

Hydraulischer Abgleich von Heizungsanlagen

Web-Seminar (Online via Zoom), 11. Juni 2026, 9:30 bis 17:30 Uhr

Referent: Harald Fonfara VDI / Sitzungsleitung: Joel Grieshaber bwp

A.01 - Einführung

Hydraulischer Abgleich von Heizungsanlagen

- Die Schulung basiert auf den Inhalten der
- VDI 2073 Blätter 1 und 2 und der künftigen Norm DIN 94679, Teile 1 – 4
- Die Gliederung basiert auf VDI 2073 Blatt 3, Kategorie A – planungsorientierte Schulung



© Alle Bilder mit freundlicher Genehmigung von Kermi GmbH, Deutschland, Grundfos Deutschland und IMI Deutschland. Alle Bilder dieser Präsentation sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urhebergesetzes ist ohne Zustimmung des Urhebers rechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Gleiches gilt für die Veröffentlichung im Internet.

A.01 - Einführung



A.01.1 Begriff und Ziele des hydraulischen Abgleichs:

Es erwartet Sie:

Schulungsinhalte (in Anlehnung an Kategorie A – VDI 2073/3
Hydraulik in Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung)

Nr.	Thema	Zeitvorgabe [min]
A.01	Einführung	15
A.02	Hydraulische Schaltungen	75
A.03	Komponenten	45
A.04	Berechnungen	75
A.05	Hydraulischer Abgleich	90
A.06	Schlussbetrachtung	15



A.01 - Einführung

A.01.1 Begriff und Ziele des hydraulischen Abgleichs:

A.01 - Einführung

A.01.1 - Normen, Begriff und Ziele des Hydraulischen Abgleichs:

Warum hydraulischer Abgleich?

- Gesetzliche Vorgaben
- Energieeffizienz



A.01 - Einführung

A.01.1 - Normen und Technische Regeln

- VDI 2073 Blatt 2
- VOB/C / DIN 18380 Absatz 3.5.1
- künftige DIN 94679 Teile 1 bis 4
- GEG 2024 §60 b und c
- DIN EN 12831



A.01 - Einführung

A.01.1 - Normen und Technische Regeln



- VDI 2073 Bl. 2
 - Diese Richtlinie gilt für die Auslegung neuer und die rechnerische Überprüfung bestehender Heiz- und Kühlwasserverteilsysteme mit dem besonderen Zweck, nachprüfbar den hydraulischen Abgleich im Auslegungszustand unter Verwendung von Regulierwiderständen oder selbsttätig wirkenden Abgleicharmaturen herzustellen.

A.01 - Einführung

A.01.1 - Normen und Technische Regeln



- VOB/C - DIN 18380 Absatz 3.5.1
 - ... dass der hydraulische Abgleich so vorzunehmen ist, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb alle Wärmeverbraucher entsprechend ihres Wärmebedarfs mit Heizwasser versorgt werden. Das gilt auch nach einer Raumtemperaturabsenkung oder Betriebspause der Heizungsanlage.

A.01 - Einführung



A.01.1 - Normen und Technische Regeln

- künftige DIN 94679 Teile 1 bis 4:
 - Der „hydraulische Abgleich“ ist ein Verfahren zum Bemessen und Einregulieren von hydraulischen Systemen. Im engeren Sinne ist gemeint, mit anwendungsgerecht, d. h. nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, ausgewählten Rohren, Armaturen und Pumpen über ein rechnerisches Bestimmen und Einstellen von Regulierwiderständen oder selbsttätig wirkenden Abgleichorganen die ermittelten Sollwasserströme sicherzustellen. Dies gilt in Heiz- und Kühlsystemen für die Bereiche der Erzeugung, Verteilung und Übergabe (z. B. Raumheizflächen, Raumkühlflächen, Wärmeübertrager).

A.01 - Einführung

A.01.1 - Normen und Technische Regeln



Fazit:

Technische Regeln und gesetzliche Vorgaben gäbe es genug!

→ Es hapert nur am Umsetzen!

→ Hinzu kommt: mit stärkerer Durchsetzung der Wärmeversorgung von Gebäuden mittels Wärmepumpen ploppen alle Abgleich-Sünden der Vergangenheit hoch!



A.01 - Einführung

A.01.2 - Begriff und Ziele des Hydraulischen Abgleichs:

A.01 - Einführung



A.01.2 - Begriff und Ziele des Hydraulischen Abgleichs:

- Der „hydraulische Abgleich“ ist ein Verfahren zum Bemessen und Einregulieren von hydraulischen Systemen. Ziel ist, mit anwendungsgerecht, d. h. nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik ausgewählten Rohren, Armaturen und Pumpen, Strömungskreise hydraulisch abzugleichen. Dies ist eine Voraussetzung für den bestimmungsgemäßen Betrieb von Anlagen.
- Ein hydraulisch abgeglichenes Rohrnetz gewährleistet die Versorgung der einzelnen Anlagenteile und Verbraucher in Heiz- und Kühlsystemen mit den errechneten Massenströmen sowie einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage.

A.01 - Einführung



A.01.2 - Begriff und Ziele des Hydraulischen Abgleichs:

- Minimierung des thermischen und elektrischen Aufwands für Wärmeverteilung und -erzeugung
- Hydraulisch abgegliche Strömungskreise vermeiden typische Mängel wie z. B.:
 - ungleichmäßige bzw. nicht bestimmungsgemäße Wärme-/Kälteverteilung,
 - zu hohe oder zu geringe Pumpenleistung,
 - falsche Ventilautorität,
 - falsch angepasste Regelkurven (bei Wärmepumpen besonders störend!)
 - Reduzierung des Wirkungsgrades bei Wärme- und Kälteerzeugern,
 - Geräuschbildung im Betrieb
 - sowie die Nichterfüllung der technischen Anschlussbedingungen bei Fernwärmeanlagen.

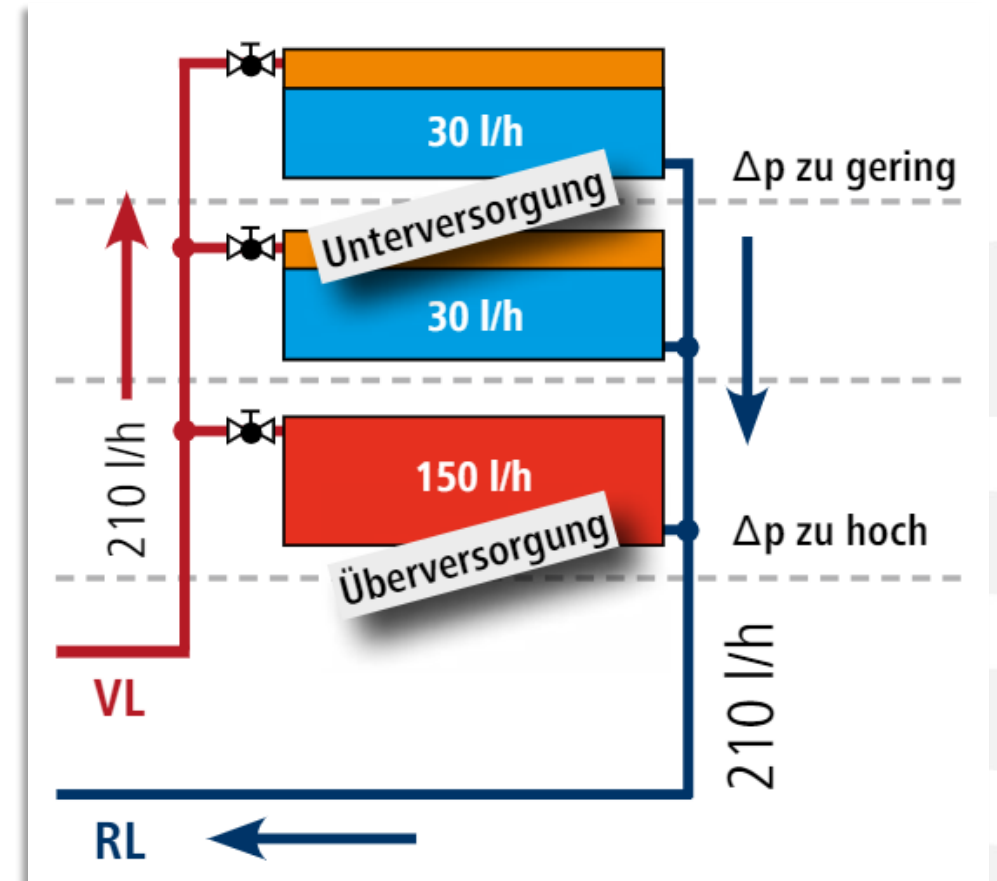
A.01 - Einführung



A.01.2 - Begriff und Ziele des Hydraulischen Abgleichs:

Was bringt ein hydraulischer Abgleich?

Jeder kennt diese oder ähnliche Darstellungen, sie stellen aber das tatsächliche Problem in der Praxis nicht umfänglich dar!



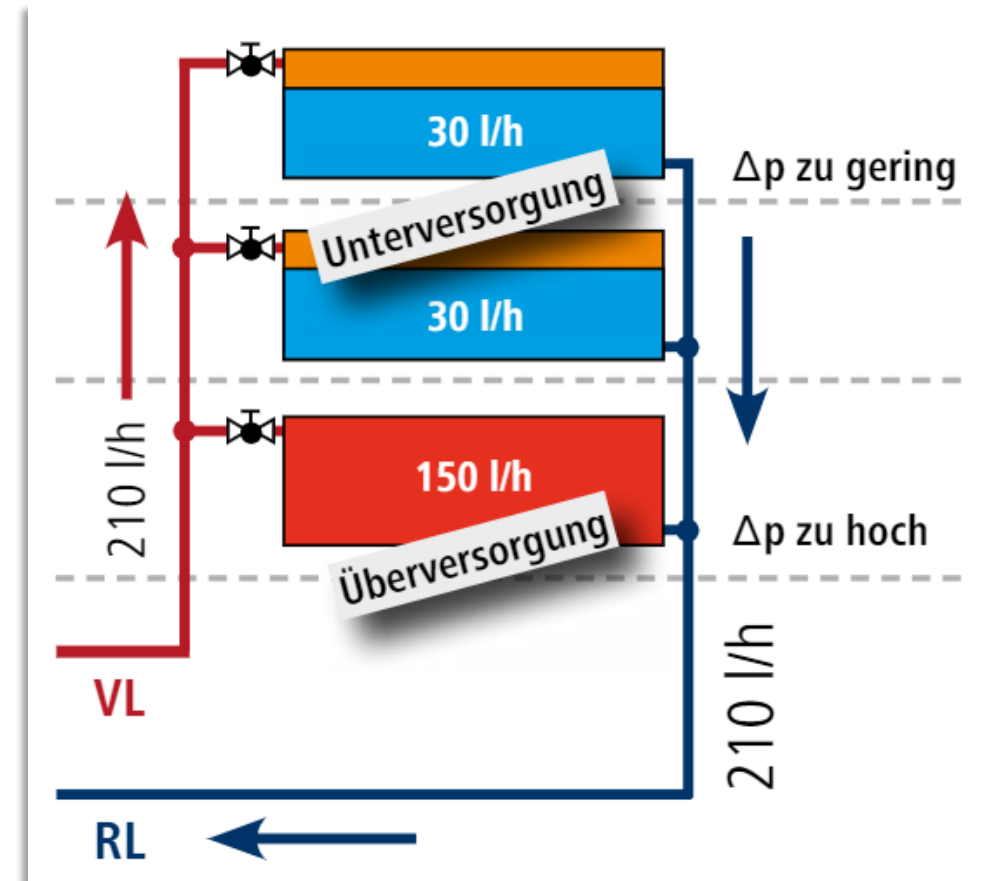
A.01 - Einführung



A.01.2 - Begriff und Ziele des Hydraulischen Abgleichs:

Was bringt ein hydraulischer Abgleich?

- Sind Heizkörper (oder auch Kreise einer Flächenheizung) unterversorgt, wird schnell Abhilfe geschaffen mit Anheben der Heizkurve und/oder Erhöhung des Pumpendrucks.
- Danach sind die unterversorgten Heizflächen ausreichend versorgt, die vorher überversorgten Heizflächen sind dann „überüberversorgt“! Das merkt aber keiner!



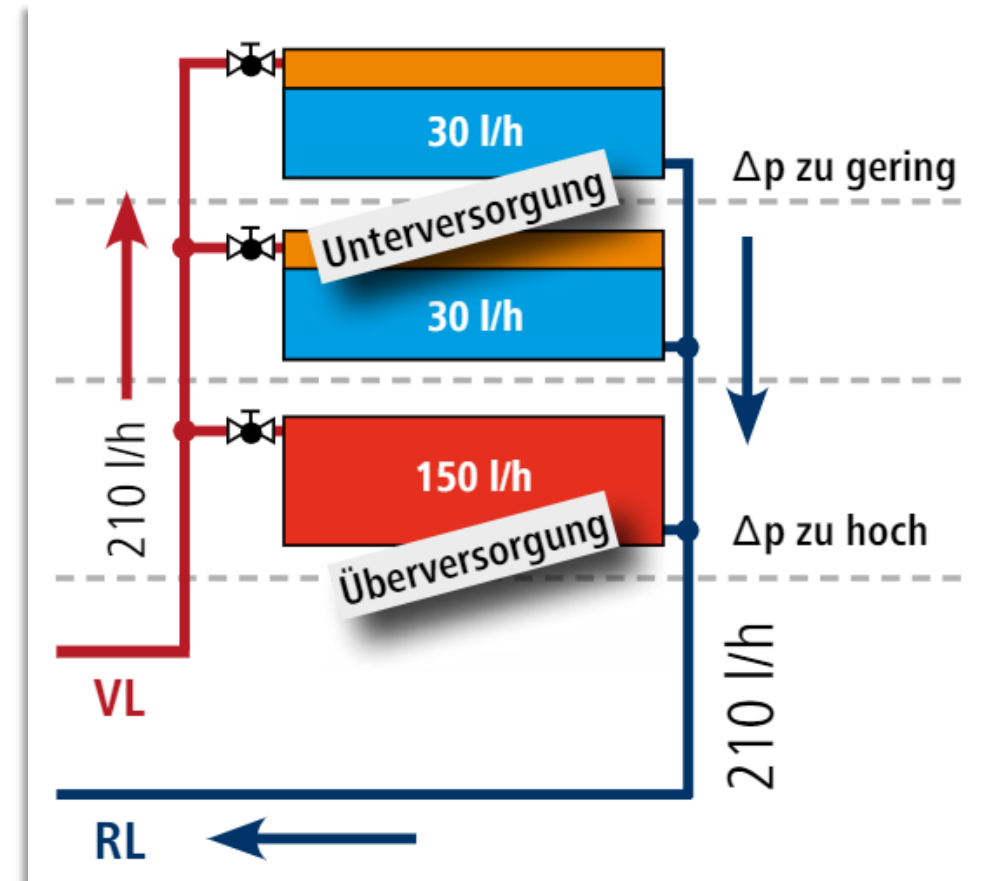
A.01 - Einführung



A.01.2 - Begriff und Ziele des Hydraulischen Abgleichs:

Was bringt ein hydraulischer Abgleich?

- Bei einer Standard-Gas- oder Ölheizung ist der Effekt der „Über-Über-Versorgung“ noch verschmerzbar (es laufen ja Millionen von Anlagen so!).
- Die geringere Effizienz ist schwer erkenn- und nachweisbar und wird toleriert.



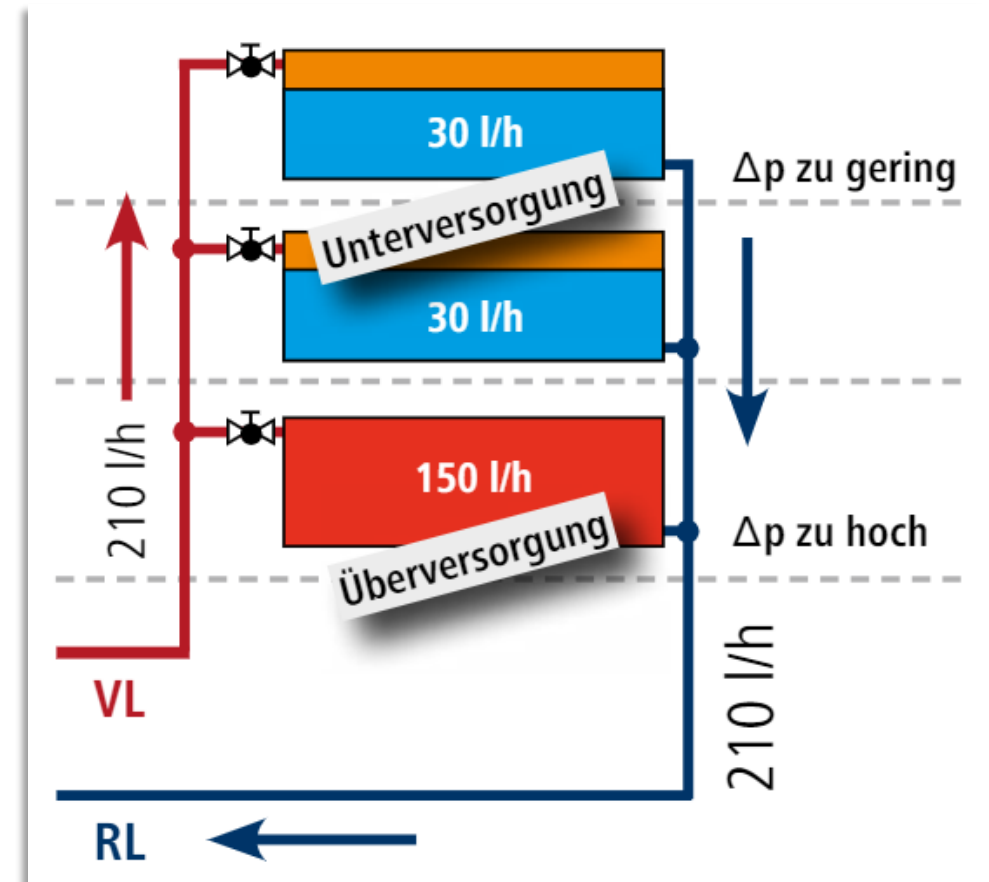
A.01 - Einführung



A.01.2 - Begriff und Ziele des Hydraulischen Abgleichs:

Was bringt ein hydraulischer Abgleich?

- Bei einer **Wärmepumpe** oder Brennwertheizung jedoch wird es problematisch! Da führt es ggf. zu Funktionsstörungen und die höhere Vorlauftemperatur geht richtig ins Geld.
- ... und im Gegensatz zu Öl und Gas sind die Probleme direkt sichtbar!





A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.1 - Vorbemerkungen



A.02 - Hydraulische Schaltungen



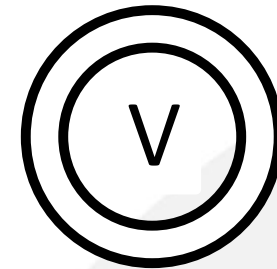
A.02.1 - Vorbemerkungen

- Nachfolgend wird unterschieden zwischen:
 - Hydraulische Grundschaltungen
 - ... stellen die hydraulischen Verhältnisse zwischen Erzeuger(n) und Verbraucher(n) bzw. Verbrauchergruppen dar.
 - Verbraucher sind in diesen Schaltungen zu Verbrauchergruppen zusammengefasst.
 - Hydraulische Schaltungen der Verbraucher
 - ... stellen die hydraulischen Verhältnisse zwischen den Verbrauchern untereinander dar

A.02 - Hydraulische Schaltungen



- **A.02.1 - Vorbemerkungen**
- Verbrauchergruppen fassen zur besseren Übersichtlichkeit mehrere Verbraucher zusammen
 - in den meisten Anlagen sind jedoch mehrere solcher Gruppen parallel angeordnet. (Geschosse, Wohnungen, Nord-Süd, ...)
 - Bei größeren Anlagen erleichtert ein „Vor“- Abgleich der Gruppen zueinander (z. B. mittels Strangregulierventilen oder PICV) den Abgleich der Verbraucher innerhalb der Gruppen.



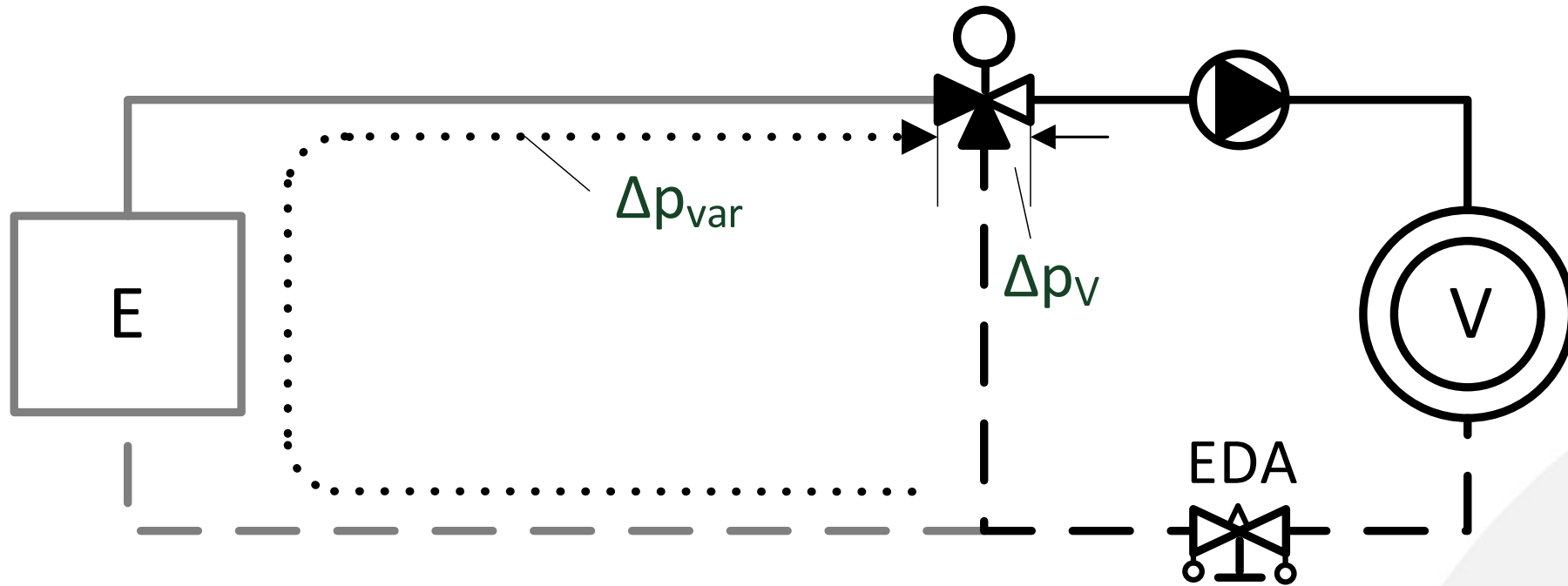


A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.2 bis A.02.12 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.2 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 1



Beimischschaltung mit variabler Beimischung

Legende

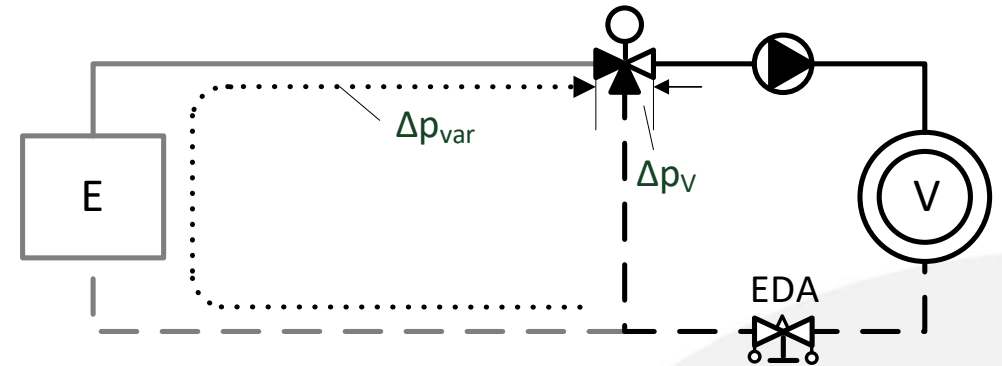
E	Erzeuger
V	Verbraucher oder Verbrauchergruppe
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
Δp_v	Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Die schwarzen Pfeile am Mischventil signalisieren die Fließrichtung

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.2 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 1

- Die Erzeugerstrecke hat keine eigene Pumpe
- Die Verbraucherpumpe übernimmt den Druckverlust von Verbraucher, Erzeuger und Anschlussstrecken



Beimischschaltung mit variabler Beimischung

Legende

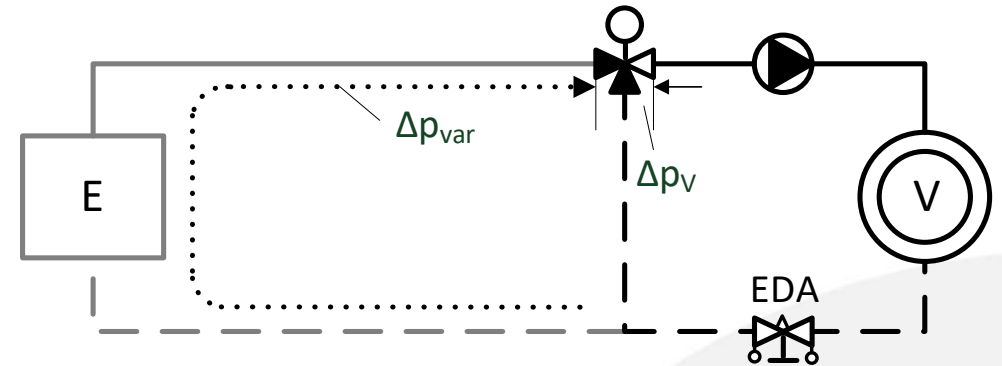
E	Erzeuger
V	Verbraucher oder Verbrauchergruppe
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
Δp_v	Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Die schwarzen Pfeile am Mischventil signalisieren die Fließrichtung

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.2 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 1

- Sinkt der Sollwert der Vorlauftemperatur am Verbraucher, steigt der Durchfluss an der Beimischstrecke, es wird zunehmend Rücklaufwasser beigemischt, somit verringert sich der Durchfluss am Erzeuger,
- Nur für Erzeuger ohne untere Begrenzung der Rücklauftemperatur und ohne Mindestmassenstrom geeignet,



Beimischschaltung mit variabler Beimischung

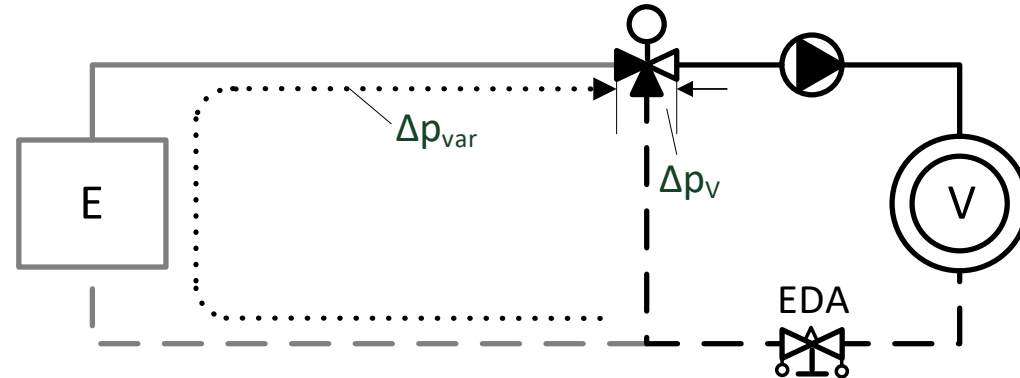
Legende

E	Erzeuger
V	Verbraucher oder Verbrauchergruppe
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
Δp_v	Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Die schwarzen Pfeile am Mischventil signalisieren die Fließrichtung

A.02 - Hydraulische Schaltungen

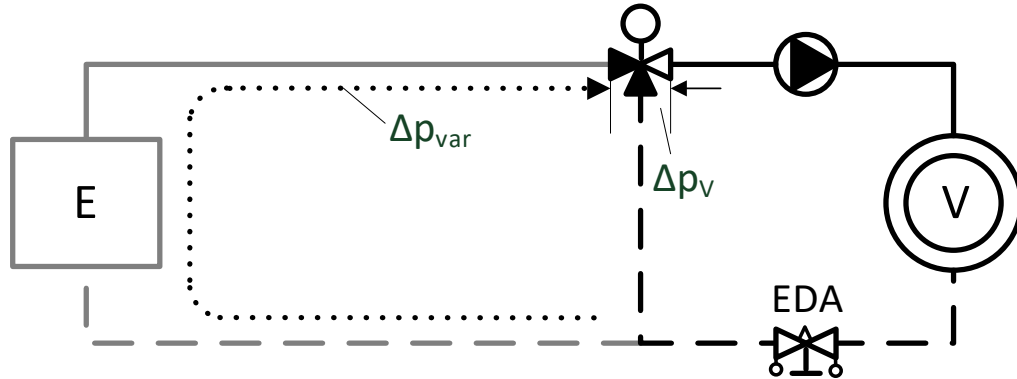
A.02.2 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 1



Anwendungsfall	Primärkreis			Schnittstelle Prim. / Sek.	Sekundärkreis		
	Massenstrom	Δp	Rücklauf-temperatur Erzeuger		Massenstrom	Δp	Vorlauf-Temperatur Verbraucher
Heizungsanlagen mit Versorgung durch Wärmeerzeuger ohne untere Rücklauftemperaturbegrenzung	variab.	var.	entspricht Verbraucher-rücklauf	differenzdruckarm	konstant	konst.	variabel, abhängig vom Beimischanteil

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.2 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 1

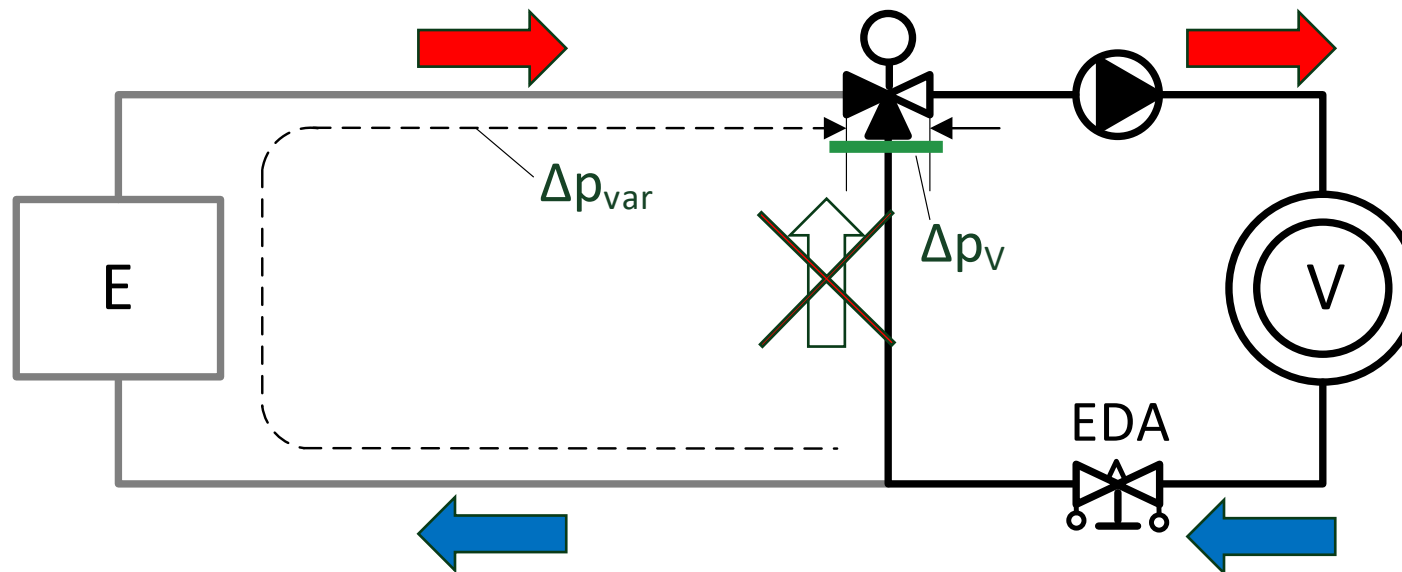


- Da keine Erzeugerpumpe vorgesehen ist, müssen die Verbraucherpumpen auch den Druckverlust des Erzeugers sowie seiner Anschlussstrecken übernehmen.
- z. B. Heizungsanlagen mit Versorgung durch Brennwertkessel (nicht -therme!) oder andere Wärmeerzeuger ohne untere Rücklauftemperaturebegrenzung.
- Schaltung wird als differenzdruckarm bezeichnet, weil der Differenzdruck der Verbraucherseite über den Durchgangs- oder den Abzweigweg des Drei-Wege-Ventils annähernd gleich ist.

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.2 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 1

Betrachtung der Extremfälle: 3-Wege-Ventil im Durchgang voll geöffnet

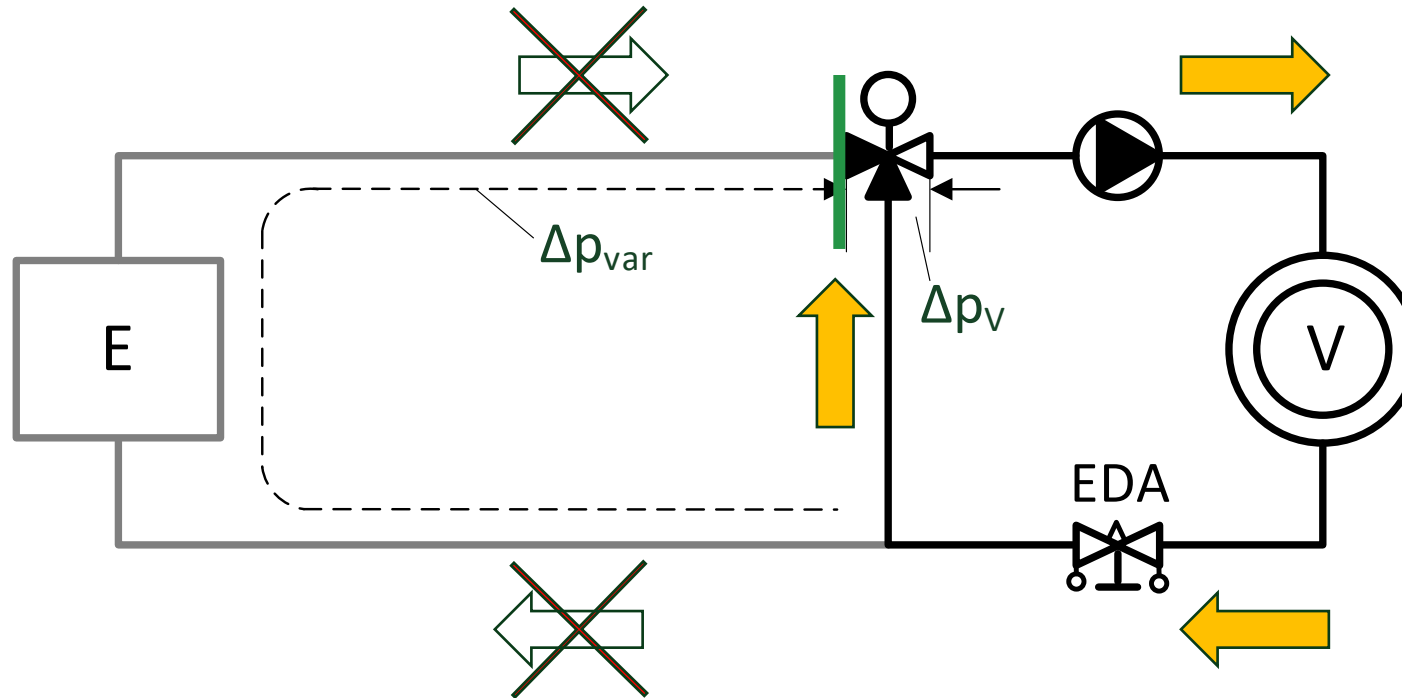


Wichtig: Rücklauftemperatur zum Erzeuger entspricht immer der Verbraucher-Rücklauftemperatur!

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.2 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 1

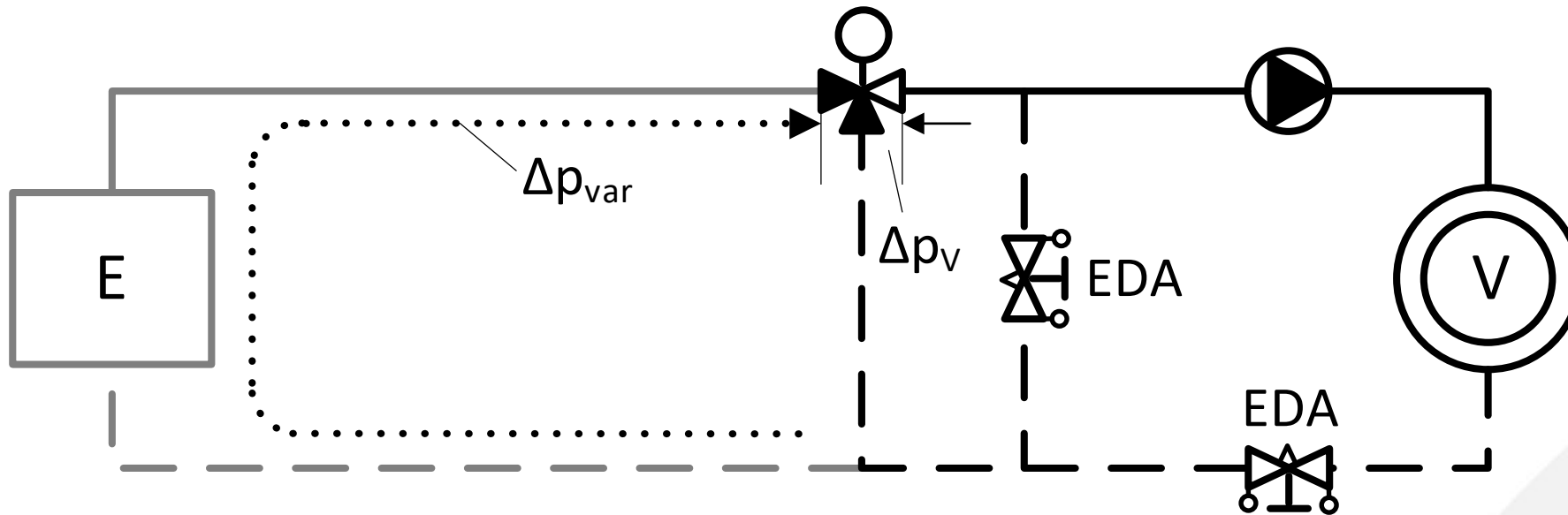
Betrachtung der Extremfälle: 3-Wege-Ventil im geschlossen



Wichtig: keine Abnahme vom Erzeuger, Verbraucher ist versorgt!

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.3 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 2



Beimischschaltung mit Festbeimischung

Legende

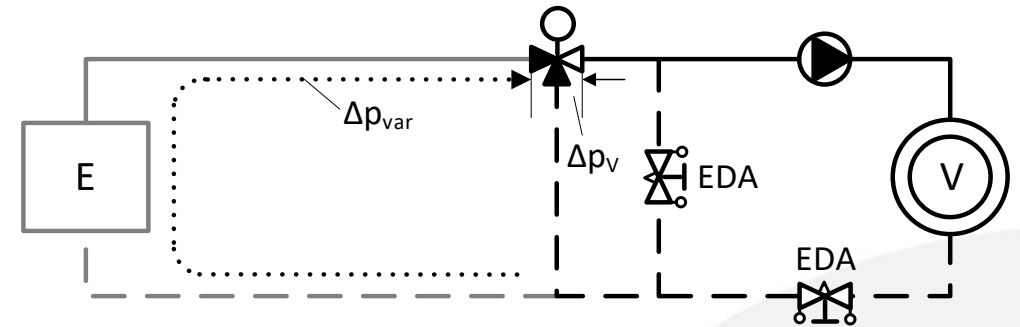
- E Erzeuger
- V Verbraucher oder Verbrauchergruppe
- EDA Einstell- und Diagnosearmatur
- Δp_v Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
- Δp_{var} Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Die schwarzen Pfeile am Mischventil signalisieren die Fließrichtung

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.3 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 2

- Wenn die Verbrauchertemperatur bei Nennleistung deutlich niedriger als die Erzeugertemperatur sein soll, wird zwischen 3-Wege-Armatur und Pumpe ein gedrosselter Bypass zwischen Vor- und Rücklauf angeordnet.
- Nur für Erzeuger ohne untere Begrenzung der Rücklauftemperatur und ohne Mindestmassenstrom geeignet



Legende

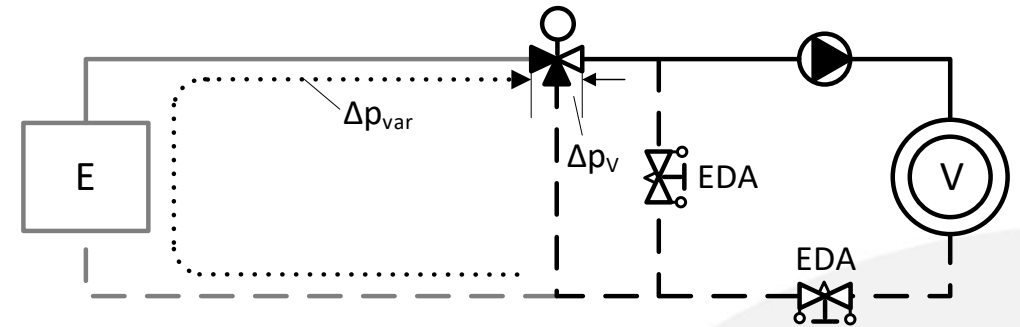
E	Erzeuger
V	Verbraucher oder Verbrauchergruppe
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
Δp_v	Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Die schwarzen Pfeile am Mischventil signalisieren die Fließrichtung

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.3 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 2

- Die Verbraucherpumpe übernimmt den Druckverlust von Verbraucher, Erzeuger und Anschlussstrecken,
- der Widerstand der Festbeimischstrecke mit EDA muss dem Widerstand des Mischers bei Solldurchfluss im Durchgangsweg zuzügl. dem Widerstand der Erzeugerstrecke entsprechen.



Legende

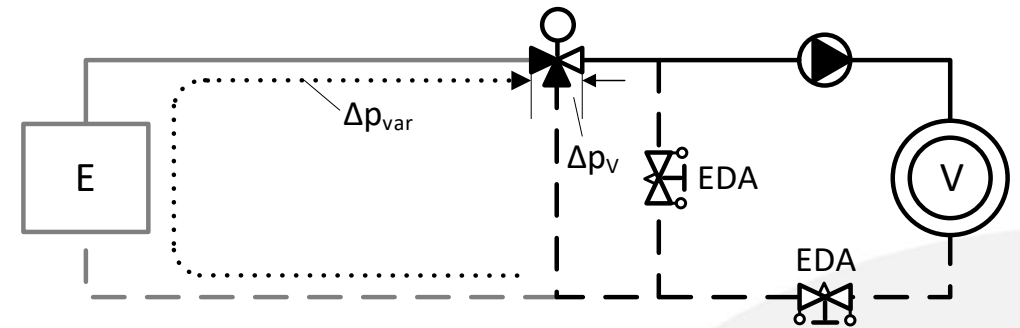
E	Erzeuger
V	Verbraucher oder Verbrauchergruppe
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
Δp_v	Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Die schwarzen Pfeile am Mischventil signalisieren die Fließrichtung

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.3 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 2

- Sinkt der Sollwert der Vorlauftemperatur am Verbraucher, steigt der Durchfluss an der Beimischstrecke, es wird zunehmend Rücklaufwasser beigemischt, somit verringert sich der Durchfluss am Erzeuger,
- Kommt bei Erzeugern mit Vorlauftemperaturen oberhalb des Verbraucher-Sollwertes zur Anwendung



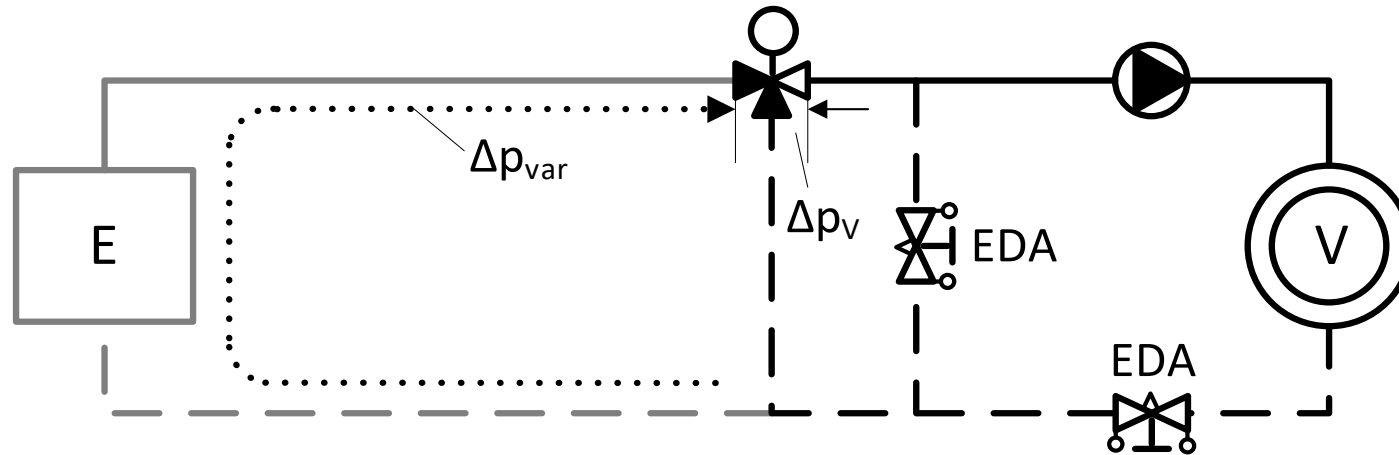
Legende

E	Erzeuger
V	Verbraucher oder Verbrauchergruppe
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
Δp_v	Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Die schwarzen Pfeile am Mischventil signalisieren die Fließrichtung

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.3 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 2

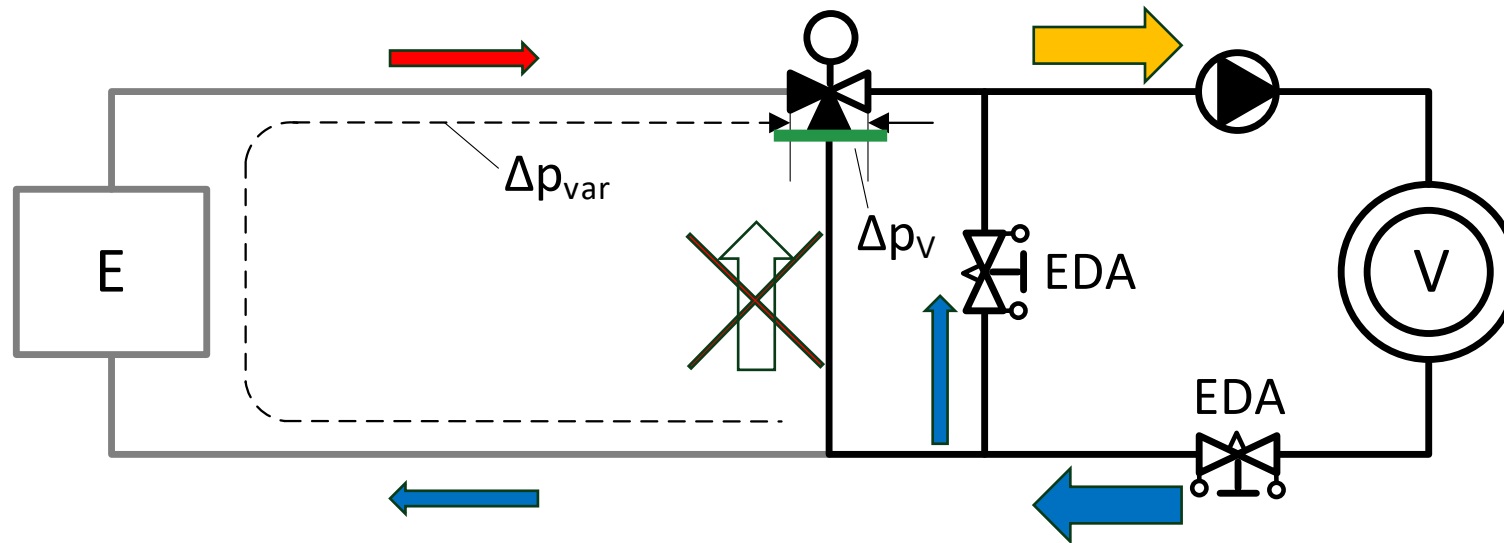


Anwendungsfall	Primärkreis			Schnittstelle Prim. / Sek.	Sekundärkreis		
	Massenstrom	Δp	Rücklauf-temperatur Erzeuger		Massenstrom	Δp	Vorlauf-Temperatur Verbraucher
Erzeuger-Vorlauftemperaturen oberhalb des Sollwertes der Vorlauftemperatur der Wärmeübergabe (Flächenheizung)	variabel	var.	entspricht Verbraucher-rücklauf	differenz-druckarm	konstant	kon.	variabel, abhängig vom Beimischanteil

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.3 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 2

Betrachtung der Extremfälle: 3-Wege-Ventil im Durchgang voll geöffnet



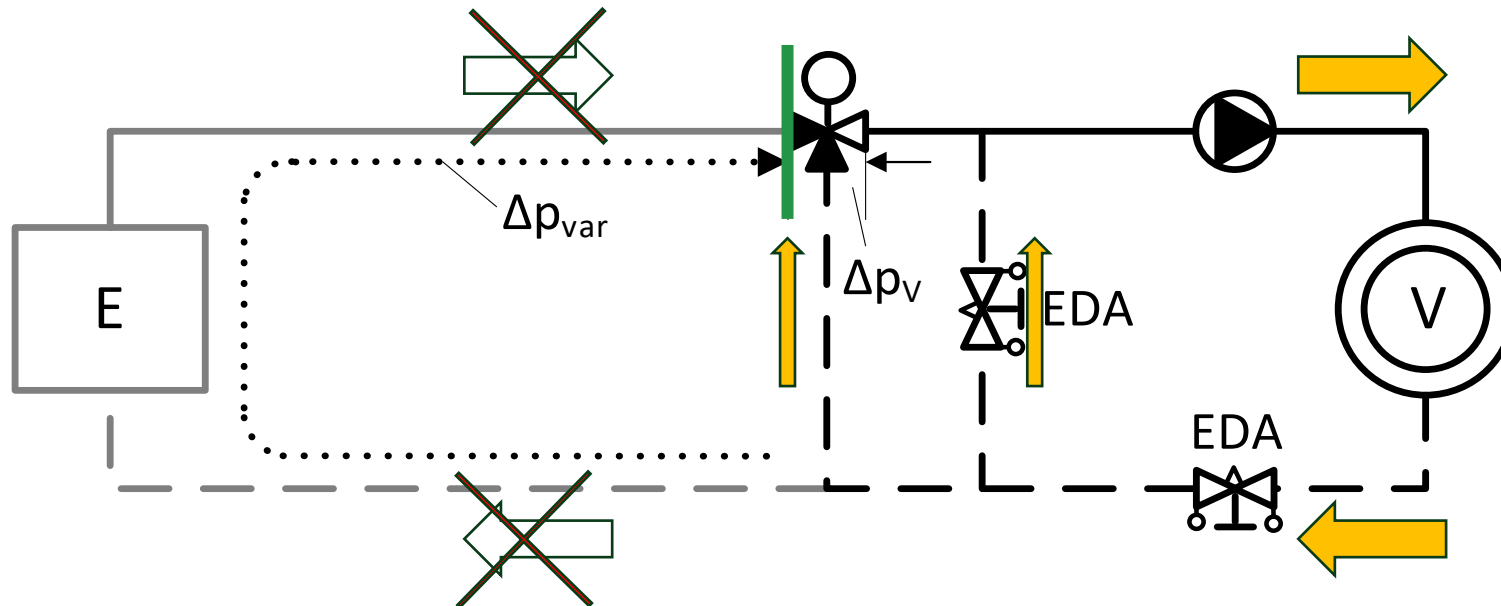
Wichtig: Rücklauftemperatur zum Erzeuger entspricht immer der Verbraucher-Rücklauftemperatur!

