



Leitfaden für Fachleute

info 22

VdZ

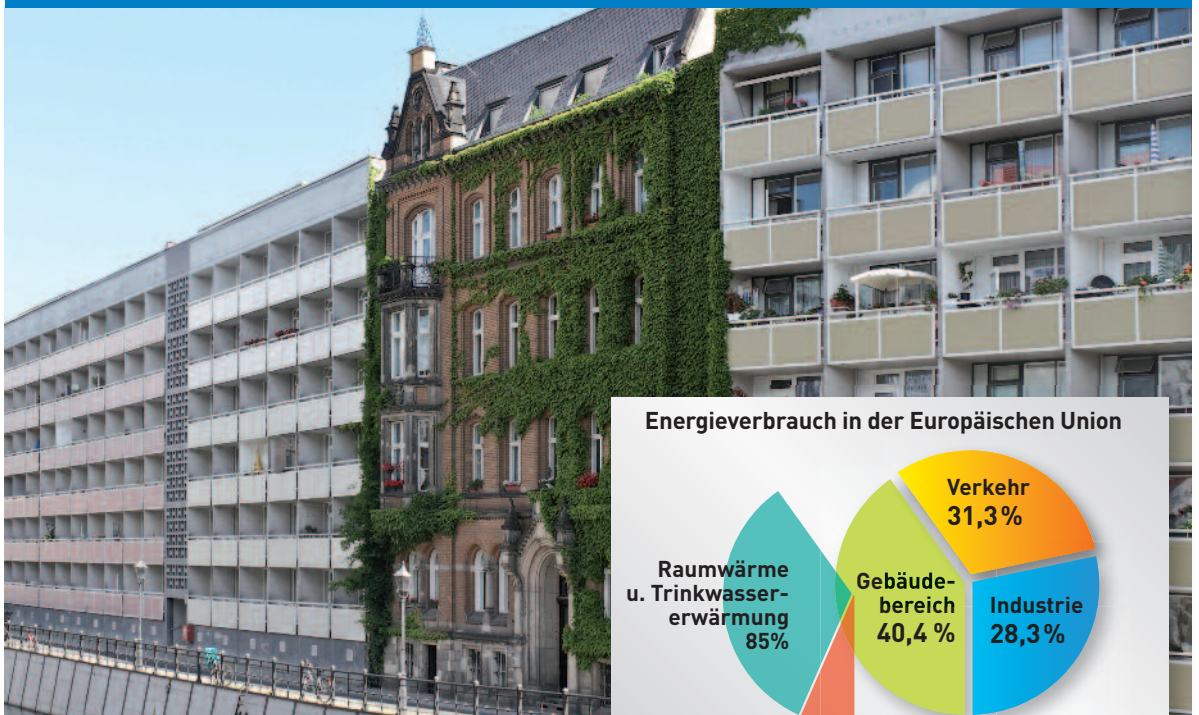
FORUM
für Energieeffizienz in der
Gebäudetechnik e.V.

Erhöhung von Komfort und Energieeffizienz
Hydraulischer Abgleich
in größeren Anlagen

Inhalt

3	Hydraulischer Abgleich erschließt wichtige Energieeinsparpotenziale
4	1. Bedeutung des hydraulischen Abgleichs für Fachhandwerk und Kunden
5	2. Das physikalische Prinzip
6	2.1 Probleme durch Nichtbeachtung des physikalischen Prinzips
7	2.2 Die falschen Maßnahmen zur Lösung der Probleme und ihre Folgen
7	1. Erhöhter Energieverbrauch durch Erhöhung der Vorlauftemperatur
8	2. Erhöhter Energieverbrauch durch Steigerung der Pumpenleistung
9	3. Erhöhter Energieverbrauch durch Vorverlegung des Wiederaufheizzeitpunktes
10	3. Die Probleme lösen durch Denken im System
11	3.1 Die Systemdiagnose
12	3.2 Typische Anordnung von Zweirohrheizungen
13	3.3 Geräuschprobleme trotz hydraulischen Abgleichs
14	3.4 Wirkungsweise des Differenzdruckreglers
15	3.5 Der Abgleich von Anlagenabschnitten
16	3.6 Dimensionierung
18	4. Hydraulik im Erzeugerkreis
19	5. 10 Schritte zum hydraulischen Abgleich

Potenziale zur Energieeinsparung



Hydraulischer Abgleich erschließt wichtige Energieeinsparpotenziale

Die 18 Mio. Wohngebäude der Bundesrepublik benötigen mehr als 400 Mrd. kWh für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser. (2007)

Über 70 % der Wohngebäude wurden vor der 1. Wärmeschutzverordnung 1979 erstellt, sie sind deshalb besonders stark am Energieverbrauch beteiligt. Hier liegen große Potenziale zur Energieeinsparung, denn die Heizungsanlagen sind oftmals veraltet.

