

Telefon: 0 89 / 90 00 59-0, Telefax: 0 89 / 90 00 59-59  
E-Mail: I...rath.Gebaeude-Service@T-online.de  
Internet: www.kamrath.de

## Schulungsraum II

Schulung von Kunden  
- hier spez. über Heizungstechnik,  
Kalkbildung und Energieoptimierung  
vom 27.03.1998



# Wartung und Instandsetzung von Haustechnik und Industrieanlagen Energieberatung

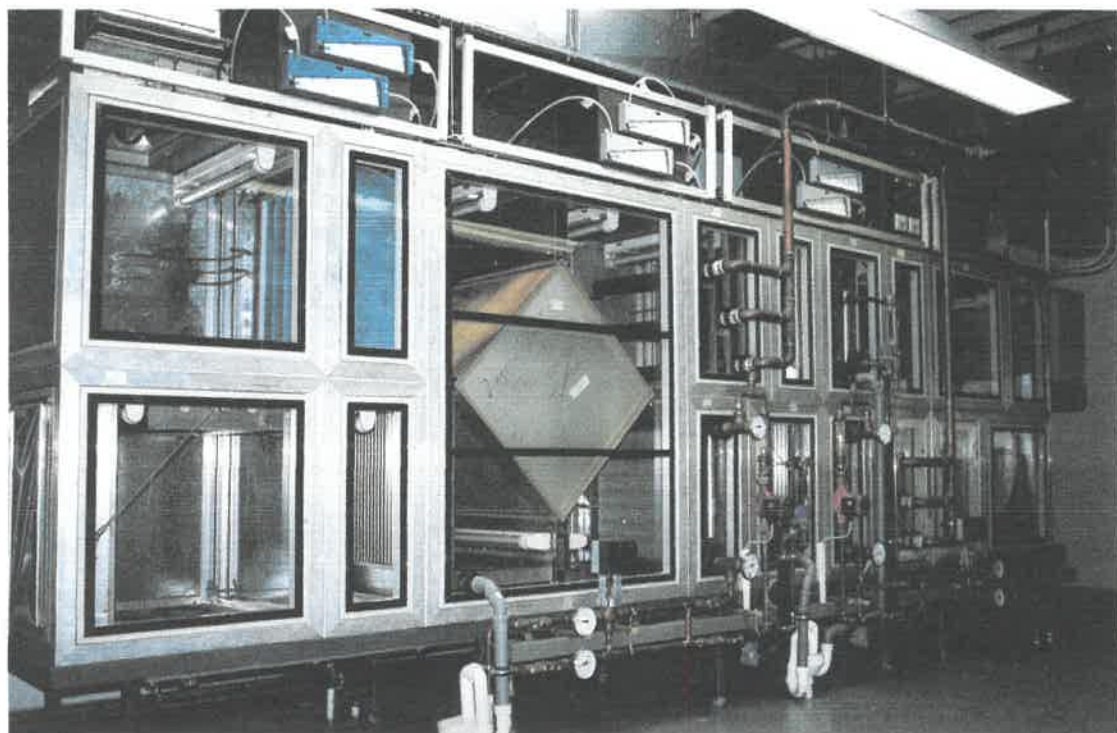




Manfred Kamrath GmbH  
Henschelring 6, 85551 Kirchheim b. München  
Telefon: 0 89 / 90 00 59-0, Telefax: 0 89 / 90 00 59-59  
E-Mail: Kamrath.Gebaeude-Service@T-online.de  
Internet: www.kamrath.de

## Demo- und Schulungseinrichtung

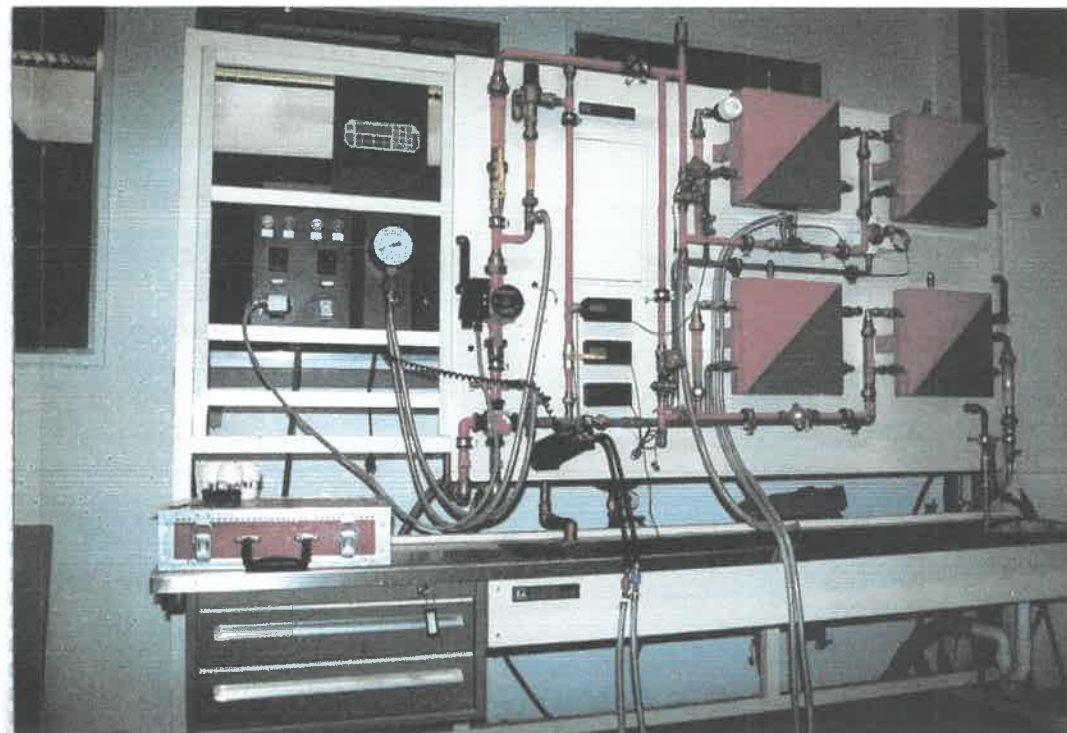
- Klimaanlage -



Manfred Kamrath GmbH  
Henschelring 6, 85551 Kirchheim b. München  
Telefon: 0 89 / 90 00 59-0, Telefax: 0 89 / 90 00 59-59  
E-Mail: Kamrath.Gebaeude-Service@T-online.de  
Internet: www.kamrath.de

## Demo- und Schulungseinrichtung

- Heizungsanlage -



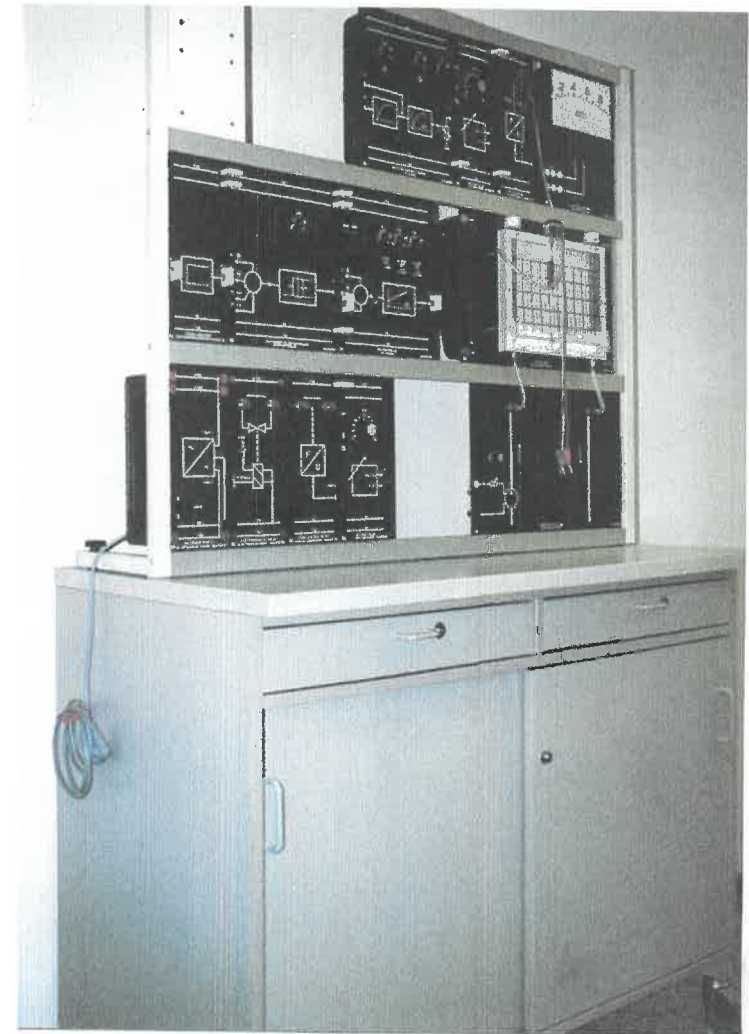
## Gebäudeleittechnik in unserem Unternehmen

für unsere Kunden bzw. deren technischen  
Anlagen



## Schulungseinrichtung für

Proportional  
Proportional, Integral und  
Proportional, Integral, Differenzial-Regelung





Manfred Kamrath GmbH  
Henselring 6, 85551 Kirchheim b. München  
Telefon: 0 89 / 90 00 59-0, Telefax: 0 89 / 90 00 59-59  
E-Mail: Kamrath.Gebaeude-Service@T-online.de  
Internet: www.kamrath.de

## Schulungsraum I

Theoretische Ausbildung im "Kleinen Kreis!"  
von Mitarbeitern

sowie

Unternehmenspräsentation gegenüber unseren  
Kunden!

Manfred Kamrath GmbH  
Henselring 6, 85551 Kirchheim b. München  
Telefon: 0 89 / 90 00 59-0, Telefax: 0 89 / 90 00 59-59  
E-Mail: Kamrath.Gebaeude-Service@T-online.de  
Internet: www.kamrath.de

Demo- und Schulungseinrichtung  
(Meß-, Steuer- und Regelanlage)

- Lehrwerkstätte vom Elektrolehrling -  
bis zum Service-Techniker



Manfred Kamrath GmbH  
Henschelring 6, 85551 Kirchheim b. München  
Telefon: 0 89 90 00 59-0, Telefax: 0 89 / 90 00 59-59  
E-Mail: [Kamrath.Gebaeude-Service@T-online.de](mailto:Kamrath.Gebaeude-Service@T-online.de)  
Internet: [www.kamrath.de](http://www.kamrath.de)

## **Ausbildung von Lehrlingen in unseren Schulungsräumen**



## **Kapitel 1: Hydraulische- und strömungstechnische Grundlagen in der Heizungstechnik**

### **Teil 1.) Was ist Hydraulik.**

1.1.) Strömungstechnik, Druckverhältnisse und Strömungsgeschwindigkeit

1.2.) Anlagenarten: Speicheranlage,- Druckerhöhungsanlage- und Hebeanlage.

## Hydraulische Anlagen

### Was ist Hydraulik?

Hydros = Wasser

Hydraulik = Wasserkreislauf

System = Pumpe + Anlage

Strömung = Geschwindigkeit + Druck

Reibung = Druckverlust oder Widerstand  
verringert den Druck, die Geschwindigkeit bleibt gleich  
Massenstromerhaltung = Konstant  
Geschwindigkeit wird nicht langsamer!



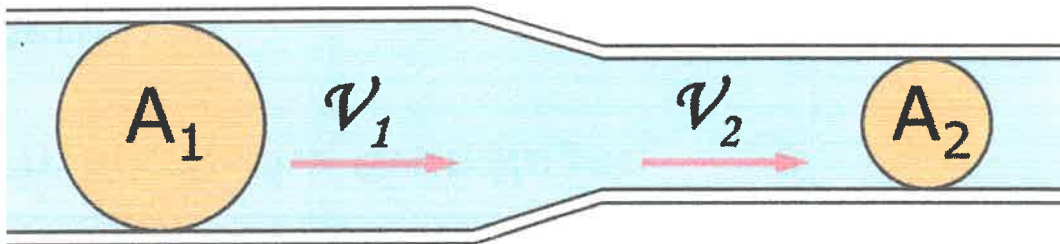
# Physikalische Grundlagen

## Strömungstechnik

Durchflussgleichung oder  
Kontinuitätsgesetz

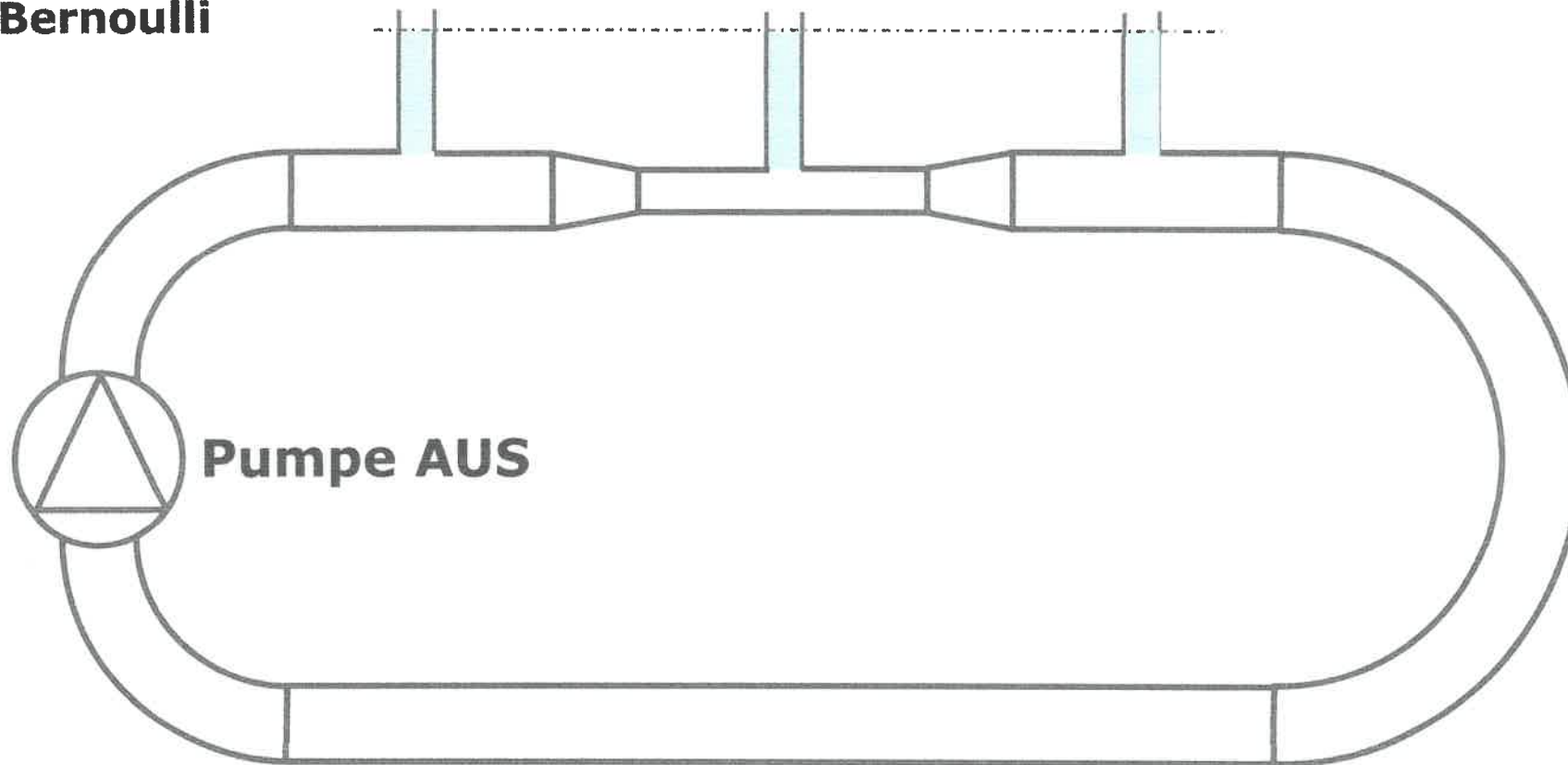
$$\dot{V} = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$
$$\dot{V} = \text{Konstant}$$

$\dot{V}$  = Rohrquerschnitt in m<sup>3</sup>/h  
 $v$  = Strömungsgeschwindigkeit in m/s  
 $A$  = lichter Querschnitt in m<sup>2</sup>



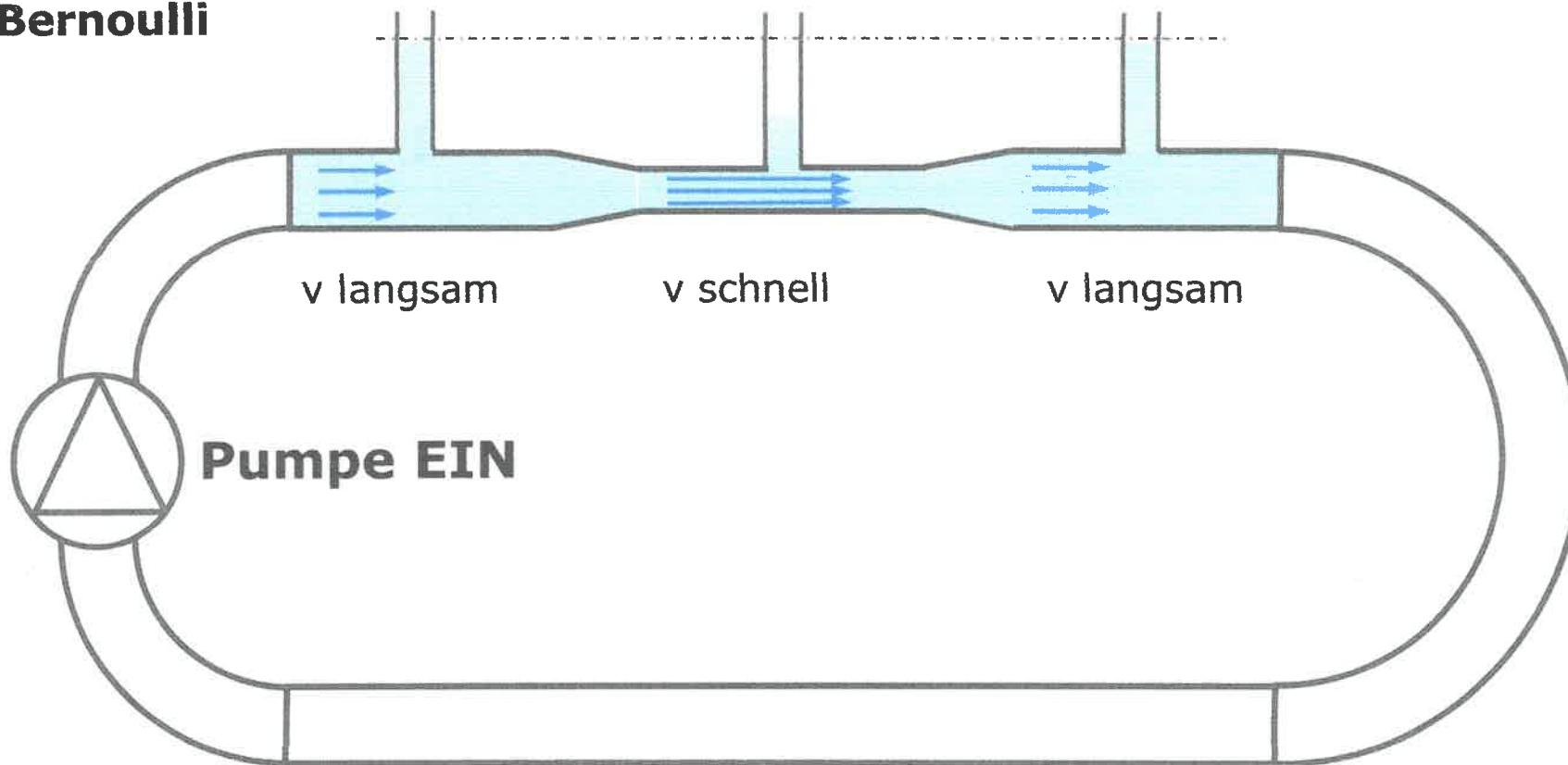
# Physikalische Grundlagen

## Bernoulli



# Physikalische Grundlagen

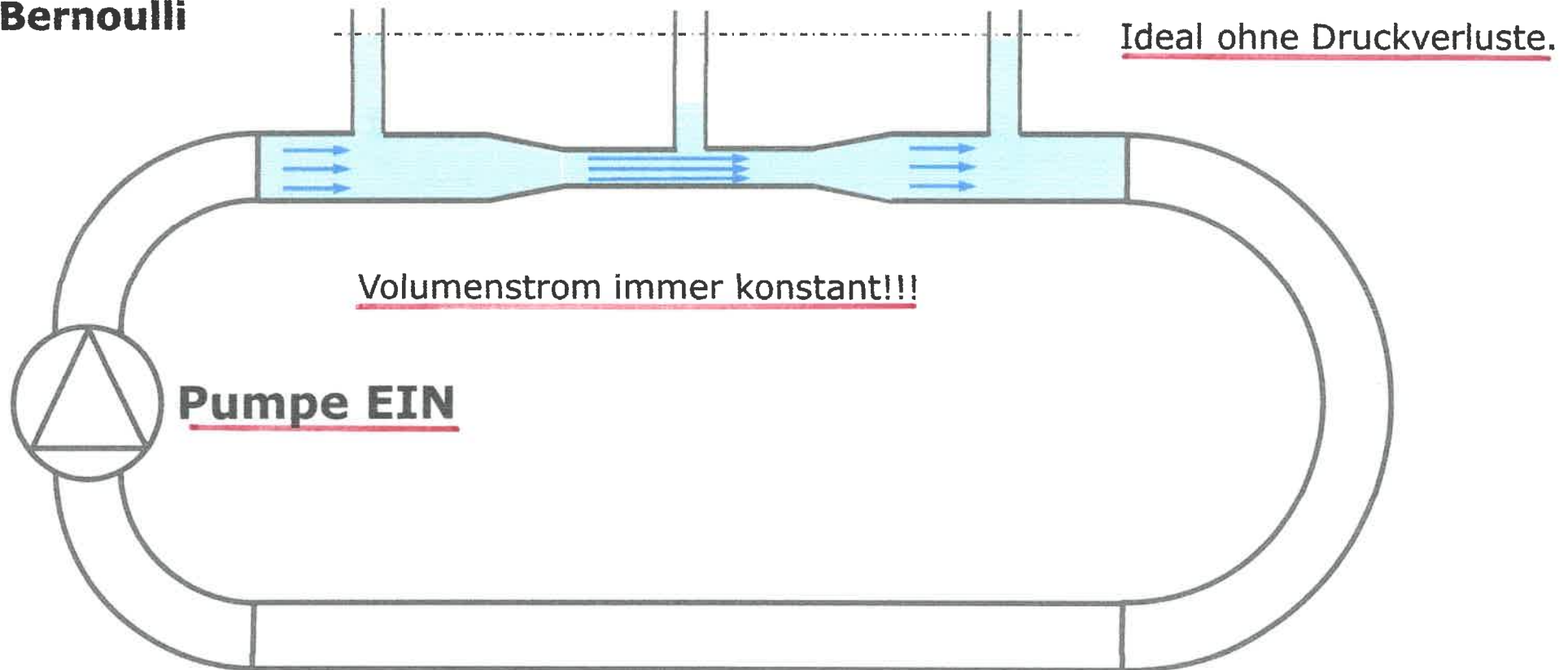
## Bernoulli





## Physikalische Grundlagen

### Bernoulli



## Physikalische Grundlagen

### Bernoulli

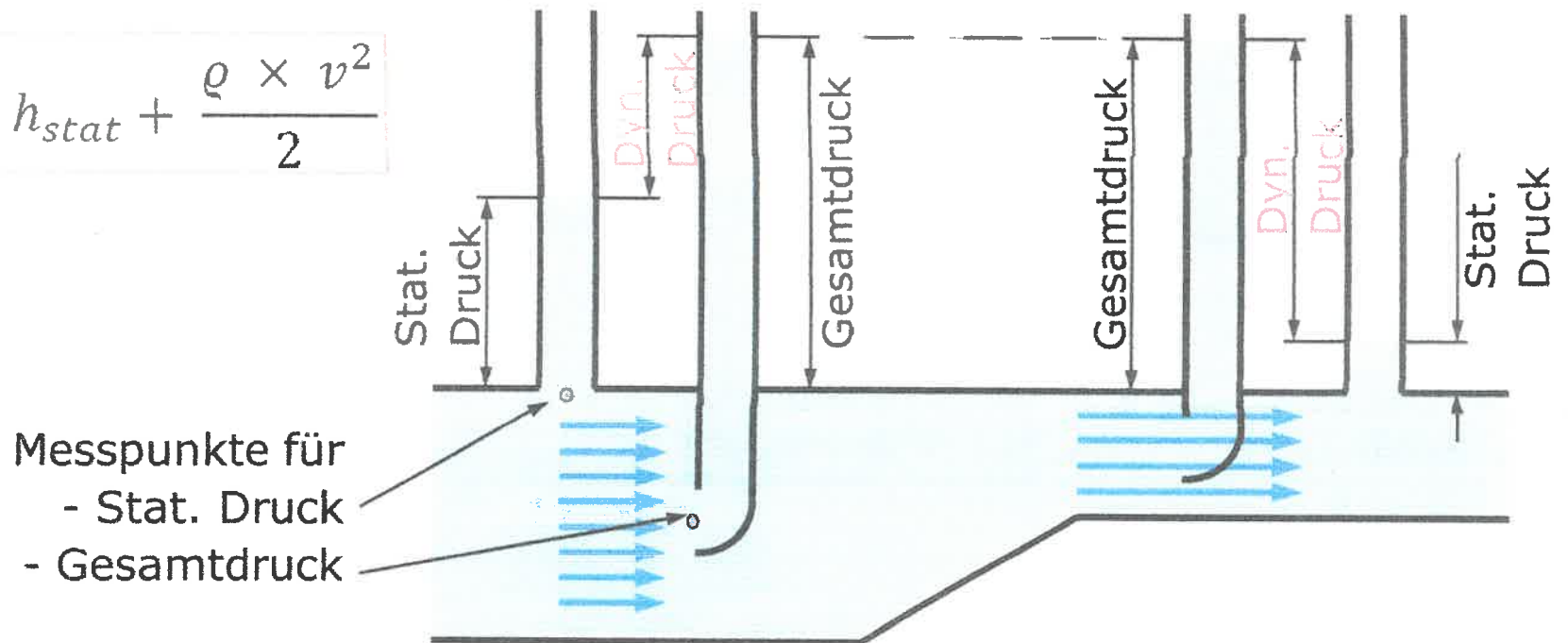


## Physikalische Grundlagen

### Druckverhältnisse und Strömungsgeschwindigkeit

Statischer und dynamischer Druckanteil in einer Strömung

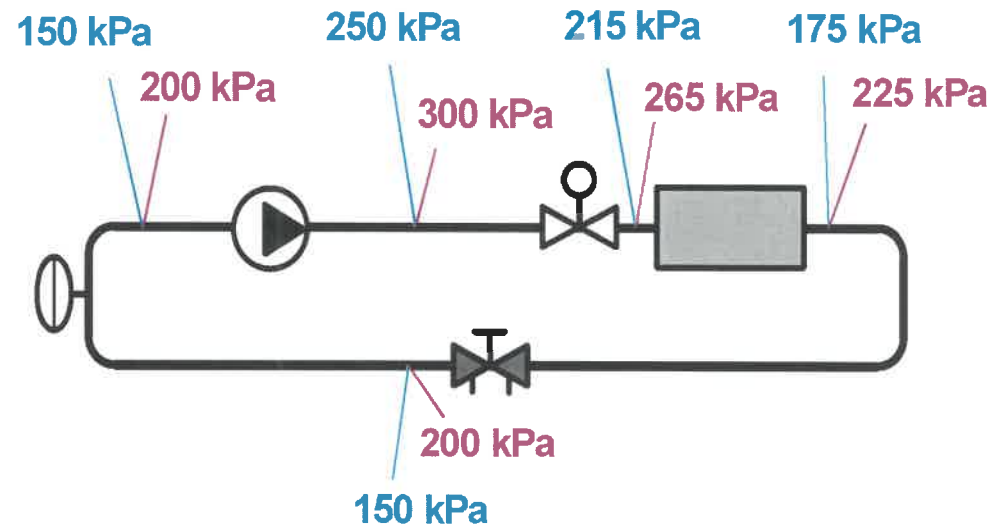
$$p_{ges} = \rho \times g \times h_{stat} + \frac{\rho \times v^2}{2}$$





## Der Differenzdruck

*Der Differenzdruck ist der Unterschied des statischen Druckes zwischen zwei Punkten*

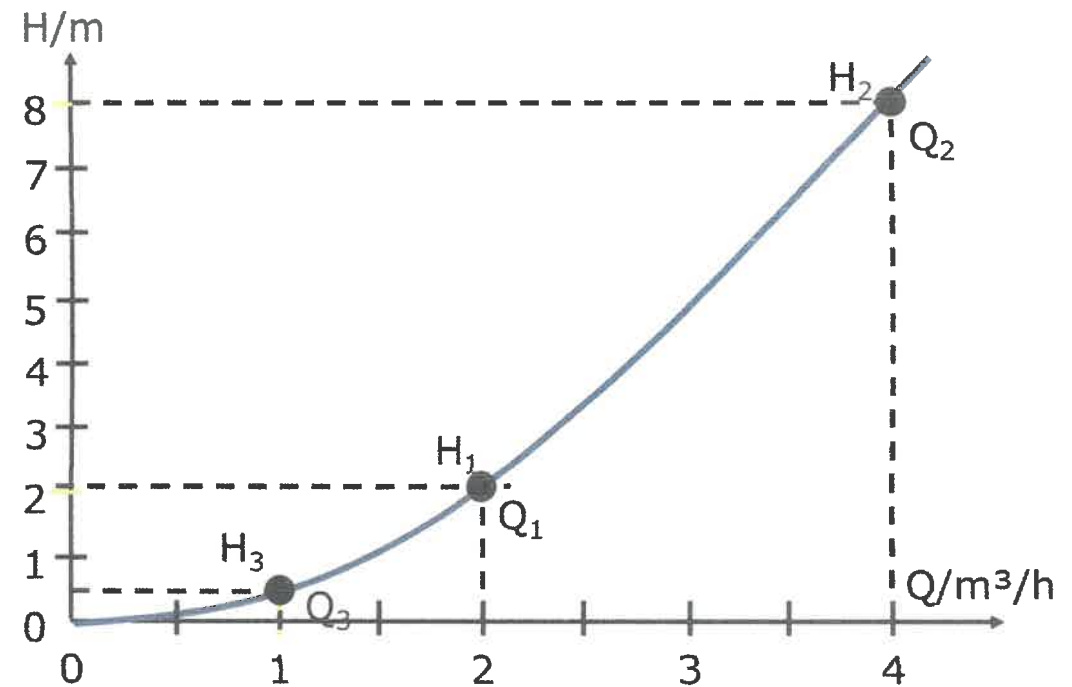
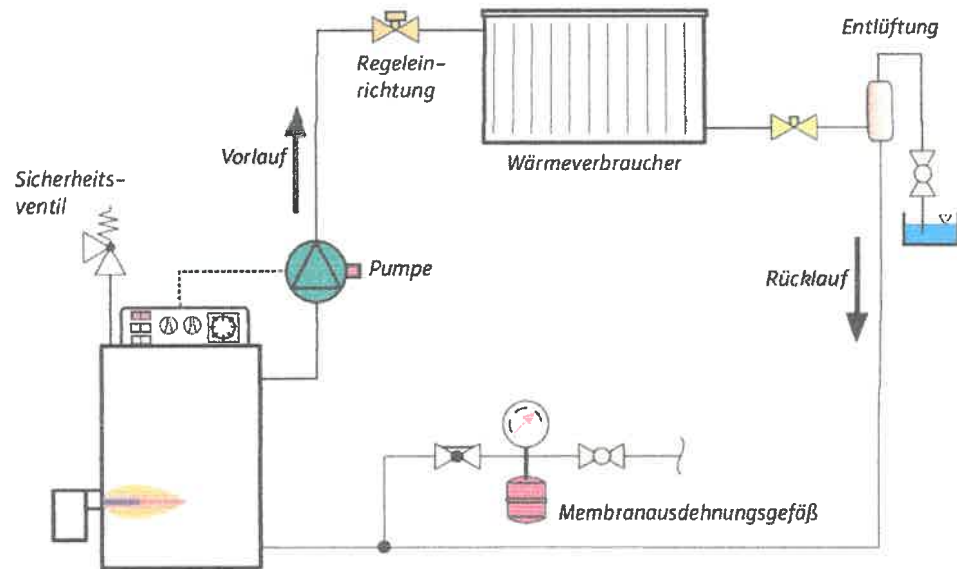


- In hydraulischen Kreisen ist ausschließlich der Differenzdruck wichtig.
- Der Durchfluss durch einen Kreis hängt nur vom Differenzdruck ab.
- Pumpen erhöhen den Druck, alle anderen Bauteile vermindern den Druck.