Der Widerstand der Festbeimischstrecke muss dem Widerstand des Mischers bei Solldurchfluss im Durchgangsweg zuzüglich ggf. dem Widerstand der Erzeugerstrecke entsprechen

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.3 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 2

Betrachtung der Extremfälle: 3-Wege-Ventil im Durchgang geschlossen



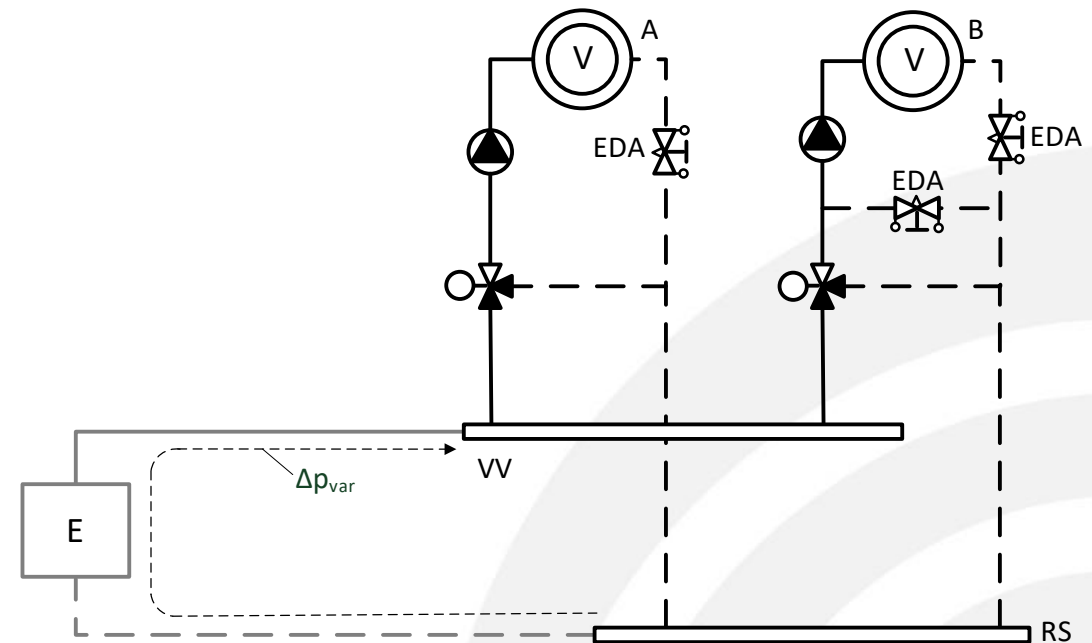
Wichtig: keine Abnahme vom Erzeuger, Verbraucher ist versorgt!

Der Widerstand der Festbeimischstrecke muss dem Widerstand des Mischers bei Solldurchfluss im Durchgangsweg zuzüglich ggf. dem Widerstand der Erzeugerstrecke entsprechen

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.4 - Grundsaltungen: Kombination aus Variante 02.2 und Variante 02.3

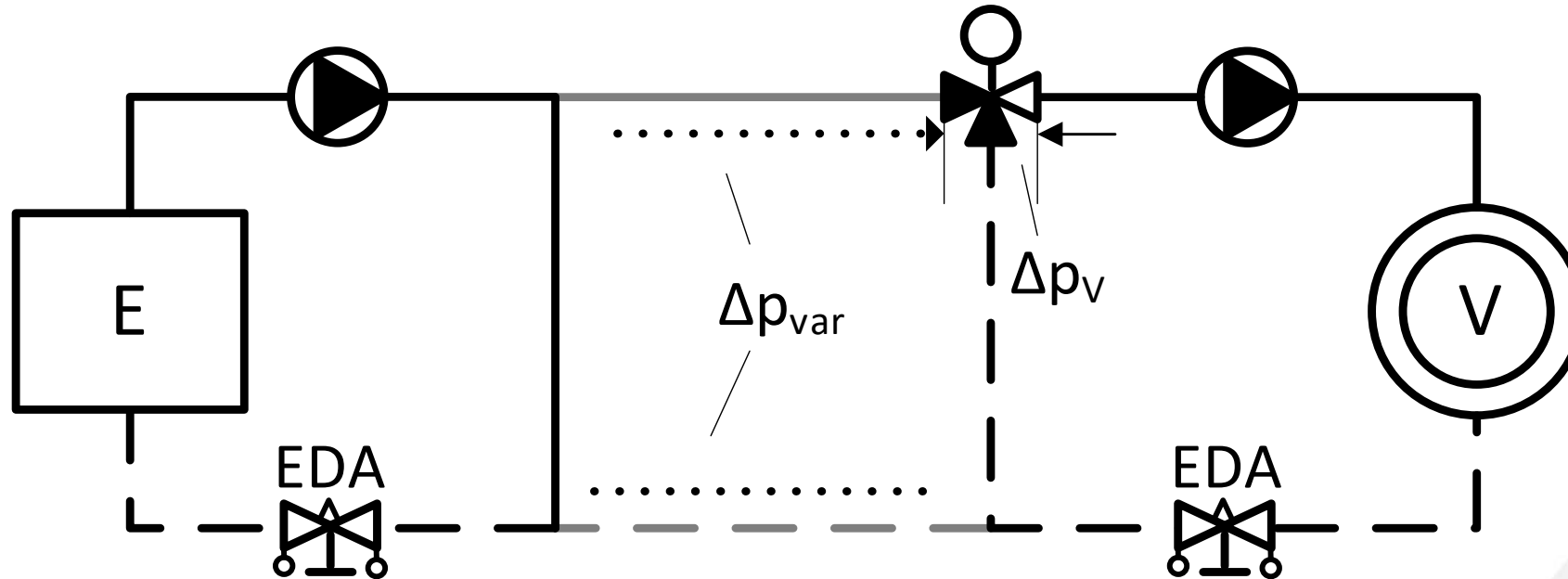
- Nebenstehend die Darstellung eines Einfachnetzes mit zwei parallelen Strömungskreisen als Kombination aus Variante 1 und Variante 2.
- A - Beimischschaltung z. B. für Heizkörper
- B - Beimischschaltung mit Festbeimischung z. B. für Fußbodenheizung



Typische Konstellation im Bestand,
EG mit Fußbodenheizung (B), OG mit Heizkörpern (A)

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.5 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 3



Beimischschaltung mit hydraulischer Entkopplung

Als solche könnte auch eine hydraulische Weiche oder ein Pufferspeicher angeordnet sein.

Legende

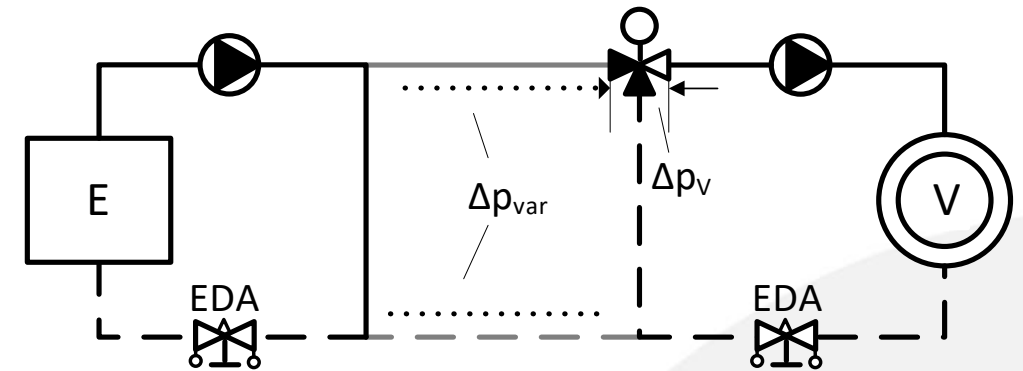
E	Erzeuger
V	Verbraucher oder Verbrauchergruppe
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
Δp_v	Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Die schwarzen Pfeile am Mischventil signalisieren die Fließrichtung

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.5 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 3

- Jeder Strömungskreis, der des Erzeugers und der des Verbrauchers, ist mit einer Pumpe ausgerüstet, die bis zu einer hydraulischen Entkoppelung (oder bis zu einem differenzdruckarmen Verteiler/Sammler) fördert.



Legende

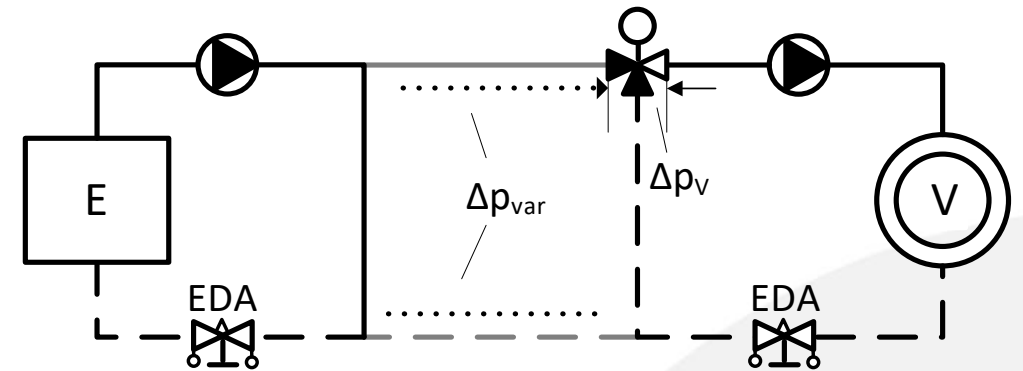
E	Erzeuger
V	Verbraucher oder Verbraucherguppe
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
Δp_v	Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Die schwarzen Pfeile am Mischventil signalisieren die Fließrichtung

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.5 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 3

- Die Verbraucherpumpe übernimmt den Druckverlust von Verbraucher, Regelventil und Anschlussstrecken,
- Die Verbraucherseite kann auch in der Konstellation nach Grundsaltung Nr. 2 (mit Festbeimischung) vorhanden sein, je nach Temperatursituation.



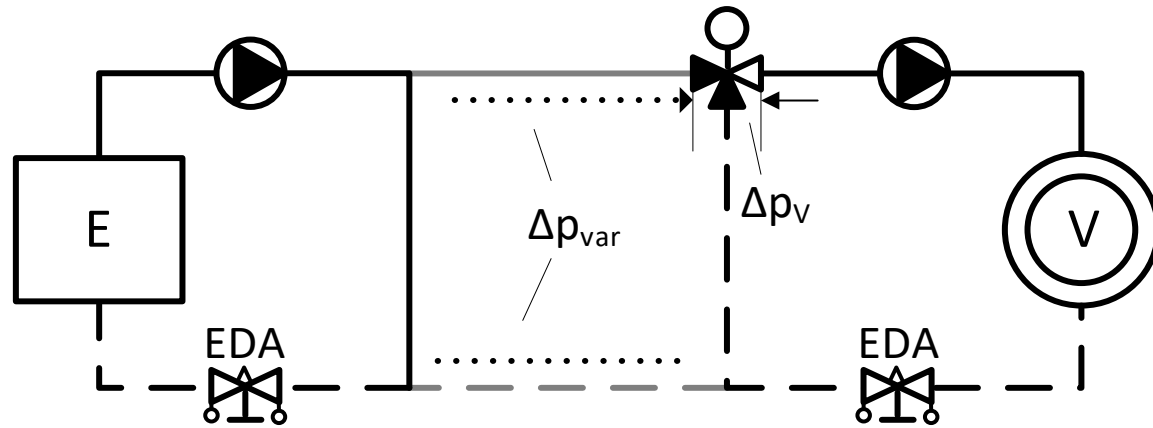
Legende

E	Erzeuger
V	Verbraucher oder Verbraucherguppe
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
Δp_v	Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Die schwarzen Pfeile am Mischventil signalisieren die Fließrichtung

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.5 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 3

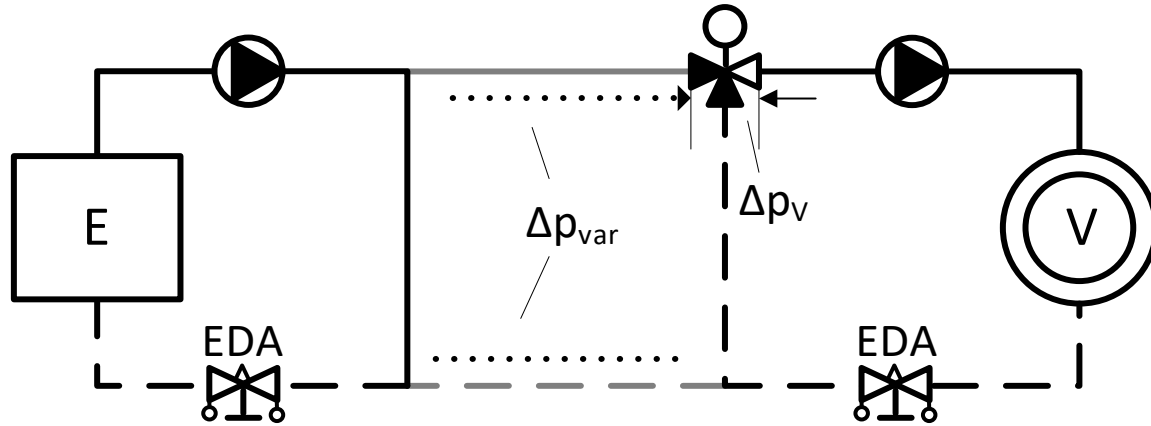


Auch in dieser Schaltungsvariante kann die Verbraucherseite mit Festbeimischung ausgestattet sein (siehe Schaltung 2)

Anwendungsfall	Primärkreis			Schnittstelle Prim. / Sek.	Sekundärkreis		
	Massenstrom	Δp	Rücklauf- temperatur Erzeuger		Massenstrom	Δp	Vorlauf- Temperatur Verbraucher
Wärmeerzeuger (z. B. Kessel) an Unterzentralen mit hydraulischer Entkopplung	konstant	konst.	variabel, abhängig vom Beimischanteil	differenz- druckarm	konstant	konst.	variabel, abhängig vom Beimischanteil

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.5 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 3



Auch in dieser Schaltungsvariante kann die Verbraucherseite mit Festbeimischung ausgestattet sein (siehe Schaltung 2)

Anwendung:

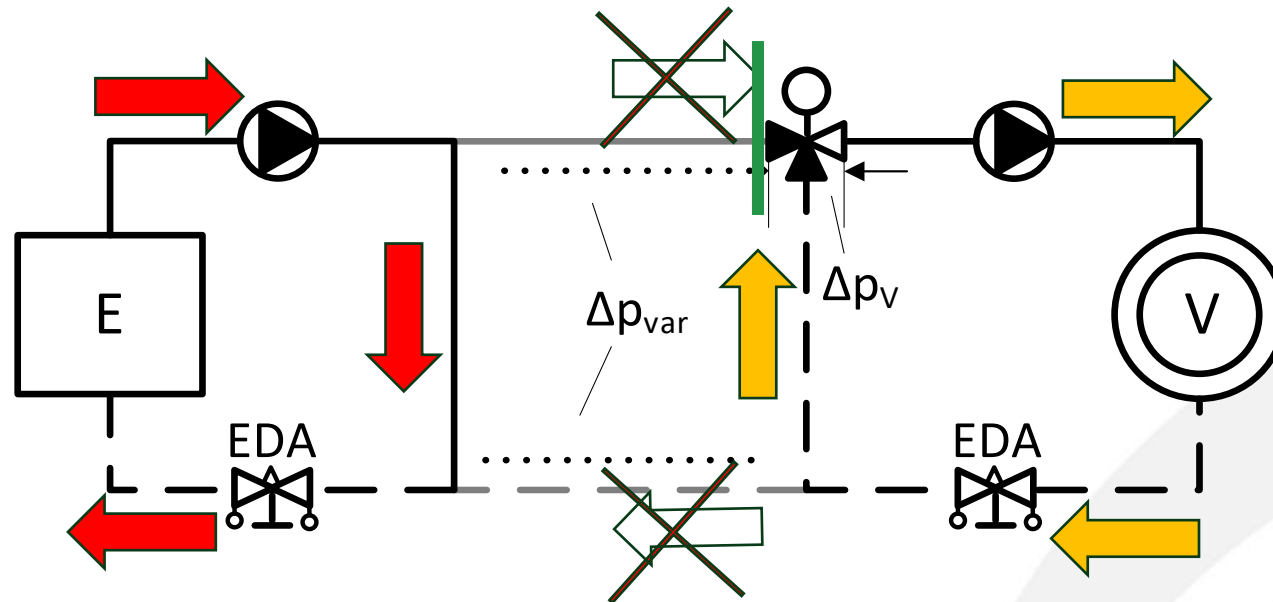
- z. B. Heizungsanlagen mit Versorgung durch Wärmepumpen, Standard- oder Niedertemperatur-Kessel
- in Unterzentralen, wenn die Wärmeverbraucher hydraulisch entkoppelt sein müssen.

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.5 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Beimischschaltung 3

Betrachtung der Extremfälle: 3-Wege-Ventil im Durchgang geschlossen

Erzeuger geht bei
Überschreitung der
zulässigen Rücklauf-
temperatur außer
Betrieb



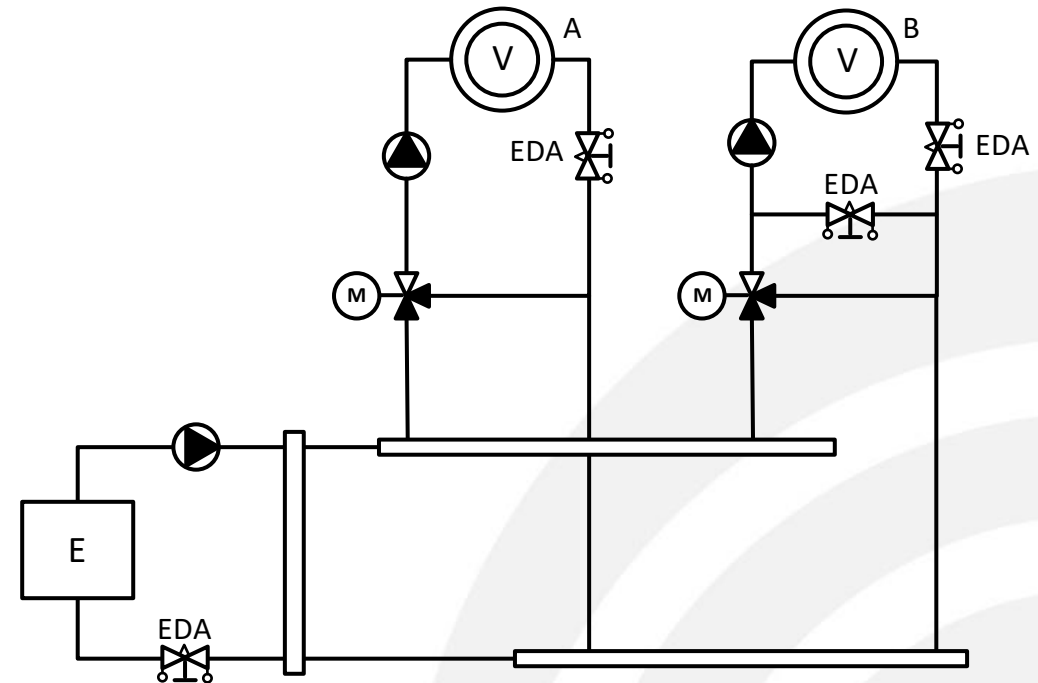
Wichtig: Rücklauftemperatur zum Erzeuger kann in diesem Extremfall seiner Vorlauftemperatur entsprechen!

Die Δp -variable Strecke kann auch als hydraulische Weiche realisiert werden, in der fließt dann die Differenz der beiden Bypass-Massenströme, ggf. sogar in wechselnder Richtung.

A.02 - Hydraulische Schaltungen

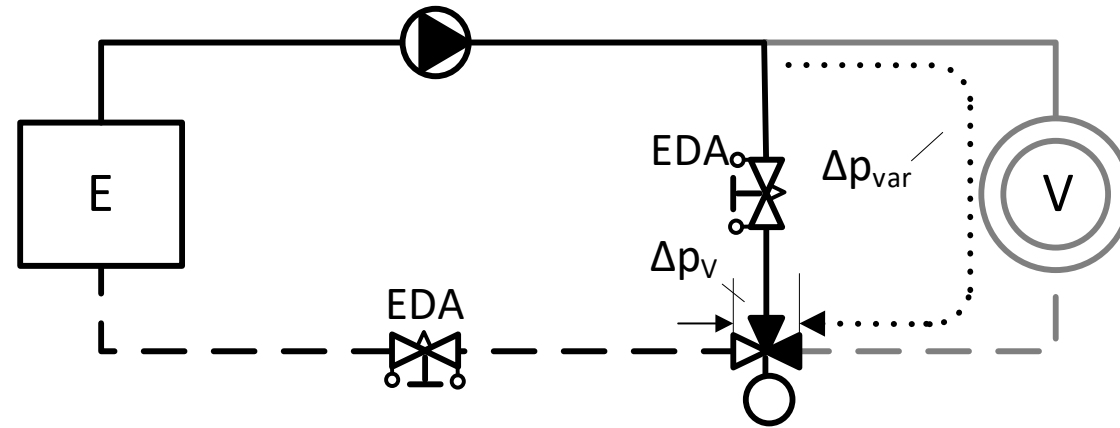
A.02.6 - Grundschaltungen: Kombination aus Variante 02.2 und Variante 02.3 an hydraulischer Weiche

- Beimischschaltungen aller Art sind somit besprochen, im Bestand wird man eine Vielzahl an Kombinationen vorfinden, die sich meist auf die gezeigten Varianten reduzieren lassen.
- Hier zeigt eine ebenfalls häufig vorzufindende Schaltung mit hydraulischer Weiche.



A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.7 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Umlenkschaltung

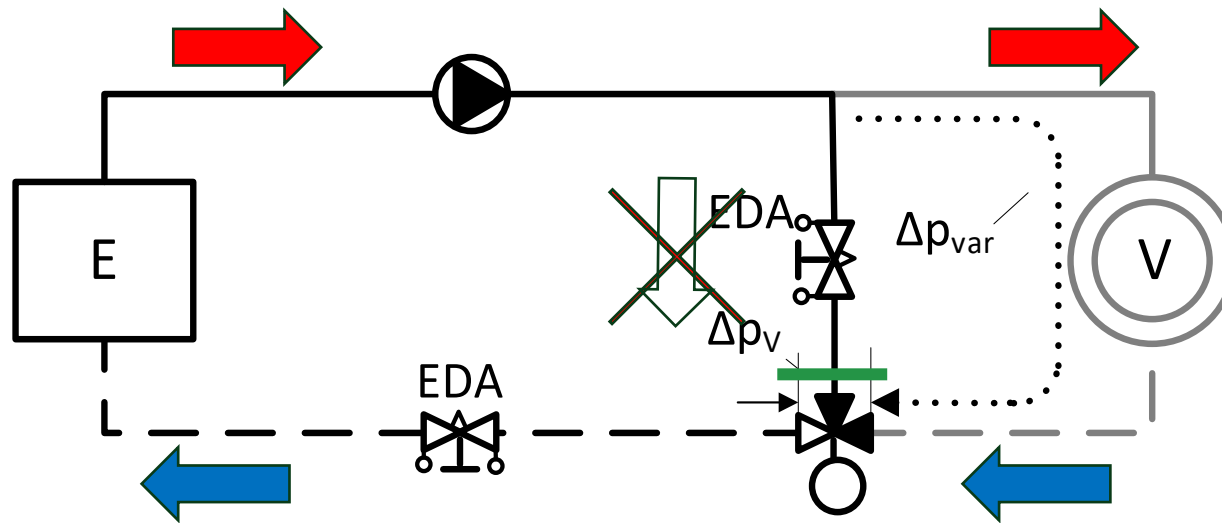


Anwendungsfall	Primärkreis			Schnittstelle Prim. / Sek.	Sekundärkreis		
	Massenstrom	Δp	Rücklauf-temperatur Erzeuger		Massenstrom	Δp	Vorlauf-temperatur Verbraucher
Luftkühler (kondensierend) an Kältemaschinen, die einen konstanten Durchfluss erfordern	konstant	konstant	variabel	Differenzdruck-behaftet	variabel	variabel	Erzeuger geführt

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.7 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Umlenkschaltung

Betrachtung der Extremfälle: 3-Wege-Ventil im Durchgang voll geöffnet



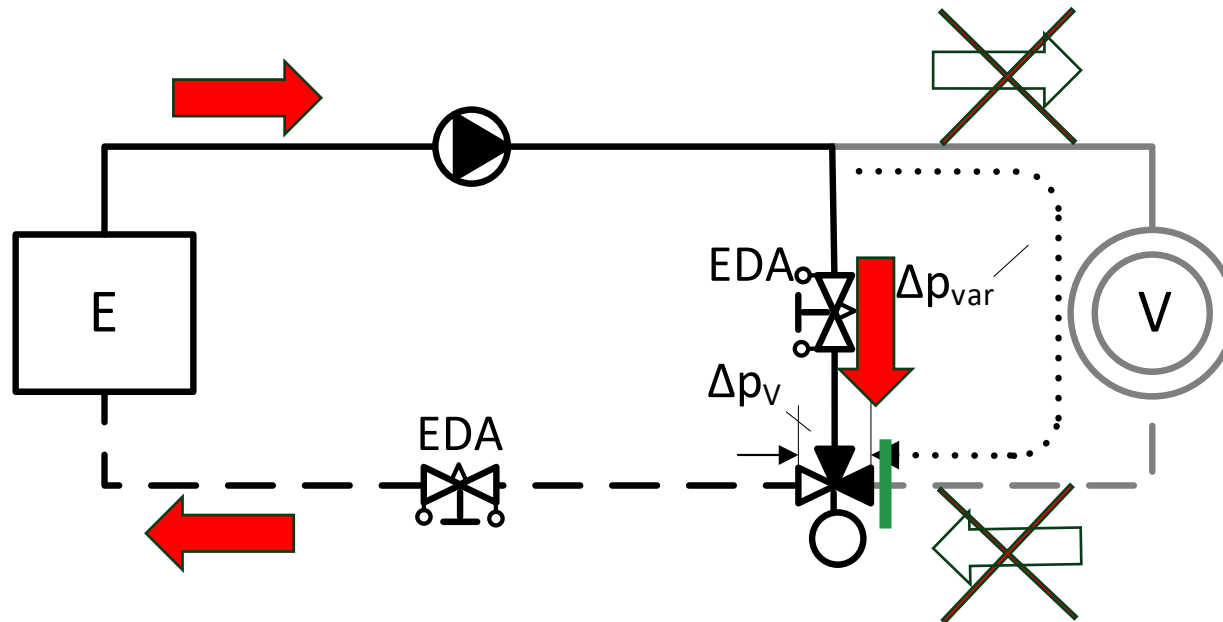
Ist das 3-Wege-Ventil im Durchgang voll geöffnet, entspricht:

- der Verbrauchermassenstrom dem des Erzeugers
- die Verbraucher-Vorlauftemperatur der Erzeuger-Vorlauftemperatur
- die Erzeuger-Rücklauftemperatur der Verbraucher-Rücklauftemperatur

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.7 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Umlenkschaltung

Betrachtung der Extremfälle: 3-Wege-Ventil im Durchgang geschlossen

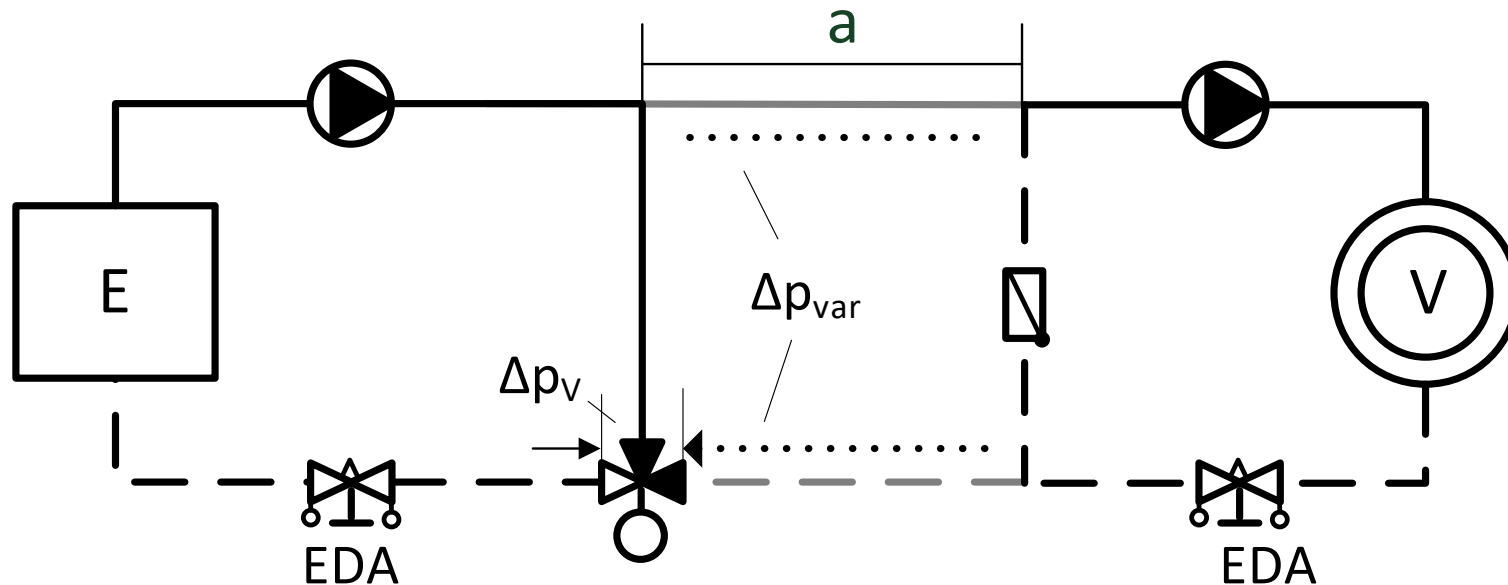


Ist das 3-Wege-Ventil im Durchgang geschlossen:

- entspricht die Erzeuger-Rücklauftemperatur seiner Vorlauftemperatur
- fließt kein Massenstrom durch den Verbraucher

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.8 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Einspritzschaltung



Hinweis: Der Abstand zwischen beiden Bypassleitungen muss mindestens 10 x Rohrdurchmesser, mindestens aber 0,5 m betragen. Für das Regelventil ist ein Druckverlust von mindestens 3 kPa (30 mbar) vorzusehen.

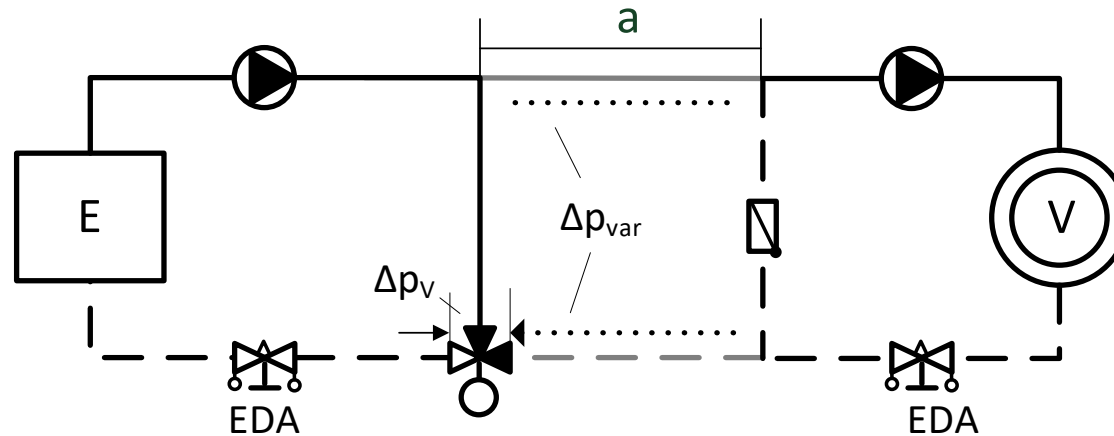
Einspritzschaltung Δp -behaftet, Regelventil im Rücklauf

Legende

E	Erzeuger
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
V	Verbraucher
Δp_v	Druckverlust des Regelventils
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke
a	Abstand zwischen den beiden Bypassleitungen

A.02 - Hydraulische Schaltungen

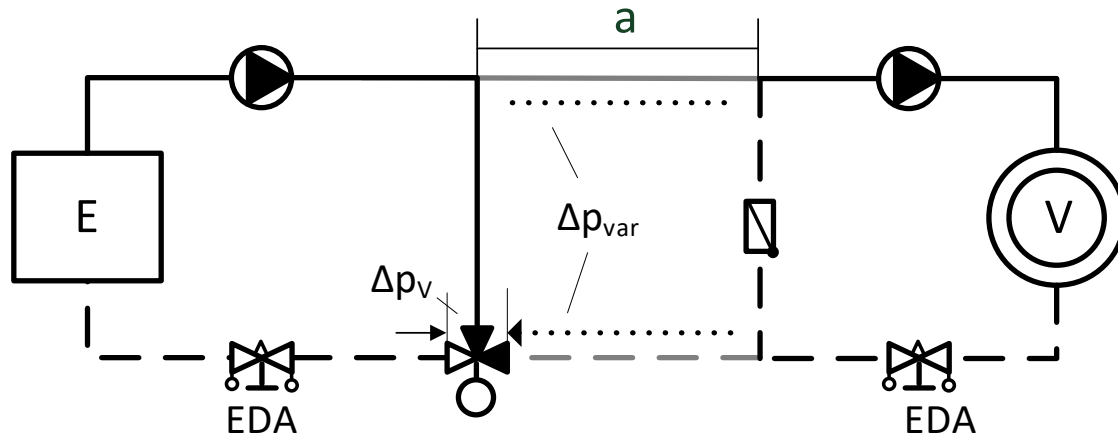
A.02.8 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Einspritzschaltung



Anwendungsfall	Primärkreis			Schnittstelle Prim. / Sek.	Sekundärkreis		
	Massenstrom	Δp	Rücklauf-temperatur Erzeuger		Massenstrom	Δp	Vorlauf-temperatur Verbraucher
Außenluft-beaufschlagte Luftheritzer mit Versorgung durch eine Zubringerpumpe; Luftkühler an Kältemaschinen, die einen konstanten Durchfluss erfordern	konstant	Konst.	variabel	Differenzdruck behaftet	konstant	Konst.	variabel

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.8 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Einspritzschaltung

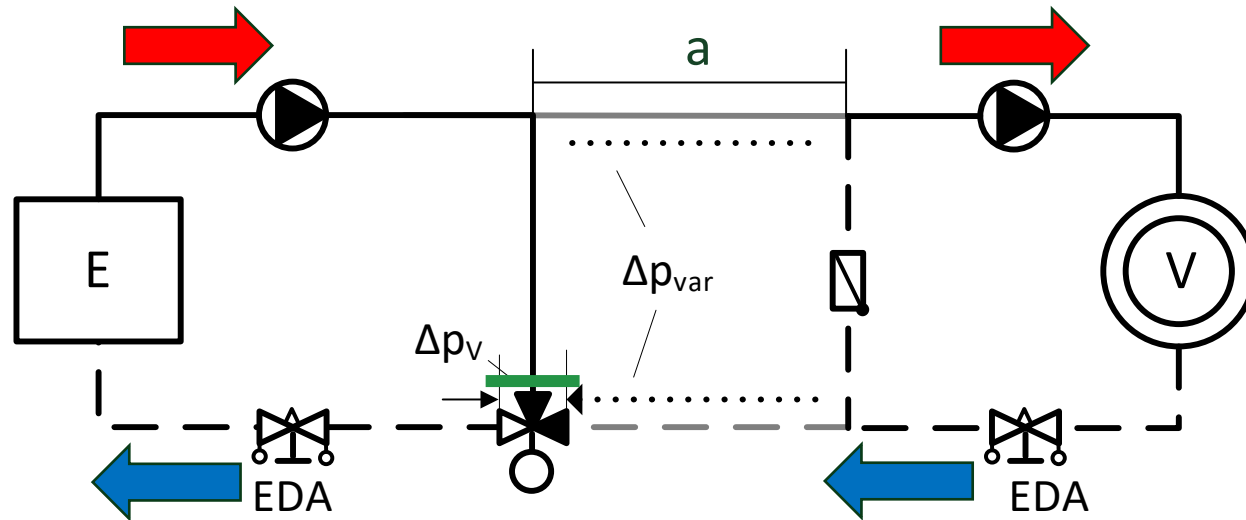


- Erzeuger- und Verbraucherkreis werden durch eigene Umwälzpumpen versorgt
- Im Verbraucherkreis verhindert ein Rückschlagventil, dass die Erzeugerpumpe den Verbraucherbypass als Kurzschluss „missbraucht“ (Risiko Rückschlagventil!)
- Im Erzeugerkreis ist ein konstanter Durchfluss gesichert (z. B. Kältemaschine)

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.8 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Einspritzschaltung

Betrachtung der Extremfälle: Drei-Wege-Ventil im Durchgang geöffnet



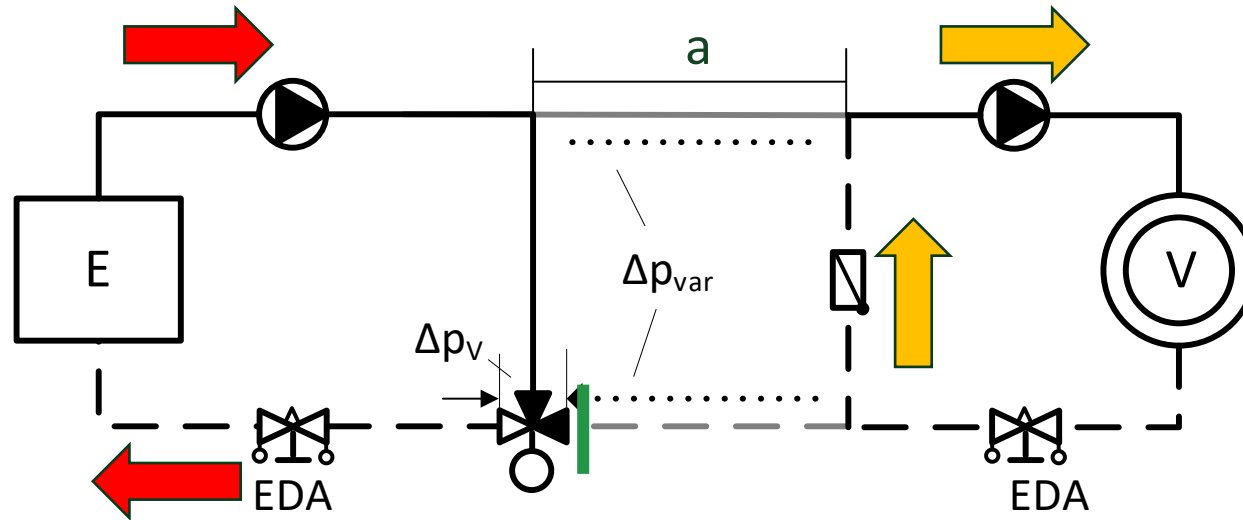
Ist das 3-Wege-Ventil im Durchgang voll geöffnet, entspricht:

- der Verbrauchermassenstrom annähernd dem des Erzeugers (Differenz strömt über den Bypass mit dem Rückschlagventil)
- die Verbraucher-Vorlauftemperatur annähernd der Erzeuger-Vorlauftemperatur (je nach Bypass-Massenstrom)
- die Erzeuger-Rücklauftemperatur annähernd der Verbraucher-Rücklauftemperatur

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.8 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Einspritzschaltung

Betrachtung der Extremfälle: Drei-Wege-Ventil im Durchgang geschlossen

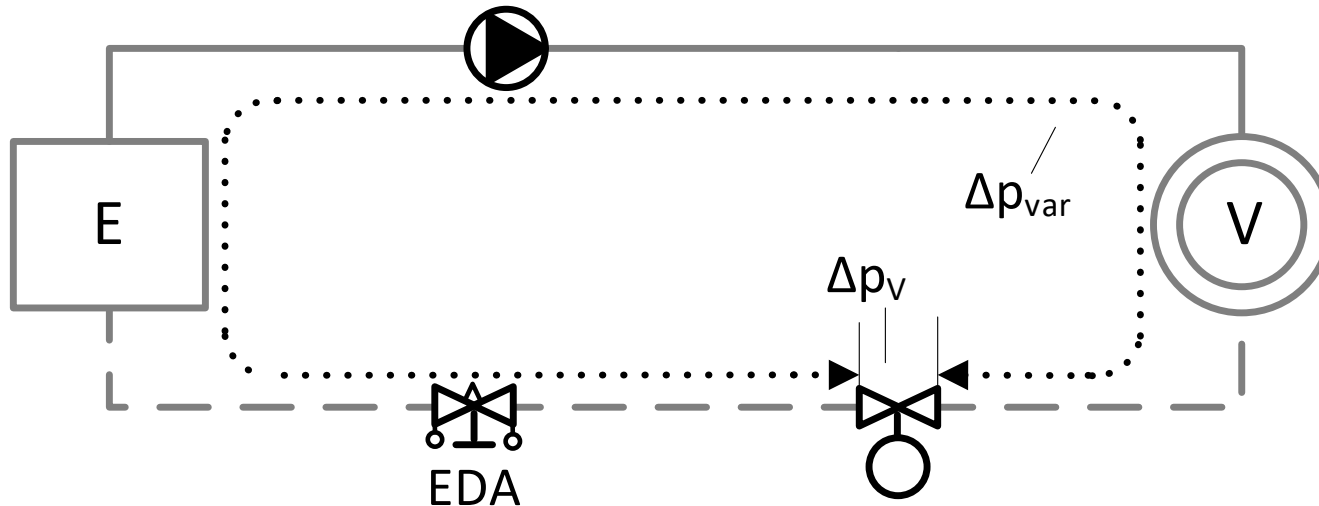


Ist das 3-Wege-Ventil im Durchgang geschlossen, entspricht:

- die Erzeuger-Rücklauftemperatur annähernd der Erzeuger-Vorlauftemperatur

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.9 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Drosselschaltung



Legende

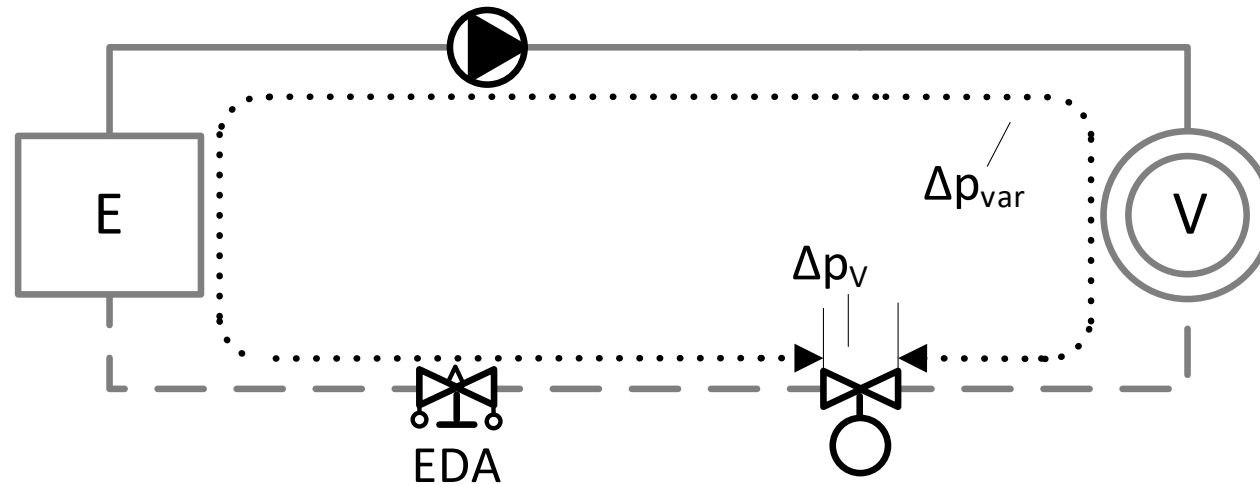
E	Erzeuger
V	Verbraucher oder Verbrauchergruppe
EDA	Einstell- und Diagnosearmatur
Δp_v	Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
Δp_{var}	Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

Drosselschaltung Δp -behaftet, statisch abgeglichen

- Verbraucher, deren Leistung mit der Veränderung des Durchflusses eingestellt wird z. B. Trinkwassererwärmer (TWE).
- Auch bei Kleinanlagen Heizung vorzufinden (Regelventile in den Verbrauchern)

A.02 - Hydraulische Schaltungen

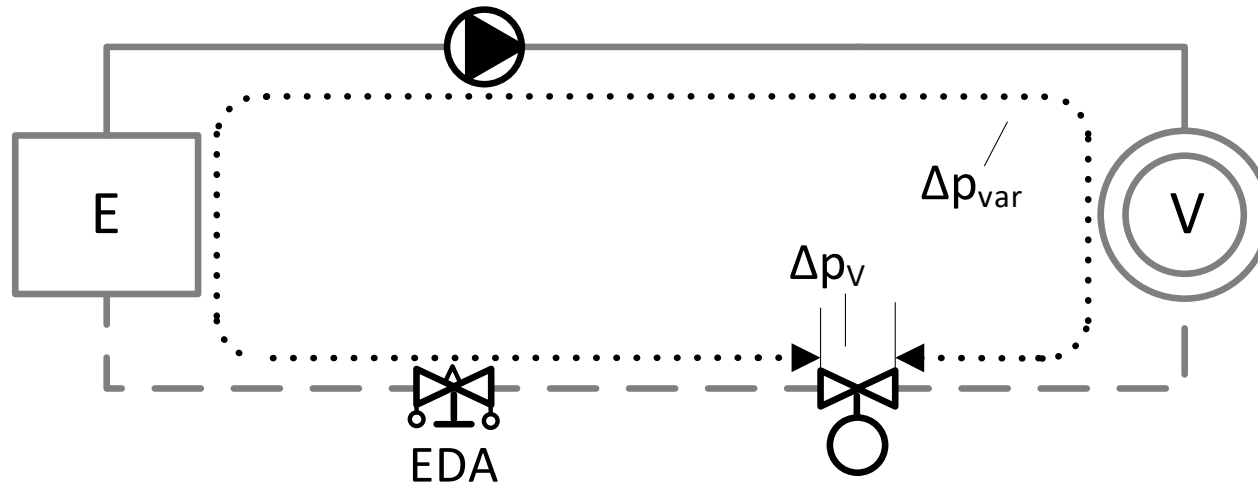
A.02.9 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Drosselschaltung



Anwendungsfall	Primärkreis			Schnittstelle Prim. / Sek.	Sekundärkreis		
	Massenstrom	Δp	Rücklauf- temperatur Erzeuger		Massen- strom	Δp	Vorlauf- temper.
Verbraucher, deren Leistung mit der Veränderung des Durchflusses eingestellt wird	variabel	variabel	variabel	Nicht vorh.	variabel	variabel	Erzeuger- geführt

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.9 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Drosselschaltung

