



BUNDESFACHSCHULE

KÄLTE - KLIMA - TECHNIK



LANDESINNUNG

KÄLTE - KLIMA - TECHNIK  
HESSEN-THÜRINGEN/BADEN-WÜRTTEMBERG



EUROPÄISCHE STUDIENAKADEMIE

KÄLTE - KLIMA - LÜFTUNG

# KÄLTEBLICK live



**Hydraulischer Abgleich in Rohrleitungsnetzen-  
Aufwand und Nutzen**



## Motivation für diesen Vortrag

In Kälte- und Klimaanlageanlagen insbesondere aber auch in Wärmepumpensystemen ist die Abstimmung der parallel geschalteten Erzeuger- und Verbraucherkreislaufteile von hoher Bedeutung für die Leistungsfähigkeit dieser Teilabschnitte.

Damit jedes Kälteerzeugungs- und Anwendungsbauteil bestimmungsgemäß funktioniert, ist dafür zu sorgen, dass der notwendige Teilmassen- bzw. Volumenstrom auch tatsächlich fließen kann. Im Vortrag werden praxistaugliche Mittel und Methoden aufgezeigt und erläutert.

# Inhalt

## 1. Technischer Hintergrund

Technisch- physikalische Begründung

## 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

Berechnungsverfahren

## 3. Bauteile zur Realisierung

- Normative Grundlagen

- DIN V 18599-5

Im Rahmen des Energiebedarfsausweises kann der hydraulische Abgleich durchgeführt werden. Beim Neubau ist die Durchführung des Hydraulischen Abgleichs für die Erstellung des Energieausweises notwendig.

- VDMA 24199

Regelungstechnische Anforderungen an die Hydraulik bei Planung und Ausführung von Heizungs-, Kälte-, Trinkwarmwasser- und raumluftechnischen Anlagen

- VOB Teil C, DIN 18380

Gemäß dieser Verordnung ist der hydraulische Abgleich vorgesehen.

- EN 14336

Heizungsanlagen in Gebäuden – Installation und Abnahme von Warmwasser- Heizungsanlagen (Anhang G)

- VDI 2073 Blatt 2

„Hydraulik in Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung; Hydraulischer Abgleich“. Die Richtlinie ist anzuwenden auf die Auslegung neuer und die Nachrechnung bestehender Verteilsysteme zur Wärme- und Kälteversorgung in heiz- und raumluftechnischen Anlagen.



- Probleme durch Nichtbeachtung des hydraulischen Prinzips

Die Probleme sind vielfältig, wenn das physikalische Prinzip nicht beachtet wird. Dabei ist der Aufwand für Planung und Durchführung des hydraulischen Abgleichs oft erheblich geringer, als der Aufwand für die Behebung der sich einstellenden Probleme.

- Unterversorgung/Übersorgung

Wasser nimmt immer den Weg des geringsten Widerstandes. Dadurch werden pumpennahe Wohnungen oder Räume übersorgt, weiter entfernt liegende Verbraucher werden unterversorgt

- Kesselleistung des Systems reicht aus, trotzdem unzureichende Leistung.

Durch ungünstige Betriebsbedingungen (durch fehlenden hydraulischen Abgleich) wird die erforderliche Vorlauftemperatur nicht erreicht.

- Unzureichende Versorgung im Nennlastbetrieb (Volllast)

Wenn ein hoher Gleichzeitigkeitsfaktor der Verbraucher besteht

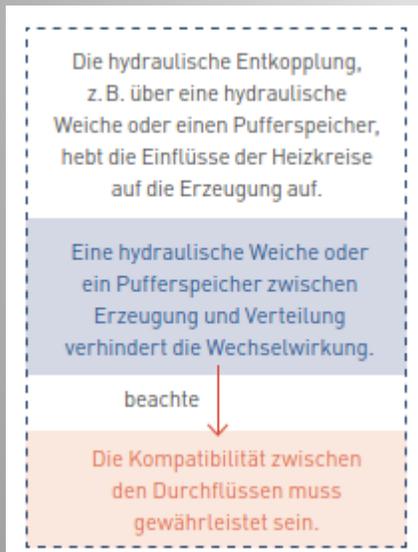
- Verzögertes Wiederaufheizen

Nach Betriebsunterbrechung oder nach Absenkphasen

- Schlechte Regelbarkeit

Schwankende Differenzdrücke sind ungünstig für Regelarmaturen (schlechte Regelgüte)

- Weitere Aspekte für eine einwandfreie Funktion der Anlagenhydraulik
  - Der Nenndurchfluss muss an allen Verbrauchern bei Volllast zur Verfügung stehen.
  - Der Differenzdruck über den Regelventilen, (z. B. Thermostatventile) darf nicht zu stark schwanken.
  - Die Ventile müssen geeignet und richtig dimensioniert sein.
  - Der Durchfluss muss an allen Systemschnittstellen (z. B. hydraulische Weiche) kompatibel sein.
  - Der statische Druck im System muss stabil sein (funktionierende Druckhaltung).
  - Das System muss frei von Luft und Schlamm sein (z. B. Wasserbeschaffenheit nach VDI 2035).



### Hydraulische Kompatibilität

Wärmeerzeuger können bei zu geringer Durchströmung, z. B. durch zu große Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf, ihre Leistung nicht vollständig abgeben.

Bei zwei Wärmeerzeugern mit z. B. je einer eigenen Pumpe kann es vorkommen, dass bei Abschaltung des einen Wärmeerzeugers, der andere mit zu hohem Durchfluss betrieben wird. Das hat negativen Einfluss auf die Vorlauftemperatur. Die so genannte hydraulische Wechselwirkung zwischen parallel geschalteten Einheiten tritt auf, wenn diese sich einen gemeinsamen Widerstand (Heizkreis/e) teilen. Je höher dieser Widerstand, umso größer die gegenseitige Beeinflussung der Einheiten.



- Förderprogramme
  - Die Beheizung von Gebäuden ist ein großer Faktor im deutschen Energieverbrauch. Sie birgt große Einsparpotentiale, denn jede zweite Heizungsanlage in Deutschland ist älter als 20 Jahre. Ab einem Alter von 15 Jahren gelten Heizungsanlagen als energetisch ineffizient.
  - Um dieses Potential durch energetische Modernisierung von Bestandsgebäuden zu heben, wurden von der Bundesregierung umfangreiche Förderprogramme zur energetischen Gebäudesanierung angestoßen. In Förderprogrammen des Bundes zur Modernisierung und Erneuerung von Heizsystemen ist die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs zwingend erforderlich.
  - Alle aktuellen Förderkonditionen und VdZ-Formulare zur Bestätigung des hydraulischen Abgleiches können auf der Website [www.vdzev.de](http://www.vdzev.de) abgerufen werden. Aktuelle Informationen rund um die Förderung von Heizungsmodernisierungen findet man auf [www.intelligent-heizen.info](http://www.intelligent-heizen.info) .