# Hydraulische Anlagen

## Umwälzanlage – Heiz-/Kühlsystem

### Geschlossenes Heizungssystem



# Physikalische Grundlagen

## Strömungstechnik

Die Dimensionierung von Rohrquerschnitten bestimmt die Strömungsgeschwindigkeit des Fördermediums im Rohrnetz.

Nachfolgend angeführte Werte sollten nicht überschritten werden:

### In Gebäudeinstallationen

HK-Anbindung, FBH, TWZ	0,3 bis 0,5
Verteilleitung	0,5 bis 1,0
Bis Rp 1¼ bzw. DN 32	bis 1,2
DN 40 und DN 50	bis 1,5
DN 65 und DN 80	bis 1,8
DN 80 und größer	bis 2,0
In Fernheizanlagen	2,5 bis max. 3,5
Trinkwasser und Trinkwarmwasser	1,0 bis 2,0

### Freispiegelentwässerung

Waagerechte Rohrleitung	$v_{\min} = 0,7$ bis 1,0
Senkrechte Rohrleitung	$v_{\min} = 1,0$ bis 1,5
Dükerleitung	$v_{\min} = 2,0$ bis 3,0



**Druckverhältnisse: 1 MPa = 10 bar = 1000 kPa; 1 bar = 100 kPa = 1000 mbar; 10 kPa = 100 mbar;**

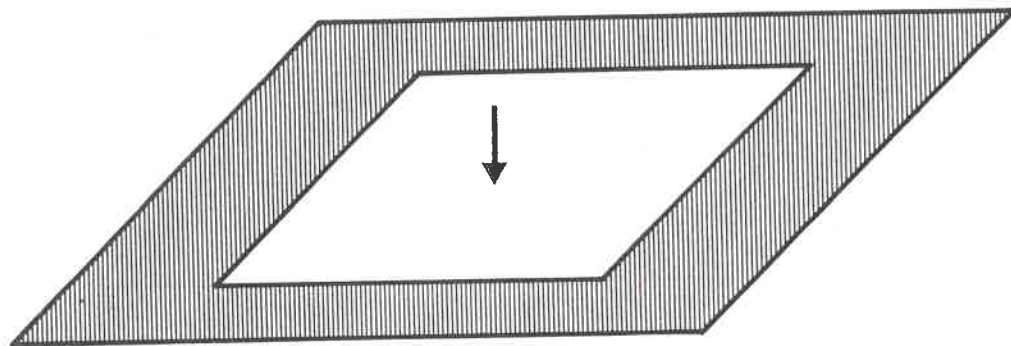
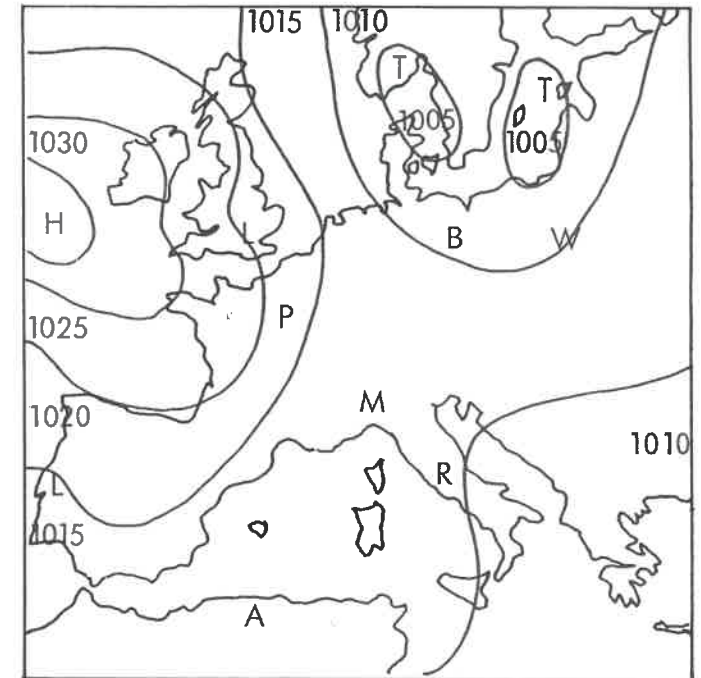
	$\text{N/m}^2$ = Pa	bar	mbar = hPa	$\mu\text{bar}$	mm WS	$\text{kp/cm}^2$ = at	Torr	atm
1 $\text{N/m}^2$ = 1 Pa	1	0,00001	0,01	10	0,102	0,0000102	0,0075	0,00000987
1 bar	100.000	1	1.000	1.000.000	10.200	1,02	750	0,987
1 mbar = hPa	100	0,001	1	1.000	10,2	0,00102	0,75	0,000987
1 $\mu\text{bar}$	0,1	0,000001	0,001	1	0,0102	0,00000102	0,00075	0,000000987
1 mm WS	9,81	0,0000981	0,0981	98,1	1	0,0001	0,07355	0,0000968
1 $\text{kg/cm}^2$ = 1 at	98.100	0,981	981	981.000	10.000	1	735,5	0,968
1 Torr	133,3	0,001333	1,333	1.333	13,6	0,00136	1	0,00132
1 atm	101.300	1,013	1.013	1.013.000	10.330	1,033	760	1

In Wetterkarten wird der Luftdruck *in mbar* angegeben.

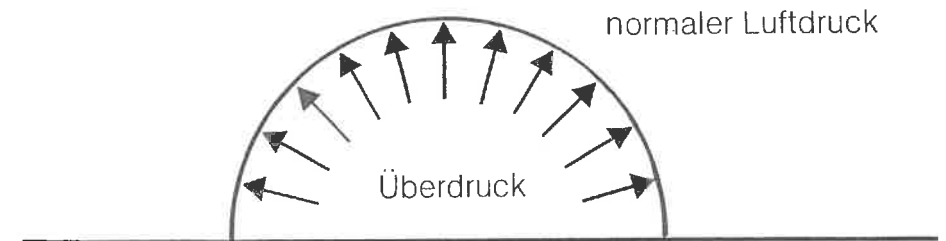
Linien mit gleichem Luftdruck sind Isobaren

Hoher Luftdruck bedeutet allgemein gutes Wetter  
= Hoch

Niedriger Luftdruck bedeutet allgemein schlechtes Wetter  
= Tief.



Der Druck, den ein  $\text{m}^2$  Papier von  $100 \text{ g/m}^2$  Gewicht auf die Unterlage ausübt, entspricht in etwa  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ .



Tragfluthallen werden durch den Überdruck im Halleninneren getragen. Es genügt ein sehr geringer, nicht fühlbarer Überdruck. Die Druckdifferenz zwischen außen und innen ist geringer als die Luftdruckdifferenz zwischen Erdgeschoß und Obergeschoß eines Hochhauses.

MM

## **Kapitel 1: Hydraulische- und strömungstechnische Grundlagen in der Heizungstechnik**

### **Teil 2.) Rohrnetzarten.**

2.1.) Geschlossene 2-Rohrheizung.

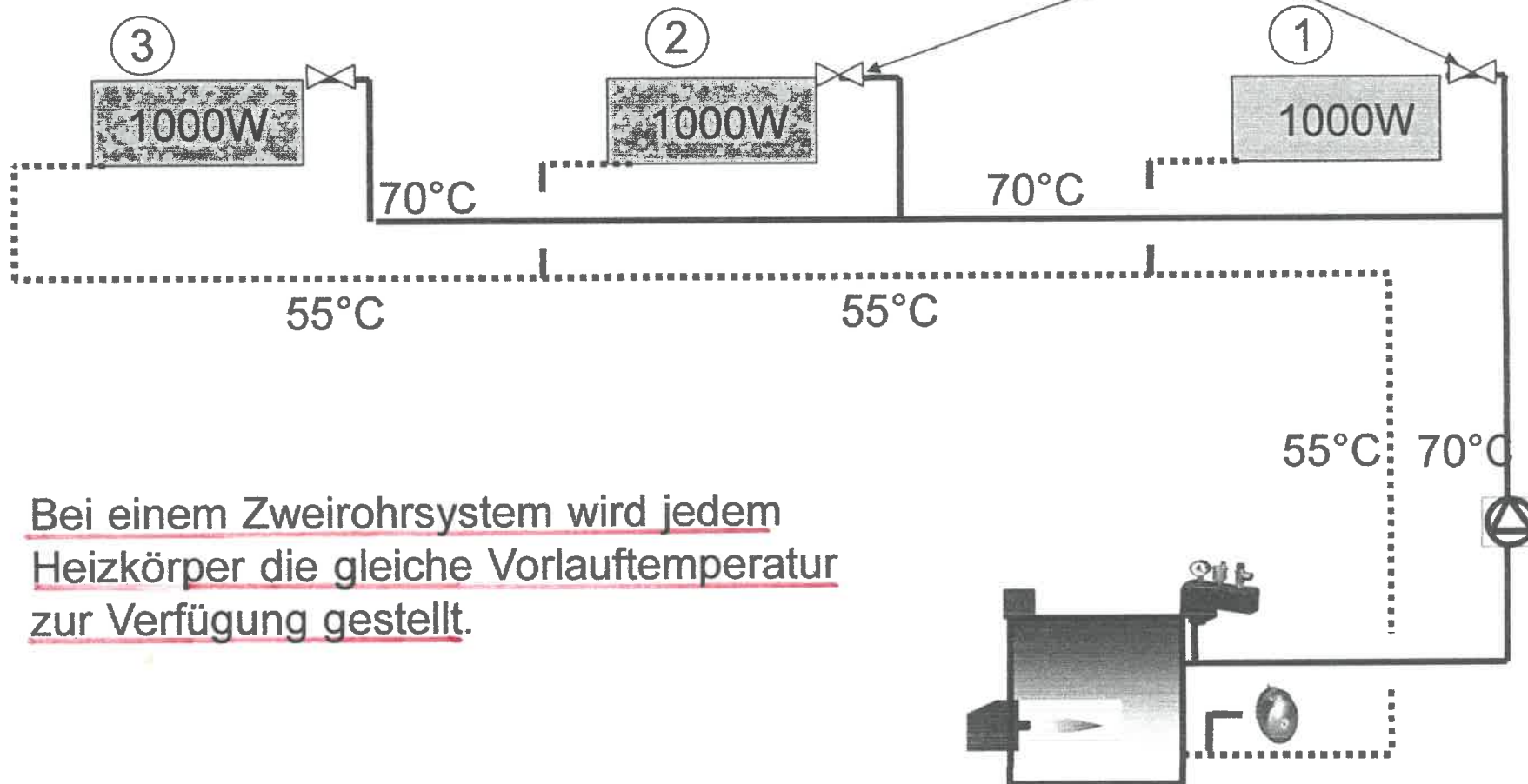
2.2.) Rohrnetz in Tichelmann.

2.3.) Schematische Darstellung von Einrohrheizungen. (Siehe auch Teil 11)

# Komponenten einer Heizungsanlage

## Zweirohrsystem

Volumenstrom abdrosseln

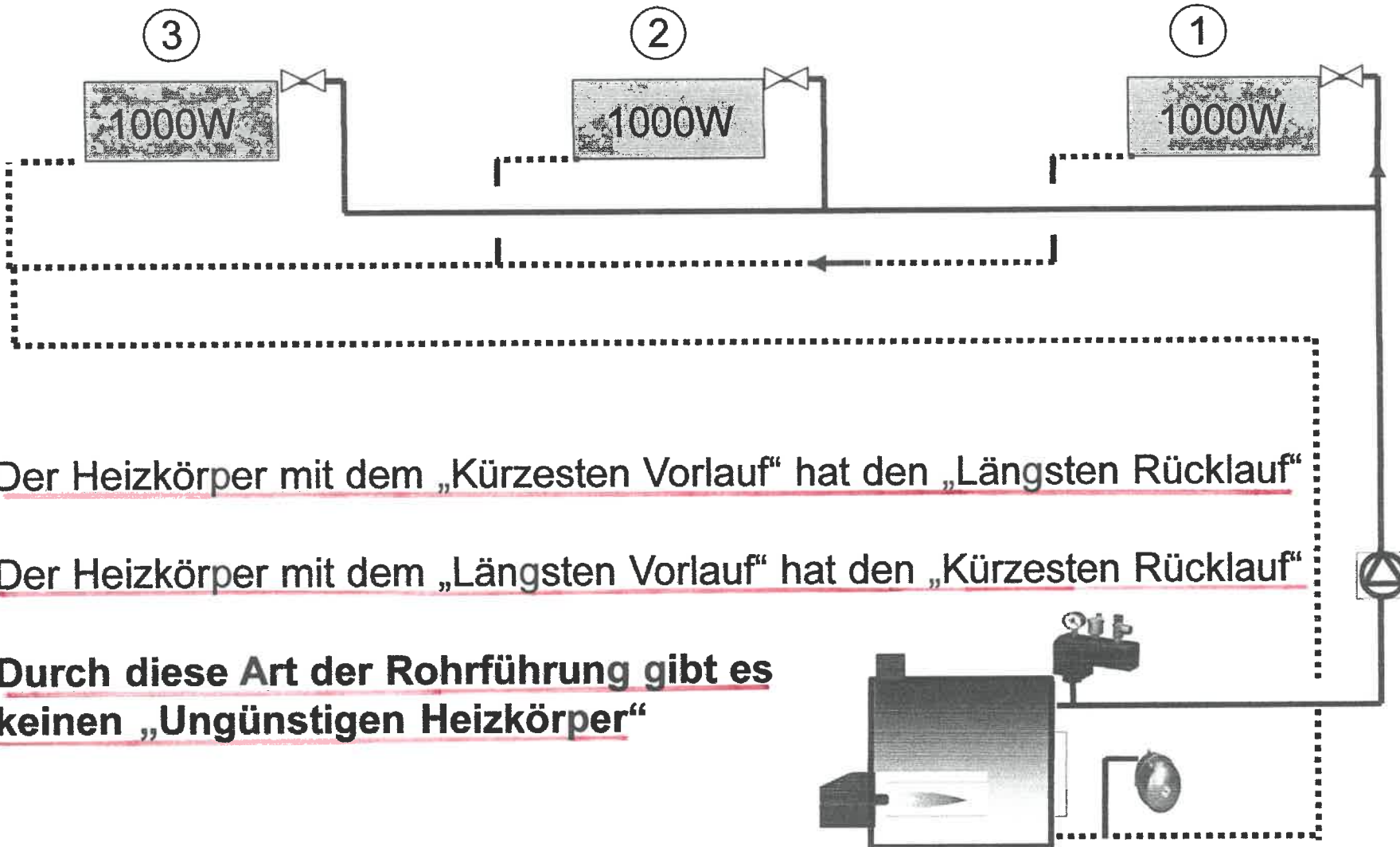


Bei einem Zweirohrsystem wird jedem Heizkörper die gleiche Vorlauftemperatur zur Verfügung gestellt.



# Komponenten einer Heizungsanlage

## Tichelmannsystem



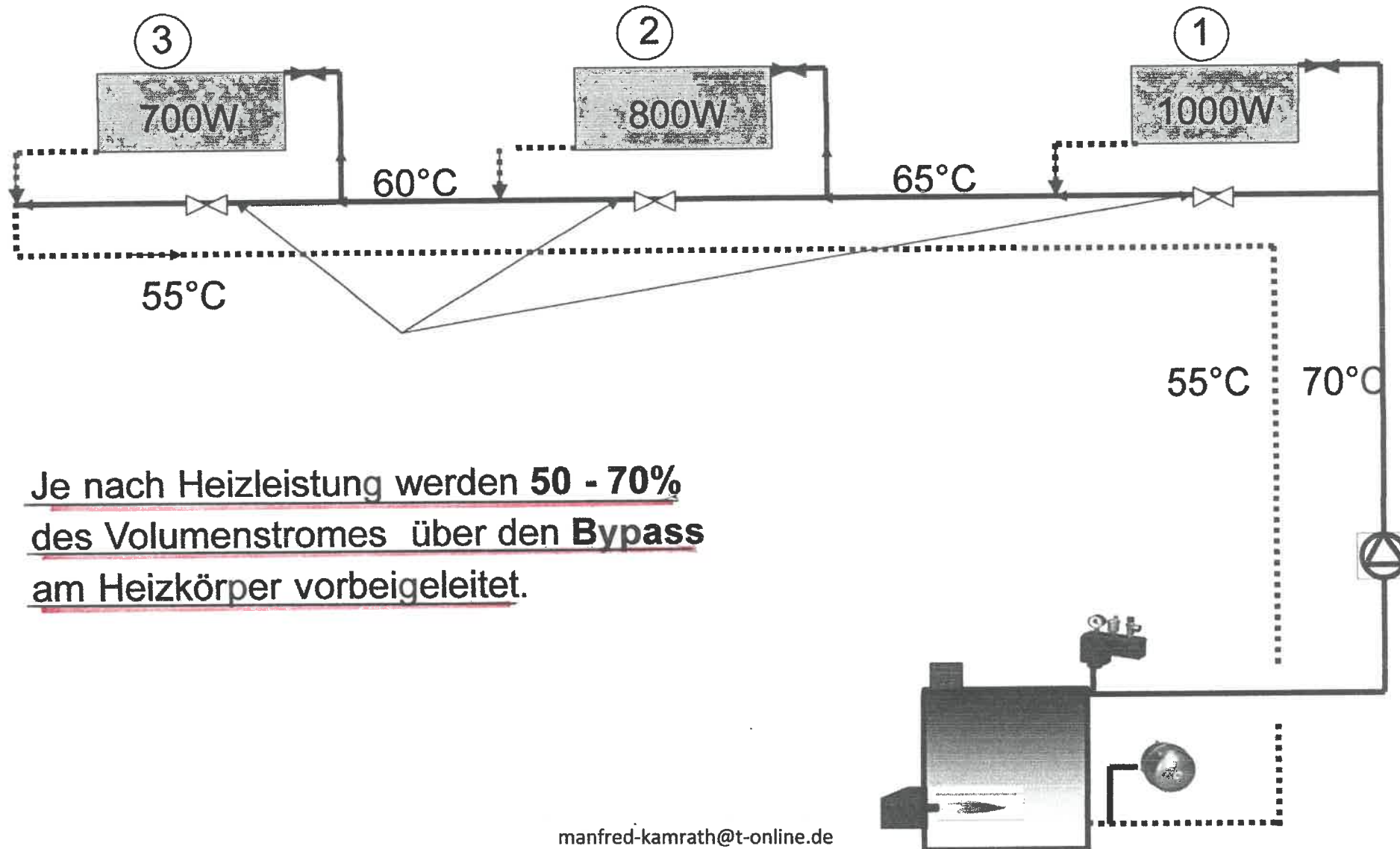
Der Heizkörper mit dem „Kürzesten Vorlauf“ hat den „Längsten Rücklauf“

Der Heizkörper mit dem „Längsten Vorlauf“ hat den „Kürzesten Rücklauf“

Durch diese Art der Rohrführung gibt es keinen „Ungünstigen Heizkörper“

# Komponenten einer Heizungsanlage

## Einrohrsystem



## **Kapitel 2: Ausfall von Heizungsanlagen.**

### **Teil 3.) Durch Schmutz,- Luft,- Kalk,- Korrosion und fehlendem Wasser bzw. Druck.**

- 3.1.) Problemlösungen durch das Reinigen der Schmutzfänger, Armaturen, Wärmeübertrager etc.
- 3.2.) Mechanische Tätigkeiten wie Entlüften der Anlage, Prüfung der Druckhaltung ggf. Stickstoff und/oder fehlendes Wasser in die Heizung nachfüllen, Prüfung der Wasseraufbereitungsanlage, etc.
- 3.3.) Automatische Druckhaltung über einen Kompressor oder einer Pumpe sowie der Entgasung und Nachfüllstation.



# Pumpenausfälle in Heizungsanlagen

**Rückmeldungen aus der Wilo-Qualitätsanalyse**



# Kalkausfällung

- Schadensart:

- Rotor blockiert
- Wicklung ist heiß geworden

- Schadensursache:

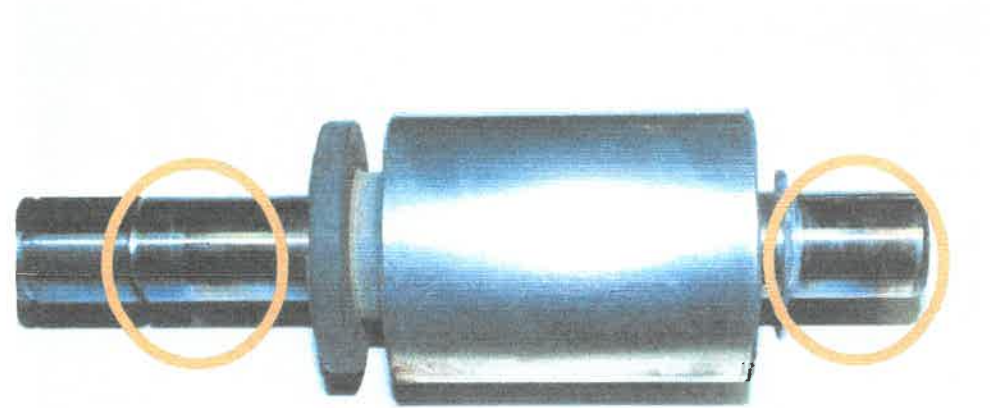
- Systembedingte Steinbildung (Kalkausfällungen) verursachten ein Blockieren des Rotors im Spalttopf und im Radiallager.
- Die Ursache ist entweder eine zu hohe Karbonathärte des Füllwassers oder ein zu hoher Frischwasseranteil in System(VDI 2035 Blatt 1)





# Trockenlauf

- Schadensart:
  - Rotorwelle beidseitig angelaufen
- Schadensursache:
  - Der starke Blaulauf der Rotorwelle deutet auf Reibungstemperaturen von über 240°C durch eine nicht ausreichende Durchspülung der Pumpe hin.



# Korrosion

- Schadensart:
  - Starke Geräusche
- Schadensursache:
  - Korrosionsprodukte aus dem System, die durch ständigen Sauerstoffeintritt entstanden sind, verursachten einen Lagerschaden und eine thermische Überlastung der Motorwicklung verursachte.



## Fremdkörper

- Schadensart:
  - Fremdkörper sitzen im Laufrad
  - Lagerschaden
  - Motorwicklung überlastet
- Schadensursache:
  - Fremdkörper sowie Korrosionsprodukte aus dem System, die durch **ständigen Sauerstoffeintritt** entstanden sind, verursachten einen Lagerschaden.

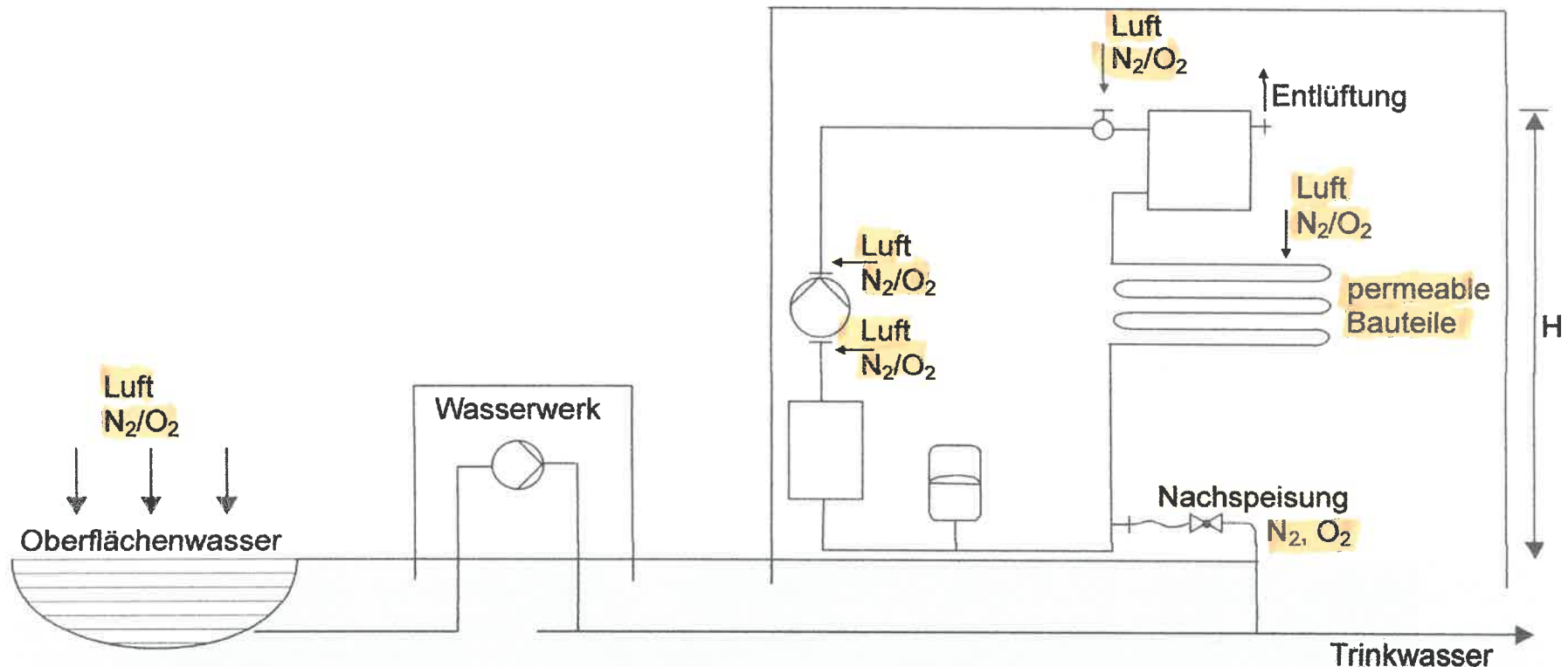




# Entlüftung und Druckhaltung

**Wilo-Brain Tipps und Tricks**

## Wie gelangen Gase in geschlossene Flüssigkeitskreisläufe?



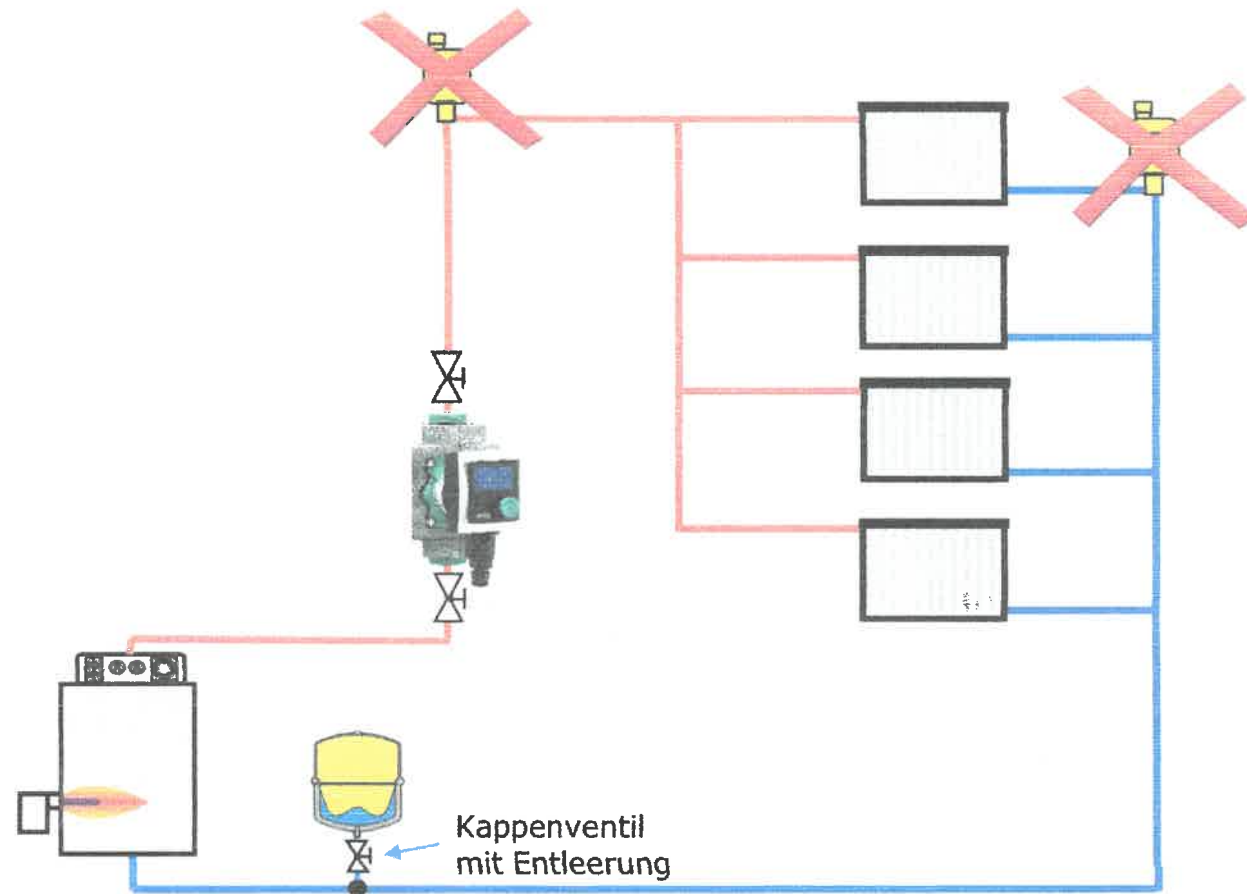
### Lufthaushalt einer Heizungsanlage

#### „Einziehen“ von Luft bei nicht funktionierender Druckhaltung

Nicht selten wird Luft direkt durch Unterschreitung des Mindestbetriebsdruckes ins Anlagensystem „eingesogen“. Deshalb ist bei Luftproblemen stets zuerst die exakte Funktion und Einstellung der Druckhaltung zu überprüfen. Die neue VDI 2035 Bl. 2 nimmt zu diesem Thema ausführlich Stellung.