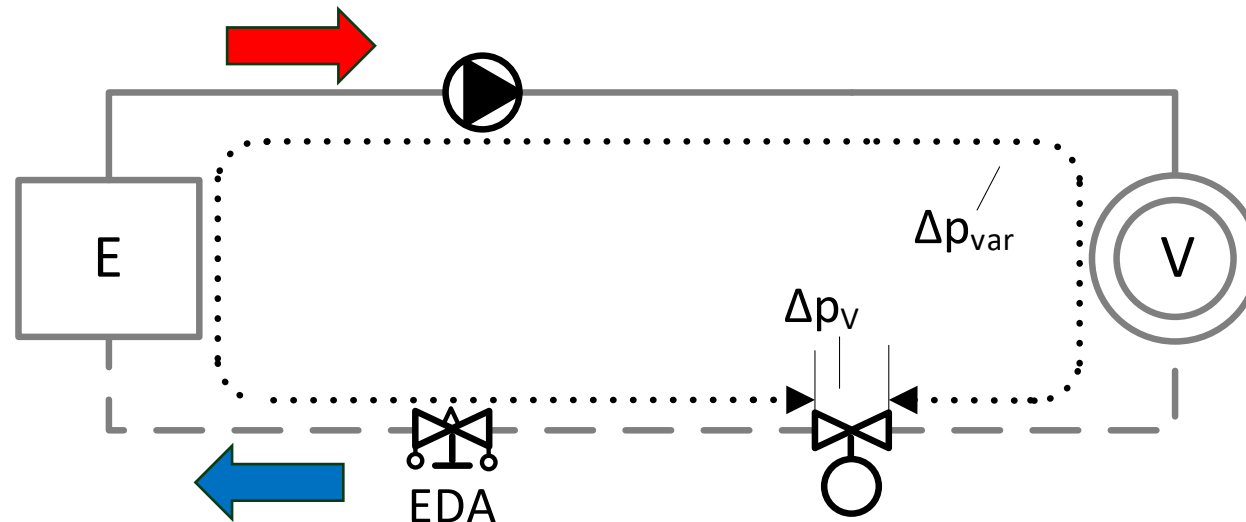


- Der Verbraucher bestimmt den Massenstrom durch den Erzeuger
- Schaltung ist nur bedingt für Erzeuger geeignet, die einen Mindestdurchlauf benötigen (z. B. **Kältemaschine, Wärmepumpe**) -> Erzeuger arbeitet bei Schwachlast im Taktbetrieb

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.9 - Grundschaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Drosselschaltung

Betrachtung der Extremfälle: Verbraucher voll geöffnet



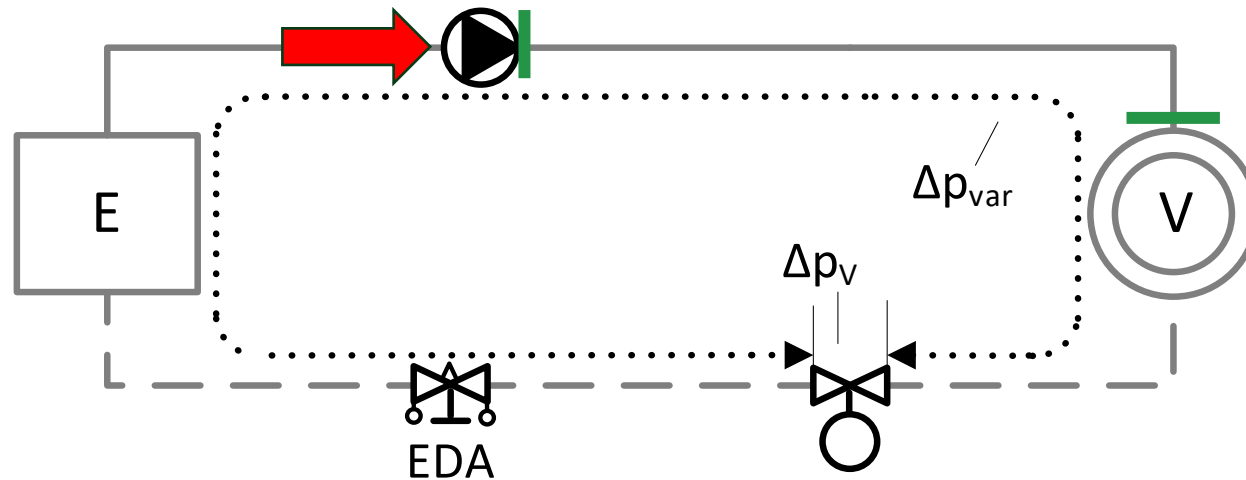
Benötigen die Verbraucher die Nennleistung, dann:

- strömt der Verbraucher-Nennmassenstrom durch den Erzeuger (Achtung: nur wenn Verbraucher hydraulisch abgeglichen) bei fehlendem hydraulischem Abgleich und in der Startphase der Verbraucher kann der Massenstrom höher liegen
- erreicht die Erzeugerleistung ihr Maximum

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.9 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Drosselschaltung

Betrachtung der Extremfälle: Verbraucher komplett geschlossen

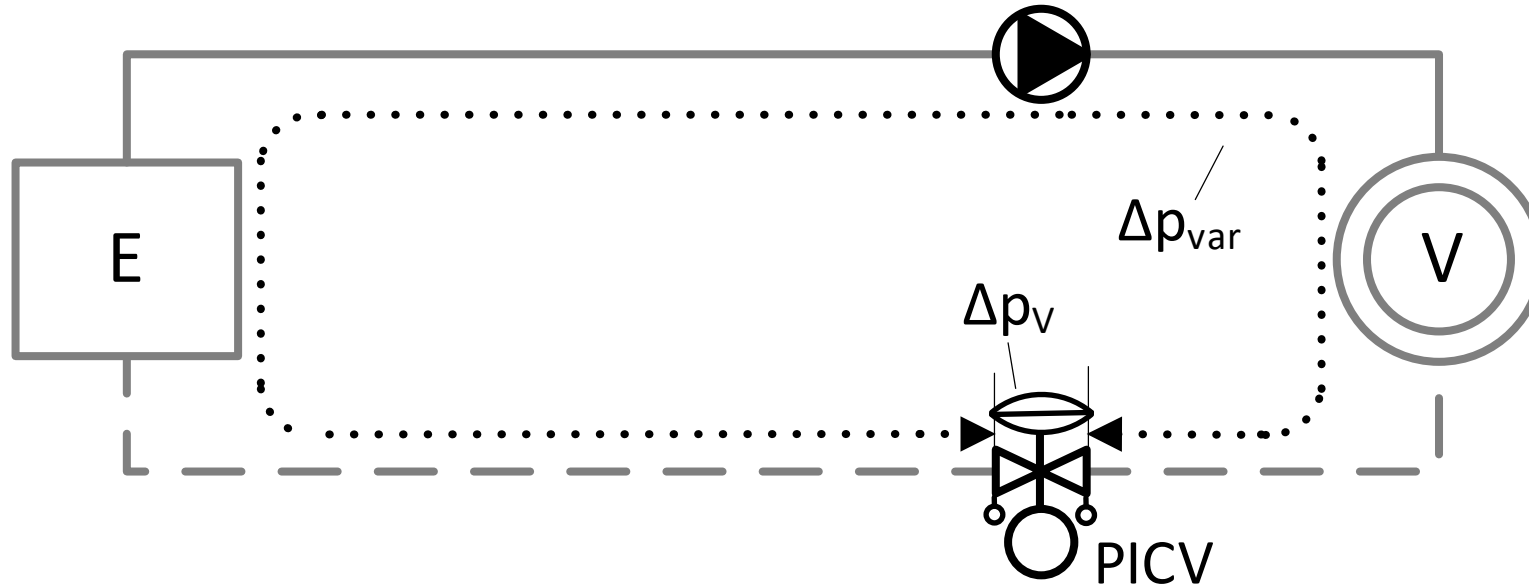


Benötigen die Verbraucher keine Leistung, dann:

- strömt kein Massenstrom im System
- schaltet der Erzeuger ab

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.10 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Drosselschaltung



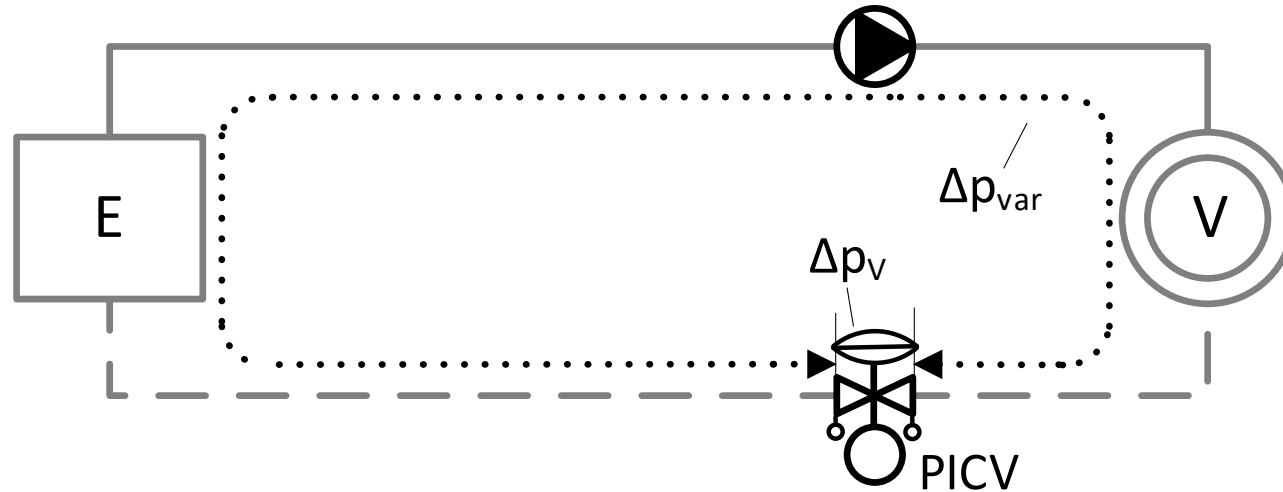
Drosselschaltung Δp -behaftet, mit PICV dynamisch abgeglichen

Legende

- E Erzeuger
- V Verbraucher oder Verbrauchergruppe
- EDA Einstell- und Diagnosearmatur
- Δp_v Druckverlust des Regelventils im Durchgangsweg
- Δp_{var} Druckverlust der durchflussvariablen Strecke (gepunktete Linie)

A.02 - Hydraulische Schaltungen

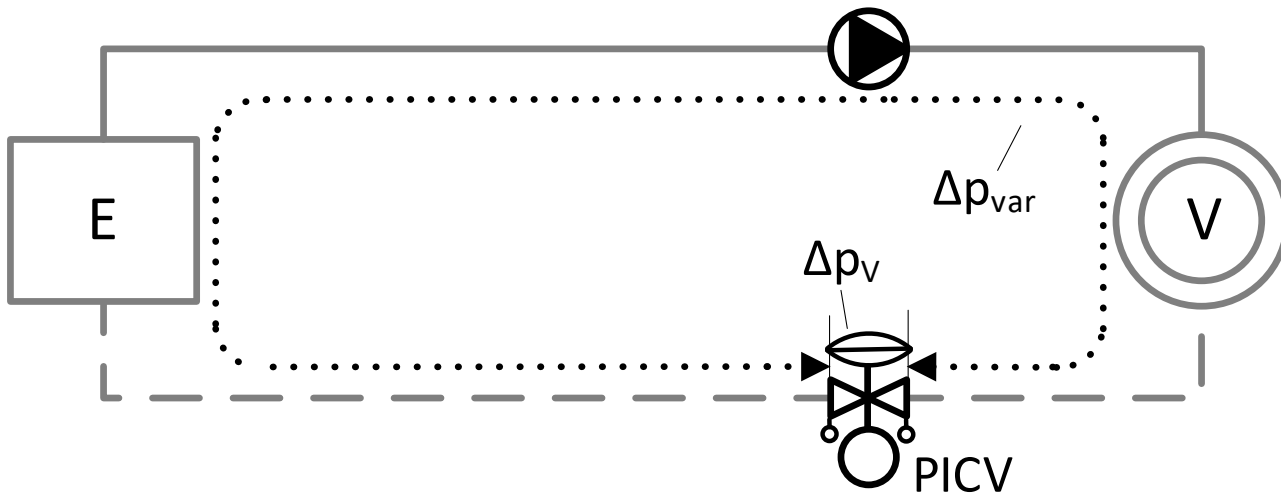
A.02.10 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Drosselschaltung



Anwendungsfall	Primärkreis			Schnittstelle Prim. / Sek.	Sekundärkreis		
	Massenstrom	Δp	Rücklauf-temperatur Erzeuger		Massenstrom	Δp	Vorlauf-temper.
Verbraucher, deren Leistung mit der Veränderung des Durchflusses eingestellt wird	variabel	variabel	variabel	Nicht vorh.	variabel	variabel	Erzeuger-geführt

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.10 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Drosselschaltung

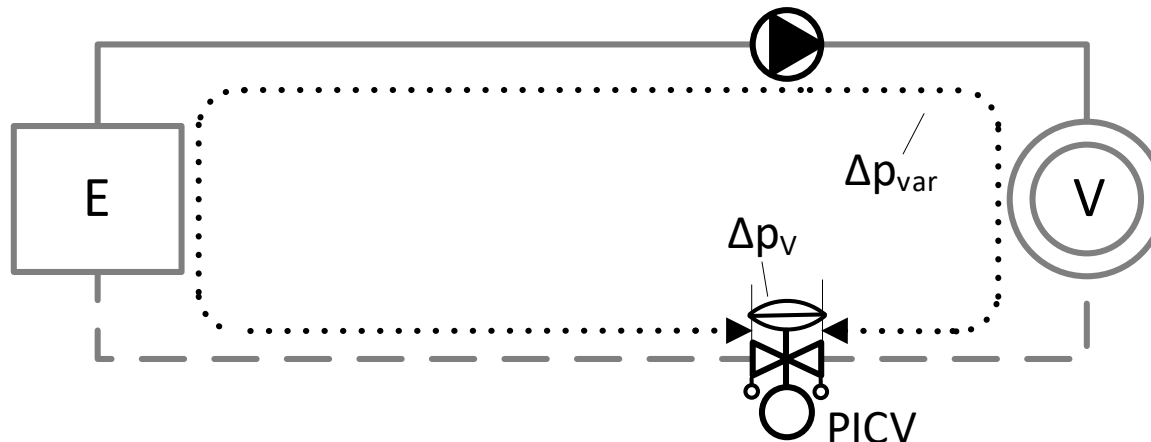


- Der Verbraucher bestimmt den Massenstrom durch den Erzeuger
- Schaltung ist nur bedingt für Erzeuger geeignet, die einen Mindestdurchlauf benötigen (z. B. **Kältemaschine**, **Wärmepumpe**) -> Erzeuger bei Schwachlast im Taktbetrieb

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.10 - Grundsaltungen zwischen Erzeuger und Verbraucher: Drosselschaltung

Betrachtung der Extremfälle: Verbraucher voll geöffnet



Anwendung wie „Drosselschaltung statisch“ abgeglichen, jedoch:

- besonders vorteilhaft für Verbraucher, deren Leistung mit der Veränderung des Durchflusses eingestellt wird, z. B. Begrenzung der Beladeleistung von Trinkwassererwärmern (TWE).
- auch bei Kleinanlagen Heizung vorzufinden (Regelventile in den Verbrauchern)



A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher

A.02 - Hydraulische Schaltungen



A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Übersicht

- **Hinweis:**

- Hydraulische Schaltungen der Verbraucher beschreiben die hydraulischen Verhältnisse zwischen den Verbrauchern untereinander.

- Der strömungstechnisch ungünstigste Verbraucher wird im nachfolgenden Schlechtpunkt genannt.

- Nachfolgend ist meist nur eine der Verbrauchergruppen detailliert mit einzelnen Verbrauchern dargestellt, in den meisten Anlagen sind jedoch eine Reihe solcher Gruppen parallel angeordnet (Geschosse, Nord/Süd usw).

A.02 - Hydraulische Schaltungen



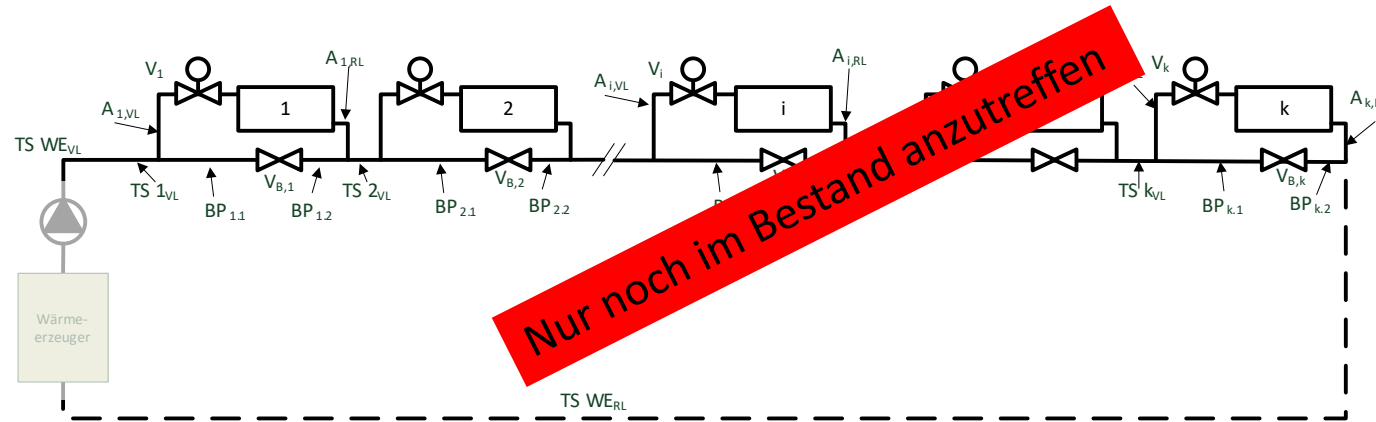
A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Übersicht

- Bei kleineren Anlagen (EFH/ZFH) genügt ein Abgleich der einzelnen Verbraucher zueinander (z. B. an Thermostatventilen) ohne Abgleich von Verbrauchergruppen.
- Bei größeren Anlagen hingegen wird zusätzlich strangweise „vor“-abgeglichen (gedankliche Kopplung zu den Grundschaltungen).

A.02 - Hydraulische Schaltungen



- **A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Einrohrsystem**



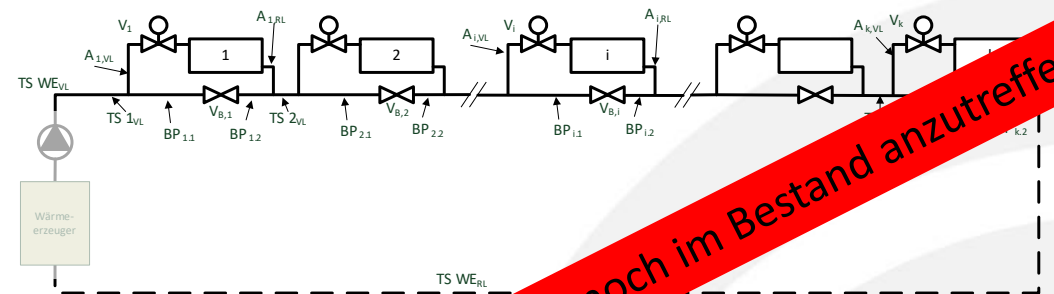
- Funktionsprinzip:
 - Aneinanderreihung der Verbraucher
 - Volumenstromzuteilung zum Verbraucher mittels Bypassarmaturen

A.02 - Hydraulische Schaltungen



• A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Einrohrsystem

- Gekennzeichnet durch:
 - Bei abnehmender Last steigt Rücklauftemperatur, sie nähert sich der Vorlauftemperatur (kritisch für Wärmepumpe, Brennwert und Fernwärme)
 - Die Wärmeabnahme eines vorgelagerten Heizkörpers beeinflusst die Vorlauftemperatur des ihm nachgelagerten Heizkörpers

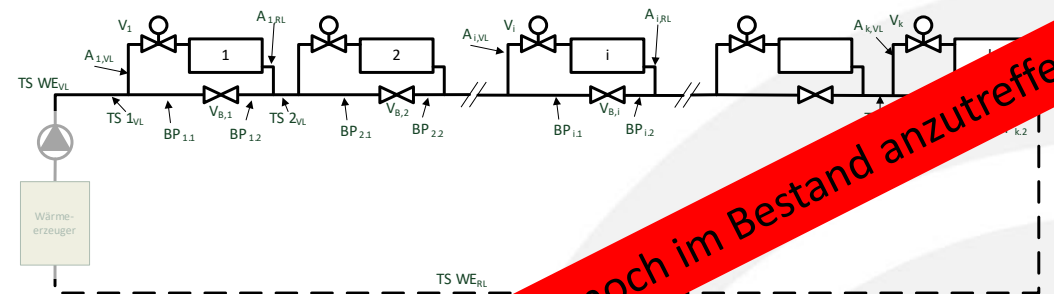


Nur noch im Bestand anzutreffen

A.02 - Hydraulische Schaltungen



- **A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Einrohrsystem**
- Gekennzeichnet durch:
 - Innerhalb eines Einrohrsystems gibt es keinen Schlechtpunkt,
 - allerdings ist bei mehreren parallel angeordneten Einrohrsystemen einer davon der hydraulisch ungünstigste
 - Abzugleichen sind daher die Soll-Wasserströme der einzelnen Einrohr-Kreise zueinander, nicht jedoch die Verbraucher innerhalb eines Einrohr-Kreises



Nur noch im Bestand anzutreffen

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Zweirohrsystem



- Funktionsprinzip:
 - Parallelanordnung der Verbraucher
- Typische Anwendungen:
 - Baumstruktur oder Normalverteilung (typisch bei Heizkörperanlagen)
 - Sternstruktur oder Sternverteilung (typisch bei Flächenheizungen)
 - Tichelmannsystem (typisch bei Parallelspeichern, Kühldecken, ...)

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Zweirohrsystem



Alle Zweirohrsysteme sind gekennzeichnet durch

- Gleichmäßige Versorgung aller Verbraucher möglich, da annähernd gleiche Vorlauftemperaturen
- Einfache Regelung infolge paralleler Anordnung
- Bei abnehmender Last **sinkt** Rücklauftemperatur, sie nähert sich der Raumtemperatur
- Abzugleichen sind stets die Soll-Wasserströme der einzelnen Verbraucher zueinander und bei größeren Anlagen ggf. zusätzlich die Soll-Wasserströme von Verbrauchergruppen

A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Zweirohrsystem



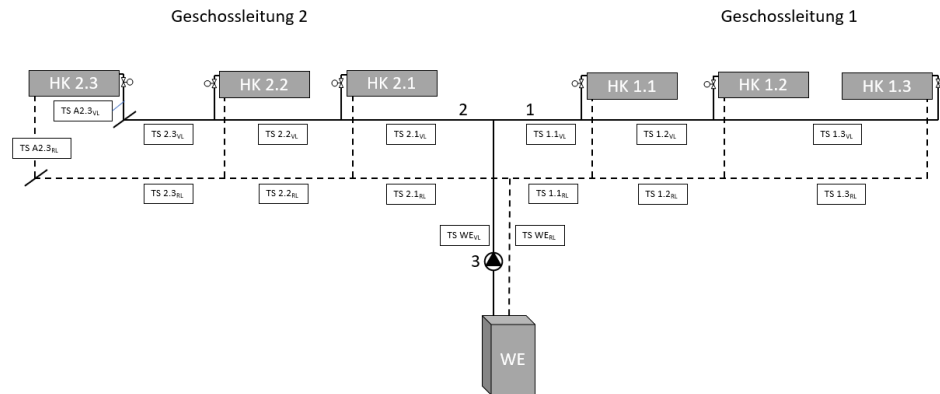
Der hydraulische Abgleich kann erfolgen durch:

- Statische und dynamische Abgleichverfahren (Abgleich durch Einstellen an Einstell- und Drosselarmaturen EDA)
- Sonderfall adaptiver (thermischer) Abgleich: Abgleich erfolgt über Regeleinrichtungen, deren Einstellungen, meist periodisch oder andauernd aus thermischen „Rückmeldungen“, z. B. aus Rücklauftemperaturen oder anderen geeigneten Parametern abgeleitet, vorgenommen werden (Achtung: die Güte des Abgleichs ist von Hersteller zu Hersteller sehr unterschiedlich; eine qualitative Einordnung der Abgleichgüte soll künftig eine Prüfnorm liefern)

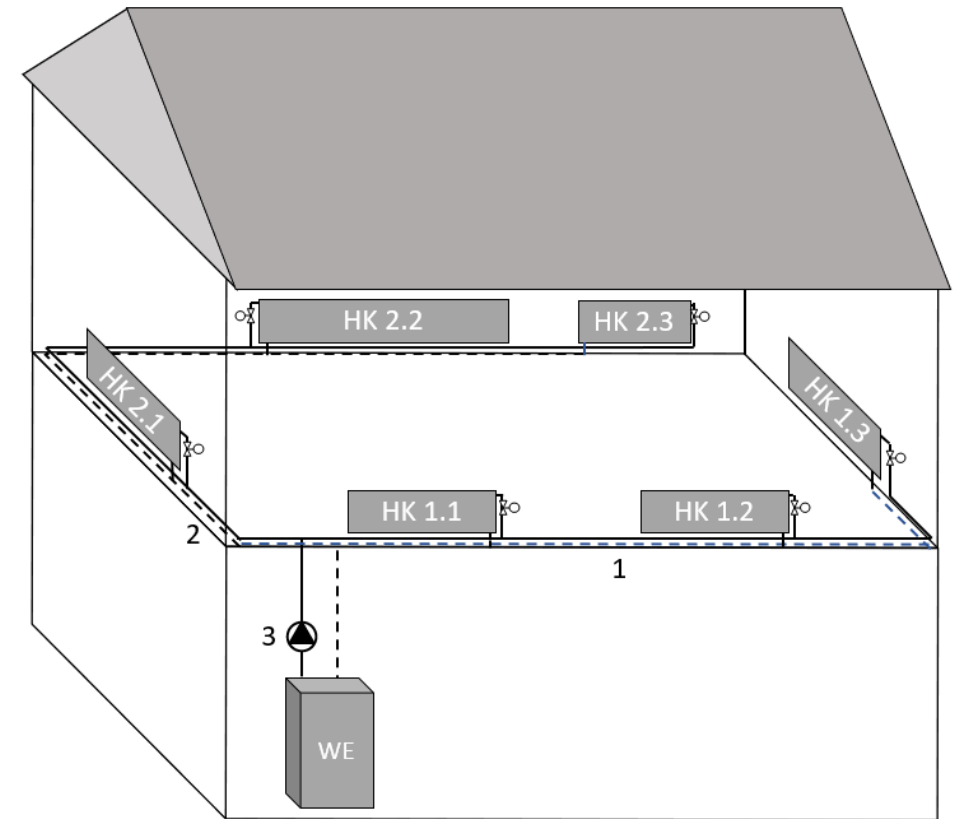
A.02 - Hydraulische Schaltungen

A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Zweirohrsystem

- **Baumstruktur** (typisch bei Heizkörperanlagen)



- Abzuleiten sind stets die Soll-Wasserströme aller einzelnen Verbraucher
- und bei größeren Anlagen die Soll-Wasserströme von Verbrauchergruppen zueinander

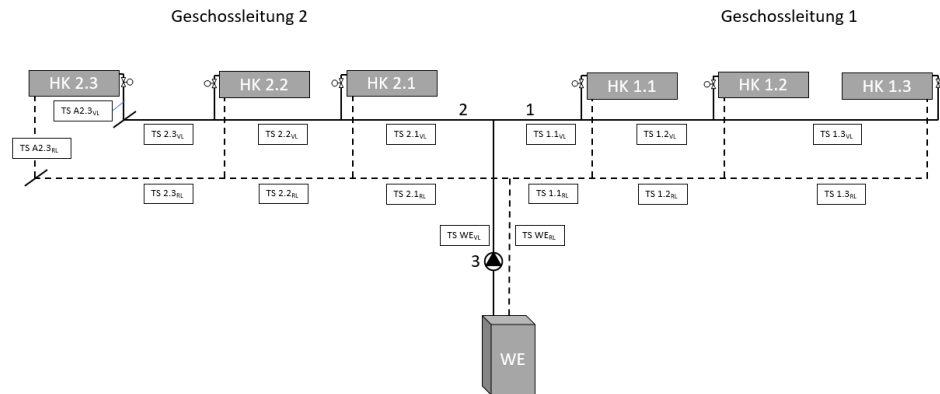


A.02 - Hydraulische Schaltungen

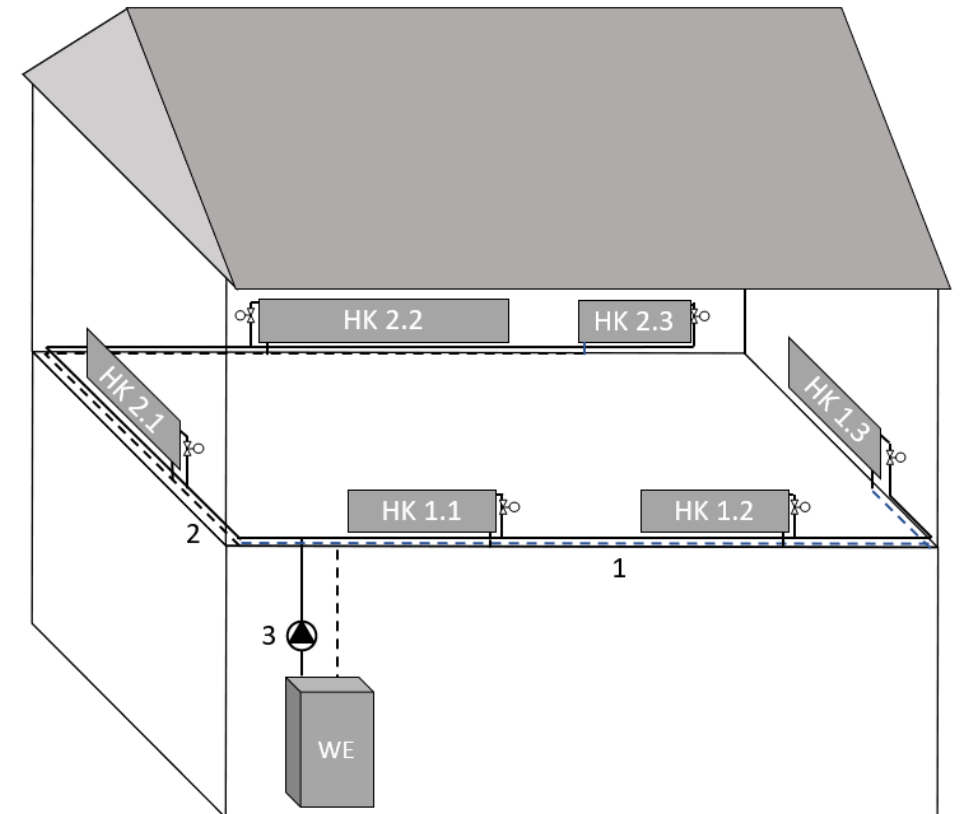


A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Zweirohrsystem

- **Baumstruktur** (typisch bei Heizkörperanlagen)



- Statische und dynamische Abgleichverfahren sind üblich
- Adaptive Verfahren sind bisher weniger gebräuchlich (außer Strangabgleich von Großanlagen)

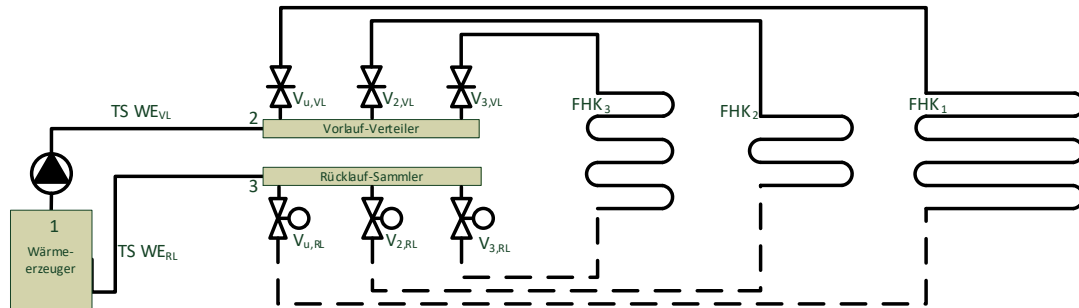


A.02 - Hydraulische Schaltungen

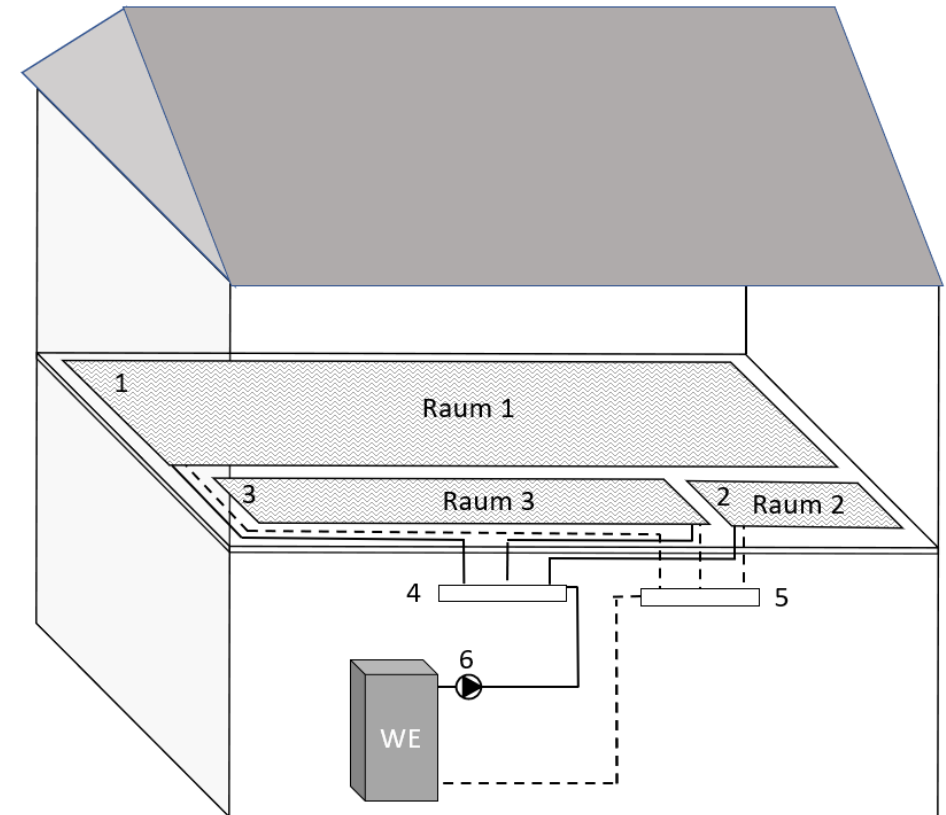


A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Zweirohrsystem

- **Sternstruktur** (typisch bei Flächenheizungen)



- Abzugleichen sind stets die Soll-Wasserströme der einzelnen Verbraucher
- und bei größeren Anlagen die Soll-Wasserströme von Verbrauchergruppen zueinander

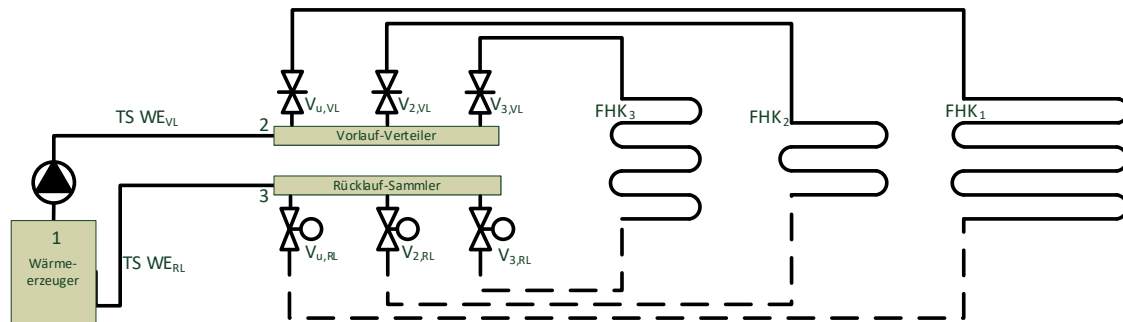


A.02 - Hydraulische Schaltungen

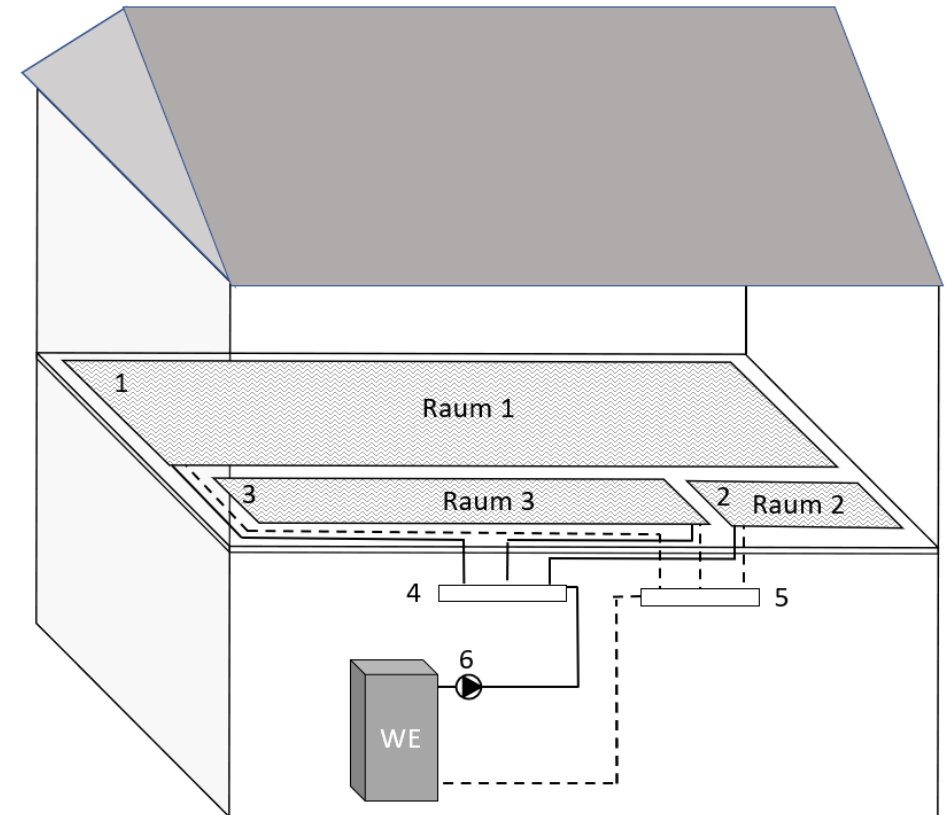


A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Zweirohrsystem

- **Sternstruktur** (typisch bei Flächenheizungen)



- Statische und dynamische Abgleichverfahren üblich
- Adaptive Verfahren sind bisher weniger gebräuchlich

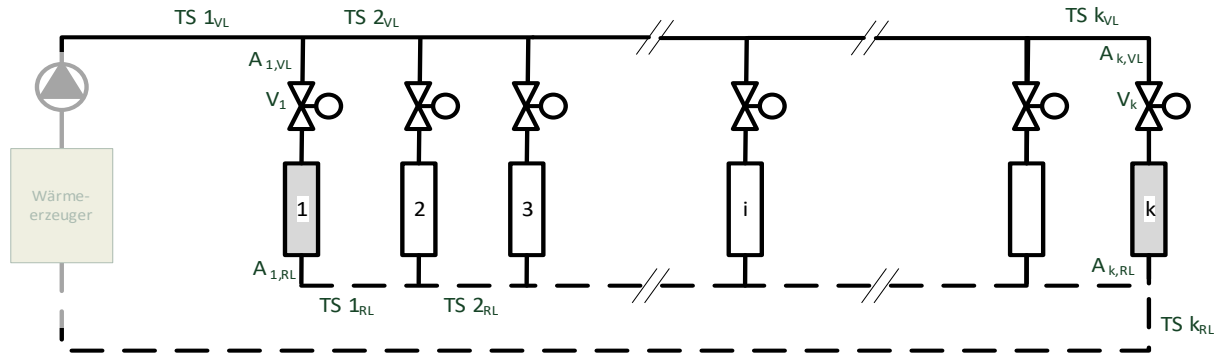


A.02 - Hydraulische Schaltungen

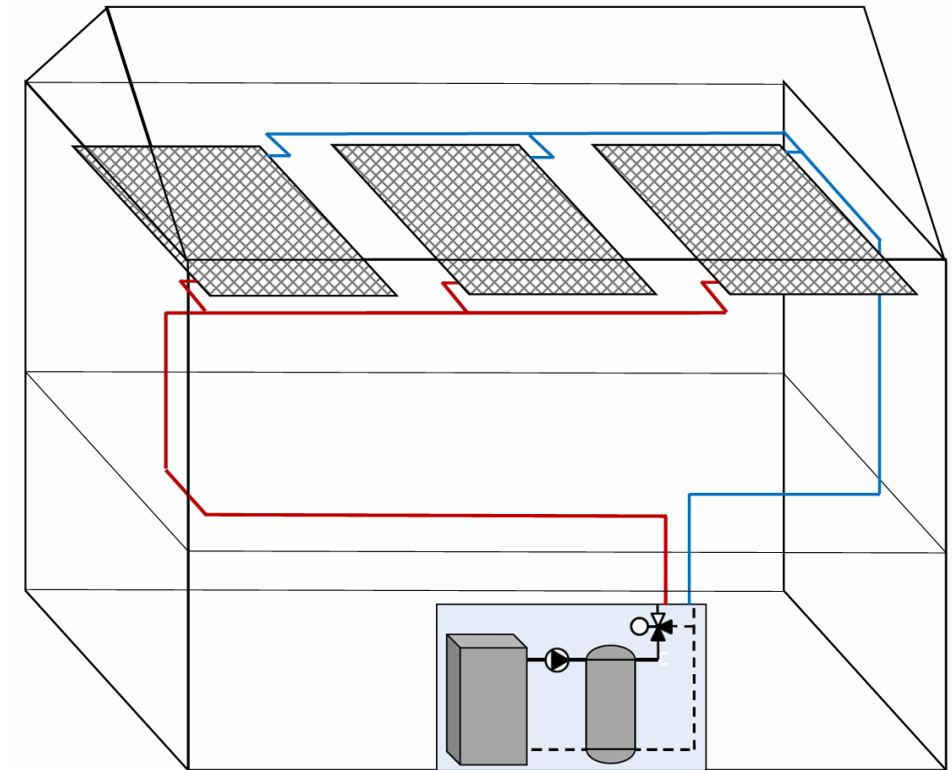


A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Zweirohrsystem

- **Tichelmannsystem** (typisch bei Parallelspeichern, Kühldecken)



- Sind Verbraucher und deren Anbindeleitungen gleich dimensioniert, kann das Abgleichen der Soll-Wasserströme der einzelnen Verbraucher entfallen,
- dann müssen nur die Soll-Wasserströme ganzer Verbrauchergruppen zueinander abgeglichen werden

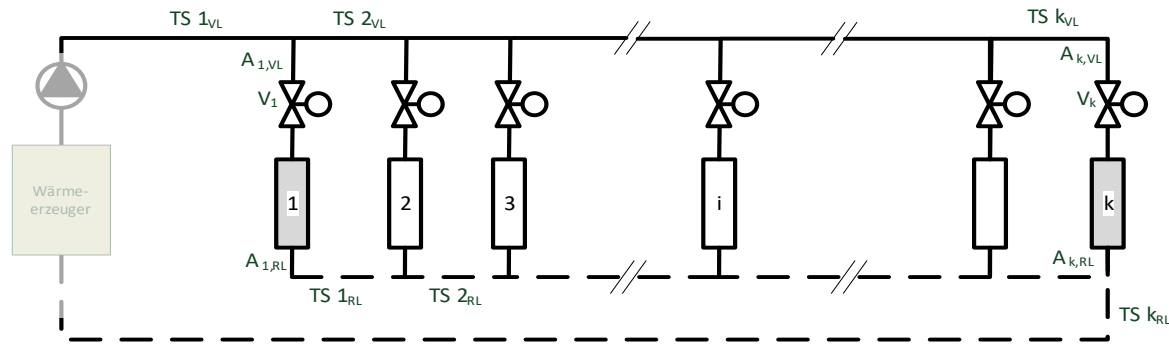


A.02 - Hydraulische Schaltungen

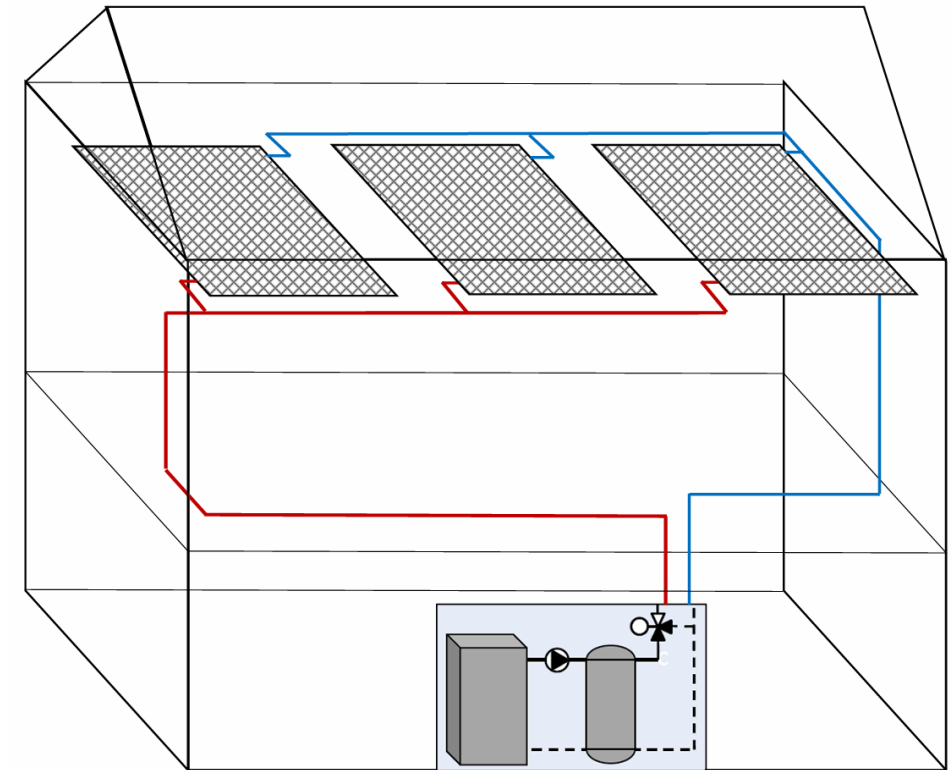


A.02.13 - Schaltungen der Verbraucher: Zweirohrsystem

- **Tichelmannsystem** (typisch bei Parallelspeichern, Kühldecken)



- Statische und dynamische Abgleichverfahren möglich
- Adaptive Verfahren eher bei Großanlagen





A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.1 – Thermostatventile Heizkörper: Differenzdruck-abhängig (Standardventil)



Bei Heizkörpern gibt es grundsätzlich zwei Ausprägungen der Ventile:

- Ventil außen vorgebaut (vielfach im älteren Bestand anzutreffen)
- Ventil im Heizkörper integriert (bei neueren Anlagen üblich)
- Die folgenden Diagramme und Aussagen treffen auf beide Ventil-Bauarten zu.

A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.1 – Thermostatventile Heizkörper: Differenzdruck-abhängig (Standardventil)

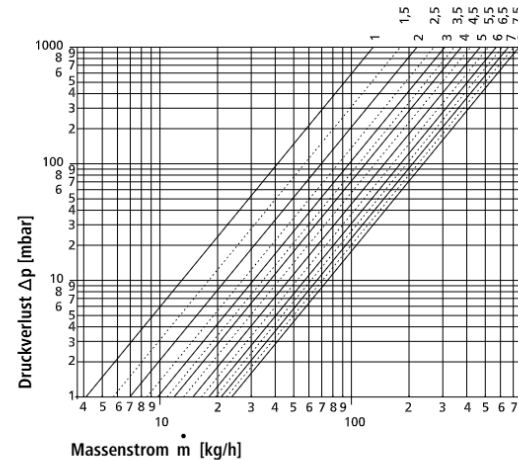
Ventiltechnik Standardventil V3K-S

KERMI Ventilheizkörper sind werkseitig für Zweirohrsysteme ausgerüstet. Jeder Heizkörper ist, abhängig von seiner Heizleistung, mit einem voreingestellten Ventileinsatz ausgerüstet. Zusätzlich ist die k_V -Voreinstellung auf der Stirnseite farblich gekennzeichnet (vgl. Tabelle).

Hinweis: Thermostatventile mit Voreinstellung entsprechen den Anforderungen der EnEV und können gemäß der DIN 4701-10 wahlweise mit 1 bzw. 2 K Proportionalabweichung ausgelegt werden. Zertifiziert nach EN 215.



Einstellungsdiagramm für eine Regeldifferenz von 2 K



Hinweis: In diesem Diagramm ist der Druckverlust des Ventils berücksichtigt.