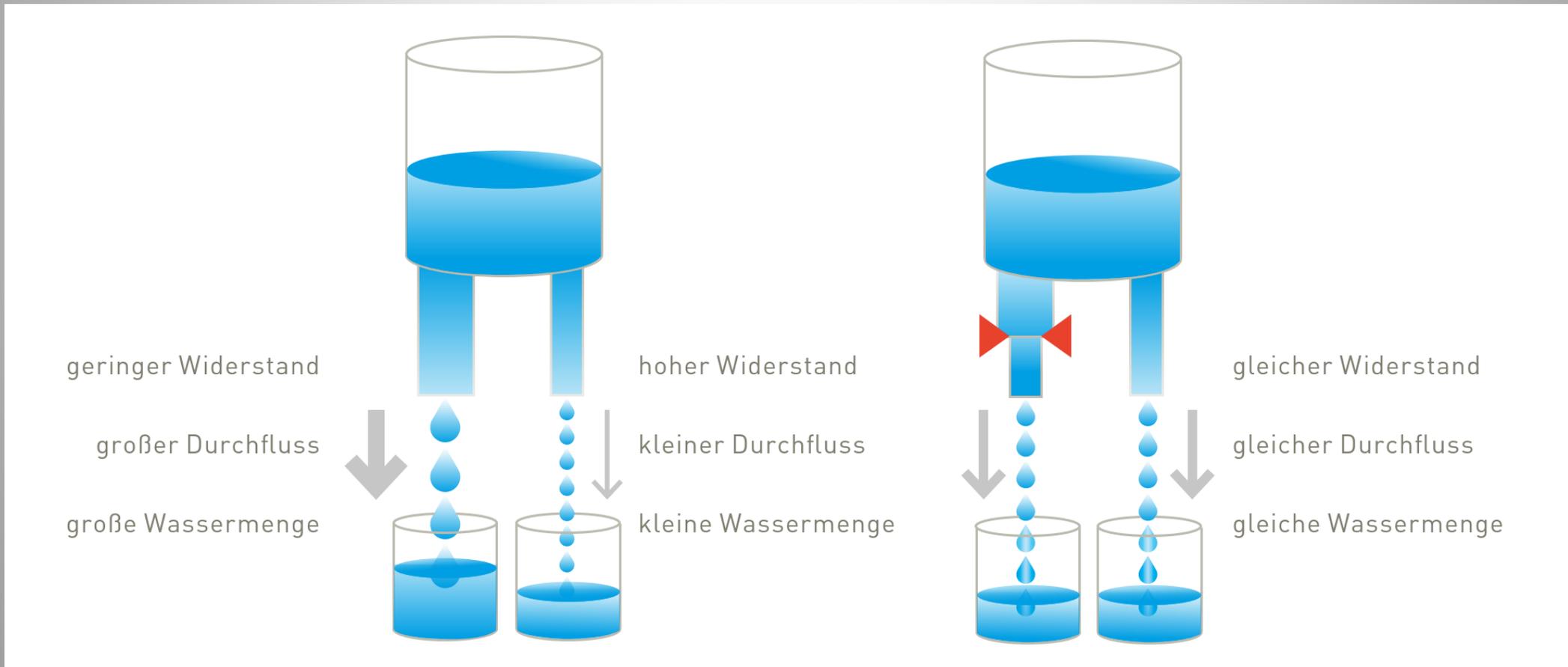
# 1. Technischer Hintergrund

Technisch- physikalische Begründung



# 1. Technischer Hintergrund

## Das Grundprinzip





# 1. Technischer Hintergrund

## Das Grundprinzip

Wasser sucht sich seinen Weg und folgt dem Prinzip des geringsten Widerstands. Bei Beachtung dieses Prinzips werden alle Anlagenteile zur richtigen Zeit mit den erforderlichen Durchflüssen versorgt, indem die Strömungswiderstände entsprechend angepasst werden.

Im Rohrleitungssystem setzt sich der Widerstand aus dem Reibungsverlust des Wassers an der Rohrwand entlang des Strömungsweges und den Einbauten (Formstücke, Armaturen, andere Komponenten) zusammen.

Deshalb werden z. B. Kühlstellen oder Heizkörper im nicht abgeglichenen System, die am weitesten vom Kälte-/ Wärmeezeuger entfernt sind, zeitlich oft verzögert oder unzureichend mit Heizwasser versorgt.



## 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

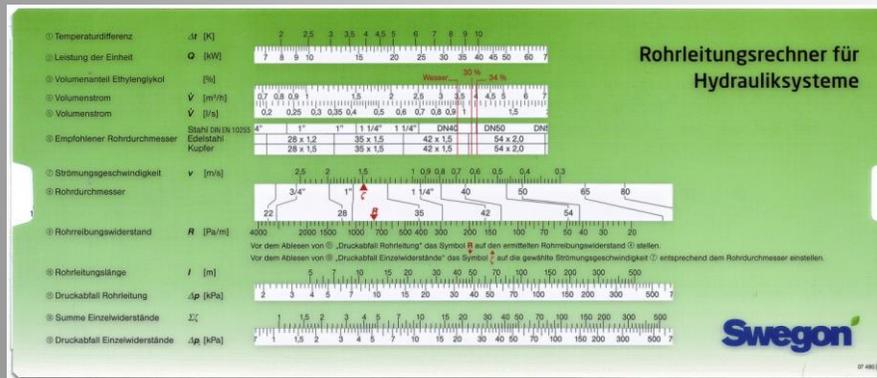
### Berechnung der Druckverluste der einzelnen Teilstränge

Zunächst müssen die einzelnen Teilabschnitte be- bzw. nachgerechnet werden

- Dimensionierung des Rohrleitungssystems einschließlich der Rohrleitungsarmaturen, wie zum Beispiel Verteilerbalken und Absperrventile;

Verfügbare Hilfsmittel:

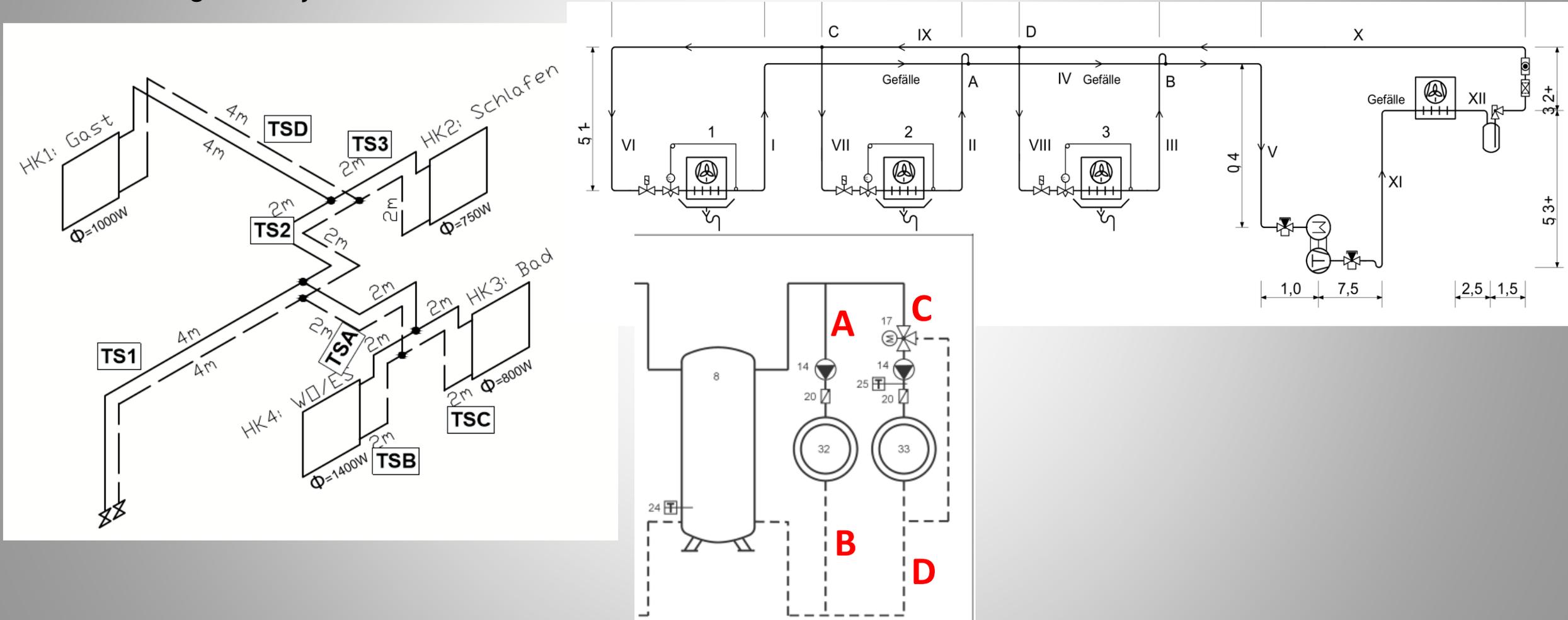
- Softwarelösungen: von einfachen, nahezu händischen Varianten bis hin zu 3D gestützten CAE- Lösungen, hierbei macht oft die ständige Übung den Meister.
- Rechenschieber: werden von verschiedenen Herstellern bereitgestellt,
- Diagramme, Nomogramme und Katalogunterlagen