## Entlüftung von Heizungsanlagen



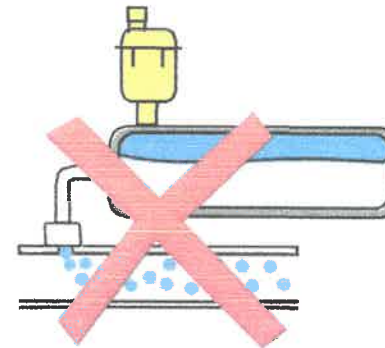
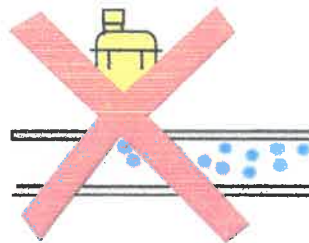
# Schnellentlüfter

## Hinweis

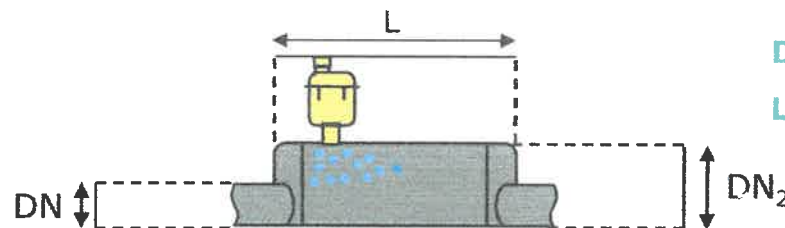
- Schnellentlüfter funktionieren nur an Luft-Sammelstellen bei richtigem Systemdruck und werden bei Unterdruck zu Schnellbelüftern

max. zulässige Strömungsgeschwindigkeit:  
0,5m/s in Heizleitungen in Räumen  
1m/s in Verteilungen z.B. im Keller

Fließrichtung



Wichtig!  
Keine Entlüftung bei  
Wassergeschwindigkeiten  
>0,1m/s



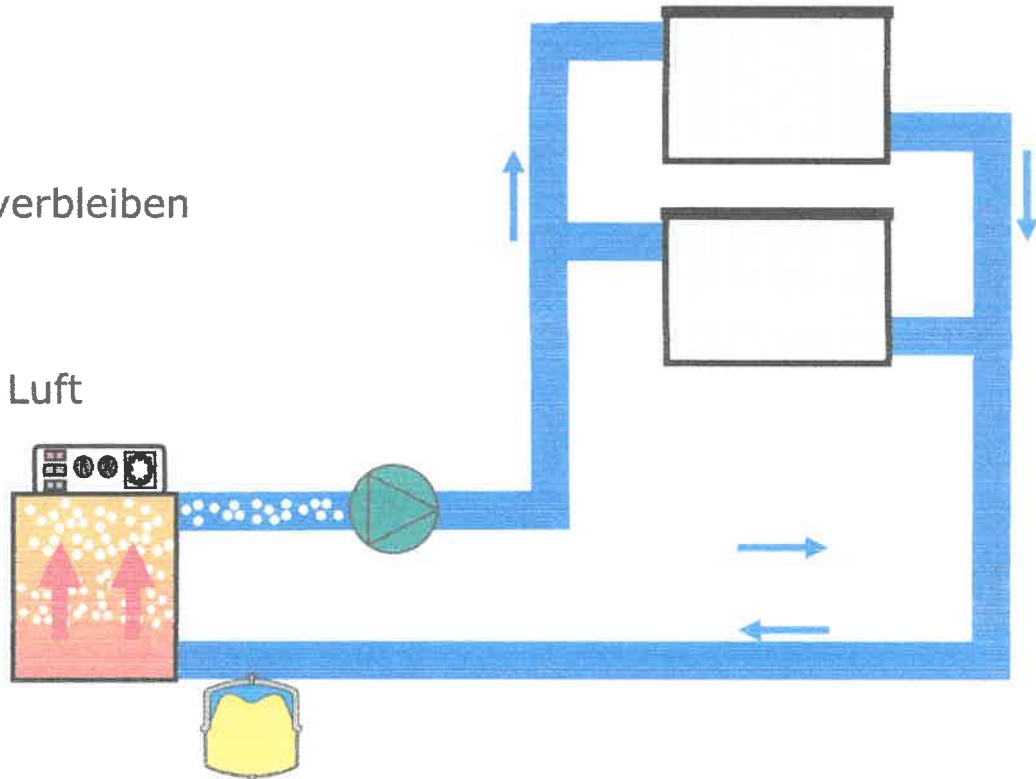
$$DN_2 = 3 \times DN$$

$$L = 9 \times DN$$

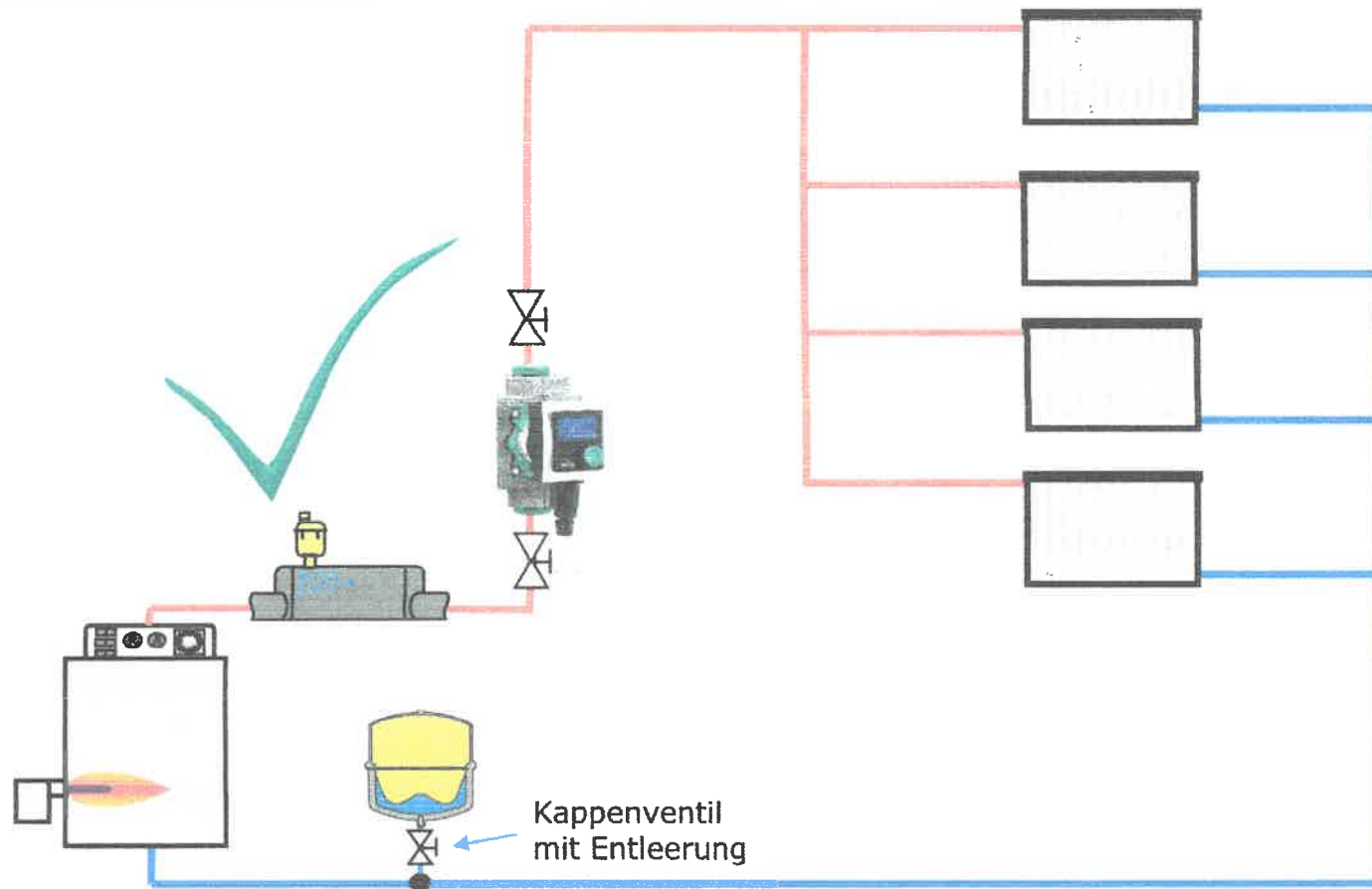


## Einbauort Mikroblasenabscheider

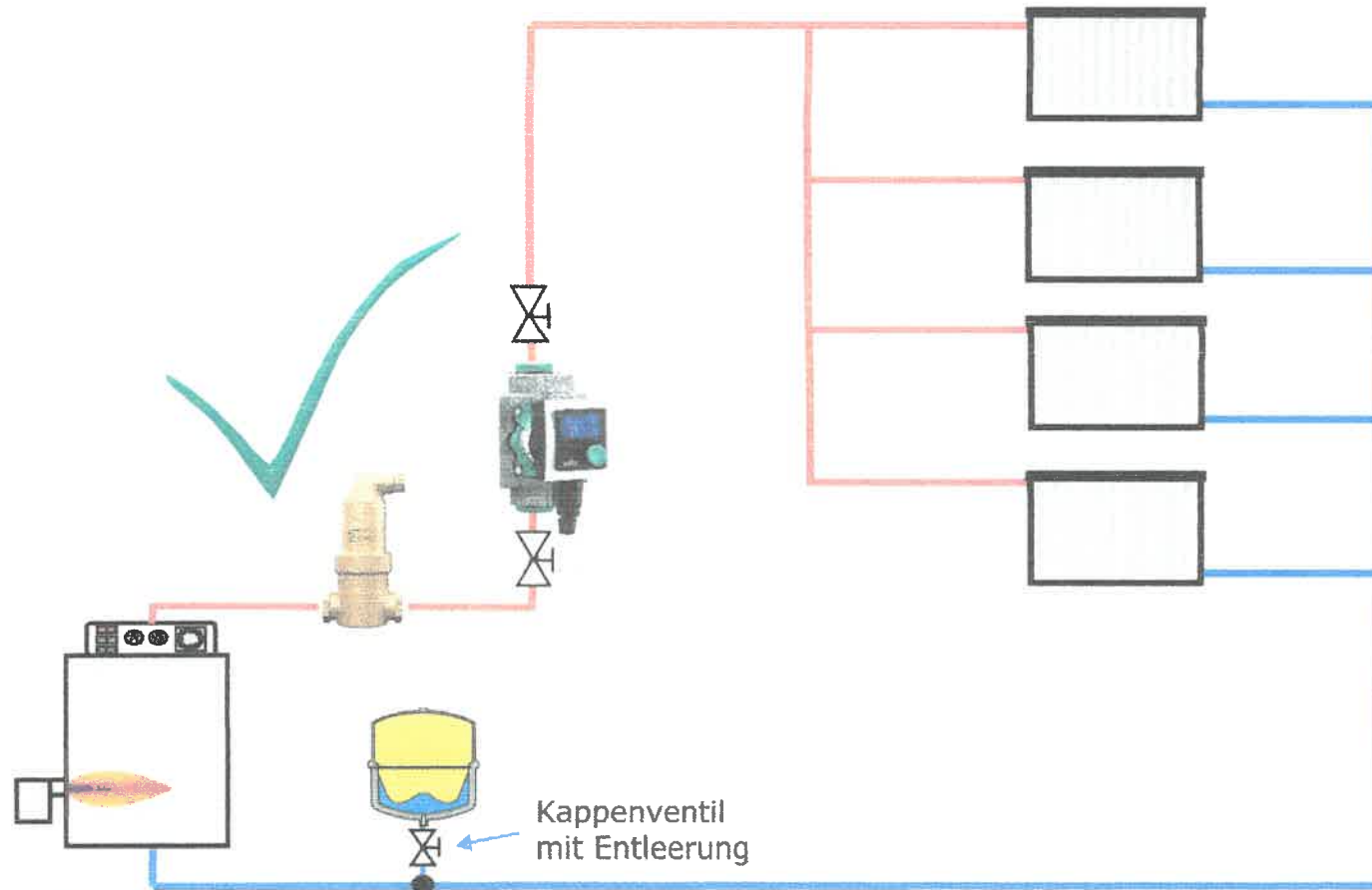
- Freie Luft und große Luftblasen
- Mikroblasen, je kleiner, um so stärker verbleiben Mikroblasen in der Strömung
- Unsichtbare im Anlagenwasser gelöste Luft



## Entlüftung von Heizungsanlagen



## Entlüftung von Heizungsanlagen





# Schwerkraftbremse

## Funktion

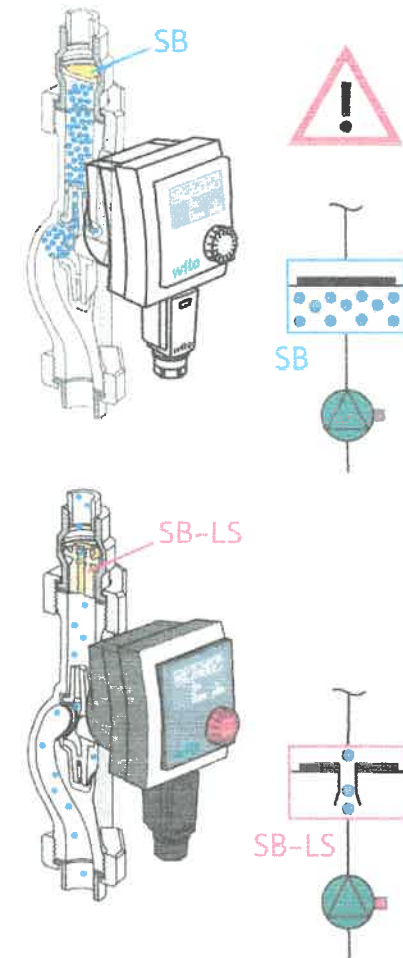
- Vermeidung der Schwerkraftzirkulation bei abgeschalteter Pumpe

## Hinweis

- Unter der Schwerkraftbremse (SB) ohne Luftschleuse sammelt sich Luft, das führt zu Heizungsstörungen und Pumpenausfall

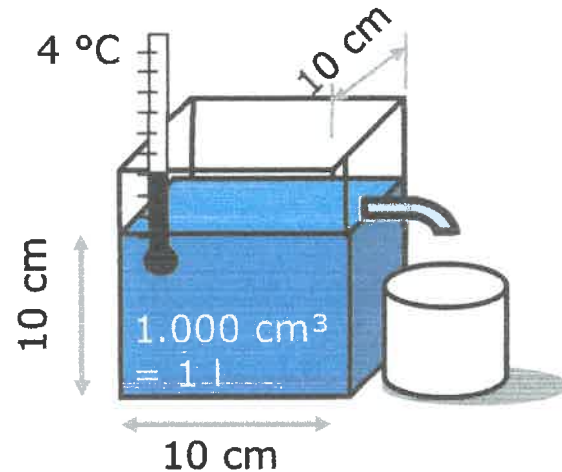
## Tipps und Tricks

- Die Schwerkraftbremse (SB-LS) mit Luftschleuse auf der Pumpen-Druckseite installieren und damit Luftansammlungen in der Umwälzpumpe vermeiden

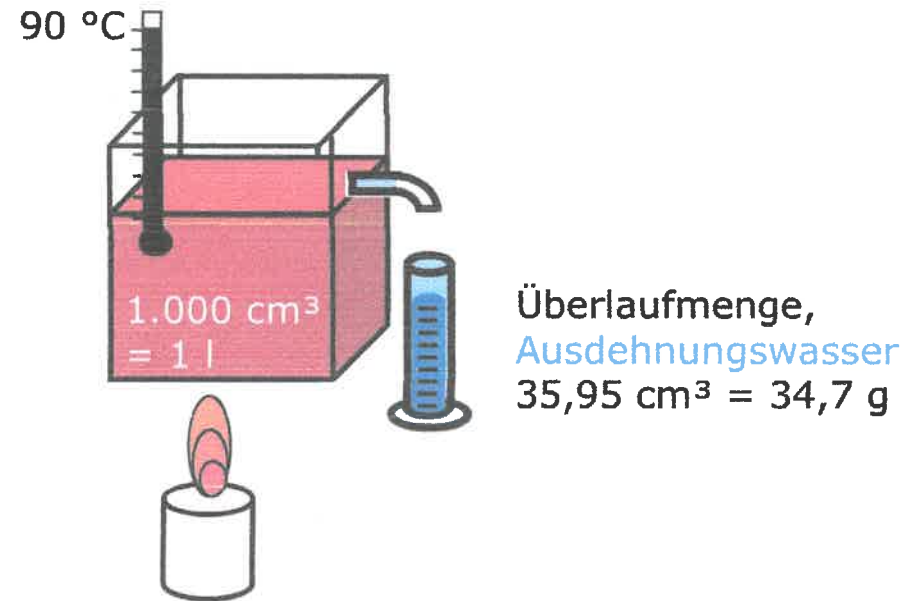


# Membranausdehnungsgefäß (MAG) und das Gesetz von Henry

**Wasserwürfel von  $1000 \text{ cm}^3$   
enthält bei  $4^\circ\text{C}$  = 1000 g**



**$1000 \text{ cm}^3$  Wasser  
von  $90^\circ\text{C}$  = 965,3 g**



## Aufgaben der Druckhaltesysteme

...fast am Anfang war das **MAG** (Membrandruckausdehnungsgefäß)

Man findet es in vielen Heiz- und Kühlanlagen.

Aber warum ?



## Druckhaltung: Bestimmung Gefäßgröße (MAG) überschläglich

Beispiel.

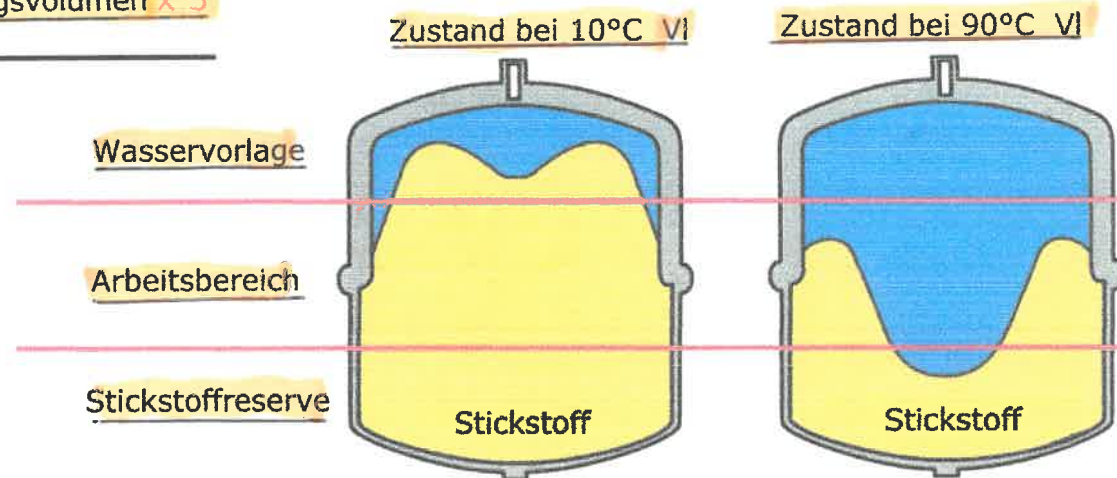
Heizungswasserinhalt: 300l

Ausdehnungsvolumen  
pro Liter: 0,035l

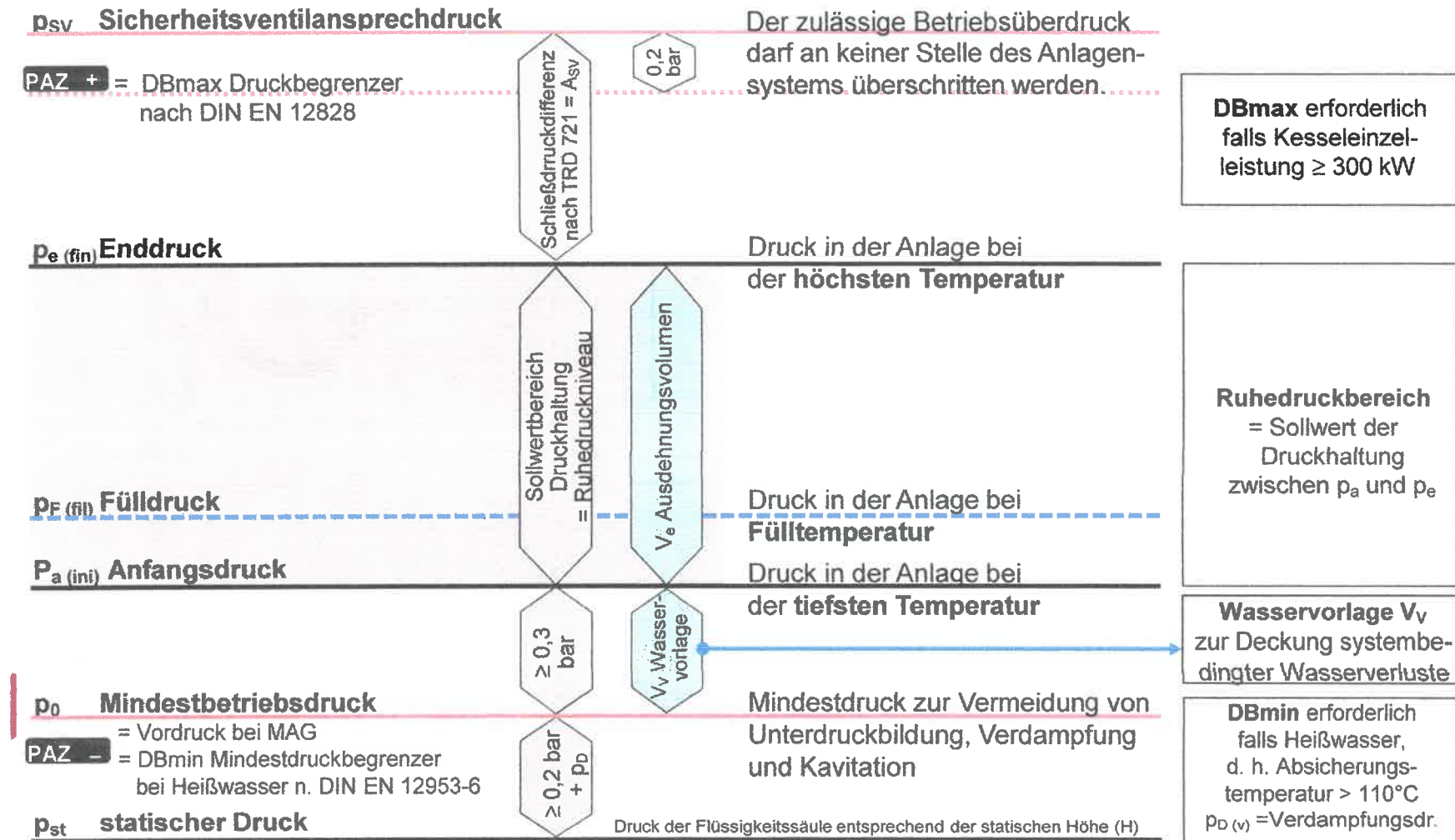
Ausdehnungsvolumen: 10,5l

Gefäßvolumen = Ausdehnungsvolumen  $\times 3$   
= 31,5l

Gefäß: 35l/x (Vordruck)

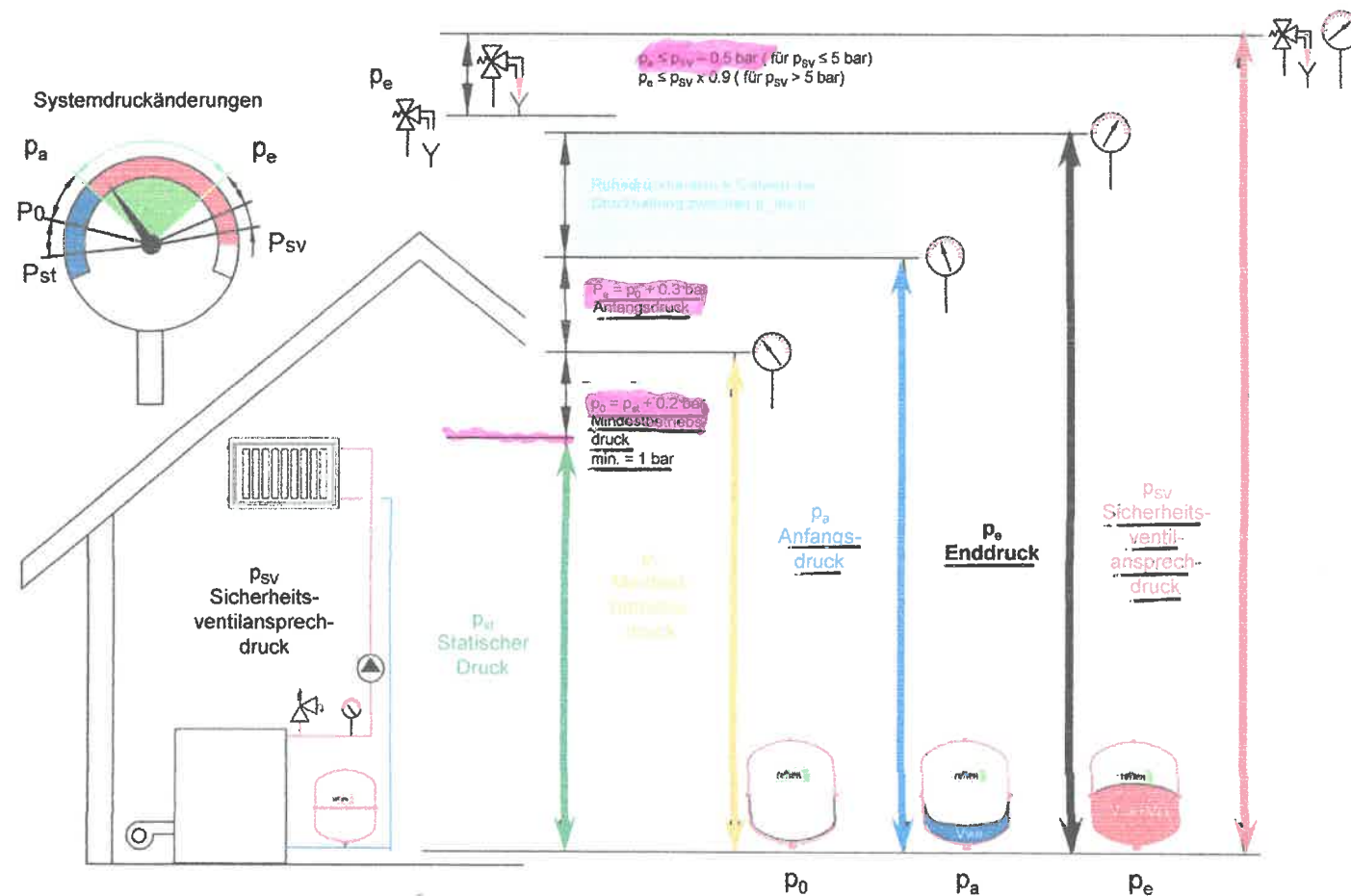


# Drücke in der Heizungsanlage

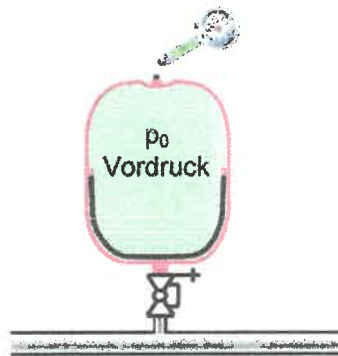




# Drücke in der Heizungsanlage



## 1 Vordruck einstellen



Der **Gasvordruck**  $p_0$  ist auf die örtlichen Verhältnisse abzustimmen und auf dem Typenschild einzutragen.

### Vordruck

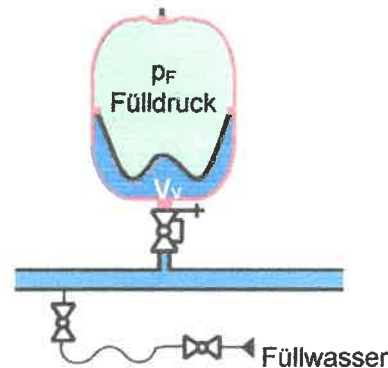
$p_0 \geq \text{statischer Druck}$

+ 0,2 bar

+ Verdampfungsdruck  
(bei  $t > 100^\circ\text{C}$ )

$p_0 \geq 1 \text{ bar}$  (Empfehlung)

## 2 Füllen

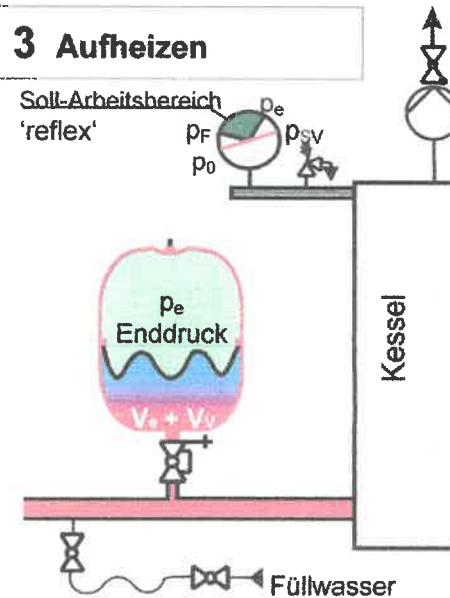


Die **Wasservorlage**  $V_v$  wird im kalten Zustand beim Füllen der Anlage eingebracht und über den Fülldruck  $p_F$  am wasserseitigen Anlagenmanometer nach der Entlüftung und Entgasung der Anlage im kalten Zustand kontrolliert.