Ventileinsatz V3K-S k_V -Wert-Tabelle

Einstellung	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_V -Wert bis	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,66	0,71	0,75
Farbe*				weiß				rot			schwarz				blau

* optische Kennzeichnung der werkseitigen k_V -Voreinstellung

- Differenzdruck-abhängige Thermostatventile sind beim hydraulischen Abgleich die bisherige Standardlösung
- Nachteil:
 - Eingestellte Durchflussmenge passt nur im Auslegungsfall.
 - Ändern sich die Druckverhältnisse im Verteilsystem, ändern sich auch die Durchflüsse

A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.1 – Thermostatventile Heizkörper: Differenzdruck-abhängig (Standardventil)

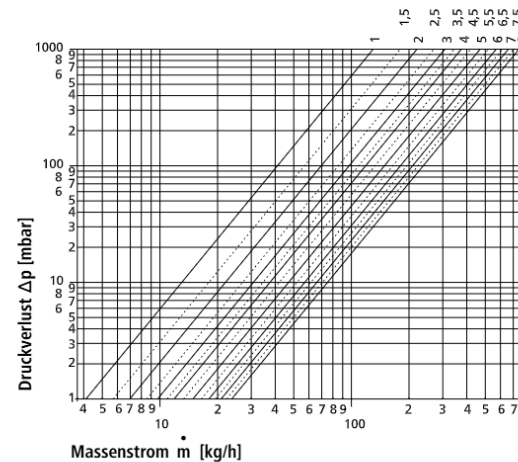
Ventiltechnik Standardventil V3K-S

KERMI Ventilheizkörper sind werkseitig für Zweirohrsysteme ausgerüstet. Jeder Heizkörper ist, abhängig von seiner Heizleistung, mit einem voreingestellten Ventileinsatz ausgerüstet. Zusätzlich ist die k_V -Voreinstellung auf der Stirnseite farblich gekennzeichnet (vgl. Tabelle).

Hinweis: Thermostatventile mit Voreinstellung entsprechen den Anforderungen der EnEV und können gemäß der DIN 4701-10 wahlweise mit 1 bzw. 2 K Proportionalabweichung ausgelegt werden. Zertifiziert nach EN 215.



Einstelldiagramm für eine Regeldifferenz von 2 K



Hinweis: In diesem Diagramm ist der Druckverlust des Ventils berücksichtigt.

Ventileinsatz V3K-S k_V -Wert-Tabelle

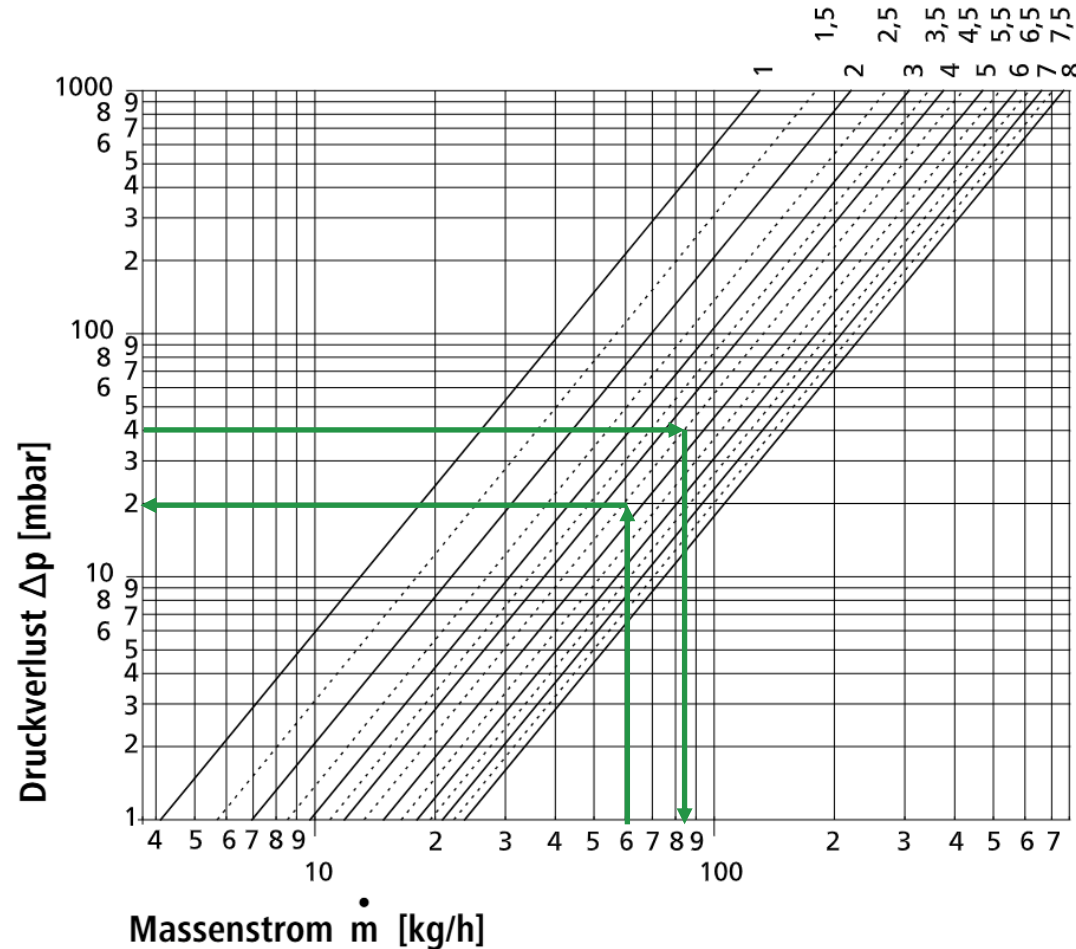
Einstellung	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_V -Wert bis	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,66	0,71	0,75
Farbe*				weiß				rot			schwarz				blau

* optische Kennzeichnung der werkseitigen k_V -Voreinstellung

- Bei Teillast im System, wenn der Differenzdruck auf dem Weg zu den Verbrauchern geringer ist, steht ein höherer Differenzdruck am Ventil zur Verfügung und führt zu erhöhten Durchflüssen

A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.1 – Thermostatventile Heizkörper: Differenzdruck-abhängig (Standardventil)



- Der Durchfluss ist stark vom **Differenzdruck** abhängig
- **Beispiel:**
 - Einer der Verbraucher einer Anlage benötigt bei 60 kg/h und einem Voreinstellwert von 4,5 einen Differenzdruck von 20 mbar.
 - das Abregeln einzelner Verbraucher führt dazu, dass sich der Differenzdruck auf 40 mbar erhöht, was zu einer Erhöhung des Massenstroms um 38 % auf ca. 83 kg/h führt.

A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.2 – Thermostatventile Heizkörper: Differenzdruck-unabhängig (PICV)

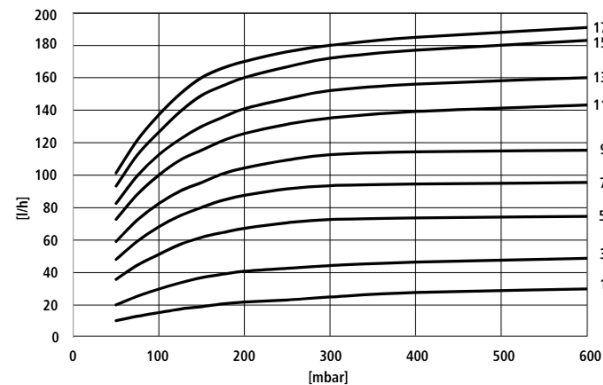
Ventiltechnik V7K-L

Das Ventil V7K-L hält mit integrierter dynamischer Durchflussregelung eingestellte Durchflusswerte am Heizkörper konstant. Unabhängig von den üblichen Differenzdruckschwankungen im Rohrnetz. Das Ventil V7K-L ermöglicht eine weitgehend differenzdruckunabhängige Betriebsweise und verhindert damit eine Überversorgung der Heizkörper.

Bitte beachten: Eine Mischinstallation aus k_v -voreingestellten Ventileinsätzen und Einsätzen mit dynamischer Durchflussregelung wird nicht empfohlen.



Einstelldiagramm



Hinweis: In diesem Diagramm ist der Druckverlust des Ventils berücksichtigt.

Ventileinsatz V7K-L Einstellungen

Einstellung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
V [l/h]	15	25	35	50	60	70	80	90	95	105	115	120	130	140	150	155	160

- Differenzdruck-unabhängige Thermostatventile sind beim hydraulischen Abgleich von Vorteil, da die eingestellte Durchflussmenge bei den üblichen Differenzdrücken von 100 bis 200 mbar nur moderat überschritten wird.

A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.2 – Thermostatventile Heizkörper: Differenzdruck-unabhängig (PICV)

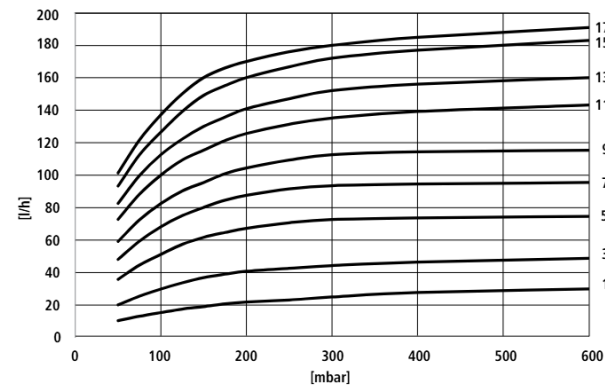
Ventiltechnik V7K-L

Das Ventil V7K-L hält mit integrierter dynamischer Durchflussregelung eingestellte Durchflusswerte am Heizkörper konstant. Unabhängig von den üblichen Differenzdruckschwankungen im Rohrnetz. Das Ventil V7K-L ermöglicht eine weitgehend differenzdruckunabhängige Betriebsweise und verhindert damit eine Überversorgung der Heizkörper.

Bitte beachten: Eine Mischinstallation aus k_v -voreingestellten Ventileinsätzen und Einsätzen mit dynamischer Durchflussregelung wird nicht empfohlen.



Einstelldiagramm



Hinweis: In diesem Diagramm ist der Druckverlust des Ventils berücksichtigt.

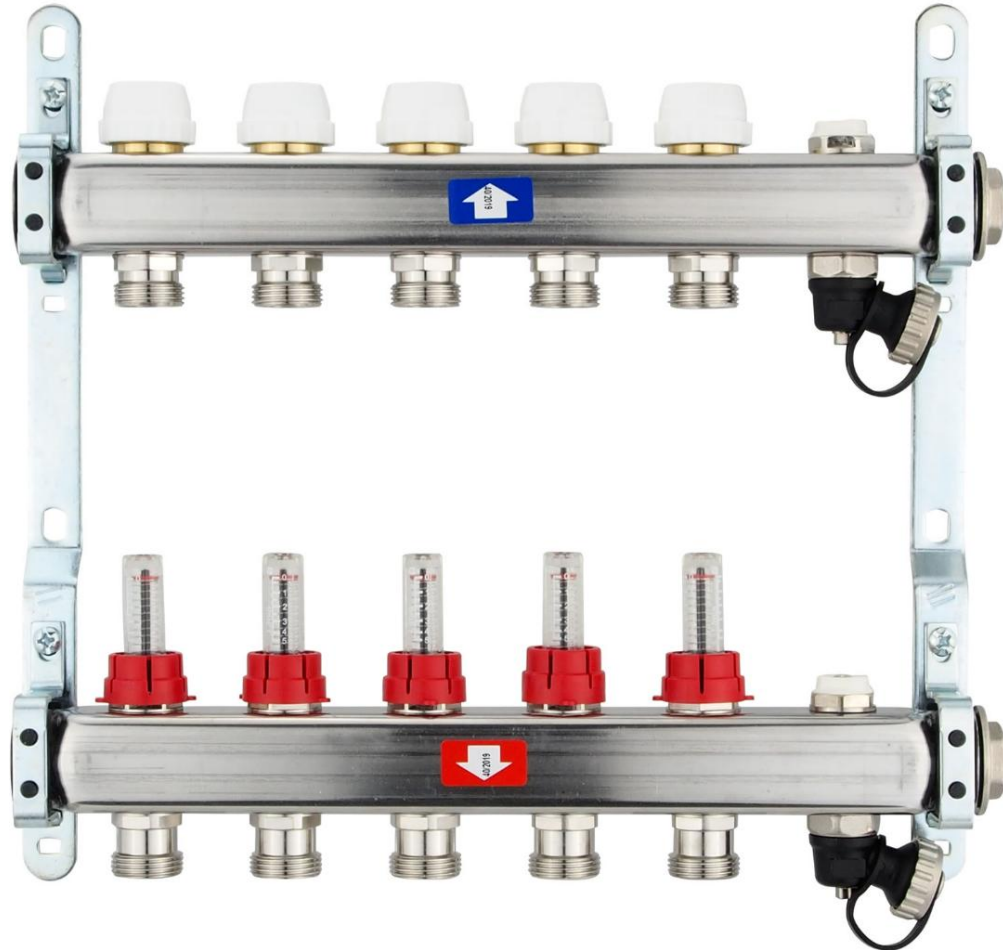
Ventileinsatz V7K-L Einstellungen

Einstellung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
V [l/h]	15	25	35	50	60	70	80	90	95	105	115	120	130	140	150	155	160

- Der Durchfluss ist somit, wenn auch nur annähernd, vom **Differenzdruck unabhängig**.
- Für diese Ventile ist deren Auslegungsdifferenzdruck zu berücksichtigen.
 - Je nach Bauart 100 bis 150 mbar!

A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.3 – Abgleichventile Flächenheizkreise: Differenzdruck-abhängig



- Differenzdruck-abhängige Einstellventile erfordern beim hydraulischen Abgleich von Flächenheizungen einen etwas höheren Aufwand, da die eingestellte Durchflussmenge „in mehreren Durchgängen“ nachgearbeitet werden muss.
- Sowohl infolge der weiteren Einstellarbeiten als auch im späteren Betrieb ändert sich die Durchflussmenge an den bereits eingestellten Ventilen.

A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.4 – Abgleichventile Flächenheizkreise: Differenzdruck-unabhängig



- Differenzdruck-unabhängige Ventile sind beim hydraulischen Abgleich von Vorteil, da die eingestellte Durchflussmenge bei den üblichen Differenzdrücken von 100 bis 200 mbar im Betrieb nur moderat überschritten wird.
- Für diese Ventile ist deren höherer Auslegungsdifferenzdruck zu berücksichtigen.
 - Je nach Bauart 100 bis 150 mbar!

A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.5 - Hydraulische Weiche

Funktion :

- Eine hydraulische Weiche entkoppelt im Heizsystem den Primär- vom Sekundärkreis hydraulisch und dient als hydraulischer Nullpunkt.
- Volumenstrom- und Druckschwankungen werden ausgeglichen.
- Pufferspeicher wirken neben ihrer Funktion der Energiespeicherung ebenfalls als hydraulische Weiche



A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.5 - Hydraulische Weiche

Aufbau:

- Ist meist ein größeres Rohr, in dem die Vor- und Rückläufe des Primär- und des Sekundärkreises miteinander verbunden sind.
- Die Anordnung der Rohre variiert je nach Anwendungsfall.
- Auch ein Trennpufferspeicher dient als hydraulische Weiche.



A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich

A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Illustration der Pumpe

Aufbau einer Hocheffizienzpumpe (elektronisch kommutierter Motor mit Permanentmagnet-Rotor)

Grundfos
ALPHA2 GO



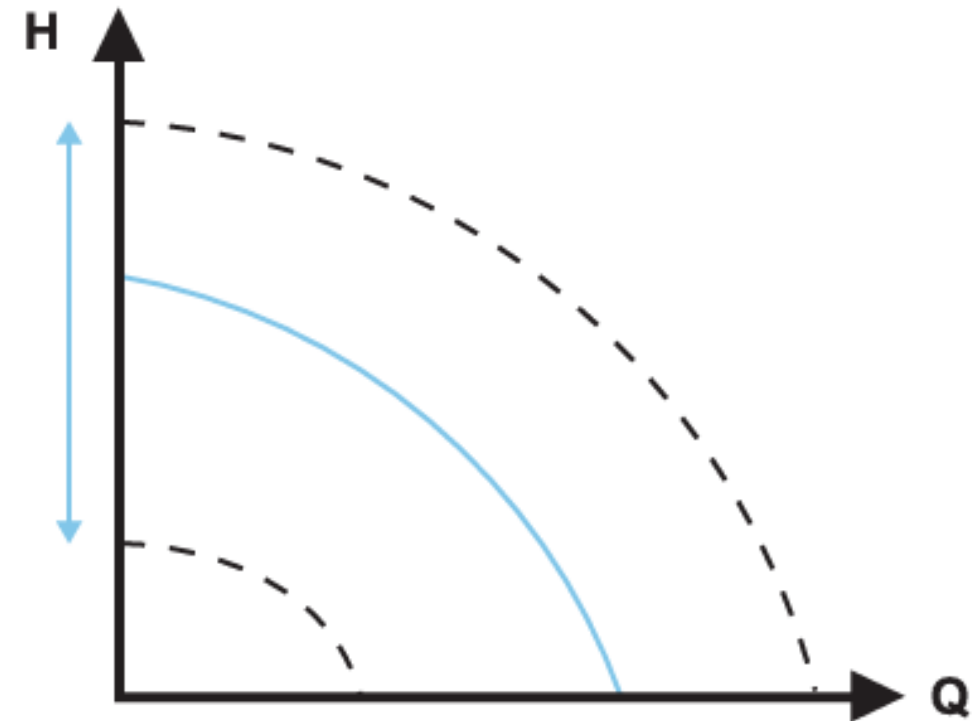
A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich



A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Basiswissen Pumpe

Konstantkennlinie:

- Bei Konstantkennlinienregelung läuft die Pumpe auf einer Konstantkennlinie mit **konstanter Drehzahl** bzw. mit **konstanter Leistung**. Die Pumpenleistung folgt dabei der ausgewählten Konstantkennlinie.
- Diese Regelungsart eignet sich besonders für Anwendungen, bei denen die Merkmale der Heizungsanlage stetig sind und ein konstanter Volumenstrom benötigt wird. (z. B. Puffer-Lade-Kreis)



Konstante Kurve

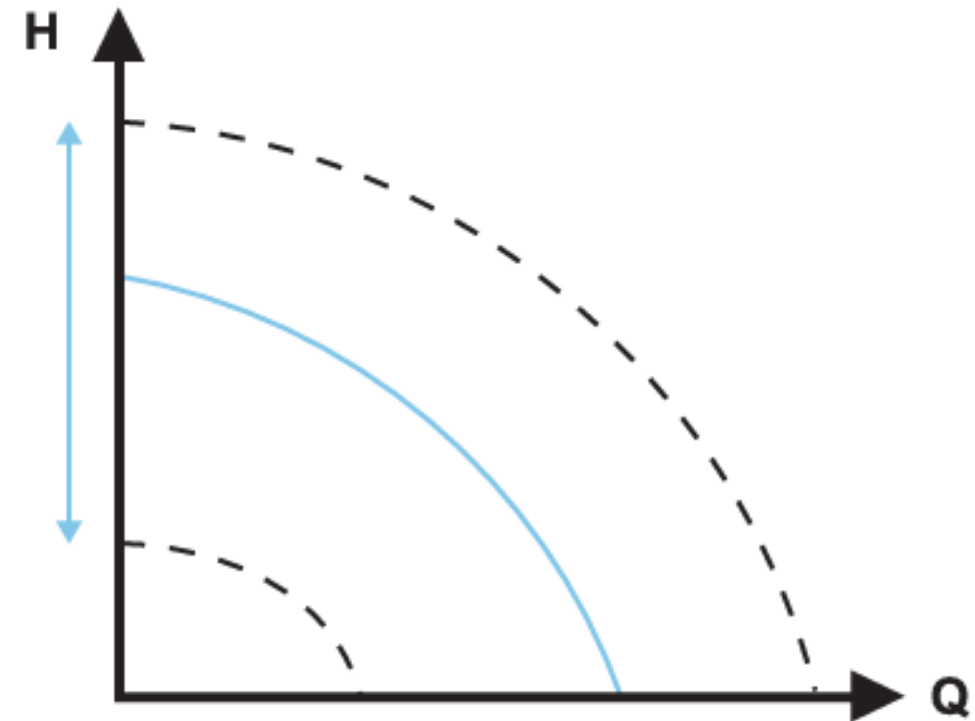
A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich



A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Basiswissen Pumpe

Konstantkennlinie:

- Die Auswahl der richtigen Konstantkennlinieneinstellung ist von den Merkmalen der Heizungsanlage und dem tatsächlichen Wärmebedarf abhängig.
- Meist wird eine Drehzahl in Prozent der Maximaldrehzahl zwischen der minimalen und maximalen Konstantkennlinie eingestellt.



Konstante Kurve

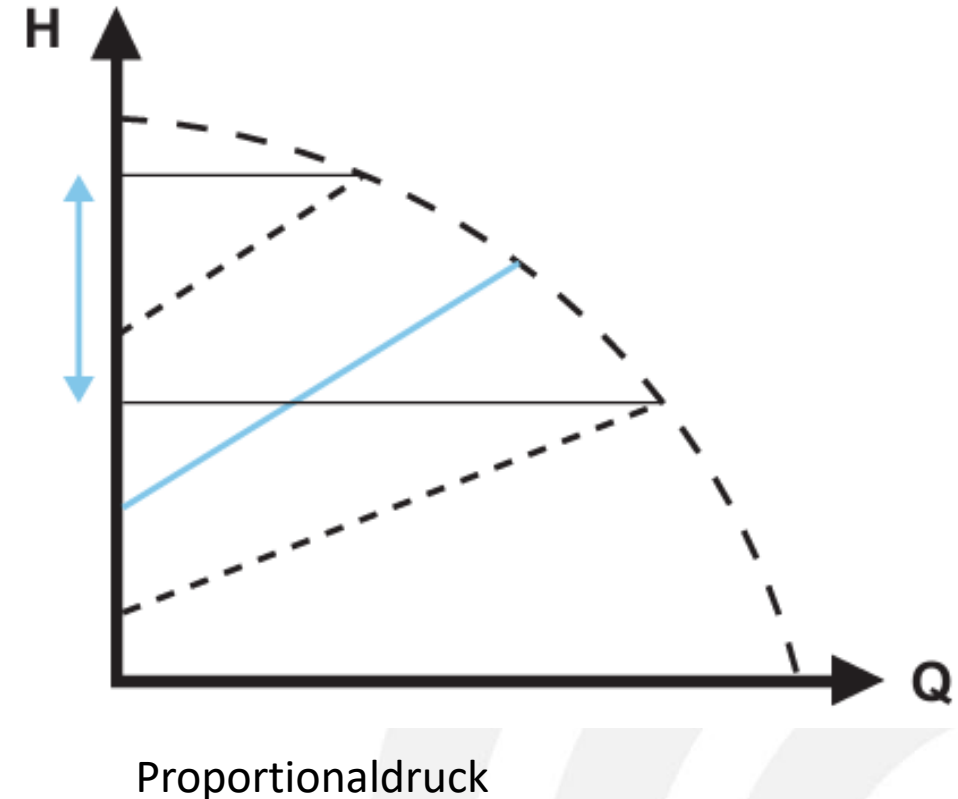
A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich



A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Basiswissen Pumpe

Proportionaldruck:

- Bei Proportionaldruckregelung läuft die Pumpe mit proportionalem Druck, d. h. die Förderhöhe (Druck) wird bei sinkendem Wärmebedarf (Massenstrom) reduziert und bei steigendem Wärmebedarf erhöht.



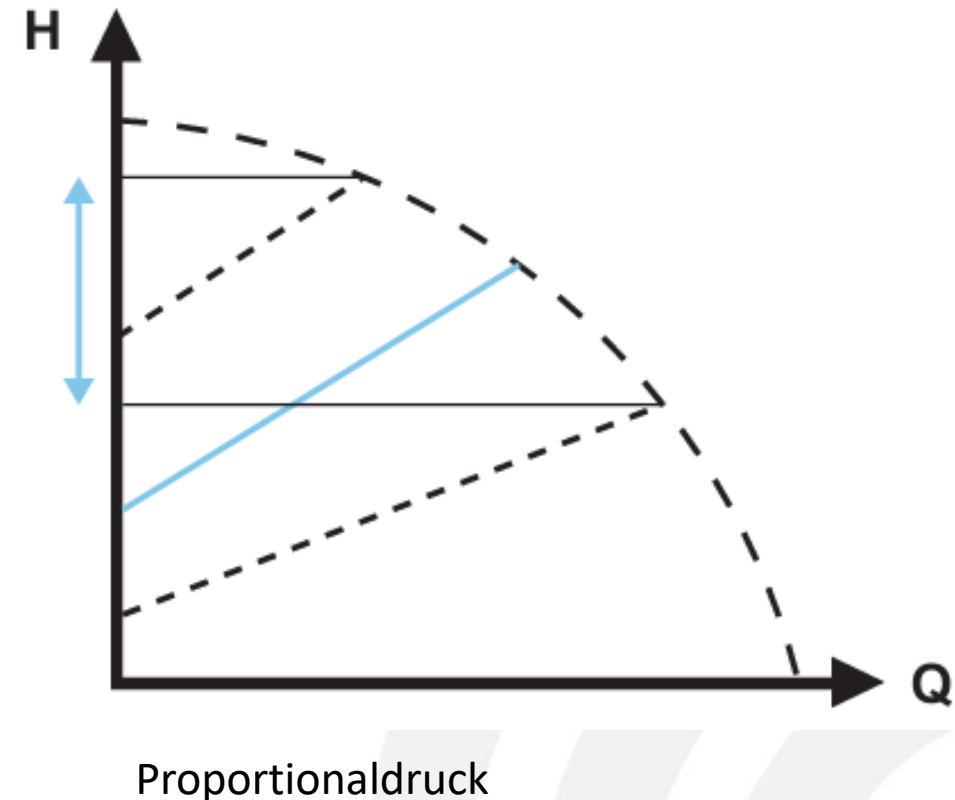
A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich



A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Basiswissen Pumpe

Proportionaldruck:

- Die Pumpenleistung folgt dabei der ausgewählten Proportionaldruck-Kennlinie.
- Diese Regelungsart eignet sich besonders für Anwendungen, bei denen die Wärmeübertrager in Baumstruktur angeordnet und mit einem TRV (z. B. **Heizkörper** mit Thermostatventil) ausgestattet sind, das den Förderstrom in Abhängigkeit von der Raumtemperatur regelt.
- Nicht geeignet bei Einrohrsystemen!



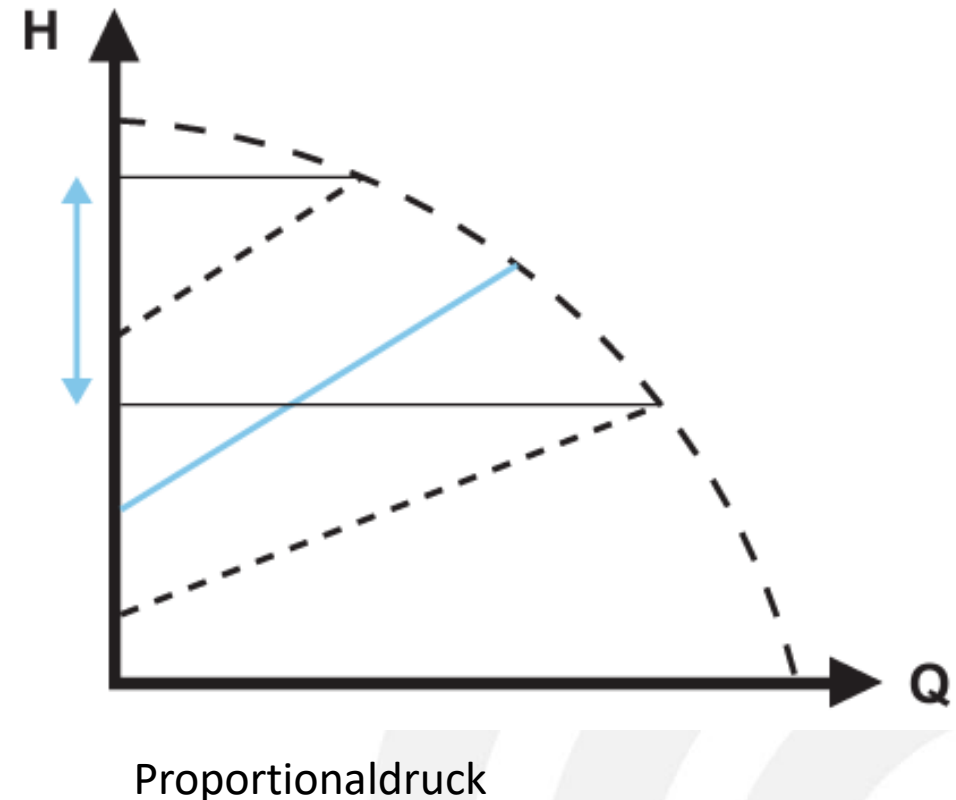
A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich



A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Basiswissen Pumpe

Proportionaldruck:

- Bei erhöhtem Förderstrom nehmen die Verluste in der Verteilung (Rohre und Armaturen) zu, so dass die Pumpen den Druck zum Ausgleich erhöhen und umgekehrt.
- Dadurch wird vermieden, dass bei verringertem Förderstrom der Differenzdruck an noch geöffneten Heizkörper-Thermostatventilen stark ansteigt und damit auch der Durchfluss.



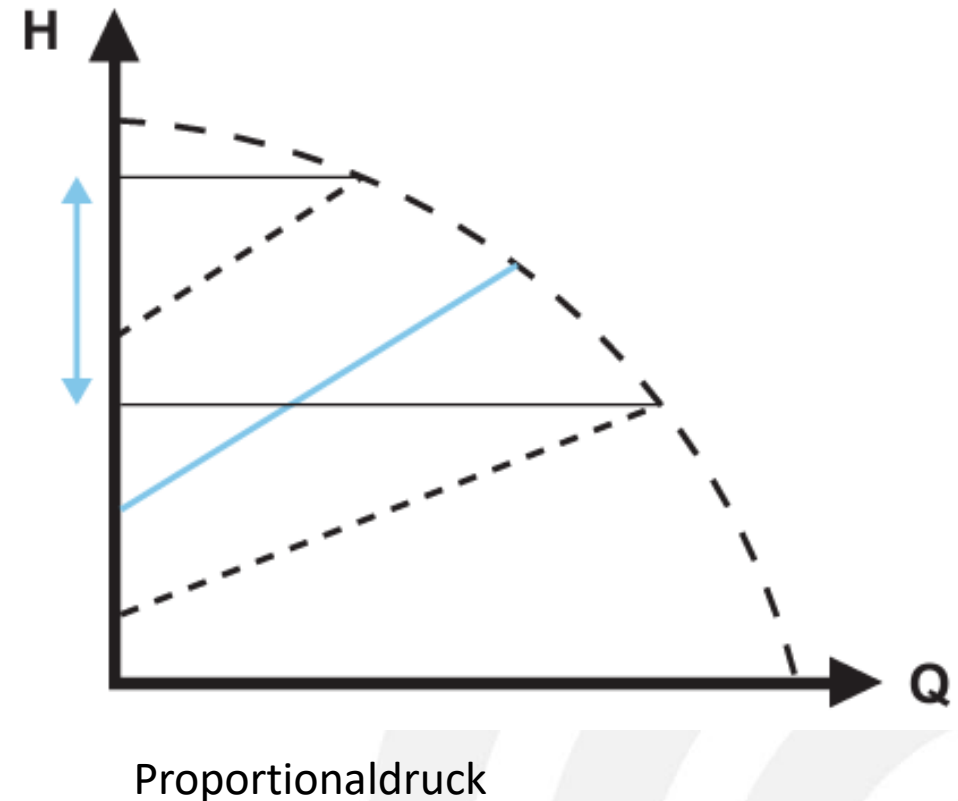
A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich



A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Basiswissen Pumpe

Proportionaldruck:

- Der Sollwert der Kennlinie wird vom Benutzer festgelegt und ist von den Kenndaten der Heizungsanlage abhängig.
- Die Förderhöhe beim Fördern gegen ein geschlossenes Ventil beträgt in der Regel die Hälfte des Sollwerts, ist jedoch nach unten begrenzt (≥ 1 m).



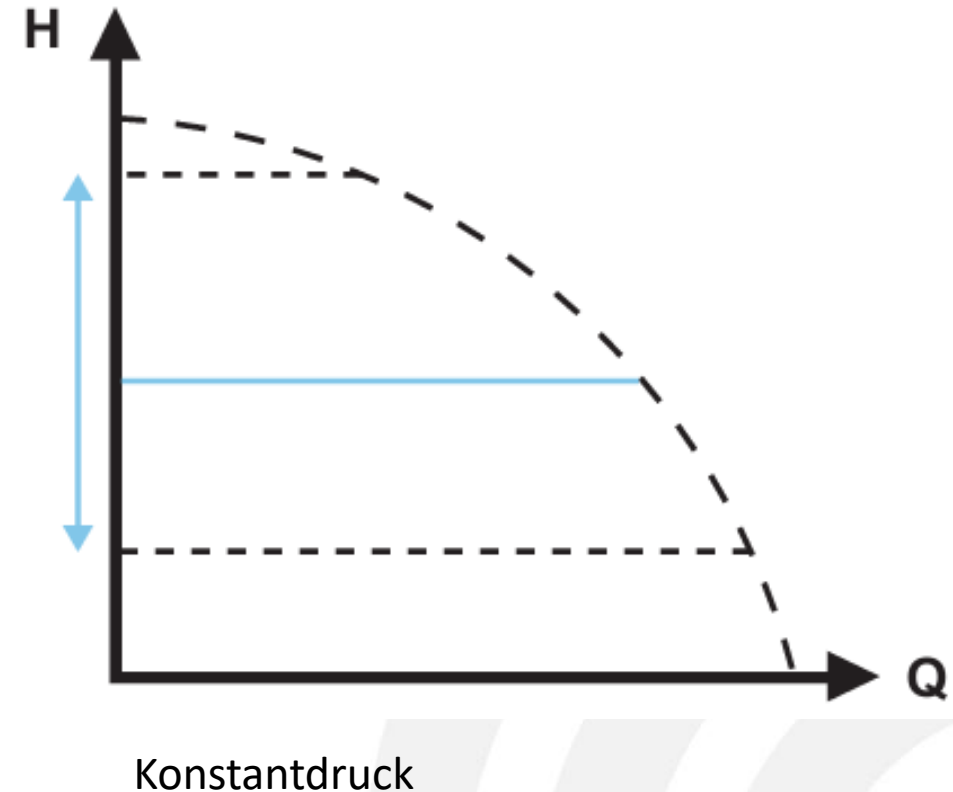
A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich



A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Basiswissen Pumpe

Konstantdruck:

- Bei Konstantdruckregelung läuft die Pumpe mit annähernd konstantem Druck.
- Das bedeutet, dass die Förderhöhe (Druckdifferenz) unabhängig vom Wärmebedarf (tatsächliche Anzahl der offenen Verbraucher) konstant gehalten wird.



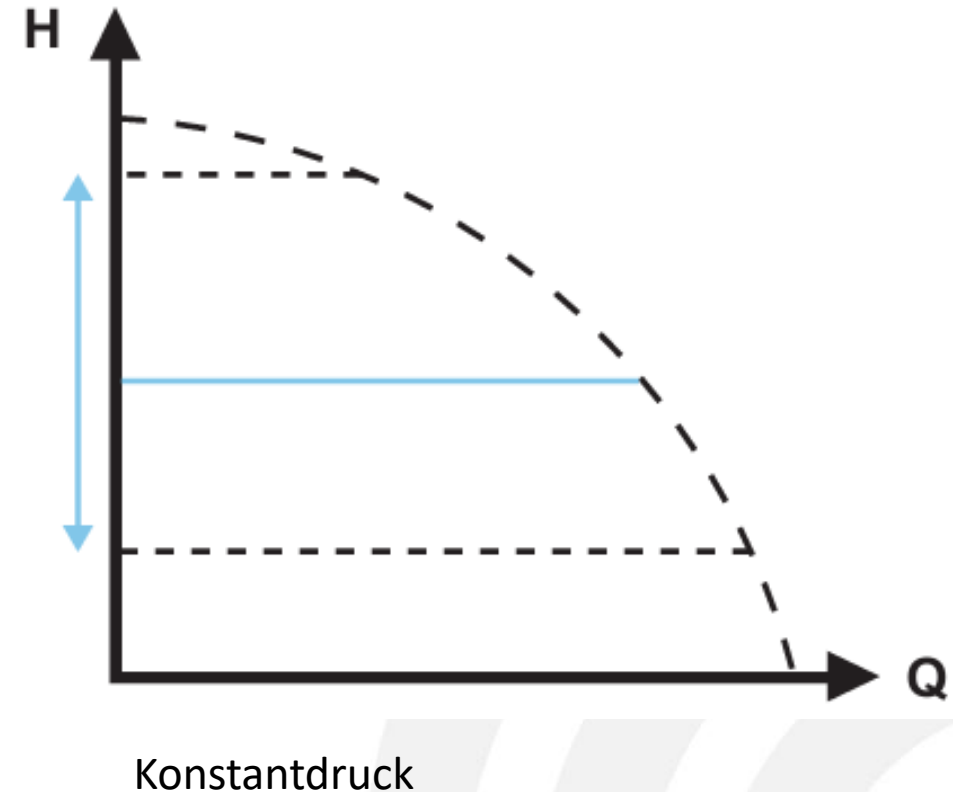
A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich



A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Basiswissen Pumpe

Konstantdruck:

- Die Pumpenleistung folgt dabei der ausgewählten Konstantdruck-Kennlinie.
- Diese Regelungsart eignet sich besonders für **Fußbodenheizungen und Anwendungen, bei denen die Pumpe zur Versorgung eines gemeinsamen Verteilerrohrs für mehrere Zonen verwendet wird.**
- Konstantdruckbetrieb ist auch für Einrohrheizungen mit mehreren parallel angeordneten Ringen geeignet.



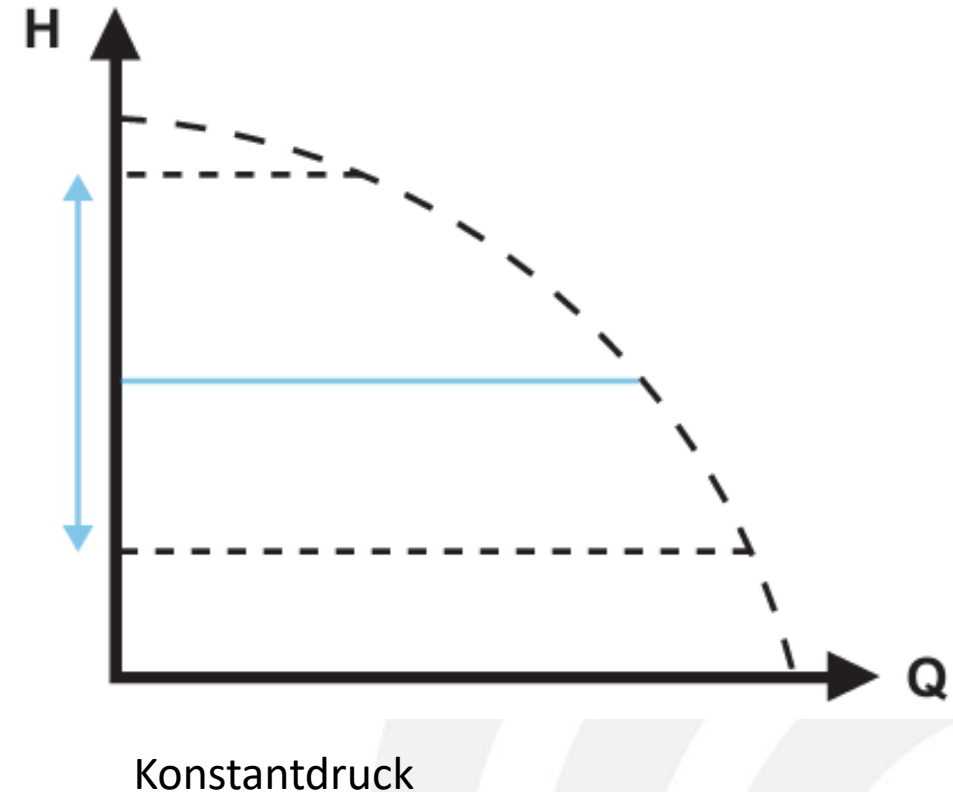
A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich



A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Basiswissen Pumpe

Konstantdruck:

- Die Förderhöhe in jeder Zone bleibt annähernd konstant, unabhängig davon, wie viele Zonen Wärme anfordern. Auf diese Weise wird ein konstanter Volumenstrom in jeder Zone aufrechterhalten.
- Die Auswahl der richtigen Konstantdruckeinstellung ist von den Merkmalen der jeweiligen Zonen in der Heizungsanlage und dem tatsächlichen Wärmebedarf abhängig.



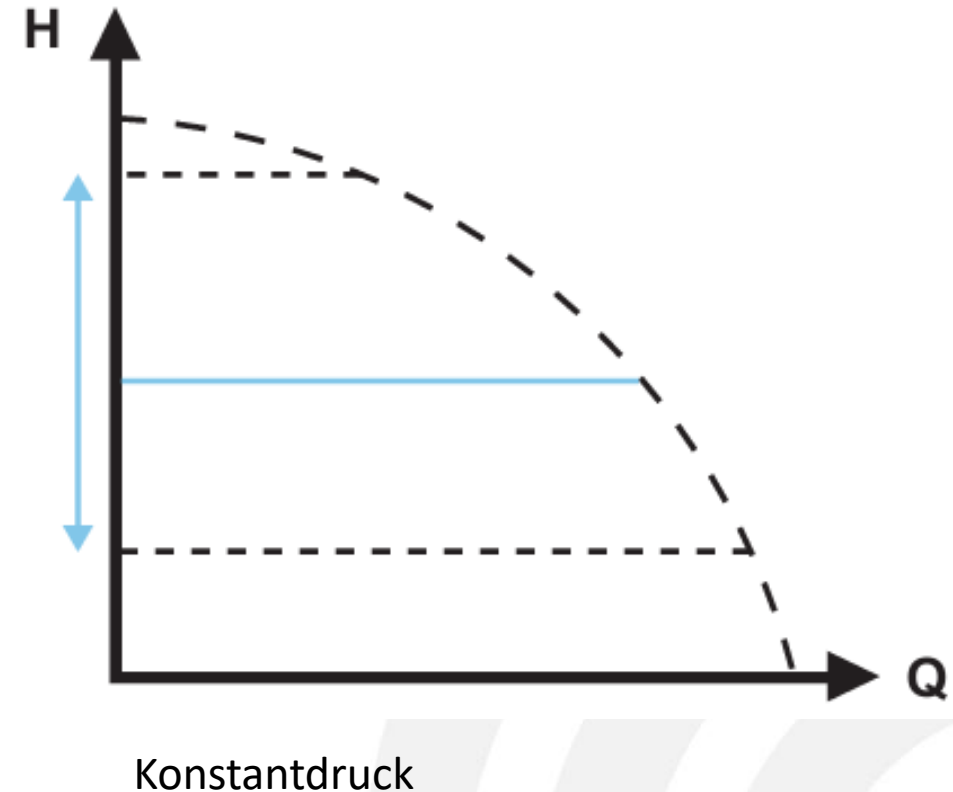
A.03 – Komponenten für den hydraulischen Abgleich



A.03.6 – Heizungsumwälzpumpe – Basiswissen Pumpe

Konstantdruck:

- Der Sollwert der Kennlinie wird bei Inbetriebnahme festgelegt.
- Die Auswahl der richtigen Konstantdruckeinstellung ist von den Merkmalen der jeweiligen Zonen in der Heizungsanlage und dem tatsächlichen Wärmebedarf abhängig.
- Der Sollwert der Förderhöhe kann meist in Intervallen von 0,1 m zwischen der minimalen und maximalen Konstantdruckkennlinie eingestellt werden.





A.04 - Berechnungen



A.04 - Berechnungen

A.04 - Übersicht Vorgehensweise Hydraulischer Abgleich Verbraucher

Nr.	Bezeichnung	System	Anmerkungen
1	Ermitteln der Lasten	Ermittlung der Raumheizlasten nach DIN/TS12831-1:2020-04 oder näherungsweise	Ermittlung Raumweise
2	Ermitteln der Struktur des Verteilsystems	Feststellen, ob Zweirohrsystem in Normalverteilung, in Sternverteilung, in Tichelmann-Verteilung oder ob Einrohrsystem vorliegt	Ermittlung Verteilstruktur erforderlich z. B. für Berechnung der hydraulischen Widerstände
3	Ermitteln der Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper	Ermittlung je Heizkörper
		1-Rohr-System Heizkörper	Nicht sinnvoll
		2-Rohr-System Flächenheizung	Ermittlung je Heizkreis
4	Bestimmen des Schlechtpunktes	2-Rohr-System Heizkörper in Normal- oder in Tichelmann-Verteilung	Bestimmen des Schlechtpunktes (hydraulisch ungünstigster Verbraucher oder ungünstigster Verbrauchergruppe), wird für Abgleich benötigt
		2-Rohr-System Heizkörper in Stern-Verteilung	
		1-Rohr-System Heizkörper:	
		2-Rohr-System Flächenheizung:	
5	Wahl des Abgleichverfahrens	Statische Abgleichverfahren	Berechnung des gesamten Systems (Erzeugung, Verteilung, Übergabe) erforderlich
		Dynamische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung der hydraulischen Widerstände beschränkt sich auf den Fließweg vom Erzeuger zum Schlechtpunkt
		Thermische / Adaptive Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	
6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper in Normal- oder in Tichelmann-Verteilung	Ermittlung für <u>alle</u> Übergabeeinrichtungen erforderlich zur Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		2-Rohr-System Heizkörper in Stern-Verteilung	
		1-Rohr-System Heizkörper	
		2-Rohr-System Flächenheizung in Stern-Verteilung	
7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände/ Rohrreibung	2-Rohr-System Heizkörper in Normal-, in Stern- oder in Tichelmann-Verteilung	Berechnen der hydraulischen Widerstände ist erforderlich für Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
		1-Rohr-System Heizkörper	
		2-Rohr-System Flächenheizung in Stern-Verteilung	
8	Durchführung des Hydraulischen Abgleichs	Statischer Hydraulischer Abgleich nach Berechnung	Einstellen an Drosselarmaturen
		Statischer Hydraulischer Abgleich mittels Messverfahren	Einstellen an Drosselarmaturen
		Dynamischer Hydraulischer Abgleich	Einstellen Druck-unabhängiger Regelventile
		Adaptiver Hydraulischer Abgleich (vorwiegend im Verteilsystem)	Einstellvorgang erfolgt an sog. SmartValves (nicht gebräuchlich im Bereich der Wärmeübergabe)
9	Ermitteln der Pumpendaten	Ermitteln der Pumpenförderhöhe aus den Hydraulikdaten	Auswahl und Einstellen der Pumpe

A.04 - Berechnungen

A.04.1 - Ermitteln der Lasten

		Berechnung nach DIN/TS 12831-1:2020-04, Abschnitte 4 und 6 (ausführliches Verfahren)	Berechnung Raumweise
1	Ermitteln der Lasten	Berechnung nach DIN/TS12831-1:2020-04, Abschnitte 5 und 6 (vereinfachtes Verfahren)	Berechnung Raumweise
		Ermittlung näherungsweise in Anlehnung an DIN SPEC 15378:2018-08	Ermittlung Raumweise
		Ermittlung der Raumheizlasten näherungsweise aus installierter Heizleistung	Ermittlung Raumweise

- Die zu erwartende Genauigkeit ist beim ausführlichen Verfahren nach DIN/TS 12831-1:2020-04 am höchsten, etwas eingeschränkt beim vereinfachten Verfahren.
- Die Ermittlung anhand der DIN SPEC 15378:2018-08 hingegen zielt mehr auf die Leistung des Wärmeerzeugers ab als auf die einzelnen Raumheizlasten. Sie ist daher für den hydraulischen Abgleich nur eingeschränkt geeignet.

A.04 - Berechnungen

A.04.1 - Ermitteln der Lasten

		Berechnung nach DIN/TS 12831-1:2020-04, Abschnitte 4 und 6 (ausführliches Verfahren)	Berechnung Raumweise
1	Ermitteln der Lasten	Berechnung nach DIN/TS12831-1:2020-04, Abschnitte 5 und 6 (vereinfachtes Verfahren)	Berechnung Raumweise
		Ermittlung näherungsweise in Anlehnung an DIN SPEC 15378:2018-08	Ermittlung Raumweise eingeschränkt
		Ermittlung der Raumheizlasten näherungsweise aus installierter Heizleistung	Ermittlung Raumweise

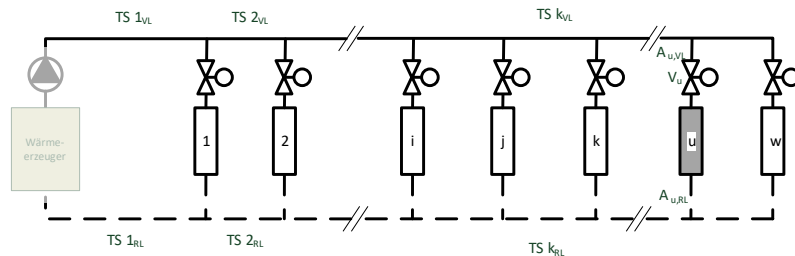
- Bei der Ermittlung näherungsweise aus installierter Heizleistung und fest angenommener Spreizung besteht die Gefahr, dass frühere Fehldimensionierungen von Heizkörpern zu fehlerhaft ermittelten Massenströmen führen!
 - Diese Vorgehensweise ist nur daher eingeschränkt geeignet und allenfalls beim Austausch einzelner Heizkörper zulässig.
- **Aber:** besser nach vereinfachten Verfahren gearbeitet, als gar nicht abgeglichen!
- Anmerkung: Auf Beispielrechnungen zur Heizlastermittlung wird im Rahmen dieses Seminars verzichtet. Hierfür gibt es gesonderte Schulungsangebote.