# 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

## Aufteilung des Systems in Teilstrecken



# 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

## Informationsquellen

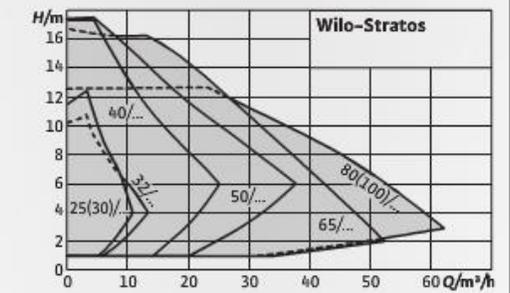


**Datenblatt Voreinstellbare Ventilgehäuse RA-N**

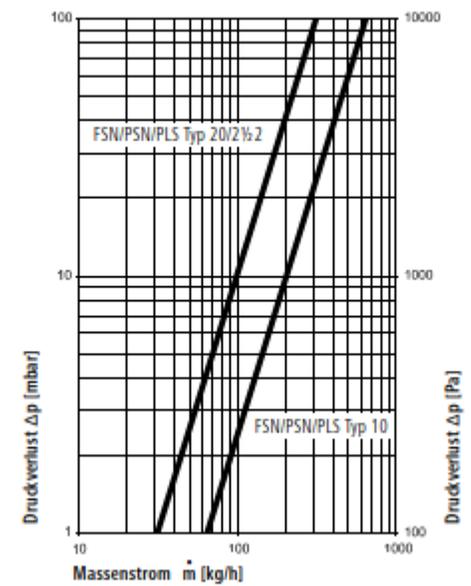
Bestellung und Daten

Typ	Bestell-Nr.	Ausführung	Anschluss		Einstellung, $k_v$ -Werte mit RA 2000 Föhler, $m^3/h^{1/2}$											Mit Stell-antrieb
			Eintritt	Austritt	$X_v$	1	2	3	4	5	6	7	N	$N(k_v)$		
RA-N 10 <sup>3)</sup>	013G0031	Eck	R <sub>p</sub> 3/8	R 3/8	$X_v=1$	0,04	0,09	0,14	0,21	0,23	0,27	0,28	0,34	0,6:		
	013G0032	Durchgang				$X_v=2$	0,04	0,09	0,16	0,25	0,32	0,38	0,42		0,56	0,6:
	013G0151	UK (Axial)														
	013G0231	Winkelceck rechts														
	013G0232	Winkelceck links														
RA-N 15 <sup>3/4)</sup>	013G0033	Eck	R <sub>p</sub> 1/2	R 1/2	$X_v=1$	0,04	0,09	0,15	0,22	0,28	0,33	0,36	0,43	0,9:		
	013G0034	Durchgang				$X_v=2$	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,43	0,52		0,73	0,9:
	013G0153	UK (Axial)														
	013G0233	Winkelceck rechts														
	013G0234	Winkelceck links														
RA-N 15	013G0115	Eck, selbstdichtende Nippel	R <sub>p</sub> 1/2	R 1/2	$X_v=1$	0,04	0,09	0,15	0,22	0,28	0,33	0,36	0,43	0,9:		
	013G0116	Durchgang, selbstdichtende Nippel				$X_v=2$	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,43	0,52		0,73	0,9:
	013G0117	UK (Axial), selbstdichtende Nippel														
RA-NCX 15 <sup>3/4)</sup>	013G4237	Eck	R <sub>p</sub> 1/2	R 1/2	$X_v=1$	0,04	0,09	0,15	0,22	0,28	0,33	0,36	0,43	0,9:		
	013G4238	Durchgang				$X_v=2$	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,43	0,52		0,73	0,9:
	013G4239	Winkelceck rechts														
	013G4240	Winkelceck links														
RA-N 20	013G0035	Eck	R <sub>p</sub> 3/4	R 3/4	$X_v=1$	0,10	0,16	0,23	0,30	0,36	0,42	0,50	0,59	1,4:		
	013G0036	Durchgang				$X_v=2$	0,10	0,16	0,24	0,33	0,44	0,56	0,73		1,04	1,4:
	013G0155	UK (Axial)														
RA-N 25	013G0037	Eck	R <sub>p</sub> 1	R 1	$X_v=1$	0,10	0,16	0,23	0,30	0,36	0,42	0,50	0,59	1,4:		
	013G0038	Durchgang				$X_v=2$	0,10	0,16	0,24	0,33	0,44	0,56	0,73		1,04	1,4:

Technische Daten  
Max. Betriebsdruck: 10 bar, Max. technischer Differenzdruck  $\leq$  0,6 bar, Prüfdruck 16 bar, Max. Wassertemperatur: 120 °C



Durchflussdiagramm Verteo





## 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

### Wichtige Formeln und Stoffwerte

$$\dot{V} = A \cdot w$$

$$w \approx \text{const. } 0,7 - 1,5 \text{ m/s}$$

$$A = \frac{\dot{V}}{w \cdot 3.600 \text{ s}}$$

$$\dot{V} [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\rho_w = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{Glyk}} = 920 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

$$\Delta t_w = 5 \text{ bis } 7 \text{ K}$$

$$c_w = 4,19 \text{ KJ/Kg K}$$

$$c_{\text{Glyk}} = 3,7 \text{ KJ/Kg K}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}}$$

$$\Delta t_{\text{Rückk}} = 5 \text{ K}$$

- Bilanzgleichung für Druckverlustberechnungen

$$\Delta p_{RL} = R \cdot L + Z + \Delta p_{\text{spez}}$$

$\Delta p_{RL}$ : Druckverlust einer Teilstrecke (TS) (Pa)

R: Rohrreibungsdruckverlust (Pa/m)

L: gerade Länge der Teilstrecke (m)

$$Z = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \sim 0,3 \dots 0,5 \cdot R \cdot L \text{ (Pa)}$$

$\Delta p_{\text{spez}}$ : Druckverlust aus Herstellerangaben (Pa)

$$\dot{V} = \frac{Q \cdot 3600}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} \text{ (m}^3/\text{h)}$$



# 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

## Rohrnetz: Netzbemessung und Zwischenbilanz

Aus der Literatur (Rechnagel/ Sprenger) wurden die Einzelwiderstandsbeiwerte wie folgt entnommen:

 Krümmer	$r/d$	1	2	3	4	5	6						
	$\zeta$	0,5	0,35	0,3	0,3	0	0						
 Knie	DN	10 u. 15	20	25	32	40	50						
	$\zeta$	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0						
 Trennung	Abzweig					Durchgang							
	$w_a/w$	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	$w_d/w$	0,5	1,0			
	$\zeta_a$	7,0	4,0	1,5	0,8	0,6	0,5	$\zeta_d$	0,5	0			
	$\zeta_a$	12,0	7,0	3,5	2,5	2,0	1,0	$\zeta_d$	0,5	0			
 Trennung	Abzweig $\zeta_a$					Durchgang $\zeta_d$							
	$\dot{V}_a/\dot{V}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	$\dot{V}_d/\dot{V}$	0,6	0,8	1,0			
	$d_a/d$	0,3	0,3	0,8			$d_a/d$						
		0,4	-1	0,8	1,0	0,8	< 1	0,3	0,3				
		0,5	-3	0,3	0,8	0,8							
		0,7		-0,5	0,5	1,0	1,0	1	0,5	0,3	0		
 Vereinigung	Abzweig $\zeta_a$					Durchgang $\zeta_d$							
	$w_a/w$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	$w_d/w$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
	$\zeta_a$	-1	0,5	1	1,3	1,5	$\zeta_d$	1,5	1,3	1,1	0,8	0,5	0