### Fülldruck

$p_F \geq p_0 + 0,3 \text{ bar}$

## 3 Aufheizen



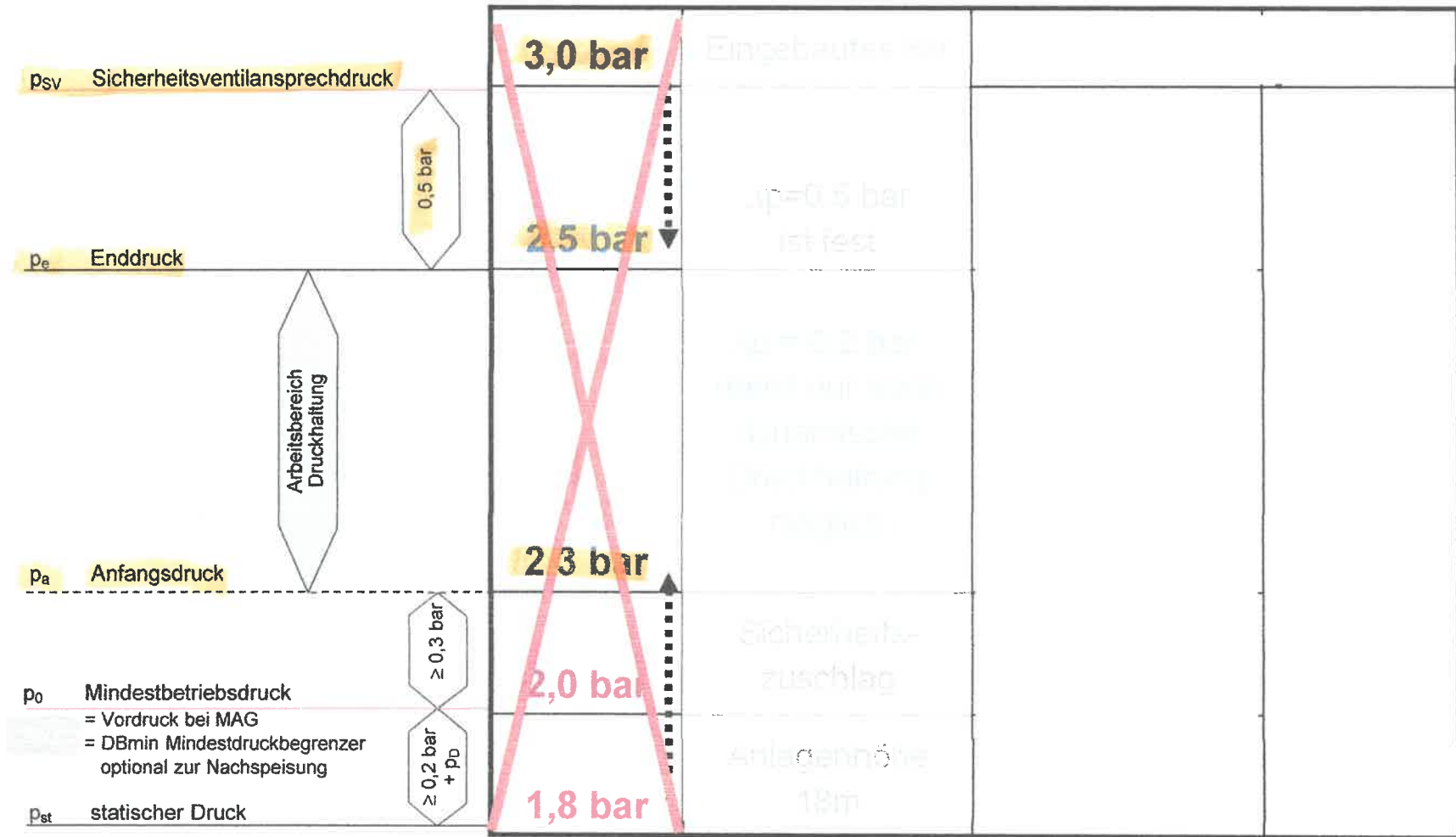
Bei max. Vorlauftemperatur wird die Anlage thermisch entgast. Die Umwälzpumpen sind auszuschalten und die Anlage zu entlüften. Danach wird Wasser bis auf den **Enddruck**  $p_e$  nachgespeist.

### Enddruck

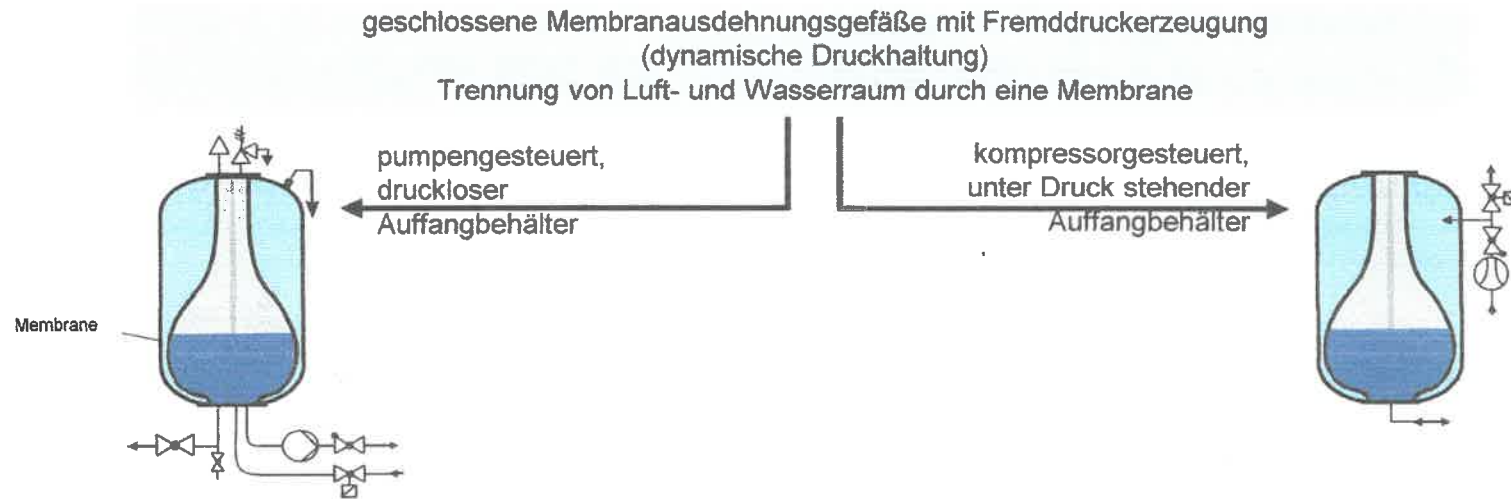
$p_e \leq p_{sv} - 0,5 \text{ bar}$ , für  $p_{sv} \leq 5 \text{ bar}$

$p_e \leq 0,9 \times p_{sv}$ , für  $p_{sv} > 5 \text{ bar}$

## Beispielrechnung



# Systemvergleich



Aufgrund des geringen Partialdruckgefälles zwischen Gas- und Wasserraum findet kaum eine Gasdiffusion über die Membrane statt. Der drucklose Auffangbehälter ist auch zur Entgasung geeignet!

Aufgrund des hohen Partialdruckes im Gasraum werden von einigen Herstellern spezielle, besonders diffusionsdichte Butyl-Membranen eingesetzt. Diese haben eine wesentlich geringere Gasdurchlässigkeit als die sonst überwiegend eingesetzten EPDM-Membranen.

---

## Gesetz von Henry\*

- Bei steigender Temperatur kann Wasser weniger Luft und bei zunehmendem Druck mehr Luft aufnehmen.

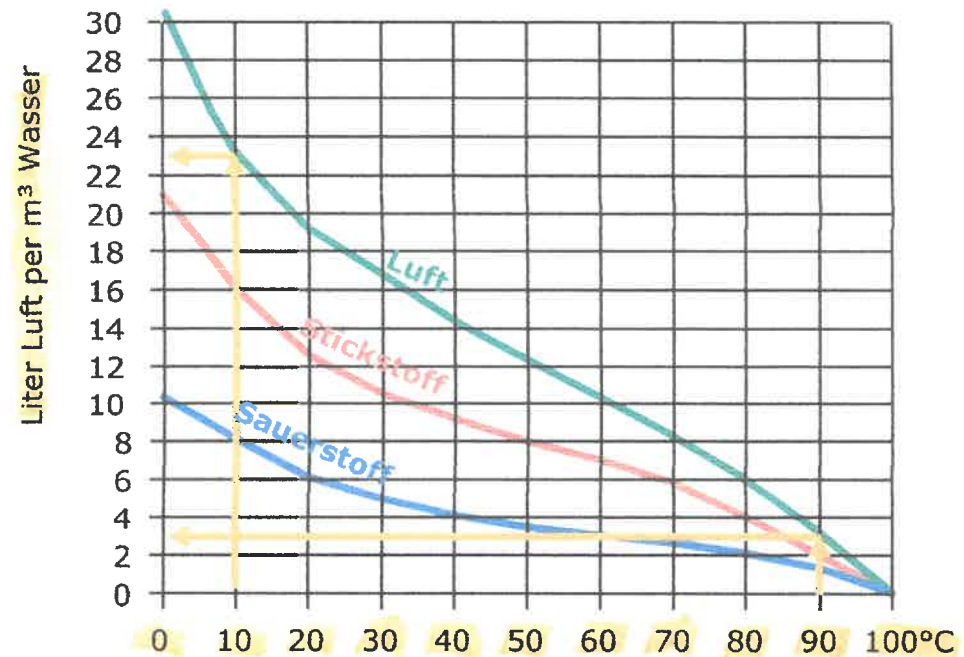
\* William Henry 1775-1836, englischer Chemiker



## Löslichkeit von Luft in Wasser bei 1 bar

### Erkenntnis:

- Bei 10°C kann 1 m<sup>3</sup> Wasser 23 Liter Luft aufnehmen
- Bei 90°C kann 1 m<sup>3</sup> Wasser 3 Liter Luft aufnehmen
- Bei konstantem Druck und steigender Temperatur reduziert sich die Löslichkeit von Luft in Wasser, d.h. es findet eine Entgasung statt.



# Löslichkeit von Luft in Wasser

## Beispiel:

- Abblasedruck pSV = 3 bar
- Wassertemperatur 75 °C = 2 bar Systemdruck
- Wassertemperatur 20 °C = 1 bar Systemdruck

## Erkenntnis 1:

- 75 °C/2 bar ~18 l/m<sup>3</sup> Wasser
- 20 °C/1 bar ~18 l/m<sup>3</sup> Wasser

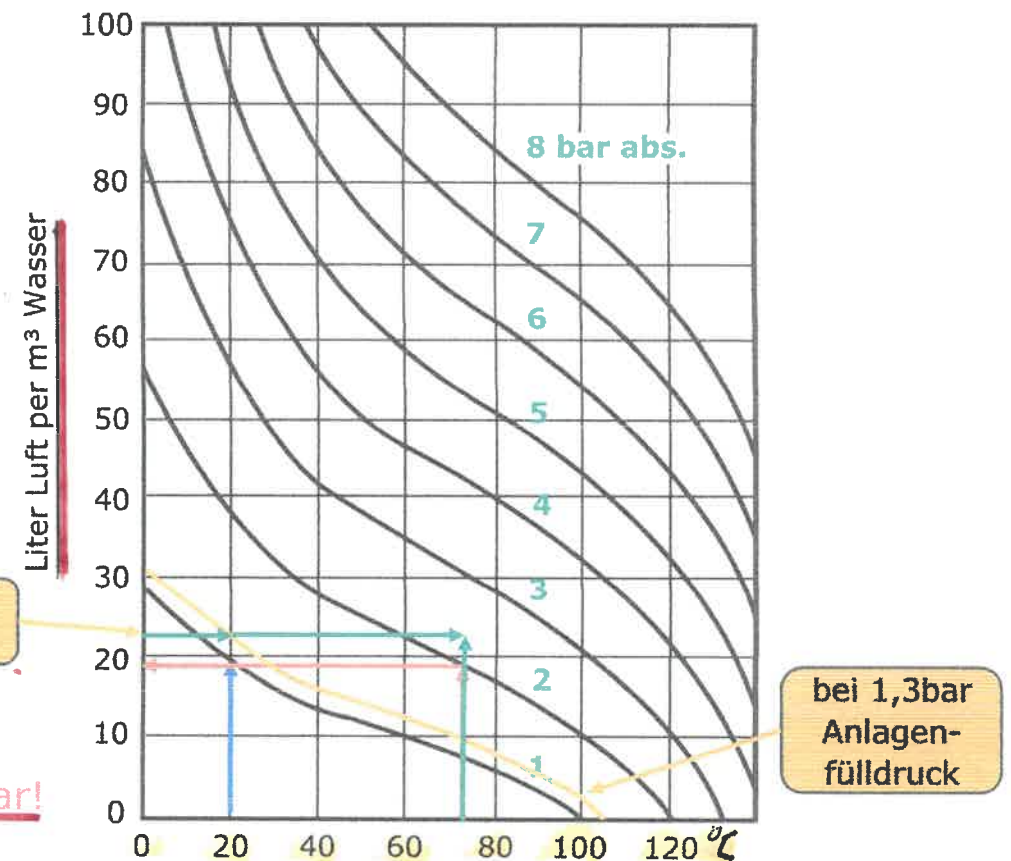
hier findet eine geringe Entgasung statt.

## Erkenntnis 2:

Anlagen mit stat. Höhe < 10m

(EFH oder auch Dachheizzentralen!)

! MAG- Mindestdruck 1 bar, Anlagenfülldruck 1,3 bar!

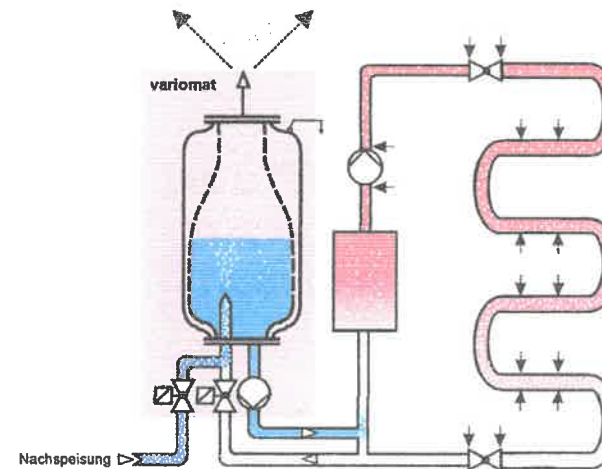


## Systemlösungen zur Entgasung

### **Reflex Variomat** multifunktionale Druckhaltestation

Druck halten   Entgasen   Nachspeisen  
in einem Gerät

Anlagenleistung bis 8 MW

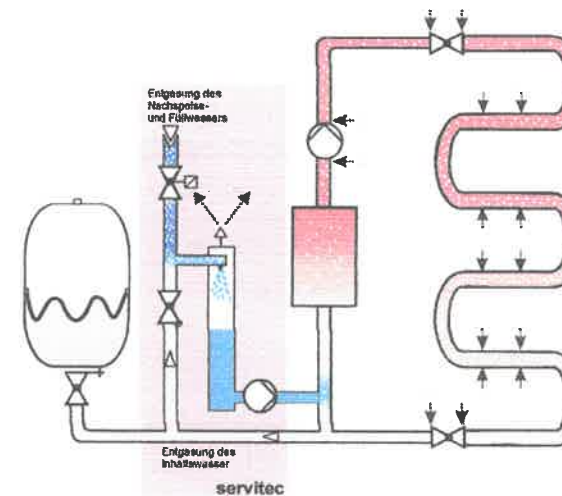


### **Reflex Servitec** Vakuum-Sprührohrentgasung

Druck überwachen   Entgasen   Nachspeisen  
als Zusatzgerät für Druckhalteanlagen

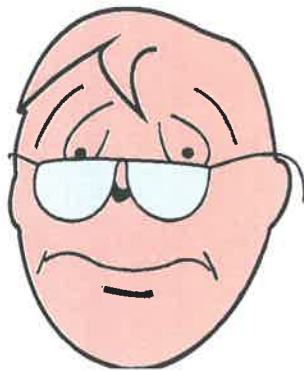
Modus magcontrol

Modus levelcontrol



# Der statische Druck

Warum benötigt man einen minimalen statischen Druck?



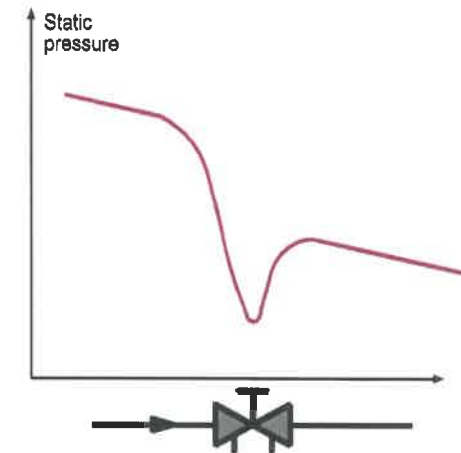
## Zur Vermeidung von Kavitation

- ⇒ In Pumpen
- ⇒ In Ventilen

Der statische Druck im Ventil sinkt, weil sich die Wassergeschwindigkeit erhöht. Kavitation tritt auf, wenn der statische Druck unter den Dampfdruck absinkt.

### Daumenregel:

Der statische Druck am Ventileingang soll zumindest doppelt so hoch sein als der Druckverlust im Ventil.



## Zur Vermeidung des Lufteinsaugens

- ⇒ Viele Verschraubungen und Materialien sind wasserdicht aber nicht luftdicht

# VDI 2035 Blatt 2, Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen - Heizwasserseitige Korrosion -

vom August 2009

ICS 91.140.10

VDI-RICHTLINIEN

August 2009

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Vermeidung von Schäden in Warmwasser-  
Heizungsanlagen  
Heizwasserseitige Korrosion  
Prevention of damage in water heating installations  
Water-side corrosion

VDI 2035  
Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite
Vorbemerkung.....	2
Einleitung.....	3
1. Allgemeines.....	1

Contents	Page
Preliminary note.....	2
Introduction.....	3
1. General.....	1



## **Kapitel 3: Optimierung von Heizungsanlagen.**

### **Teil 4.) Ursachen für fehlende Energieeffizienz: Zahlen,- Daten und Fakten.**

4.1.) Überdimensionierte Wärmeerzeuger.

4.2.) Ca. 90 % der Heizungsanlagen sind meist falsch aufgebaut und/ oder haben fehlende oder falsch eingestellte Armaturen.

4.3.) Überdimensionierte Pumpen, fehlende leistungsadaptierte Pumpeneinstellung, Vernachlässigung des Wirkungsgrads am Betriebspunkt der Pumpen.

4.4.) Fehlender hydraulischer Abgleich.

4.5.) Die Kessel, die Vorlauftemperatur sowie die sonstigen System-Temperaturen sind zu hoch und die Temperaturdifferenz zwischen dem Vor- und Rücklauf ist oftmals meist zu gering eingestellt.

---

## Zahlen – Daten – Fakten

**über 41**

Millionen installierte Pumpen in Deutschland

Der größte Anteil davon in Ein- bis Zweifamilienhäuser

**2-3 fache**

Überdimensionierung von Heizungsumwälzpumpen ist Standard

**bis zu 90 %**

Einsparpotenzial einer Hocheffizienzpumpe gegenüber einer Standardpumpe

## Statistikaussage

**90%**

aller Heizungsanlagen sind falsch ...

- eingestellt
- dimensioniert
- aufgebaut



## Ursachen für fehlende Energieeffizienz

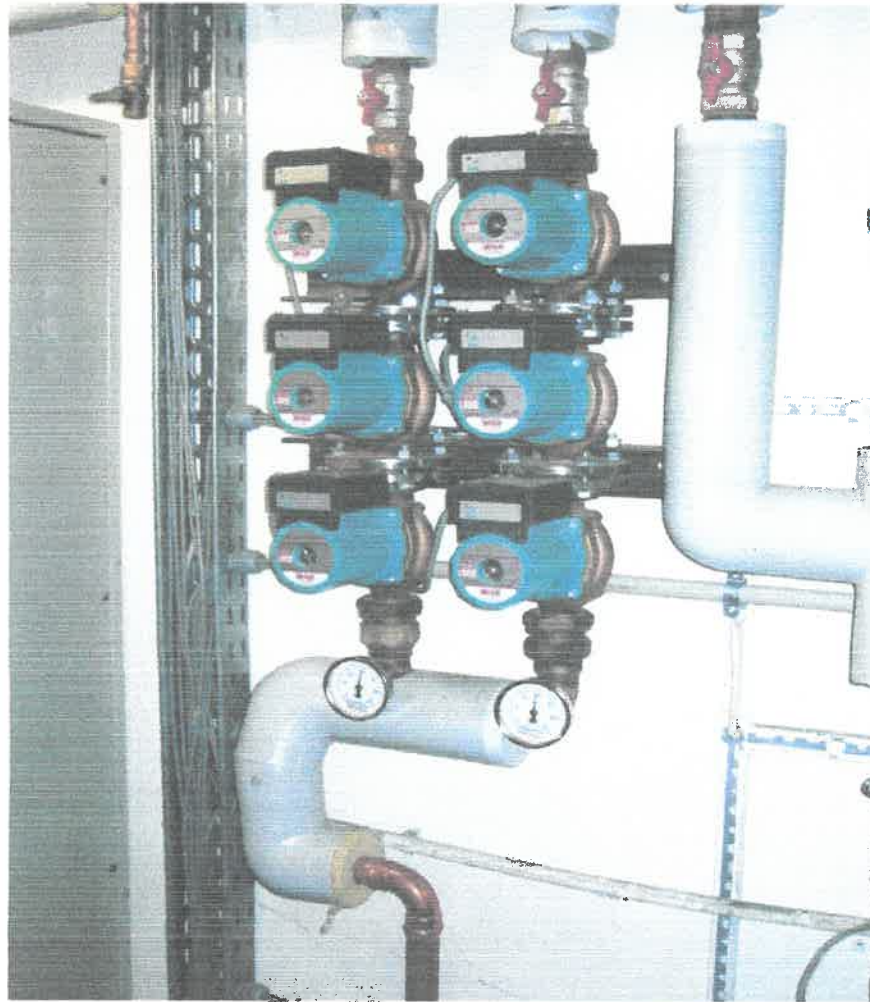
- fehlender hydraulischer Abgleich der Verteilerstränge und der Verbraucher untereinander
- falsch eingestellte und/oder fehlende Armaturen
- keine leistungsadaptierende Pumpenregelung
- Vernachlässigung des Wirkungsgrades der Pumpe im Betriebspunkt der Anlage
- große Sicherheitsreserven in der Dimensionierung
- Heizkurven und Einstellungen der Wärmeerzeuger-Regelungen nicht auf Anlagenwerte angepasst.

# Problemlösung?





„bigger is better“



## **Kapitel 3: Optimierung von Heizungsanlagen.**

### **Teil 5.) Regelungsfunktionen einer Pumpe.**

5.1.) Bei einer abgeglichenen Heizungsanlage mit Heizkörper und statischen Thermostat- Ventilen jedoch ohne den Einbau von Differenzdruck-Regelventilen und einer Fussbodenheizung, sollte die Pumpe mit der Einstellung Dynamik Adapt plus betrieben werden!

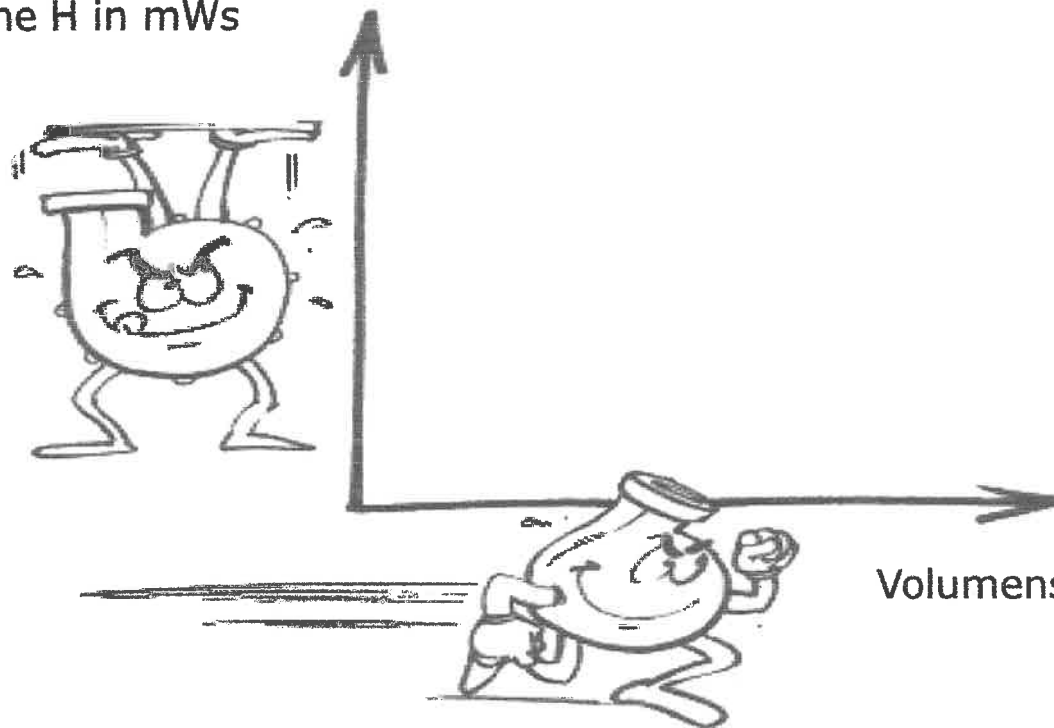
Anmerkung: Bis zu 20 % Antriebsenergie kann mit der Einstellung Dynamik Adapt plus eingespart werden. Wenn die Anlage nicht abgeglichen ist, dann sollte die Pumpe mit variablen Druck dp-v betrieben werden!

5.2.) Beim Einbau von Differenzdruckregel-Ventilen oder druckunabhängigen-Ventilen sowie beim Betrieb einer Fussboden,- Decken oder Wand-Heizung sowie ggf. deren Kühlung sollte die Pumpe mit dp-c betrieben werden!

5.3.) Ermittlung der hydraulischen Leistung einer Pumpe.

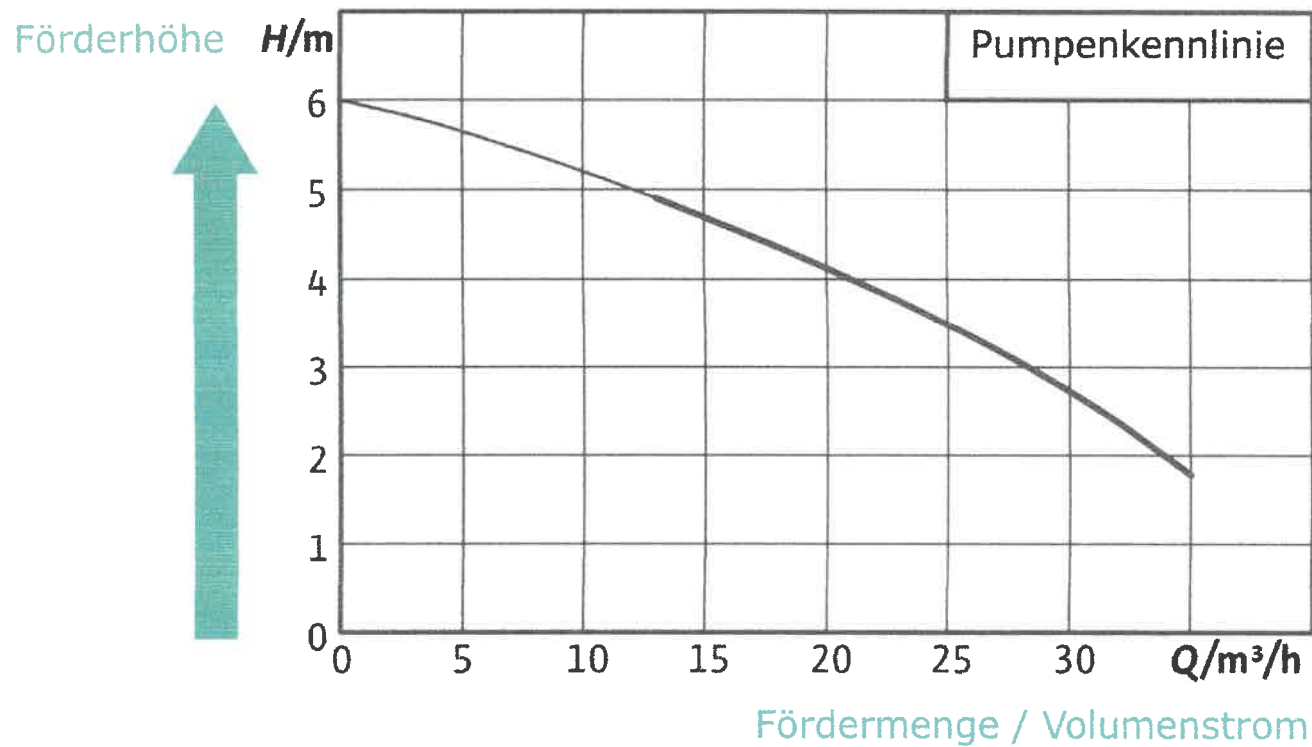
## Grundaufgabe der Pumpe

Förderhöhe  $H$  in mWs



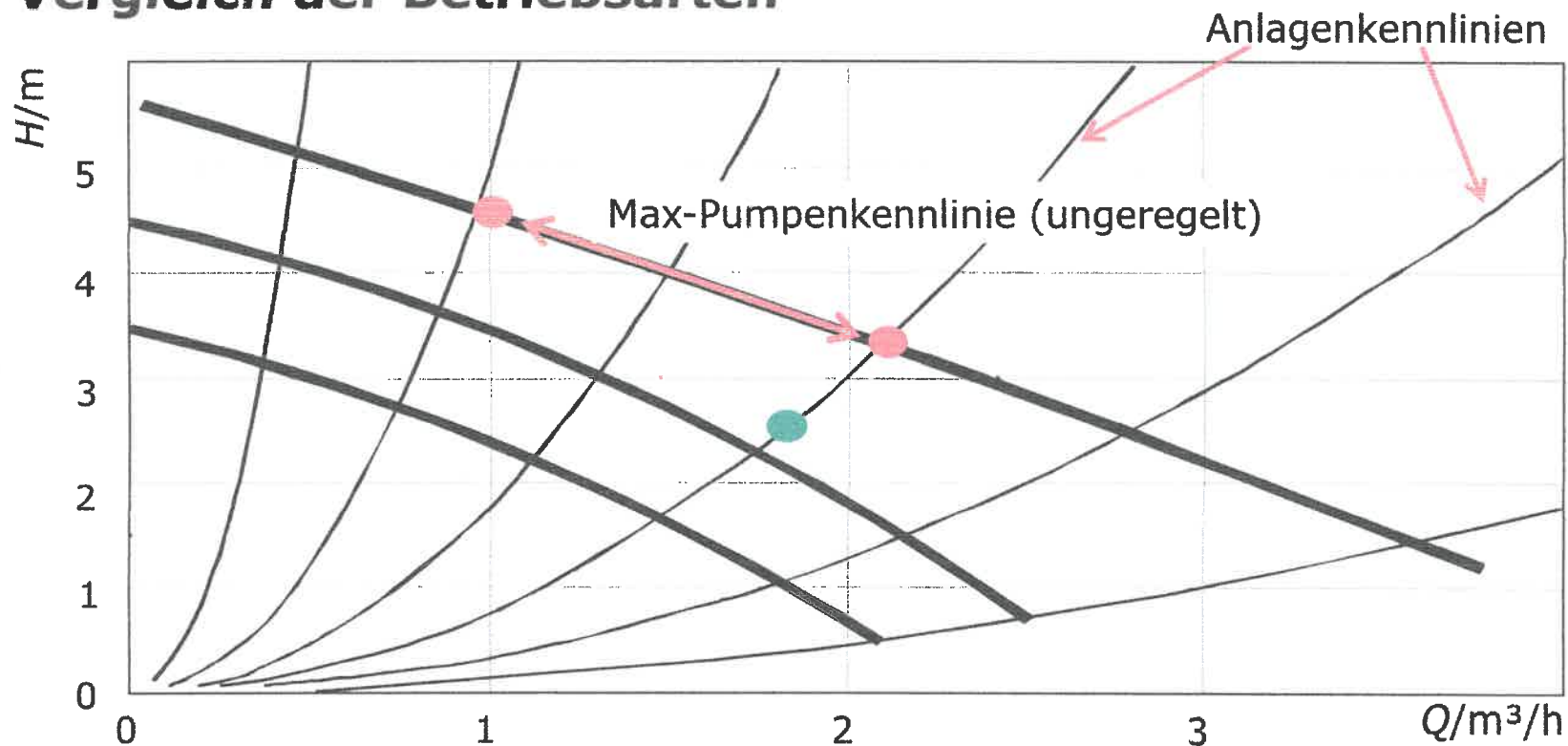
Volumenstrom  $Q$  in  $\text{m}^3/\text{h}$