A.04 - Berechnungen

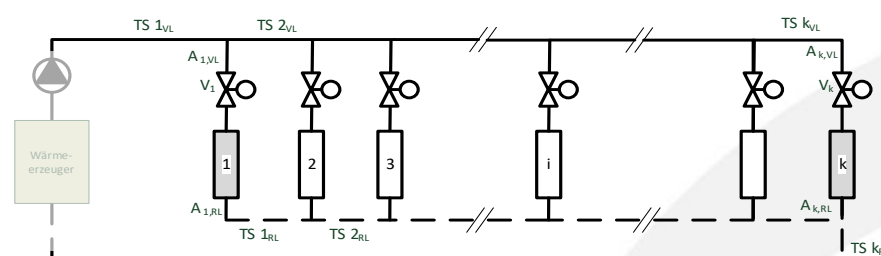
A.04.2 Ermitteln der Struktur des Verteilsystems sowie Zugehörigkeit und Position der Übergabeeinrichtungen in den einzelnen Strömungskreisen

2	Ermitteln der Struktur des Verteilsystems	Feststellen, ob Zweirohrsystem in Normalverteilung, in Sternverteilung, in Tichelmann-Verteilung oder Einrohrsystem vorliegt	Ermittlung Verteilstruktur erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände
---	---	--	--

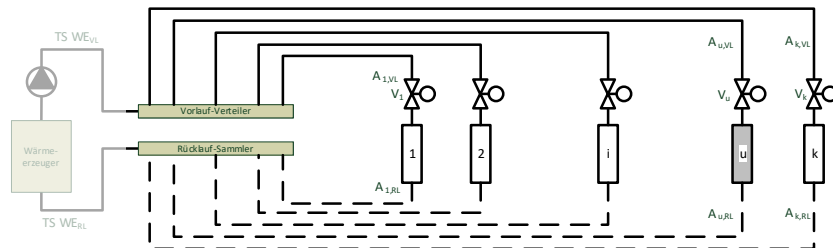
Normalverteilung (Baumstruktur):
Prinzipschaltbild einer Normalverteilung



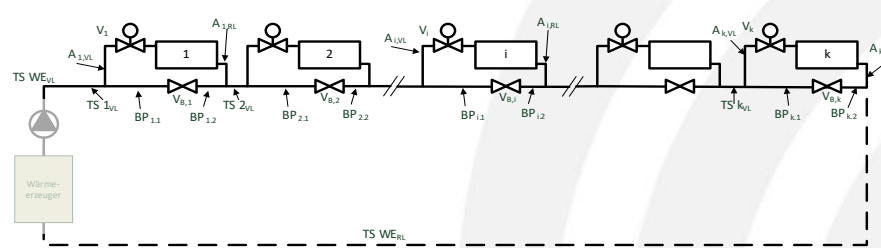
Tichelmann-Verteilung:
Prinzipschaltbild einer Tichelmann-Verteilung



Stern-Verteilung:
Prinzipschaltbild einer Sternverteilung



Einrohrsystem:
Prinzipschaltbild eines Einrohrsystems



A.04 - Berechnungen

A.04.2 Ermitteln der Struktur des Verteilsystems sowie Zugehörigkeit und Position der Übergabeeinrichtungen in den einzelnen Strömungskreisen

2	Ermitteln der Struktur des Verteilsystems	Feststellen, ob Zweirohrsystem in Normalverteilung, in Sternverteilung, in Tichelmann-Verteilung oder Einrohrsystem vorliegt	Ermittlung Verteilstruktur erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände
---	---	--	--

Praxistipp: Wie unterscheide ich 1- und 2-Rohr?

→ Sie drehen bei Heizbetrieb in der Wohnung alle Heizkörper der Reihe nach ab.

Was passiert? der Wohnungs-Rücklauf

- wird wärmer: Einrohr,
- wird kälter: Zweirohr

A.04 - Berechnungen

A.04.3 - Übergabeeinrichtungen - Ermitteln der technischen Daten - Übergabeeinrichtungen

3	Ermitteln der Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper Normal- oder Tichelmannsystem	Ermittlung je Heizkörper
		1-Rohr-System Heizkörper	Nicht sinnvoll
		2-Rohr-System Flächenheizung Sternverteilung	Ermittlung je Heizkreis

- **2-Rohr-System Heizkörper**: Technische Daten (z. B. Norm-Heizleistung) sind aus Herstellertabellen oder Normtafeln einfach ermittelbar, ggf. Korrektur wegen Nischeneinbau oder besonderer Anschlussart (reitend, 1-Punkt-Anschluss mit Lanzenventilen) erforderlich
- **1-Rohr-System Heizkörper**: die Ermittlung der Leistungsdaten einzelner Heizkörper ist nicht sinnvoll, stattdessen wird für weitere Berechnungen die vom gesamten Einrohr-Ring zu deckende Heizlast benötigt

A.04 - Berechnungen

A.04.3 - Übergabeeinrichtungen - Ermitteln der technischen Daten - Übergabeeinrichtungen

3	Ermitteln der Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper	Ermittlung je Heizkörper
		1-Rohr-System Heizkörper	Nicht sinnvoll
		2-Rohr-System Flächenheizung	Ermittlung je Heizkreis

- **2-Rohr-System Flächenheizung**: Technische Daten (z. B. Norm-Heizleistung) sind aus Herstellertabellen einfach ermittelbar, im Bestand kann allerdings die Bestimmung des Verlegeabstandes problematisch werden

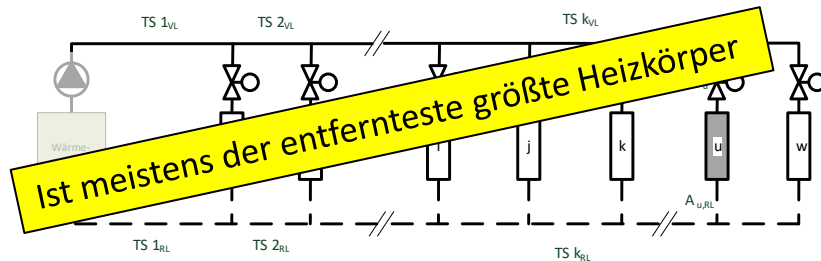
A.04 Berechnungen

A.04.4 - Bestimmen des Schlechtpunktes (-> hydraulisch ungünstigster Verbraucher)

4	Bestimmen des Schlechtpunktes	2-Rohr-System Heizkörper in Normal- oder in Tichelmann-Verteilung	Bestimmen des Schlechtpunktes (hydraulisch ungünstigster Verbraucher) erforderlich für Abgleich
		2-Rohr-System Heizkörper in Stern-Verteilung	
		1-Rohr-System Heizkörper	
		2-Rohr-System Flächenheizung in Stern-Verteilung	

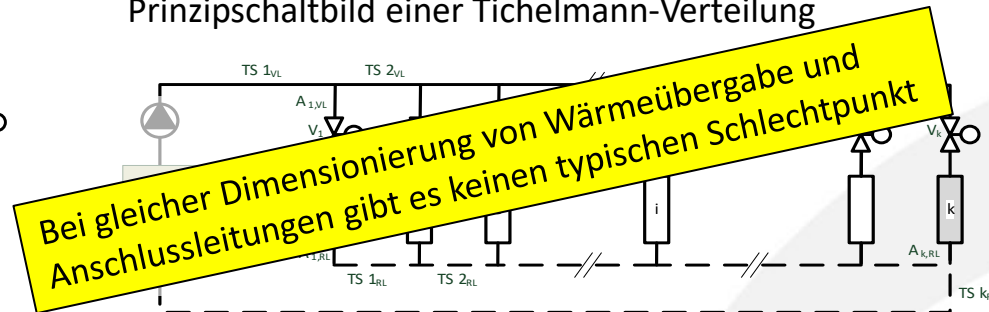
Normalverteilung (Baumstruktur):

Prinzipschaltbild einer Normalverteilung



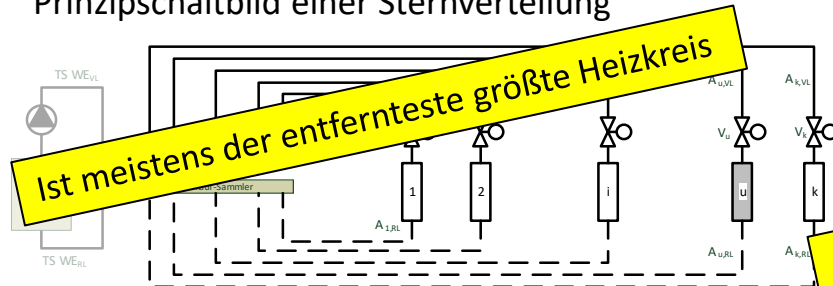
Tichelmann-Verteilung:

Prinzipschaltbild einer Tichelmann-Verteilung



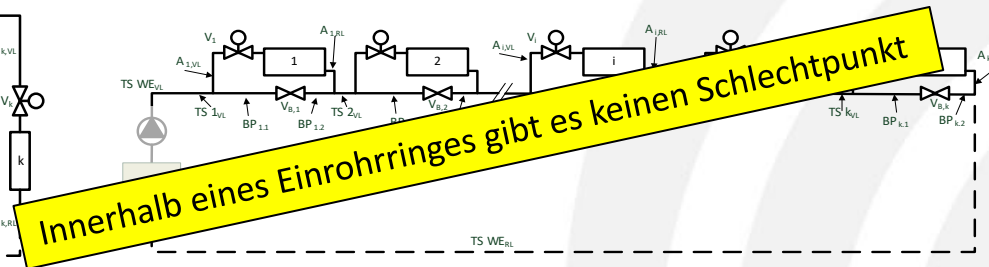
Stern-Verteilung:

Prinzipschaltbild einer Sternverteilung



Einrohrsystem:

Prinzipschaltbild eines Einrohrsystems



A.04 - Berechnungen

A.04.5.1 - Wahl des Abgleichverfahrens – Heizkörper statisch

5	Wahl des Abgleichverfahrens	statische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung des gesamten Systems (Erzeugung, Verteilung, Übergabe) erforderlich
		Dynamische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung der hydraulischen Widerstände beschränkt sich auf den Fließweg vom Erzeuger zum Schlechtpunkt
		Thermische / adaptive Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	

Abgleicharmaturen für:

- **Statischen** hydraulischen Abgleich (Standard in vielen Anlagen, gleicht auf den Auslegungsfall ab)
 - Abgleich erfolgt durch Einstellen einer Fixdrossel anhand von Auslegungsdigrammen
 - Bei steigendem Differenzdruck am Heizkörperventil ändert sich in jeder Ventilstellung auch dessen Durchfluss
 - Kann mit der Einstellung Δp_{var} an der Pumpe etwas „abgemildert“ werden, da der Pumpendruck je nach Durchfluss variiert



A.04 - Berechnungen

A.04.5.1 - Wahl des Abgleichverfahrens – Heizkörper statisch

5	Wahl des Abgleichverfahrens	statische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung des gesamten Systems (Erzeugung, Verteilung, Übergabe) erforderlich
		Dynamische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung der hydraulischen Widerstände beschränkt sich auf den Fließweg vom Erzeuger zum Schlechtpunkt
		Thermische / adaptive Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	

Hinweis:

Bei der Verwendung insbesondere von voreinstellbaren Standard-Ventilen ist die Einhaltung der sog. **Ventilautorität** wichtig.

Wie ist sie definiert?

Die Ventilautorität (a_v) beschreibt, wie gut ein Ventil den Durchfluss im Verhältnis zum restlichen Leitungssystem steuern kann.

Sie ist das Verhältnis vom Druckverlust am Ventil zum Gesamtdruckverlust des Systems. Eine höhere Ventilautorität (idealerweise $0,3 < a_v < 0,7$) bedeutet bessere Regeleigenschaften.

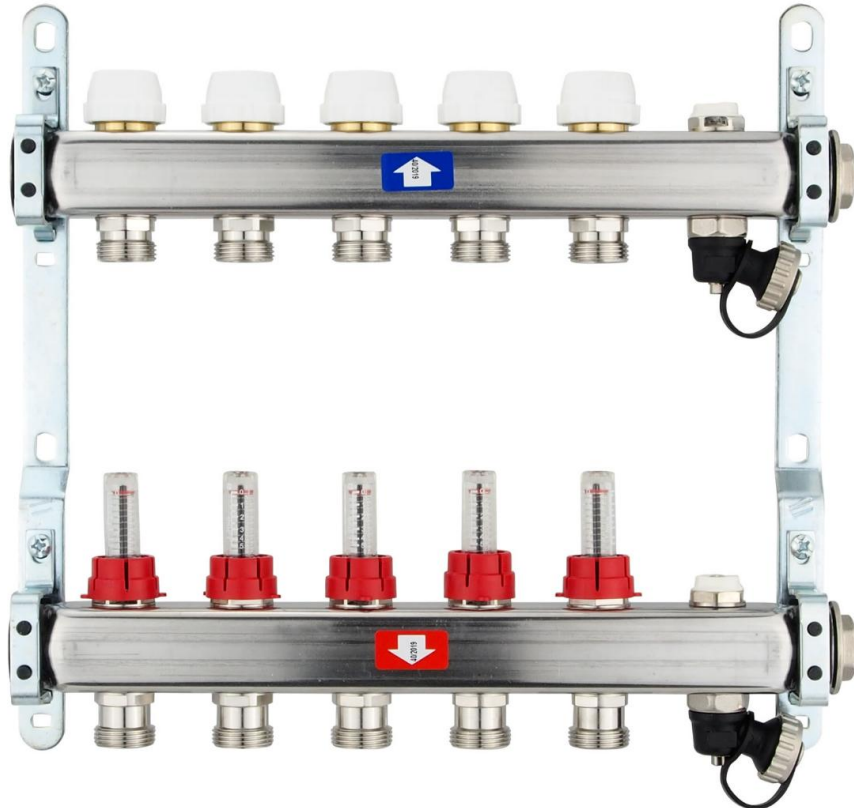
Bei sehr kleinen a_v –Werten „droht“ On-Off-Betrieb, Werte in Richtung $a_v = 1$ hingegen bedeuten höheren Pumpendruck.



A.04 - Berechnungen

A.04.5.2 - Wahl des Abgleichverfahrens – Flächenheizung statisch

5	Wahl des Abgleichverfahrens	statische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung des gesamten Systems (Erzeugung, Verteilung, Übergabe) erforderlich
		Dynamische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung der hydraulischen Widerstände beschränkt sich auf den Fließweg vom Erzeuger zum Schlechtpunkt
		Thermische / adaptive Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	



Abgleich erfolgt durch Einstellen an einem Durchflussmesser

Differenzdruck-abhängige Einstellventile erfordern beim hydraulischen Abgleich von Flächenheizungen einen etwas höheren Aufwand, da die anfangs eingestellte Durchflussmenge „in mehreren Durchgängen“ nachgearbeitet werden muss.

Sowohl infolge der weiteren Einstellarbeiten als auch im späteren Betrieb ändert sich je nach Differenzdruck die Durchflussmenge an den bereits eingestellten Ventilen.



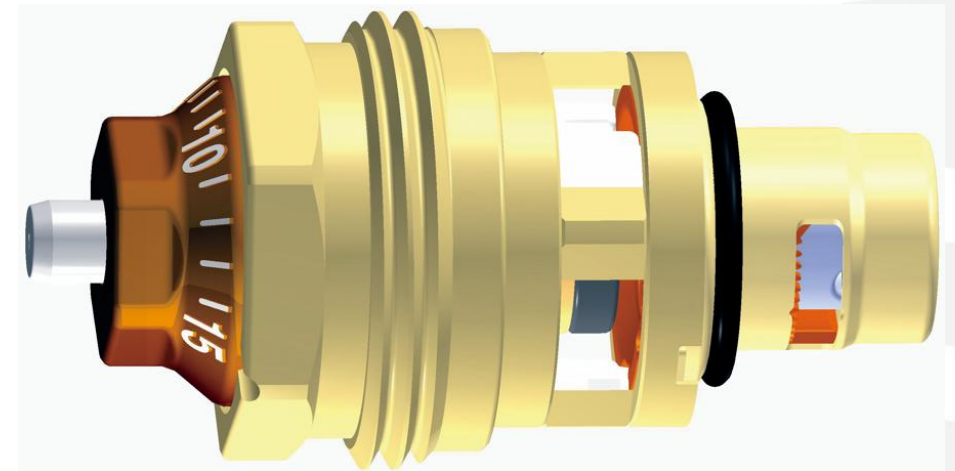
A.04 - Berechnungen

A.04.5.1 - Wahl des Abgleichverfahrens – Heizkörper dynamisch

5	Wahl des Abgleichverfahrens	statische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung des gesamten Systems (Erzeugung, Verteilung, Übergabe) erforderlich
		Dynamische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung der hydraulischen Widerstände beschränkt sich auf den Fließweg vom Erzeuger zum Schlechtpunkt
		Thermische / adaptive Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	

Abgleicharmaturen für:

- **Dynamischen** hydraulischen Abgleich (stark im Kommen, vereinfacht die Vorgehensweise enorm),
- Abgleich erfolgt durch Einstellen des errechneten Massenstroms an einer Skala
- Bei steigendem Differenzdruck am Heizkörperventil wird bei dessen Vollöffnung der Durchfluss immer auf den eingestellten Wert begrenzt (zumindest annähernd)
- Achtung: Armaturen erfordern höheren Differenzdruck (meist 1 – 1,5 m)
- Info: Diese Ventile weisen eine Ventilautorität α_v von 1 auf.



A.04 - Berechnungen

A.04.5.3 - Wahl des Abgleichverfahrens – Flächenheizung dynamisch

5	Wahl des Abgleichverfahrens	statische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung des gesamten Systems (Erzeugung, Verteilung, Übergabe) erforderlich
		Dynamische Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	Berechnung der hydraulischen Widerstände beschränkt sich auf den Fließweg vom Erzeuger zum Schlechtpunkt
		Thermische / adaptive Abgleichverfahren im Bereich der Wärmeübergabe	



- Abgleich erfolgt durch Einstellen des errechneten Massenstroms an einer Skala (mit Kontrolle am Durchflussmesser)
- Differenzdruck-unabhängige Ventile sind beim hydraulischen Abgleich von Vorteil, da die eingestellte Durchflussmenge bei den üblichen Differenzdrücken im Betrieb nur moderat überschritten wird.
- Achtung: für diese Ventile ist deren Auslegungsdifferenzdruck zu berücksichtigen. Je nach Bauart meist 1 bis 1,5 m bzw. 100 bis 150 mbar!



A.04 - Berechnungen

A.04.6.1 Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Heizkörper - Neuerrichtung

6

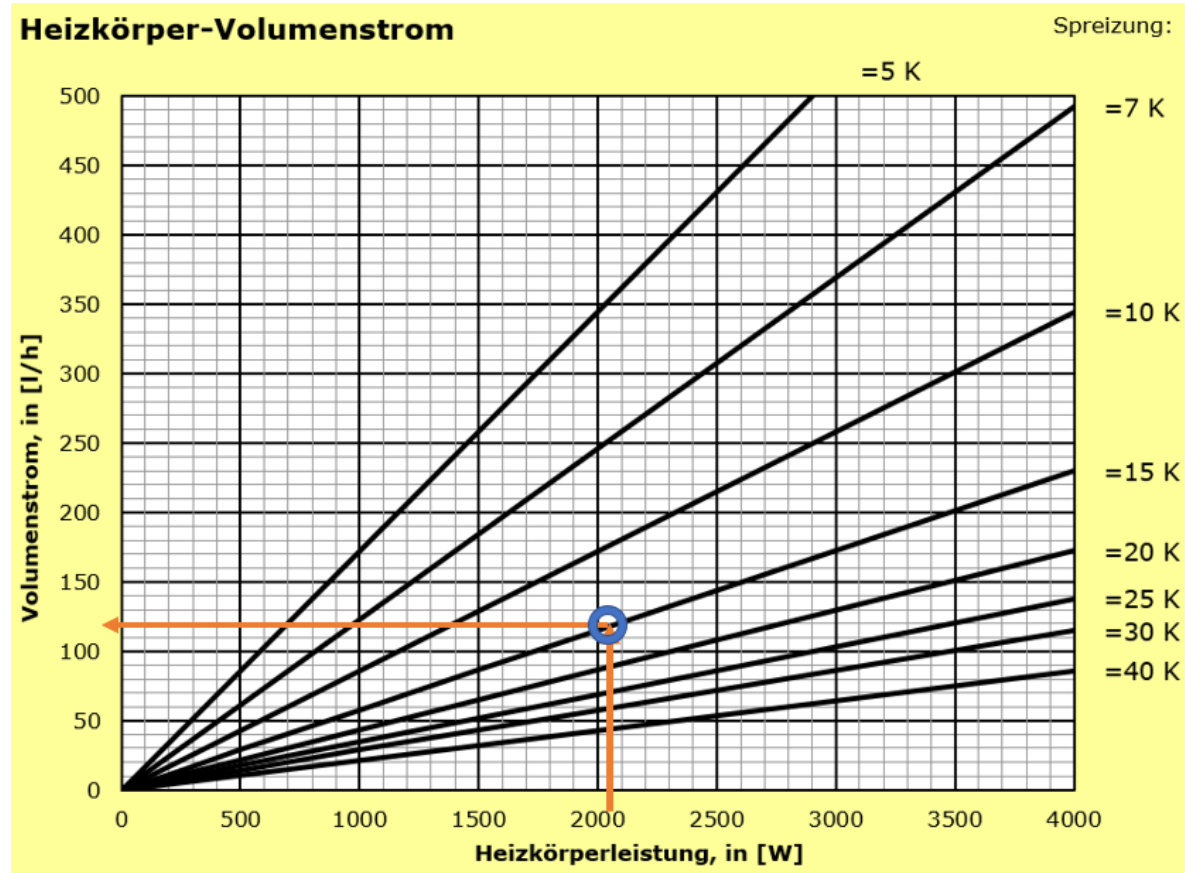
Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen

2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper

1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring

2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis

Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms



1

$$\Delta T = \Delta T_N \cdot \sqrt[n]{\Phi / \Phi_N}$$

2

$$\Delta T = \vartheta_{HK, \text{mittl.}} - \vartheta_{Raum} = 0,5 \cdot (\vartheta_{VL} + \vartheta_{RL}) - \vartheta_{Raum}$$

3

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{c \cdot (\vartheta_V - \vartheta_R)}$$

A.04 - Berechnungen

A.04.6.1 Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Heizkörper - Neuerrichtung

Heizkörper: Aus erforderlicher Leistung gemäß Heizlastberechnung oder vereinfachten Verfahren und der fix angenommenen Temperaturdifferenz zwischen Vorlauftemperatur (70 °C) und Rücklauftemperatur (55 °C) lässt sich der Heizflächen-Wasserstrom nach vorheriger Formel 3 wie folgt ermitteln:

$$q_m = \frac{\Phi}{c \cdot (\vartheta_V - \vartheta_R)} = \frac{2,030 \text{ kW} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}}{4,18 \text{ kJ} \cdot (70 - 55) \cdot \text{K}} = 0,032 \text{ kg/s} \approx \mathbf{116 \text{ kg/h}}$$

Darin sind:

- q_m erforderlicher Heizflächen-Wasserstrom in kg/h bzw. kg/s
- Φ Raum-Heizlast = Wärmeleistung des Heizkörpers in kW (hier 2,03 kW)
- c spezifische Wärmekapazität des Wassers in kJ/kg·K (hier 4,18 kJ/kg·K) -> 1 J \triangleq 1 Ws

Der Soll-Massenstrom für den betrachteten Heizkörper beträgt 116 kg/h.

Achtung: Richtig wäre jedoch eine Umrechnung aus der Norm-Heizleistung des tatsächlich eingesetzten Heizkörpers und der Heizlast. Die Berechnung mit einer festen Spreizung erzeugt meist zu hohe Massenströme. Korrekt rechnet man mit Hilfe der logarithmischen oder arithmetischen Übertemperatur (= mittlere Temperatur ÜBER der Raumtemperatur) und erhält ausgehend von der Vorlauftemperatur eine tatsächliche Spreizung, mit Hilfe derer dann der tatsächliche Massenstrom berechnet wird. Das erledigen wir als nächstes!

A.04 Berechnungen

A.04.6.2 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Heizkörper – Neuerrichtung und Bestand

Für eine Wärmeleistung von $\Phi = 2.030 \text{ W}$ mit Vorlauftemperatur $\vartheta_V = 70 \text{ °C}$ und Raumtemperatur $\vartheta_i = 20 \text{ °C}$ ist in den Herstellerunterlagen (Bauhöhe 600, Baulänge max. 2.000, Bautiefe max. 100) kein genau passender Heizkörper zu finden, gewählt wird daher ein doppelagiger Heizkörper mit Baulänge 1.600 und Bautiefe 100, dessen Normleistung (75/65/20 °C) $\Phi_N = 2.666 \text{ W}$ beträgt. Der Heizkörperexponent n wird mit 1,28 angegeben.

Benötigt wird die Übertemperatur ΔT gegenüber der Raumtemperatur gemäß Formel 1. Darin ist Φ die Raumheizlast 2.030 W, Φ_N die Normleistung 2.666 W und ΔT_N die Norm-Übertemperatur von 50 K.

Ergebnis: $\Delta T \approx 40 \text{ K}$, dies entspricht bei 20 °C Raumtemperatur einer mittleren Heizkörpertemperatur von $\approx 60 \text{ °C}$.

Durch Umstellen von Formel 2 und Einsetzen der bekannten Werte ergibt sich eine Rücklauftemperatur $\vartheta_i = 50 \text{ °C}$, die Spreizung beträgt somit 20 K.

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{c * (\vartheta_V - \vartheta_R)} = \frac{2,03 \text{ kW} * \text{kg} * \text{K}}{4,18 \text{ kW} * \text{s} * (70 - 50) \text{ K}} = 0,024 \text{ kg/s} \approx \mathbf{87 \text{ kg/h}}$$

Φ Raum-Heizlast (hier 2,03 kW bzw. 2.030 W)

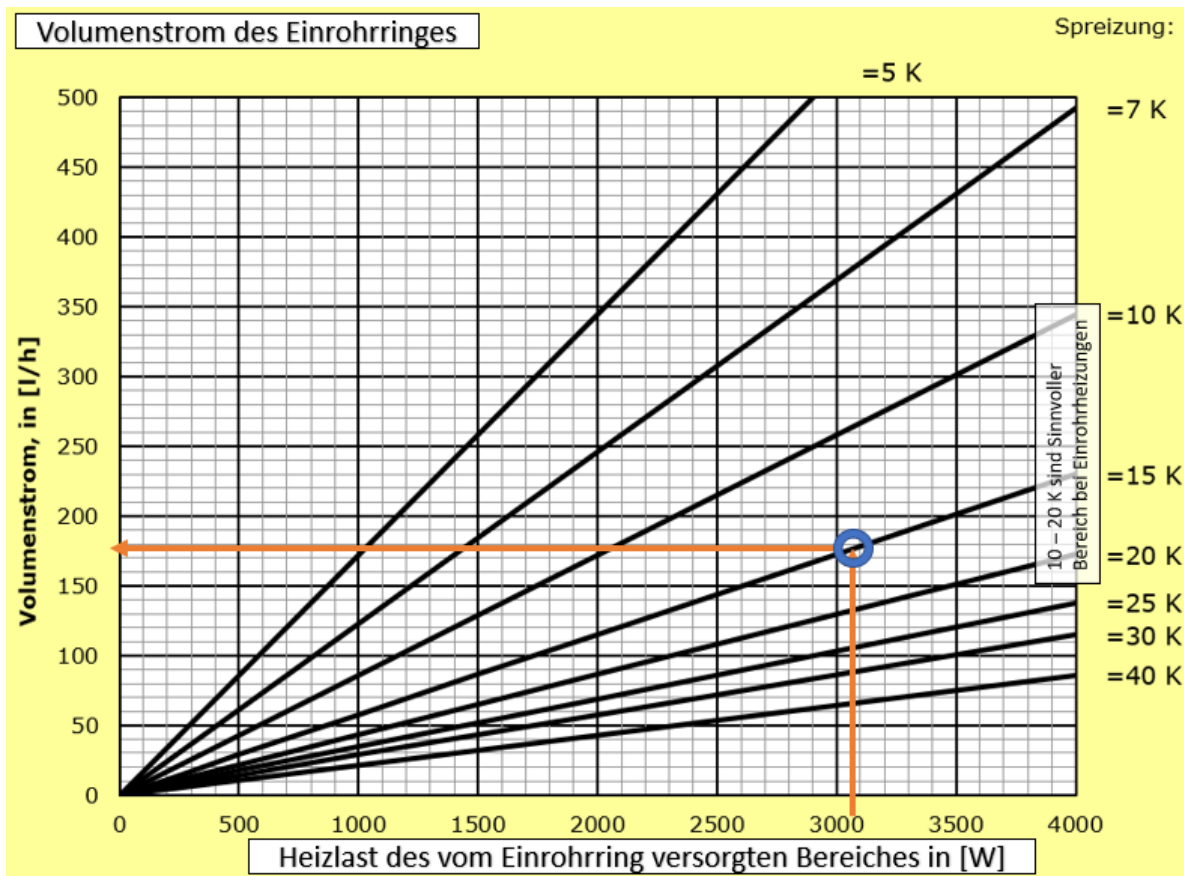
c spezifische Wärmekapazität des Wassers in kJ/kgK (hier 4,18 kJ/kg K \triangleq 4,18 kW s/kg K)

Achtung: Nischeneinbau oder reitender Anschluss mindern die **Normleistung!** Mit der verminderten Normleistung wird dann gerechnet. Anderenfalls ergeben sich zu geringe Massenströme!

A.04 Berechnungen

A.04.6.3 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Heizkörper – Einrohrsystem

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	



Und beim Einrohrsystem?

Der einzelne Heizkörper wird nicht betrachtet, **immer** nur der gesamte Ring!

Φ ist dann die Heizlast des vom Ring versorgten Bereiches! (z.B. eine Wohnung)

Für die Spreizung gibt es enge Grenzen, üblich 15 K.
(Höhere Spreizung -> nach hinten wird es kalt
Geringere Spreizung -> der Druckverlust steigt stark an.)

$$q_m = \frac{\Phi}{c * (\partial_V - \partial_R)}$$

A.04 Berechnungen

A.04.6.3 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Heizkörper – Einrohrsystem

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

Einrohrsystem: Achtung: Hier wird die Heizlast des vom Ring versorgten Bereiches (z. B. Wohnung) benötigt!

Mit einer angenommenen Temperaturdifferenz zwischen Vorlauftemperatur (z. B. 70 °C) und Rücklauftemperatur (z. B. 55 °C) lässt sich der Ring-Wasserstrom wie folgt ermitteln:

$$q_m = \frac{\Phi}{c \cdot (\vartheta_V - \vartheta_R)} = \frac{3,080 \text{ kW} \cdot \text{kg} \cdot \text{K}}{4,18 \text{ kJ} \cdot (70 - 55) \text{ K}} = 0,046 \text{ kg/s} \approx \mathbf{167 \text{ kg/h}}$$

Darin sind:

- q_m erforderlicher Heizflächen-Wasserstrom in kg/h bzw. kg/s
- Φ Heizlast des versorgten Bereiches in kW (hier 3,08 kW)
- c spezifische Wärmekapazität des Wassers in kJ/kgK (hier 4,18 kJ/kgK)
- ϑ_V Vorlauftemperatur (Heizwassertemperatur vor Eintritt in den ersten Heizkörper)
- ϑ_R Rücklauftemperatur (Heizwassertemperatur nach Austritt aus dem letzten Heizkörper)

Der Soll-Massenstrom für den betrachteten Einrohr-Ring beträgt 167 kg/h.

A.04 - Berechnungen

A.04.6.4 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise Neuerrichtung

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

Flächenheizung: Aus erforderlicher Leistung gemäß Heizlastberechnung oder vereinfachten Verfahren und einer angenommenen Temperaturdifferenz zwischen Vorlauftemperatur und Rücklauftemperatur des ungünstigsten Kreises (z.B. 35 / 28 °C) lässt sich der Heizflächen-Wasserstrom ermitteln. Im Bestand setzt man bei vereinfachter Betrachtung für größere Kreise 7K Spreizung, für kleinere 5K.

Zu beachten ist bei Flächensystemen, dass z. B. bei Fußbodenheizung die Wärmeleistung in den Raum wesentlich vom Bodenbelag beeinflusst wird. Zu beachten ist weiterhin die Wärmeleistung durch die Dämmlage hindurch vom versorgten Raum weg, also bei Fußbodenheizung an den darunter liegenden Raum, bei Deckenheizung an den darüber liegenden Raum und bei Wandheizung nach außen oder einen Nebenraum.

Diese zusätzlich „weg vom Raum“ zu erbringende Leistung wird bei Flächensystemen stets durch eine **Erhöhung** des Massenstromes jedes Heizkreises bei **gleichbleibender** Spreizung realisiert.

Die Erhöhung des Massenstroms ist von der Güte der Dämmlage und der wirksamen Temperaturdifferenz abhängig. Keinesfalls erfolgt eine Erhöhung der Spreizung oder eine Erhöhung der Vorlauftemperatur.

Bei der Neuerrichtung einer Flächenheizung werden diese Aspekte in der Software berücksichtigt.

A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

45 mm Zementestrich
x-net Systemrohr 16 x 2

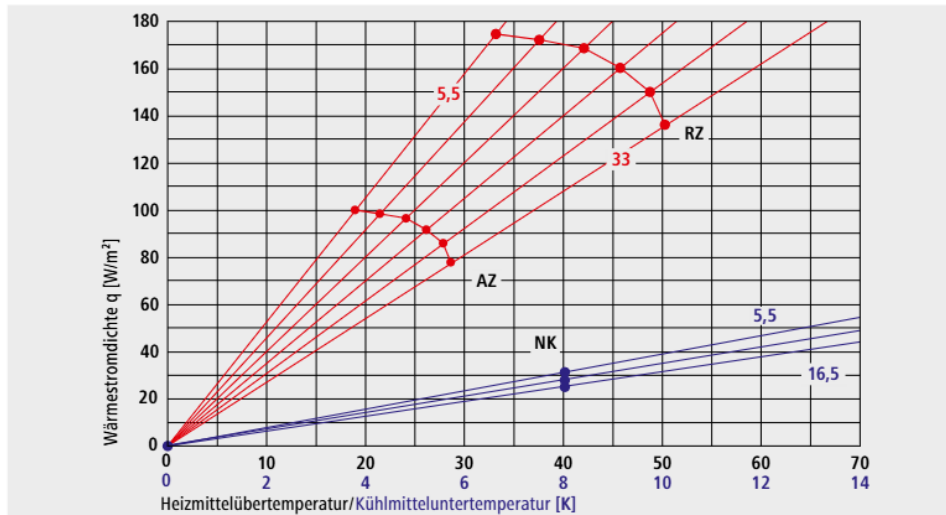
Leistungsdaten $R_{\lambda,B} = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$

VA [cm]	$\Delta\vartheta_{H,N}$ [K]	$q_{H,N}$ [W/m ²]	$K_{H, \text{Heizen}}$ [W/m ² K]	$\Delta\vartheta_{C,N}$ [K]	$q_{C,N}$ [W/m ²]	$K_{H, \text{Kühlen}}$ [W/m ² K]
5,5	18,9	99,9	5,29	8,0	31,3	3,92
11	21,4	98,4	4,60	8,0	28,1	3,51
16,5	24,0	96,3	4,02	8,0	25,2	3,15
22	26,0	91,6	3,52			
27,5	27,8	85,7	3,09			
33	28,6	77,7	2,71			

Kühlanwendung bei VA größer als 16,5 cm nicht sinnvoll



- VA = Verlegeabstand
- AZ = Aufenthaltszone Grenzkurve 9 K
- RZ = Randzone Grenzkurve 15 K
- NK = Norm-Kühlleistung
- $q_{H,N}$ = spezifische Norm-Wärmeleistung
- $q_{C,N}$ = spezifische Norm-Kühlleistung
- K_H = Kennliniensteigung
- $\Delta\vartheta_{H,N}$ = Norm-Temperaturdifferenz im Heizfall
- $\Delta\vartheta_{C,N}$ = Norm-Temperaturdifferenz im Kühlfall



Flächenheizung im Bestand:

Die Heizmittel-Übertemperatur ϑ_H stellt die Übertemperatur des Heizmittels über der Raumtemperatur dar.

$$\text{Es gilt: } \vartheta_H = \frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{\ln \frac{\vartheta_V - \vartheta_i}{\vartheta_R - \vartheta_i}}$$

ϑ_H Heizmittelübertemperatur

ϑ_V Vorlauftemperatur

ϑ_R für Rücklauftemperatur

ϑ_i Raumtemperatur

A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

45 mm Zementestrich
x-net Systemrohr 16x2

Leistungsdaten $R_{\lambda,B} = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$

VA [cm]	$\Delta\vartheta_{H,N}$ [K]	$q_{H,N}$ [W/m ²]	$K_{H, \text{Heizen}}$ [W/m ² K]	$\Delta\vartheta_{C,N}$ [K]	$q_{C,N}$ [W/m ²]	$K_{H, \text{Kühlen}}$ [W/m ² K]
5,5	18,9	99,9	5,29	8,0	31,3	3,92
11	21,4	98,4	4,60	8,0	28,1	3,51
16,5	24,0	96,3	4,02	8,0	25,2	3,15
22	26,0	91,6	3,52			
27,5	27,8	85,7	3,09			
33	28,6	77,7	2,71			

Kühlanwendung bei VA größer als 16,5 cm nicht sinnvoll

Flächenheizung im Bestand:

Beispiel Wohnraum 20 °C:

$$\vartheta_H = \frac{40 - 35}{\ln \frac{40 - 20}{35 - 20}} = 17,4 \text{ K}$$

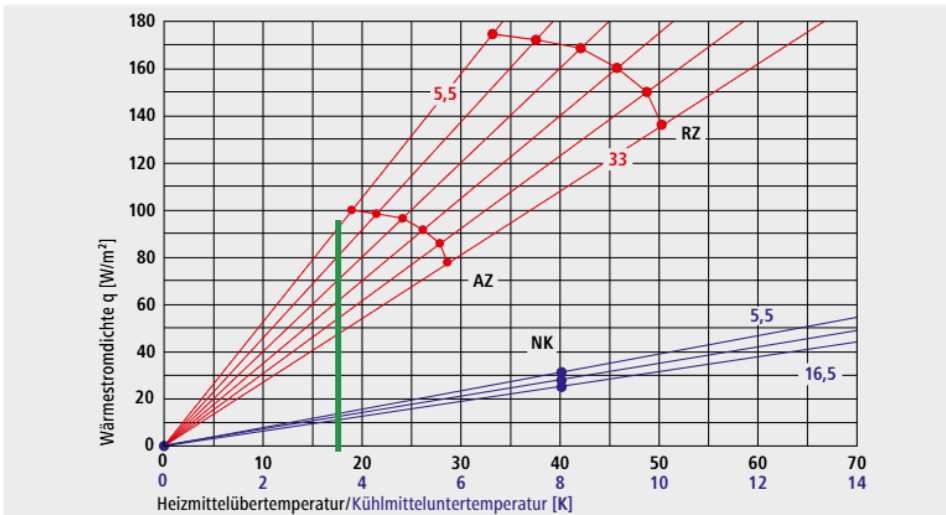
Software macht das „andersherum“, sie beginnt bei der geforderten Leistung (hier Wärmestromdichte q) und rechnet dann zurück.

$$q_m = \frac{\Phi}{c * (\vartheta_V - \vartheta_R)}$$

Aus den W/m² multipliziert mit der Fläche **eines** Kreises erhalten Sie die Leistung **eines** Kreises und somit alles zur Berechnung des Massenstroms bei bekannter oder gesetzter Spreizung.



- VA = Verlegeabstand
- AZ = Aufenthaltszone Grenzkurve 9 K
- RZ = Randzone Grenzkurve 15 K
- NK = Norm-Kühlleistung
- $q_{H,N}$ = spezifische Norm-Wärmeleistung
- $q_{C,N}$ = spezifische Norm-Kühlleistung
- K_H = Kennliniensteigung
- $\Delta\vartheta_{H,N}$ = Norm-Temperaturdifferenz im Heizfall
- $\Delta\vartheta_{C,N}$ = Norm-Temperaturdifferenz im Kühlfall



A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

45 mm Zementestrich
x-net Systemrohr 16 x 2

Leistungsdaten $R_{\lambda,B} = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$

VA [cm]	$\Delta\vartheta_{H,N}$ [K]	$q_{H,N}$ [W/m ²]	$K_{H, \text{Heizen}}$ [W/m ² K]	$\Delta\vartheta_{C,N}$ [K]	$q_{C,N}$ [W/m ²]	$K_{H, \text{Kühlen}}$ [W/m ² K]
5,5	18,9	99,9	5,29	8,0	31,3	3,92
11	21,4	98,4	4,60	8,0	28,1	3,51
16,5	24,0	96,3	4,02	8,0	25,2	3,15
22	26,0	91,6	3,52			
27,5	27,8	85,7	3,09			
33	28,6	77,7	2,71			

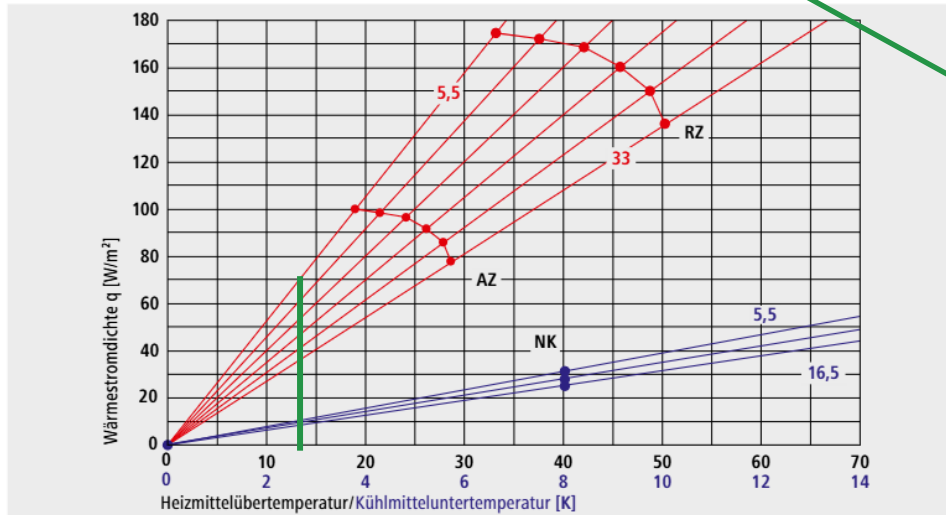
Kühlanwendung bei VA größer als 16,5 cm nicht sinnvoll

Beispiel Badezimmer 24 °C:

$$\Delta\vartheta_H = \frac{40 - 35}{\ln \frac{40 - 24}{35 - 24}} = 13,3 \text{ K}$$



- VA = Verlegeabstand
- AZ = Aufenthaltszone Grenzkurve 9 K
- RZ = Randzone Grenzkurve 15 K
- NK = Norm-Kühlleistung
- $q_{H,N}$ = spezifische Norm-Wärmeleistung
- $q_{C,N}$ = spezifische Norm-Kühlleistung
- K_H = Kennliniensteigung
- $\Delta\vartheta_{H,N}$ = Norm-Temperaturdifferenz im Heizfall
- $\Delta\vartheta_{C,N}$ = Norm-Temperaturdifferenz im Kühlfall

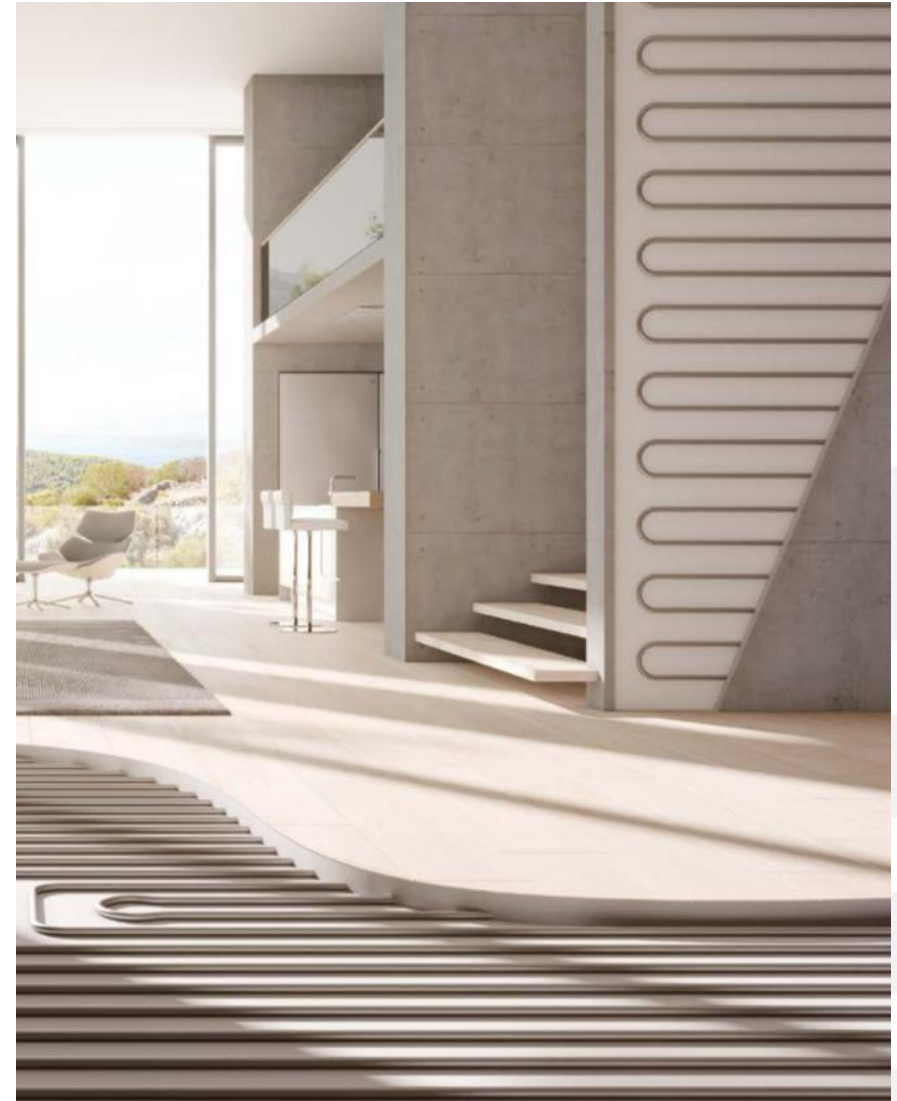


Achtung: Den Wärmeleitwiderstand $R_{\lambda,B}$ des Bodenbelags nicht vergessen! Für jeden gelten andere Leistungsdaten.

A.04 - Berechnungen

- A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise Bestand

Wie jedoch geht man bei Flächenheizung im Bestand vor, wenn man die erforderliche Vorlauftemperatur benötigt, Stichwort Wärmepumpe?



A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

Flächenheizung im Bestand:

Benötigt werden:

- Heizlast des Raumes und seine Grundfläche
- Anzahl der Heizkreise je Raum (meist im Heizkreisverteiler sichtbar) -> Daraus resultiert eine Heizlast je Heizkreis
- Verlegeabstand
- Die bisherige Auslegungs-Vorlauftemperatur findet man meist am Wärmeerzeuger (Ende der Heizkurve)
- Aus erforderlicher Leistung gemäß Heizlastberechnung oder vereinfachten Verfahren und einer angenommenen Temperaturdifferenz zwischen Vorlauftemperatur (35 °C) und Rücklauftemperatur (28 °C) lässt sich der Heizflächen-Wasserstrom ermitteln.
- Für die Wärmeleistung durch die Dämmung hindurch „weg vom Raum“ helfen praxisnahe Annahmen.
- Was aber, wenn die bisherige Auslegungs-Vorlauftemperatur nicht bekannt oder wertlos ist (Stichwort Dämmmaßnahmen)?
- Dann zeige ich eine Möglichkeit, die tatsächlich erforderliche Vorlauftemperatur zu ermitteln.

A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

Flächenheizung im Bestand:

Analog zur Vorgehensweise bei Heizkörpern mit dem Bezug zur Normleistung (Die Normleistung nennt sich dabei Leistung im Basispunkt) existiert auch bei Fußbodenheizungen ein Verfahren zur Ermittlung der hydraulischen Daten Massenstrom und Druckverlust des „Schlechtekreises“. Da beides von Vorlauftemperatur und Spreizung abhängig ist, benötigt man diese.

Weit verbreitet ist die Vorgehensweise, eine Vorlauftemperatur anzunehmen (z. B. 35 oder 40 °C) und mit dieser zu rechnen. Dabei wird langen Heizkreisen eine Spreizung von 7 K zugewiesen, kurzen Heizkreisen von 5 K. Allerdings, wo ist die Grenze zwischen lang und kurz? Ist es die versorgte Fläche oder die Länge des Heizrohres? Oder ...?

Damit wird man beim hydraulischen Abgleich wahrscheinlich keine allzu großen Funktionsfehler riskieren, für eine **Wärmepumpenanlage**, wo es auf die **tatsächlich erforderliche Vorlauftemperatur im Auslegungsfall** ankommt, taugt das jedoch nur eingeschränkt.