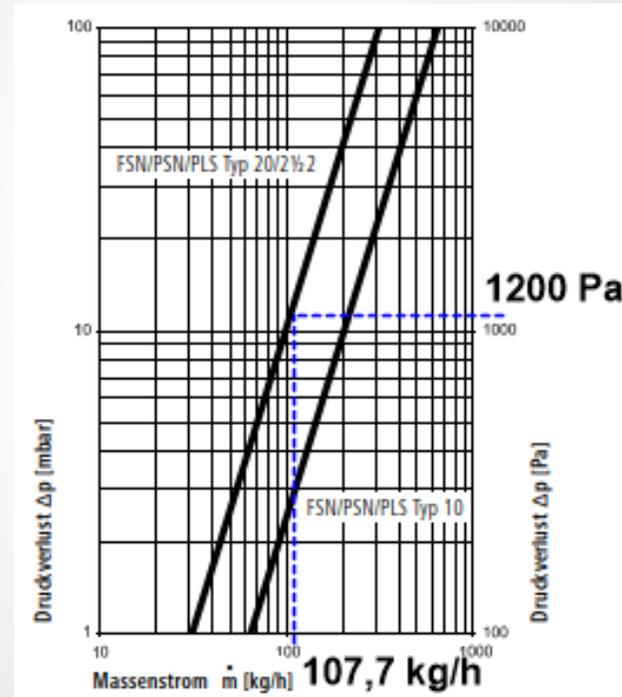
 Trennung	$w_a/w$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	2,0
	$\zeta_a$	6,5	3,0	1,8	1,3	1,0	0,8	0,5
 Vereinigung $\zeta_a$	$\dot{V}_a/\dot{V}$	0,3			0,5		0,7	
	$d_a/d$	0,5	5,0		1,3		1,0	
		0,7	6,5		2,0		1,3	
		0,8	9,0		3,0		1,8	
		1,0	15,0		5,0		3,0	
 Schieber mit Einschnürung	$\zeta$	$\geq 0,3$						
	$\zeta$	0,5						
 Schieber ohne Einschnürung	$\zeta$	0,2						
	$\zeta$	2,5						
 Ventile, Geradsitz	$\zeta$	2,5						
	$\zeta$	2,5						
 Ventile, Schrägsitz	$\zeta$	2,0						
	$\zeta$	2,0						
 Ventile, Eckventil	$\zeta$	1,5						
	$\zeta$	1,5						
 Heizkörperventil, Durchgang	$\zeta$	4,0						
	$\zeta$	4,0						
 Heizkörperventil, Eckventil	$\zeta$	2,0						
	$\zeta$	2,0						
 Rückschlagventil	$\zeta$	4,0						
	$\zeta$	4,0						
 Ausbiegestück	$\zeta$	$\geq 0,3$						
	$\zeta$	0,5						
 Kessel	$\zeta$	2,5						
	$\zeta$	2,5						
 Radiator	$\zeta$	2,5						
	$\zeta$	2,5						
 Verteiler – Austritt	$\zeta$	0,5						
	$\zeta$	0,5						
 Sammler – Eintritt	$\zeta$	1,0						
	$\zeta$	1,0						
 Hähne	$\zeta$	0,15						
	$\zeta$	0,15						

## 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

### Druckverluste infolge der Einbauteile



Aus dem Katalog „Technik-Flachheizkörper“ kann nebenstehendes Diagramm entnommen werden. Die Werte gelten für Heizflächen ohne Ventilgarnitur!



Es ergeben sich folgende Druckverluste für das Beispiel 1:

- HK1: Gast = 1.200 Pa (Diagramm)
- HK2: Schlafen = 700 Pa
- HK3: Bad = 750 Pa
- HK4: WO/ES = 2.200 Pa



## 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

### Druckverluste durch Einbauteile (Auslegung Regelventile)

➤ Berechnung des  $K_V$ - Werts und Auswahl des Ventiles

Als Beispiel soll wiederum der Heizkörper1 (HK1) dienen.

Hier soll die Auswahl des Thermostatventils mittels der KV- Wertgleichung und den Katalogunterlagen gezeigt werden.

Der Vollständigkeit halber wird auf die ebenfalls verfügbaren Auswahldiagramme und Softwarelösungen hingewiesen.

Es gilt:

$$K_V = \dot{V} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_0 \cdot \rho_{Medium}}{\Delta p_{V,100} \cdot \rho_0}}$$

$$\Delta p_0: 100.000 \text{ Pa}$$

$$\rho_0: 1.000 \text{ kg/m}^3$$

Durch Einsetzen der bisher ermittelten Werte und den Konstanten erhält man:

$$K_V = 0,109 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \sqrt{\frac{100.000 \text{ Pa} \cdot 988 \text{ kg} \cdot \text{m}^3}{2.765,73 \text{ Pa} \cdot 1.000 \text{ kg} \cdot \text{m}^3}}$$
$$K_V = 0,651 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

# 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

## Katalogauswahl

Datenblatt		Voreinstellbare Ventilgehäuse RA-N													
Bestellung und Daten															
Typ	Bestell-Nr.	Ausführung	Anschluss		Einstellung, $k_v$ -Werte mit RA 2000 Fühler, $m^3/h^{1/2}$										Mit Stell-antrieb $N(k_v)$
			Eintritt	Austritt	$X_p$	1	2	3	4	5	6	7	N		
RA-N 10 <sup>2)</sup>	013G0031	Eck Durchgang	R <sub>p</sub> 3/8	R 3/8	$X_p=1$	0,04	0,09	0,14	0,21	0,23	0,27	0,28	0,34	0,65	
	013G0032	UK (Axial)			$X_p=2$	0,04	0,09	0,16	0,25	0,32	0,38	0,42	0,56	0,65	
	013G0231	Winkeleck rechts													
	013G0232	Winkeleck links													
RA-N 15 <sup>24)</sup>	013G0033	Eck Durchgang	R <sub>p</sub> 1/2	R 1/2	$X_p=1$	0,04	0,09	0,15	0,22	0,28	0,33	0,36	0,43	0,90	
	013G0034	UK (Axial)			$X_p=2$	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,43	0,52	0,73	0,90	
	013G0233	Winkeleck rechts													
	013G0234	Winkeleck links													
RA-N 15	013G0115	Eck, selbstdichtende Nippel	R <sub>p</sub> 1/2	R 1/2	$X_p=1$	0,04	0,09	0,15	0,22	0,28	0,33	0,36	0,43	0,90	
	013G0116	Durchgang, selbstdichtende Nippel			$X_p=2$	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,43	0,52	0,73	0,90	
	013G0117	UK (Axial), selbstdichtende Nippel													
RA-NCX 15 <sup>24)</sup>	013G4237	Eck Durchgang	R <sub>p</sub> 1/2	R 1/2	$X_p=1$	0,04	0,09	0,15	0,22	0,28	0,33	0,36	0,43	0,90	
	013G4238	UK (Axial)			$X_p=2$	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,43	0,52	0,73	0,90	
	013G4239	Winkeleck rechts													
	013G4240	Winkeleck links													
RA-N 20	013G0035	Eck Durchgang	R <sub>p</sub> 3/4	R 3/4	$X_p=1$	0,10	0,16	0,23	0,30	0,36	0,42	0,50	0,59	1,40	
	013G0036	UK (Axial)			$X_p=2$	0,10	0,16	0,24	0,33	0,44	0,56	0,73	1,04	1,40	
	013G0155	UK (Axial)			$X_p=1$	0,17	0,25	0,28	0,34	0,37	0,41	0,45	0,50	1,00	
RA-N 25	013G0037	Eck Durchgang	R <sub>p</sub> 1	R 1	$X_p=1$	0,10	0,16	0,23	0,30	0,36	0,42	0,50	0,59	1,40	
	013G0038	UK (Axial)			$X_p=2$	0,10	0,16	0,24	0,33	0,44	0,56	0,73	1,04	1,40	

Technische Daten  
Max. Betriebsdruck: 10 bar, Max. technischer Differenzdruck <sup>2)</sup>: 0,6 bar, Prüfdruck 16 bar, Max. Wassertemperatur: 120 °C

Nun kann aus dem Katalogblatt, mit Hilfe des berechneten  $K_V$ - Wertes, ein einsetzbares Ventil mit dem zugehörigen  $K_{VS}$ - Wert ausgewählt werden. Gewählt wird das Ventil RA-N 15 mit  $K_{VS}=0,43$  (Thermostatkopf, Proportionalband  $X_p=1(K)$ , Anschluss 1/2“)

Die Auswahl wird mit dem tatsächlichen Druckverlust und der daraus resultierenden Ventilautorität, abschließend geprüft.

$$\Delta p_{V100,tat} = \Delta p_{V100} \cdot \left( \frac{K_V}{K_{VS}} \right)^2$$

$$\Delta p_{V100,tat} = 2.765,73 Pa \cdot \left( \frac{0,651}{0,43} \right)^2$$

$$\Delta p_{V100,tat} = 6.339,2 Pa$$

## 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

Die Auswahl des Regelventils wird nun exemplarisch mit einer Softwarelösung gezeigt: (Quelle: HIT (siemens.com))

- Zur Verifizierung der bisher verwendeten Randbedingungen bzw. Eingabewerte soll die Auswahl noch einmal mit den Empfehlungen des Herstellers durchgeführt werden:
- Es erfolgt ein Klick auf den Button „Hydraulische Schaltung (!)“

Berechnung **Hydraulische Schaltung** !

Medium  
Wasser

Volumendurchfluss  $V_{100}$   
0,54 m<sup>3</sup>/h

Differenzdruck  $\Delta p_{V100}$  über voll geöffnetem Ventil  
1,63 kPa

Volumendurchfluss  $V_{100}$   
0,87 m<sup>3</sup>/h

Differenzdruck  $\Delta p_{V100}$  über voll geöffnetem Ventil  
5,00 kPa

Berechneter Durchfluss-Nennwert  $k_v$   
3,89 m<sup>3</sup>/h

Berechnung **Hydraulische Schaltung**

Hydraulische Schaltung  
Beimischschaltung ohne Primärpumpe

Hinweis  
 $\Delta p_{V100} \approx \Delta p_{MV}$   
Typische Werte: 5 - 15 kPa

Ausgewählte Schaltung benutzen





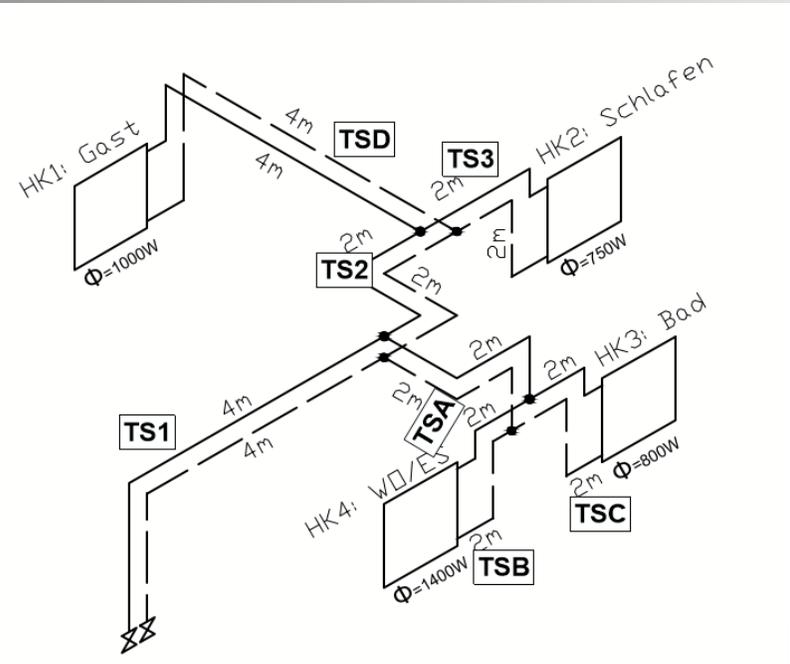
# 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

## Bilanz zum Hydraulischen Abgleich

Druckverlustberechnung in Rohren																	
Teilstrecken- Bezeichnung	Ausgangswerte							Druckverlustberechnung								Bemerkungen	
	Rohrabmessungen			Strömung				Einzelwiderstand Formteil		Reibungswiderstand Rohr- / Kanalleitung				Einbau- teile	Druckverlust		
	Kanal- / Rohrlänge	Rohr- Durchmesser	Fläche	Volumenstrom	vorhandene Geschwindigkeit	Dichte	dynamischer Druck	Widerstands- beiwert (aus der Tabelle)	Druckverlust Einzelwiderstand	spez. Druckverlust des gewählten Rohres	Druckverlust durch Rohrreibung	Korrekturfaktor als Pauschale für Einzelwiderstände	Druckverlust durch pauschalierte Einzelwiderstände	Druckverlust Einbauteile (Herstellerangaben)	Gesamt- Druckverlust		Drosselwiderstand
Nr.	l	d	A	$\dot{V}$	w	$\rho$	$p_{dyn}$	$\zeta$	$\Delta p_z$	$R_0$	R·L	fz	$\Delta p_l$	$\Delta p_{einb.}$	$\Delta p$	$\Delta p$	
	m	mm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h	m/s	kg/m <sup>3</sup>	Pa	-	Pa	Pa/m	Pa	Pa/m	Pa	Pa	Pa	Pa	
FK1	100	14	2E-04	0,139	0,251	988	31,08		0	175	17500	0	0	520	18020	20580	
FK2	80	14	2E-04	0,208	0,375	988	69,59		0	345	27600	0	0	1500	29100	9500	
FK3	120	14	2E-04	0,104	0,188	988	17,4		0	110	13200	0	0	350	13550	25050	
FK4	80	14	2E-04	0,243	0,438	988	94,98		0	460	36800	0	0	1800	38600	0	
FK5	90	14	2E-04	0,174	0,314	988	48,7		0	260	23400	0	0	1000	24400	14200	
TS ANS	45	25	5E-04	0,87	0,492	988	119,7	7,4	886	140,83	6337,4	0	0	0	7223,4	0	

# 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

## Bilanz zum Hydraulischen Abgleich



Zum Vergleich mit der zuerst gezeigten Bilanz wurden auch hier die Druckverlust- Bilanzgleichungen unter Verwendung der veränderten Teilstrecken- Druckverluste aufgestellt:

$$\begin{aligned} \Delta p_I &= \Delta p_{TS1} + \Delta p_{TS2} + \Delta p_{TS3} \\ \Delta p_{II} &= \Delta p_{TS1} + \Delta p_{TSA} + \Delta p_{TSB} \\ \Delta p_{III} &= \Delta p_{TS1} + \Delta p_{TSA} + \Delta p_{TSC} \\ \Delta p_{IV} &= \Delta p_{TS1} + \Delta p_{TS2} + \Delta p_{TSD} \end{aligned}$$

Nach Implementierung der Thermostatventile in der späteren, abschließenden Druckverlustbilanz kann daraus resultierend ein exakter, hydraulischer Abgleich des hydraulischen Systems durchgeführt werden.