## Grundaufgabe der Pumpe



# Betriebspunkt Gegenüberstellung Hydraulik

## Vergleich der Betriebsarten





## Regelungsarten: Übersicht

**geregelte Pumpen mit  
stufenloser Drehzahlregelung**

**Regelungsarten:**

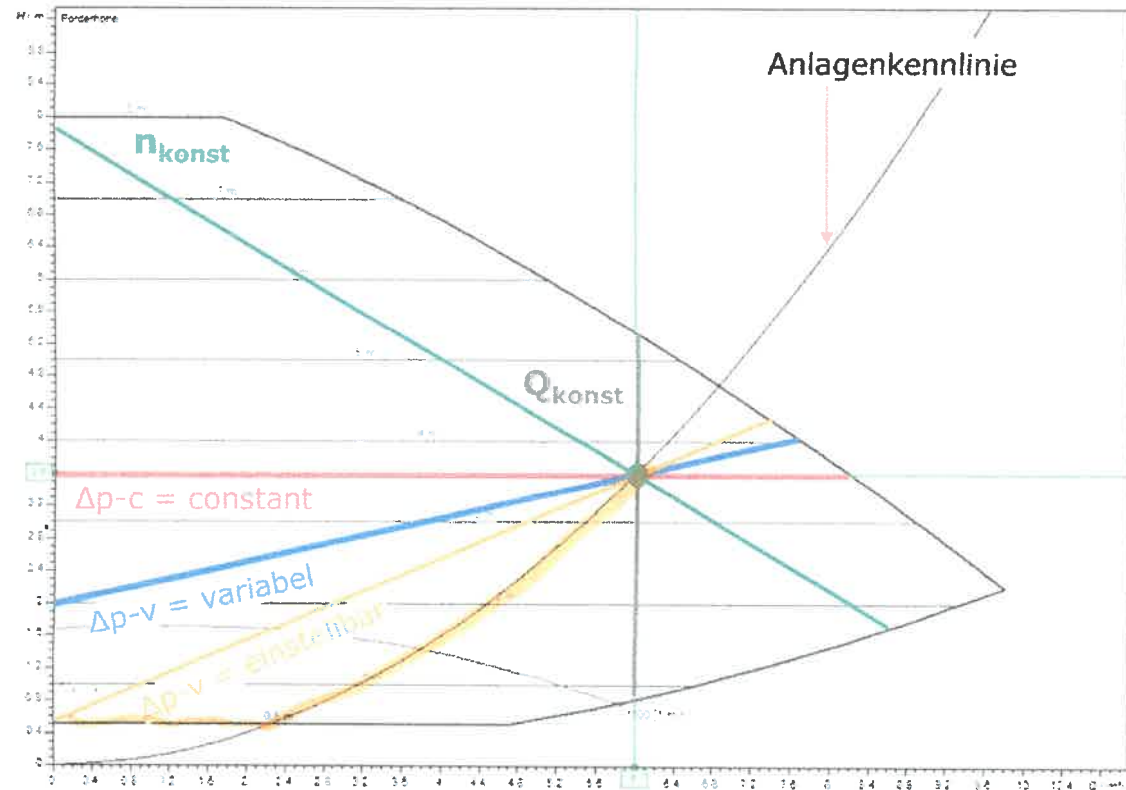
**Konstantdrehzahl**  $n_{\text{konst}}$

**Konstanter Druck**  $\Delta p\text{-}c$

**Variabler Druck**  $\Delta p\text{-}v$

**Variabler Druck**  $\Delta p\text{-}v$   
**einstellbare Steigung**

**Konstantvolumen**  $Q_{\text{konst}}$



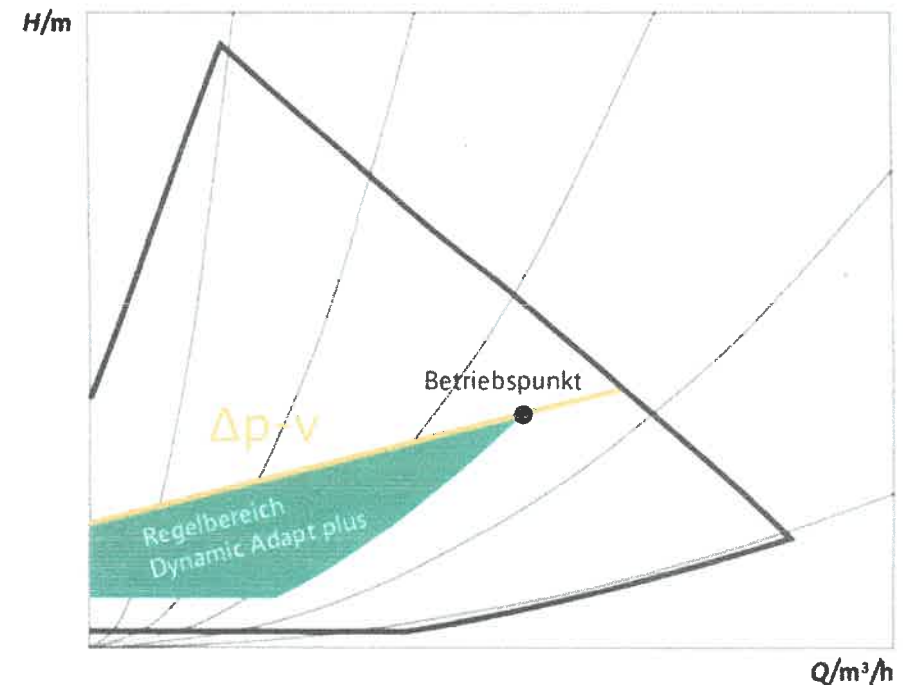
## Regelungsfunktion: **Dynamic Adapt plus – Werkseinstellung !**

### Bis zu 20 % Energieeinsparung im Vergleich zu $\Delta p-v$

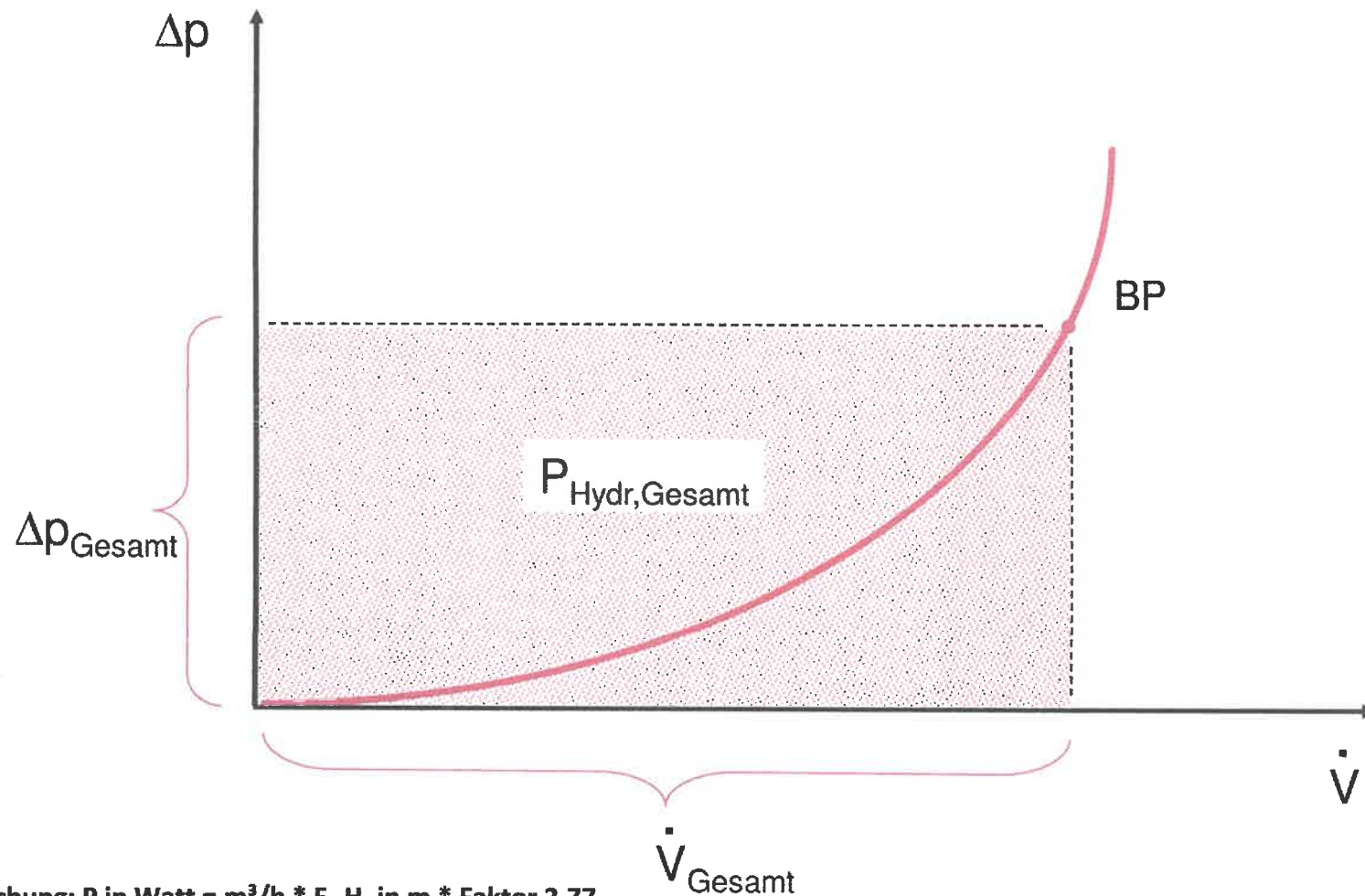
Es muss keine Förderhöhe eingestellt werden.  
Die Anpassung an die Druckverhältnisse der Anlage erfolgt automatisch.

- Einsatzbereich:  
Verbraucherkreis mit angeschlossenen Heizkörpern, Fußbodenheizung, Lufterhitzern (Heizung) oder mit Fußboden-/Deckenregistern, Luft-Klima-Geräte (Kühlung)

Voraussetzung:  
Die Rohrnetze sind hydraulisch abgeglichen



## Anlagenkennlinie und hydraulische Leistung



Gekürzte Gleichung:  $P$  in Watt =  $\text{m}^3/\text{h} * \text{F.-H. in m} * \text{Faktor } 2,77$

## **Kapitel 4: Sanierung der Heizungsanlage von einem Muster-Einfamilienhaus B.J. 1984.**

### **Teil 6.) Überschlägige Ermittlung der Heizlast sowie Leistung der vorhandenen Heizkörper. Bei Bestandanlagen nach der DIN EN 12831. Erneuern der Heizungs-Pumpe sowie Einstellung der Regelung für die Pumpe.**

6.1.) Erfassen der Heizfläche.

6.2.) Festlegung der Heizlast der einzelnen Räume.

6.3.) Auslegung der Heizkörper nach dem Heizkörper-Betriebsdiagramm und der hierzu ausgelegten Systemtemperatur die über die Aussentemperatur geregelt wird.

6.4.) Optimierung der Heizung mit der Erneuerung der Pumpe und der Einstellung der Pumpen-Regelung. Ermittlung der Energieersparnis durch die Erneuerung der Pumpe.

## Wilo-Brain Musterhaus



# Wilo-Brain: Heizlastermittlung der Räume

- „Bestandsaltanlagen“ Heizlastberechnung nach (DIN EN 12831, Teil 2)

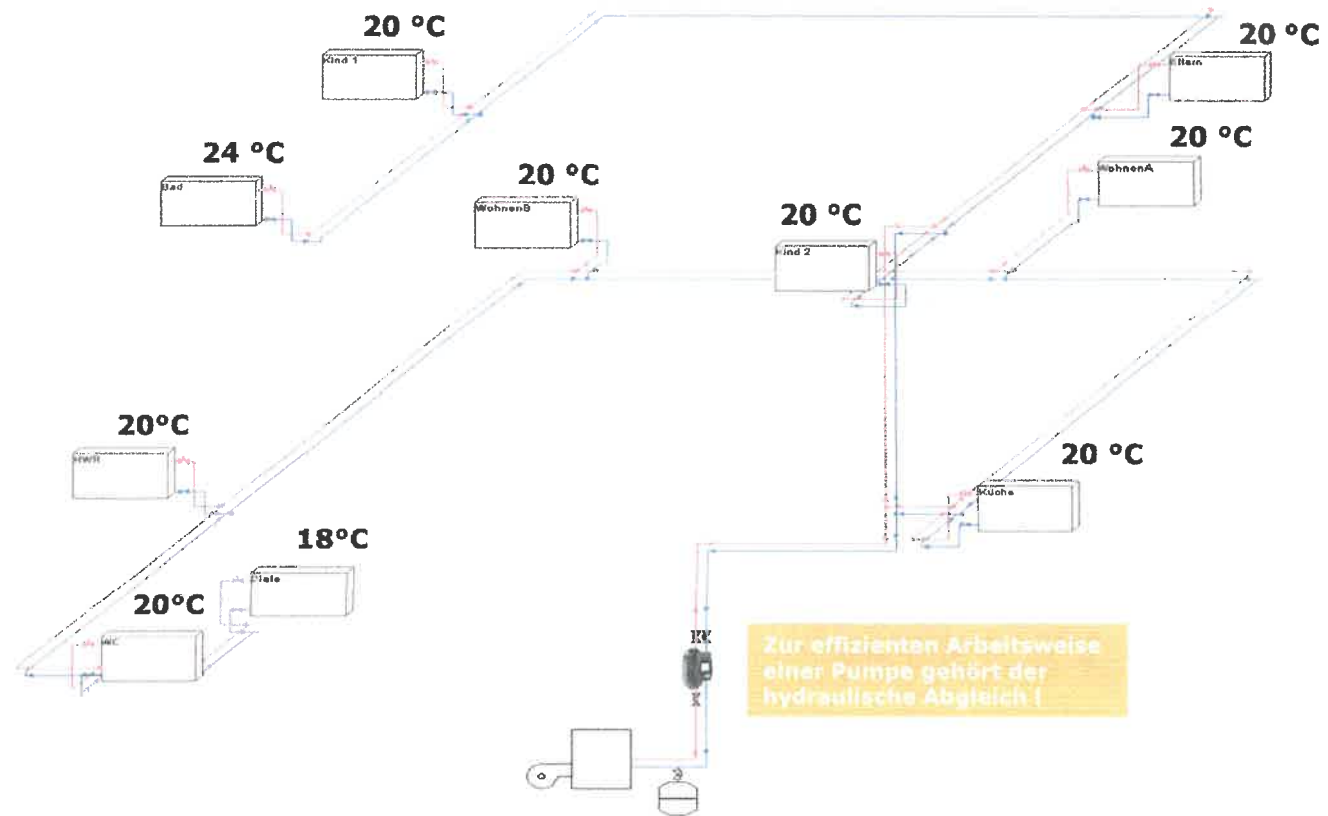
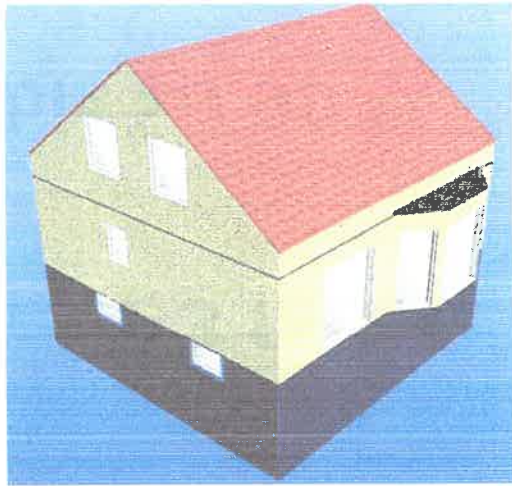
## Energetischer Gebäudebestand

Heizlast*	W/m <sup>2</sup>
Altbau, unsaniert	110 – 160
Baujahr 1978 – 1983	95 – 115
Baujahr 1984 – 1994	80 – 100
WSVO 1995	50 – 70
EnEV 2002/2007	35 – 45
EnEV 2009	25 – 40

\* Näherungsweise spezifische Heizlast je nach Wärmeschutzniveau. Für Bäder und Duschen ( $t_i = 24\text{ °C}$ ) sollte die Heizlast zusätzlich um ca.  $20\text{ W/m}^2$  erhöht werden.

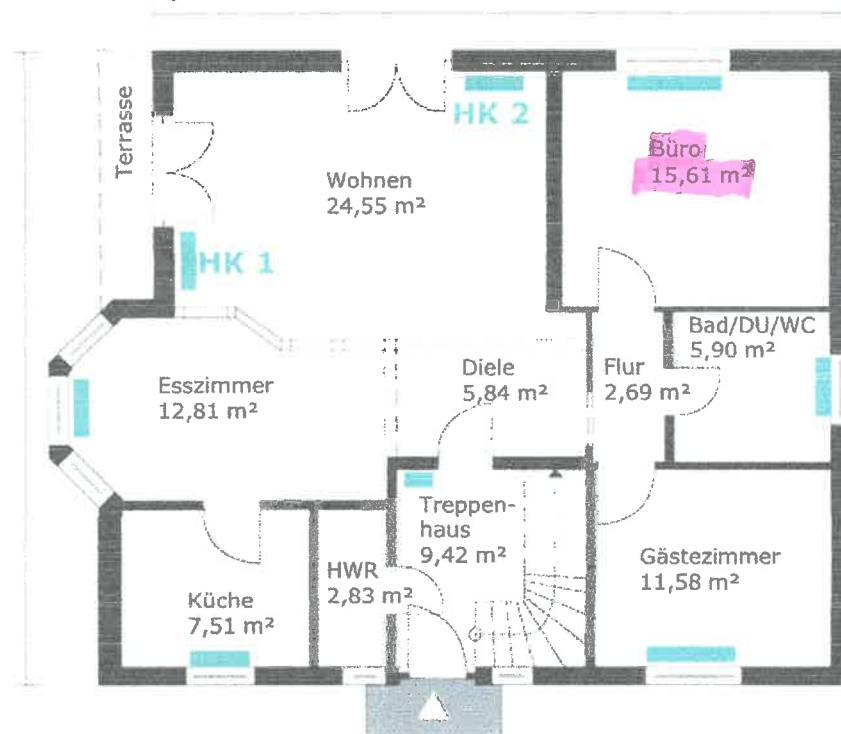


## Wilo-Brain: Einfamilienhaus Baujahr 1984 - Berechnung

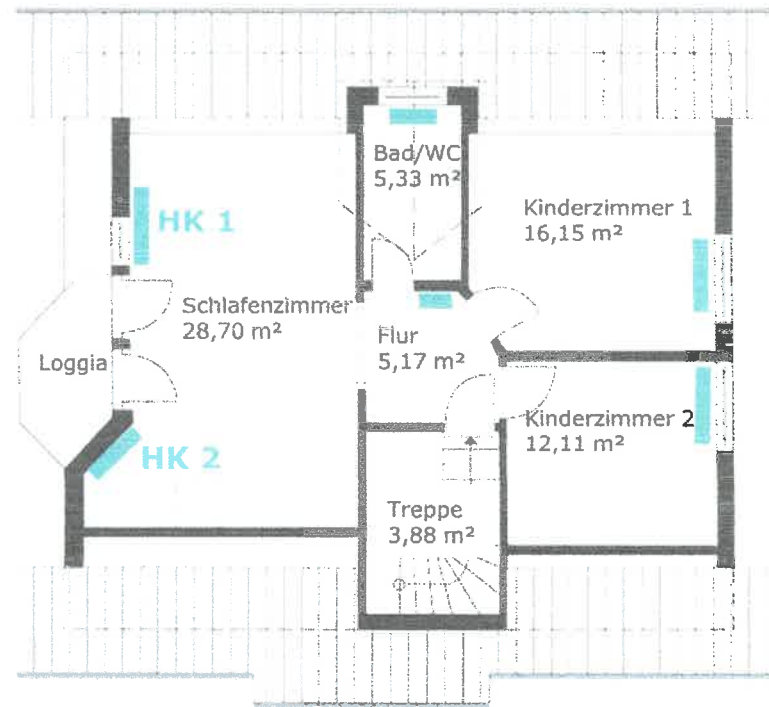


# Wilo-Brain: Einfamilienhaus Baujahr 1984 - Berechnung

Erdgeschoss

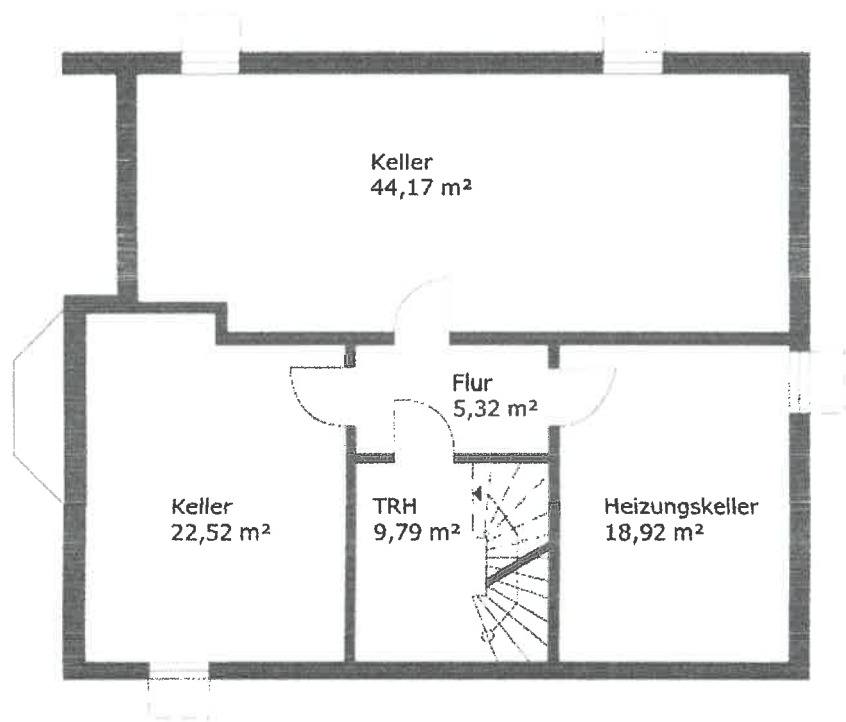


Dachgeschoss



## Wilo-Brain: Einfamilienhaus Baujahr 1984 - Berechnung

Kellergeschoss



## Hydraulische Anlagen

### Volumenströme – Heiz- oder Kühlanlage

Die **thermische Leistung** ist eine physikalische Größe, die eine in einer Zeitspanne umgesetzte Wärmeenergie bezogen auf diese Zeitspanne angibt. Sie ist eine charakteristische Kenngröße einer Energieumwandlungsanlage. Sie wird üblicherweise in Kilowatt (kW) oder Megawatt (MW) angegeben und beschreibt den Wärmestrom

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{für } \dot{m} = \varrho \cdot \dot{V} \text{ eingesetzt gilt}$$

$$\dot{Q} = \varrho \cdot \dot{V} \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{umgestellt zum Volumenstrom}$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{\varrho \cdot c \cdot \Delta T} \quad \text{mit } \varrho \cong 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ gilt vereinfacht}$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{1,16 \cdot \Delta T}$$

$\dot{Q}$	<b>Leistung</b>	<b>kW</b>
$\dot{m}$	Massenstrom	kg/h
$c$	spez. Wärmekapazität	Wh/(kg · K)
$\Delta T$	Temperaturdifferenz	K
$\varrho$	Dichte	kg/m <sup>3</sup>
$\dot{V}$	<b>Volumenstrom</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>

## Wilo-Brain: Heizlastermittlung der einzelnen Räume

### Heizlast $\Phi_N$

Beispiel für einen Raum: Büro 15,6 m<sup>2</sup>

$$\Phi_N = \frac{15,6 \text{ m}^2 \cdot 100 \text{ W/m}^2}{1.000}$$

$$\Phi_N = 1,56 \text{ kW}$$

### Volumenstrom Heizkörper $\dot{V}_U$ bei System 70/55 (15K)

- $c$  = Spez. Wärmekapazität 1,163 in Wh/kgK
- $\Delta T$  = 15 K
- $\Phi_N$  = Heizlast 1,56 kW

$$(\dot{V})_{Y_U} = \frac{1,56 \text{ kW}}{1,163 \cdot 15 \text{ K}} \text{ m}^3/\text{h}$$

$$(\dot{V})_{Y_R} = \underline{0,089 \text{ m}^3/\text{h}}$$

## Umformung der praktischen Formel

$\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta T \cdot 1,163$	$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{1,163 \cdot \Delta T}$	$\Delta T = \frac{\dot{Q}}{1,163 \cdot \dot{m}}$
$\dot{Q} = \frac{\dot{m} \cdot \Delta T}{0,86}$	$\dot{m} = \frac{\dot{Q} \cdot 0,86}{\Delta T}$	$\Delta T = \frac{\dot{Q} \cdot 0,86}{\dot{m}}$

Wobei:  $\dot{Q}$  ist die Wärmeleistung in Watt  
 $\dot{m}$  ist der Durchfluss in l/h  
 $\Delta T$  ist die Spreizung in Kelvin ( $T_{VL} - T_{RL}$ )



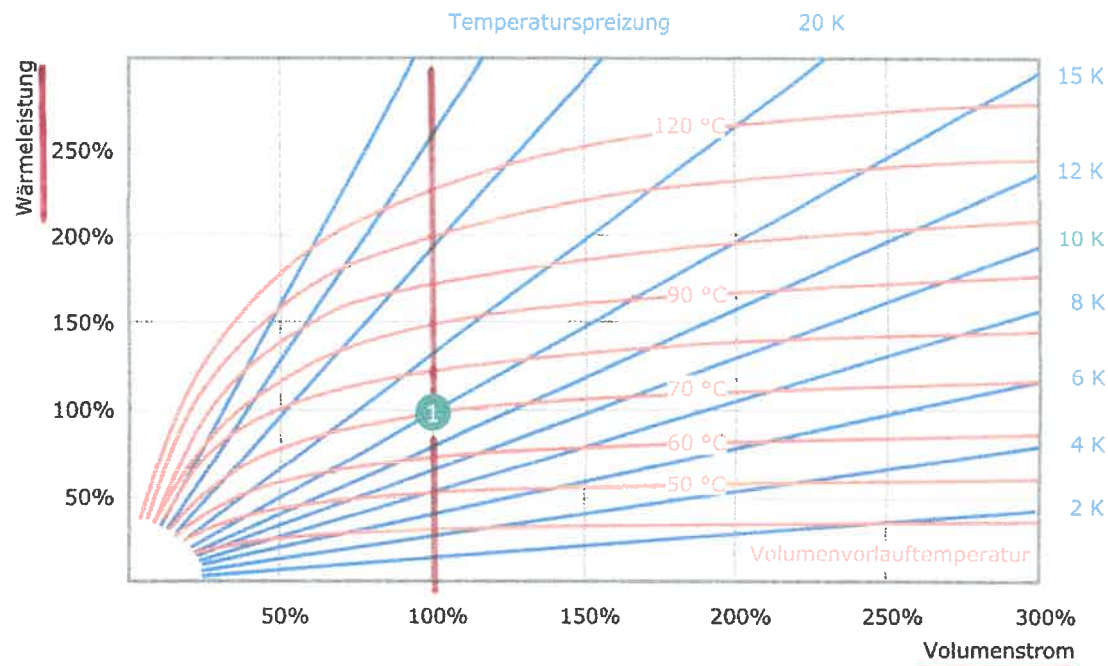
# Hydraulik – Heizkörper-Betriebsdiagramm

Heizkörperauswahl aus Herstellertabelle: Bauhöhe 600 mm und Typ 22

Baulänge [mm]	Heizfläche [m²]	Wärmeleistung (W) bei $t_v 70^\circ\text{C}$ , $t_R 55^\circ\text{C}$ und $t_L$				
		15 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C
400	2,795	616	565	531	499	466
500	3,621	769	706	664	623	583
600	4,375	923	847	797	748	699
700	5,131	1077	988	930	872	816
800	5,887	1231	1129	1063	997	932
900	6,642	1385	1271	1196	1122	1049
1000	7,396	1539	1412	1328	1246	1166
1100	8,150	1693	1553	1461	1371	1282
1200	8,906	1847	1694	1594	1496	1399
1300	9,295	2001	1835	1727	1620	1515
1400	10,414	2155	1976	1860	1745	1632
1600	11,922	2462	2259	2125	1994	1865
1800	13,433	2770	2541	2391	2243	2098
2100	15,697	3232	2965	2790	2617	2448
2400	17,960	3694	3388	3188	2991	2797
2700	20,226	4155	3812	3587	3365	3147
3000	22,491	4617	4235	3985	3739	3497