Aber auch in den Gebäuden, die nach 1980 errichtet wurden, kann vielfach durch geringinvestive Maßnahmen die Energieeffizienz spürbar gesteigert werden. Eine dieser Maßnahmen ist der hydraulische Abgleich. Er erhöht nicht nur die Energieeffizienz, sondern sorgt zugleich bei gesenkten Heizkosten für mehr Heizkomfort und gesteigerte Kundenzufriedenheit.

Dieser Leitfaden behandelt den hydraulischen Abgleich in größeren Anlagen. Dies sind z.B. Büro- und Geschäftshäuser sowie Mehrfamilienhäuser. Das letztere Segment betrifft ca. 4 Mio. Gebäude von insgesamt 18 Mio. Wohngebäuden.

»90 % aller Heizungen sind nicht optimal eingestellt. Allein durch den hydraulischen Abgleich der Anlagen können 6,4 Mrd. kWh an Heizenergie eingespart werden« (Mitteilung der Verbraucherzentralen vom November 2012).

Studien und Referenzprojekte belegen die positiven Effekte des hydraulischen Abgleichs:

Untersuchungen zeigen, dass sehr viele Heizungsanlagen Optimierungspotenzial bieten und dass sich die richtige Einstellung lohnt: Sie bringt mehr Komfort, reduziert den Energieverbrauch und schont die Umwelt. Das gilt erstaunlicherweise vor allem für Gebäude, die ab ca. 1980 errichtet oder modernisiert worden sind, also über einen verbesserten Wärmeschutz verfügen.

Ein Beispiel ist die Optimus-Studie. In Zusammenarbeit mit der Deutschen Bundesstiftung Umwelt wurden Heizungsanlagen in Ein- und Mehrfamilienhäusern verschiedener Baualtersklassen unter die Lupe genommen.

Die wichtigsten Ergebnisse der Optimus-Studie

In mehr als 50 % der Fälle war die Nachrüstung mit Heizkörperarmaturen nötig, die die Wassermenge auf das erforderliche Maß begrenzen können.

Bei fast allen Anlagen konnte die Regelung besser auf die Anlage abgestimmt und die Vorlauftemperatur gesenkt werden. Auch die Pumpenleistung konnte, sofern möglich, herabgesetzt werden.

Das Energieeinsparpotenzial aller untersuchten Gebäude lag bei durchschnittlich 10 kWh/m²a (das entspricht einem Liter Heizöl oder einem Kubikmeter Erdgas) pro Quadratmeter beheizter Fläche und Jahr, bei baulich modernisierten Gebäuden zwischen 15 und 19 kWh/m²a und in Einzelfällen sogar noch höher.

Wichtig ist zu berücksichtigen, dass der Einspar-effekt auch vom Nutzerverhalten und den Witterungsbedingungen beeinflusst wird.

6 400 000 000 kWh
Einsparpotenzial durch den
hydraulischen Abgleich

Bedeutung des hydraulischen Abgleichs für Fachhandwerk und Kunden

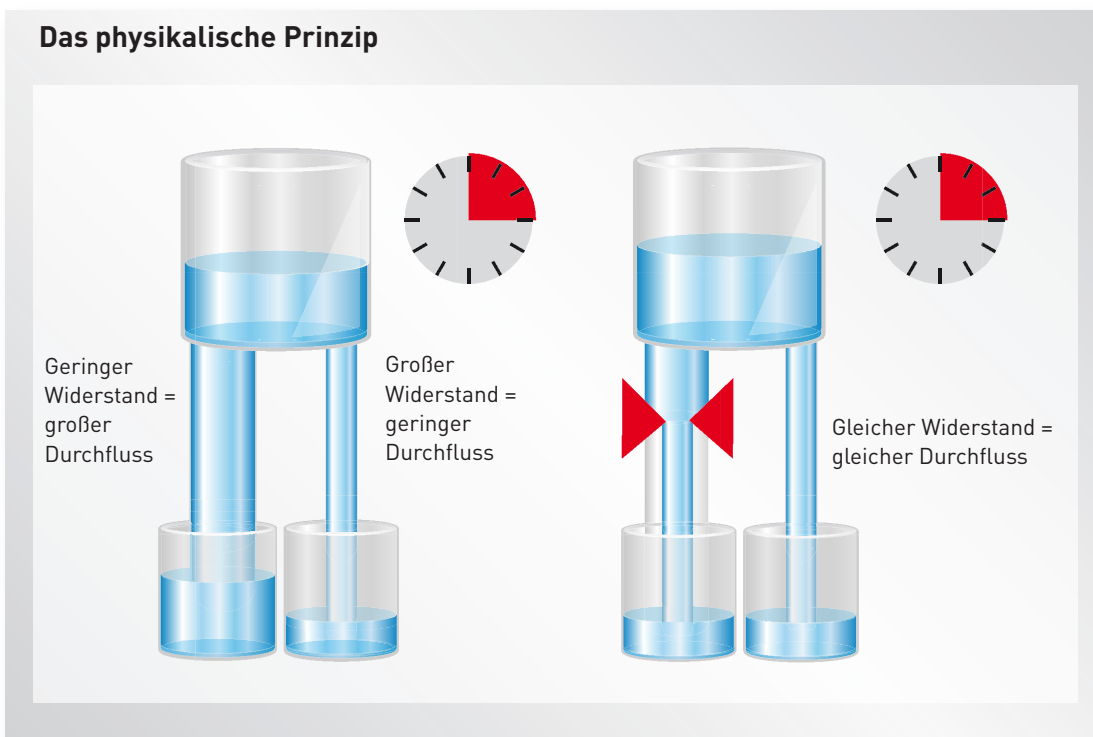
Der hydraulische Abgleich ist heute eine Selbstverständlichkeit für den SHK-Fachhandwerker, da alle relevanten Anlagenbauteile auch im Neubau einer Heizungsanlage die Justierung erfordern und aufeinander abgestimmt werden müssen. Der hydraulische Abgleich ist auch Inhalt vieler nationaler und europäischer Normen, Richtlinien und Verordnungen. Darüber hinaus ist er Bedingung für viele Fördermittel.