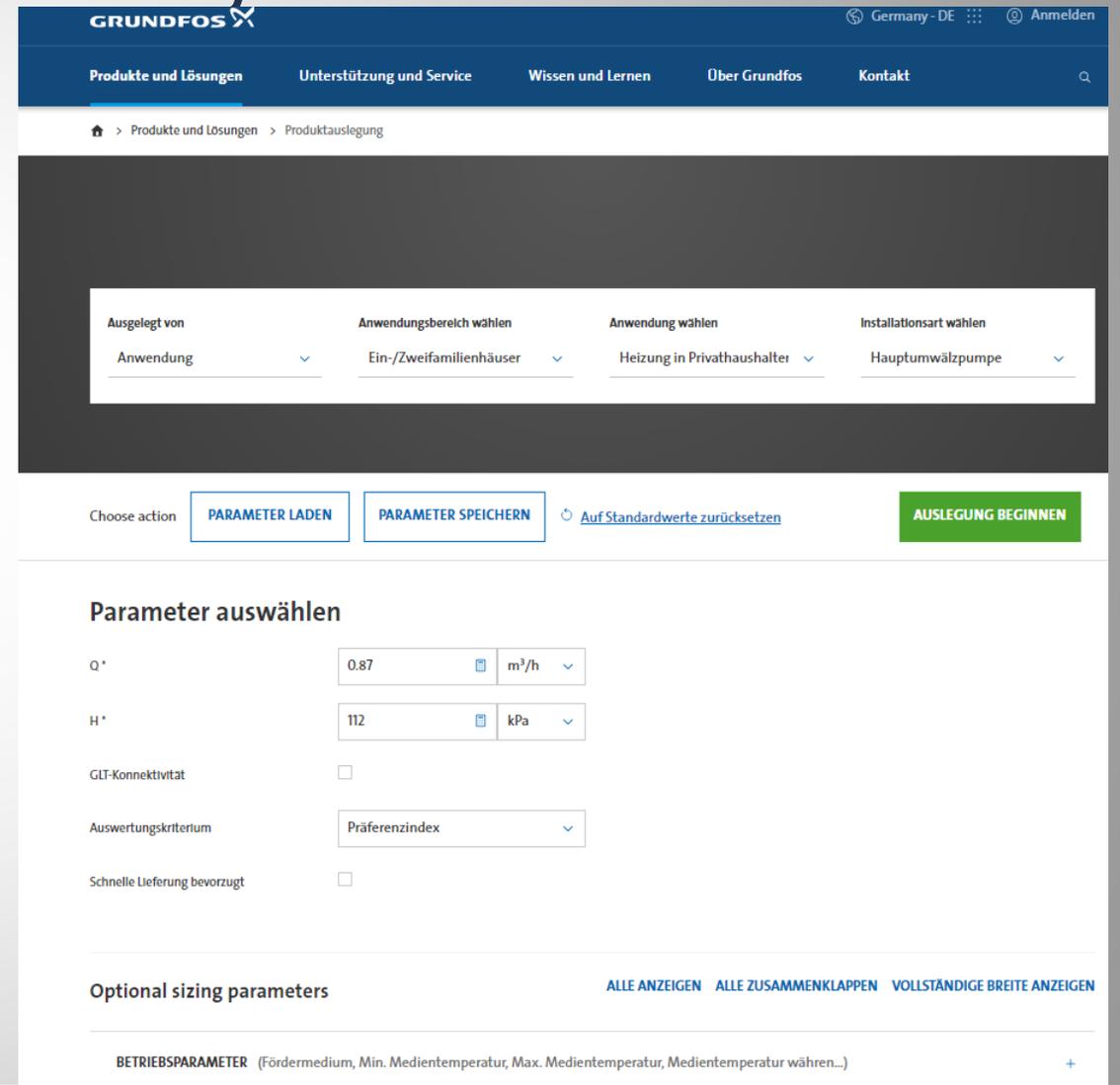
Druckverlustberechnung in Rohren- Bilanz der Teilstrecken (mit Zeta Werten)									
	TS1	TS2	TS3	TSA	TSB	TSC	TSD	Σ	ΔpDrossel
I	1028,78254	1059,5376	870,136636					2958,45678	23,33
II	1028,78254			752,155051	991,452166			2772,38976	209,4
III	1028,78254			752,155051		1200,84891		2981,7865	0
IV	1028,78254	1059,5376					860,278839	2948,59898	33,19

# 2. Planungsansatz für abgegliche Systeme

## Auswahl der Umwälzpumpe

- Die Umwälzpumpe (Pos.14) wird gewählt mit:
- **Soll- Volumenstrom: 0,87 m<sup>3</sup>/h;**
  - **Soll- Förderhöhe bzw. Druckerhöhung: 50,18 kPa;**
  - **Spannungsart: 230V;**
  - **Fördermedium: Wasser;**
  - **Regelgröße für die elektronische Drehzahlstellung: Proportionaler Differenzdruck.**

Es werden zumeist Softwarelösungen verwendet.



The screenshot shows the Grundfos website's online calculator for pump selection. The interface is in German and includes the following elements:

- Navigation:** Top menu with 'Produkte und Lösungen', 'Unterstützung und Service', 'Wissen und Lernen', 'Über Grundfos', and 'Kontakt'. A search icon is also present.
- Breadcrumbs:** 'Produkte und Lösungen > Produktauslegung'.
- Configuration Area:** A white box with four dropdown menus:
  - 'Ausgelegt von' (Anwendung)
  - 'Anwendungsbereich wählen' (Ein-/Zweifamilienhäuser)
  - 'Anwendung wählen' (Heizung in Privathaushalter)
  - 'Installationsart wählen' (Hauptumwälzpumpe)
- Action Buttons:** 'PARAMETER LADEN', 'PARAMETER SPEICHERN', 'Auf Standardwerte zurücksetzen', and a prominent green 'AUSLEGUNG BEGINNEN' button.
- Parameter Selection Section:**
  - Q\*:** Input field with '0.87' and unit 'm<sup>3</sup>/h'.
  - H\*:** Input field with '112' and unit 'kPa'.
  - GLT-Konnektivität:** A checkbox that is currently unchecked.
  - Auswertungskriterium:** A dropdown menu set to 'Präferenzindex'.
  - Schnelle Lieferung bevorzugt:** A checkbox that is currently unchecked.
- Optional sizing parameters:** A section with links 'ALLE ANZEIGEN', 'ALLE ZUSAMMENKLAPPEN', and 'VOLLSTÄNDIGE BREITE ANZEIGEN'. Below it, a 'BETRIEBSPARAMETER' section is partially visible, listing 'Fördermedium, Min. Medientemperatur, Max. Medientemperatur, Medientemperatur wählen...'

### 3. Bauteile zur Realisierung

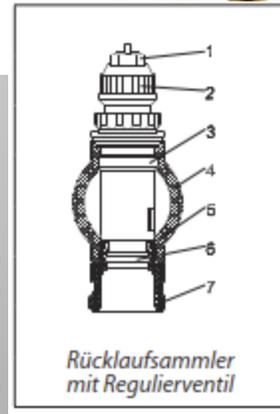
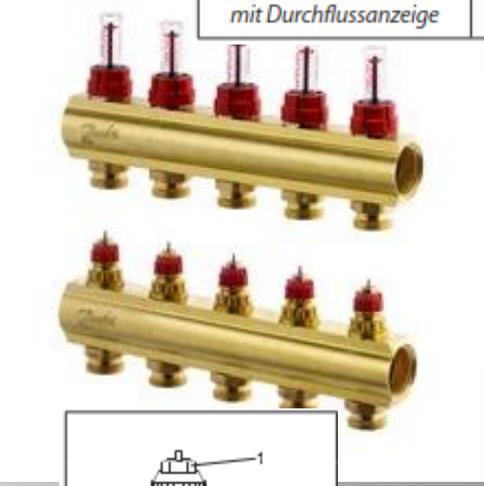
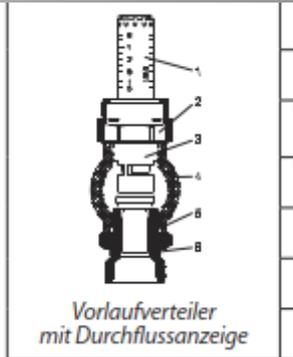
#### Thermostatventile mit „automatischer“ bzw. druckunabhängiger oder dynamischer Regelung

- Diese Ventile ermöglichen einen dynamischen hydraulischen Abgleich und sind dadurch gekennzeichnet, dass der erforderliche Durchfluss an einer integrierten Durchflussregel- / Begrenzungseinrichtung eingestellt wird. Diese stellt sicher, dass der Solldurchfluss weder im Auslegungsfall noch im Teillastbetrieb überschritten wird.
- Die Voreinstellung erfordert gegenüber Thermostatventilen mit konventioneller Voreinstellung lediglich Kenntnis über den jeweils vorgesehenen Durchfluss. Der Durchfluss wird aus der vorgesehenen Leistungsabgabe des Heizkörpers und dessen vorgesehene bzw. sich einstellende Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur ermittelt.
- Darüber hinaus ist für das Ventil nur der bereitzustellende Minstdifferenzdruck (in der Regel 10 kPa) für den sogenannten ungünstigsten Heizkörper (Schlechtpunkt der Anlage), z. B. im Rahmen der Auslegung der Umwälzpumpe, zu berücksichtigen. Alle weiteren Ventile müssen nicht betrachtet werden, da die sich einstellenden und über dem Minstdifferenzdruck liegenden und somit abzurasselnden Differenzdrücke automatisch von diesen Ventilen übernommen werden. Dadurch wird sichergestellt, dass der eingestellte Durchfluss nicht überschritten wird.



### 3. Bauteile zur Realisierung

- **Heizkreisverteiler mit einstellbaren Abgleicharmaturen** ermöglichen einen statischen hydraulischen Abgleich. Die Voreinstellung wird mittels einstellbarer Kv-Werte vorgenommen und erfordert Kenntnisse über den jeweils vorgesehenen Durchfluss und des zur Verfügung stehenden bzw. abzdrosselnden Differenzdrucks eines jeden Heizkreises. (Siehe Beispiel 2)
- **Heizkreisverteiler mit Durchflussmengenmesser** ermöglichen einen statischen hydraulischen Abgleich. Die Voreinstellung wird mittels einstellbarer Durchflussmengenmesser durch mehrmaliges Einstellen (iterativ) vorgenommen und erfordert Kenntnisse über den jeweils vorgesehenen Durchfluss. Die Einregulierung der Heizkreise kann nur erfolgen, wenn die Heizungsanlage in Betrieb ist. In Bestandsanlagen ist zu beachten, dass die Durchflussanzeiger verschmutzungsbedingt nicht mehr ablesbar sein können und somit gereinigt oder ausgetauscht werden müssen.
- **Heizkreisverteiler mit automatischer Durchflussregelung/-begrenzung** ermöglichen einen dynamischen hydraulischen Abgleich. Die Einstellung wird mittels einstellbarer Durchflussregleinrichtungen einmalig vorgenommen und erfordert Kenntnisse über den jeweils vorgesehenen Durchfluss. Die Einstellung der Heizkreise kann auch erfolgen, wenn die Heizungsanlage nicht in Betrieb ist.



# 3. Bauteile zur Realisierung

## Manuelle Strangregulierventile



### LENO™ MSV-BD

Mit der LENO™ Baureihe bietet Danfoss die neueste Technik für den manuellen Abgleich. MSV-BD verfügt über eine kombinierte Abgleich- und Absperrfunktion. Die Absperrung erfolgt mit einem integrierten Kugelhahn, der für eine absolut wasserdichte Absperrung des Systems sorgt. Der Einsatz dieses Absperr-Kugelhahns, der über eine rot-weiße Auf/Zu-Anzeige verfügt, ist vollkommen unabhängig von der Voreinstellung und hat keinerlei Einfluss auf die Einstellungen.

Das ergonomisch geformte Handrad verfügt über eine von verschiedenen Seiten ablesbare digitale Skala zur Anzeige der Voreinstellung. Für eine leichtere Installation bei beengten Platzverhältnissen lässt sich das Handrad vorübergehend abmontieren. MSV-BD hat zudem eine um 360° drehbare Serviceeinheit zur Messung und Entleerung. Optional steht mit MSV-O auch eine Version mit integrierter Messblende zur Verfügung.



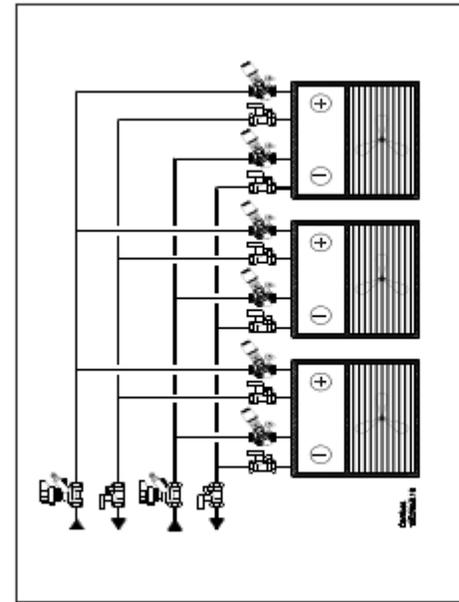
### LENO™ MSV-S

Das MSV-S ist ein manuelles Strangabsperr- und Entleerventil mit großem kv-Wert aus der LENO™ Baureihe. Die Konstruktion von MSV-S basiert ebenfalls auf einem hochwertigen Kugelhahn. Das Handrad in Isolierbauhöhe bleibt auch bei isoliertem Ventil (nach EnEV) bedienbar.

#### Datenblatt

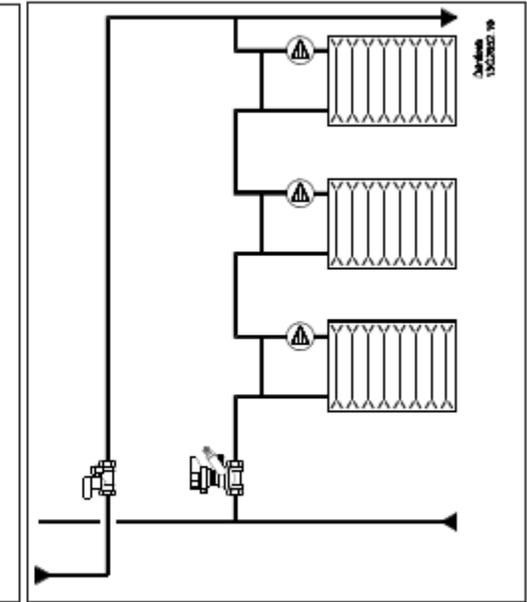
#### Strangabsperrventil LENO™ MSV-S

#### Anwendungsbereich



Ventilator-konvektionen (Fan-Coils)

- Zur Durchflussprüfung
- Absperrfunktion für Service/Reparatur



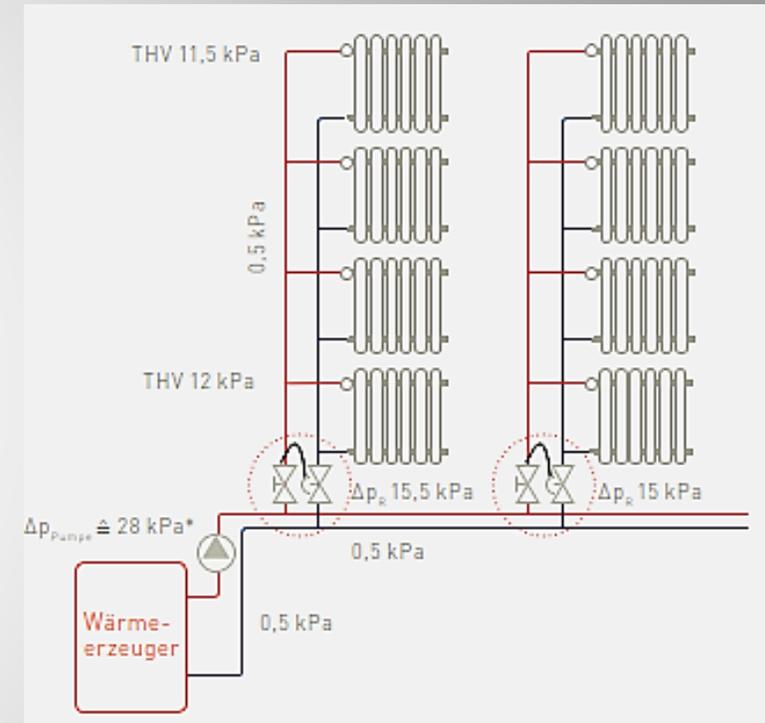
1-Rohr-Systeme

- Zur Regelung
- Absperrfunktion für Service/Reparatur

### 3. Bauteile zur Realisierung

#### Differenzdruckregler

- Der Einsatz von Differenzdruckreglern entstand vor dem Hintergrund der Geräuschbildung in statisch abgeglichenen Systemen. Auch wenn der hydraulische Abgleich durchgeführt wurde, kann es im Teillastbetrieb – also bei reduzierten Volumenströmen – zu Geräuschen kommen. Auch wenn eine geregelte Pumpe den Druck im Teillastbetrieb reduziert, kann im System ein so hoher Differenzdruck entstehen, dass an den Thermostatventilen unerwünschte Geräusche verursacht werden.
- Die beim Einsatz von Strangregulierventilen bestehende Gefahr der Überschreitung der Geräuschgrenze kann vermieden werden, indem stattdessen Differenzdruckregler eingesetzt werden.
- Zur Vermeidung von Strömungsgeräuschen dürfen Thermostatventile nur bis zu einem max. Differenzdruck von 15 kPa betrieben werden (Betrachtung bei Teillast).
- Differenzdruckregler übernehmen im Teillastbetrieb überschüssige Differenzdrücke und sorgen so für gleichbleibende Bedingungen für Thermostatventile.



Teillastbetrieb, 50 % Volumenstrom  
(vereinfachte Darstellung)

## 3. Bauteile zur Realisierung

### Druckunabhängige Regelventile

- Diese Ventile ermöglichen einen automatischen dynamischen hydraulischen Abgleich. Im Prinzip handelt es sich um ein kombiniertes Regel- und Regulierventil, da neben der Funktion eines Regelventils auch eine Differenzdruckreglung zur Durchflussregelung/-begrenzung vorhanden ist.
- Druckunabhängige Regelventile dienen dazu, Schwankungen des anstehenden Differenzdrucks zu kompensieren und dadurch den Durchfluss auf den eingestellten Wert zu regeln bzw. zu begrenzen. Somit wird eine gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Anlagenteile auch unter Teillastbedingungen verhindert.
- Der Durchfluss wird durch einen einstellbaren Strömungsquerschnitt auf den Sollwert geregelt bzw. begrenzt. Bei steigendem Differenzdruck bewegt sich der Ventilkegel oder die Regelkartusche in Öffnungsrichtung, bei sinkendem Differenzdruck bewegt sich der Ventilkegel oder die Regelkartusche in Schließrichtung.
- Wie bei Strangreguliertventilen können an druckunabhängige Regelventile auch Durchfluss- und Differenzdruckmessgeräte angeschlossen werden.
- Die grundsätzlichen Vorteile der druckunabhängigen Regelventile liegen, genau wie bei Thermostatventilen mit automatischer Durchflussregelung/-begrenzung, vorrangig in der unkomplizierten Auslegung bzw. Berechnung unter Verzicht auf die sonst üblichen komplexen hydraulischen Berechnungen.

# 3. Bauteile zur Realisierung

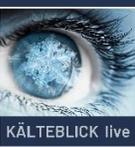
## Druckunabhängige Regelventile

➤ **AB-QM 4.0 – Gewindeausführung**  
Danfoss AB-QM 4.0 ist ein Regelventil mit automatischer Durchflussbegrenzung und eingebauter Differenzdruckregelung, das als kompaktes Hochleistungsregelventil mit einer konstanten Ventilautorität von 100% arbeitet. Die erforderliche Durchflussmenge lässt sich auf der Skala von 10–100% einfach einstellen. AB-QM 4.0 mit Gewindeanschluss wird z. B. für Klimadecken, Ventilatorkonvektoren (Fan Coils) und andere HLK-Systeme verwendet. Als kompaktes, vorgefertigtes Anschluss-Set kann das AB-QM 4.0 Flexo zur zeitsparenden Installation bei höchster Flexibilität in Projekten eingesetzt werden.

➤ **Berechnung**  
Bei der Dimensionierung des Ventils ist darauf zu achten, dass der benötigte Durchfluss innerhalb des empfohlenen Einstellbereichs des Ventils liegt, z. B. 1000 Liter/h bei einem Ventil mit maximal 1150 Liter/h bei DN 20.  
Der anstehende bzw. abzdrosselnde Differenzdruck (z. B. 20 kPa) sollte gleich oder größer dem Minstdifferenzdruck (z. B. 15 kPa) des druckunabhängigen Ventils sein (Herstellerangaben beachten).



Typ	AB-QM Gewinde	AB-QM Flansch	ChangeOver <sup>4</sup>
<b>Funktion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelventil</li> <li>• Durchflussbegrenzung</li> <li>• Abgleich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelventil</li> <li>• Durchflussbegrenzung</li> <li>• Abgleich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Getrennte Kühl- und Heizkreise</li> <li>• Regelung des Heiz- und Kühlbetriebs zusammen mit AB-QM</li> </ul>
<b>DN-Bereich</b>	15–50	50–250	15–20
<b>Durchflussbereich</b>	20–12.500 l/h	5.000–407.000 l/h	DN 15–k <sub>v</sub> 2,4 DN 20–k <sub>v</sub> 4,0



# 3. Bauteile zur Realisierung

## Die Umsetzung des hydraulischen Abgleichs

- Bei Neu- und Altanlagen kann man mit unterschiedlichen Vorgehensweisen zu einem guten Abgleich kommen, wenn die benötigten Werte mit der gegebenen Sorgfalt berechnet bzw. auf anderem Weg ermittelt werden.

### Vorgehensweise zum hydraulischen Abgleich des Rohrnetzes bei Neuanlagen

1. Berechnung der raumweisen Heizlast nach DIN-Normenreihe 12831
2. Bestimmung der Systemtemperaturen unter Berücksichtigung von Wärmeübergabeeinrichtung und Wärmeerzeuger Auslegung (Dimensionierung) der Wärmeübergabeeinrichtung (Heizkörper, Fußbodenheizung)
3. Berechnung der Soll-Volumenströme der Wärmeübergabeeinrichtungen
4. Dimensionierung des Rohrnetzes
5. Optionaler Einsatz / Einbau von Strangarmaturen (manuelle Strangregulierventile oder Differenzdruckregler)
6. Dimensionierung der Heizungsumwälzpumpe (Förderhöhe / Volumenstrom)
7. Ermittlung der Voreinstellwerte\*\* an den Ventilen der Übergabeeinrichtung (z. B. Thermostatventil, Heizkreisverteiler) und den Strangarmaturen

\*) Bei Verwendung von dynamischen Ventilen kann auf eine umfangreiche Erfassung des vorhandenen Rohrnetzes verzichtet werden.

### Vorgehensweise zum hydraulischen Abgleich des Rohrnetzes bei Altanlagen

1. Vereinfachte Ermittlung der raumweisen Heizlast oder Berechnung nach DIN-Normenreihe 12831, wenn möglich Erfassung / Dokumentation der installierten Wärmeübergabeeinrichtungen (Heizkörper, Fußbodenheizung, ...)
2. Bestimmung der Systemtemperaturen unter Berücksichtigung von Wärmeübergabeeinrichtung und Wärmeerzeuger
3. Berechnung der Soll-Volumenströme der Wärmeübergabeeinrichtungen
4. Erfassung / Dokumentation des vorhandenen Rohrnetzes und Ermittlung der Druckverluste der Anlage bei Einsatz von statischen Abgleicharmaturen.\* (Vereinfachungen sind zulässig, s. VdZ-Formulare)
5. Optionaler Einsatz / Einbau von Strangarmaturen (manuelle Strangregulierventile oder Differenzdruckregler)
6. Dimensionierung der Heizungsumwälzpumpe (Förderhöhe / Volumenstrom)
7. Ermittlung der Voreinstellwerte\*\* an den Ventilen der Übergabeeinrichtung (z. B. Thermostatventil, Heizkreisverteiler) und den Strangarmaturen

\*\*\*) unter Beachtung spezifischer Grenzwerte, wie z.B. min. / max. / empfohlener Differenzdruck oder max. Volumenstrom

## Förderfähige Verfahren

### ➤ Verfahren A

Das Verfahren A ist ein Näherungsverfahren, bei dem die relevanten Werte überschlägig ermittelt werden. Grundlage für die Einstellwerte liefern dementsprechend nur Erfahrungswerte, wobei der Wärmebedarf des jeweiligen

Raumes nach dem Gebäudealter und der Raumfläche abgeschätzt wird.

Dieser Vorgang wird für alle Heizkörper in einem Gebäude wiederholt.

Das Verfahren A ist im Sinne der VOB/C die werkvertraglich geschuldete Regelleistung und darf im Rahmen der Förderung nur bis maximal 500 m<sup>2</sup> Wohn- bzw. Nutzfläche je Heizkreis mit eigener Pumpe / Differenzdruckregler eingesetzt werden. Es sind die aktuellen Förderrichtlinien zu beachten.

### ➤ Verfahren B

Das Verfahren B basiert auf der raumweisen Heizlastberechnung in Anlehnung an die DIN EN 12831 und wird üblicherweise per Software berechnet.

Anders als im Verfahren A fließen hier auch die spezifischen Eigenschaften der Heizungsanlage in die Berechnung ein.

Das Verfahren B setzt eine Planungsleistung voraus. Hierdurch wird ein deutlich höherer energetischer Standard erreicht. Das Verfahren B ist als Premiumleistung ausdrücklich zu beauftragen. Nach dem aktuellen Stand ist dieses Verfahren im Rahmen der BEG-Förderungen grundsätzlich immer zulässig und empfohlen.



Fragen

Diskussion



 Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit



Bundesfachschule  
Kälte-Klima-Technik

Bruno-Dressler-Straße 14  
63477 Maintal

Tel.: 06109 / 69 54 - 0

E-Mail: [info@bfs-kaelte-klima.de](mailto:info@bfs-kaelte-klima.de)

<http://www.bfs-kaelte-klima.de>