# Temperatur- und Volumenstromänderung

## Leistungsabgabe am Heizkörper

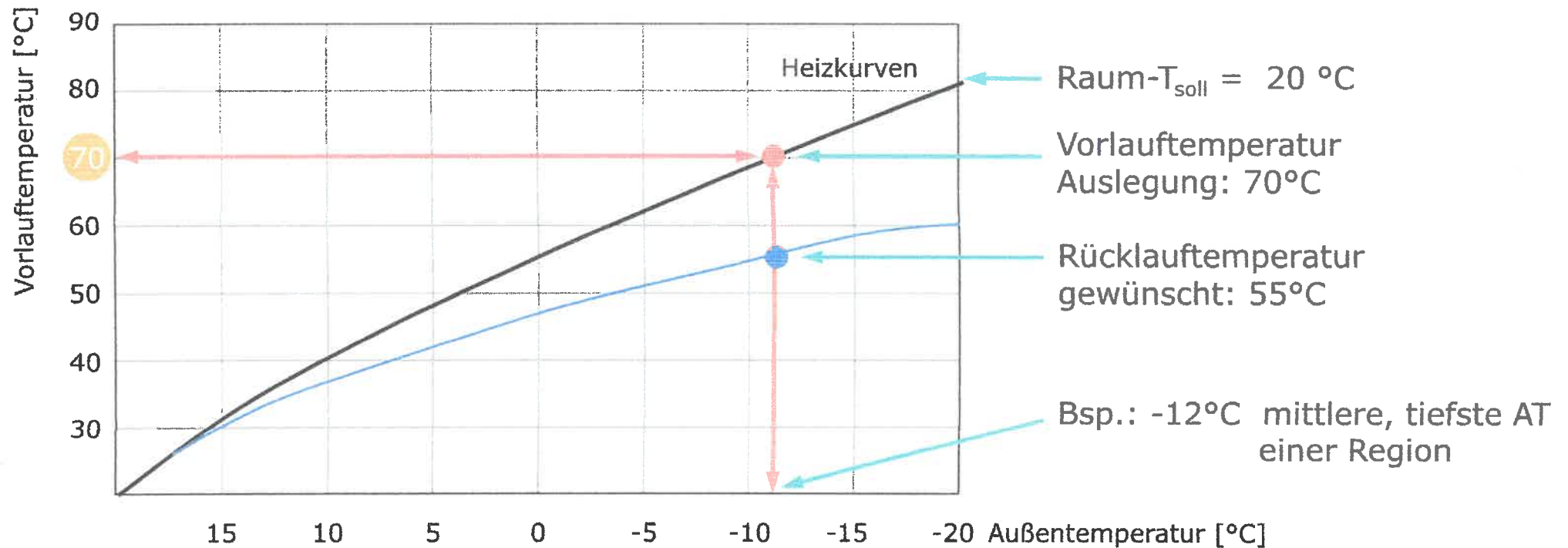


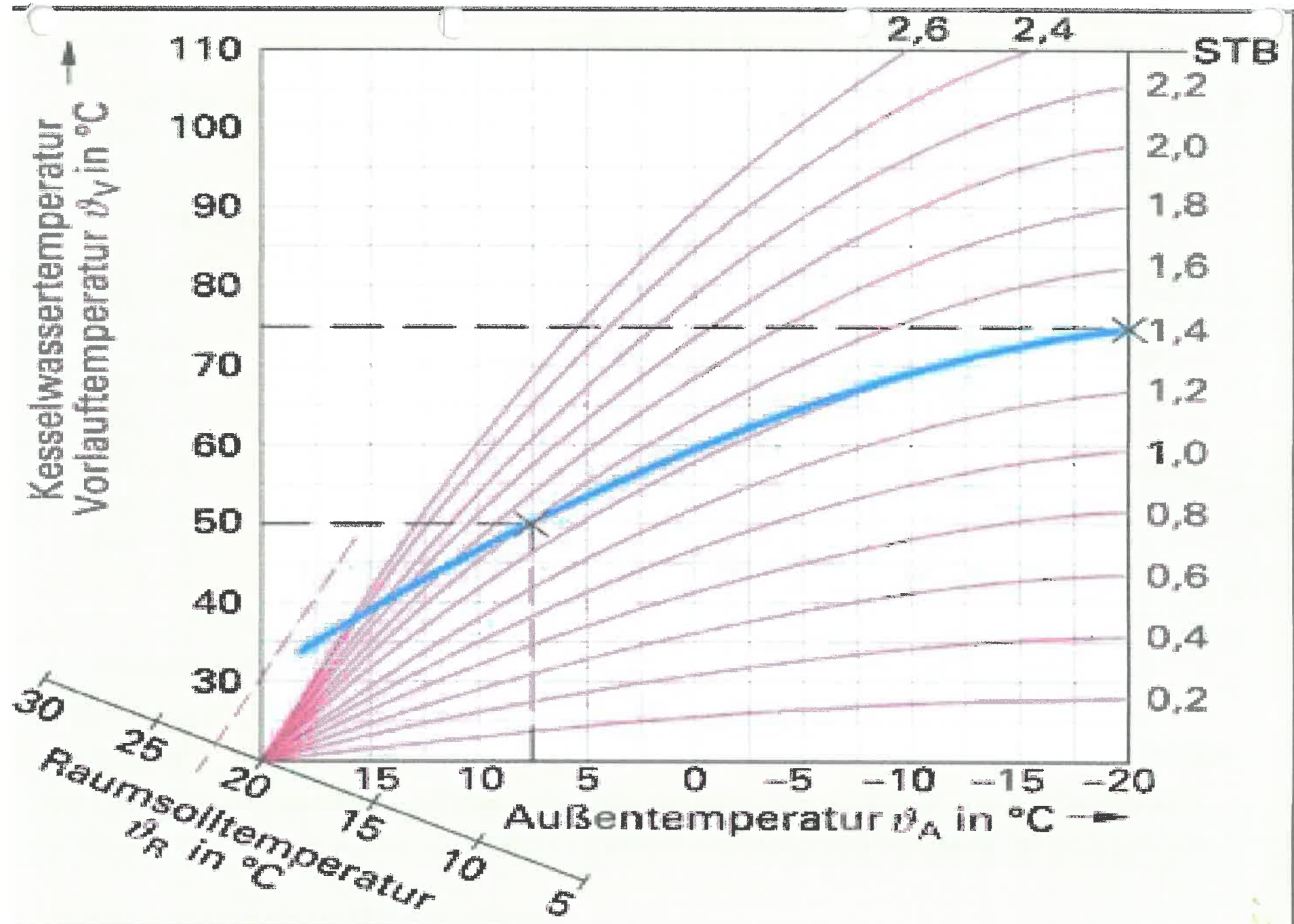
### Beispiel:

- System 70 / 55
- Bei geöffnetem Thermostat

1 Auslegungspunkt

## Wilo-Brain: Außentemperatur-Regelung





## Amortisation Pumpentausch

**Die Pumpe,  
die deinen Kunden  
bares Geld spart.**

Verbrauch in kWh / Jahr	Stromkosten / Jahr
Heizungspumpe (alt)	600 191 €
Elektronherd	445 142 €
Kühlschrank	330 105 €
Beleuchtung	330 105 €
Waschmaschine	200 64 €
TV-Gerät	190 61 €
Heizungspumpe (neu)	40 13 €



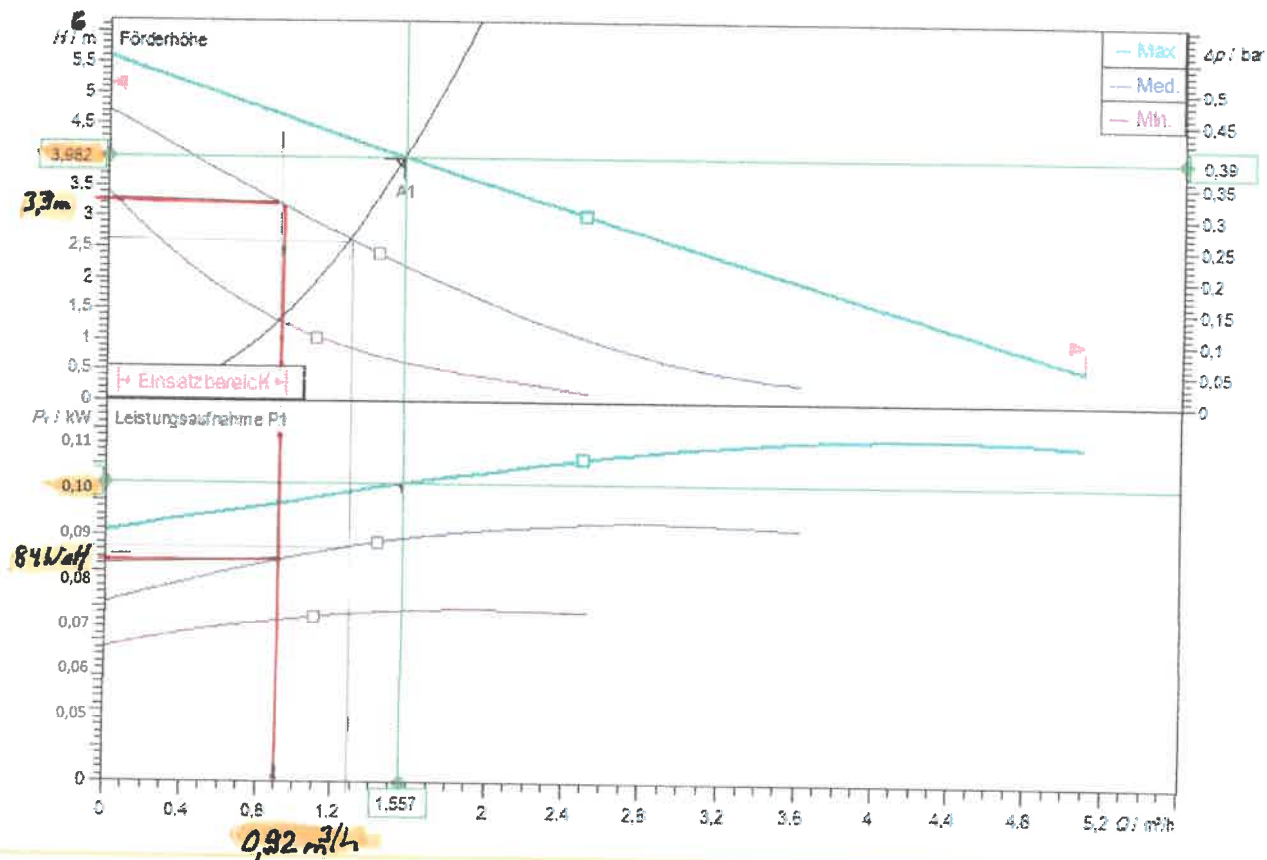
Die neue Wilo-Stratos PICO plus  
**Dein Matchwinner**

Bezogen auf Nenn-/Betriebspunkt:

$Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 1,5 \text{ m}$   
bei 6.000 Betriebsstunden  
Tarif: 31,5 Cent/kWh

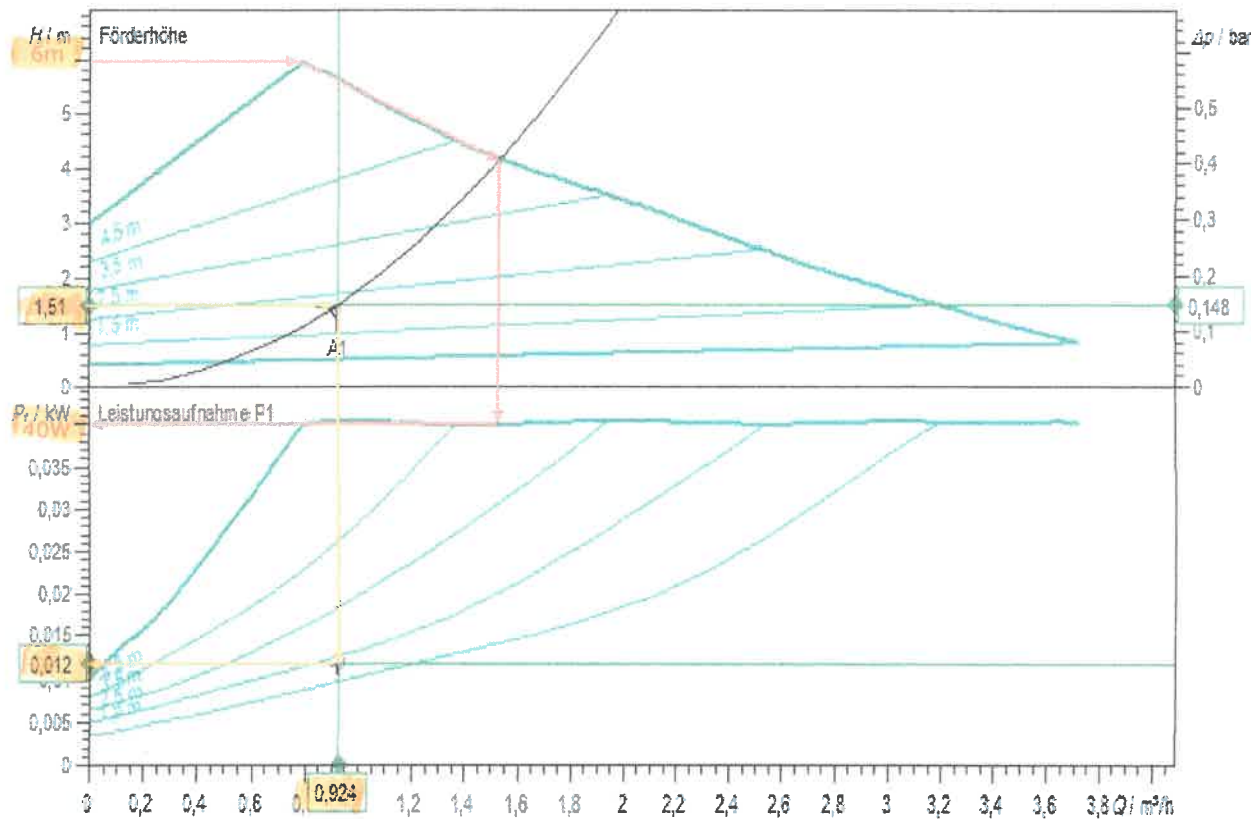
178 € Einsparung

## Wilo Star RS 25/6 (vorhandene Stufen-Pumpe)





## Stratos PICO plus 25/0,5-6 (Pumpe nach Austauschspiegel, zu groß)

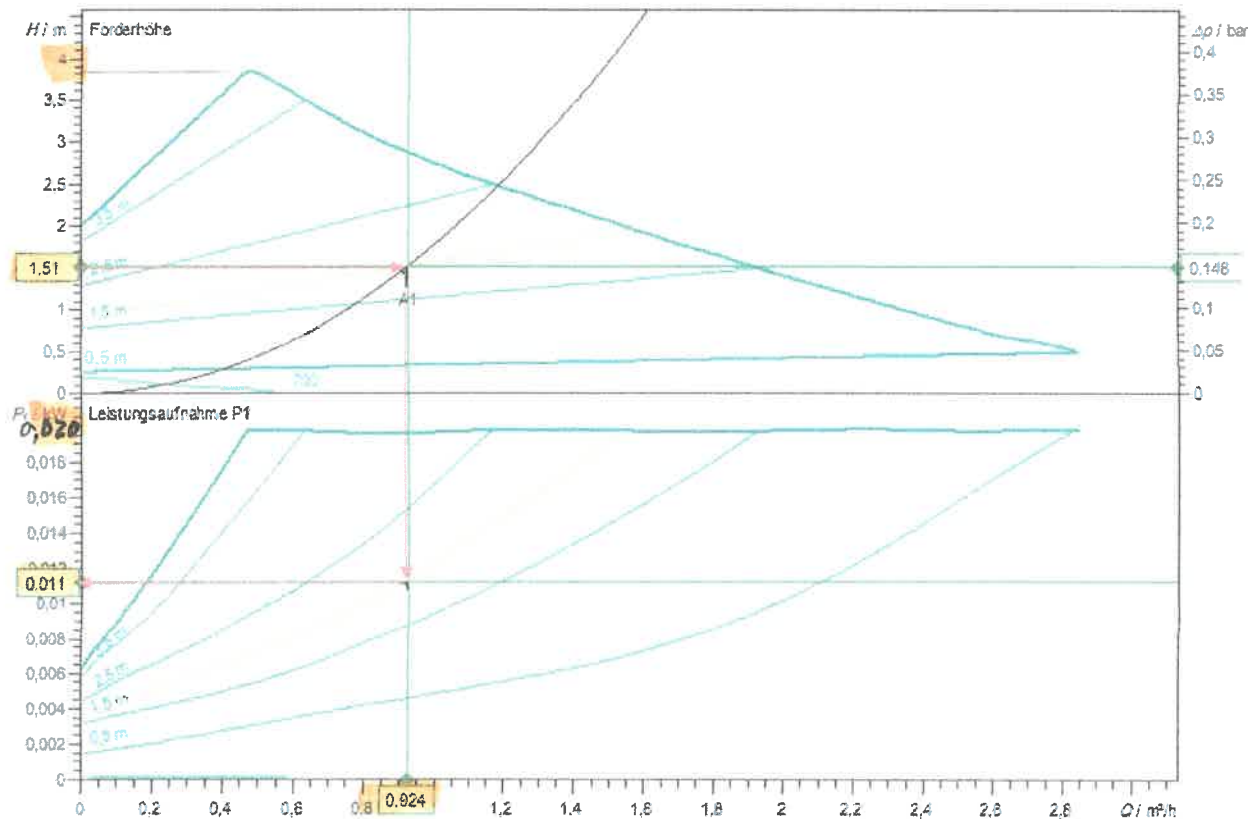


$P_{\max}$ : bei Einstellung 6m = 40W

$P_{\max}$ : bei ermittelten Betriebspunkt  
von 1,51m = 12W



## Stratos PICO plus 25/0,5-4 (richtige Pumpe nach Anlagendaten)



$P_{\max}$ : bei Einstellung 4m = 20W

$P_{\max}$ : bei ermittelten Betriebspunkt:  
von 1,51 m = 11 W



Merke:  
Für eine korrekte betriebsweise  
einer geregelten Pumpe ist immer die  
Förderhöhe und die Regelungsart an  
die Anlagenbedingungen anzupassen!

## Energetische Betrachtung der Pumpenpumptypen

Heizungsumwälzpumpen Betriebsstunden: 6000 h/a  
Energiepreis 0,35€ / kWh

Stufen-Pumpe Bestand  
Star RS 25/6 ungeregelt: (oder Wettbewerb)

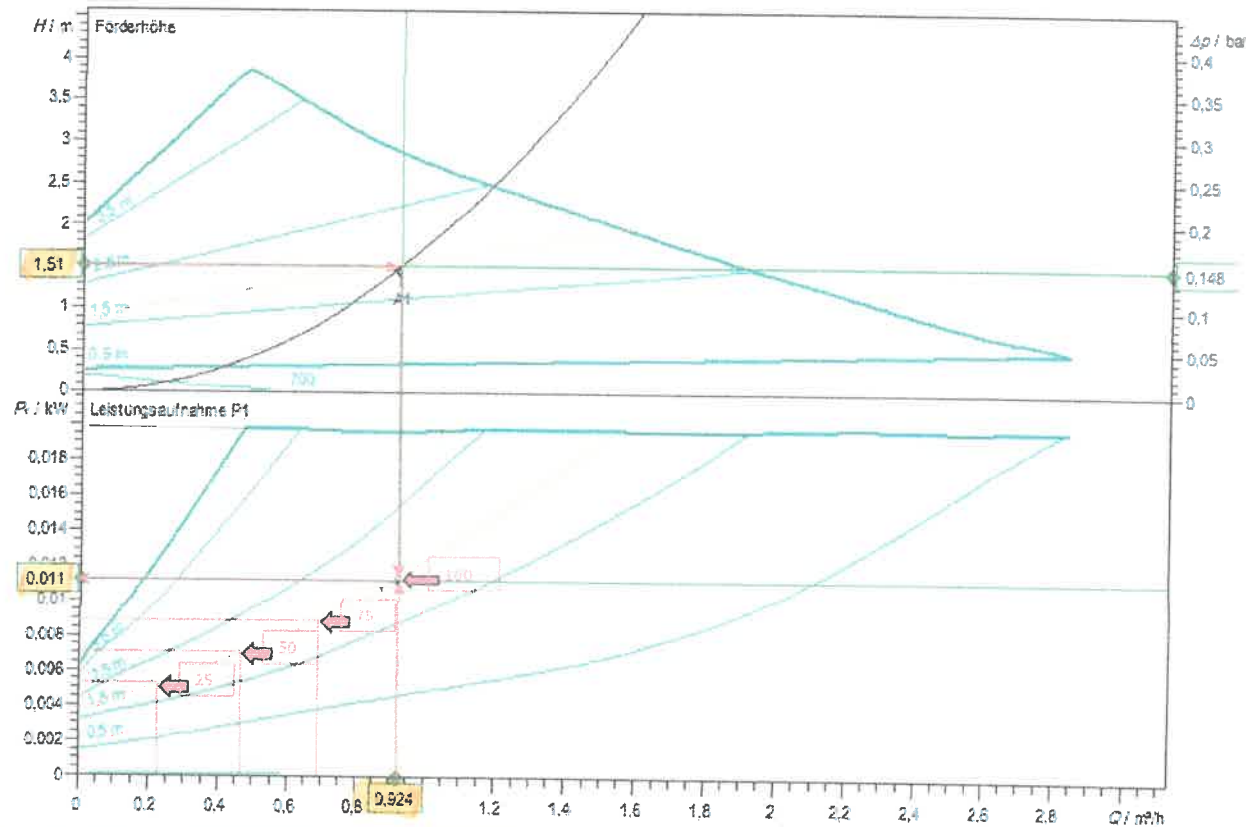
$$100W = 600 \text{ kWh/a} = 210,00 \text{ €/a}$$

Hocheffizienzpumpe Stratos PICO Plus 25/0,5-4  
geregelt:

eingestellter Anlagenbetriebspunkt  
 $P_{\text{max}}: 11W = 66 \text{ kWh} = 23,10 \text{ €/a}$

Die Stromkostendifferenz von 186,90€ bei Vollastbetrieb ist unreal, da  
Hocheffizienzpumpen bei richtiger Einstellung der Förderhöhe und Regelungsarten sich  
selbsttätig an die Betriebsbedingungen anpassen:  
Die eingestellte Vollast wird für maximal 6% von 6000 Betriebsstunden angefahren.

## Stratos PICO plus 25/0,5-4 (richtige Pumpe nach Anlagendaten)



$P_{\max}$ : bei Einstellung 4m = 20W

$P_{\max}$ : bei ermittelten Betriebspunkt:  
von 1,51 m = 11 W



**Merke!**  
Für eine korrekte betriebsweise einer geregelten Pumpe ist immer die Förderhöhe und die Regelungsart an die Anlagenbedingungen anzupassen!

## Energetische Betrachtung der Pumpentypen

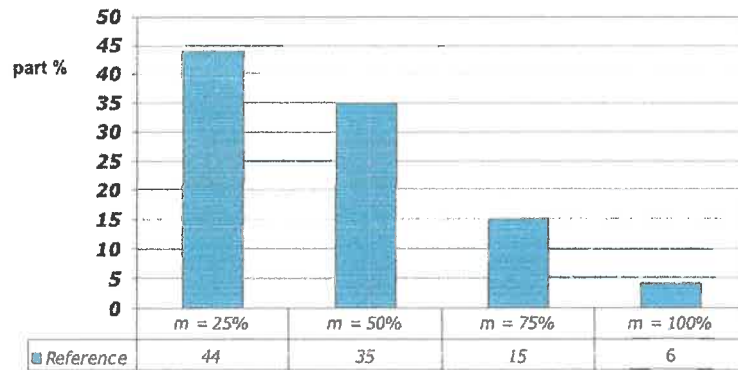


Diagramm Betriebszeitaufteilung im Jahr:  
Eine geregelte HE-Pumpe arbeitet 44% von 6000h/a mit nur 25% des eingestellten Betriebspunktes!

\*EEI = Energie-Effizienz-Index. Bestimmt den Stromverbrauch von geregelten Hocheffizienzpumpen innerhalb 6000 Betriebsstunden/a und 4 definierten Leistungsbereichen

Betrachteter Betriebszustand nach EEI: Stratos-PICO plus 25/0,5-4, delta p-v.  $V_{PUmax}$  0,924m<sup>3</sup>/h /  $H_{PU}$  = 1,51mWs

6000h: davon 6% im Volllastbetrieb mit P=100%:  $V_{real} = 0,924 \text{ m}^3/\text{h} = 11\text{W} * 360\text{h} = 3,96 \text{ kWh} * 0,35\text{€} = 1,36\text{€}$   
 davon 15% im Teillasbetrieb mit P=75%:  $V_{real} = 0,693 \text{ m}^3/\text{h} = 9\text{W} * 900\text{h} = 8,1 \text{ kWh} * 0,35\text{€} = 2,83\text{€}$   
 davon 35% im Teillasbetrieb mit P=50%:  $V_{real} = 0,462 \text{ m}^3/\text{h} = 7\text{W} * 2100\text{h} = 14,7 \text{ kWh} * 0,35\text{€} = 5,15\text{€}$   
 davon 44% im Teillasbetrieb mit P=25%:  $V_{real} = 0,231\text{m}^3/\text{h} = 5\text{W} * 2640\text{h} = 13,2 \text{ kWh} * 0,35\text{€} = 4,62\text{€}$

Reale Kosten für den Betrieb einer Stratos PICO plus 25/0,5-4 : 13,96€

Stromkosteneinsparung gegenüber der Bestandspumpe RS25/6: 196,04€

## **Kapitel 4: Sanierung der Heizungsanlage von einem Muster-Einfamilienhaus B. J. 1984**

### **Teil 7. Überprüfung des dpvR von dem Rohrnetz für den Heizkreis Heizkörper (HK). Hierzu Auslegung und Einstellung der statischen Thermostat-Ventile und der Pumpe einschliesslich dem hydraulischen Abgleich.**

7.1.) Ermittlung der überschlägigen Länge des Rohrnetzes, der Heizlast Q und den Nennvolumenstrom V100.

7.2.) Ermittlung des Druckverlust dpvR von dem Rohrnetz.

7.3.) An Hand der Druckverhältnisse des Rohrnetzes dpvR sowie dem Volumenstrom V100, den kv bzw. Einstell-Wert der statischen Th.-V. einstellen!

7.4.) Hydraulischen Abgleich mit der Auslegung der Pumpe sowie der Einstellung der erforderlichen Betriebsart ausführen.

7.5.) Alternativ: Auf Grund des grossem Aufwand beim hydraulischen Abgleich mit statischen Th.-V- wird der Einbau von dynamischen (druckunabhängigen!) Th.-V. empfohlen!



# Überschlägige Druckverlustberechnung

Druckverlust des Rohrnetz dp<sub>VR</sub>

$$dp_{VR} = \frac{R \cdot l \cdot ZF}{10.000 Pa}$$

- R = Rohrreibungsdruckverlust im geraden Rohr in Pa/m  
Erfahrungswert R = 50 bis 200 Pa/m
- l = Länge des ungünstigsten Heizstranges in m  
(Vor- und Rücklauf)
- ZF = Zuschlagsfaktor für:

Formstücke/Armaturen	≈ 1,3
Mischer/Schwerkraftbremse	<del>≈ 1,2</del>
Thermostatventil	<del>≈ 1,7</del>

2,6

Wärmemengenzähler:  
 $H_{PU} + 0,8 mWs$

Juni 2025

Anmerkung: Die Zuschläge für den Mischer/Schwerkraftbremse, Thermostat-Ventile und dem W.-Z. sollten auf keinen Fall aus dem Druckverlust des Rohrnetzes ermittelt werden!  
Zu dem fehlen hier die Angaben des dp des Wärmeerzeugers!