- **Erforderliche Leistung wird erreicht**
 - **Gleichmäßiges und schnelles Aufheizen**
 - **Keine überhöhte Rücklauftemperatur, optimale Brennwertnutzung**
 - **Keine Geräuschbelästigung**
 - **Weniger Energieverbrauch**
 - **Mehr Komfort**
 - **Keine Reklamationen**
 - **Mehr Kundenzufriedenheit**
- **VOB Teil C, DIN 18380** Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C, Allgemeine technische Vertragsbedingungen
 - **EN 14336** Heizungsanlagen in Gebäuden – Installation und Abnahme von Warmwasser-Heizungsanlagen (Anhang G)
 - **VDMA 24199** (Juli 2004) Regelungstechnische Anforderungen an die Hydraulik bei Planung und Ausführung von Heizungs-, Kälte-, Trinkwarmwasser- und raumlufttechnischen Anlagen
 - **VDI 2073 Blatt 2** – Hydraulik in Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung, hydraulischer Abgleich
 - **EnEV** - Auch die Energieeinsparverordnung verlangt den hydraulischen Abgleich
 - **KfW Programme**
 - Fördervoraussetzungen für »Energieeffizient Sanieren« (z.B. Optimierung der Wärmeverteilung, Austausch Wärmeerzeuger) und
 - »Energieeffizienzhaus«
 - **BAFA »Marktanreizprogramm für erneuerbare Wärme«** Fördervoraussetzung bei Kesseltausch, Biomasse und Wärmepumpe



DIN 18380
 EN 14336 VDMA 24199
 VDI 2073 EnEV
 KfW BAFA

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

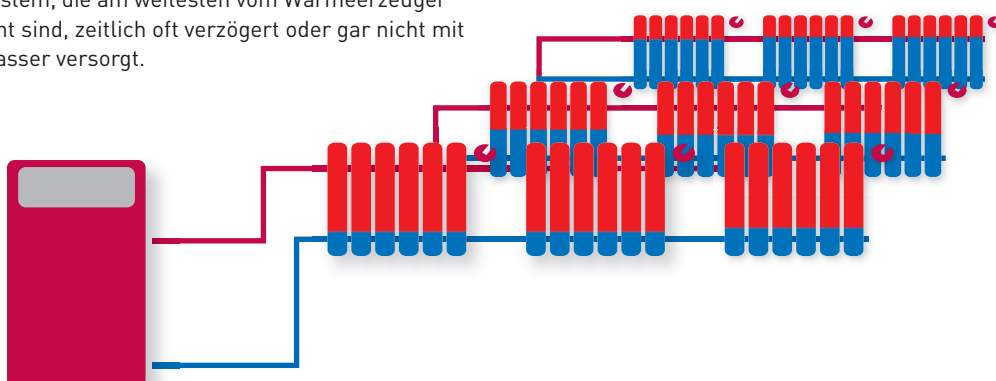


Der hydraulische Widerstand im Heizungssystem

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

Deshalb werden z.B. Heizkörper im nicht abgeglichenen System, die am weitesten vom Wärmeerzeuger entfernt sind, zeitlich oft verzögert oder gar nicht mit Heizwasser versorgt.

Dieser Ungleichgewichtszustand wird besonders nach Nachtabsenkung und Abschaltung während der morgentlichen Aufheizphase deutlich, wenn die Thermostatventile oder die Regler aufgrund der abgesenkten Raumlufttemperatur weiter geöffnet sind.



Probleme durch Nichtbeachtung des physikalischen Prinzips

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

1. Unterversorgung/Übersorgung

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

2. Kesselleistung des Systems reicht aus, trotzdem unzureichende Leistung

3. Unzureichende Versorgung im Nennlastbetrieb (Volllast)

Wenn ein hoher Gleichzeitigkeitsfaktor der Verbraucher besteht

4. Verzögertes Wiederaufheizen

Nach Betriebsunterbrechung oder auch nach Absenckphasen

5. Schlechte Regelbarkeit

Schwankende Differenzdrucke sind ungünstig für Regelarmaturen (schlechte Regelgüte)

6. Geforderte niedrige Rücklauftemperaturen werden nicht erreicht

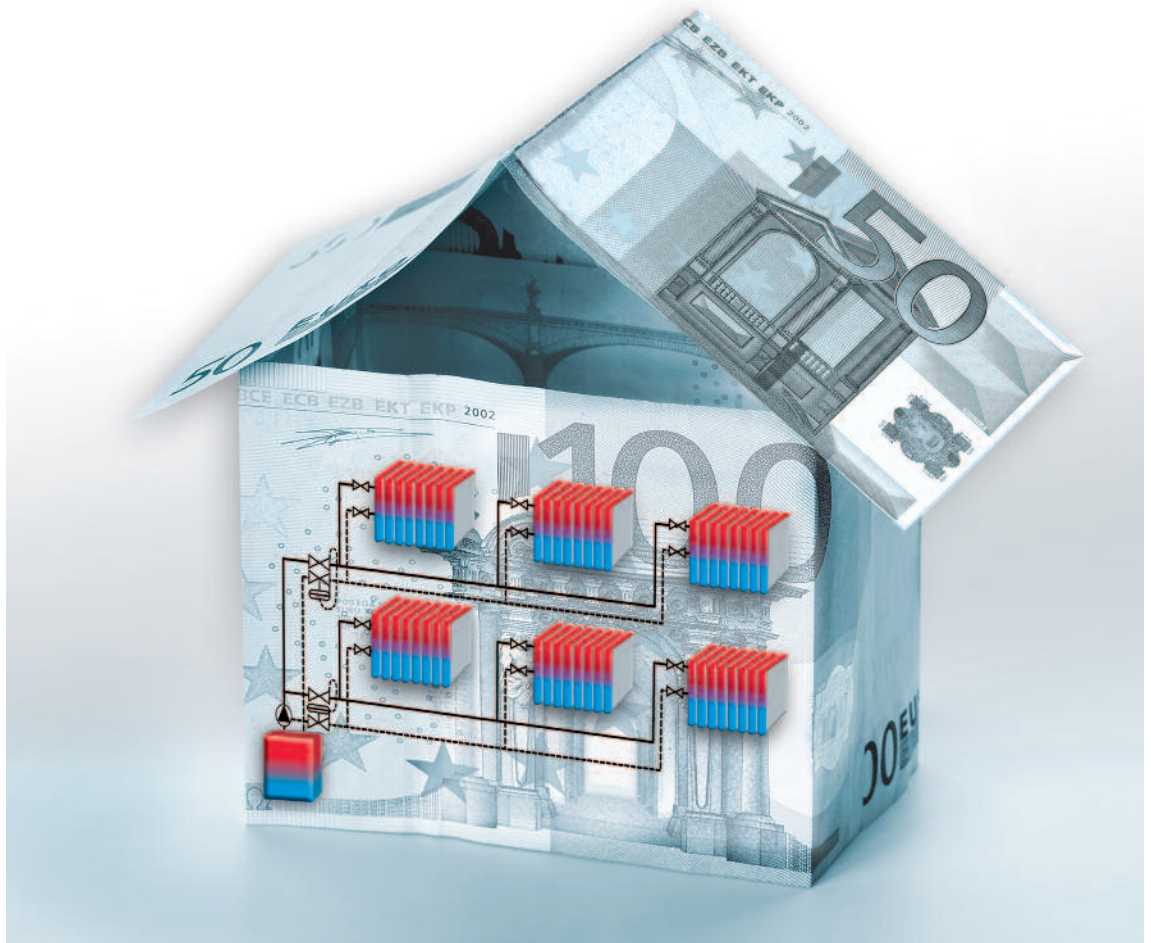
Übersorgte Verbraucher erzeugen quasi im Kurzschluss eine zu hohe Rücklauftemperatur. Nachteilig für z.B. Brennwerttechnologie

7. Geräuschentwicklung

Besonders im Teillastbereich

8. Erhöhter Energieverbrauch

Elektrisch (z.B. Pumpe) und thermisch



Die falschen Maßnahmen zur Lösung der Probleme und ihre Folgen

2

2

Sind Probleme entstanden, wird häufig zu den folgenden Maßnahmen gegriffen, in der Regel jedoch ohne Erfolg. Oft entstehen dadurch noch weitere Schwierigkeiten. Die wirkliche Lösung besteht darin, den hydraulischen Abgleich unter die Lupe zu nehmen.

Beispiele falscher Problembehebung:

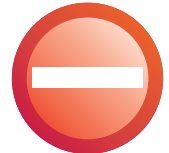
Um z.B. die Unterversorgung auszugleichen, wird häufig

- die Vorlauftemperatur erhöht,
- die Pumpe mit einer höheren Leistung betrieben oder
- der Zeitpunkt der Wiederaufheizung (z.B. nach Nachtabsenkung) vorverlegt.

Folgen falscher Problembehebung:

Die aufgeführten Maßnahmen zur Problembehebung führen jedoch zu weiteren Problemen, wie:

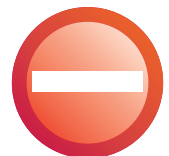
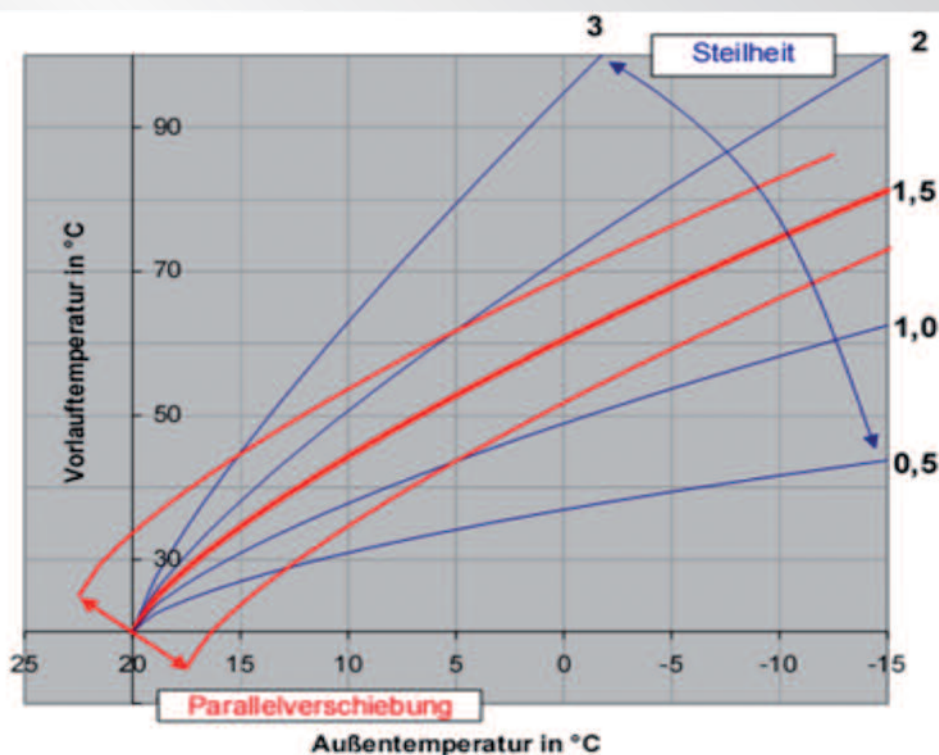
- Verstärkte Geräuscentwicklung
- Erhöhter Energieverbrauch
- Weitere Reklamationen



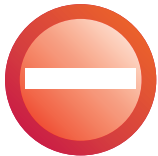
1. Erhöhter Energieverbrauch durch Erhöhung der Vorlauftemperatur

Der Anlagennutzungsgrad wird schlechter, zum Beispiel bedingt durch höhere Verluste in der Verteilung und geringere Effizienz der Wärmeerzeugung.

Veränderung der Steilheit und / oder Parallelverschiebung der Heizkurve als Maßnahme zur Reduzierung von Unterversorgungen erhöhen Verluste.



2. Erhöhter Energieverbrauch durch Steigerung der Pumpenleistung



Energieverschwendung bei Durchflusserhöhung durch Anhebung der Pumpenförderhöhe

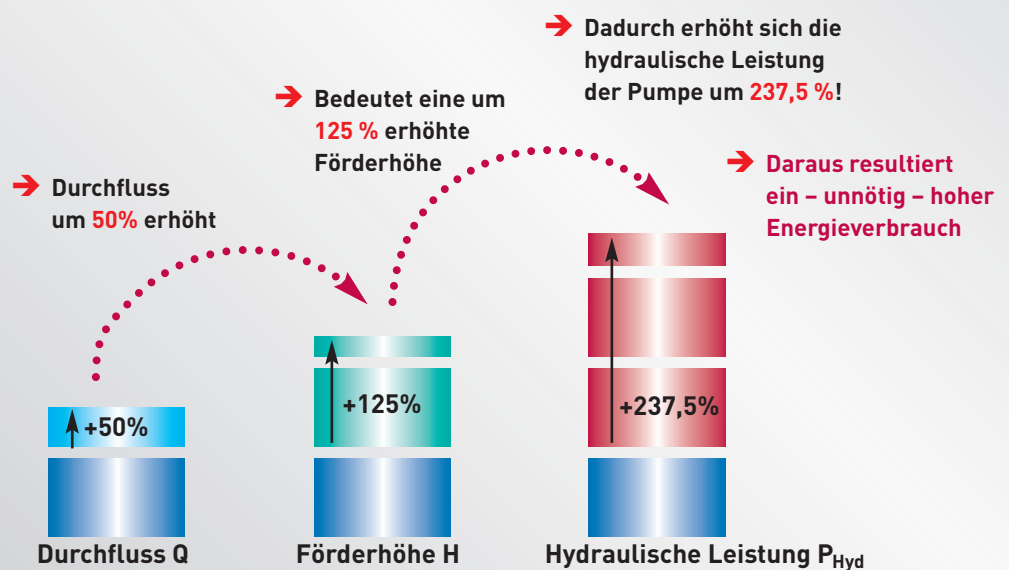
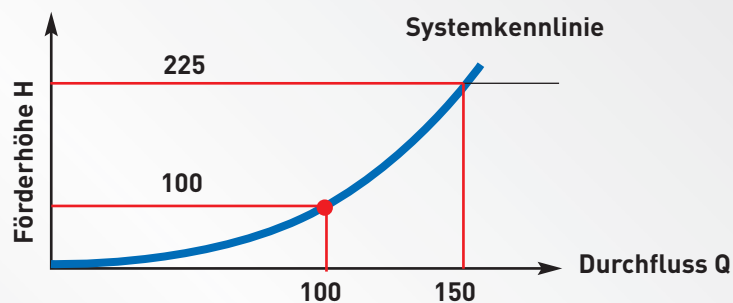
Die Steigerung der Pumpenförderhöhe hat fatale Folgen, denn die Auswirkung auf die Leistung der Pumpe erfolgt überproportional.

D.h. eine Anhebung der Pumpenförderhöhe führt direkt auch zu einem größeren Durchfluss. Dadurch nimmt die hydraulische Leistung der Pumpe deutlich zu und der elektrische Energieverbrauch steigt ganz beträchtlich an.

Im hydraulischen System gilt:

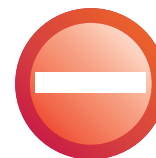
1. Die Förderhöhe [H] verändert sich quadratisch mit dem Durchfluss [Q], d.h. doppelter Durchfluss führt zu 4-fachem Druck!
2. Die hydraulische Leistung [P_{Hyd}] verändert sich mit dem Durchfluss [Q] in der 3. Potenz, d.h. doppelter Durchfluss führt zu 8-facher hydraulischer Leistung!

Beispiel: 50% Durchflusserhöhung

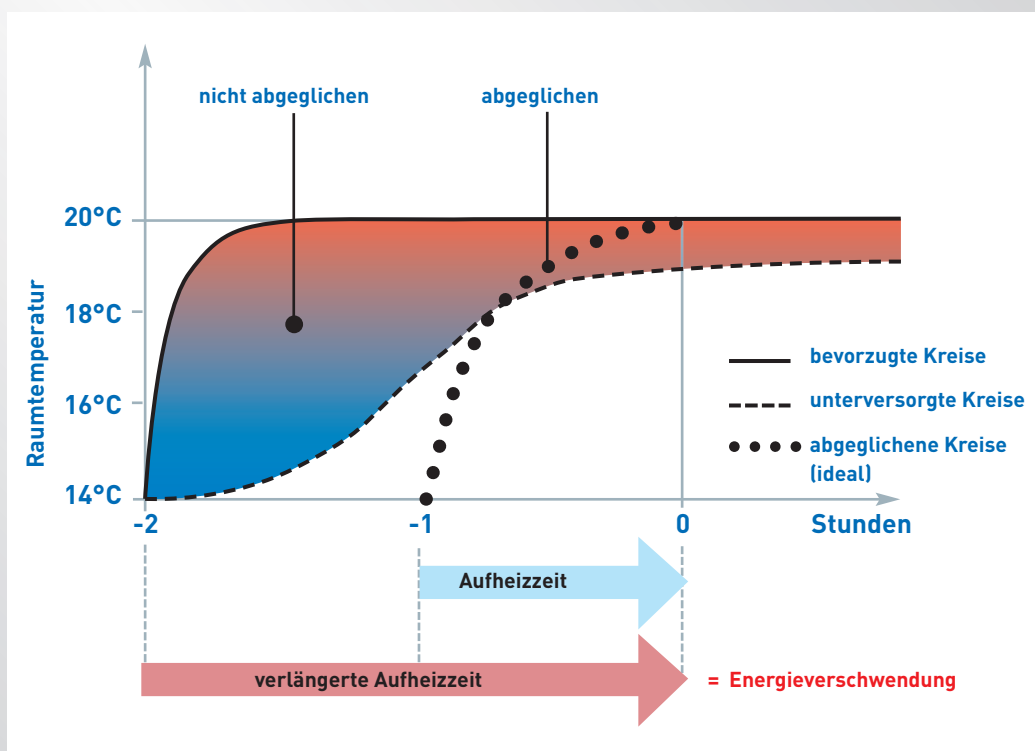


3. Erhöhter Energieverbrauch durch Vorverlegung des Wiederaufheizzeitpunktes

Besonders während der morgendlichen Aufheizphase zeigt sich ein hydraulisches Ungleichgewicht durch nicht zeitgleiches Aufheizen der Räume. Denn Räume bevorzugter Kreise erreichen sehr schnell ihre vorgesehene Raumtemperatur, andere Räume jedoch erst verzögert. In ungünstigen Fällen erreichen Räume nie ihre vorgesehene Solltemperatur. Um hier Abhilfe zu schaffen, wird der Zeitpunkt des Beginns der Aufheizung dem ungünstigsten Kreis angepasst und vorverlegt. Dadurch verringern sich die durch Absenkung erzielbaren Energieeinsparungen.



Auswirkung unterversorgter Anlagenteile auf den Aufheizpunkt

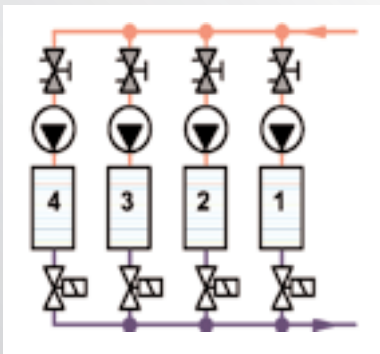


Quelle: TA Hydraulics

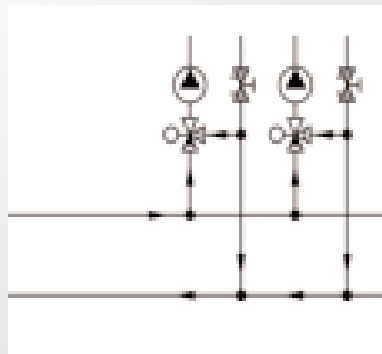
Die Probleme lösen durch »Denken im System«

Nicht nur die bestimmungsgemäße Wasserverteilung innerhalb des Netzes allein stellt einen optimalen Betrieb sicher. Damit ein System insgesamt effizient, sicher und mit hohem Komfort betrieben werden kann, sind Übergabe, Verteilung und Erzeugung gesamtheitlich zu betrachten.

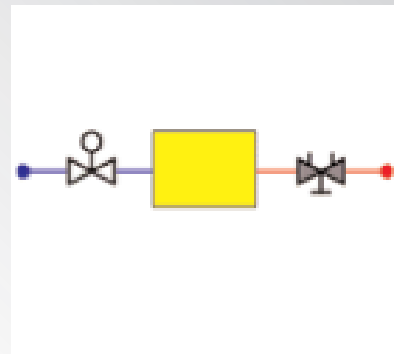
Erzeugung



Verteilung



Übergabe



Für eine einwandfreie hydraulische Funktion der Heizungsanlage müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Der Nenndurchfluss muss an allen Verbrauchern bei Volllast zur Verfügung stehen.
- Der Differenzdruck über den Regelventilen, z.B. Thermostatventile darf nicht zu stark schwanken.
- Die Regelgüte der Ventile muss beachtet werden.
- Der Durchfluss muss an allen Systemschnittstellen (z.B. hydraulische Weiche) kompatibel sein.
- Der statische Druck im System muss stabil sein.
- Das System muss frei von Luft und Schlamm sein.

Anlagenfehlfunktionen sind nicht grundsätzlich auf einen nicht vorhandenen hydraulischen Abgleich zurück zu führen. Trotz hydraulischen Abgleichs können Fehler auftreten.

Besonders bei vorhandenen Anlagen ist es ratsam eine Diagnose durchzuführen.

Häufig werden beispielsweise folgende Fehler entdeckt:

- Verstopfte Schmutzfänger, Ventile oder Verbraucher
- Falsch montierte Verbraucher (VL RL vertauscht)
- Beschädigte Rohre
- Falsch montierte Rückschlagklappen und Pumpen
- Falsch angeschlossene Verbraucher und Wärmetauscher

Messinstrumente zur Problemerkennung

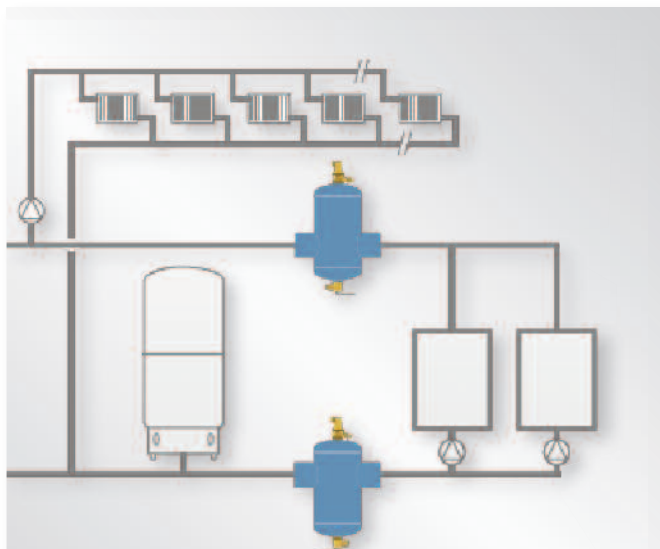
Durch geeignete Messinstrumente lassen sich verschiedene Probleme im System erkennen. Die Messung von Durchfluss, Temperatur, Differenzdruck und Leistung in Verbindung mit kompatiblen Armaturen ermöglicht die Ortung von Störungen oder Systemfehlern. Häufig wird dabei aber auch festgestellt, dass der Abgleich nicht oder nur unzureichend vorgenommen wurde. Derartige Instrumente vereinfachen natürlich auch den Vorgang des hydraulischen Abgleichs und ermöglichen den Nachweis per Protokoll oder durch Stichprobenmessungen vor Ort.



Druckhaltung und Wasserqualität – Eine unterschätzte Voraussetzung für die Systemfunktion

Falsche Auslegung, Einstellung und fehlende Wartung von Druckhalte- und Entgasungssystemen führen zu erheblichen Konsequenzen bis hin zu Korrosionsschäden. Denn der durch Undichtigkeiten bedingte Eintritt von Luft, z. B. Unterdruckzustände oder Füll- und Ergänzungswasser, hat vielfältige Probleme zur Folge.

Auch der hydraulische Abgleich wird durch Luft im System negativ beeinflusst, bzw. kann gar nicht durchgeführt werden. Die richtige Auswahl, Dimensionierung, Einstellung und Installation von Komponenten für die Druckhaltung und Entgasung ist von besonderer Bedeutung. Dies gilt auch für Bestandsanlagen. Hier ist in jedem Fall auch eine Überprüfung der entsprechenden Komponenten notwendig, gegebenenfalls sind Entgasungseinrichtungen nachzurüsten. Auch die Notwendigkeit von Schlammabscheidern ist zu prüfen. Damit ist eine entscheidende Grundlage für die Durchführung und Aufrechterhaltung des hydraulischen Abgleichs gegeben. Weitergehende Informationen zur Wasserqualität in Heizungsanlagen siehe: **»VdZ – Leitfaden für Fachleute: Druckhaltung und Wasserqualität in Heizungsanlagen«**



Einbausituation Großanlage

Beispiel: Luft- (im Vorlauf) und Schlammabscheider (im Rücklauf) in Heizungssystem mit mehreren Wärmeerzeugern.

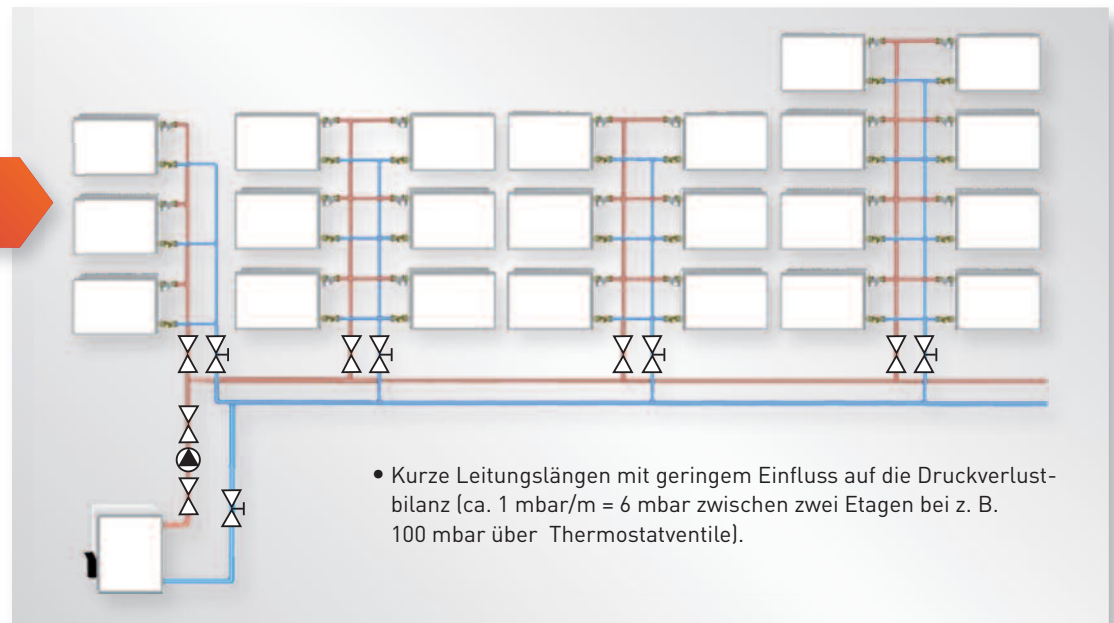
Typische Anordnung von Zweirohrheizungen

Bei hydraulischen Betrachtungen sollte auch immer die Art der Rohrführung einbezogen werden.

Senkrechte Verteilung Zweirohrheizung – typisch für Altbau

Bei klassischen Steigsträngen ist der Druckverlust der Rohrleitung relativ gering. Je nach Systemtemperaturen kann dieser sogar durch den thermischen Umtriebsdruck kompensiert werden. Die Nutzung der Räume eines Stranges ist oft identisch, die Heizkörpergröße ebenfalls oft gleich. Dynamische Wechselwirkungen innerhalb des Stranges sind wegen der gleichen Nutzung eher gering ausgeprägt. