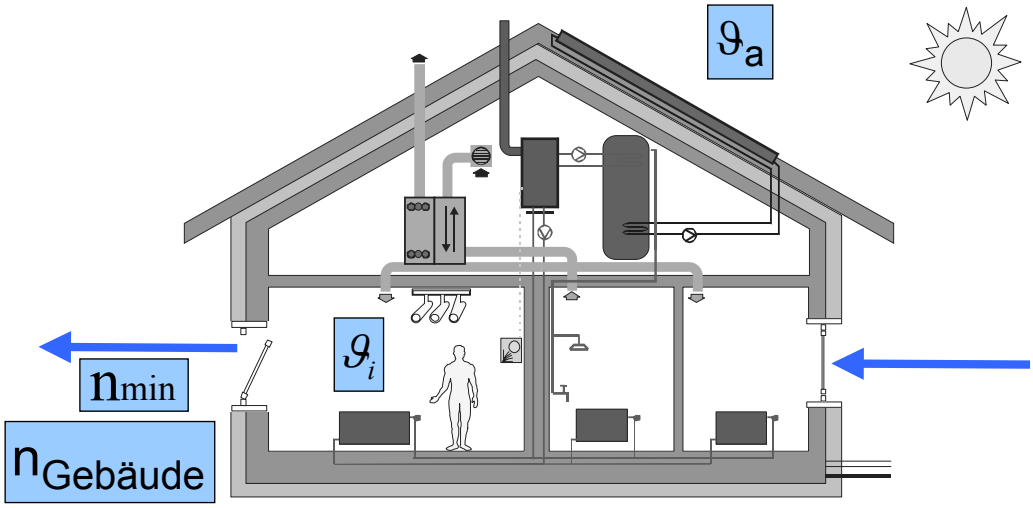
Wärmebedarf für Transmission:

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

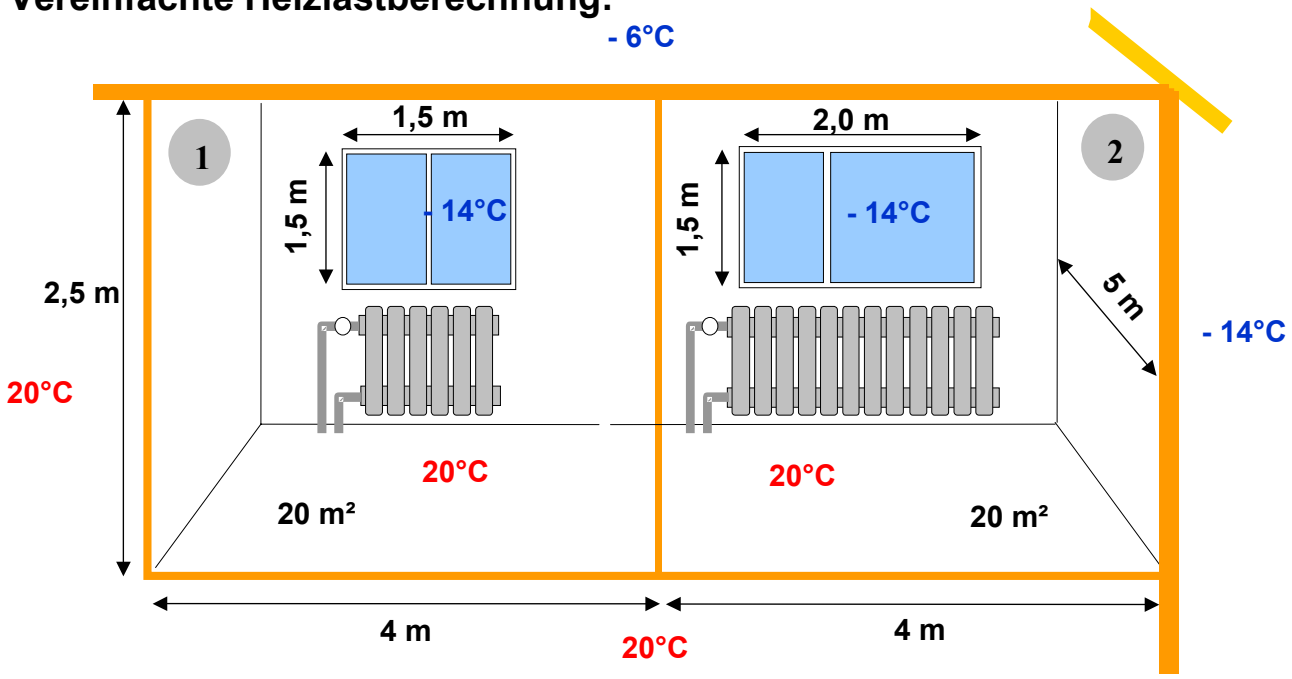


Wärmebedarf für Lüftung:

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



Vereinfachte Heizlastberechnung:



Vereinfachte Heizlastberechnung: Raum1

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

$$\dot{Q}_{AF} = 2{,}5 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}} \cdot 2{,}25\ \mathrm{m^2} \cdot (20°\mathrm{C} - (-14°\mathrm{C})) = 191{,}25\ \mathrm{W}$$

$$\dot{Q}_{AW} = 1{,}0 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}} \cdot 7{,}75\ \mathrm{m^2} \cdot (20°\mathrm{C} - (-14°\mathrm{C})) = 263{,}5\ \mathrm{W}$$

$$\dot{Q}_D = 1{,}0 \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 \cdot K}} \cdot 20{,}0\ \mathrm{m^2} \cdot (20°\mathrm{C} - (-6°\mathrm{C})) = 520\ \mathrm{W}$$

$$\dot{Q}_V = n \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_L \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) = 0{,}5 \frac{1}{\mathrm{h}} \cdot 0{,}34 \frac{\mathrm{Wh}}{\mathrm{m^3 K}} \cdot 50\ \mathrm{m^3} \cdot (20°\mathrm{C} - (-14°\mathrm{C})) = 289\ \mathrm{W}$$

Vereinfachte Heizlastberechnung: Raum 2

$$\dot{Q}_{AW1} = 1{,}0\,\frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 7{,}0\ m^2 \cdot (20°C - (-14°C)) = 238\ W$$

$$\dot{Q}_{AW2} = 1{,}0\,\frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 12{,}5\ m^2 \cdot (20°C - (-14°C)) = 425\ W$$

$$\dot{Q}_{AF} = 2{,}5\,\frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 3{,}0\ m^2 \cdot (20°C - (-14°C)) = 255\ W$$

$$\dot{Q}_{D} = 1{,}0\,\frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 20{,}0\ m^2 \cdot (20°C - (-6°C)) = 520\ W$$

$$\dot{Q}_V = n \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_L \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) = 0{,}5\,\frac{1}{h} \cdot 0{,}34\,\frac{Wh}{m^3 K} \cdot 50\ m^3 \cdot (20°C - (-14°C)) = 289\ W$$

Vereinfachte Heizlastberechnung :

Raum 1

$$\dot{Q} = 70\,\frac{W}{m^2} \cdot 20\ m^2 = 1400\ W$$

$$\dot{Q} = \dot{Q}_T + \dot{Q}_V = 975\ W + 289\ W = 1264\ W$$

Fazit: Die pauschale Heizlastberechnung nach Grundfläche ist zur raumweisen Bestimmung der Heizlast ungeeignet.

Raum 2

$$\dot{Q} = 70\,\frac{W}{m^2} \cdot 20\ m^2 = 1400\ W$$

$$\dot{Q} = \dot{Q}_T + \dot{Q}_V = 1438\ W + 289\ W = 1727\ W$$

Umwälzpumpen

in der Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitung

Die richtige Auswahl der Pumpe

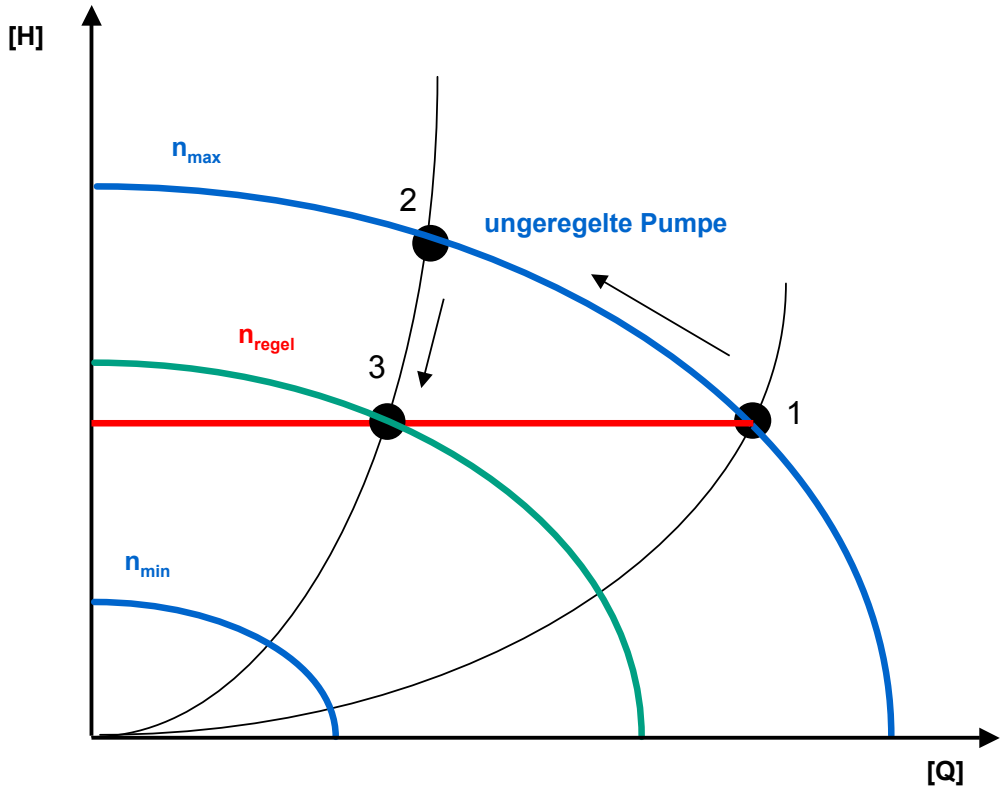
Die Umwälzpumpe muss in der Lage sein…

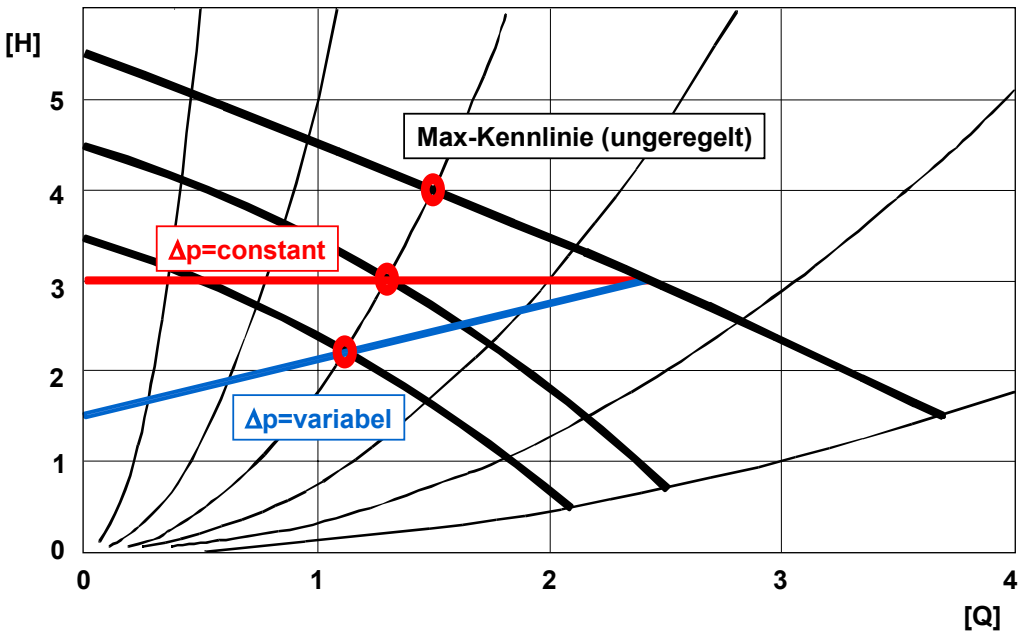
den Anlagenvolumenstrom zu fördern

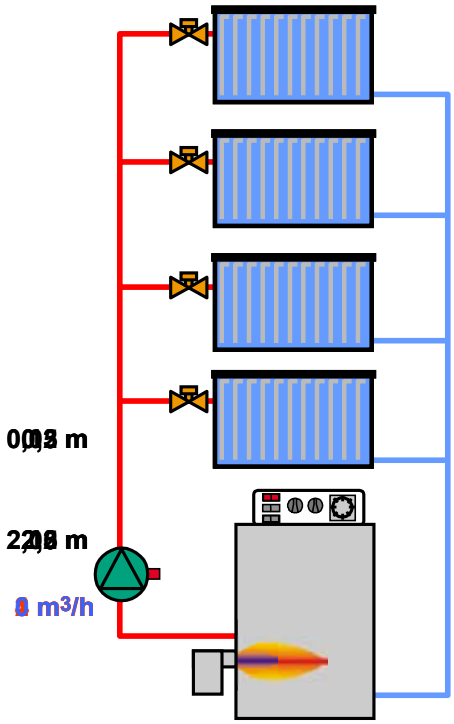
die benötigte Förderhöhe bereit zu stellen

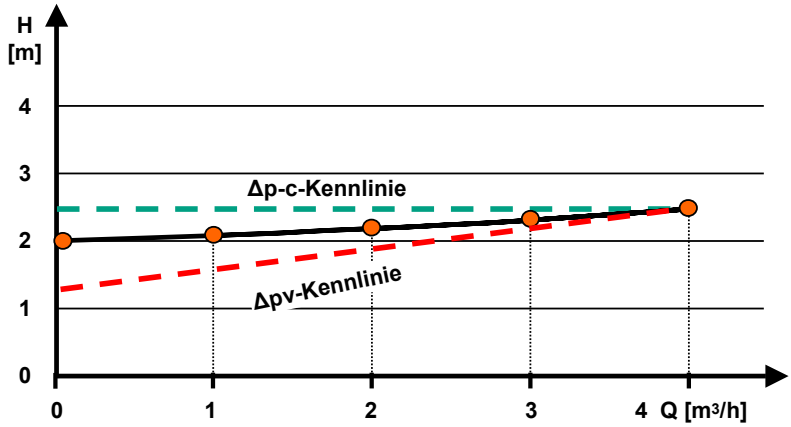
energieoptimiert ausgelegt zu werden

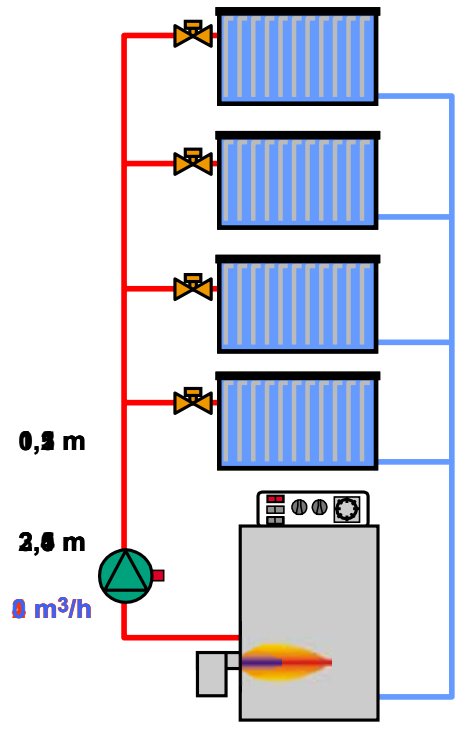
kostengünstig zu sein

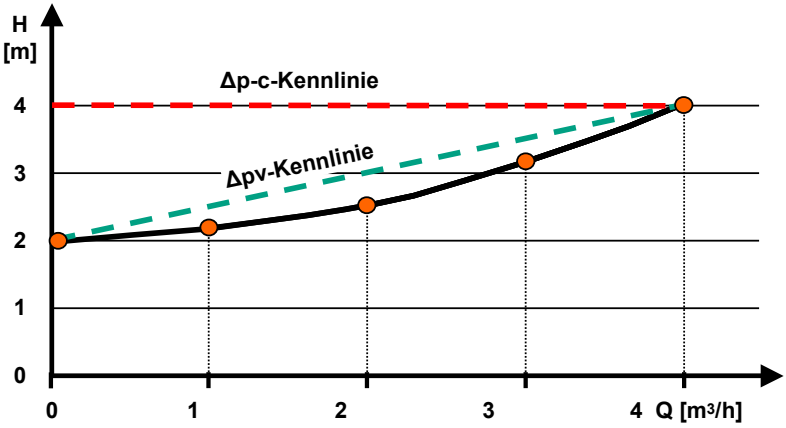

[H]
n_{max}
2
ungeregelte Pumpe
n_{regel}
3
1
n_{min}
[Q]


[H]
5
4
3
2
1
0
Max-Kennlinie (ungeregelt)
Δp=constant
Δp=variabel
0
1
2
3
4
[Q]

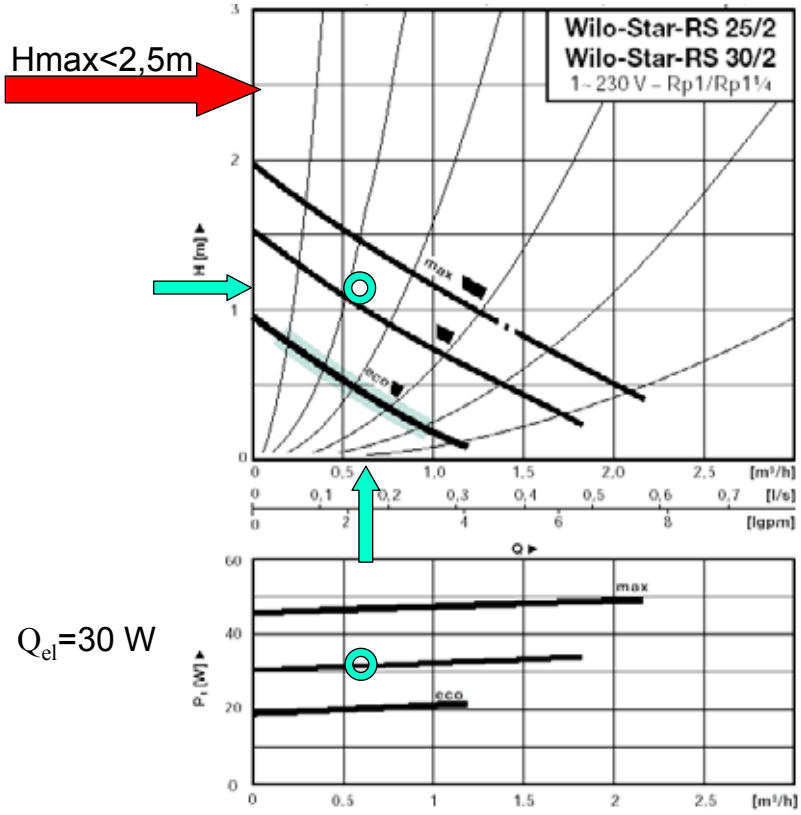



H
[m]
4
3
2
1
0
Δp-c-Kennlinie
Δpv-Kennlinie
0
1
2
3
4 Q [m³/h]




H
[m]
4
3
2
1
0
Δp-c-Kennlinie
Δpv-Kennlinie
0
1
2
3
4 Q [m³/h]

Hmax<2,5m

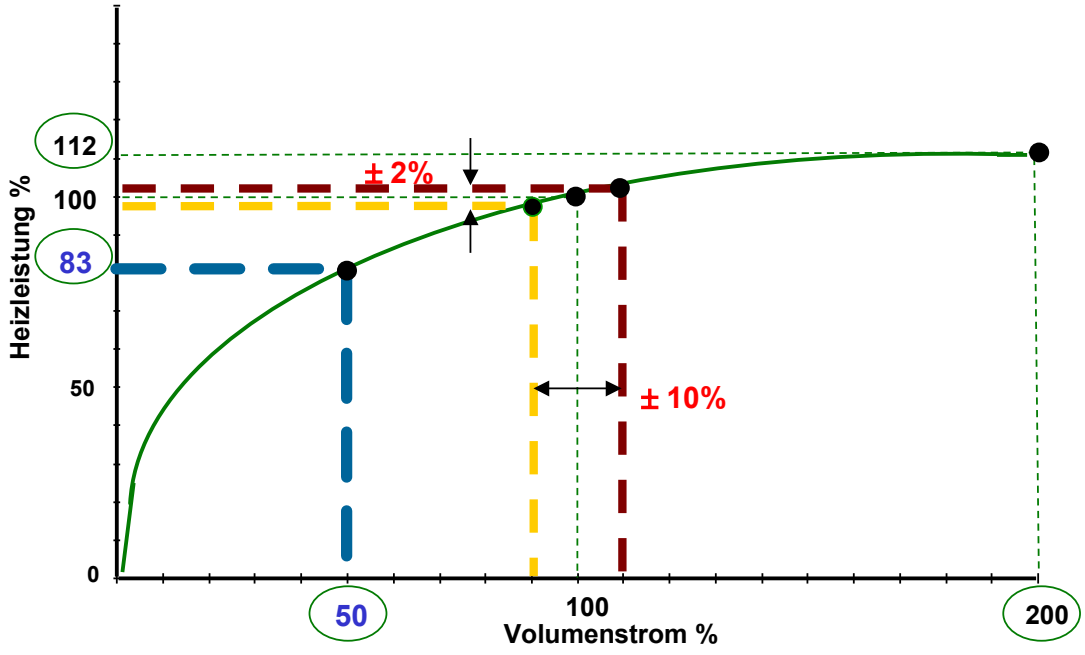


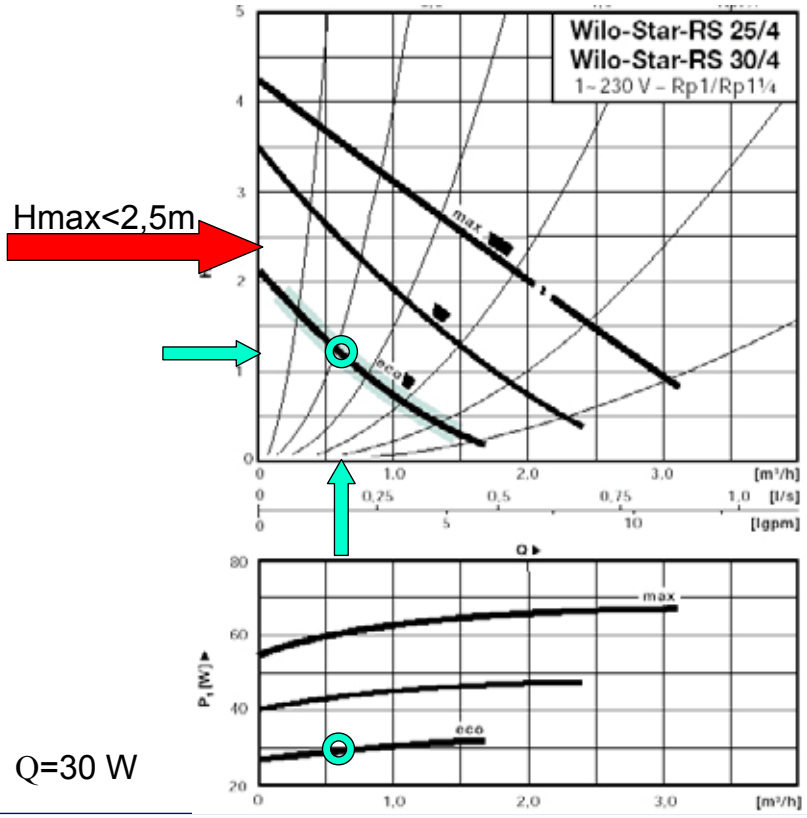
Q_{el}=30 W

Beispiel:

EFH
V=0,6m³/h
H=1,2m

System 90°/70° - Raumtemperatur 20°C - DIN-Radiator (Exponent n = 1,3)





Hmax<2,5m

Q=30 W

Beispiel:

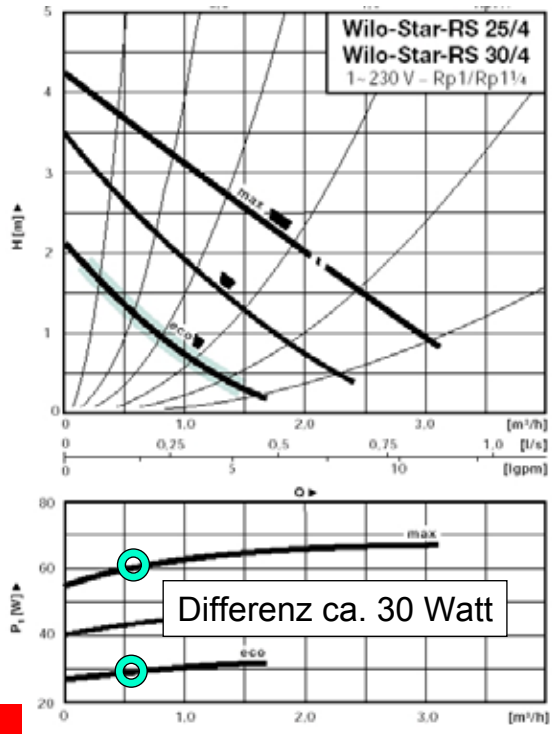
EFH
V=0,6m³/h
H=1,2m

Beispiel:

EFH
V=0,6m³/h
H=1,2m

Bei einer eingesparten Energie von 10 Watt, einer Laufzeit der Pumpe von ca. 6000 h/a, einem Energiepreis von ca. 0,15 €/kWh und einem Betrachtungszeitraum von 10 Jahren ergibt sich ein Kennwert von:

Kennwert: 10 W ~ 100 €



Beispiele der „optimalen“ Pumpenauswahl

Auswahl einer Pumpe anhand von Anlagenvolumenstrom und zugehöriger Förderhöhe

Nr.	Gebäudetyp	Anlagen-volumenstrom	Einzustellende Förderhöhe	gewählter Typ der Pumpe	eingestellte Stufe	tatsächliche Förderhöhe in m	Leistungsaufnahme im Betriebspunkt in W
1	EFH	0,4 m³/h	1,0 m				
2	EFH	0,8 m³/h	1,7 m				
3	EFH	0,2 m³/h	0,7 m				
4	MFH	1,0 m³/h	1,4 m				
5	MFH	3,0 m³/h	1,8 m				
6	MFH	4,0 m³/h	2,2 m				

Beispiel:

Gebäudetyp	Anlagen-volumenstrom	Einzustellende Förderhöhe	gewählter Typ der Pumpe	eingestellte Stufe	tatsächliche Förderhöhe in m	Leistungsaufnahme im Betriebspunkt in W
EFH	0,6 m³/h	1,2 m	Star-RS 25/4	1	1,25	29

Lösung der „optimalen“ Pumpenauswahl

Auswahl einer Pumpe anhand von Anlagenvolumenstrom und zugehöriger Förderhöhe

Nr.	Gebäudetyp	Anlagen-volumenstrom	Einzustellende Förderhöhe	gewählter Typ der Pumpe	eingestellte Stufe	tatsächliche Förderhöhe in m	Leistungsaufnahme im Betriebspunkt in W
1	EFH	0,4 m³/h	1,0 m	Star-RS 25/4	1	1,5	28
2	EFH	0,8 m³/h	1,7 m	Star-E 25/1-3	-	1,7	47
3	EFH	0,2 m³/h	0,7 m	Star-Rs 25/2	1	0,8	20
4	MFH	1,0 m³/h	1,4 m	Star-E 25/1-3	-	1,4	48
5	MFH	3,0 m³/h	1,8 m	Star-E 25/1-5	-	1,8	95
6	MFH	4,0 m³/h	2,2 m	Star-E 25/1-7	-	2,2	148

Kennlinien

- Star-RS 25/2
- Star-RS 25/4
- Star-E 25/1-3
- Star-E 25/1-5
- Star-E 25/1-7

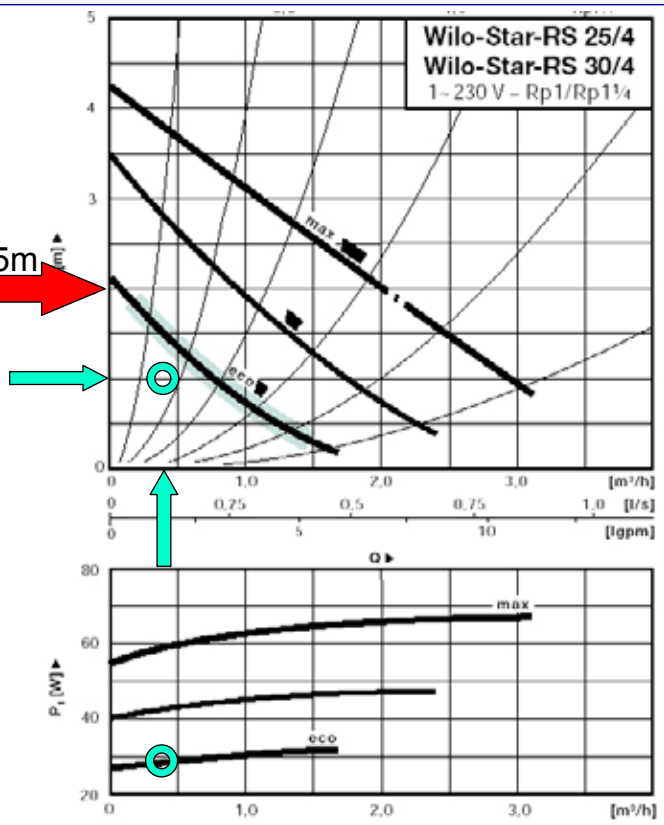
Beispiele

- Beispiel 1
- Beispiel 2
- Beispiel 3
- Beispiel 4
- Beispiel 5
- Beispiel 6

Beispiel:

EFH
V=0,4m³/h
H=1,0m

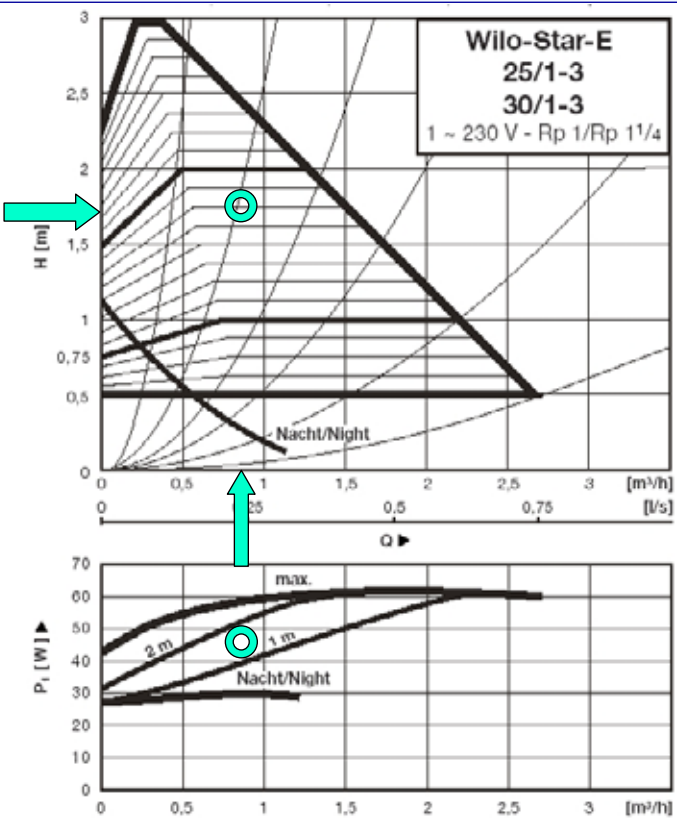
Hmax<2,5m



Q=28 W

Beispiel:

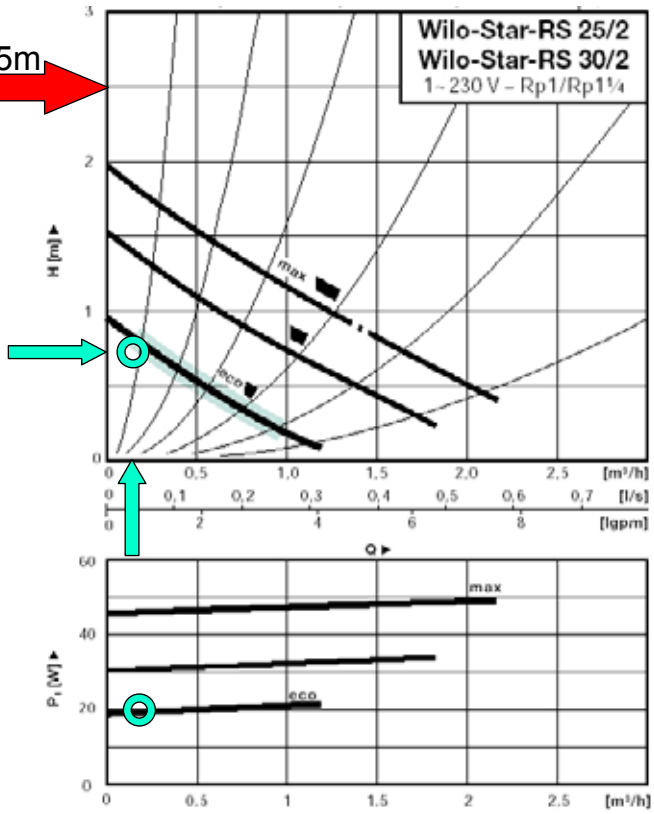
EFH
V=0,8m³/h
H=1,7m



Q=47 W

Beispiel:
Hmax<2,5m

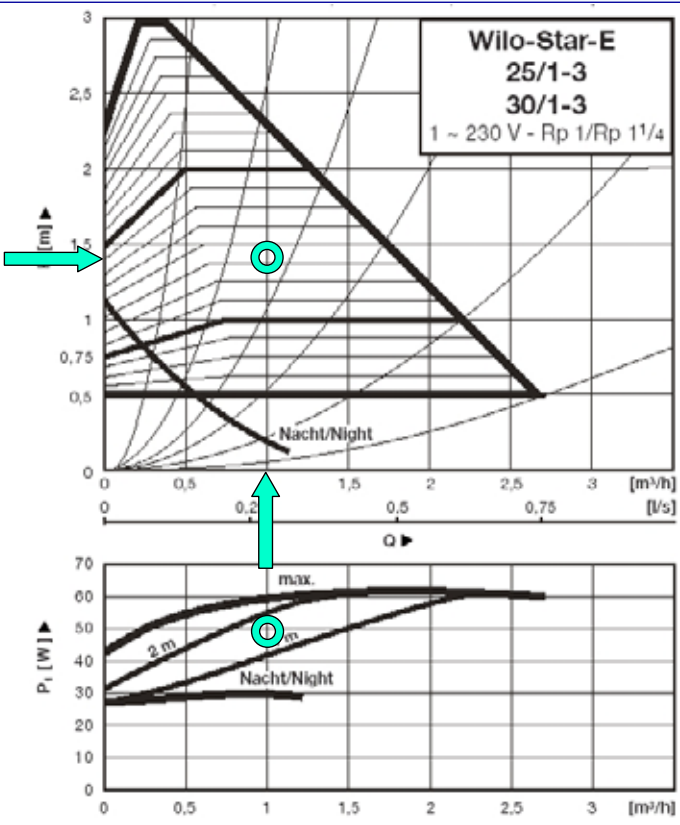
EFH
V=0,2m³/h
H=0,7m



Q=20 W

Beispiel:

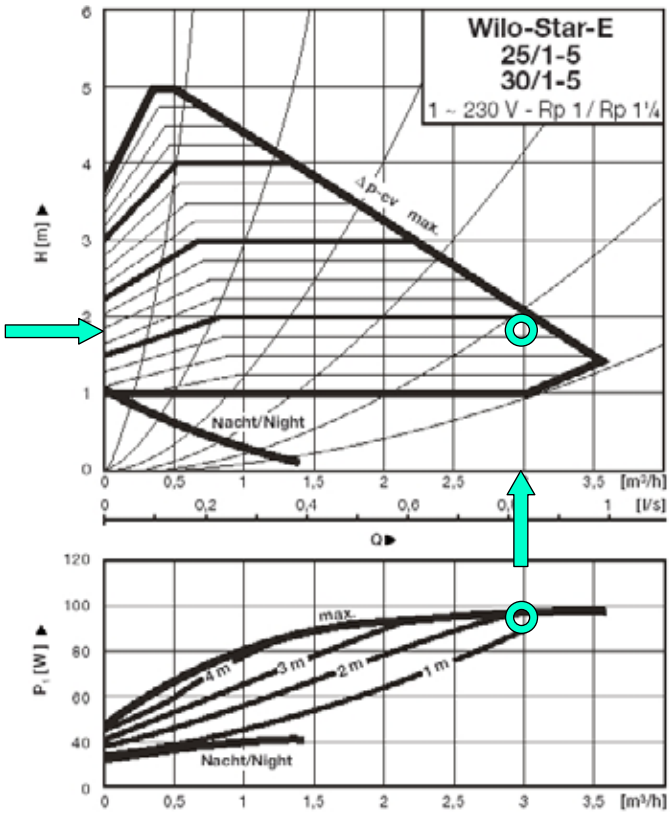
MFH
V=1,0m³/h
H=1,4m



Q=48 W

Beispiel:

MFH
V=3,0m³/h
H=1,8m

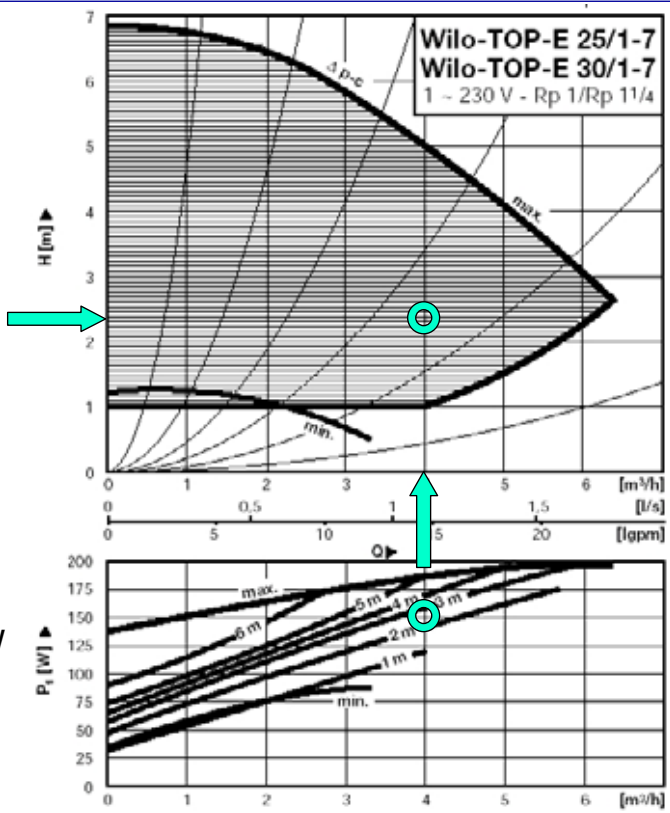


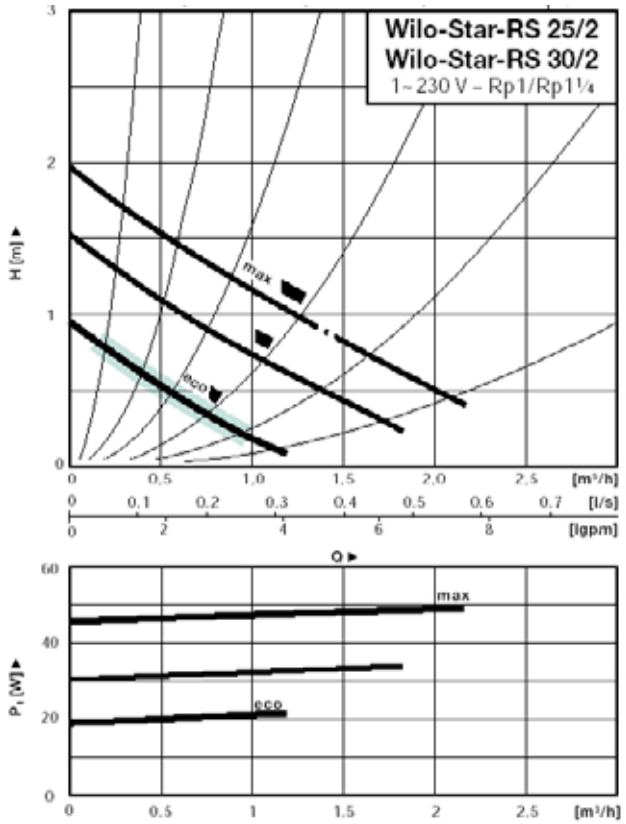
Q=95 W

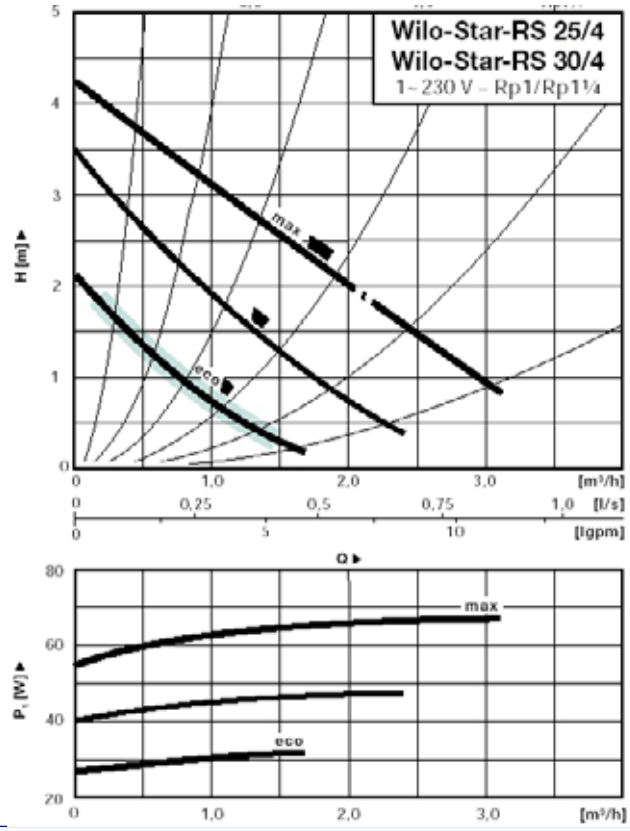
Beispiel:

MFH
V=4,0m³/h
H=2,2m

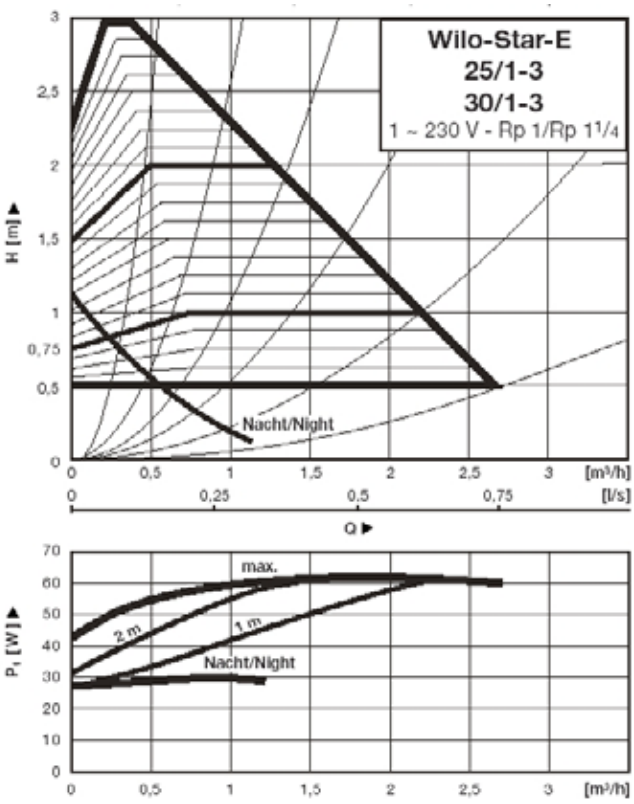
Q=148 W

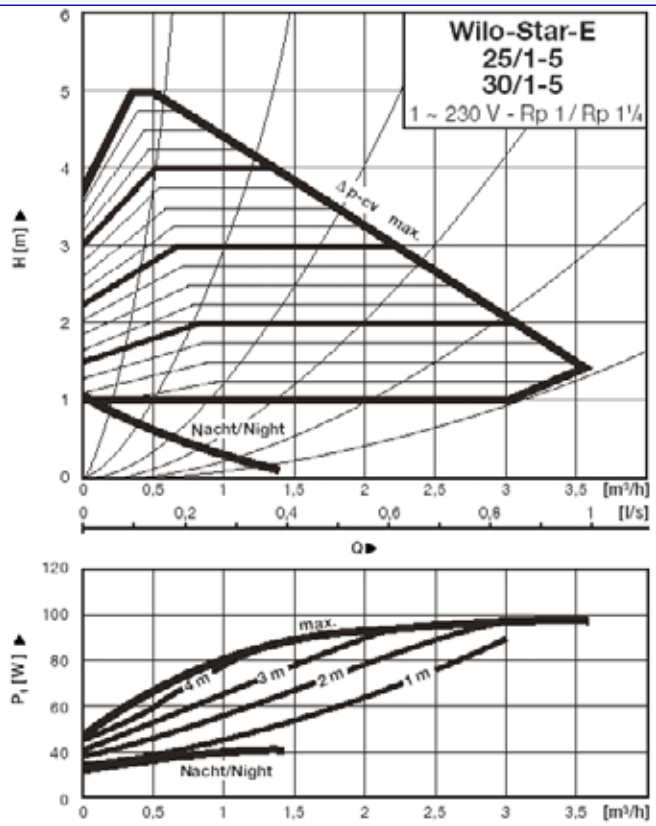




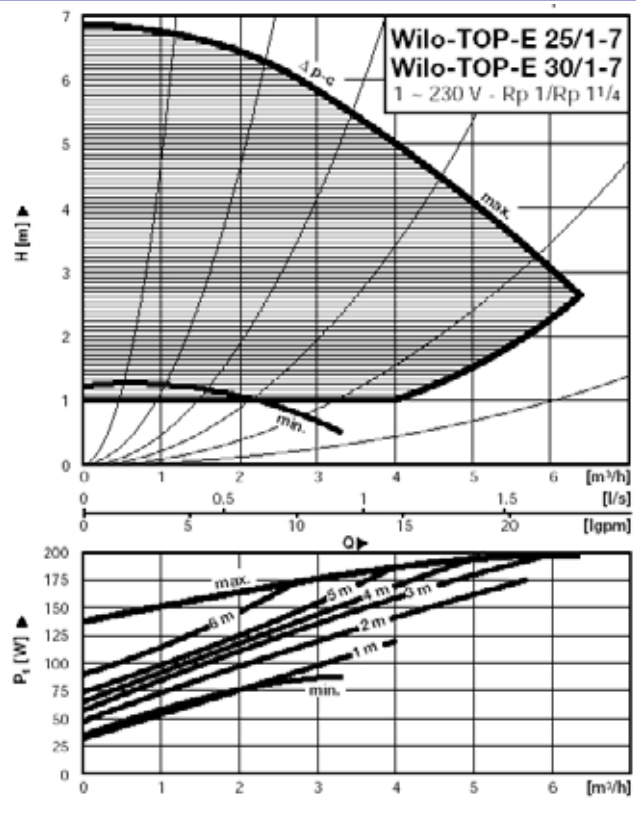


Optimierung von Heizungsanlagen





Optimierung von Heizungsanlagen



Umwälzpumpenempfehlung:

Umwälzpumpenempfehlung in Abhängigkeit des Volumenstromes und der Förderhöhe (Wilo-Pumpen)

Einfamilienhäuser

Volumenstrom	Einzustellende Förderhöhe	Typ	eingestellte Stufe	Leistungsaufnahme im Mittel	Preis (UVP)*
0,20 m³/h	0,50 m	Star-RS 25/2	1	17 W	106 €
	0,65 m	Star-RS 25/2	1	17 W	106 €
	0,80 m	Star-RS 25/2	1	17 W	106 €
	0,95 m	Star-RS 25/2	1	17 W	106 €
0,40 m³/h	0,70 m	Star-RS 25/2	1	19 W	106 €
	0,85 m	Star-RS 25/4	1	27 W	108 €
	1,00 m	Star-RS 25/4	1	27 W	108 €
	1,15 m	Star-RS 25/4	1	27 W	108 €
0,60 m³/h	1,20 m	Star-RS 25/4	1	28 W	108 €
	1,35 m	Star-E 25/1-3	-	34 W	149 €
	1,50 m	Star-E 25/1-3	-	36 W	149 €
	1,65 m	Star-E 25/1-3	-	37 W	149 €
0,80 m³/h	1,50 m	Star-E 25/1-3	-	38 W	149 €
	1,65 m	Star-E 25/1-3	-	39 W	149 €
	1,80 m	Star-E 25/1-3	-	41 W	149 €
	1,95 m	Star-E 25/1-3	-	42 W	149 €
1,00 m³/h	1,90 m	Star-E 25/1-3	-	43 W	149 €
	2,05 m	Star-E 25/1-3	-	43 W	149 €
	2,20 m	Star-E 25/1-3	-	44 W	149 €
	2,35 m	Star-E 25/1-3	-	44 W	149 €

Mehrfamilienhäuser

Volumenstrom	Einzustellende Förderhöhe	Typ	eingestellte Stufe	Leistungsaufnahme im Mittel	Preis (UVP)*
1,00 m³/h	0,70 m	Star-E 25/1-3	-	33,8 W	149 €
	1,00 m	Star-E 25/1-3	-	35,8 W	149 €
	1,30 m	Star-E 25/1-3	-	37,8 W	149 €
	1,60 m	Star-E 25/1-3	-	40,8 W	149 €
2,00 m³/h	1,80 m	Star-E 25/1-5	-	51,3 W	171 €
	2,00 m	Star-E 25/1-5	-	53,3 W	171 €
	2,20 m	Star-E 25/1-5	-	54,3 W	171 €
	2,40 m	Star-E 25/1-5	-	56,3 W	171 €
3,00 m³/h	1,80 m	Star-E 25/1-5	-	65,8 W	171 €
	2,00 m	Star-E 25/1-5	-	71,2 W	171 €
	2,20 m	Star-E 25/1-5	-	72,4 W	171 €
	2,40 m	Top-E 25/1-7	-	61,4 W	528 €
4,00 m³/h	1,80 m	Top-E 25/1-7	-	63,0 W	528 €
	2,00 m	Top-E 25/1-7	-	65,5 W	528 €
	2,20 m	Top-E 25/1-7	-	69,5 W	528 €
	2,40 m	Top-E 25/1-7	-	73,0 W	528 €

* Keine Gewähr auf die unverbindliche Preisempfehlung Stand März 2003

Optimierung von Heizungsanlagen

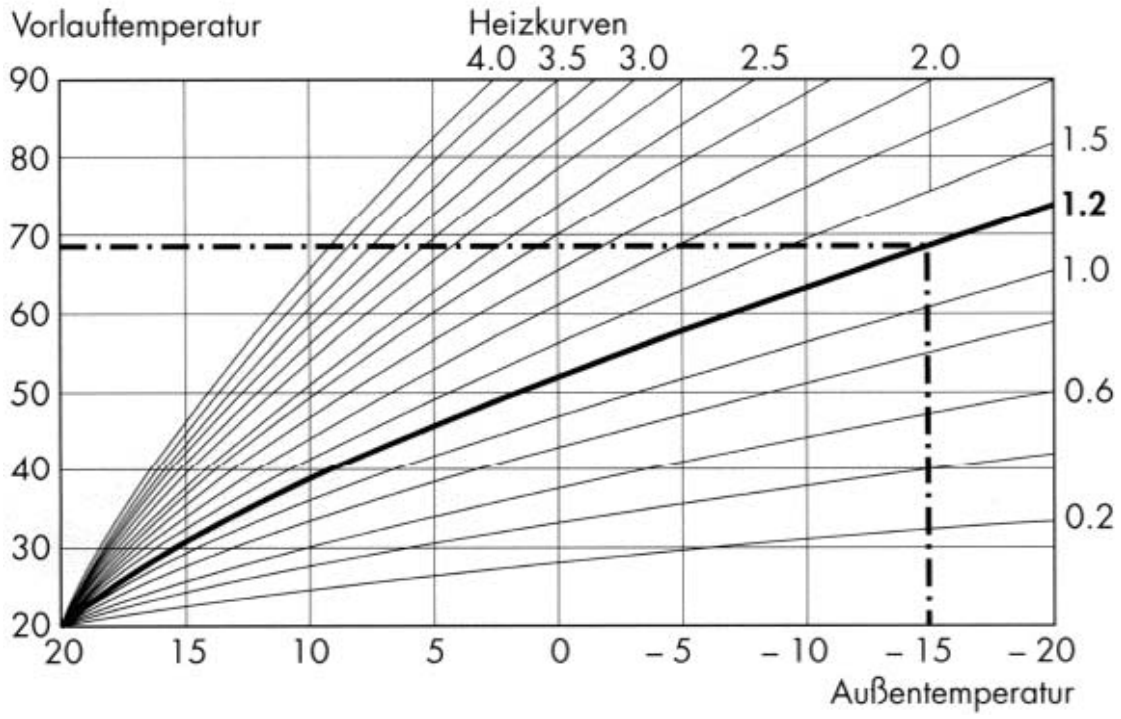
Thermostatheizkörperventile

Trainings- und Weiterbildungs-zentrum Wolfenbüttel e. V.

Welche Funktion sollen die Thermostatheizkörperventile erfüllen?

- **Die eigentliche Funktion der Thermostatventile besteht darin, vorhandene innere und solare Gewinne nutzbar zu machen.**
  - **Wenn sich die Raumtemperatur aufgrund von Wärmegewinnen erhöht, drosselt das Thermostatventil den Volumenstrom, der durch den Heizkörper fließt und vermindert so dessen Leistung. Die Raumtemperatur bleibt konstant.**

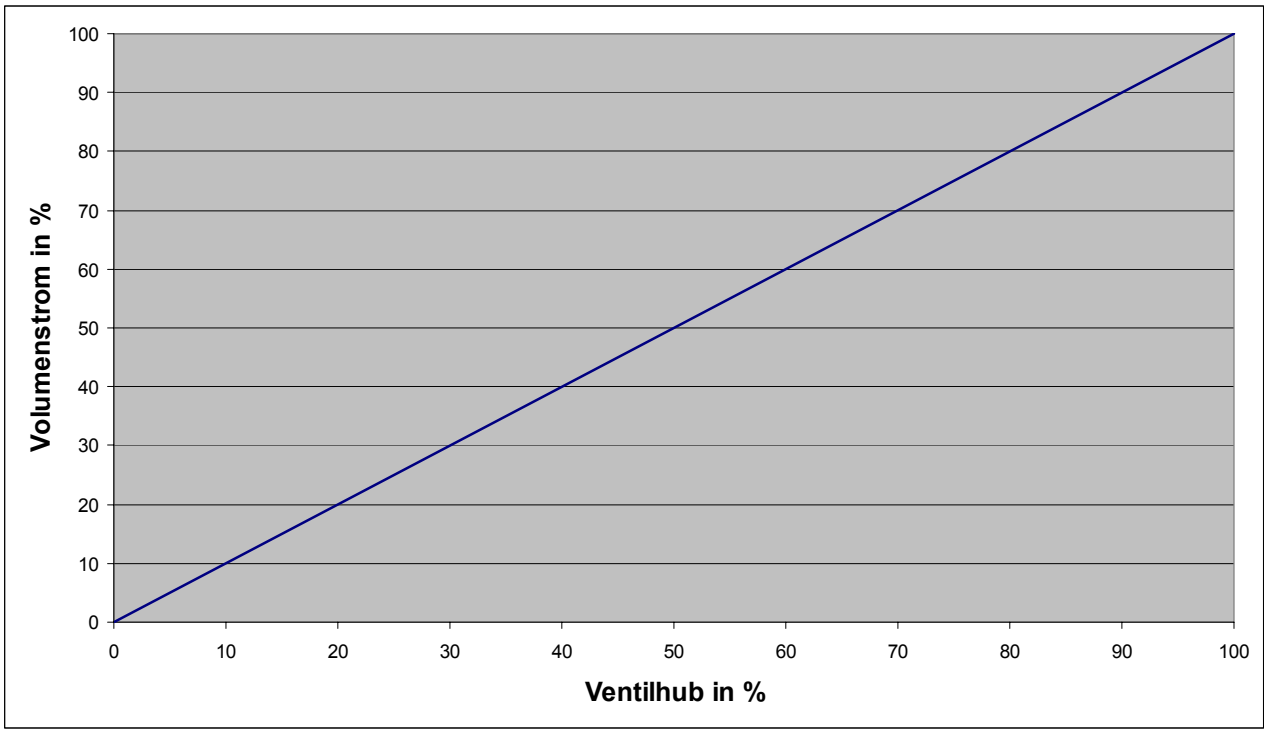
Heizkurve – Steilheit und Parallelverschiebung



Voraussetzungen für ein gutes Regelverhalten (1/3)

- **Richtige Einstellung der Heizkurve (Vorlauftemperatur)**
  - **Wenn die Heizkurve zu hoch eingestellt ist, müssen die THKVs zusätzlich zu den anfallenden Gewinnen auch das Überangebot an Leistung kompensieren, das aus der erhöhten Vorlauftemperatur resultiert. Infolgedessen verschlechtert sich das Regelverhalten.**

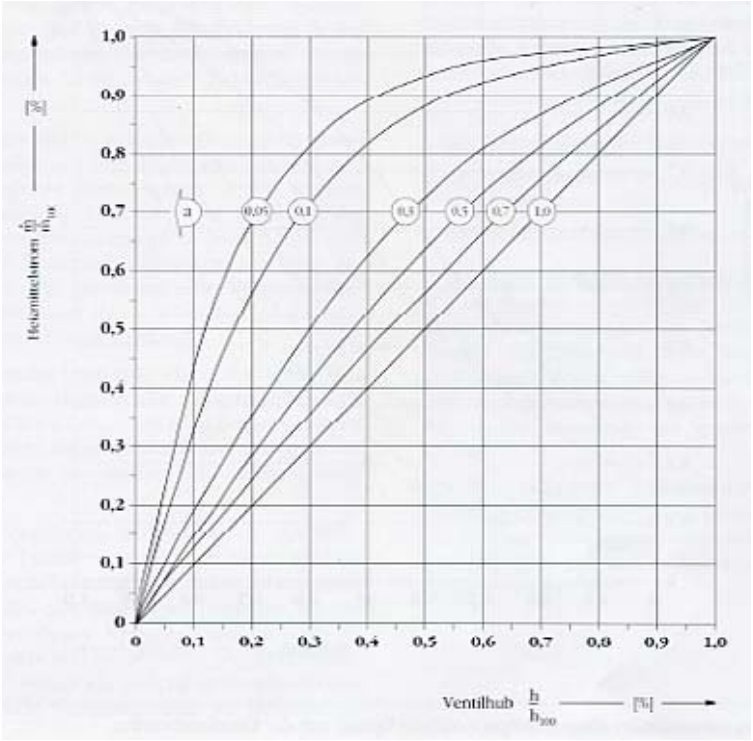
THKVs



Voraussetzungen für ein gutes Regelverhalten (2/3)

- **Ventilautorität a_V**
  - **Die Ventilautorität gibt an, wie linear der Zusammenhang zwischen Ventilhub und Volumenstrom über dem gesamten Regelbereich des Ventils ist.**
  - **Die Ventilautorität a_V sollte zwischen 0,3 und 0,7 liegen, ideal wäre eine theoretische Ventilautorität von 1,0**

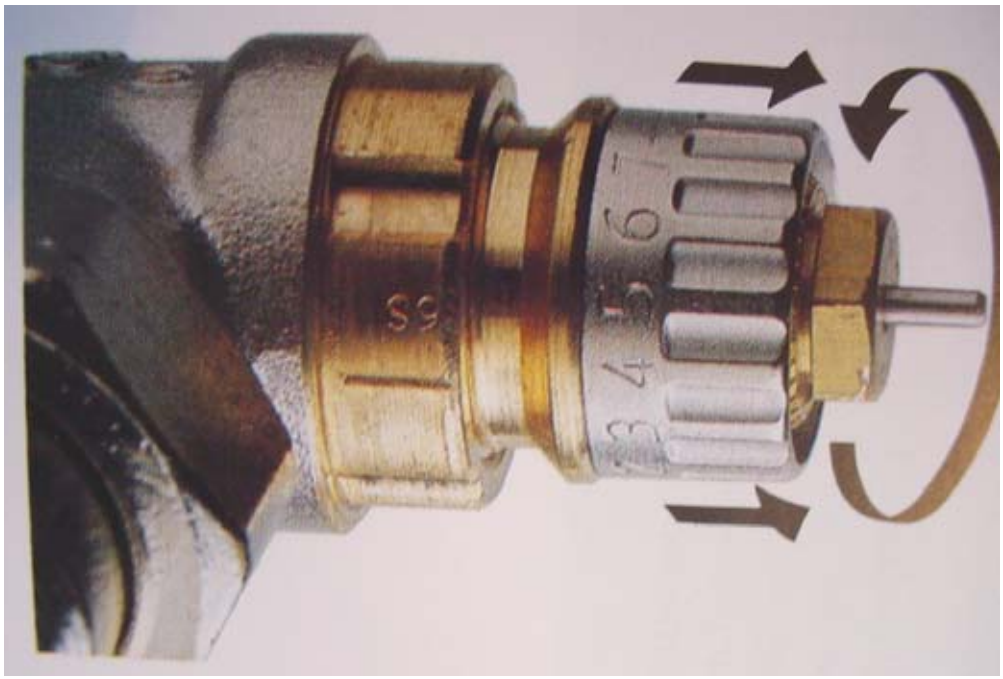
$$a_V = \frac{\Delta p_{100}}{\Delta p_{100} + \Delta p_{Rest}}$$



Bauarten von Thermostatventilen

- **Nicht voreinstellbare THKVs**
- **Voreinstellbare THKVs**
- **THKVs mit angepassten k_V-Kegeln**
- **THKVs mit eingebautem Differenzdruckregler**

Voreinstellbares THKV

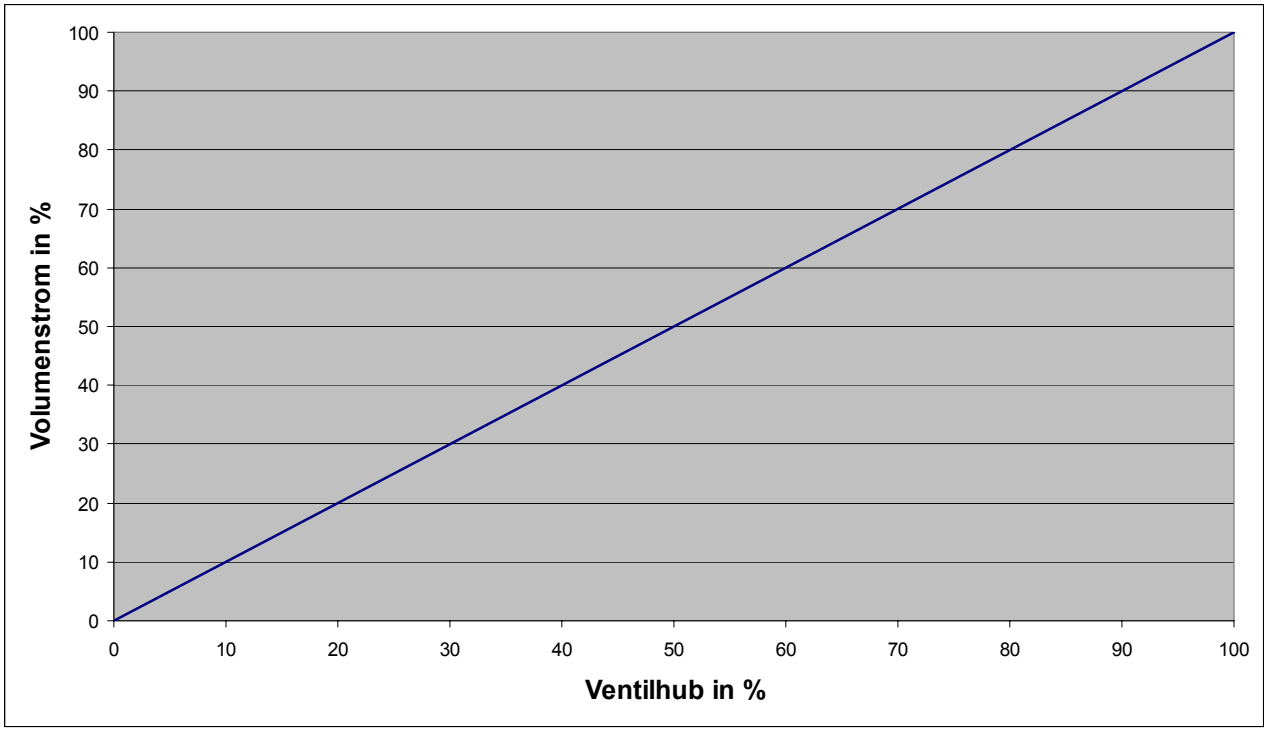


Voreinstellbare THKVs

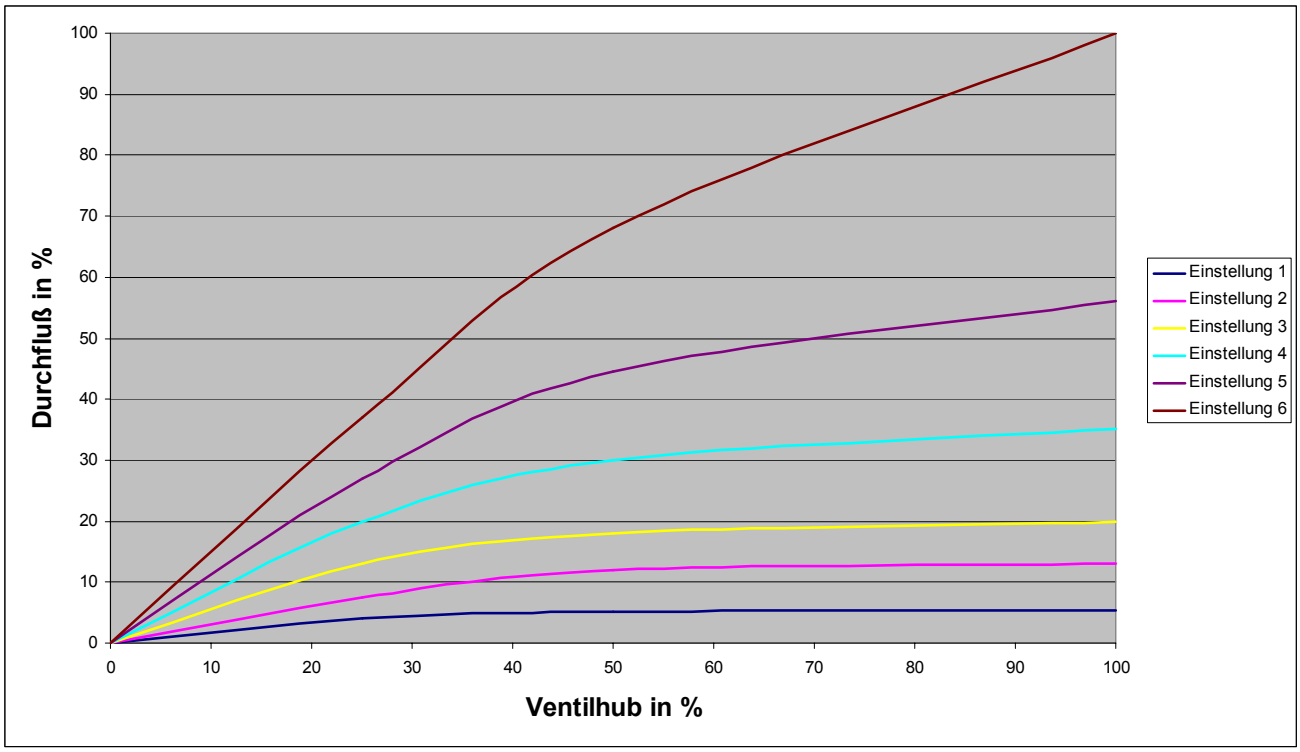
- **Vorteile:**
  - **Ein Ventil kann einen relativ großen k_V-Bereich (Durchflussbereich) abdecken**
  - **Voreinstellung (und damit der k_V-Wert) kann ohne großen Aufwand verändert werden**

- **Nachteile:**
  - **Insbesondere bei starken Voreinstellungen besteht die Gefahr, dass sich das Ventil zusetzt (→ Anlage sollte gründlich gespült werden, ebenfalls sollte ein Filter eingebaut werden)**
  - **Mit zunehmender Voreinstellung sinkt die „wahre“ Ventilautorität → Regelbarkeit verschlechtert sich bis hin zum 2-Punkt-Verhalten bei starker Voreinstellung**

THKVs



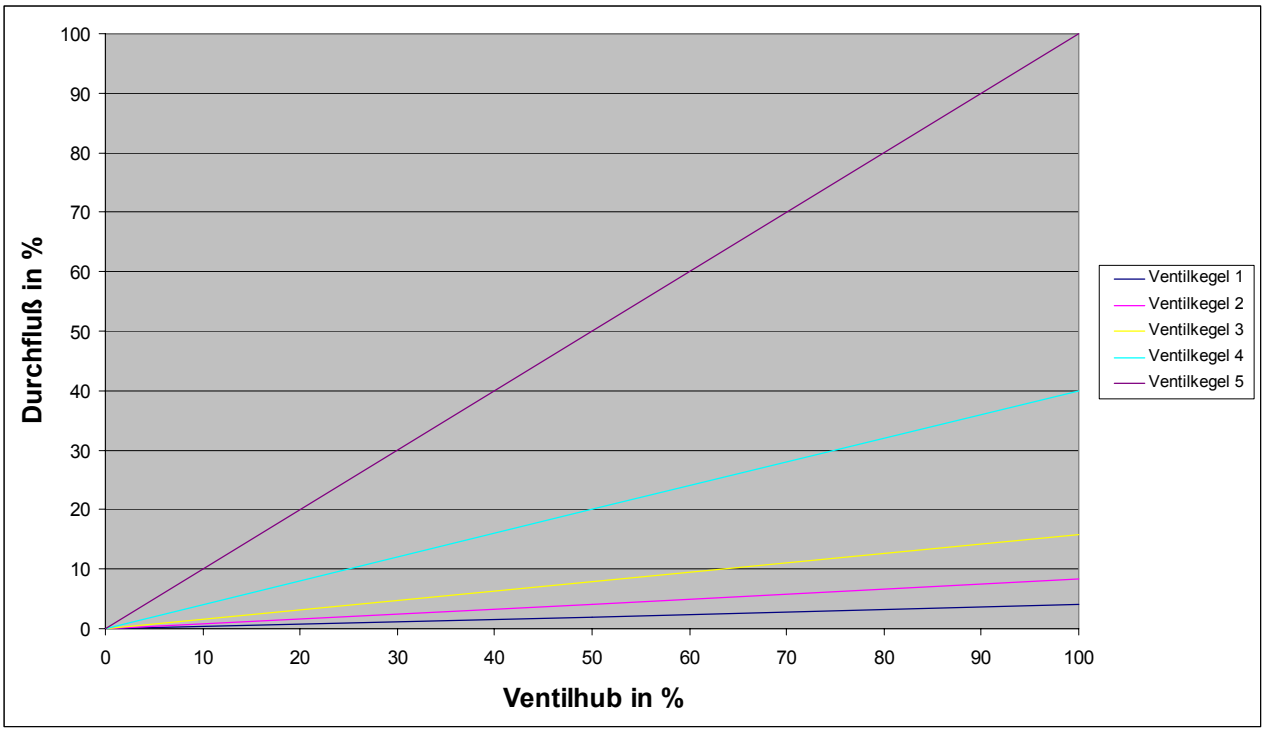
Voreinstellbare THKVs



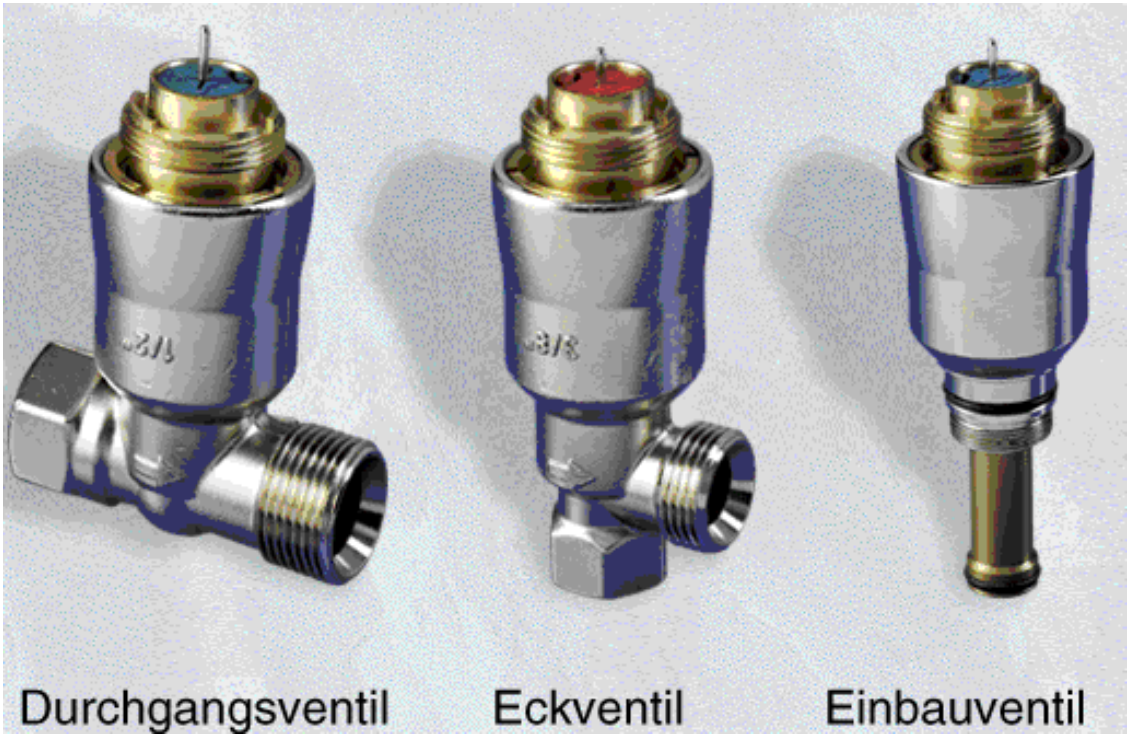
THKVs mit angepassten k_V-Kegel

- **Vorteile:**
  - **Annähernd lineares Regelverhalten, auch bei sehr kleinen k_V-Werten**
- **Nachteil:**
  - **Je nach benötigten k_V-Wert müssen Ventile mit verschiedenen k_V-Kegeln vorgehalten und eingesetzt werden**
  - **Eine nachträgliche Änderung des k_V-Werts ist nur durch den Austausch des Ventileinsatzes (auch ohne Entleerung der Anlage während des Betriebs) möglich**

THKVs mit angepassten k_V-Kegel



THKVs mit eingebautem Differenzdruckregler



THKVs mit eingebautem Differenzdruckregler

- **Vorteil:**
  - **Sehr gute Regelbarkeit**
  - **Eingestellter Volumenstrom wird bei geöffnetem Ventil unter allen Betriebsbedingungen absolut konstant gehalten, Druckschwankungen im restlichen Netz, die durch andere THKVs hervorgerufen werden, haben keinen Einfluss auf das Regelverhalten des Ventils**
  - **Keine Geräuschprobleme, selbst bei sehr hohen Differenzdrücken über dem Ventil**

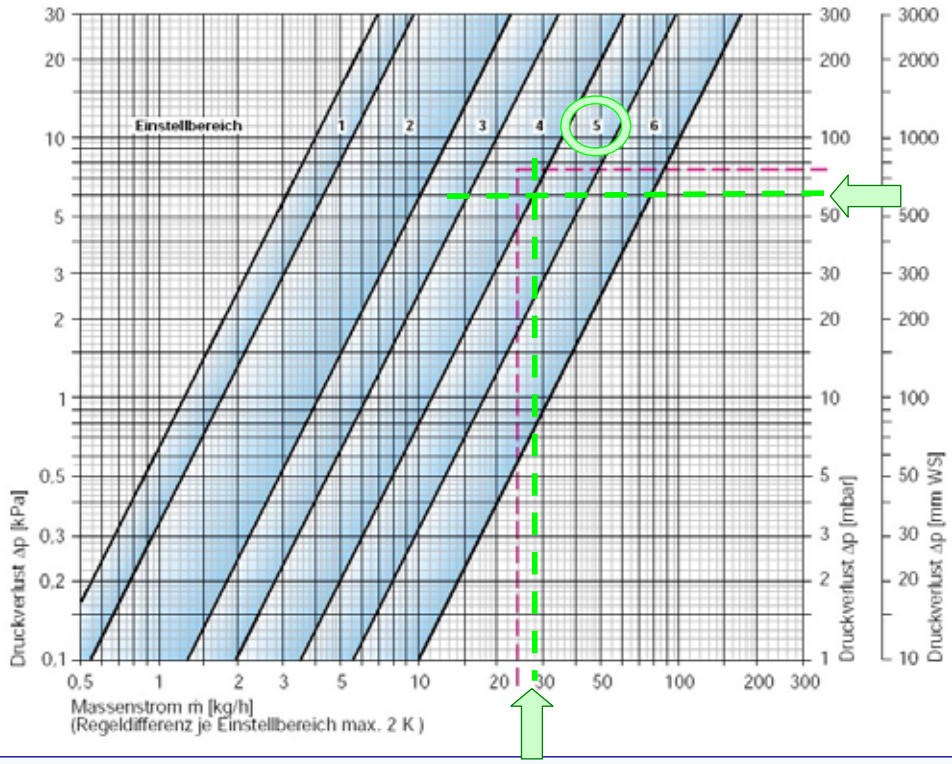
- **Nachteil:**
  - **Bisher gibt es nur Ventilgrößen, die auf relativ hohe Volumenströme ausgelegt sind (> 35 l/h)**
  - **Etwa doppelt so hoher Preis wie normale THKVs**

Übungsaufgabe: Auswahl und Einstellung von voreinstellbaren THKVs

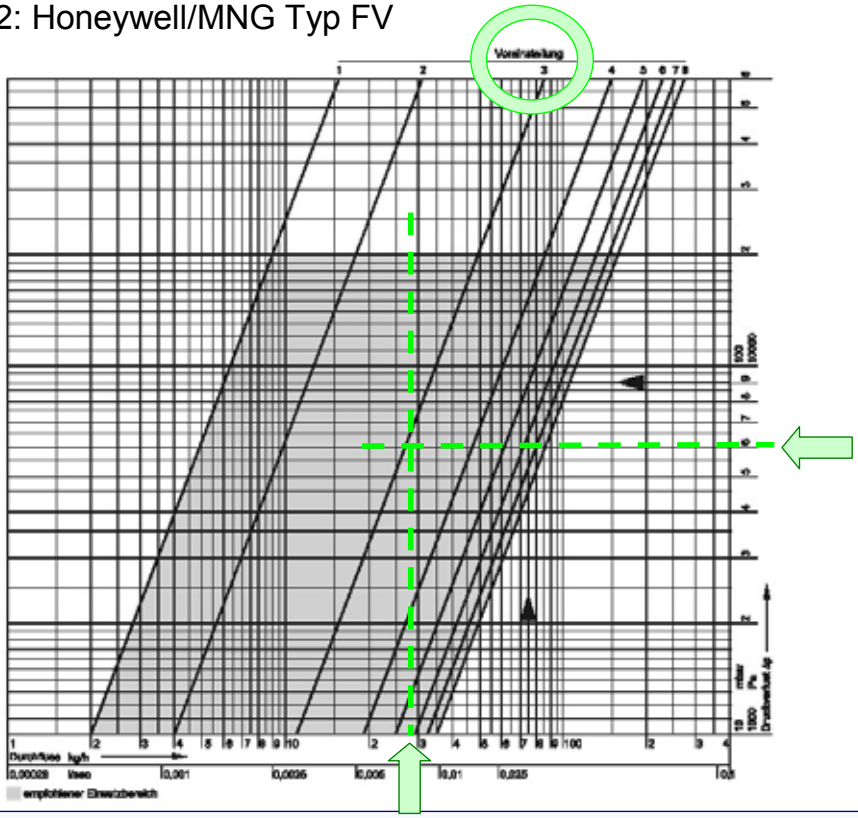
Für einen Heizkörper beträgt der benötigte Volumenstrom 29 l/h.
Aus der Rohrnetzberechnung geht hervor, dass über dem Thermostatventil ein Druckabfall von $\Delta p_V = 60$ mbar stattfinden muss.

Mit Hilfe des gegebenen Volumenstroms und Druckabfalls sollen aus den vorhandenen Herstellerdiagrammen die passenden Thermostatventile und die vorzunehmenden Voreinstellungen bestimmt werden.

Lösung Beispiel 1: Heimeier F-exakt



Lösung Beispiel 2: Honeywell/MNG Typ FV



Übungsaufgabe: Auswahl und Einstellung von voreinstellbaren THKVs - **Alternativer Lösungsweg**

Für einen Heizkörper beträgt der benötigte Volumenstrom 29 l/h.

Aus der Rohrnetzberechnung geht hervor, dass über dem Thermostatventil ein Druckabfall von $\Delta p_V = 60$ mbar stattfinden muss.

Lösungsweg über k_V-Wert: Aus dem gegebenen Volumenstrom und Druckabfall lässt sich der benötigte k_V-Wert des auszuwählenden THKVs bestimmen.

$$k_V = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{1\,bar}{\Delta p_V}} = 0{,}029\,\frac{m^3}{h} \cdot \sqrt{\frac{1\,bar}{0{,}06\,bar}} = 0{,}12\,\frac{m^3}{h}$$

Aufgabe:

Aus der gegebenen Tabelle [Handbuch zum Programm, S. 30] sollen die passenden THKVs und die zugehörigen Voreinstellungen herausgesucht werden.

Falls es mehrere THKVs gibt, mit denen der benötigten k_V-Wert realisiert werden kann, ist zu begründen, welche der möglichen THKVs besser geeignet sind.

$$k_V = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{1\,bar}{\Delta p_V}} = 0{,}029\,\frac{m^3}{h} \cdot \sqrt{\frac{1\,bar}{0{,}06\,bar}} = 0{,}12\,\frac{m^3}{h}$$

Lösung:

Hersteller	Typ	DN	k_V-Wert in m³/h in Abhängigkeit von der Voreinstellung (nach DIN EN 215 bei 2 K Regeldifferenz)								
			1	2	3	4	5	6	7	8	N
Heimeier	F-exakt	10	0,017	0,041	0,063	0,111	0,177	0	-	-	-
Danfoss	RA-UN	10	0,02	0,06	0,11	0,17		0,30	0,35	-	0,48
Honeywell / MNG	FV	10	0,02	0,04	0,11	0,19		0,29	0,32	0,35	-
Oventrop	F	10	0,025	0,051	0,095	0,152		0,323	-	-	-
Danfoss	RA-UR	10	0,03	0,03	0,06	0,11	0,18		0,31	-	0,47
Danfoss	RA-N	10	0,04	0,09	0,16	0,25	0,32	0,38	0,42	-	0,56
Honeywell / MNG	V	10	0,04	0,08	0,20	0,29	0,33	0,35	0,38	0,41	-
Heimeier	V-exakt	10	0,047	0,098	0,161	0,234	0,364	0,468	-	-	-
Oventrop	AV 6, RFV 6, ADV 6	10	0,055	0,110	0,313	0,446	0,56	0,65	-	-	-
Heimeier	F-exakt	15	0,017	0,041	0,063	0,111	0,177	0,3	-	-	-
Danfoss	RA-UN	15	0,02	0,06	0,11	0,17		0,30	0,35	-	0,48
Honeywell / MNG	FV	15	0,02	0,04	0,11	0,19		0,29	0,32	0,35	-
Oventrop	F	15	0,025	0,051	0,095	0,152		0,323	-	-	-
Danfoss	RA-UR	15	0,03	0,03	0,06	0,11	0,18		0,31	-	0,47
Danfoss	RA-N	15	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,43	0,52	-	0,73
Honeywell / MNG	V	15	0,04	0,08	0,20	0,29	0,33	0,35	0,38	0,41	-
Heimeier	V-exakt	15	0,047	0,098	0,161	0,234	0,364	0,468	-	-	-
Oventrop	AV 6, RFV 6, ADV 6	15	0,055	0,110	0,313	0,446	0,56	0,65	-	-	-

Sondereinbauten – Zusätzliche Druckverluste

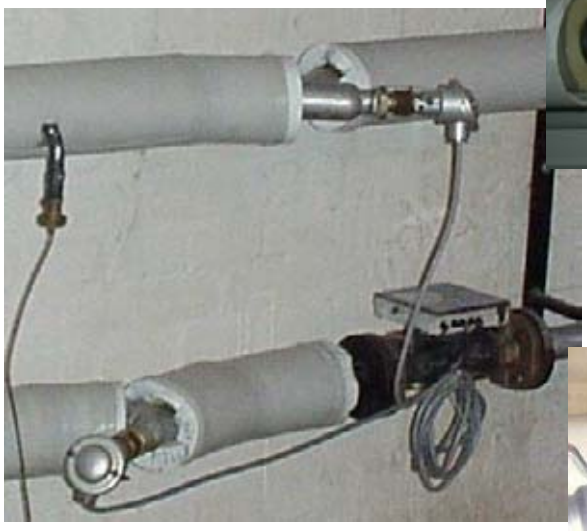
Trainings- und Weiterbildungs-zentrum Wolfenbüttel e. V.

Welche Sondereinbauten gibt es üblicherweise?

- **Wärmemengenzähler**
  - **Flügelrad**

Welche Sondereinbauten gibt es üblicherweise?

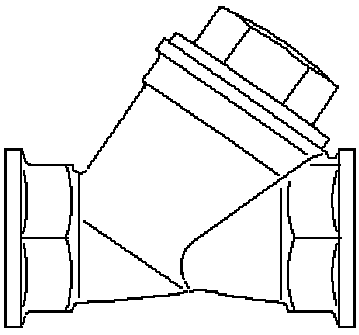
- **Wärmemengenzähler**
  - **Ultraschall**



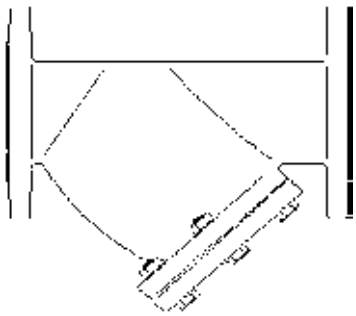
Welche Sondereinbauten gibt es üblicherweise?

- **Schmutzfänger**

Rotguss-Schmutzfänger mit Schweißtüllen DN 15 bis 32



Rotguss- bzw. Messing-Schmutzfänger, DN 8 bis DN 80



Grauguss-Schmutzfänger, DN 15 bis DN 300

Welche Sondereinbauten gibt es üblicherweise?

- **Luftabscheider/-sammler**

Flamcovent Absorptions-Luftabscheider

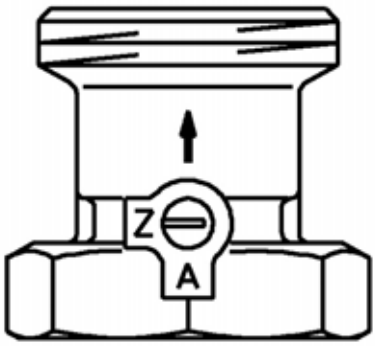
Flexair S Zentrifugal-Luftabscheider DN 65 bis 150

Flexair S Zentrifugal-Luftabscheider DN 25 bis 50

Optimierung von Heizungsanlagen

Welche Sondereinbauten gibt es üblicherweise?

- **Schwerkraftbremsen**

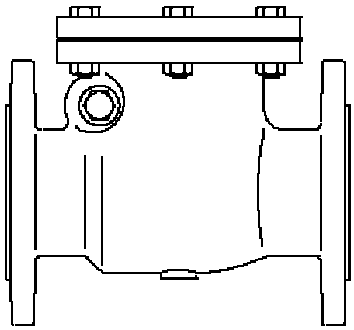


Sperrventil für Direktanschluss an Umwälzpumpe (DN 20 bis 32)

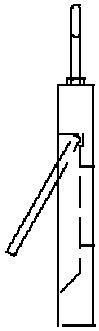
Sperrventil „Flowstop“ DN 25, 32

Welche Sondereinbauten gibt es üblicherweise?

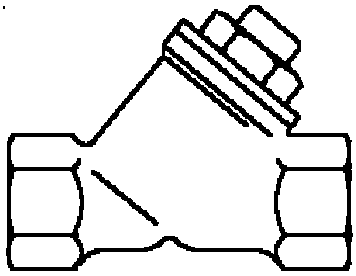
- **Rückschlagklappen und -ventile**



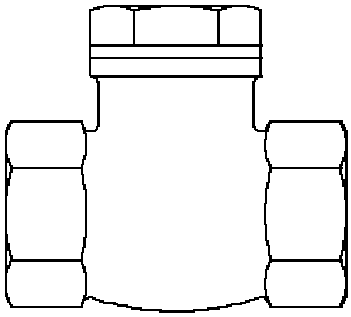
Rückschlagklappe, Grauguss, DN 40 bis 300



Rückschlagklappe (Zwischenbau-ausführung DN 65 bis 300



Rückschlagventil (DN 10 bis 50)



Rückschlag-klappe, DN 15 bis 65

Welche Sondereinbauten gibt es üblicherweise?

- **Bsp. für Rückschlagklappen**

Disco-Rückschlagklappe direkt an Pumpenstutzen

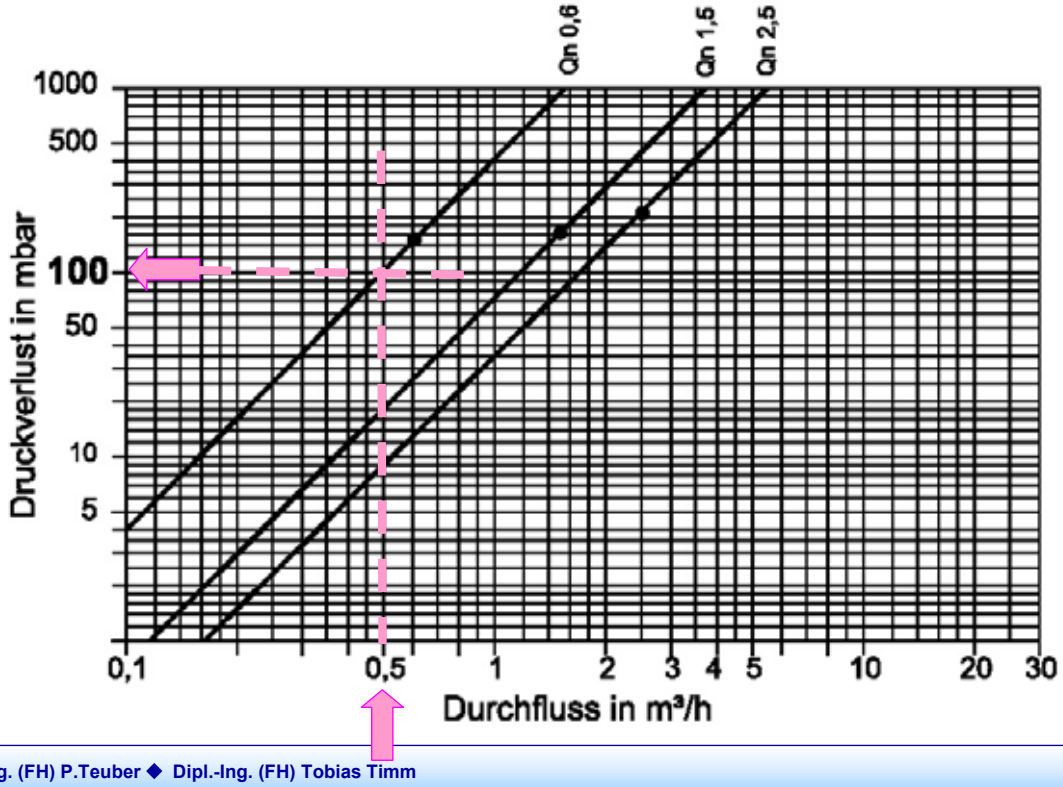
Welche Sondereinbauten gibt es üblicherweise?

- Platten-Wärmeübertrager

Warum müssen die Sondereinbauten bei der Durchführung des hydraulischen Abgleichs berücksichtigt werden?

- Sondereinbauten, die sich im zu betrachtenden System befinden, weisen einen zum Teil erheblichen Druckverlust auf
- Der von den Sondereinbauten verursachte Druckverlust hängt vom Volumenstrom im System ab
- Um die benötigte Förderhöhe bzw. Restförderhöhe korrekt bestimmen zu können, muss der Druckverlust dieser Bauteile in Abhängigkeit vom Volumenstrom aus Diagrammen abgelesen werden

Abhängigkeit von Volumenstrom und Druckverlust: Bsp. WMZ



Warum müssen die Sondereinbauten bei der Durchführung des hydraulischen Abgleichs berücksichtigt werden?

- **Druckverlust der Sondereinbauten muss von der Pumpe zusätzlich zu den üblichen Druckverlusten aufgebracht werden!**
- **Aufgabe:**
  Ermittlung des Druckverlustes von Sondereinbauten bei einem gegebenen Volumenstrom anhand der gegebenen Unterlagen
  - **Volumenstrom: 860 l/h (20 kW bei 20 K Spreizung)**
  - **Sondereinbauten:**
    - **Ultraschall-WMZ (Q_N=1,5) → siehe [Handbuch z. Programm, S. 48 oben]**
    - **Schmutzfilter DN 32 → siehe [Handbuch z. Programm, S. 48]**
    - **Platten-WÜT (Typ 488) → siehe [Handbuch z. Programm, S. 50 unten]**

- **Lösung:**
  - **Volumenstrom: 860 l/h (20 kW bei 20 K Spreizung)**
  - **Sondereinbauten:**
    - **Ultraschall-WMZ (Q_N=1,5): Δp = 60 mbar**
    - **Schmutzfilter (DN 32): Δp = << 10 mbar**
    - **Platten-WÜT (Typ 488) Δp = 40 mbar**

→ In Summe ergibt sich allein durch die Sondereinbauten ein zusätzlicher Druckverlust von ca. 100 mbar.

Ein durchschnittliches Netz in einem älteren EFH (20 kW → 860 l/h) benötigt ohne Sondereinbauten eine Pumpenförderhöhe von max. 200 mbar.

→ Aufgrund der Sondereinbauten ist in diesem Beispiel eine 1,5 mal höhere Pumpenförderhöhe erforderlich!

Optimierung von Heizungsanlagen

Regelung

Trainings- und Weiterbildungs-zentrum Wolfenbüttel e. V.

Heizgrenztemperatur - Definition

- **Die Heizgrenztemperatur ist die Außentemperatur, ab der nicht mehr geheizt werden muss.**
- **Ab der Heizgrenztemperatur werden die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste durch die inneren und solaren Gewinne gedeckt.**
- **Überschreitet die Außentemperatur die eingestellte Heizgrenztemperatur, wird das Heizungssystem abgeschaltet. Lediglich die Trinkwarmwasserbereitung wird fortgeführt.**

Heizgrenztemperatur – Ermittlung über Tabellenwerte

- **Die Heizgrenztemperatur hängt vom Dämmstandard der Gebäudehülle ab. Je besser ein Gebäude gedämmt ist, desto niedriger ist seine Heizgrenztemperatur.**
- **Vereinfachte Ermittlung der Heizgrenztemperatur anhand der Baualtersklasse bzw. des Dämmstandards des Gebäudes:**

Heizgrenz-temperatur ϑ_{HG} in °C	Heizleistung am kältesten Tag in W/m²	Baualterklasse bzw. energetische Klasse
unter 10	10	(UNEH) PH
10	10 … 30	(EnEV) NEH UNEH PH
12	30 … 60	(82-95) WSchV EnEV NEH (UNEH)
15	60 … 130	vor 77 77-82 82-95 (WSchV) (EnEV)
17 bis 20	über 130	vor 77

Quelle: Jagnow/Horschler/Wolff: Die neue EnEV 2002

Angepasste Schaltzeiten

- Schaltzeit für den Normalbetrieb der Heizung
- Schaltzeit für den Absenkbetrieb der Heizung
  - Absenk- oder Abschaltbetrieb?

- Schaltzeiten für die TWW-Bereitung
- Schaltzeiten für die TWW-Zirkulation

Zusammenhang Regelung und hydraulischer Abgleich

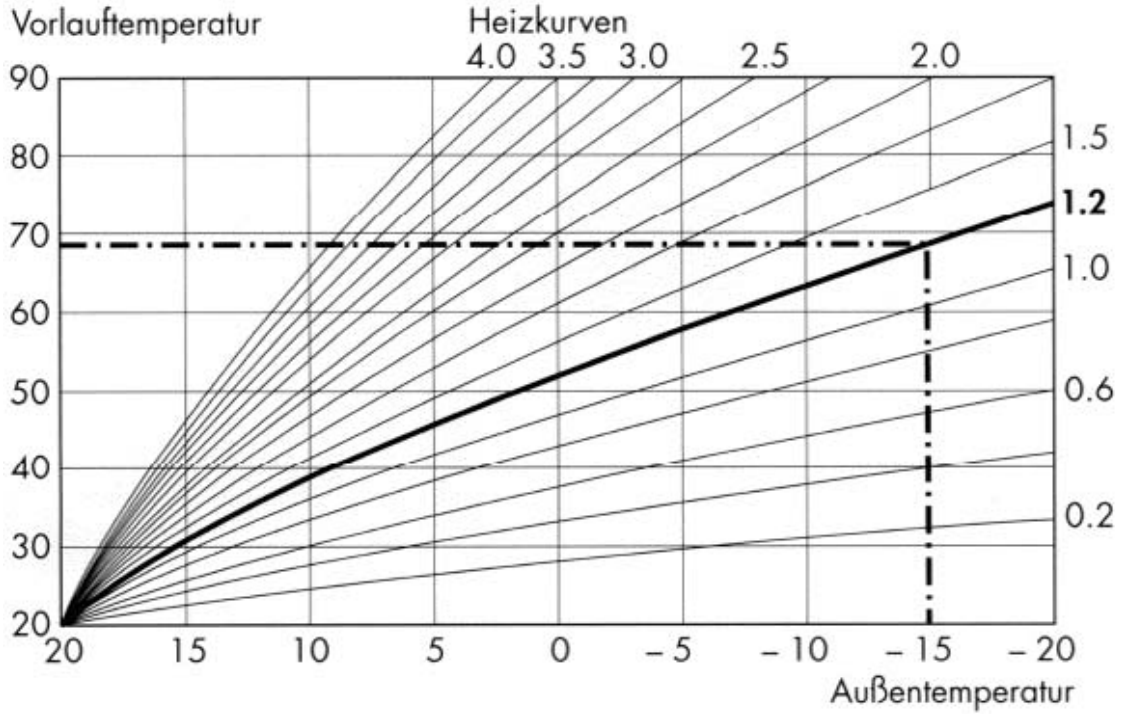
- Ziel des hydraulischen Abgleichs ist es, jeder Heizfläche genau die Wärmemenge zur Verfügung zu stellen, die sie zur Erwärmung des Raumes benötigt.

- Die Leistungsabgabe der Heizfläche hängt direkt von Volumenstrom und Vorlauftemperatur ab.

- → Pumpeneinstellung und gewählte Vorlauftemperatur (Heizkurve) stehen im direkten Zusammenhang.

- → Parallel zum hydraulischen Abgleich des Systems über Pumpe, DDR und voreinstellbare THKVs muss die darauf abgestimmte Heizkurve am Regler eingestellt werden.

Heizkurve – Steilheit und Parallelverschiebung



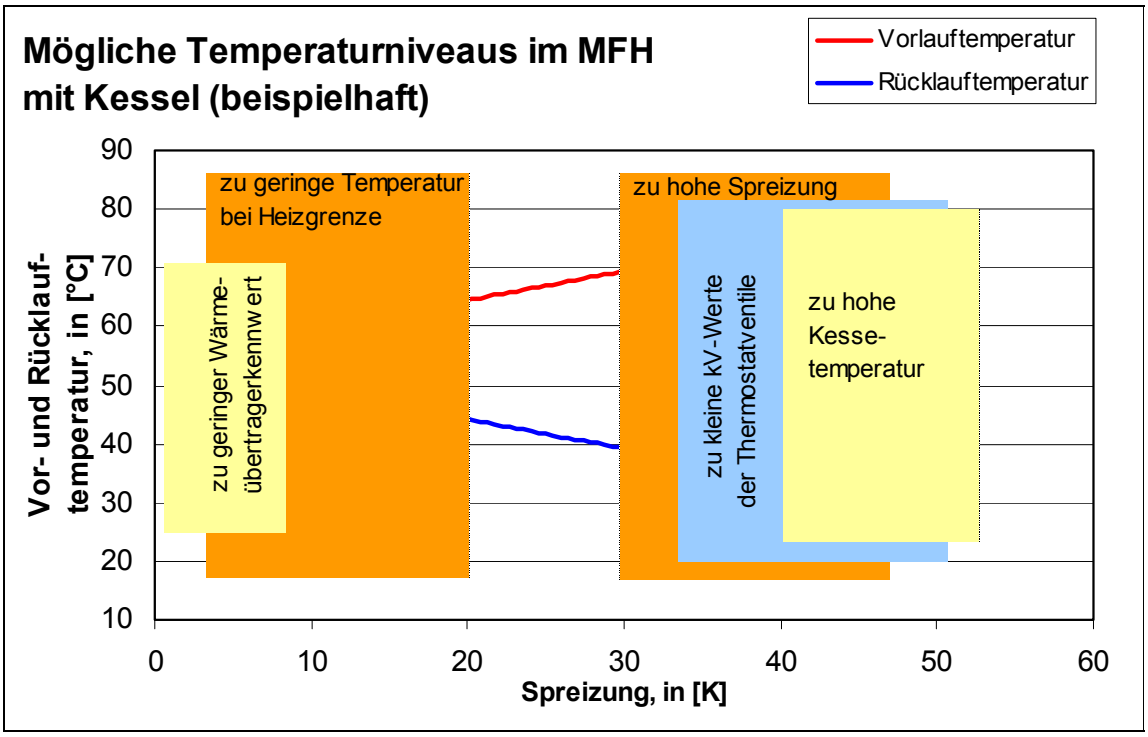
Auswahl einer geeigneten Vorlauftemperatur (1/2)

- **Ausgangsvoraussetzung: Die Heizflächen sollen in der Lage sein, die Raumheizlast zu decken.**

- **Die Leistung eines Heizkörper $\dot{Q}_{HK}$ hängt direkt von der logarithmischen Übertemperatur Δt_{ln} des Heizkörpers ab.**

- **Im ersten Schritt muss also mit Hilfe der Raumheizlast und der Normheizleistung des Heizkörpers die benötigte Übertemperatur Δt_{ln} ermittelt werden.**

Auswahl einer geeigneten Vorlauftemperatur (2/2)



Auswahl einer geeigneten Vorlauftemperatur - Fazit

- **Im Prinzip gibt es eine Vielzahl von möglichen Vorlauftemperaturen (Spreizungen)**

- **Je nach gewählter Vorlauftemperatur ergibt sich aber eine andere Spreizung und damit ein anderer Volumenstrom.**

Kennwert für benötigten Volumenstrom:	43 l/h	je 1 kW bei 20 K Spreizung
	21,5 l/h	je 1 kW bei 40 K Spreizung
	86 l/h	je 1 kW bei 10 K Spreizung

→ **Die gewählte Vorlauftemperatur bestimmt die k_V-Werte der THKVs und damit deren Voreinstellung!**

Wärmeerzeuger

Trainings- und Weiterbildungs-
zentrum Wolfenbüttel e. V.

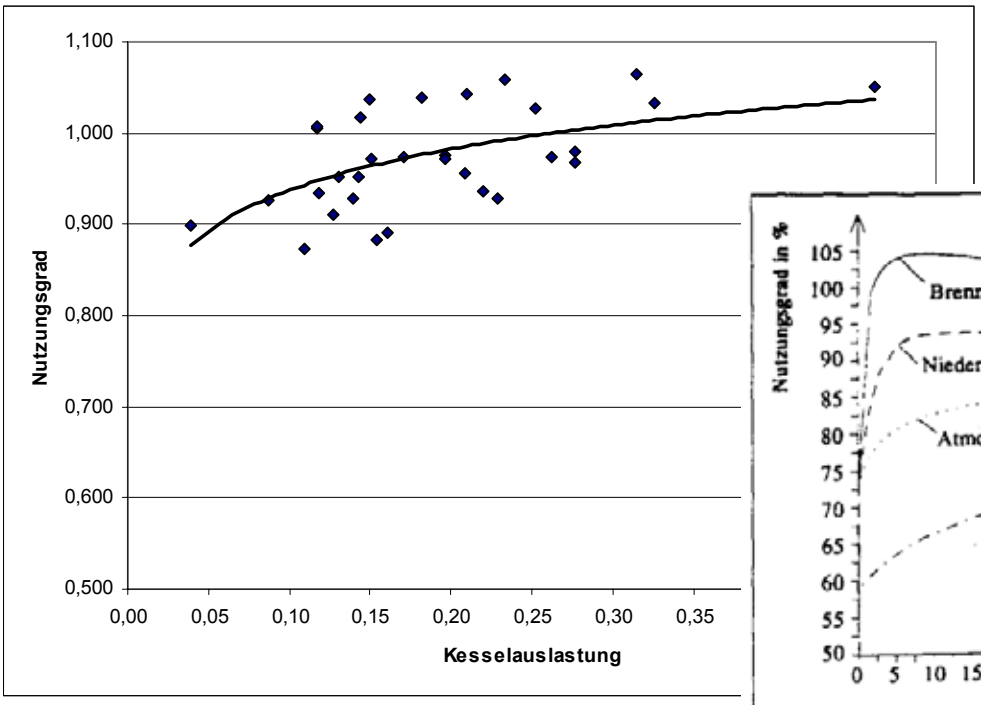
Brennerleistung

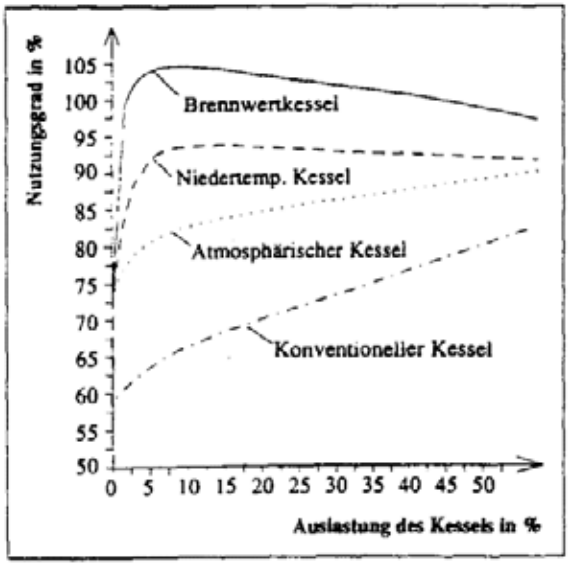
- Die maximale Brennerleistung sollte möglichst genau so groß sein wie die Gebäudeheizlast.
  - Bei einer zu hohen Brennerleistung wird der Kessel zum Ein-/ Ausbetrieb (Takten) gezwungen. Dadurch entstehen erhöhte Emissionen und unnötige Verluste (Vorspülen). Ebenfalls erhöht sich der Verschleiß.

- Bei modulierenden Geräten kann die maximal gewünschte Leistung für den Heizbetrieb oft einfach über die Regelung einprogrammiert werden.

- Achtung: Wird die Kesselleistung und damit der Abgasmassenstrom/Abgastemperatur herabgesetzt, besteht je nach Schornsteinsystem die Gefahr der Versottung. Die Eignung des Schornsteins ist daher zu prüfen!

Ergebnisse der Felduntersuchung von ca. 70 BW-Kesseln

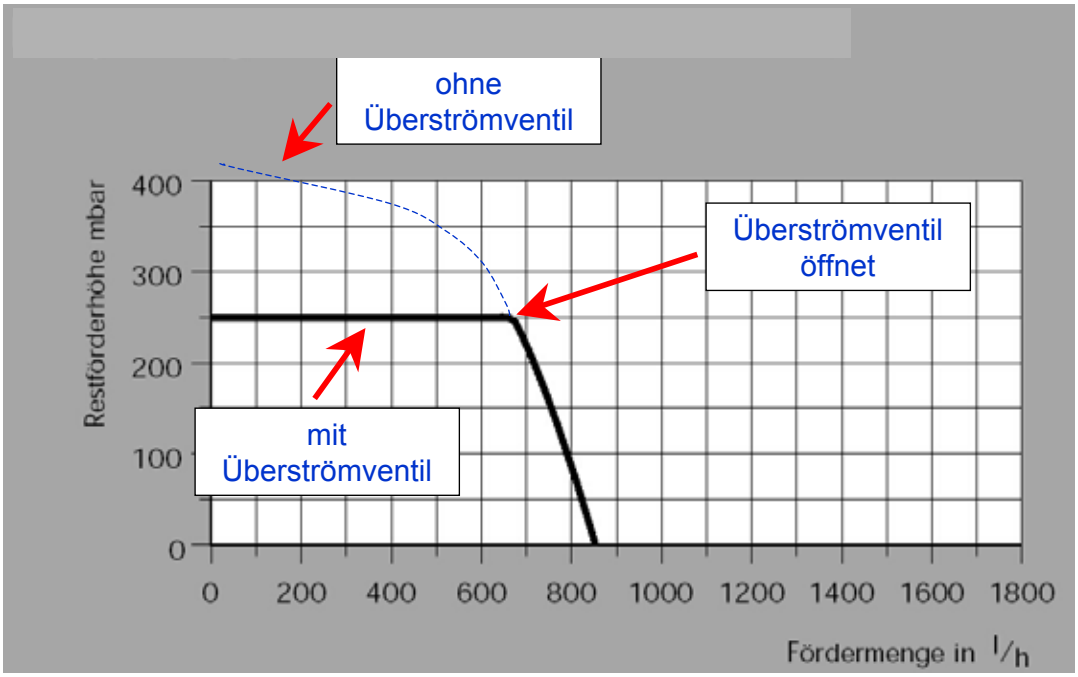




Wandgerät oder bodenstehender Kessel

- **Wandgeräte:**
  - **Weisen bauartbedingt meist hohe Druckverluste auf und benötigen deshalb höhere Pumpenleistungen.**
  - **Werden in der Regel standardmäßig mit einer integrierten Pumpe ausgestattet, die einen sehr großen Leistungsbereich abdecken muss und daher fast immer überdimensioniert ist.**
  - **Restförderhöhe kann nur bei sehr wenigen Geräten vorgegeben werden (dp-const-Regelung), häufig wird die Pumpendrehzahl einfach parallel zur Brennerleistung gesteuert.**
  - **Häufig benötigen die Wandgeräte einen bestimmten Mindestvolumenstrom, der sie vor Überhitzung schützt → Mindestvolumenstrom wird über Überströmventil sichergestellt → Überströmventil verhindert Brennwertnutzen!**

Restförderhöhen-Diagramm des Wandgeräts



Problem Überströmventil

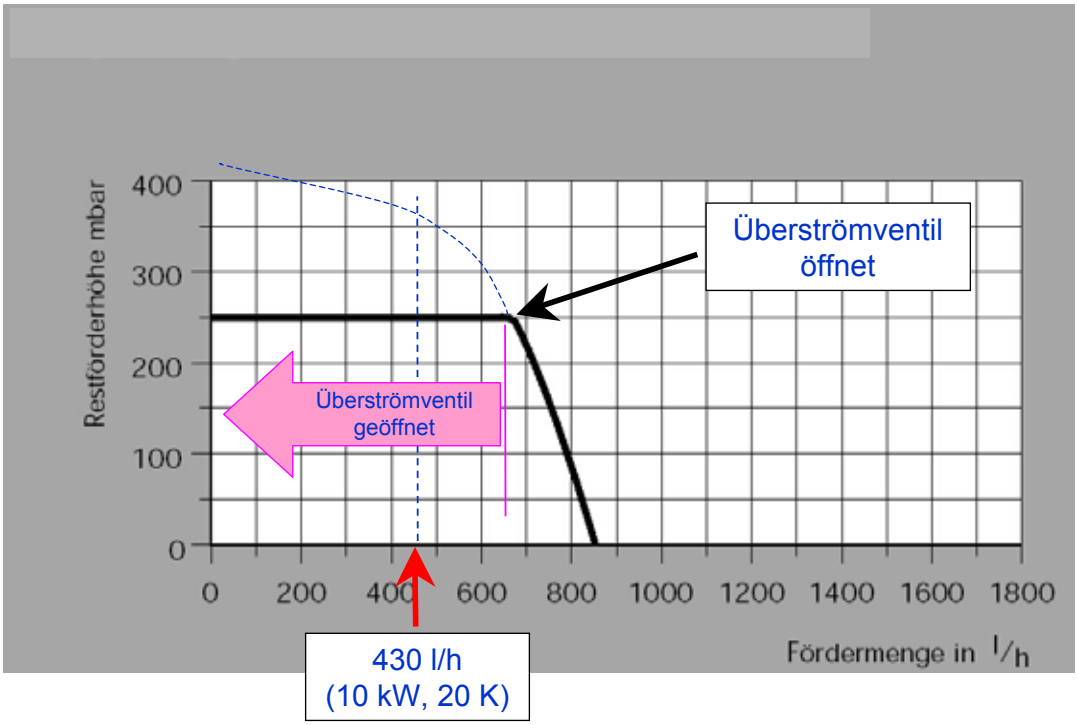
- **Ein beispielhaft ausgewähltes Wandgerät besitzt eine maximale Leistung von 10 kW.**
- **Die Auslegungs-Systemspreizung soll 20 K betragen**

Kennwert für benötigten Volumenstrom: 43 l/h je 1 kW bei 20 K Spreizung

- **Für das gewählte Gerät ergibt sich bei der gewählten Spreizung ein maximaler Volumenstrom von**

→ 43 l/h * 10 kW = 430 l/h

Restförderhöhen-Diagramm des Wandgeräts



Fazit

- **Bereits im Auslegungsfall (kältester Tag) ist bei dem gezeigten Wandgerät das Überströmventil geöffnet → keine oder kaum noch Brennwertnutzung.**

- **Bei der Geräteauswahl sollte daher darauf geachtet werden, dass ein Gerät ohne Anforderungen an einen Kesselmindest-volumenstrom gewählt wird, welches weder auf integrierte noch auf externe Überströmventile zurückgreifen muss.**

In der Regel weisen Geräte mit einem großen Kesselwasserinhalt nicht die genannten Probleme auf.

Definition „großer Kesselwasserinhalt“: 1 bis 1,5 Liter pro 1 kW

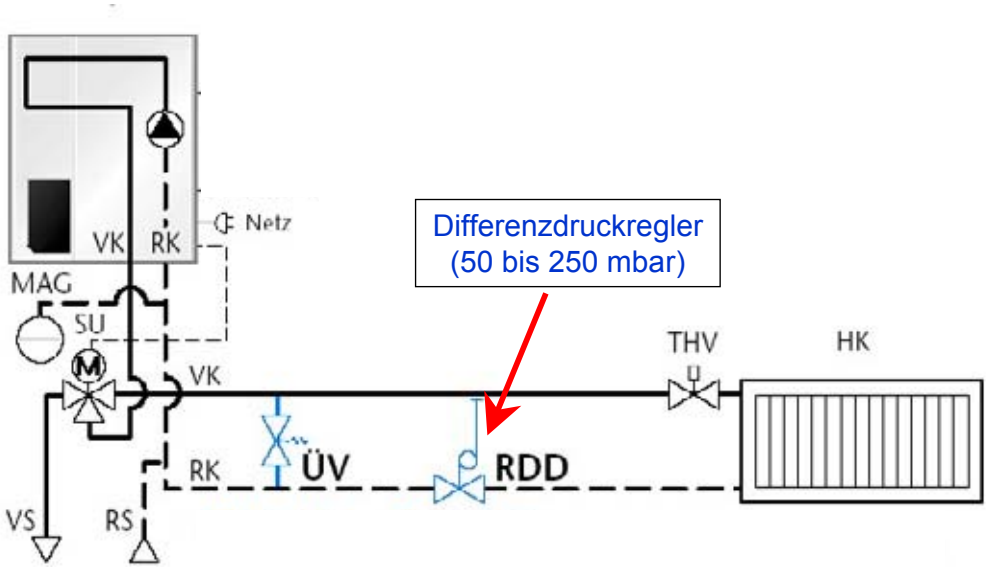
Beispiel: Ein Gerät mit 25 kW sollte mindestens einen Kesselwasserinhalt von 25 l aufweisen.

Problem: Restförderhöhe eines Wandgerätes ist zu groß

Ausgangslage: Das bereits angesprochene Wandgerät hat aufgrund der sehr großen Pumpe und des integrierten Überströmventils eine nahezu konstante, **sehr große Förderhöhe von 250 mbar**.

Problem: Durch die hohe Förderhöhe können zum einen **Geräuschprobleme an den THKVs** auftreten, zum anderen führt diese Förderhöhe zu THKVs mit **sehr kleinen k_V-Werten** und damit zu sehr **starken Voreinstellungen** (VE 1, 2).

Die Nachteile von starken Voreinstellungen sind bereits bekannt: **schlechtes Regelverhalten und erhöhte Verschmutzungsgefahr**

Problem: Restförderhöhe eines Wandgerätes ist zu groß

Lösung: Da die Pumpe nicht verändert werden kann, bleibt nur eine Lösung: Es muss ein Differenzdruckregler in Reihe zu Pumpe eingebaut werden.