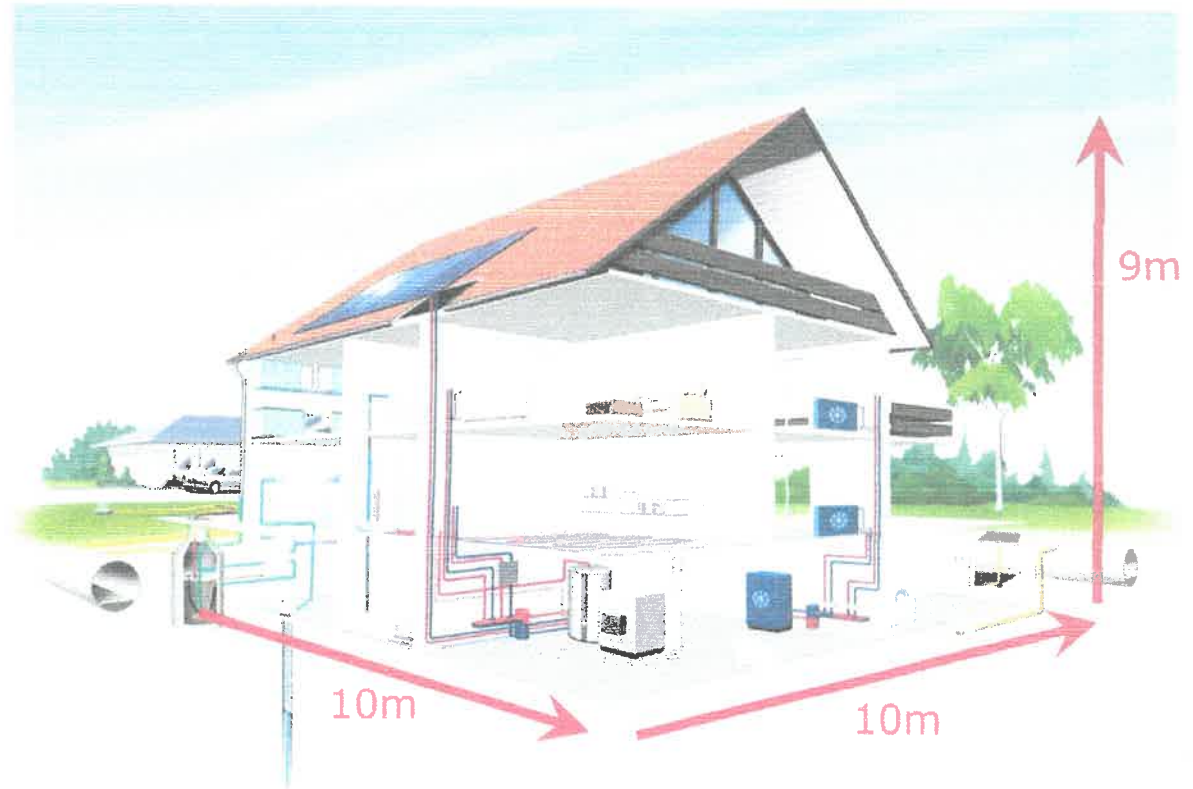
# Überschlägige Druckverlustberechnung

Summe aus:  
(Länge + Breite + Höhe des Gebäudes) x 2  
(Vorlauf + Rücklaufleitung)

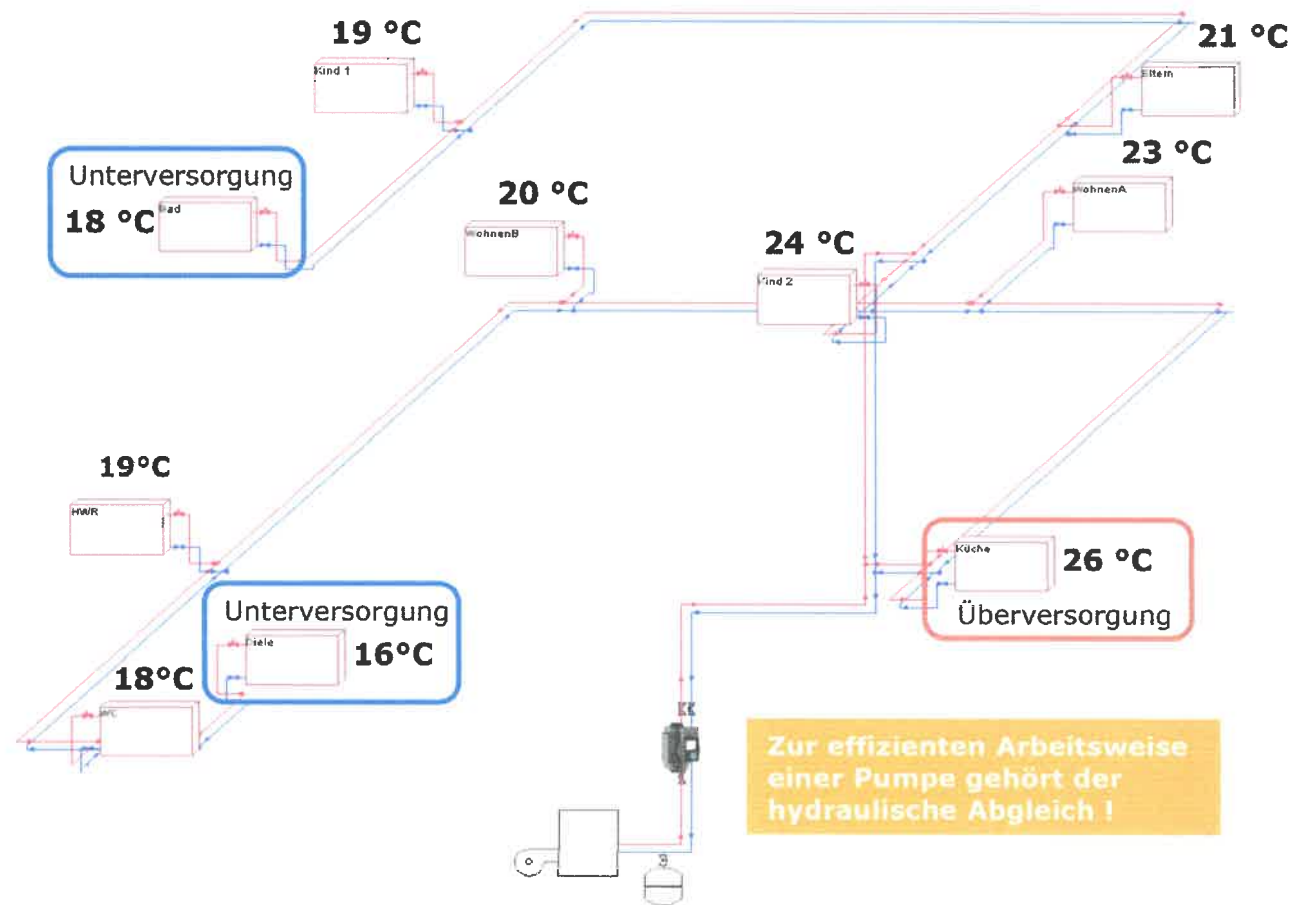
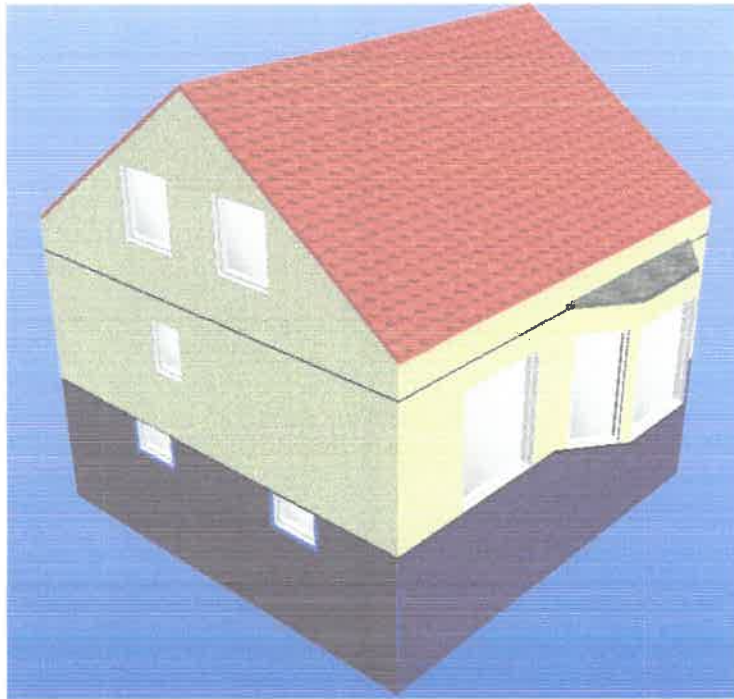
= Längster Rohrleitungsweg  
= 58m

$$\underline{dp_{VR} = R * l * F = Pa}$$

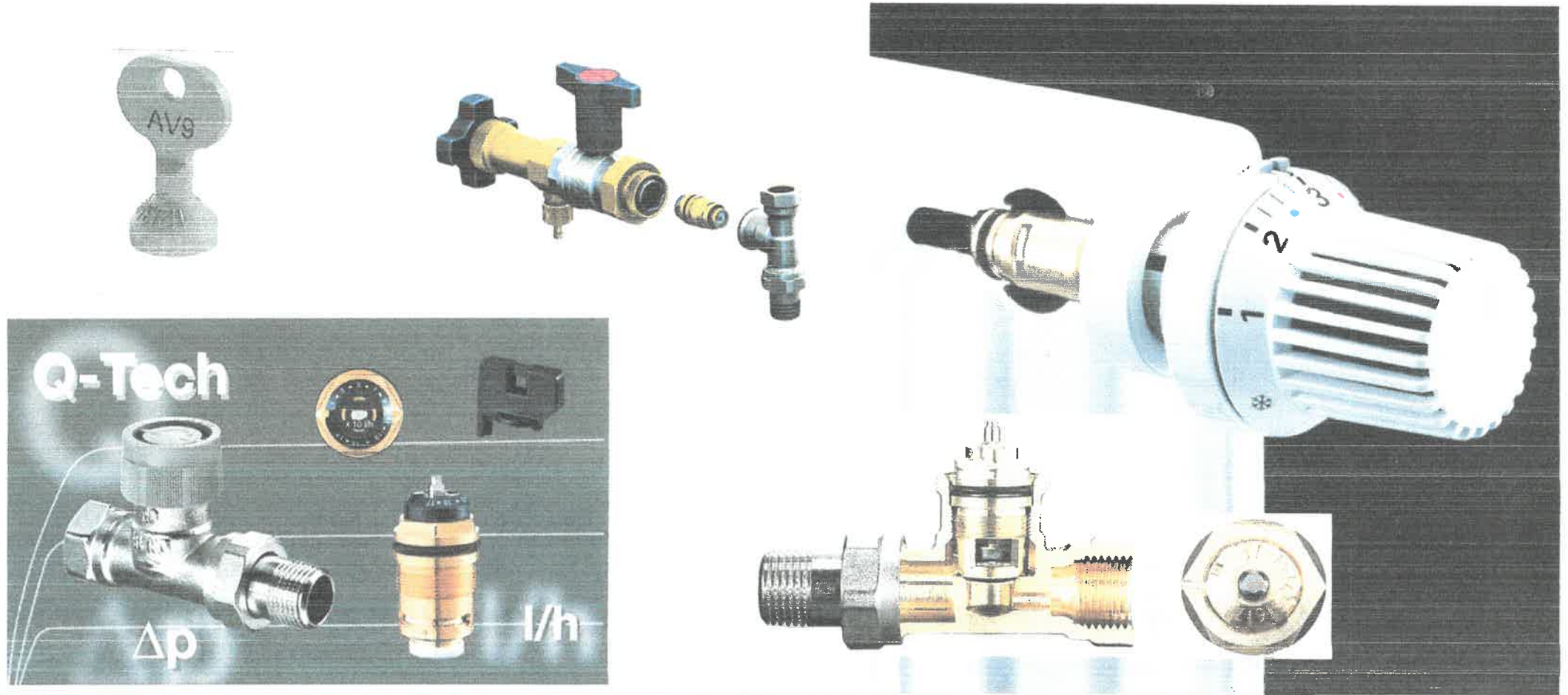
$$\underline{dp_{VR} = 100 Pa * 58 m * 1,3 = 7.540 Pa / 75,4 mbar}$$



# Wilo-Brain: Einfamilienhaus Baujahr 1984 - Berechnung



# Das „A“ und „O“ der Hydraulik - Der Hydraulische Abgleich



## $\Delta p$ über das Thermostatventil

In welchem Differenzdruck- Bereich soll das Thermostatventil arbeiten ?

Physikalische Eckdaten:

- Geräusche können bei ca. 150 - 250 mbar beginnen ( je nach Ventiltyp )
- Minstdifferenzdruck zur Sicherung einer Regelautorität ca. 50 mbar

→ Mittlerer Auslegungsdifferenzdruck = 80 mbar

→ Maximaler Differenzdruck am Thermostatventil von 150 mbar zur Vermeidung von Fließgeräuschen (auch im Teillastbereich)



# Wilo-Brain: Einfamilienhaus Baujahr 1984 - Berechnung

## Erdgeschoss:

Raum	Wohn- fläche	Wärm- ebedarf f	Durch- fluss	Ventil- vorein- stellung	Ventil- -Typ
	m <sup>2</sup>	W	l/h	Nr. kv	
Wohnen / Diele	30,39	3039	87 87	5,5 5,5	AV9 AV9
Ess- zimmer	12,81	1281	74	5	AV9
Küche	7,51	751	43	3 (0,13)	AV9
Büro	15,61	1561	90	5,5	AV9
Bad / WC	5,90	590	34	2,5	AV9
Gäste- zimmer	11,58	1158	66	4,5	AV9
Treppen- haus	9,42	942	54	4	AV9
<b>Summe</b>	<b>93,22</b>	<b>9322</b>	<b>535</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

## Dachgeschoss:

Raum	Wohn- fläche	Wärme- bedarf	Durch- fluss	Ventil- vorein- stellung	Ventil- -Typ
	m <sup>2</sup>	W	l/h	Nr. kv	
Schlaf- zimmer	28,70	2870	83 83	5,5 (0,28) 5,5	AV9 AV9
Bad / WC	5,33	533	31	2,5 (0,11)	AV9
Kinder- zimmer1	16,15	1615	93	6	AV9
Kinder- zimmer2	12,11	1211	69	5	AV9
Flur	5,17	517	30	2,5	AV9
<b>Summe</b>	<b>67,46</b>	<b>6746</b>	<b>389</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Gebäude Gesamt:

Zu beheizende Fläche: 160,68 m<sup>2</sup>

Heizlast:  
16,07kW

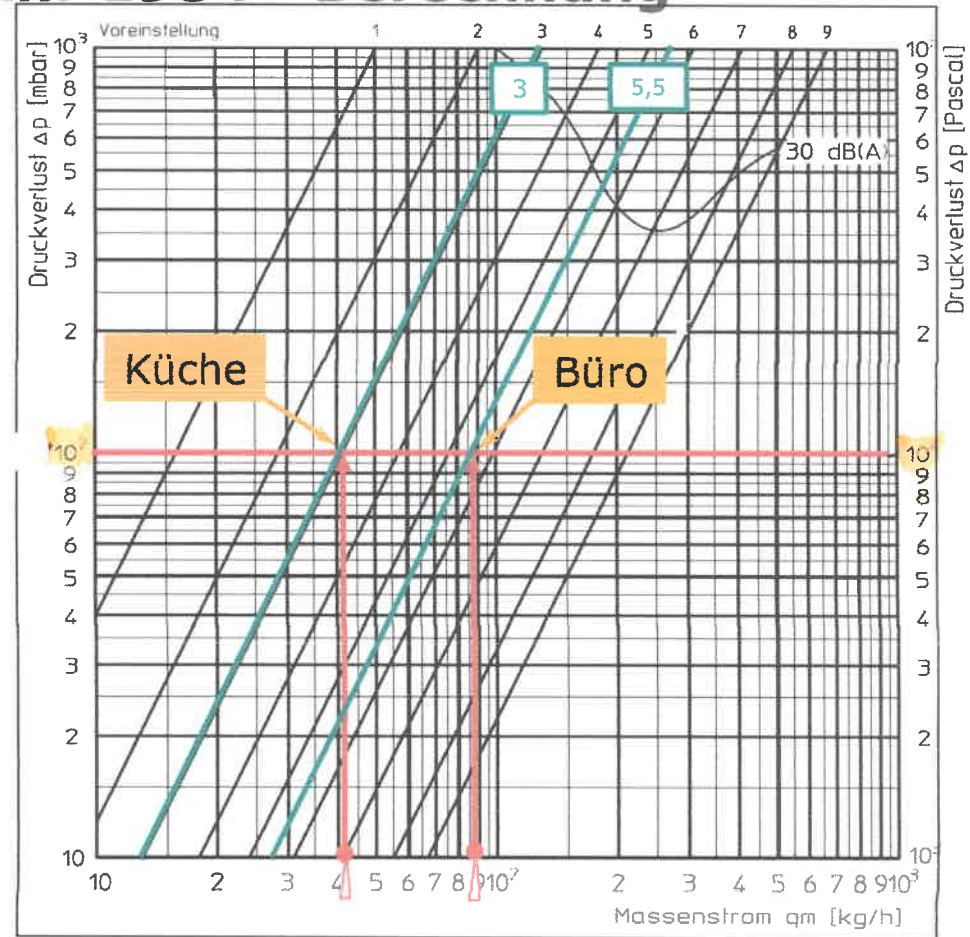
Volumenstrom  
V = 0,924m<sup>3</sup>/h (70/55)



# Wilo-Brain: Einfamilienhaus Baujahr 1984 - Berechnung

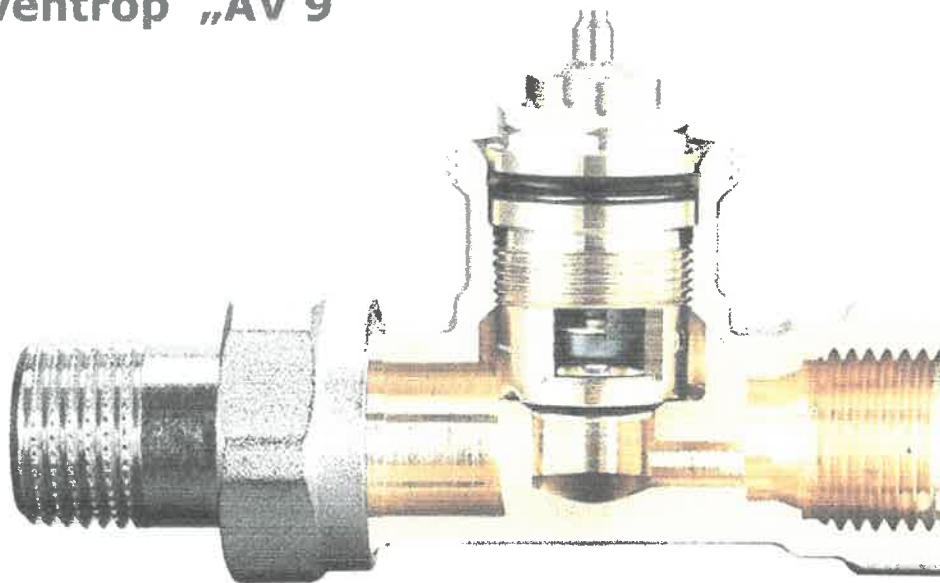
## Erdgeschoss:

Raum	Wohn- fläche	Wärm- bedarf f	Durch- fluss	Ventil- vorein- stellung	Ventil- -Typ
	m <sup>2</sup>	W	l/h	Nr. (kv)	
Wohnen / Diele	30,39	3039	87 87	5,5 5,5	AV9 AV9
Ess- zimmer	12,81	1281	74	5	AV9
Küche	7,51	751	43	3 (0,13)	AV9
Büro	15,61	1561	90	5,5 (0,21)	AV9
Bad / WC	5,90	590	34	2,5	AV9
Gäste- zimmer	11,58	1158	66	4,5	AV9
Treppen- haus	9,42	942	54	4	AV9
<b>Summe</b>	<b>93,22</b>	<b>9322</b>	<b>535</b>	-	-

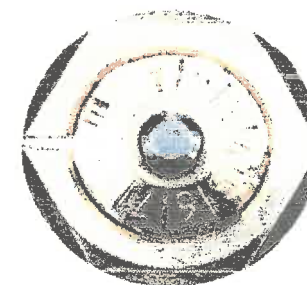


**Effektiv: Küche = 109 mbar; Büro = 107 mbar**

## Oventrop „AV 9“



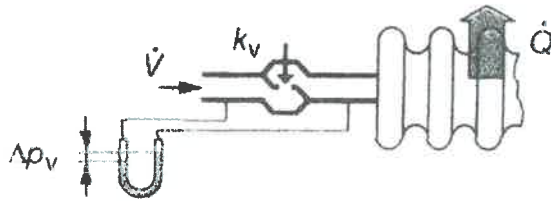
Einstellkrone



voreinstellbares Thermostatventil für Zweirohrheizungsanlagen  
mit Zwischenstellungen haben wir 17 Einstellwerte

Voreinstellung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
kv-Werte „AV9“	0,05	0,09	0,13	0,18	0,24	0,31	0,41	0,55	0,67

## Ventilkennwert (Durchlasswert - Beispiel) und hydraulischer Widerstand von Stellventilen - Ventilautorität



Der  $k_v$ -Wert gibt den  
Volumenstrom in  $m^3/h$  bei einem  
Druckverlust im Ventil von 1 bar  
(= 100 000 Pa) an.

- hydraulischer  
Widerstand  
für Stellventile:

$$C = \frac{1 \text{ bar}}{k_v^2}$$

$$k_v = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{1 \text{ bar}}{\Delta p_v}} = V_{100} (m^3/h) * \sqrt{100 \text{ kPa} / dp (kPa)}$$

### Merke:

Der  $k_v$ -Wert wird vom Hersteller  
gemessen und ist ein Produktwert.

Liegt an einem Ventil ein geringerer  
Differenzdruck an, fließt ein geringerer  
Volumenstrom ( $k_v$  ist gleich!)

Oder: fließt durch ein Ventil ein  
geringerer Volumenstrom als auf dem  
Prüfstand, fallen weniger als 100.000  
Pa Druck ab ( $k_v$  ist gleich!)

## Gleichungen zur Ermittlung des $V_{100}$ , $dpv_{100}$ und $kvs/kv$ :

### A.) Vorzugsweise mit dem Ventil-Rechenschieber!

#### B.) Rechnerisch praktikabel.

bei  $V_{100}$  in  $m^3/h$ ,  $dpv_{100}/dp$  in kPa und  $kvs/kv$  in  $m^3/h$

a.)  $V_{100} = kvs \cdot \sqrt{dpv_{100} / 100 \text{ kPa}};$

b.)  $dpv_{100} = 100 \text{ kPa} \cdot (V_{100} / kvs)^2;$

c.)  $kvs = V_{100} \cdot \sqrt{100 \text{ kPa} / dpv_{100}};$

#### C.) Rechnerisch weniger praktikabel

bei  $V_{100}$  in  $m^3/h$ ,  $dpv_{100}/dp$  in bar und  $kvs/kv$  in  $m^3/h$

a.)  $V_{100} = kvs \cdot \sqrt{dpv_{100}}$

b.)  $dpv_{100} = (V_{100} / kvs)^2;$

c.)  $kvs = V_{100} / \sqrt{dpv_{100}};$

### D.) Ermittlung des $dpvar$ ( $dpmv$ ), $av(Pv)$ und $dpv_{100}$

bei  $dpvar$  in kPa und  $dpv_{100}$  in kPa

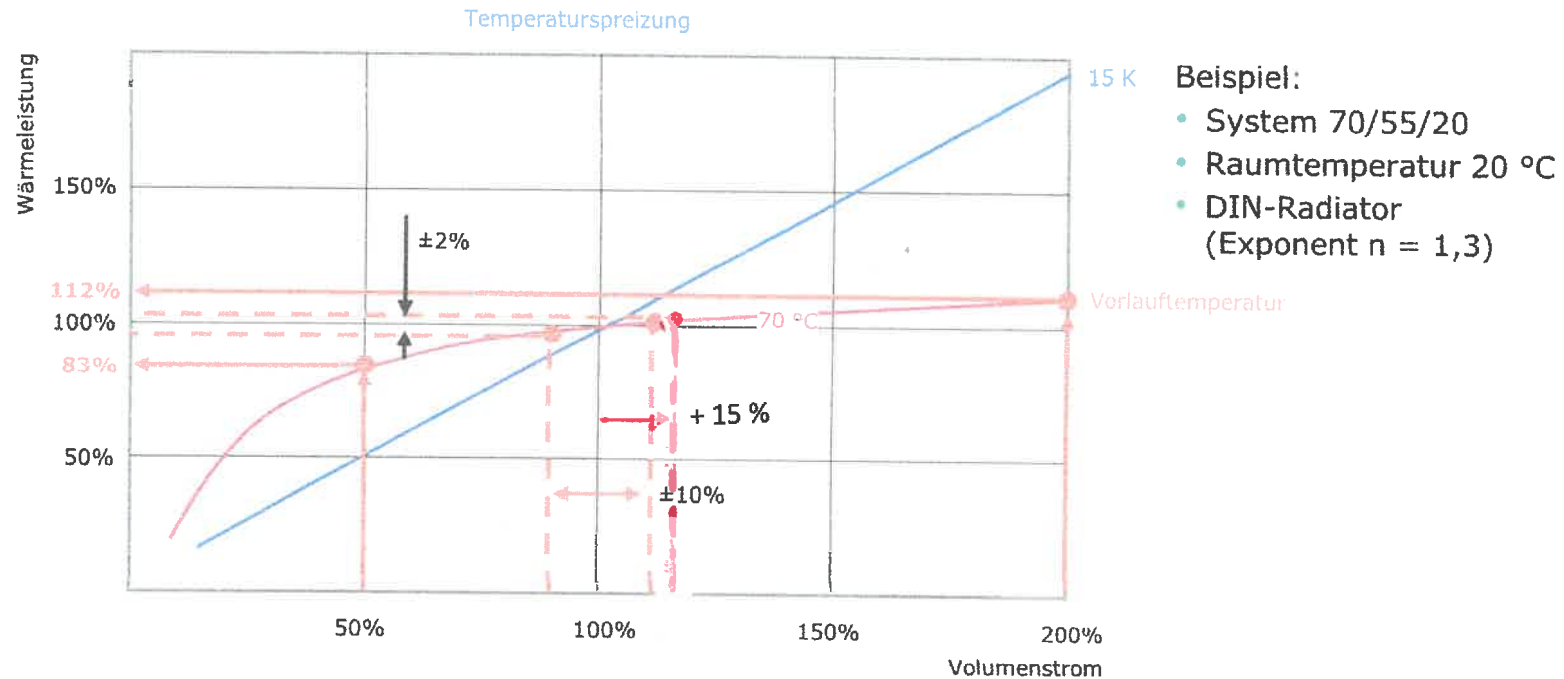
a.)  $dpvar = (1 - av) \cdot dpv_{100} / av;$

b.)  $dpv_{100} = av \cdot dpvar / (1 - av);$

c.)  $av = dpv_{100} / (dpv_{100} + dpvar).$

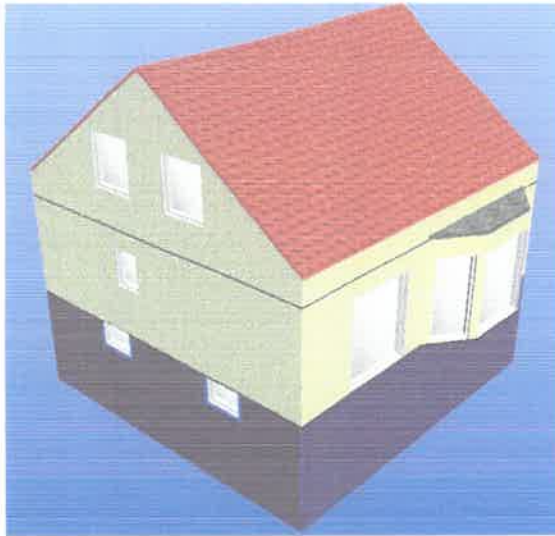
# Hydraulik: Heizkörper-Betriebsdiagramm

## Leistungsabgabe am Heizkörper





# Wilo-Brain: Einfamilienhaus Baujahr 1984 - Berechnung



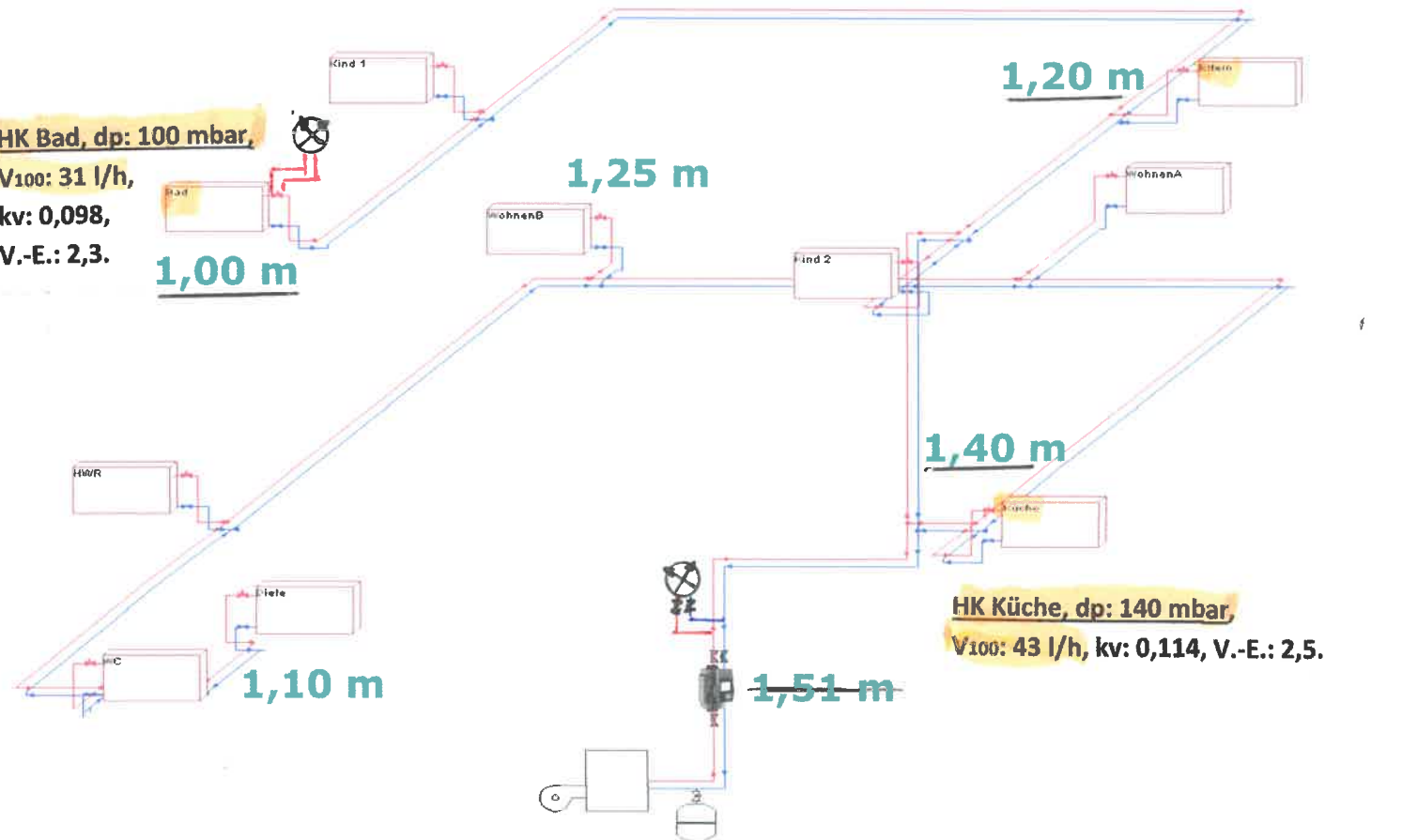
**HK Bad, dp: 100 mbar,**

**V<sub>100</sub>: 31 l/h,**

**kv: 0,098,**

**V.-E.: 2,3.**

**1,00 m**



**HK Eltern, dp: 120 mbar,**

**V<sub>100</sub>: 83 l/h, kv: 0,24, V.-E.: 5,0.**

**1,20 m**

**1,25 m**

**1,40 m**

**HK Küche, dp: 140 mbar,**

**V<sub>100</sub>: 43 l/h, kv: 0,114, V.-E.: 2,5.**

**1,51 m**

## Legende HK Bad:

$$kv = V_{100} * \sqrt{100 \text{ kPa} / dp} =$$

$$0,031 \text{ m}^3/\text{h} * \sqrt{100 \text{ kPa} / 10 \text{ kPa}} = \underline{0,098}$$

manfred-kamrath@t-online.de

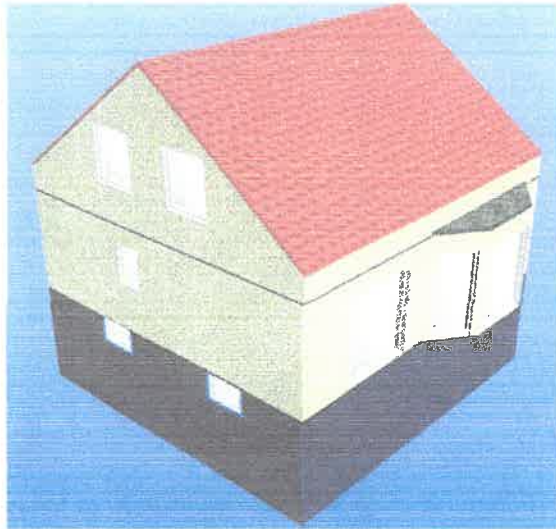
**Anmerkung:** Bei der Auslegung der Förder-Höhe der Pumpe wurde der Druckverlust des Wärmeerzeugers nicht berücksichtigt. Dieser liegt in der Regel zwischen 50 und 100 mbar.

Damit müsste die F.-H. bei ca. 2 bis 2,5 m liegen!

Juni 2025

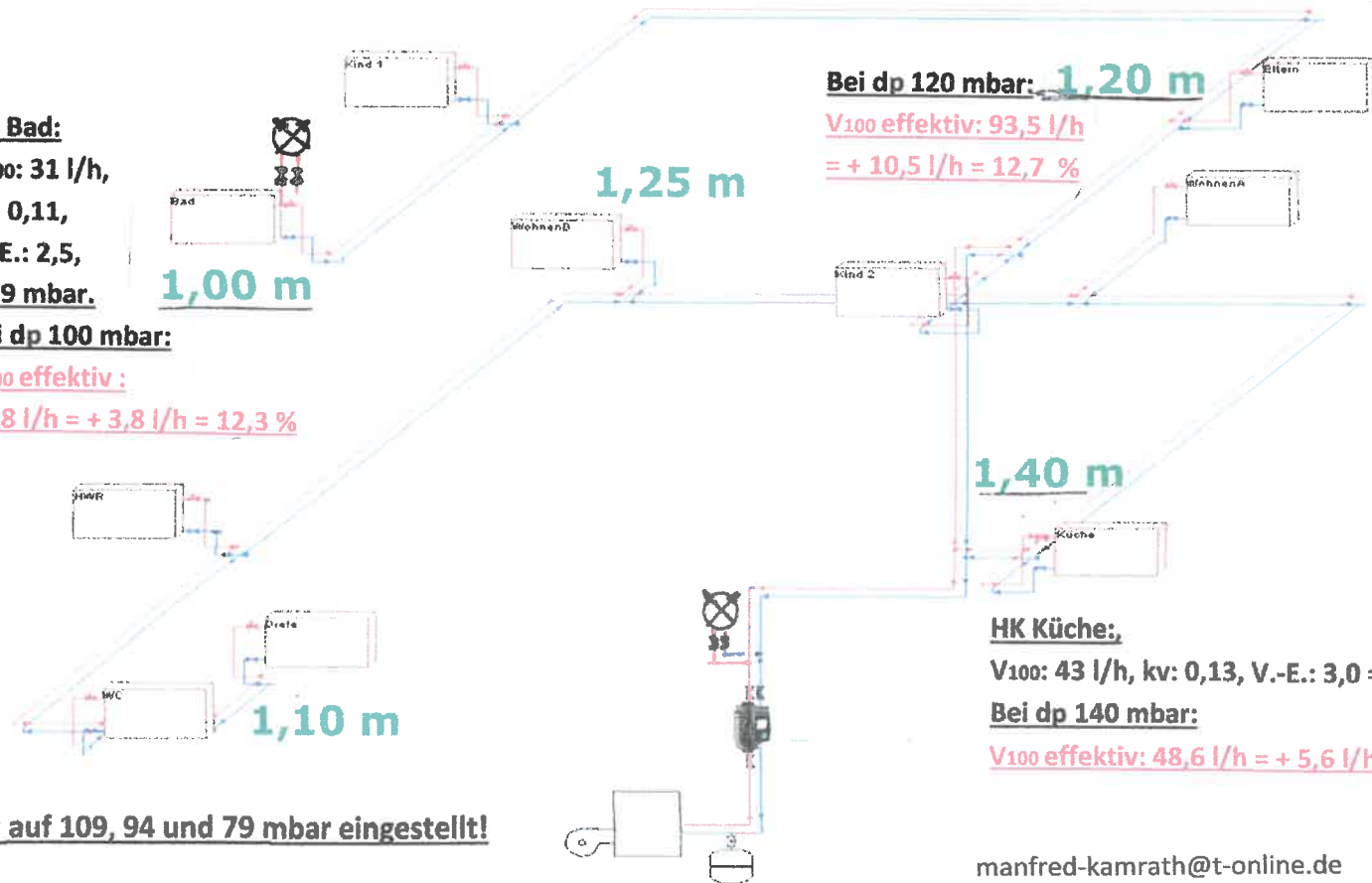


# Wilo-Brain: Einfamilienhaus Baujahr 1984



**HK Bad:**  
 $V_{100}$ : 31 l/h,  
 kv: 0,11,  
 V.-E.: 2,5,  
 = 79 mbar.

Bei dp 100 mbar:  
 $V_{100}$  effektiv :  
 34,8 l/h = + 3,8 l/h = 12,3 %



**HK Eltern:**  
 $V_{100}$ : 83 l/h, kv: 0,27, V.-E.: 5,5 = 94 mbar.

Bei dp 120 mbar: **1,20 m**  
 $V_{100}$  effektiv: 93,5 l/h  
 = + 10,5 l/h = 12,7 %

**HK Küche:**  
 $V_{100}$ : 43 l/h, kv: 0,13, V.-E.: 3,0 = 109 mbar.  
 Bei dp 140 mbar:  
 $V_{100}$  effektiv: 48,6 l/h = + 5,6 l/h = 13 %

Die ausgelegten Thermostat-Ventile sind auf 109, 94 und 79 mbar eingestellt!

manfred-kamrath@t-online.de

Anmerkung zum max.  $V_{100}$  mit 115 % und dem min.  $V_{100}$  mit 90 % an den Th.-V.  
Beispiel HK Küche: Bei **115 %** würden bei einem  $V_{100}$  mit 43 l/h = **49,5 l/h** fließen!  
 Demnach dürfte hier nur ein max. dpvr =  $100 \text{ kPa} \cdot (V_{100}/kv)^2 =$   
 $100 \text{ kPa} \cdot (0,0495 \text{ m}^3/\text{h} / 0,13)^2 = 14,5 \text{ kPa} / \text{145 mbar}$  am Th.-V. anstehen!  
 Mit dem gleichen Rechenweg würden bei **90 %** = **38,7 l/h** fließen und sich hierbei  
 ein minimales dpvr von 89 mbar an dem Th.-V. ergeben!  
 Wenn das dpvr diesen Anforderungen nicht entspricht, muss ein anderer kv bzw.  
 Ventileinstell-Wert gewählt werden!

Für alle HK kommen jeweils noch zwei weitere  
(ein grösserer und ein kleinerer!)  
Ventileinstell (V.E.) bzw. kv-Wert in betracht!  
 Zum Bsp. beim HK Küche:  
 V.E.-W. 3,5/ kv 0,155 = dp 77 mbar und  
 V.E.-W. 2,5/ kv 0,11 = dp 153 mbar.  
 Hierzu muss jedoch das zugehörige dpvr  
 angepasst werden!

Juni 2025

7/13

## Hydraulischer Abgleich bei einem Heizkreis mit Heizkörper

347

### A.) Mit voreinstellbaren druckabhängigen (statischen) Thermostat-Ventilen.

1.) Hierzu sollten voreinstellbare Th.-V. schon eingebaut sein. Wenn nicht, ist der Einbau von druckunabhängigen Th.-V., wie in den Folien 7/17 und 7/18 aufgeführt, sehr zu empfehlen!

Es wäre von Vorteil, wenn eine Rohrnetzberechnung vorliegen würde! Wenn diese fehlt, sollte als Basis das dpvR des Rohrnetzes am Schlechtpunkt, ggf. am Ende des Rohrnetzes ermittelt werden.

Diese Messung könnte mit einem vorübergehend einzubauenden Demontageblock, einer Messspindel sowie dem Anschluss eines Differenz-Druck-Manometers (DDM) erfolgen! Alternativ mit dem Einbau eines Th.-V., dass diese Anschlussmöglichkeiten für den Anschluss für ein DDM schon hat!

Zu dem sollte ein DDM mit Messventilen in der Heizungszentrale nach der Pumpe zwischen dem Vor- und Rücklauf fest eingebaut werden!

Mit diesen beiden Messungen, könnten dann mit der Abschätzung der weiteren Druckverhältnisse des gesamten Rohrnetzes die Einstellung aller Th.-V. ermittelt werden!

Die Messungen und Einstellungen müssen bei geöffneten Th.-V. und bei max. Last bzw. dem zugehörigen Volumenstrom ausgeführt werden!

Als Beispiel wurden die Druckverhältnisse der Rohrnetze, wie in den Folien 7/12 und 7/13 mit 140....100 mbar aufgeführt, übernommen! Wenn möglich, ist hierzu zu empfehlen, das max. dpvR von 140 mbar auf ca. 100 mbar und das dpvR von 100 auf min. 50 mbar zu reduzieren!

7/14

2.) Idealer Weise sollte sich das einzustellende dp an den Th.-V. mit dem zugehörigen dpvr decken. In der Folie 7/12 ist dies der Fall, was in der Praxis kam möglich ist, da die kv und Einstell-Werte der Th.-V. ausser der Reihe eingestellt werden müssen! Es genügt, wenn ein gängiger Einstellwert gewählt wird! Um die max. Leistung der HK weitgehenst zu erhalten, sollte der Nenn- Volumenstrom an den Th.-V. zwischen 90 und 115 % liegen!

Bei einer Reduktion des V100 auf 90 %, reduziert sich das dp des Th.-V. um 18,4 %. Die Heizleistung des HK reduziert sich dabei um ca. 2 %. Folie 7/11.

Bei einer Erhöhung des Volumenstroms auf 115 % erhöht sich das dp des Th.-V. um 33 %. Die Heizleistung des HK erhöht sich dabei um ca. 2,3 %. Folie 7/11.

In der Folie 7/13 ist zu erkennen, dass an 3 HK an deren Th.-V. die relevanten Daten wie V100 und Ventil-Einstellwerte von der Folie 7/6 und hieraus der kv-Wert aus der Folie 7/8 übertragen wurde. (Dies betrifft auch die Th.-V. der restlichen HK! ) Durch das zu gering eingestellte dp an den Th.-V. gegenüber dem jeweiligen dpvr des Netzes, erhöht sich der Volumenstrom an jedem Th.-V. um ca. 13 % über dem notwendigen V100! Demgemäss erhöht sich das dp dieser Th.-V. um ca. 28 %. Das dpvr an den Th.-V. könnte demnach um bis max. 20 % reduziert werden! Das vorstehende zeigt, dass vor dem hydraulischen Abgleich, zumindest eine überschlägige Ermittlung des dpvr an den Anschlussstellen von jedem HK, erforderlich ist!

Wenn auch nur bei einem HK ein überhöhter Volumenstrom auftritt, ist deren dpvr zu ermitteln. Dies bei der Auslegung der F.-H. der Pumpe zu beachten!

Fazit: Wenn ein akzeptabler hydraulischer Abgleich vorgenommen wurde, sollte die Pumpe mit "Dynamik Adapt plus", wie auf der Folie 7/19 aufgeführt, betrieben werden!

Wenn der hydraulische Abgleich nicht richtig ausgeführt wurde, sollte die Pumpe mit "dp-v", wie in den Folien 7/20 und 7/21 aufgeführt, betrieben werden!

Hierbei ist zu beachten, dass bei Teillast und damit beim Schliessen der Th.-V., sich das dp an den Th.-V. stark erhöht! Damit steht bei Teillast meist ein höheres dp<sub>V</sub> des Netzes an den Th.-V. an als bei Nennlast!

Dies kann zu Fliessgeräuschen an den Th.-V. führen!

Dies speziell bei der Pumpeneinstellung dp-v, da sich hier die F.-H. der Pumpe im Teillastbereich nicht entsprechend dem steigenden dp der Th.-V. anpassen kann!

### **B.) Mit druckunabhängigen (dynamischen) Thermostat-Ventilen.**

Auf Grund des grossem Aufwands des hydraulischen Abgleichs mit statischen Th.-V. sollten diese gegen druckunabhängige Th.-V. ausgetauscht werden! Zum hydraulischen Abgleich ist hier nur der max. Volumenstrom einzustellen! Auf Grund des geringen Aufwand für den hydraulischen Abgleich, amortisieren sich diese Th.-V. in kurzer Zeit!

Beim Einbau dieser druckunabhängigen Th.-V. ist ein mindest Differenzdruck von 100 mbar vorzusehen!

Es ist dafür zu sorgen, dass am Schlechtpunkt immer ein minimales dp<sub>V</sub> 100 mbar vorhanden ist! Der hydraulische Abgleich erfolgt mit der Einstellung des Nennvolumenstroms an den Th.-V. (ohne Zuschläge!)

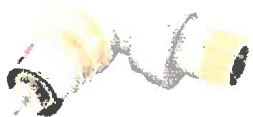
Die zugehörige Pumpe muss hierzu auf eine konstante F.-H. = dp-c, wie auf der Folie 7/21 aufgeführt, eingestellt werden!

## Tipp : Der Unterschied in der Auslegung



RA-DV

**Druckunabhängig:**  
min. 100 mbar (10 KPa)

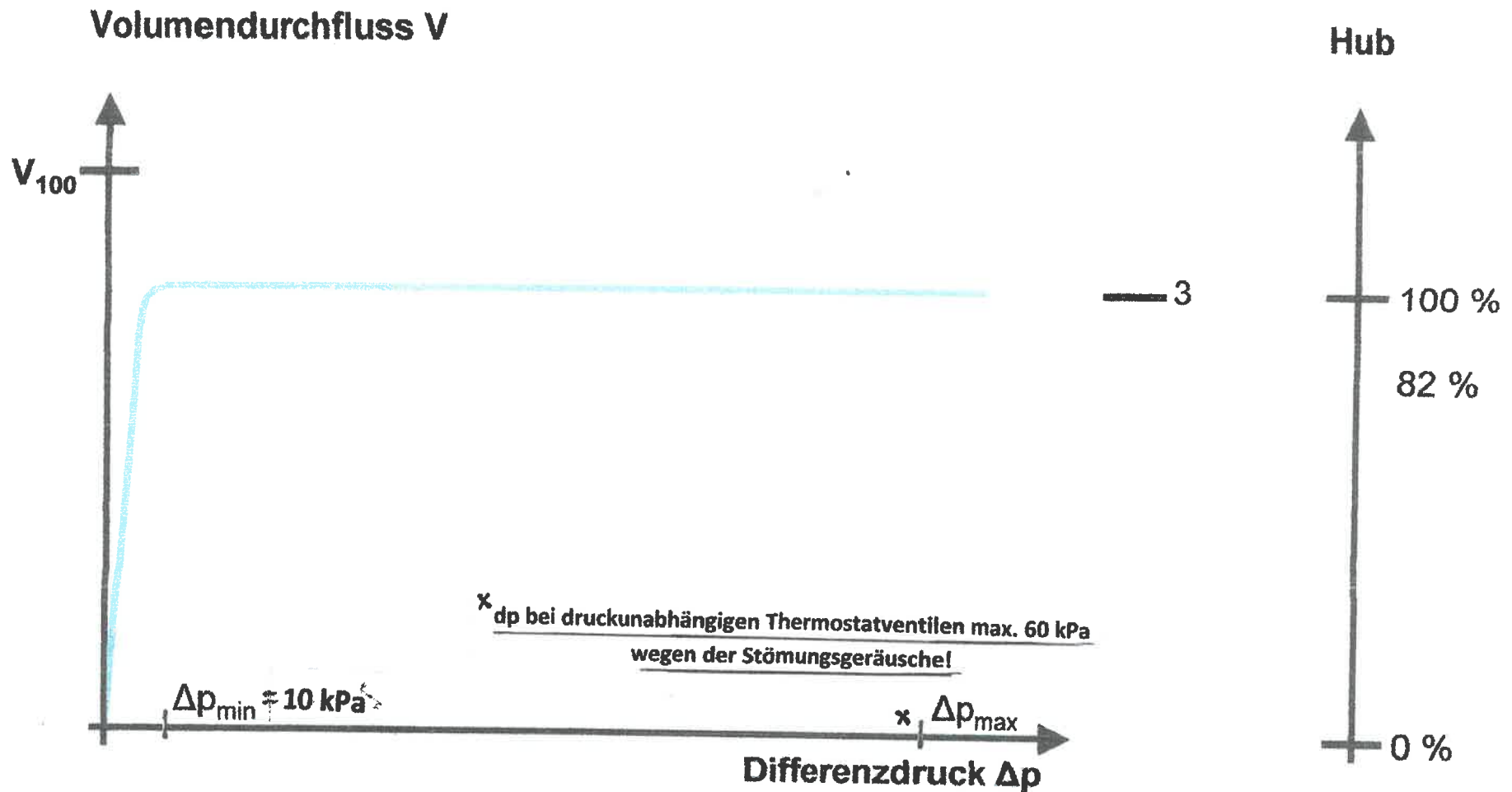


RA-N

**Druckabhängig:**  
Vorgabe 50 mbar (5KPa), ~~wenn~~  
~~möglich reduzieren~~

Eine Reduktion ist nicht zu empfehlen, da hiermit die Ventilautorität zu niedrig wird! Das dp sollte zwischen 50 und 100 mbar liegen!

# Volumendurchfluss in Abhängigkeit des Hubs und des Differenzdrucks



manfred-kamrath@t-online.de

Autor / RC-DE BT BAY

2/18



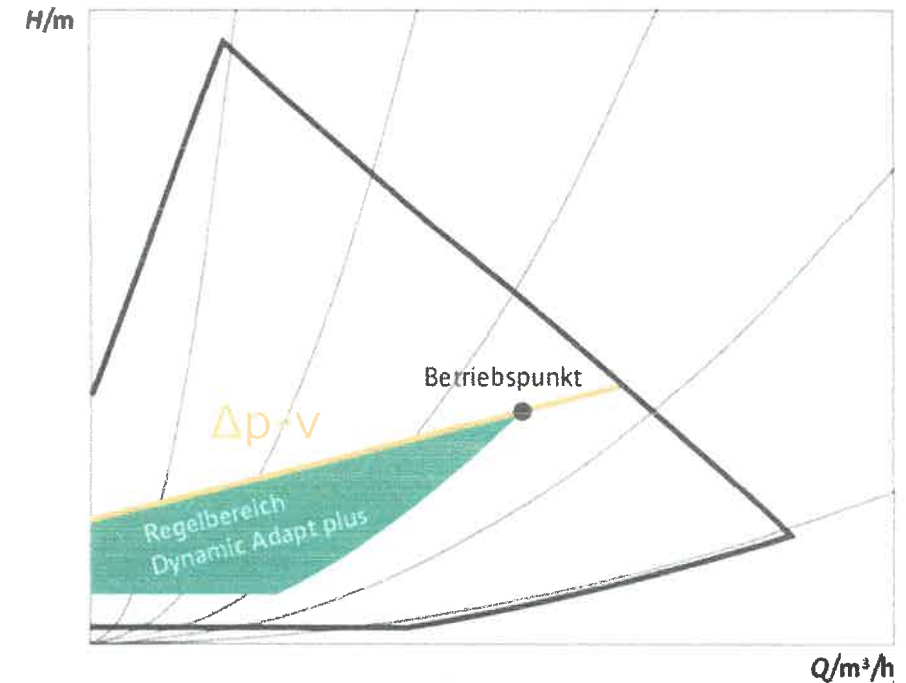
## Regelungsfunktion: **Dynamic Adapt plus** – Werkseinstellung !

### Bis zu 20 % Energieeinsparung im Vergleich zu $\Delta p-v$

Es muss keine Förderhöhe eingestellt werden.  
Die Anpassung an die Druckverhältnisse der Anlage erfolgt automatisch.

- Einsatzbereich:  
Verbraucherkreis mit angeschlossenen Heizkörpern, Fußbodenheizung, Lufterhitzern (Heizung) oder mit Fußboden-/Deckenregistern, Luft-Klima-Geräte (Kühlung)

Voraussetzung:  
Die Rohrnetze sind hydraulisch abgeglichen



# Die richtige Regelungsart.

System Heizkörper 70/55:

16,07 kW: ca. 0,92 m<sup>3</sup>/h

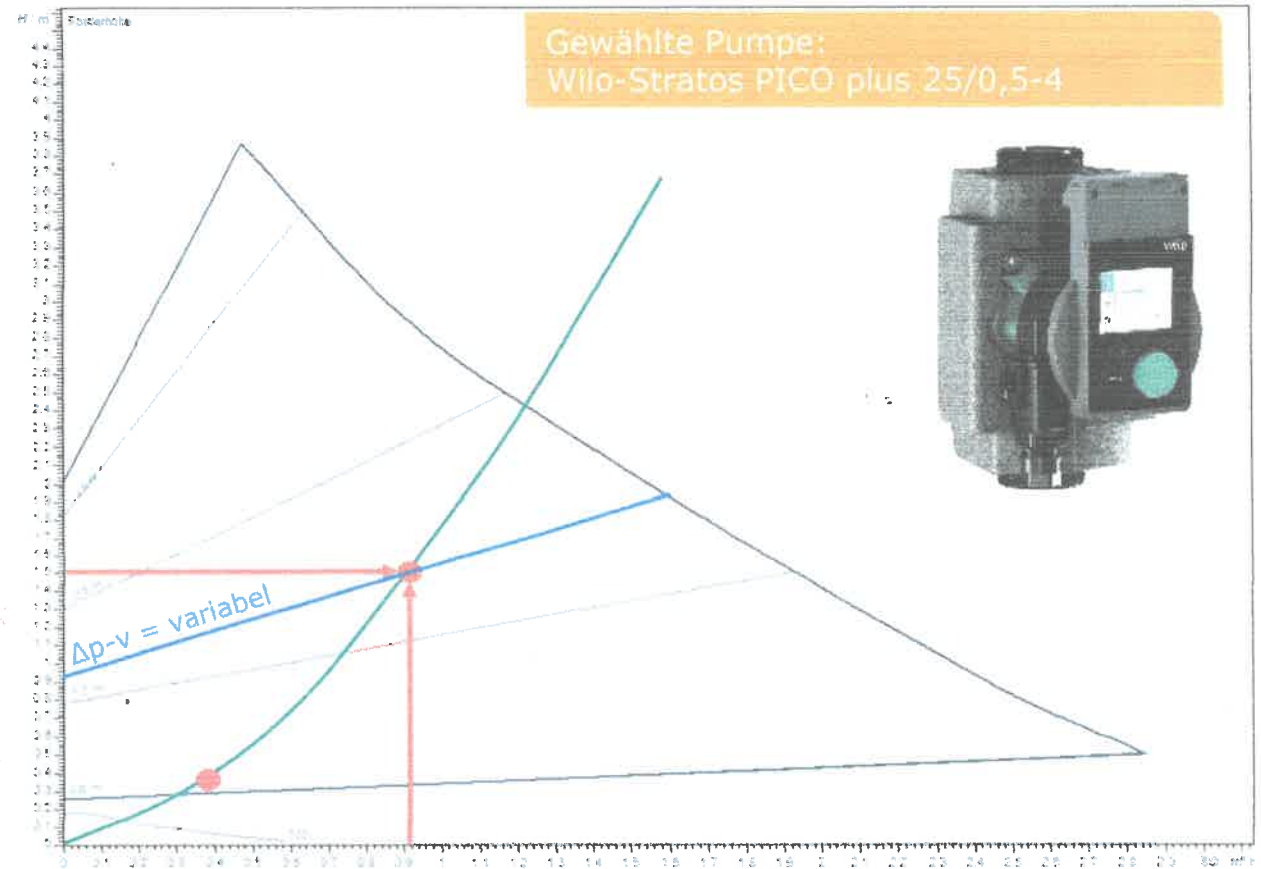
ca. 1,51 mWs

bei ca. 50% Leistung:

8 kW: ca. 0,451 m<sup>3</sup>/h

ca. 0,38 mWs

1/2 Volumenstrom  
=  
1/4 Differenzdruck



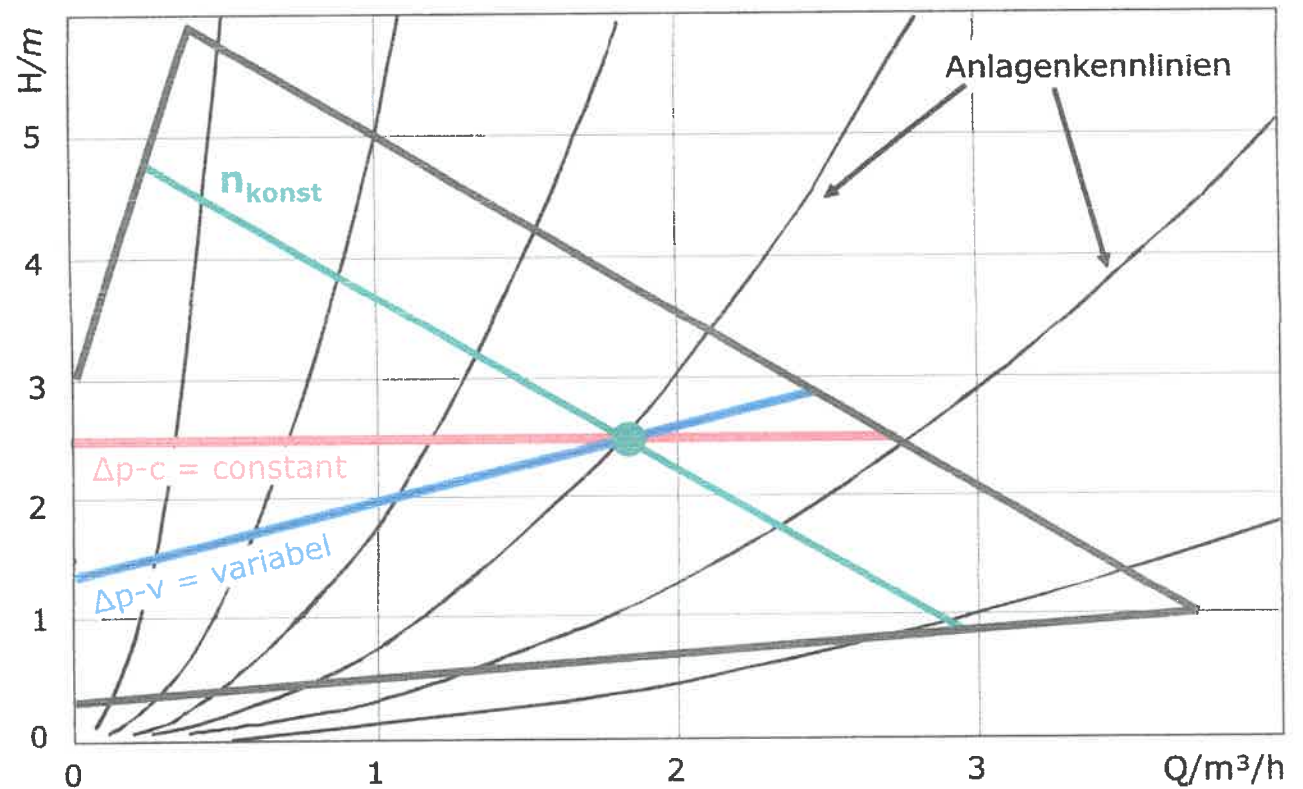
## Regelungsfunktionen: Wilo-Stratos PICO plus

**Konstantdrehzahl  $n_{\text{konst}}$**

(drei Stufen voreingestellt oder  
freie Wahl der Drehzahl)

**Konstanter Druck  $\Delta p\text{-c}$**

**Variabler Druck  $\Delta p\text{-v}$**





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

**Manfred Kamrath**

## Kapitel 5: Hydraulische Schaltungen in der Heizungstechnik.

### Teil 8.) Hydraulische Schaltungen mit dem Einbau von statischen kvs- Regel-Ventilen.

8.1.) Wärmeübertrager mit Kennlinien.

8.2.) Sonstige hydraulische Kennlinien.

8.3.) Hydraulische Funktion von HLK- Anlagen interpretieren.

8.4.) Beschreibung der Begriffe: Druckloser und druckbehafteter Verteiler dpvR, mengenvariabler dpmv (dpvar) und konstanter Druckverlust dpK, Nennvolumenstrom V<sub>100</sub> (V), kv und kvs- Wert in m<sup>3</sup>/h bei 1 bar!, Wärmeübertrager-Wert aw (a), Ventilautorität av (Pv), Strecken Kennlinie mit dem ermittelten ks-Wert, Förder-Höhe einer Pumpe mWs, Pumpenkennlinien: Konstante Drehzahl n-c, konstanter Druck (mit und ohne DDG!) dp-c, variabler Druck dp-v, variabler Druck einstellbar dp-v und automatisch angepasster Druck Dynamic Adapt plus.

8.5.) Beurteilung der Funktion und Energieeffizienz von verschiedenen hydraulischen Schaltungen.

## Kapitel 5: Hydraulische Schaltungen in der Heizungstechnik.

Teil 9.) Auslegung von 3-Weg Mischventilen in eine Muster-Hydraulik bestehend aus einem druckarmen Verteiler mit dem Anschluss von 2 Heizkreisen, 1\* Heizkörper und 1\* Fussbodenheizung. Diese werden über die Aussentemperatur geregelt.

9.1.) Der Hkr.1 für die Heizkörper wird mit einer Beimischschaltung geregelt.

9.2.) Der Hkr. 2 für die Fussboden-Heizung wird über eine doppelte Beimischschaltung (fester Vormischung!) geregelt.

9.3.) Für beide Heizkreise wird der Wärmeübertrager-Wert  $a_w$ , der mengenvariable Druckverlust  $d_{pmv}$  ( $d_{pvar}$ ), der Nenn-Volumenstrom  $m^3/h$  und damit der kvs-Wert der 3-Weg-Mischventile sowie deren Druckverlust  $d_{pv100}$  ermittelt. Mit dem  $d_{pmv}$  und dem  $d_{pv100}$  wird die Ventilautorität  $a_v$  ( $P_v$ ) ermittelt.

Mit der Ventilautorität  $a_v$  und dem Wärmeübertrager-Wert  $a_w$  wird über ein Diagramm die Ventilcharakteristik und die Streckenkennlinie und hieraus der  $k_s$ -Wert ermittelt.

9.4.) Für den Fussboden-Heizkreis wird für das Beipass-Regulierventil (Drossel!) der Volumenstrom  $V_{100}$  und damit das  $d_p$  dieses Ventils ermittelt

9.5.) Desweiteren wird den Seminarteilnehmern die Funktion des Ventil-Rechenschiebers vermittelt.



## **Kapitel 4: Optimierung von Heizungsanlagen.**

### **Teil 10.) Hydraulische Weiche vs. Puffer-Speicher.**

10.1.) Die Funktion der Hydraulischen Weiche.

10.2.) Die Funktion eines Puffer-Speicher.

10.3.) Die Funktion eines Puffer-Speicher bei einer Hybrid-Anlage.

## **Kapitel 5: Hydraulische Schaltungen in der Heizungstechnik.**

### **Teil 11.) Die moderne Hydraulik in der Gebäudetechnik mit druckunabhängigen/ dynamischen Ventilen (PICV)**

11.1.) Vergleich von statischen kvs Ventilen, mit Differenzdruck-Regelventilen und druckunabhängigen Ventilen (PICV)

11.2.) Differenzdruckhaltung mit einem externen Differenz-Druck-Geber (DDG) für einem Verteiler/Sammler =  $dp_{VR}$

11.3.) Beim Einbau von druckunabhängigen Regel-Ventilen (PICV) sind Energieeinsparungen gegenüber statischen kvs Regel-Ventilen bis zu 30 % möglich. Desweiteren haben diese R.-V. gegenüber R.-V. mit einem kvs-Wert viele Vorteile.

11.4.) Hydraulischer Abgleich mit dem Einbau von druckunabhängigen Regel-Ventilen in Einrohrheizungen.  
(Siehe auch Teil 2.)

## **Kapitel 6: Hydraulischer Abgleich in der Heizungstechnik.**

### **Teil 12.) Der Hydraulischer Abgleich mit festen (druckabhängigen) und dynamischen (druckunabhängigen) Ventilen.**

- 12.1.) Funktion und Einstellung des kv-Werts eines statischen Strangregulierungsventils über ein Nomo- oder einem Durchfluss-Diagramm sowie rechnerisch.
- 12.2.) Einregulierung mit dem Differenzdruck-Messcomputer.
- 12.3.) Erfassen der Widerstände im System.
- 12.4.) Einstellung und Funktion eines Differenzdruckregelventils als Strangregulierungsventil.
- 12.5.) Ermittlung des Differenzdrucks im Auslegungsfall sowie im Teillastbereich beim Einbau eines statischen Strangregulierungsventils.
- 12.6.) Wie vor jedoch mit einem Differenzdruckregelventil als Strangregulierungsventil.
- 12.7.) Vergleich von statischen und dynamischen Thermostatventilen.
- 12.8.) Beispiel einer Fussbodenheizung mit dem hydraulischen Abgleich.