A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

Flächenheizung im Bestand:

Zur Bestimmung der erforderlichen FBH-Vorlauftemperatur und den sich ergebenden Spreizungen wird in folgenden Schritten vorgegangen:

- Bestimmung der m^2 -Leistung der FBH-Fläche im Normpunkt 50/40/20, in Abhängigkeit vom Oberbodenbelag
- Vergleich mit der erforderlichen m^2 -Leistung der FBH-Fläche gemäß Heizlastberechnung (Räume mit 20 °C und Räume mit 24 °C werden gesondert betrachtet)
- Mit diesen Daten kann die relative Heizflächenbelastung bestimmt werden
- Eintragen in Diagramme für 20 °C bzw. 24 °C und Auswahl einer für alle Räume möglichen Vorlauftemperatur
- Für alle Heizkreise Ablesen der Spreizungen bei der letztendlich gewählten Vorlauftemperatur
- Berechnung aller Heizkreis-Massenströme „für Wärmeabgabe nach oben“ aus Heizkreis-Flächenleistung und Heizkreisspreizung
- Abschließend Massenstromkorrektur für Wärmeleitung „nach unten“

A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6

Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen

2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper

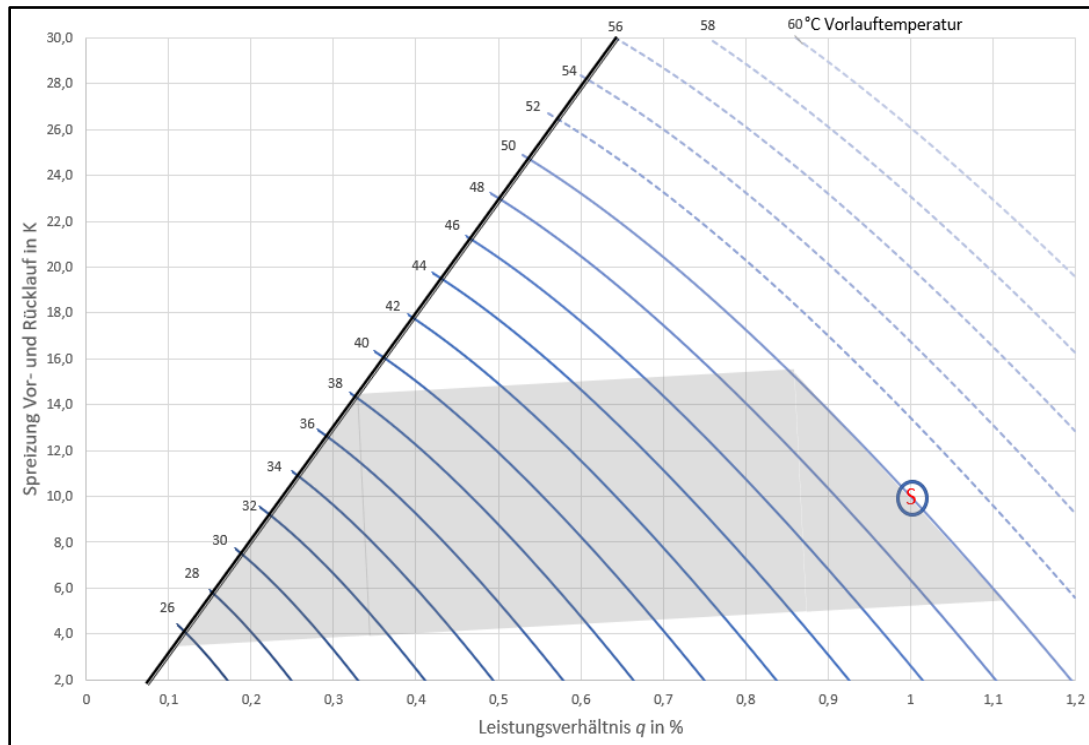
1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring

2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis

Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms

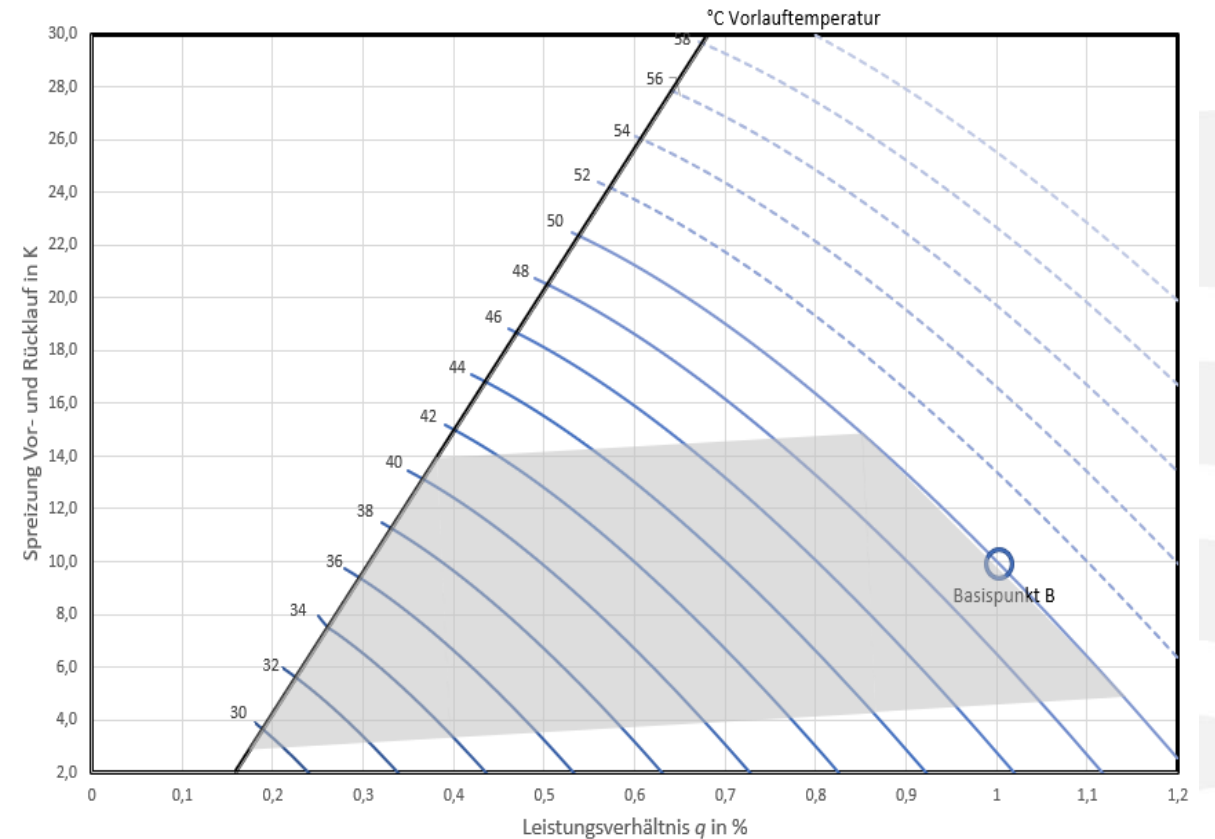
Fußbodenheizungsdiagramm normiert für

Standardleistung 50/40/20°C



und

Standardleistung 50/40/24°C



A.04 - Berechnungen

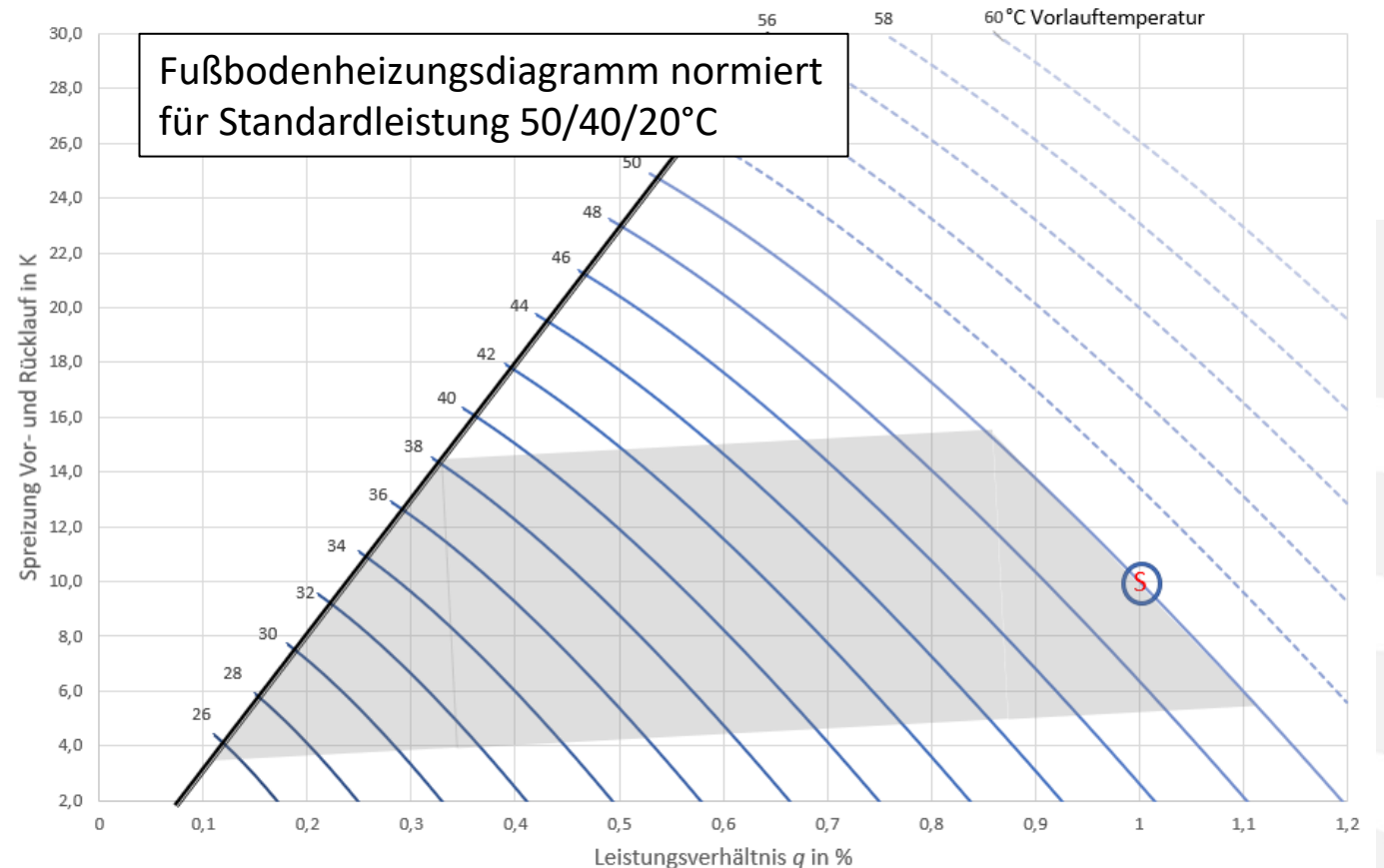
A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

Beispiel:

- Wohnraum
- Raumtemperatur 20 °C
- Raumfläche 1.566 m²
- Heizlast 52,2 W/m²
- Verklebter Parkettboden
- 3 Heizkreise (lt. Verteilerschrank) zu je 10 m²
- VA 100 mm

» maximal mögliche Leistung aus nachstehender Tabelle: 89 W/m²



A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

Flächenheizung im Bestand:

Nachstehende Tabelle zeigt die m²-Leistungen von FBH-Flächen im Normpunkt 50/40/20, in Abhängigkeit vom Oberbodenbelag und Raumtemperatur.

Leistung im Basispunkt **50/40/20°C** und **50/40/24°C** für Nassestrich 55 mm Überdeckung, Kunststoffrohr mit Rohr-Außendurchmesser 14/16/17 mm (gemittelte Werte verschiedene Anbieter)

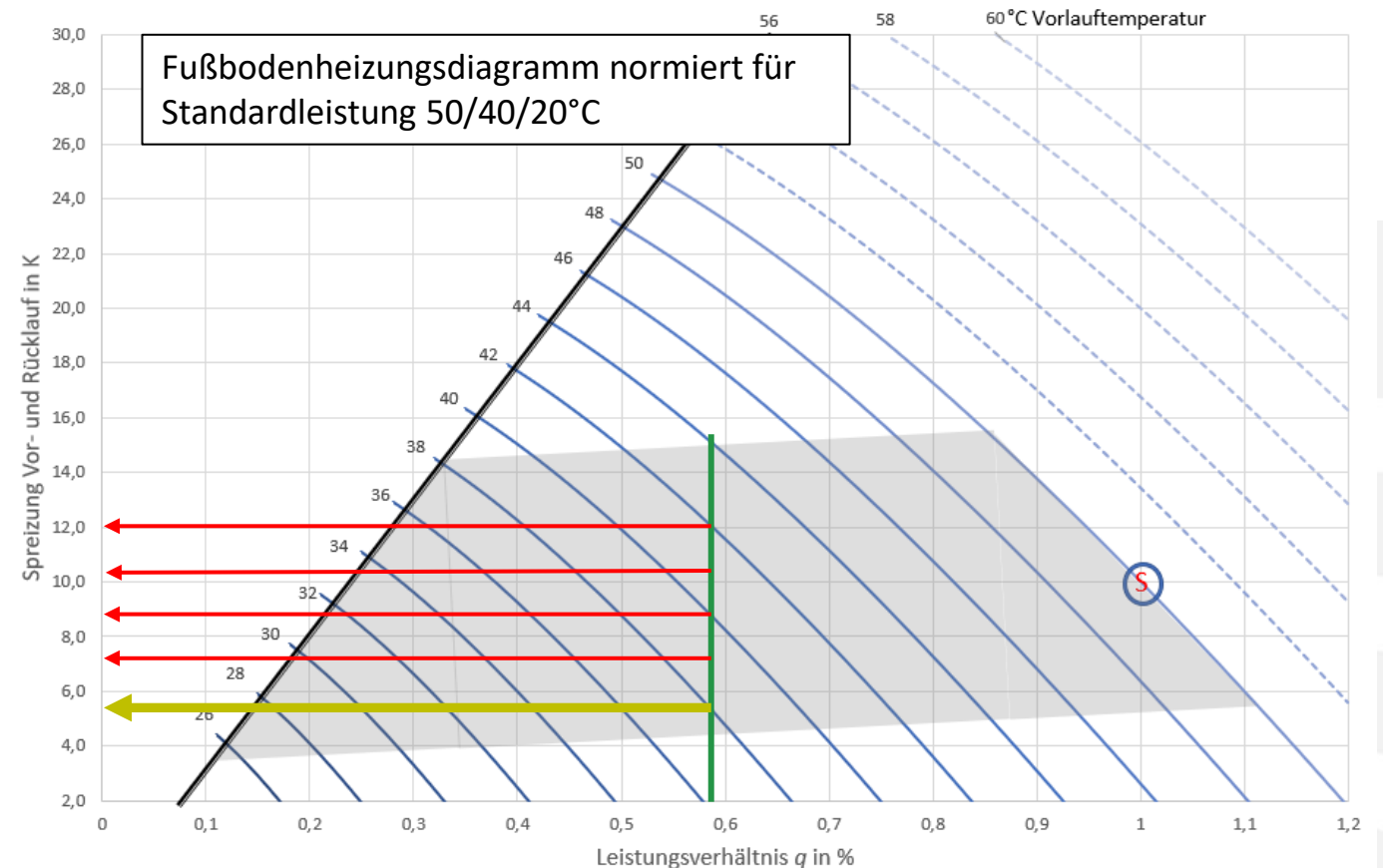
Verlegeabstand	$R_{\lambda,B} = 0,01 \text{ m}^2\text{K/W}$ (z. B. Keramikfliesen, PVC-Belag)		$R_{\lambda,B} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ (z. B. Parkett, dünn, verklebt)		$R_{\lambda,B} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$ (z. B. Teppichboden, Parkett – schwimmend verlegt, Holzdielen)	
	mm	W/m ² bei 20 °C	W/m ² bei 24 °C	W/m ² bei 20 °C	W/m ² bei 24 °C	W/m ² bei 20 °C
VA 50	125	104	98	82	81	67
VA 100	111	92	89	74	74	62
VA 150	98	82	80	67	68	57
VA 200	88	73	73	61	62	52
VA 250	78	65	66	55	57	48
VA 300	70	58	60	50	52	44

A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

- Leistungsverhältnis (benötigte Leistung / maximal mögliche Leistung):
- $52,2 / 89 = 0,59$
- Wird eingetragen in Diagramm für 20°
- **Ablesen von möglichen VL-Temperaturen und Spreizungen**
- **Gewählte Vorlauftemperatur: 38 °C**
- **Spreizung 5,5 K \approx 6 K**
- Aus Leistung des Kreises und Spreizung lässt sich Massenstrom errechnen
- Zuschlag 5% -> 83,3 kg/h, Raum unter Schlafen ist nur sporadisch beheizt (15°C), Tabelle hierzu nächste Seite



A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

Um eine Vorstellung zu bekommen, welchen Einfluss die Temperatur des Raumes unter der Fußbodenheizung auf den errechneten Massenstrom hat, nachstehend eine Tabelle. Diese ist mit mittleren Dämmlagen unter der Fußbodenheizung gerechnet, wie man sie häufig im Gebäudebestand antrifft.

Korrekturfaktor f_u für Heizkreismassenstrom bei Raumtemperatur 22 °C (gilt auch annähernd für 20 °C und 24 °C), Wärmeleitfähigkeit des Oberbodens 0,10 m²/K·W für verschiedene Verlegeabstände und ausgewählte Temperaturen unterhalb des zu beheizenden Raumes

	VA 50/100	VA 150	VA 200	VA 250
15 °C	1,05	1,06	1,06	1,07
7 °C	1,10	1,15	1,17	1,18
-7 °C	1,26	1,30	1,34	1,36

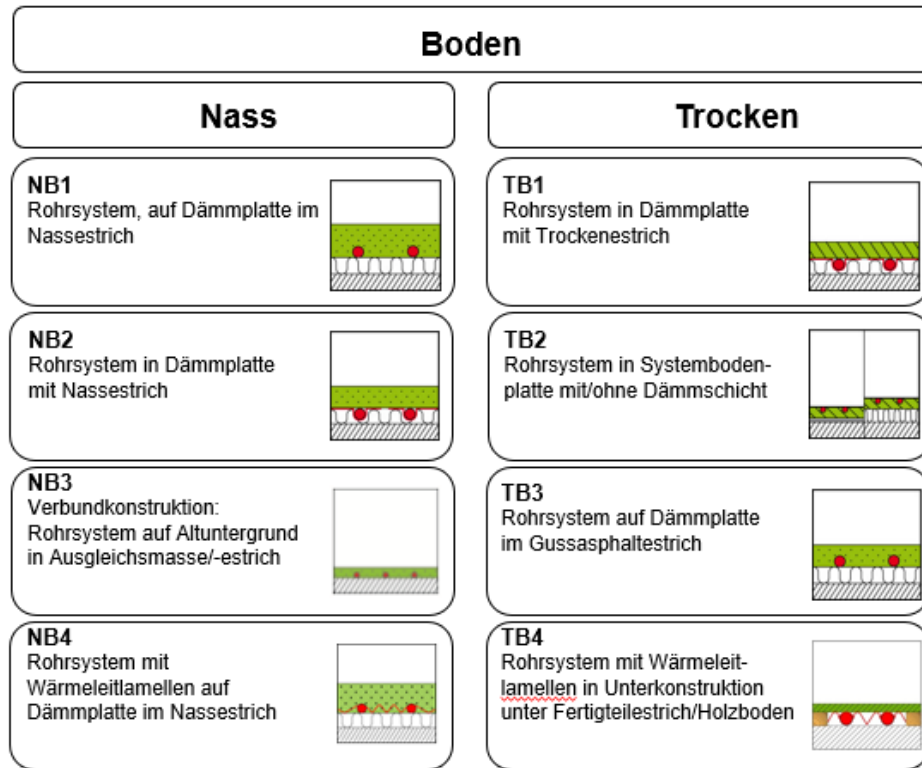
A.04 - Berechnungen

A.04.6.5 - Ermitteln der Soll-Volumenströme / Soll-Massenströme Flächenheizkreise im Bestand

6	Ermitteln der Massenströme an den Übergabeeinrichtungen	2-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je Heizkörper	Ermittlung erforderlich für Berechnung der hydraulischen Widerstände und zur Bestimmung des Pumpenvolumenstroms
		1-Rohr-System Heizkörper: Ermittlung je 1-Rohr-Ring	
		2-Rohr-System Flächenheizung: Ermittlung je Heizkreis	

Flächenheizung im Bestand:

Und jetzt noch für erste Abschätzungen eine Tabelle mit den Leistungen bei verschiedenen Temperaturpaarungen, Raumtemperatur 20 °C. (Hinweis: Die Bauarten NB4 und TB4 werden nur mit Rohrdurchmesser 20 mm ausgeführt!)



Bauart	Verlegeabstand	40/33/20	35/28/20	30/25/20
NB1	10cm	68	46	30
	15cm	61	42	27
NB2	10cm	61	42	27
	15cm	57	39	25
NB3	10cm	58	35	27
	15cm	51	31	23
NB4*	10cm	75	51	27
	15cm	57	39	21
TB1	10cm	53	36	23
	15cm	49	33	22
TB2	12cm	66	45	29
	15cm	57	39	25
TB3	12,5cm	80	55	36
	25cm	60	42	27
TB4*	10cm	86	57	33
	15cm	71	48	39

Quelle:
VDI 4645 (2026)
Anhang B

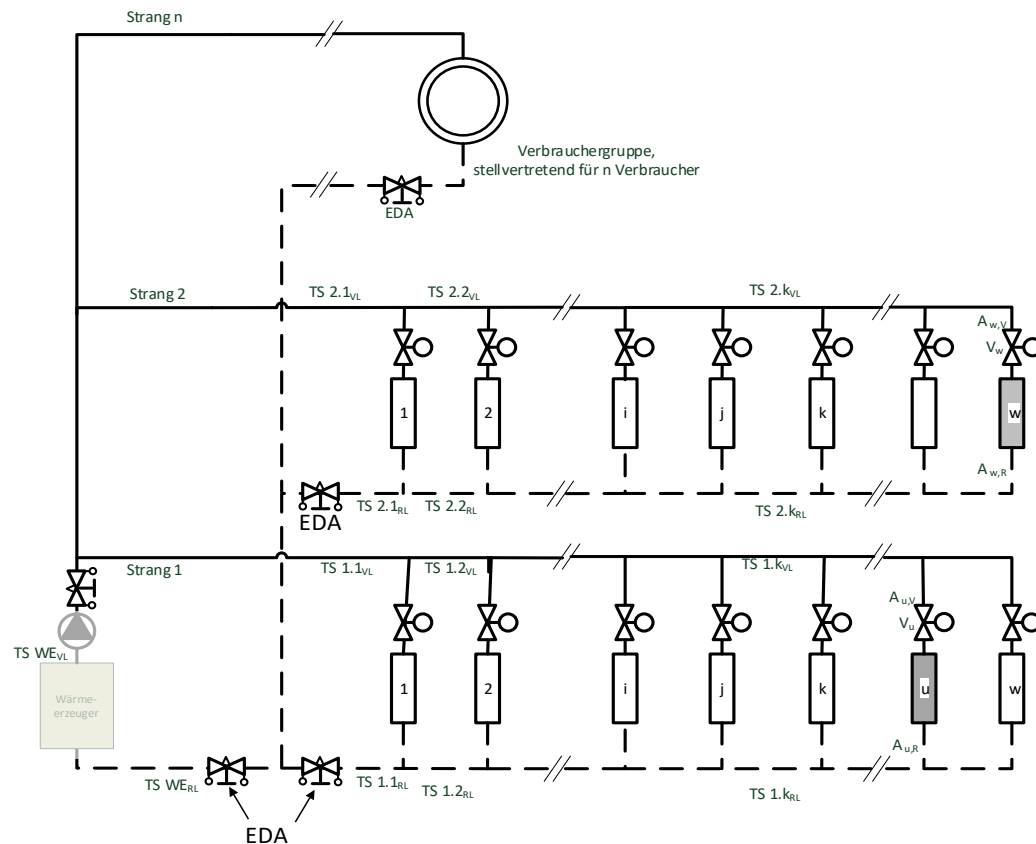
A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7 Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

Alle Systeme

Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe



Statische Abgleichverfahren erfordern neben der Ermittlung der Massenströme an allen Übergabestellen i. d. R. die Berechnung des gesamten Systems, d. h., dass

- **alle Teilstrecken** und
- **alle Einzelwiderstände** mit Durchmesser und Massenstrom erfasst werden müssen!

Ohne Software kaum noch eine Chance!

Dynamische Abgleichverfahren erfordern neben der Ermittlung der Massenströme an allen Übergabestellen **nur die hydraulischen Widerstände auf dem Fließweg vom Erzeuger zum Schlechtpunkt u. zurück.**

Deutlich einfacher, aber den Schlechtpunkt muss man trotzdem kennen!

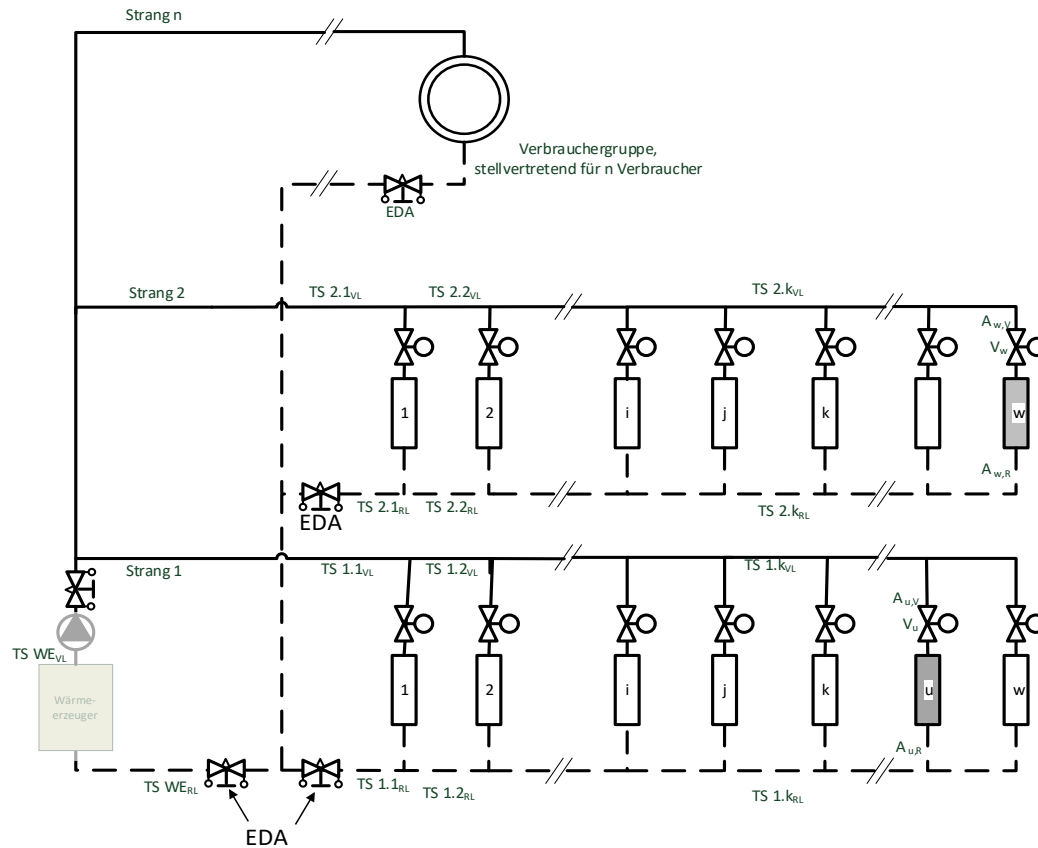
A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7 Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

Alle Systeme

Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe



Achtung:

Der Schlechtpunkt muss nicht zwingend die entfernteste Übergabestelle sein!!

Das kann auch ein "vorletzter" großer Verbraucher sein, ganz gleich, ob

- Heizkörper,
- Flächenheizkreis,
- Tichelmann-Verteilergruppe
- oder Einrohring!

A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung	Alle Systeme	Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
---	---	--------------	--

- Der Druckverlust Δp setzt sich zusammen aus **statischen** und **dynamischen** Einzeldruckverlusten und der **Rohrreibung** (ist auch ein dynamischer Druckverlust).
- **Statische** Einzeldruckverluste sind bei der Berechnung z. B. Schmutzfänger, für die ein fester Wert (1m) gerechnet wird.
- **Annähernd statisch in ihrer Wirkung** hingegen sind PICV (Pressure Independent Control Valves) – beliebteste Anwendung: Druckunabhängige Thermostatventile (fix 100/150 mbar = 10/15 kPa) und bei größeren Anlagen die Differenzdruckregler mit deren Auslegungs-Differenzdrücken.

A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung	Alle Systeme	Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
---	---	--------------	--

- Typische **Dynamische** Einzeldruckverluste stellen Ventile dar, z. B. Thermostatventile (mit Druckverlustdiagrammen),
- Weitere **dynamische** Einzeldruckverluste sind Fittinge / Formstücke (mit Druckverlustbeiwerten, dem sog. ζ –Wert).
- Auch die Rohrreibung jeder Teilstrecke ist ein **dynamischer** Druckverlust.
- Hinweis: Bei allen dynamischen Druckverlusten besteht eine Abhängigkeit vom Durchfluss, jede Änderung bewirkt eine potenzielle Änderung des Druckverlustes („im Quadrat“)

A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

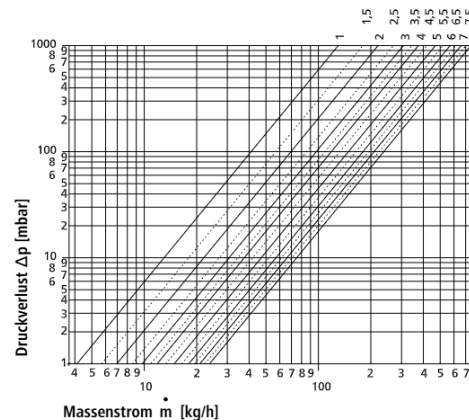
Ventiltechnik Standardventil V3K-S

KERMI Ventilheizkörper sind werkseitig für Zweirohrsysteme ausgerüstet. Jeder Heizkörper ist, abhängig von seiner Heizleistung, mit einem voreingestellten Ventileinsatz ausgerüstet. Zusätzlich ist die k_v -Voreinstellung auf der Stirnseite farblich gekennzeichnet (vgl. Tabelle).

Hinweis: Thermostatventile mit Voreinstellung entsprechen den Anforderungen der EnEV und können gemäß der DIN 4701-10 wahlweise mit 1 bzw. 2 K Proportionalabweichung ausgelegt werden. Zertifiziert nach EN 215.



Einstelldiagramm für eine Regeldifferenz von 2 K



Hinweis: In diesem Diagramm ist der Druckverlust des Ventils berücksichtigt.

Ventileinsatz V3K-S k_v -Wert-Tabelle

Einstellung	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
k_v -Wert bis	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,66	0,71	0,75
Farbe*				weiß				rot				schwarz			blau

* optische Kennzeichnung der werkseitigen k_v -Voreinstellung

Dynamische (Differenzdruck-abhängige) Einzeldruckverluste

Auszug aus Kermi Flachheizkörper Technik Stand 04/2025, Grafik ergänzt um mindestens erforderlichen Auslegungsdifferenzdruck

- Differenzdruck-abhängige Thermostatventile:
- Sie weisen den Nachteil auf, dass die Durchflussmenge immer vom Differenzdruck abhängig ist.
- Bei Teillast, wenn der Differenzdruck im Verteilsystem geringer ist, steht ein höherer Differenzdruck am Ventil zur Verfügung. Dies führt zu erhöhten Durchflüssen und konterkariert den hydraulischen Abgleich.

A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

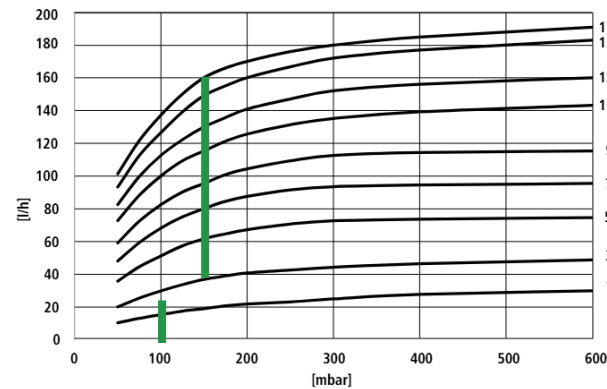
Ventiltechnik V7K-L

Das Ventil V7K-L hält mit integrierter dynamischer Durchflussregelung eingestellte Durchflusswerte am Heizkörper konstant. Unabhängig von den üblichen Differenzdruckschwankungen im Rohrnetz. Das Ventil V7K-L ermöglicht eine weitgehend differenzdruckunabhängige Betriebsweise und verhindert damit eine Überversorgung der Heizkörper.

Bitte beachten: Eine Mischinstallation aus k_v -voreingestellten Ventileinsätzen und Einsätzen mit dynamischer Durchflussregelung wird nicht empfohlen.



Einstelldiagramm



Hinweis: In diesem Diagramm ist der Druckverlust des Ventils berücksichtigt.

Ventileinsatz V7K-L Einstellungen

Einstellung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
V [l/h]	15	25	35	50	60	70	80	90	95	105	115	120	130	140	150	155	160

Dynamische (Differenzdruck-unabhängige) Einzeldruckverluste

Auszug aus Kermi Flachheizkörper Technik Stand 04/2025, Grafik ergänzt um mindestens erforderlichen Auslegungsdifferenzdruck

- Differenzdruck-unabhängige Thermostatventile (PICV):
- Als Einzeldruckverlust wird ihr Auslegungsdifferenzdruck (meist 100 bis 200 mbar) angesetzt.
- Hier sind es 100 und 150 mbar (siehe Bild).
- Der Durchfluss ist somit, wenn auch nur annähernd, vom **Differenzdruck unabhängig**.

A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung	Alle Systeme	Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
---	---	--------------	--

- Der dynamische Druckverlust Δp_{TS} der **Einzelwiderstände** ζ einer Teilstrecke berücksichtigt die Summe der Druckverlustbeiwerte aller Einbauteile in dieser Teilstrecke (z. B. Fittinge) und wird in Formeln der Übersichtlichkeit wegen auch Z genannt:

$$\Delta p = \sum \zeta \cdot \rho / 2 \cdot v^2$$

Legende:

Δp	dyn. Druckverlust des Einzelwiderstandes
ζ	Druckverlustbeiwert des Bauteils
ρ	Dichte des Wassers
v	Geschwindigkeit des Wassers im Bauteil

Anmerkung: Δp aus Einzelwiderständen muss für jede Teilstrecke gesondert berechnet werden!

A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung	Alle Systeme	Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
---	---	--------------	--

Dynamischer Druckverlust durch Einzelwiderstände

- Für die Berechnung der dynamischen Einzeldruckverluste von Einbauten wie z. B. T-Stücken oder Absperrungen werden die sog. Zeta-Werte (Widerstandsbeiwerte ξ) benötigt.
- Sie können meist Herstellerunterlagen entnommen werden. In Softwareprogrammen sind die Werte hinterlegt.

Beispiele für Widerstandsbeiwerte ζ (Zeta) von Einzelwiderständen

Einzelwiderstände ζ
T-Stück Durchgang Stromtrennung 0,3
T-Stück Durchgang Stromvereinigung 0,5
T-Stück Abzw. Stromtrennung 1,5
T-Stück Abzw. Stromvereinigung 1,0
T-Stück Gegenlauf Trennung 2,0
T-Stück Gegenlauf Vereinigung 3,0
Bogen 0,35
Kugelhahn 0,2
Heizkörper 3,0
Rücklaufabspernung 8,7
Wärmeerzeuger 3,0 (bei Umlauf-Wasserheizern deutlich höher!)
Rückschlagklappe 2,5
Absperrventil 2,5
Schmutzfänger 3,0

A.04 - Berechnungen

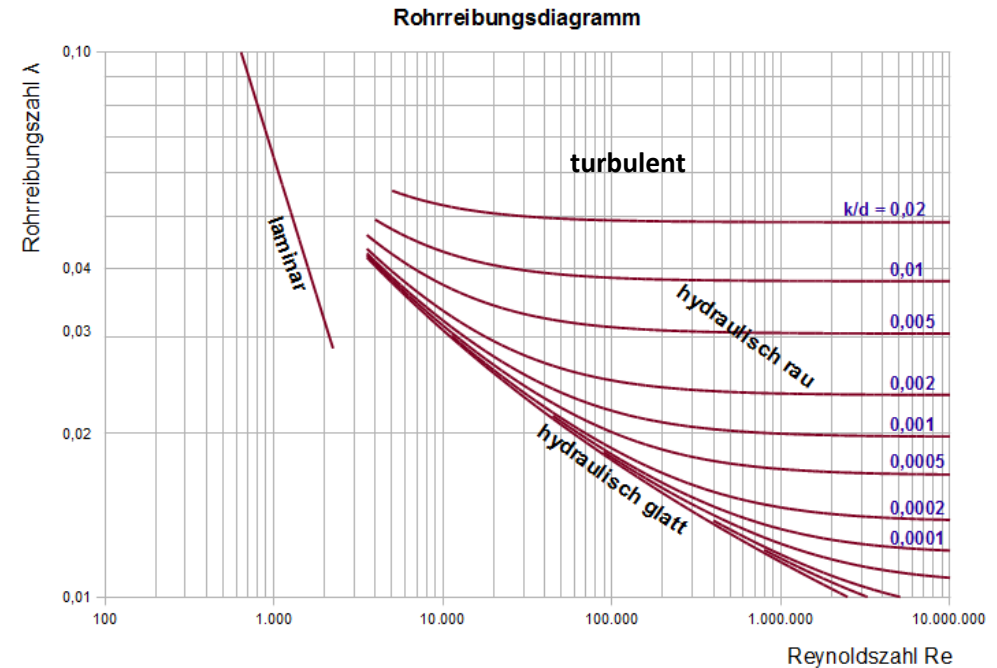
A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung	Alle Systeme	Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
---	---	--------------	--

Grundlagen Rohrreibung

- Abhängig von
 - Reynoldszahl
 - Rohrrauigkeit
 - Kin. Viskosität
 - Innendurchmesser
 - Geschwindigkeit
 - Länge der Teilstrecke

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta} \quad \Delta p = \lambda \frac{l \rho}{d_i 2} \cdot v^2 \quad \Delta p = R_L \cdot l$$



Legende:

Δp	Druckverlust der Rohrstrecke
λ	Rohrreibungszahl
Re	Reynoldszahl
ρ_i	Dichte des Wassers
v	Geschwindigkeit des Wassers in der Rohrstrecke
η	dynamische Viskosität des Wassers

A.04 - Berechnungen

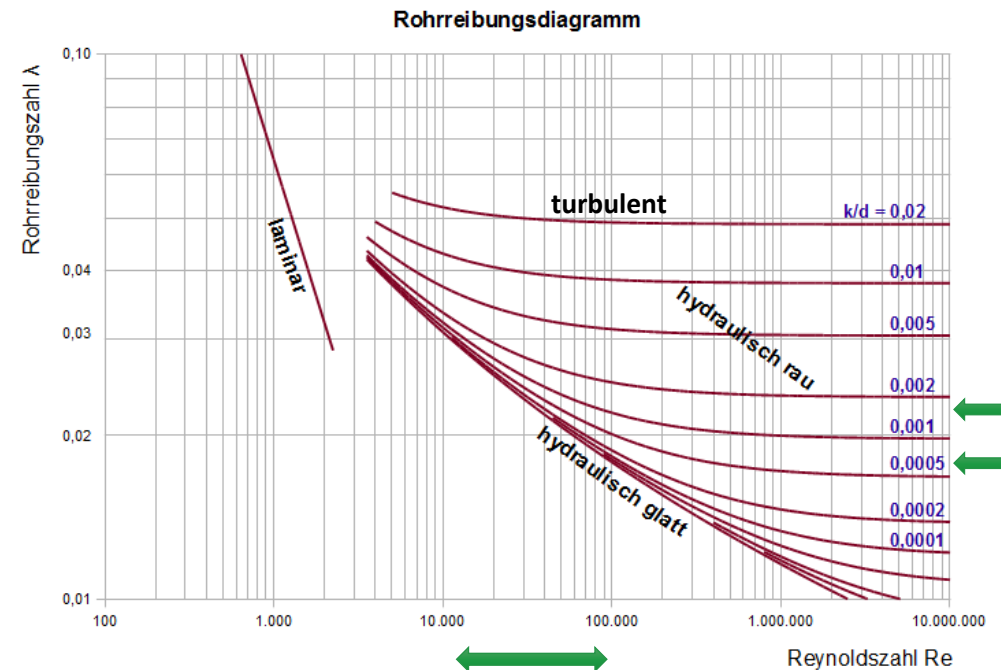
A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung	Alle Systeme	Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
---	---	--------------	--

Sinnvollerweise rechnet Software mit Rauigkeitswerten gebrauchter Rohre.

Was sind typische Werte in der Heizung?

- k/d : 0,0015 bei Stahlrohr gebraucht, 1"
- k/d : 0,0006 bei Kunststoffrohr, gebraucht, 20x2
- Je größer der Rohrdurchmesser, umso unwichtiger wird die Rohrrauigkeit.
- Umgekehrt: je kleiner der Durchmesser (z. B. bei Fußbodenheizkreisen), umso stärker beeinflusst die Ablagerung an der Rohrwandung den Druckverlust



Das ist in etwa der Bereich an Reynoldszahl, der in der Heizung auftritt.

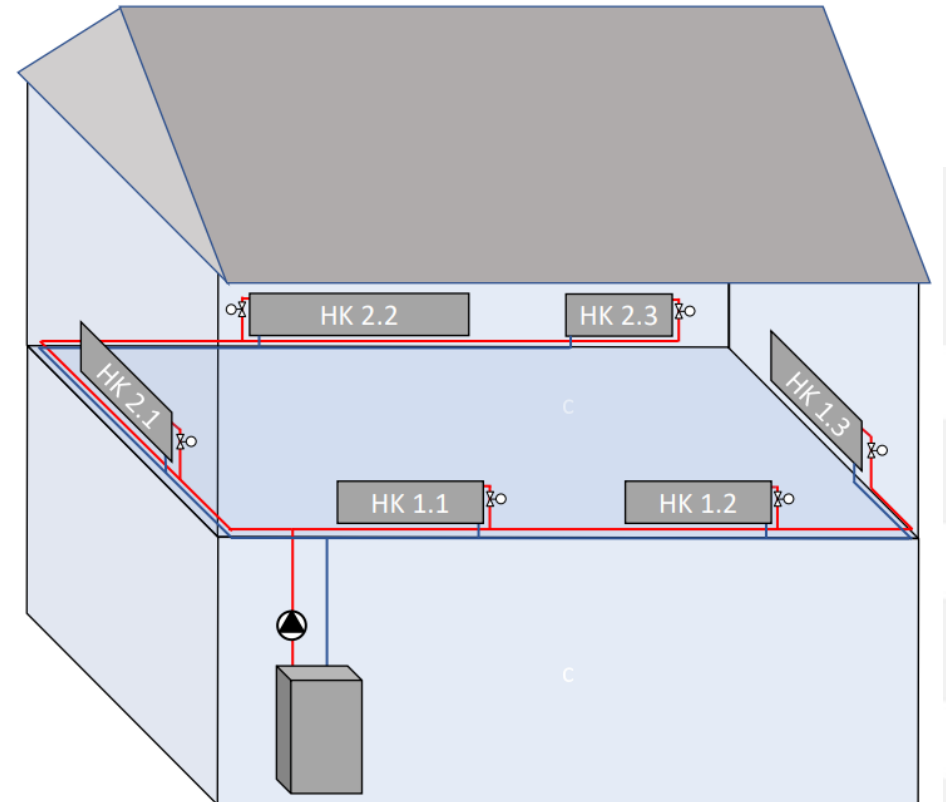
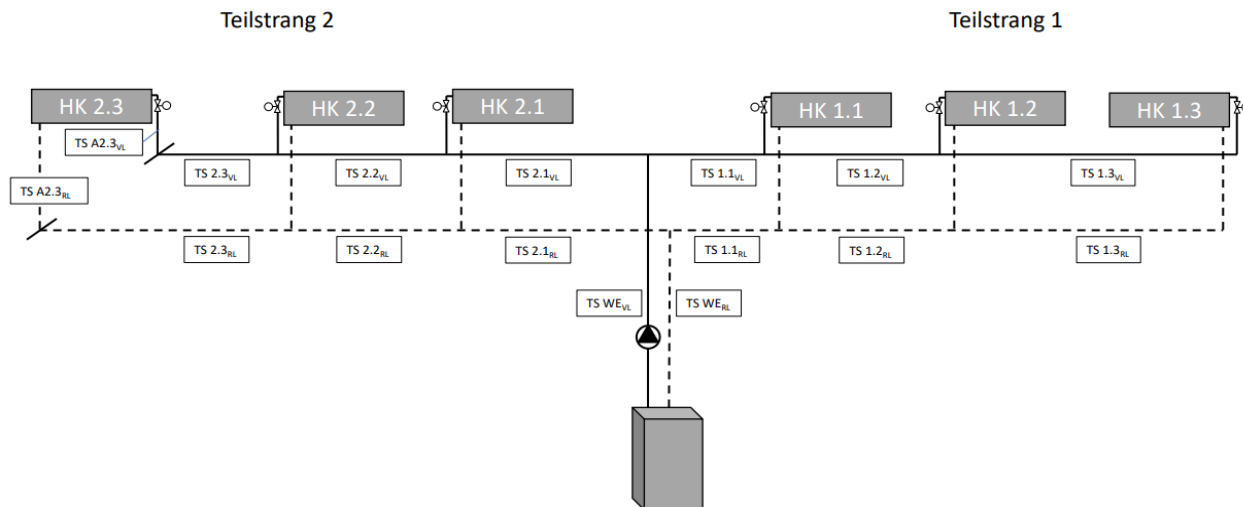
A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung	Alle Systeme	Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
---	---	--------------	--

Für die gesamte Ermittlung der hydraulischen Widerstände zum Verständnis hier ein kleines Beispiel:

Vom Haus rechts ist nachstehendes Strangschema ableitbar

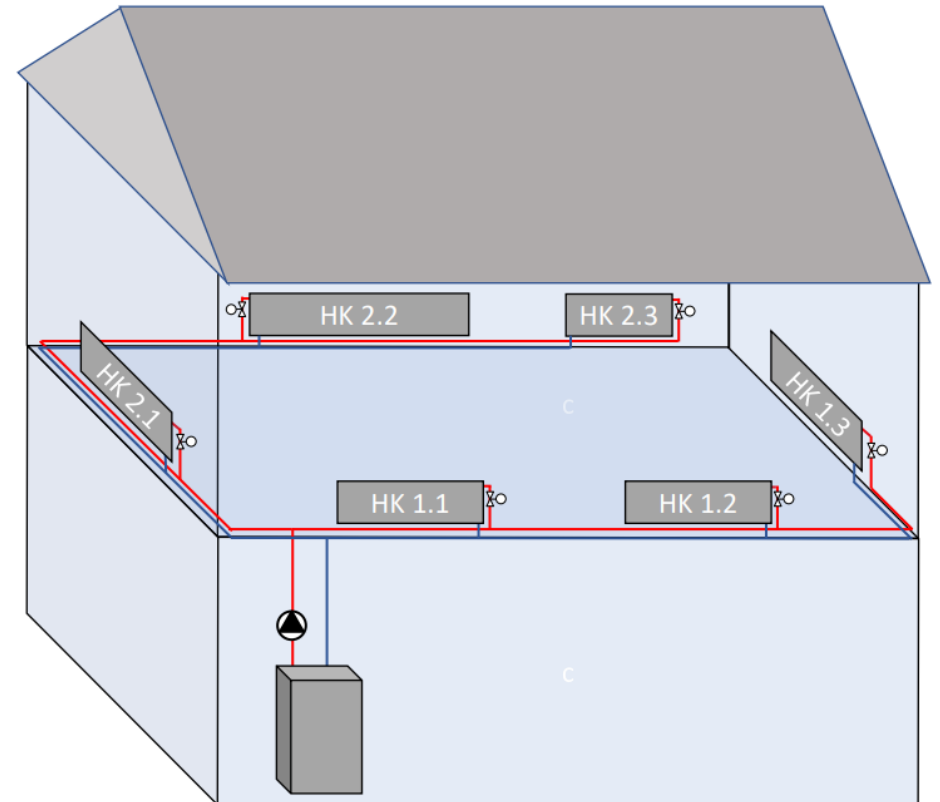
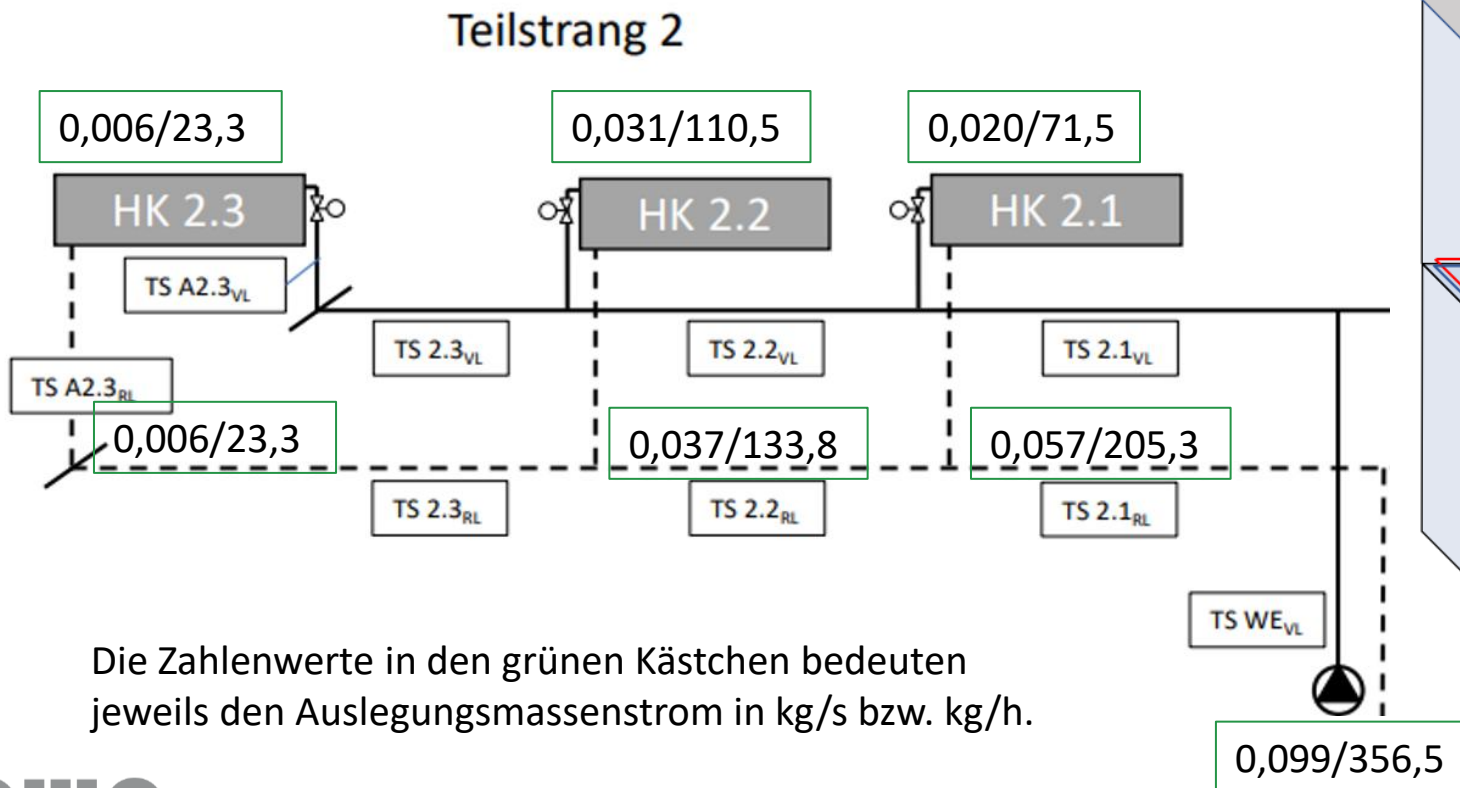


A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung	Alle Systeme	Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
---	---	--------------	--

Wir betrachten den linken Strang mit den Heizkörpern 2.1 bis 2.3



A.04 - Berechnungen

A.04.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung	Alle Systeme	Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
---	---	--------------	--

Die Druckverlusttabelle für diesen kleinen Anlagenteil sieht dabei wie folgt aus:

Teilstrecke Nr.	L in m	TS versorgt HK Nr.	q _m in kg/s	q _m in kg/h	Rohr- dimension in mm	Innendurch- messer d _i	v in m/s	Rohr- reibung R _L in Pa/m	Rohrreibung R der TS in Pa	Summe ζ	p _{dyn}	Z	R _L x L + Z in Pa
						in mm							
WE - VL+RL	9	alle	0,099	357	25 x 2,3	20,4	0,31	81	729	14,8	47,5	703	1.432
Wärmeerzeuger	-		0,099	357						8	47,5	380	380
2.1 - VL+RL	14	2.1, 2.2, 2.3	0,057	205	20 x 2	16	0,30	98	1.372	1,5	44,5	67	1.439
2.2 - VL+RL	12	2.2, 2.3	0,037	134	20 x 2	16	0,20	98	1.176	1,5	19,8	30	1.206
2.3 - VL+RL	8	2.3	0,006	23	12 x 2	8	0,20	64	512	0,7	19,8	14	526
A 2.3 VL+RL	1	2.3	0,006	23	12 x 2	8	0,20	64	64	11,7	19,8	231	295
<u>Summe</u>												Σ	5.277

Der Druckabfall im hydraulischen Kreis zu Heizkörper 2.3 und zurück beträgt 5.277 Pa.

A.04 - Berechnungen

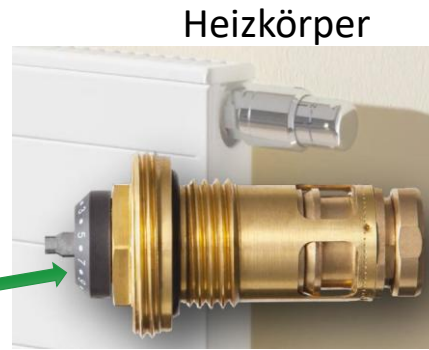
A.04.8.1 - Durchführung des hydraulischen Abgleichs

8 Durchführung des hydraulischen Abgleichs		Statischer Hydraulischer Abgleich nach Berechnung	Einstellen an Drosselarmaturen
		Statischer Hydraulischer Abgleich mittels Messverfahren	
		Dynamischer Hydraulischer Abgleich nach Berechnung	Einstellen Druck-unabhängiger Regelventile
		Thermischer / Adaptiver Abgleich durch Auswertung von Temperaturen	Einstellvorgang an Regelventilen (ohne Nutzereingriff)

Statischer Abgleich

Wie wird abgeglichen?

Per Einstellung an Skalenwerten, die für feste Drosselwerte stehen.



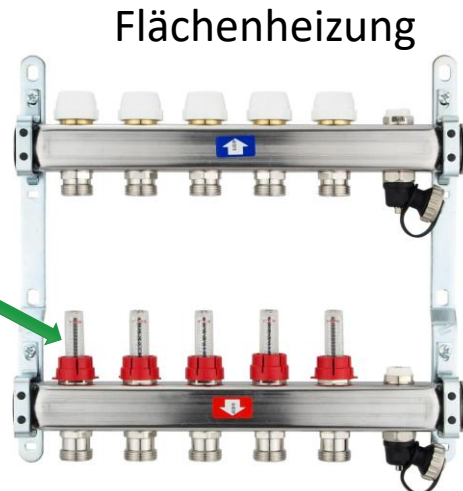
Bei steigendem Differenzdruck am Ventil ändert sich auch dessen Durchfluss !!

Kann mit der Einstellung Δp_{var} an der Pumpe etwas „abgemildert“ werden, da der Pumpendruck je nach Durchfluss variiert



Übliche Abgleicharmaturen rechts in Bildern!

Beachte: Statischer hydraulischer Abgleich (Standard in vielen Anlagen, gleicht ausschließlich auf den Auslegungsfall ab)



Bei steigendem Differenzdruck am Abgleichventil ändert sich auch dessen eingestellter Durchfluss

Kann mit der Einstellung Δp_{const} an der Pumpe etwas „abgemildert“ werden, da der Pumpendruck unabhängig vom Durchfluss annähernd konstant bleibt



A.04 - Berechnungen

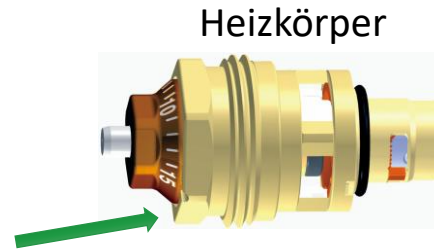
A.04.8.2 - Durchführung des hydraulischen Abgleichs

8	Durchführung des hydraulischen Abgleichs	Statischer Hydraulischer Abgleich nach Berechnung	
		Statischer Hydraulischer Abgleich mittels Messverfahren	Einstellen an Drosselarmaturen
		Dynamischer Hydraulischer Abgleich nach Berechnung	Einstellen Druck-unabhängiger Regelventile
		Thermischer / Adaptiver Abgleich durch Auswertung von Temperaturmessungen	Einstellvorgang an Regelventilen (ohne Nutzereingriff)

Dynamischer Abgleich

Wie wird abgeglichen?

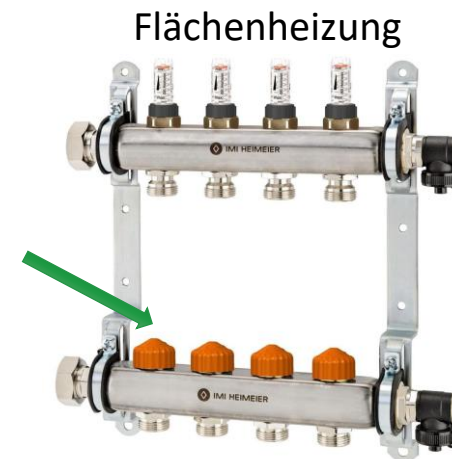
Per Einstellung an Skalenwerten, die für feste Drosselwerte stehen



Bei steigendem Differenzdruck am Heizkörperventil wird dessen Durchfluss immer auf den eingestellten Wert begrenzt bzw. nur moderat überschritten.



Übliche Abgleicharmaturen rechts im Bild:



Differenzdruck-unabhängige Ventile sind beim hydraulischen Abgleich von Vorteil, da die eingestellte Durchflussmenge selbst bei Differenzdrücken von 250 mbar im Betrieb nur moderat überschritten wird.



A.04 - Berechnungen

A.04.9.1 - Ermitteln der Pumpenförderhöhe / Auswahl und Einstellen der Pumpe

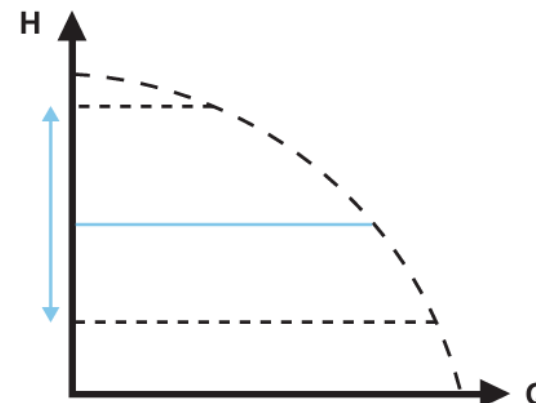
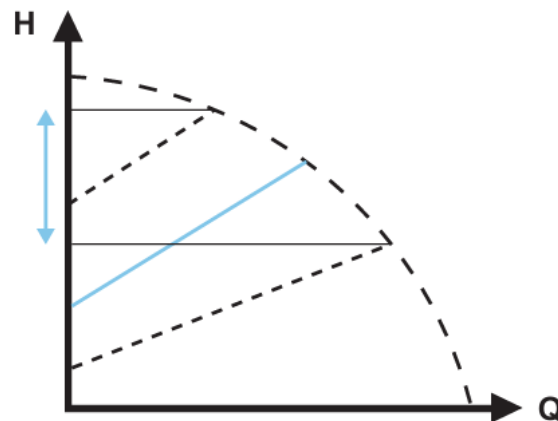
9	Ermitteln der Pumpendaten	Alle Systeme	Auswahl und Einstellen der Pumpe gemäß erforderlichem Massenstrom und benötigter Förderhöhe
---	---------------------------	--------------	---

Zur Ermittlung der Pumpenförderhöhe sind **alle Widerstände, die im Auslegungsfall vorliegen**:

- auf dem Fließweg **von der Pumpe zum Schlechtpunkt**,
- der **Widerstand am Schlechtpunkt selbst** sowie
- alle Widerstände auf dem Fließweg **vom Schlechtpunkt zurück zur Pumpe**

zu addieren. Die Summe ergibt die erforderliche Pumpenförderhöhe.

Je nach Art des Verteilsystems ist Proportionalbetrieb oder Konstantdruckbetrieb empfohlen.



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.1.1 - Übungen



Die Theorie wäre bis hierhin ausführlich behandelt, jetzt widmen wir uns noch ein paar Übungen.

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.1.1 - Übungen

Hydraulischer Abgleich – wir erinnern uns:

Schritt 1: Bestimmen der Norm-Heizlast (oder der Referenz-Kühllast oder beides)

Schritt 2: Ermitteln der Struktur des Verteilsystems sowie Zugehörigkeit und Position der Wärmeübergabeeinrichtungen

Schritt 3: Ermitteln der Wärmeübergabeeinrichtungen

Schritt 4: Bestimmen des Schlechtpunktes

Schritt 5: Wahl des Abgleichverfahrens

Schritt 6: Ermitteln der Soll-Massenströme an den Wärmeübergabeeinrichtungen

Schritt 7: Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

Schritt 8: Durchführen des Hydraulischen Abgleichs

Schritt 9: Ermitteln der Pumpenförderhöhe / Auswahl und Einstellen der Pumpe

Schritt 10: Dokumentation

Anmerkung: Bei den Schritten 2 bis 6 ist die Reihenfolge nicht fix.



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.1.1 - Übungen

Hydraulischer Abgleich – wir erinnern uns:

Schritt 1: Bestimmen der Norm-Heizlast (oder der Referenz-Kühllast oder beides)

Schritt 2: Ermitteln der Struktur des Verteilsystems sowie Zugehörigkeit und Position

Schritt 3: Ermitteln der Wärmeübergabeeinrichtungen

Schritt 4: Bestimmen des Schlechtstroms

Schritt 5: Wahl

Schritt 6: Bei einer neu zu errichtenden Anlage ist das Abarbeiten dieser Schritte, die meist per Software erfolgt, unproblematisch. Die Software kann all das, sie muss nur richtig bedient werden. Das brauchen wir hier nicht zu üben, sondern Sie benötigen eine Schulung Ihres Software-Anbieters.

Schritt 7: Berechnen der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

Schritt 8: Durchführen des Hydraulischen Abgleichs

Schritt 9: Ermitteln der Pumpenförderhöhe / Auswahl und Einstellen der Pumpe

Schritt 10: Dokumentation

Anmerkung: Bei den Schritten 2 bis 6 ist die Reihenfolge nicht fix.



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.1.1 - Übungen

Hydraulischer Abgleich in Bestandsanlagen: wie geht man konkret vor, wie sind welche Schritte möglich?



Schritt 1: Bestimmen der Norm-Heizlast (oder der Referenz-Kühllast oder beides)

Schritt 2: Ermitteln der Struktur des Verteilsystems sowie Zugehörigkeit und Position der Wärmeübergabeeinrichtungen

Schritt 3: Ermitteln der Wärmeübergabeeinrichtungen

Schritt 4: Bestimmen des Schlechtpunktes

Schritt 5: Wahl des Abgleichverfahrens

Schritt 6: Ermitteln der Soll-Messstellen an den Wärmeübergabeeinrichtungen

Schritt 7: Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

Schritt 8: Durchführen des Hydraulischen Abgleichs

Schritt 9: Ermitteln der Pumpenförderhöhe / Auswahl und Einstellen der Pumpe

Schritt 10: Dokumentation

Bei allen rot markierten Schritten sind im Bestand gesonderte Vorgehensweisen zu erwarten!

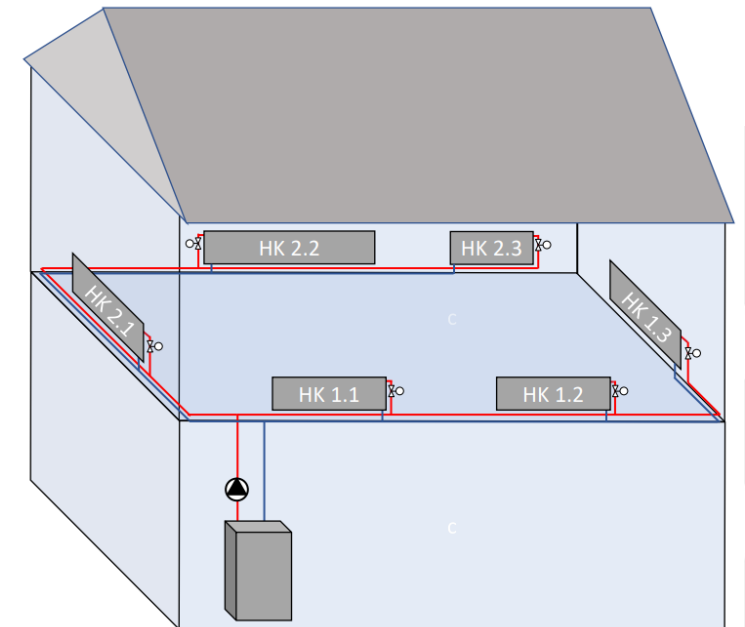
A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.1 – Übungen Schritt 1: Bestimmen der Norm-Heizlast

Die Bestimmung muss mit einem zulässigen Verfahren erfolgen.

Übliche Berechnungsmethoden für Bestandsgebäude:

- DIN/TS 12831-1:2020-04 – Abschn. 4 und 6: ausführliches Verfahren (setzt bekannte U-Werte der Hüllflächen voraus)
- DIN/TS 12831-1:2020-04 – Abschn. 5 und 6: vereinfachtes Verfahren (U-Werte nach Baualterklassen auswählbar -> birgt Ungenauigkeiten)
- Ermittlung näherungsweise in Anlehnung an DIN SPEC 15378:2018-08 oder aus Verbrauchswerten (Anwendung kritisch, verlangt viel Erfahrung)
- Ermittlung der Raumheizlasten näherungsweise aus installierter Heizleistung (Achtung: setzt „halbwegs“ korrekt dimensionierte Heizflächen voraus) – allenfalls beim Ersatz einzelner Heizflächen anwendbar, um sich den Aufwand einer kompletten Heizlastberechnung zu ersparen
- Die Heizlast ist für jeden Raum einzeln zu ermitteln! (Ausnahme: Einrohrheizung)



A.05 – Hydraulischer Abgleich

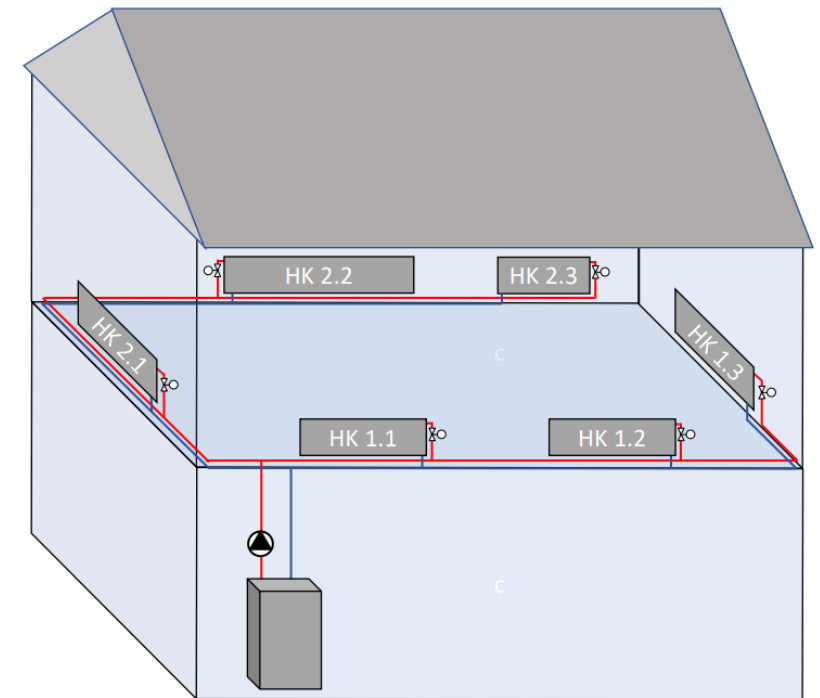
A.05.1 – Übungen Schritt 1: Bestimmen der Norm-Heizlast



Berechnungsmethoden für Bestandsgebäude:

DIN/TS 12831-1:2020-04 – Abschn. 4 und 6: ausführliches Verfahren

- alle U-Werte der Hüllflächen sind bekannt, z. B. aus Bauunterlagen (früher hießen sie noch k-Werte),
 - alle Änderungen an U-Werten (z. B. nachträgliche Dachdämmung) müssen bekannt oder einfach nachvollziehbar sein
 - alle Bauteilmaße müssen bekannt sein (alte Pläne + ggf. Änderungen)
- > Super, es kann mit der Berechnung sofort losgehen!
- Die Heizlast ist für jeden Raum einzeln zu ermitteln!



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.1 – Übungen Schritt 1: Bestimmen der Norm-Heizlast

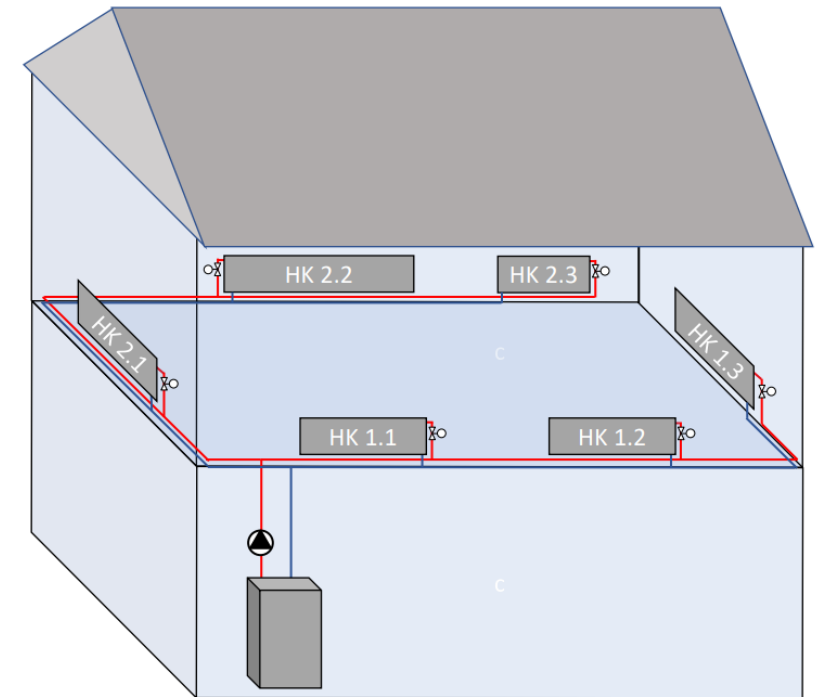


DIN/TS 12831-1:2020-04 – Abschn. 5 und 6: vereinfachtes Verfahren (U-Werte sind nach Baualtersklassen auswählbar -> birgt Ungenauigkeiten)

- Auch das vereinfachte Verfahren setzt bekannte U-Werte der Hüllflächen voraus, aber woher nehmen?
- U-Werte in Tabellen nach Baualtersklassen:

EnEV 2015	1969-1978 - Massive Konstruktion: Massivwand aus Hochlochziegeln	1,000
EnEV 2015	1979-1983 - Massive Konstruktion: Massivwand aus Hochlochziegeln	0,800
	36,5 cm Lochsteinmauerwerk, innen und außen verputzt	1,060
	38 cm Vollziegel- oder Hohlziegelmauerwerk, z.T. außen verputzt	1,640
JR 5.07	Hohlziegel, Verputz, 34 cm	1,300

- Welchen Wert nimmt man jetzt?
- Und es bleibt dabei: die Heizlast ist für jeden Raum einzeln zu ermitteln!



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.1 – Übungen Schritt 1: Bestimmen der Norm-Heizlast

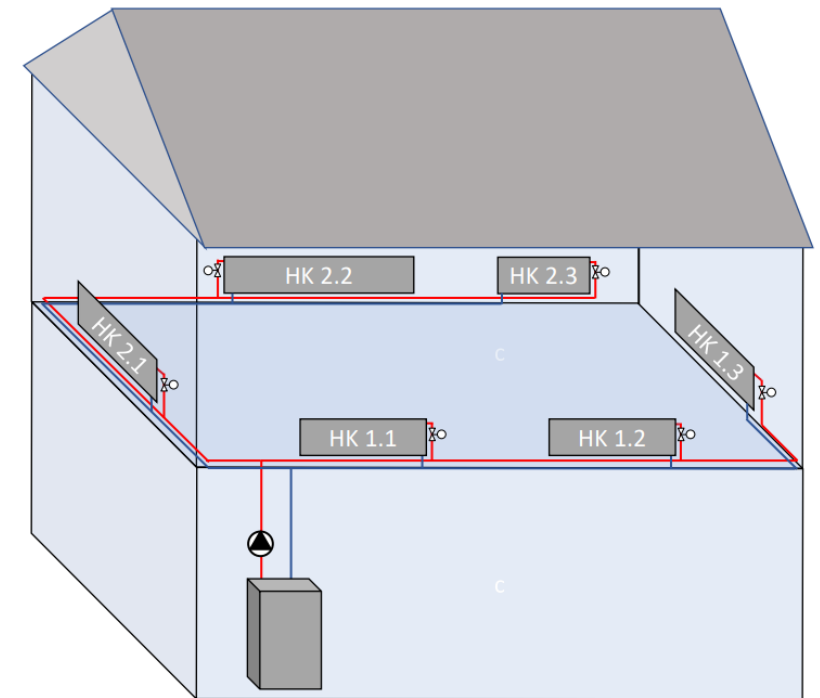
Beispiel gefällig? Ausführlich für eine kleine Heizkörperanlage



Toleranzbreite bei Berechnung nach DIN/TS 12831-1:2020-04 – Abschn. 5 und 6: vereinfachtes Verfahren

gerechnet in einem meiner Altbau-Projekte:

- Wohnzimmer
 - Außen-Eck-Raum
 - Außenwände gerechnet mit $U=1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Raum-Transmissionswärmeverlust 2.495 W
 - Raum-Lüftungswärmeverlust 497 W
 - Anteil der Außenwände an Heizlast: 1.210 W
- Küche
 - Außen-Eck-Raum
 - Außenwände gerechnet mit $U=1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Raum-Transmissionswärmeverlust 1.294 W
 - Raum-Lüftungswärmeverlust 316 W
 - Anteil der Außenwände an Heizlast: 1.010 W



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.1 – Übungen Schritt 1: Bestimmen der Norm-Heizlast



Beispiel gefällig? Ausführlich für eine kleine Heizkörperanlage

Toleranzbreite bei Berechnung nach DIN/TS 12831-1:2020-04 – Abschn. 5 und 6: vereinfachtes Verfahren

gerechnet in einem meiner Altbau-Projekte:

- Wohnzimmer
 - Außen-Eck-Raum
 - Außenwände gerechnet mit $U=1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Raum-Transmissionswärmeverlust 2.495 W
 - Raum-Lüftungswärmeverlust 497 W
 - Anteil der Außenwände an Heizlast: 1.210 W
- Küche
 - Außen-Eck-Raum
 - Außenwände gerechnet mit $U=1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Raum-Transmissionswärmeverlust 1.294 W
 - Raum-Lüftungswärmeverlust 316 W
 - Anteil der Außenwände an Heizlast: 1.010 W

Bezeichnung / Name	Raum-temperatur ϑ_{Raum} in °C	Raumheizlast Φ in W
Raum 1.1 - Flur	18	≈ 500 ... 591 ... 700
Raum 1.2 – Bad/Dusche	24	≈ 450 ... 618 ... 750
Raum 1.3 - Kind	22	≈ 750 ... 911 ... 1.100
Raum 2.1 - Schlafen	20	≈ 750 ... 932 ... 1.150
Raum 2.2 - Wohnen	22	≈ 1.400 ... 1724 ... 2.000
Raum 2.3 - WC	18	304
<u>Gesamtsumme</u>	-	≈ 4.150 ... <u>4.949</u> ... 6.000

Fazit: man nimmt nicht den schlechtesten der zur Verfügung stehenden U-Werte, aber einen der schlechten!

A.05 – Hydraulischer Abgleich

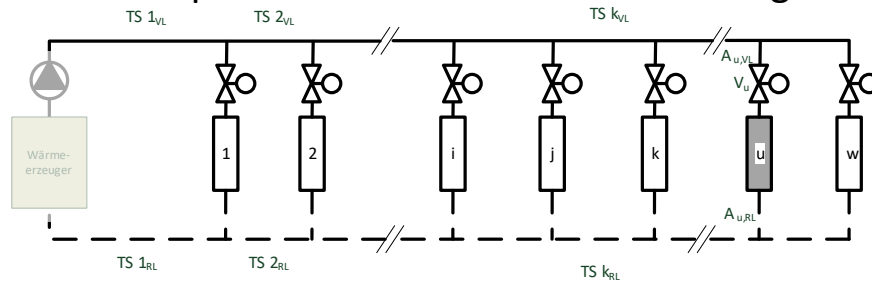
A.05.2 – Übungen Schritt 2: Ermitteln der Struktur des Verteilsystems

Bei Heizkörpern, dem ohne Zweifel dominierendem Wärmeübergabesystem im Bestand, ist das noch einfach.



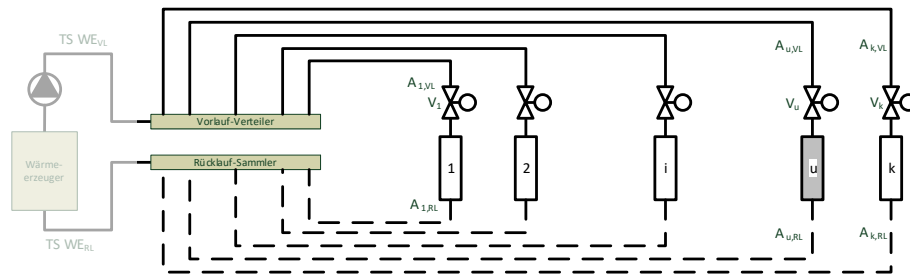
Normalverteilung (Baumstruktur):

Prinzipschaltbild einer Normalverteilung



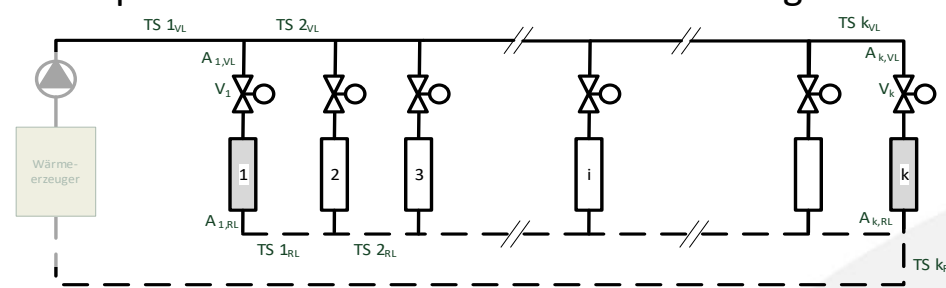
Stern-Verteilung:

Prinzipschaltbild einer Sternverteilung



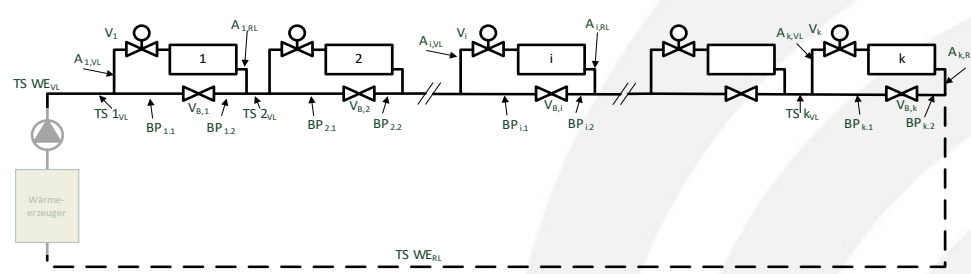
Tichelmann-Verteilung:

Prinzipschaltbild einer Tichelmann-Verteilung



Einrohrsystem:

Prinzipschaltbild eines Einrohrringes



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.2 – Übungen Schritt 2: Ermitteln der Struktur des Verteilsystems

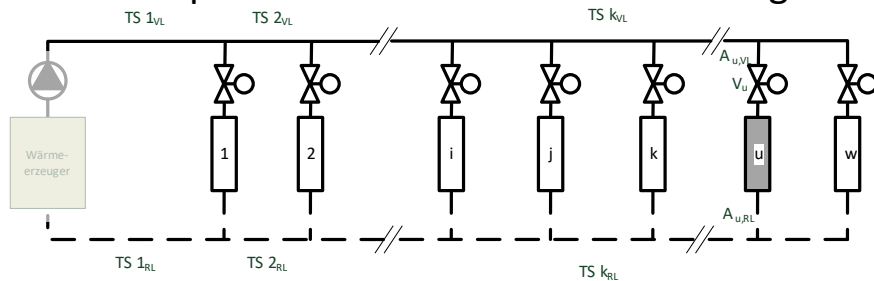


Praxistipp: Wie unterscheide ich 1- und 2-Rohr?

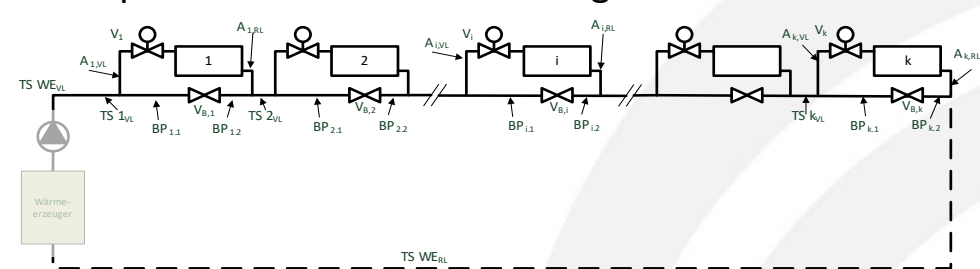
Sie drehen bei Heizbetrieb in der Wohnung alle Heizkörper der Reihe nach ab.

Was passiert? der Wohnungs-Rücklauf wird kälter: Zweirohr, er wird wärmer: Einrohr.

Normalverteilung (Baumstruktur):
Prinzipschaltbild einer Normalverteilung



Einrohrsystem:
Prinzipschaltbild eines Einrohrringes



A.05 – Hydraulischer Abgleich

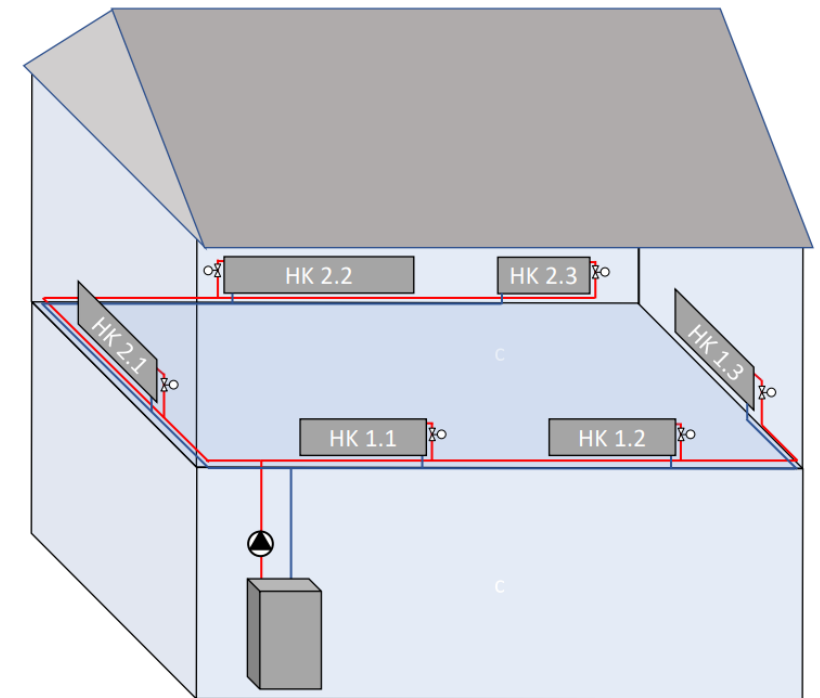
A.05.3 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen



Wir betrachten ein Zweirohrsystem in Normalverteilung. Bei Heizkörpern ist dies das dominierende Verteilsystem, im Neubau sowieso, aber auch im Bestand.

Vor Ort müssen erfasst werden:

- Raum (für die spätere Berechnung müssen noch Raumheizlast und Raumtemperatur aus der Heizlastberechnung übernommen werden)
- Bauart, Typ, Abmessungen (Länge, Breite, Höhe)
- Anschlussart für späteren Abschlag von der Normleistung notieren (Lanzenventile, reitender Anschluss)
- Ggf. Nischeneinbau /Anschlussart für späteren Abschlag von der Normleistung notieren

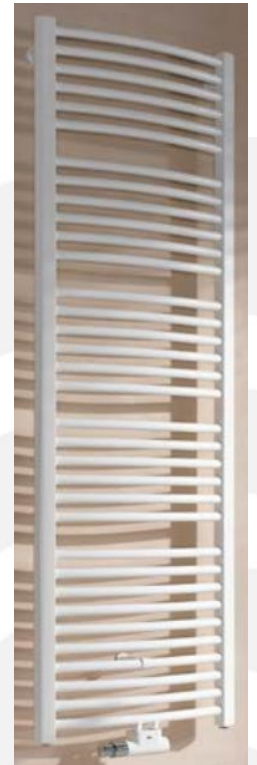


A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.3 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

Das bedeutet bei Heizkörpern:

- Bauart
 - Flach-Heizkörper profiliert oder plan
 - Stahl-Radiator (auch DIN-Radiator genannt)
 - Guss-Glieder-Heizkörper
 - Stahlrohr-Radiator
 - Handtuch-Radiator
- Abmessungen (Breite, Höhe, Tiefe)
- Ermitteln der Norm-Wärmeleistung jedes Heizkörpers, z. B. aus Herstellerunterlagen, Handbüchern usw.
- Besondere Anschlussart (Einrohr, Lanzenventil, reitender Anschluss) → **Abschlag** von der Norm-Wärmeleistung
- Einbau in Nischen oder vor der Wand (Nischeneinbau erfordert einen **Abschlag** von der Norm-Wärmeleistung)



A.05 – Hydraulischer Abgleich

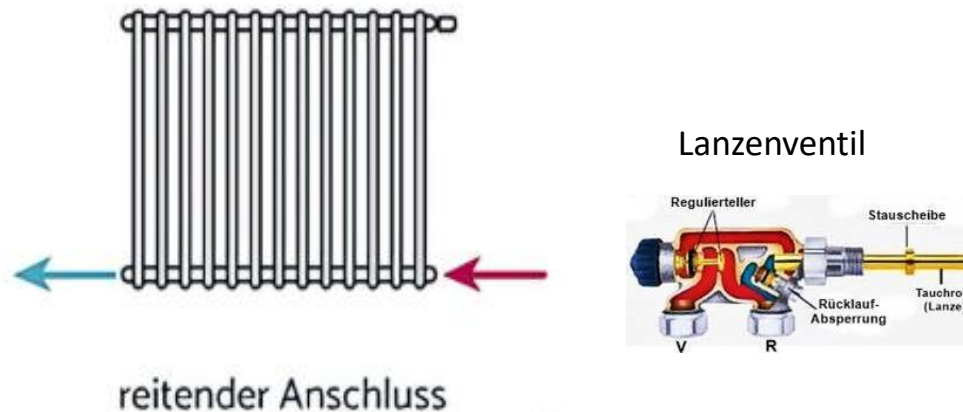
A.05.2 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

Was bedeuten Nischeneinbau, reitender Anschluss und Lanzenventil?

-> Beides führt zu einer Verringerung der Norm-Wärmeleistung, dadurch verringert sich bei den anschließenden Berechnungen die **tatsächliche** Wärmeleistung.

Keinesfalls darf der Abschlag für Nischeneinbau, Lanzenventil oder reitenden Anschluss als Verringerung der Heizlast des Raumes vorgenommen werden. Dies würde zu deutlich geringeren Soll-Massenströmen führen, was bei Verwendung druck-unabhängiger Thermostatventile (PICV) zu Funktionsproblemen führen würde. Es bestünde die Gefahr unterversorgter Räume, die auch nicht mit mehr Pumpendruck behebbar wäre!

Die Abschläge sind so zu verstehen, dass der Heizkörper unter den Bedingungen (Nische, reitender Anschluss, Lanzenventil) in der Prüfkabine einer Normprüfung unterzogen würde und daher eine geringere Normleistung hätte.



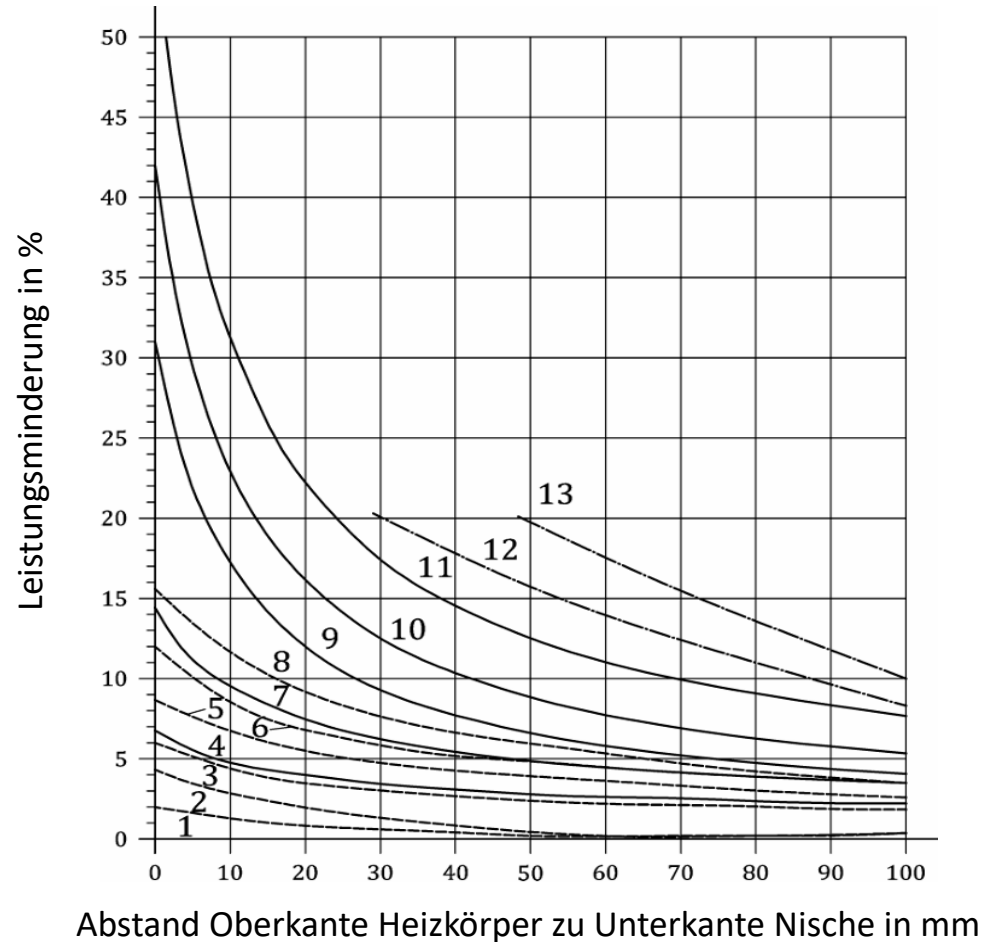
$$\Phi_N' = \Phi_N \cdot 0,95$$



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.2 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

Leistungsminderung bei Nischeneinbau von Heizkörpern



Legende:

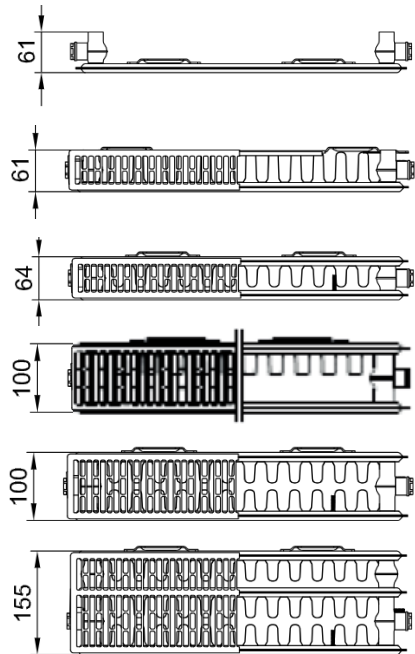
- Kurve 1: Röhrenradiator / Schmalsäuler
- Kurve 2: Gussradiator, Stahlradiator nach DIN 4703
- Kurve 3: Plattenheizkörper Typ 10 (unverkleidet)
- Kurve 4: Plattenheizkörper Typ 10 (mit Verkleidung)
- Kurve 5: Plattenheizkörper Typ 11 (unverkleidet)
- Kurve 6: Plattenheizkörper Typ 20 (unverkleidet)
- Kurve 7: Plattenheizkörper Typ 11 (mit Verkleidung)
- Kurve 8: Plattenheizkörper Typ 30 (unverkleidet)
- Kurve 9: Plattenheizkörper Typ 12/21 (mit Verkleidung)
- Kurve 10: Plattenheizkörper Typ 22 (mit Verkleidung)
- Kurve 11: Plattenheizkörper Typ 33 (mit Verkleidung)
- Kurve 12: Plattenheizkörper Typ 22 (unverkleidet)
- Kurve 13: Plattenheizkörper Typ 33 (unverkleidet)

(Quelle: Artikel Dr.-Ing. D. Schlapmann, SBZ 24/2002)

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.3 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

Am häufigsten vorzufinden ist sicher der Flach-Heizkörper profiliert, seltener auch mit planer Front



Typ		Bauhöhe 300 / Exponent	Bauhöhe 400 / Exponent	Bauhöhe 500 / Exponent	Bauhöhe 600 / Exponent	Bauhöhe 750 / Exponent	Bauhöhe 900 / Exponent
10	einreihig oh. Konvektor	335 / 1,24	425 / 1,26	514 / 1,27	602 / 1,29	736 / 1,29	872 / 1,29
11	einreihig mit Konvektor	551 / 1,22	697 / 1,24	840 / 1,25	979 / 1,27	1.185 / 1,29	1.390 / 1,30
12	zweireihig mit 1 Konvektor	720 / 1,27	894 / 1,28	1.063 / 1,29	1.229 / 1,30	1.475 / 1,32	1.732 / 1,33
21	zweireihig mit 1 Konvektor	815 / 1,27	1.020 / 1,28	1.212 / 1,29	1.406 / 1,30	1.630 / 1,31	1.961 / 1,31
22	zweireihig mit 2 Konvektoren	959 / 1,28	1.207 / 1,28	1.441 / 1,29	1.666 / 1,29	1.987 / 1,30	2.295 / 1,31
33	dreireihig mit 3 Konvektoren	1.300 / 1,27	1.633 / 1,27	1.944 / 1,28	2.236 / 1,29	2.645 / 1,30	3.023 / 1,31

- Norm-Wärmeleistungen von profilierten Flach-Heizkörpern in W/m und dazu gehörige Heizkörperexponenten,
- Herstellerdaten können etwas abweichen.
- Im Zweifelsfall Exponent 1,3 setzen.

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.3 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

In älteren Mehrfamilienhäusern sind bei Fernwärme Guss-Radiatoren vorzufinden, bei Öl und Gas hingegen Stahl-(DIN-) Radiatoren.

Höhe H in mm	Nabenabstand N in mm	Tiefe T in mm	Normwärmeleistung (75/65/20 °C) in W/Glied
300	200	160	38
		250	58
450	350	110	42
		160	56
		220	75
		220	75
600	500	110	55
		160	75
		220	96
1000	900	110	92
		160	118
		220	154

Norm-Wärmeleistung von Stahl-(DIN-) Radiatoren

Höhe H in mm	Naben- abstand N in mm	Tiefe T in mm	Normwärmeleistung in W/Glied	
			Wasser 75/65/20 °C	Sattdampf (100 °C)
280	200	250	69	128
430	350	70	41	76
		110	53	97
		160	70	129
		220	92	169
580	500	70	51	95
		110	69	128
		160	95	175
		220	122	224
680	600	160	111	204
980	900	70	84	154
		160	154	284
		220	196	361

Norm-Wärmeleistung von Guss-Radiatoren

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.3 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

Eher im hochwertigen Bestand oder in Altenheimen und Ähnlichem sind Stahlrohr-Radiatoren vorzufinden, auch als Röhrenradiatoren benannt..

Höhe H in mm	Naben- abstand N in mm	Tiefe T in mm	Rohre bzw. Säulen	Normwärmeleistung 75/65/20 °C in W/Glied
500	430	65	2	37
		105	3	51
		145	4	65
		185	5	80
		225	6	94
600	530	65	2	44
		105	3	60
		145	4	77
		185	5	65
		225	6	113

Höhe H in mm	Naben- abstand N in mm	Tiefe T in mm	Rohre bzw. Säulen	Normwärmeleistung 75/65/20 °C in W/Glied
900	830	65	2	67
		105	3	89
		145	4	112
		185	5	138
		225	6	163
1000	930	65	2	73
		105	3	98
		145	4	124
		185	5	151
		225	6	180

Norm-Wärmeleistungen von Stahlrohr-Radiatoren

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.2 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

Alle vorhandenen Heizkörper sind erfasst, Sondersituationen liegen nicht vor.

Bezeichnung / Name	Vorgefundene Heizkörper
Raum 1.1 - Flur	22/600/800
Raum 1.2 – Dusche	33/600/900
Raum 1.3 - Kind	22/600/1.600
Raum 2.1 - Schlafen	22/600/1.400
Raum 2.2 - Wohnen	33/600/2.300
Raum 2.3 - WC	11/600/700

Bauhöhe mm		600				
	Typ	10	11	12	22	33
Baulänge mm	Watt/m 75/65 °C	602	979	1229	1666	2236
400	W 75/65 °C	241	392	492	666	894
500	W 75/65 °C	301	490	615	833	1118
600	W 75/65 °C	361	587	737	1000	1342
700	W 75/65 °C	421	685	860	1166	1565
800	W 75/65 °C	482	783	983	1333	1789
900	W 75/65 °C	542	881	1106	1499	2012
1000	W 75/65 °C	602	979	1229	1666	2236
1100	W 75/65 °C	662	1077	1352	1833	2460
1200	W 75/65 °C	722	1175	1475	1999	2683
1300	W 75/65 °C	783	1273	1598	2166	2907
1400	W 75/65 °C	843	1371	1721	2332	3130
1600	W 75/65 °C	963	1566	1966	2666	3578
1800	W 75/65 °C	1084	1762	2212	2999	4025
2000	W 75/65 °C	1204	1958	2458	3332	4472
2300	W 75/65 °C	1385	2252	2827	3832	5143
2600	W 75/65 °C	1565	2545	3195	4332	5814
3000	W 75/65 °C	1806	2937	3687	4998	6708

Die Heizkörpergröße bestimmt man nach den Gegebenheiten vor Ort. Hier im Beispiel hängen überall Flachheizkörper.

Die Norm-Wärmeleistungen stehen im Katalog (hier Fa. Kermi)

Im nächsten Schritt prüfen wir, ob die Heizkörper bei einer „Wärmepumpenfreundlichen“ Vorlauftemperatur (50 °C) die Heizlast decken können.

A.05 – Hydraulischer Abgleich

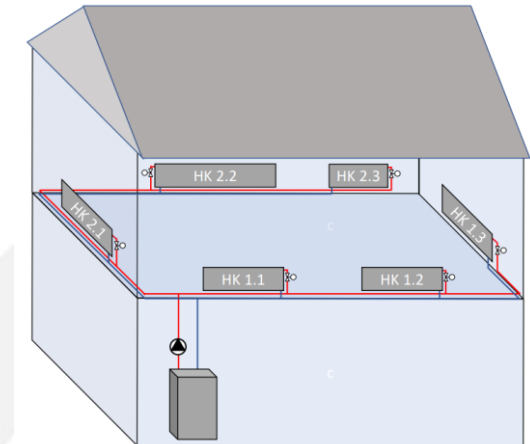
A.05.2 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen



Im Bestand heißt es: wir gehen durch die Räume und nehmen alle Heizkörpergrößen auf.

Aus Katalog(en) bestimmen wir die Norm-Wärmeleistungen und ggf. HK-Exponenten.

Bezeichnung / Name	Raumtemp. ϑ_{Raum} in °C	Raumheizlast Φ in W	Vorgefundene Heizkörper	Norm-Heizleistung Φ_N in W	Heizkörperexponent n
Raum 1.1 - Flur	18	591	22/600/800	1.333	1,28
Raum 1.2 – Dusche	24	618	33/600/900	2.012	1,33
Raum 1.3 - Kind	22	911	22/600/1.600	2.666	1,28
Raum 2.1 - Schlafen	20	932	22/600/1.400	2.332	1,28
Raum 2.2 - Wohnen	22	1724	33/600/2.300	5.143	1,28
Raum 2.3 - WC	18	304	11/600/700	685	1,27
<u>Gesamtsumme</u>	-	<u>4.949</u>			



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.2 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

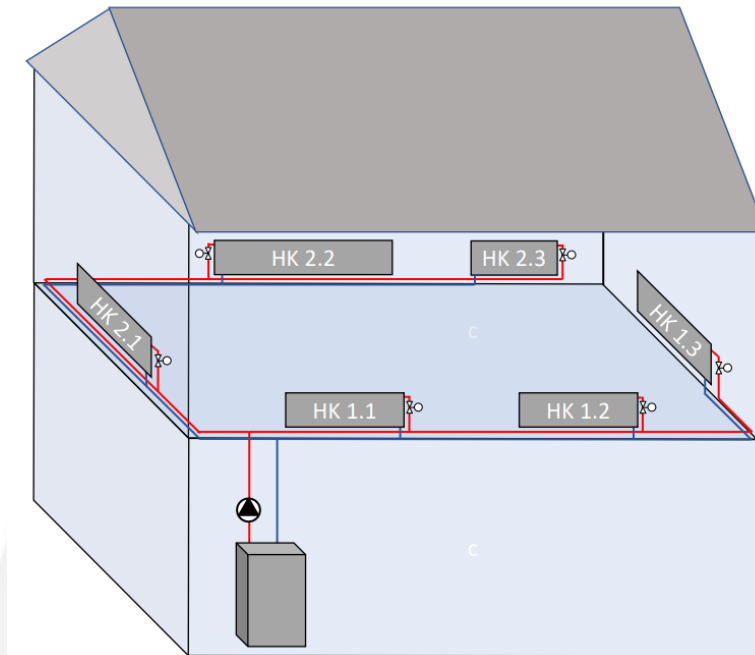
Zu jeder Heizfläche ist die erforderliche Übertemperatur ΔT_{erf} zu bestimmen! Sie ist die Differenz zwischen der mittleren Heizkörpertemperatur und der Raumtemperatur und die „treibende Temperaturdifferenz, damit Wärme abgegeben werden kann“.



Freiwillige fürs rechnen??

$$\Delta T_{erf} = \Delta T_N \cdot \sqrt[n]{\frac{\Phi}{\Phi_N}} = \Delta T_N \cdot \left(\frac{\Phi}{\Phi_N}\right)^{1/n}$$

Bezeichnung / Name	Raumtemp. ϑ_{Raum} in °C	Raumheizlast Φ in W	Norm-Heizleistung $\Phi_{N,vorh}$ in W	Heizkörper-exponent n	Erford. mittl. Übertemperatur ΔT in K
1.1 - Flur	18	591	1.333	1,28	
1.2 – Dusche	24	618	2.012	1,33	
1.3 - Kind	22	911	2.666	1,28	
2.1 - Schlafen	20	932	2.332	1,28	
2.2 - Wohnen	22	1724	5.143	1,28	
2.3 - WC	18	304	685	1,23	
<u>Gesamtsumme</u>	-	<u>4.949</u>			



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.2 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

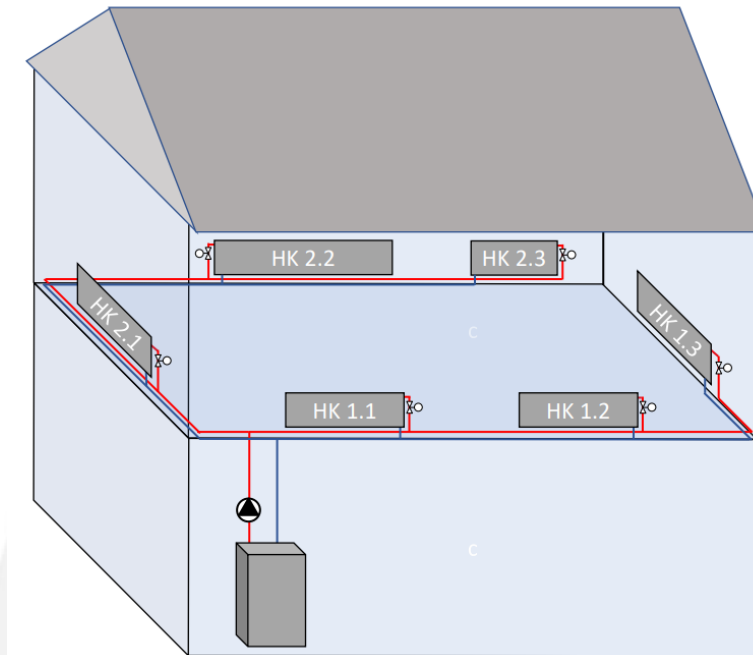
Zu jeder Heizfläche ist die erforderliche Übertemperatur ΔT_{erf} zu bestimmen! Sie ist die Differenz zwischen der mittleren Heizkörpertemperatur und der Raumtemperatur und die „treibende Temperaturdifferenz, damit Wärme abgegeben werden kann“.



Ergebnisse siehe Tabelle

$$\Delta T_{erf} = \Delta T_N \cdot \sqrt[n]{\frac{\Phi}{\Phi_N}} = \Delta T_N \cdot \left(\frac{\Phi}{\Phi_N}\right)^{1/n}$$

Bezeichnung / Name	Raumtemp. ϑ_{Raum} in °C	Raumheizlast Φ in W	Norm-Heizleistung $\Phi_{N,vorh}$ in W	Heizkörperexponent n	Erford. mittl. Übertemperatur ΔT in K
1.1 - Flur	18	591	1.333	1,28	26,5
1.2 – Dusche	24	618	2.012	1,33	20,6
1.3 - Kind	22	911	2.666	1,28	21,6
2.1 - Schlafen	20	932	2.332	1,28	24,4
2.2 - Wohnen	22	1724	5.143	1,28	21,3
2.3 - WC	18	304	685	1,23	26,4
<u>Gesamtsumme</u>	-	<u>4.949</u>			



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.2 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

Aus mittlerer Übertemperatur und Raumtemperatur kann jetzt die mittlere Heizkörpertemperatur errechnet werden!

$$\vartheta_{HK,mittl.} = \vartheta_{Raum} + \Delta T_{erf}$$

Freiwillige fürs rechnen??

Bezeichnung / Name	Raumtemp. ϑ_{Raum} in °C	Norm-Heizleistung $\Phi_{N,tats.}$ in W	Heizkörperexponent n	Raumheizlast Φ in W	Erford. mittlere Übertemperatur ΔT in K	Mittl. Heizkörpertemperatur $\vartheta_{HK,mittl.}$ in °C
1.1 - Flur	18	1.333	1,28	591	26,5	
1.2 – Dusche	24	2.012	1,33	618	20,6	
1.3 - Kind	22	2.666	1,28	911	21,6	
2.1 - Schlafen	20	2.332	1,28	932	24,4	
2.2 - Wohnen	22	5.143	1,28	1724	21,3	
2.3 - WC	18	685	1,23	304	26,4	
<u>Gesamtsumme</u>	-			<u>4.949</u>		

Der Heizkörper mit der höchsten mittleren Heizkörpertemperatur (Mittel aus Vorlauf- und Rücklaufemperatur) bestimmt indirekt die Vorlaufemperatur!

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.2 – Übungen Schritt 3: Bestimmen der Wärmeübergabeeinrichtungen

Aus mittlerer Übertemperatur und Raumtemperatur kann jetzt die mittlere Heizkörpertemperatur errechnet werden!

$$\vartheta_{HK,mittl.} = \vartheta_{Raum} + \Delta T_{erf}$$

Ergebnisse siehe Tabelle

Bezeichnung / Name	Raumtemp. ϑ_{Raum} in °C	Norm-Heizleistung $\Phi_{N.tats.}$ in W	Heizkörperexponent n	Raumheizlast Φ in W	Erford. mittlere Übertemperatur ΔT in K	Mittl. Heizkörpertemperatur $\vartheta_{HK,mittl.}$ in °C
1.1 - Flur	18	1.333	1,28	591	26,5	44,5
1.2 – Dusche	24	2.012	1,33	618	20,6	44,6
1.3 - Kind	22	2.666	1,28	911	21,6	43,6
2.1 - Schlafen	20	2.332	1,28	932	24,4	44,4
2.2 - Wohnen	22	5.143	1,28	1724	21,3	43,3
2.3 - WC	18	685	1,23	304	26,4	44,4
<u>Gesamtsumme</u>	-			<u>4.949</u>		

Damit ist erkennbar: Vorlauftemperaturen von 50 °C sind realistisch.

Der Heizkörper mit der höchsten mittleren Heizkörpertemperatur (Mittel aus Vorlauf- und Rücklauftemperatur) bestimmt indirekt die Vorlauftemperatur!

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.6 – Übungen Schritt 6: Ermitteln der Soll-Massenströme an den Wärmeübergabeeinrichtungen

- Mit der vorgegebenen gemeinsamen Vorlauftemperatur für alle Heizflächen von 50 °C geht es weiter.
- Aus der Gleichung
$$\Delta T = \vartheta_{HK,mittl.} - \vartheta_{Raum} = 0,5 \cdot (\vartheta_{VL} + \vartheta_{RL}) - \vartheta_{Raum}$$
- werden die Rücklauftemperaturen aller Heizkörper wie folgt bestimmt:
$$\vartheta_{RL} = 2 \cdot (\Delta T + \vartheta_{Raum}) - \vartheta_{VL},$$
- dann die Spreizung

Wer rechnet??

Bezeichnung / Name	Raumtemp. ϑ_{Raum} in °C	Raumheizlast Φ in W	Eford. mittlere Übertemperatur ΔT in K	Mittl. Heizkörper-temperatur $\vartheta_{HK,mittl.}$ in °C	Gewählte Vorlauftemperatur ϑ_{VL} in °C	Errechnete Rücklauftemperatur ϑ_{RL} in °C	Spreizung $\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL}$
1.1 - Flur	18	591	26,5	44,5	50		
1.2 – Dusche	24	618	20,6	44,6	50		
1.3 - Kind	22	911	21,6	43,6	50		
2.1 - Schlafen	20	932	24,4	44,4	50		
2.2 - Wohnen	22	1724	21,3	43,3	50		
2.3 - WC	18	304	26,4	44,4	50		
<u>Gesamtsumme</u>	-	<u>4.949</u>					

A.05 – Hydraulischer Abgleich



A.05.6 – Übungen Schritt 6: Ermitteln der Soll-Massenströme an den Wärmeübergabeeinrichtungen

- Mit der vorgegebenen gemeinsamen Vorlauftemperatur für alle Heizflächen von 50 °C geht es weiter.

- Aus der Gleichung
$$\Delta T = \vartheta_{HK,mittl.} - \vartheta_{Raum} = 0,5 \cdot (\vartheta_{VL} + \vartheta_{RL}) - \vartheta_{Raum}$$

- werden die Rücklauftemperaturen aller Heizkörper wie folgt bestimmt:
$$\vartheta_{RL} = 2 \cdot (\Delta T + \vartheta_{Raum}) - \vartheta_{VL},$$

- dann die Spreizung

Ergebnisse

Bezeichnung / Name	Raumtemp. ϑ_{Raum} in °C	Raumheizlast Φ in W	Erford. mittlere Übertemperatur ΔT in K	Mittl. Heizkörper-temperatur $\vartheta_{HK,mittl.}$ in °C	Gewählte Vorlauftemperatur ϑ_{VL} in °C	Errechnete Rücklauftemperatur ϑ_{RL} in °C	Spreizung $\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL}$
1.1 - Flur	18	591	26,5	44,5	50	39,0	12,4
1.2 – Dusche	24	618	20,6	44,6	50	39,2	10,8
1.3 - Kind	22	911	21,6	43,6	50	37,2	12,8
2.1 - Schlafen	20	932	24,4	44,4	50	38,8	11,2
2.2 - Wohnen	22	1724	21,3	43,3	50	36,6	13,4
2.3 - WC	18	304	26,4	44,4	50	38,8	11,2
<u>Gesamtsumme</u>	-	<u>4.949</u>					

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.6 – Übungen Schritt 6: Ermitteln der Soll-Massenströme an den Wärmeübergabeeinrichtungen

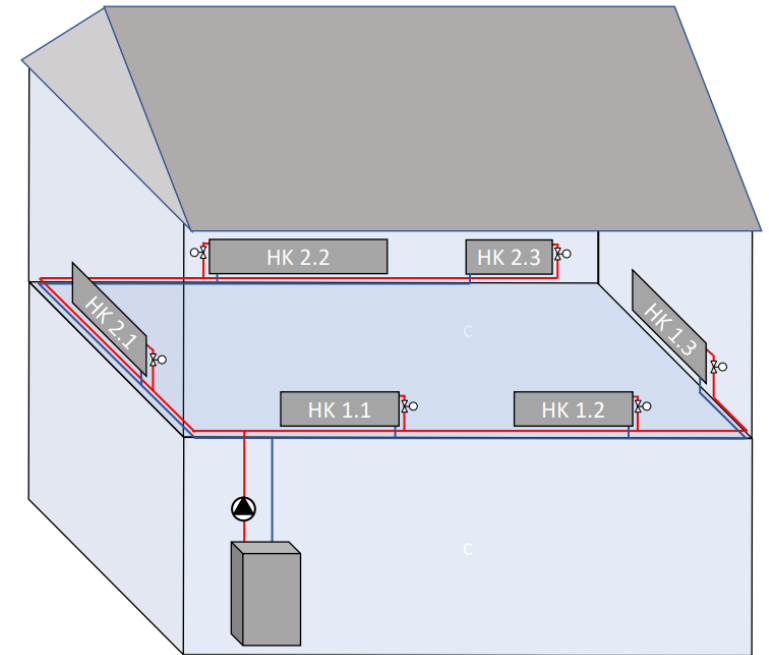


- ... und jetzt lassen sich für alle Heizflächen die Massenströme errechnen:

$$\dot{m} = \frac{\dot{\Phi}}{c_W \cdot (\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL})} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{h}$$

Legende:

\dot{m}	erforderlicher Heizwasserstrom in kg/h
$\dot{\Phi}$	benötigte Heizkörperleistung in kW
c_W	spezifische Wärmekapazität von Wasser mit 4,19 kW/(kg·K)
ϑ_{VL}	gemeinsame Vorlauftemperatur
ϑ_{RL}	Rücklauftemperatur



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.6 – Übungen Schritt 6: Ermitteln der Soll-Massenströme an den Wärmeübergabeeinrichtungen



- ... also berechnen wir für alle Heizflächen die Massenströme (wieder Freiwillige gesucht!):

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{c_W \cdot (\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL})} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{h} = \frac{\Phi}{c_W \cdot \Delta\vartheta} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{h}$$

Bitte vermeiden



Bezeichnung / Name	Raumheizlast Φ in W	Erford. mittlere Übertemperatur ΔT in K	Mittl. Heizkörpertemperatur $\vartheta_{HK, mittl.}$ in °C	Gewählte Vorlauftemperatur ϑ_{VL} in °C	Errechnete Rücklauftemperatur ϑ_{RL} in °C	Spreizung $\Delta\vartheta$ in K	Heizkörpermassenstrom \dot{m} in kg/h	fikt. 50/40-Heizkörpermassenstrom \dot{m} in kg/h
1.1 - Flur	591	25,8	43,8	50	37,6	12,4		
1.2 – Dusche	618	20,6	44,6	50	39,2	10,8		
1.3 - Kind	911	21,6	43,6	50	37,2	12,8		
2.1 - Schlafen	932	24,4	44,4	50	38,8	11,2		
2.2 - Wohnen	1724	21,3	43,3	50	36,6	13,4		
2.3 - WC	304	26,4	44,4	50	38,8	11,2		

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.6 – Übungen Schritt 6: Ermitteln der Soll-Massenströme an den Wärmeübergabeeinrichtungen



- Und hier die Ergebnisse für alle Heizflächen:

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{c_W \cdot (\vartheta_{VL} - \vartheta_{RL})} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{h} = \frac{\Phi}{c_W \cdot \Delta\vartheta} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{h}$$

Bitte vermeiden



Bezeichnung / Name	Raumheizlast Φ in W	Erford. mittlere Übertemperatur ΔT in K	Mittl. Heizkörpertemperatur $\vartheta_{HK, mittl.}$ in °C	Gewählte Vorlauftemperatur ϑ_{VL} in °C	Errechnete Rücklauftemperatur ϑ_{RL} in °C	Spreizung $\Delta\vartheta$ in K	Heizkörpermassenstrom \dot{m} in kg/h	fikt. 50/40-Heizkörpermassenstrom \dot{m} in kg/h
1.1 - Flur	591	25,8	43,8	50	37,6	12,4	40,9	50,8
1.2 – Dusche	618	20,6	44,6	50	39,2	10,8	49,2	53,1
1.3 - Kind	911	21,6	43,6	50	37,2	12,8	61,1	78,3
2.1 - Schlafen	932	24,4	44,4	50	38,8	11,2	71,5	80,1
2.2 - Wohnen	1724	21,3	43,3	50	36,6	13,4	110,5	148,1
2.3 - WC	304	26,4	44,4	50	38,8	11,2	23,3	26,1
							356,5	436,5

A.04 - Berechnungen

A.05.7 - Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung

7	Ermitteln der hydraulischen Widerstände / Rohrreibung	Alle Systeme	Berechnung der hydraulischen Widerstände je nach Abgleichverfahren ist erforderlich für die Bestimmung von Abgleichwiderständen und der Pumpenförderhöhe
---	---	--------------	--

Zur Auffrischung die Druckverlusttabelle für den kleinen Anlagenteil unserer Musteranlage:

Teilstrecke Nr.	L in m	TS versorgt HK Nr.	q _m in kg/s	q _m in kg/h	Rohr- dimension in mm	Innendurch- messer d _i	v in m/s	Rohr- reibung R _L in Pa/m	Rohrreibung R der TS in Pa	Summe ζ	p _{dyn}	Z	R _L x L + Z in Pa
						in mm							
WE - VL+RL	9	alle	0,099	357	25 x 2,3	20,4	0,31	81	729	14,8	47,5	703	1.432
Wärmeerzeuger	-		0,099	357						8	47,5	380	380
2.1 - VL+RL	14	2.1, 2.2, 2.3	0,057	205	20 x 2	16	0,30	98	1.372	1,5	44,5	67	1.439
2.2 - VL+RL	12	2.2, 2.3	0,037	134	20 x 2	16	0,20	98	1.176	1,5	19,8	30	1.206
2.3 - VL+RL	8	2.3	0,006	23	12 x 2	8	0,20	64	512	0,7	19,8	14	526
A 2.3 VL+RL	1	2.3	0,006	23	12 x 2	8	0,20	64	64	11,7	19,8	231	295
<u>Summe</u>												Σ	5.277

Der Druckabfall im hydraulischen Kreis zu Heizkörper 2.3 und zurück beträgt 5.277 Pa.

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.7 – Übungen Schritt 6: Ermitteln hydraulischen Widerstände und der Rohrreibung



Druckverlusttabelle:

Teilstrecke Nr.	L in m	TS versorgt HK Nr.	q_m in kg/s	q_m in kg/h	Rohr- dimension in mm	Innendurch- messer d_i	v in m/s	Rohr- reibung R_L in Pa/m	Rohrreibung R der TS in Pa	Summe ζ	p_{dyn}	Z	$R_L \times L + Z$ in Pa
						in mm							

Diese recht aufwändige Berechnung wird für den Fließweg zu jedem Verbraucher durchgeführt. Nach dem Fließweg mit dem höchsten Druckverlust wird dann abgeglichen, indem in allen Fließwegen an Einstellarmaturen ein derart höherer Differenzdruck eingestellt wird, so dass in Summe alle Fließwege den gleichen Druckverlust aufweisen.

Dann gilt die Anlage als abgeglichen.

Bei Verwendung einer Software für ausführliche Berechnungen wird das mit „erledigt“. Sinnvoll ist aber eine Plausibilitätsprüfung des Ergebnisses, um eventuelle Eingabefehler aufzuspüren.

Hierfür verwenden wir Annahmen, die auch für Vor-Ort-Abschätzungen bei bestehenden Anlagen gut geeignet sind.

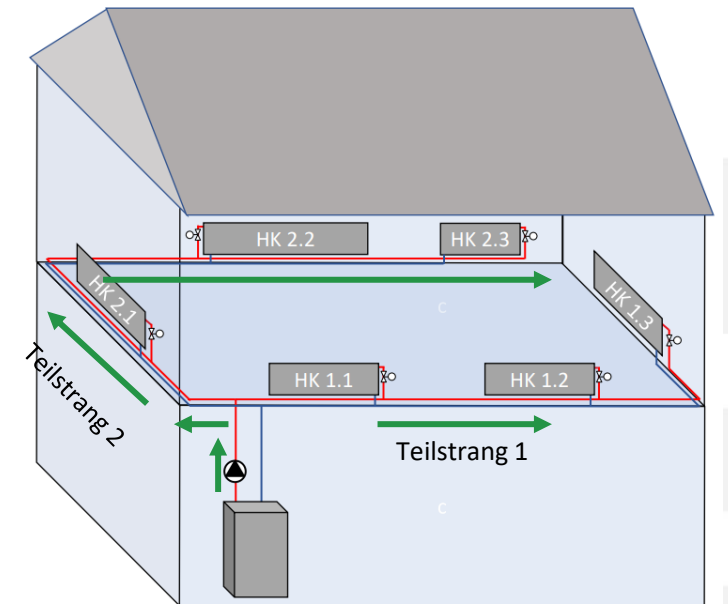
A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.7 – Übungen Schritt 6: Ermitteln hydraulischen Widerstände und der Rohrreibung



Für Abschätzungen und auch bei Bestandsanlagen behilft man sich mit plausiblen Annahmen. Nehmen wir als Beispiel das kleine Häuschen:

- Die größte mögliche Rohrlänge zum entferntesten Heizkörper verläuft außen herum. Sie besteht also aus:
 - den sichtbaren Leitungen im Heizraum (z. B. 4,5 m)
 - der anrechenbaren Gebäudelänge (z. B. 7 m)
 - der anrechenbaren Gebäudetiefe (z. B. 6 m)
 - der anrechenbaren Geschosshöhe (z. B. 0,5 m)
 - Summe: $4,5\text{ m} + 7\text{ m} + 6\text{ m} + 0,5\text{ m} = 18\text{ m}$
- ... und das alles mal 2, für Vor- und Rücklauf -> 36 m
- Für diese Leitungen hatten wir 5.277 Pa ausgerechnet, ca. 53 mbar
- Das ergäbe etwa 1,5 mbar/m.



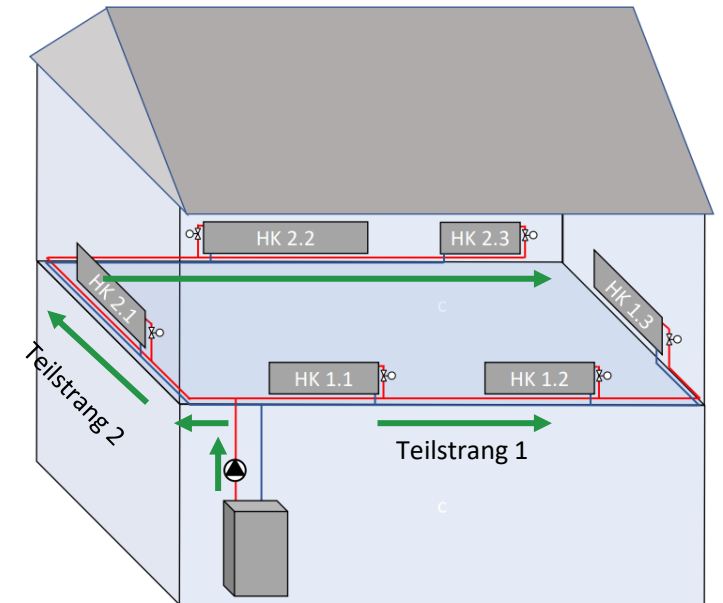
A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.7 – Übungen Schritt 6: Ermitteln hydraulischen Widerstände und der Rohrreibung



In der Praxis haben sich folgende Anhaltswerte bewährt:

- Für die Rohrreibung rechnet man bei größeren Gebäuden (lange Strecken) plausibel mit 150 Pa/m , das sind in alter Maßeinheit $1,5 \text{ mbar/m}$, damit liegt man einigermaßen real. (große Einzelwiderstände gesondert erfassen!)
- Bei kleineren Gebäuden sind es wegen der Dichte von Einzelwiderständen eher $200 \text{ bis } 250 \text{ Pa/m}$ ($2 \text{ bis } 2,5 \text{ mbar/m}$).
- Fußbodenheizungen sind analog zu betrachten, nur dass hier meist der längste Heizkreis den größten Anteil am Gesamtdifferenzdruck aufweist.



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.8 – Übungen Schritt 8: Durchführen des Hydraulischen Abgleichs

Wir erinnern uns an die Tabelle mit den errechneten Massenströmen



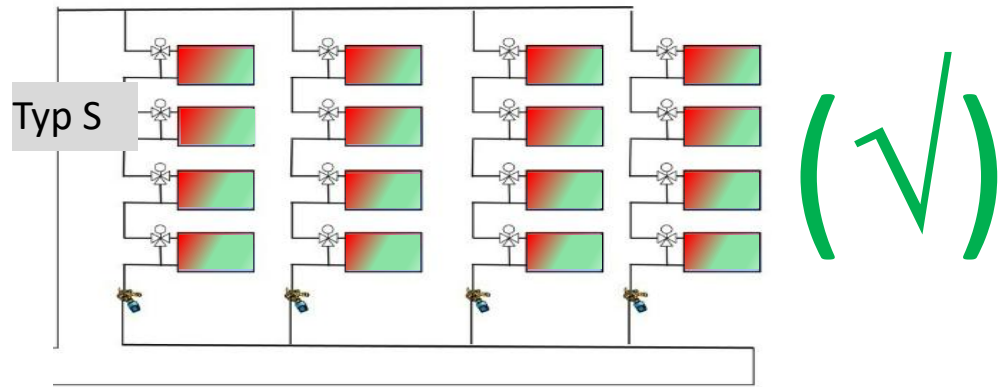
Bezeichnung / Name	Raumheizlast Φ in W	Erford. mittlere Übertemperatur ΔT in K	Mittl. Heizkörpertemperatur $\vartheta_{HK, \text{mittl}}$ in °C	Gewählte Vorlauftemperatur ϑ_{VL} in °C	Errechnete Rücklauftemperatur ϑ_{RL} in °C	Spreizung $\Delta \vartheta$ in K	Heizkörpermassenstrom \dot{m} in kg/h	Einstellwerte am PICV
1.1 - Flur	591	25,8	43,8	50	37,6	12,4	40,9	4
1.2 – Dusche	618	20,6	44,6	50	39,2	10,8	49,2	5
1.3 - Kind	911	21,6	43,6	50	37,2	12,8	61,1	6
2.1 - Schlafen	932	24,4	44,4	50	38,8	11,2	71,5	7
2.2 - Wohnen	1724	21,3	43,3	50	36,6	13,4	110,5	11
2.3 - WC	304	26,4	44,4	50	38,8	11,2	23,3	3
							356,5	

An Differenzdruck-unabhängigen Ventilen PICV wird nun auf der Skala direkt der Massenstrom eingestellt.

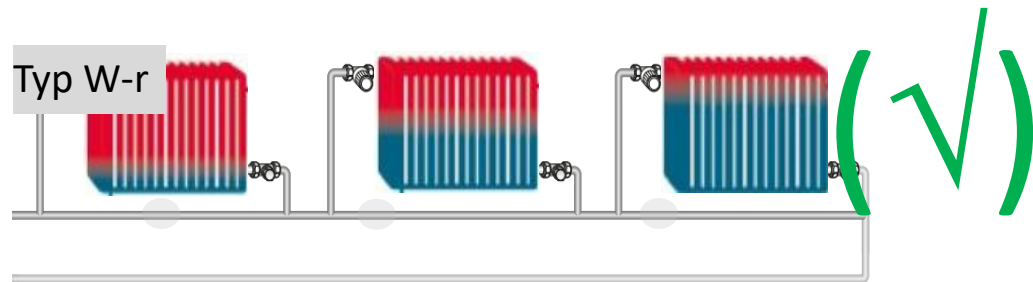
Die Anlage ist an den Verbrauchern hydraulisch abgeglichen.

A.05 – Hydraulischer Abgleich

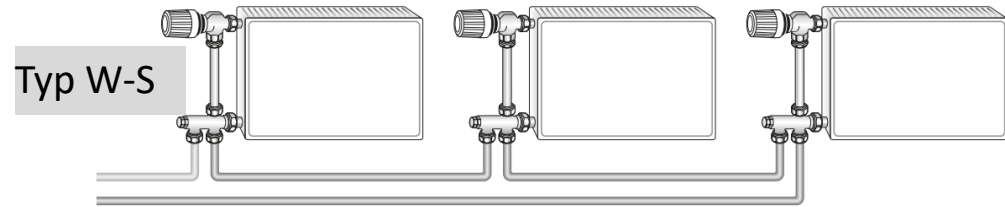
A.05.8 – Übungen Schritt 8: Durchführen des Hydraulischen Abgleichs - Problem Einrohrsystem



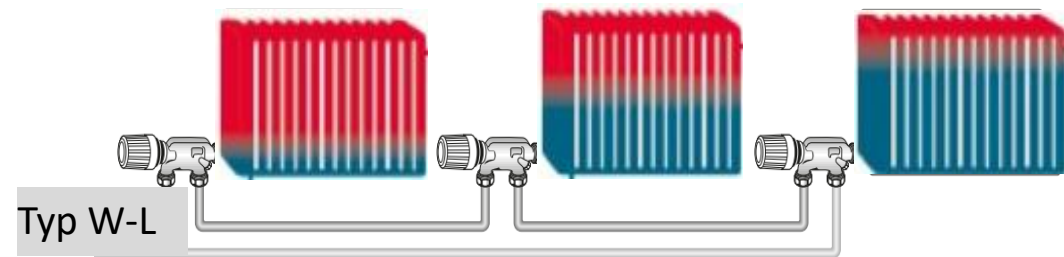
Anschluss senkrecht



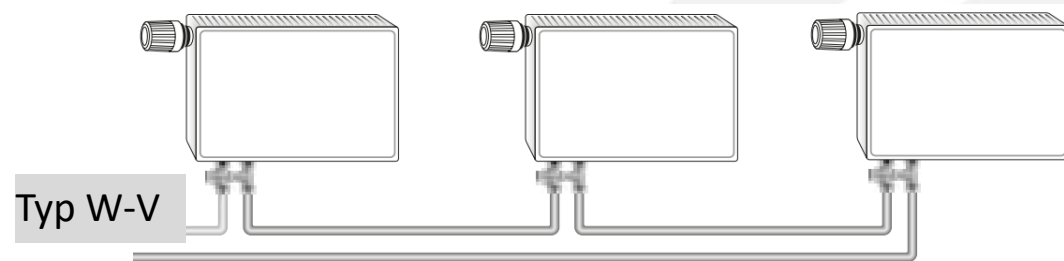
Anschluss waagrecht - reitend



Anschluss waagrecht - Steigrohrarmatur



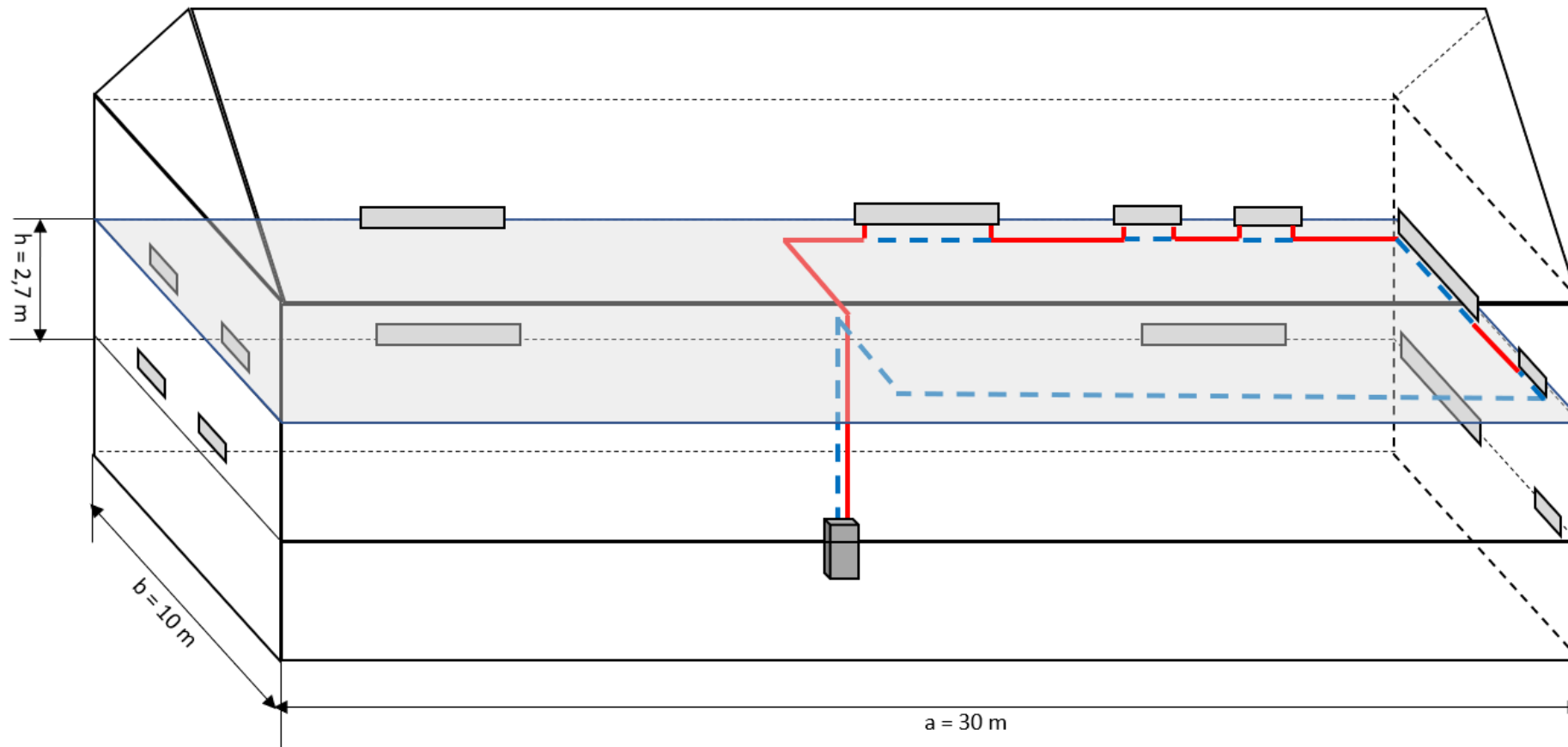
Anschluss waagrecht - Lanzenventil



A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.8 – Übungen Schritt 8: Durchführen des Hydraulischen Abgleichs - Problem Einrohrsystem

... waagerechte Einrohrheizungen sind mit relativ einfachen Ansätzen abgleichbar und dann z. B. für WP-Betrieb sanierfähig, senkrechte Einrohrheizungen sind eher schwierig



Ausführungen:

- Typ W-r (?)
- Typ W-S
- Typ W-L
- Typ W-V

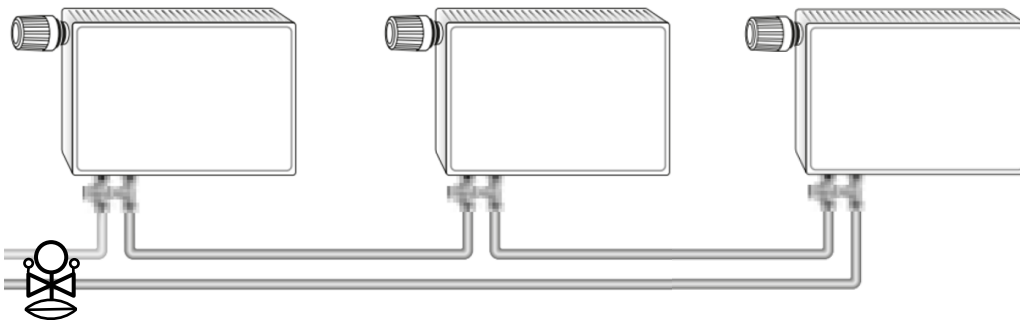
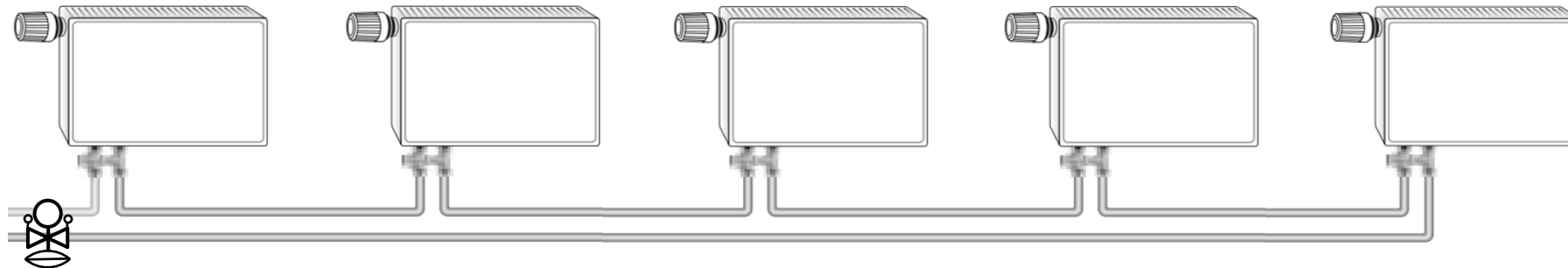
A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.8 – Übungen Schritt 8: Durchführen des Hydraulischen Abgleichs - Problem Einrohrsystem



Möglichkeiten zum Abgleich:

1. Begrenzen der Strangmassenströme mehrerer paralleler Einrohrsysteme zueinander auf Sollmassenströme (mit Strangregler oder PICV)



... mit Ermittlung der Strang-Massenströme aus Heizlast des jeweils zu versorgenden Bereiches und gewählter Spreizung erfolgt Einstellen bevorzugt an PICV. Der grundsätzliche Nachteil von Einrohrsystemen bleibt erhalten: Bei sinkender Last kommt der volle Sollmassenstrom mit nahezu Vorlauftemperatur zurück

An Differenzdruck-unabhängigen Ventilen PICV wird nun auf der Skala direkt der Massenstrom eingestellt.

Die Anlage ist an den Einrohrsystemen hydraulisch abgeglichen.

A.05 – Hydraulischer Abgleich

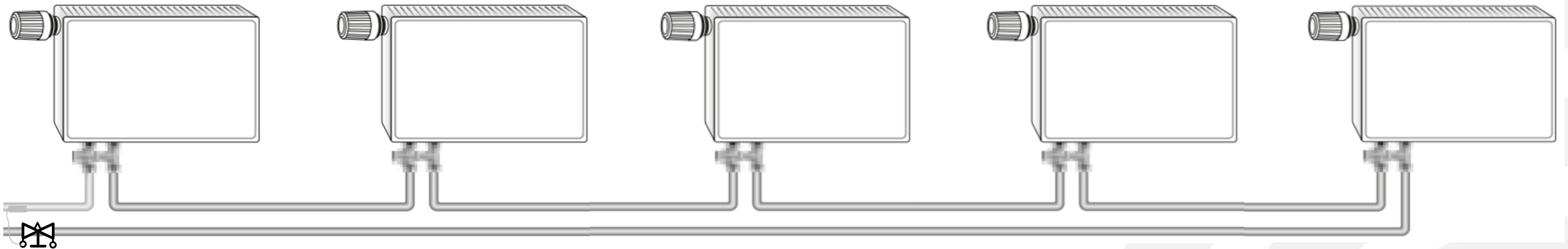
A.05.8 – Übungen Schritt 8: Durchführen des Hydraulischen Abgleichs - Problem Einrohrsystem



Möglichkeiten zum Abgleich:

2. Regelung der über den Strang vorhandenen Mindest-Temperaturspreizung (keine Konstanspreizung! Sie muss dynamisch in Abhängigkeit von der VL-Temperatur eingestellt werden) –

Achtung: Minimaldurchfluss zur Detektion der Lastsituation erforderlich und Gefahr der Unterversorgung beachten

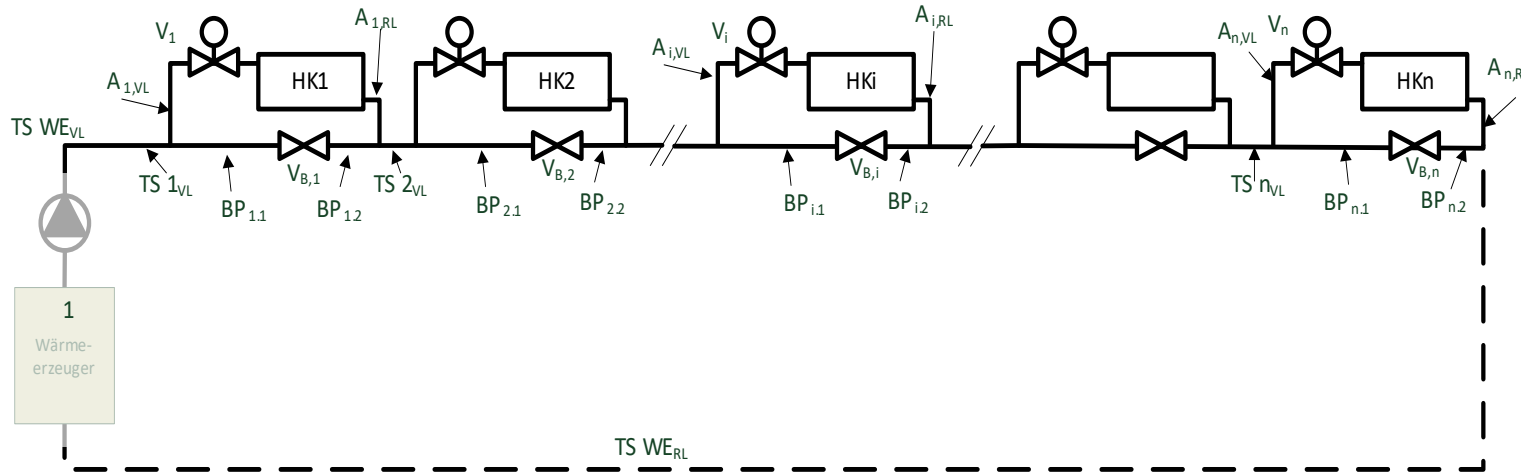


Der grundsätzliche Nachteil von Einrohrsystemen bleibt erhalten:

Bei sinkender Last kommt der Massenstrom mit nahezu Vorlauftemperatur zurück

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.8 – Übungen Schritt 8: Durchführen des Hydraulischen Abgleichs - Problem Einrohrsystem



Lösung:

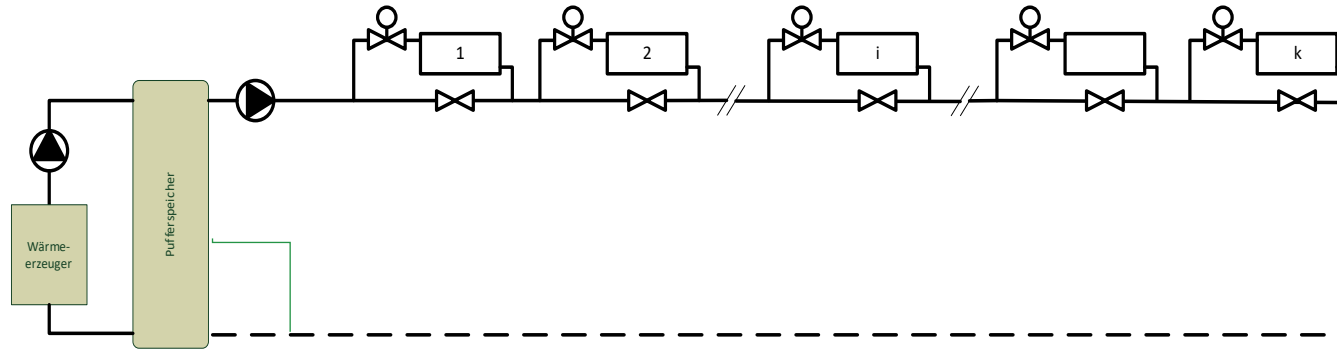
Ein Parallelpuffer zur Entkopplung der stetig wechselnden Rücklauftemperaturen und stetig variierenden Differenzdrücke.

Wie das Prinzipschaltbild zeigt, wäre ohne eine Trennung der Wärmeerzeugung von der Wärmeübergabe der Wärmeerzeuger allen Temperatur- und Differenzdruckschwankungen des Systems direkt ausgesetzt.

Sinkende Wärmeabnahme lässt die RL-Temperatur bis nahezu auf VL-Temperatur ansteigen, der Wärmeerzeuger würde bei Erreichen der Grenztemperatur abschalten.

A.05 – Hydraulischer Abgleich

A.05.8 – Übungen Schritt 8: Durchführen des Hydraulischen Abgleichs - Problem Einrohrsystem



Ist der Rücklauf vom Heizkreis gut schichtend eingebunden, kann als Wärmeerzeuger auch eine **Wärmepumpe** infrage kommen.

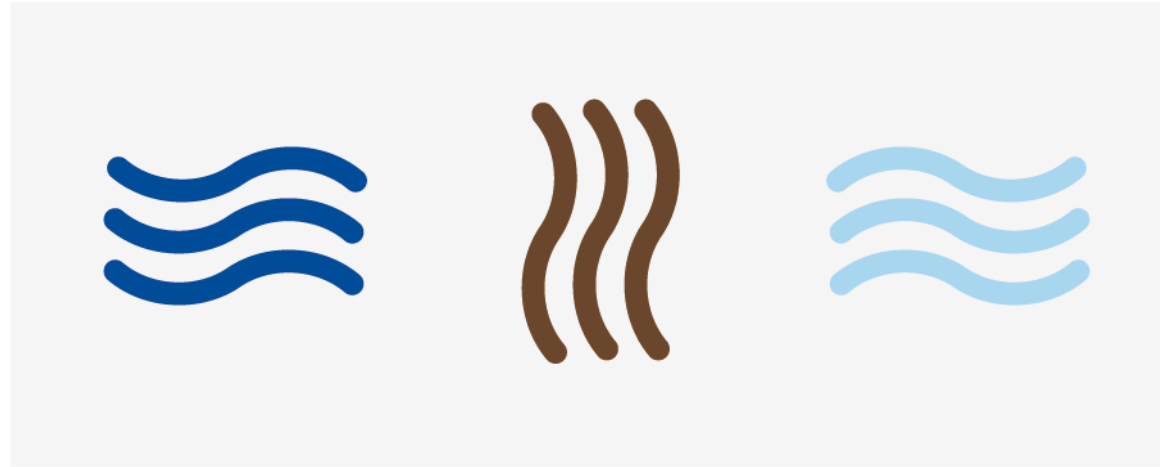
Der Parallelpuffer entkoppelt die stetig wechselnden Rücklauftemperaturen und die stetig variierenden Differenzdrücke. Es sind auch Schaltungen mit einem Reihenpuffer möglich, die „perfekte“ hydraulische Entkopplung ist aber der Parallelpuffer.

Ein Parallelpuffer entschärft die Situation:

- Wie das Prinzipschaltbild jetzt zeigt, ist mit der Trennung der Wärmeerzeugung von der Wärmeübergabe der Wärmeerzeuger den RL-Temperaturschwankungen und den variierenden Differenzdrücken des Systems nicht mehr direkt ausgesetzt.
- Sinkende Wärmeabnahme lässt die RL-Temperatur ansteigen, im Speicher steigt langsam die Temperatur an,
- der Wärmeerzeuger wird abschalten, wenn an seinem Rücklauf die Grenztemperatur erreicht ist.
- Da aber die Heizkreispumpe weiter läuft, sind die Heizkörper aus dem Pufferspeicher versorgt bis zum Unterschreiten der Einschalt-Temperatur, dann lädt der Wärmeerzeuger den Speicher nach.



Fragen ??



Harald Fonfara, fonfara@ib-fonfara.de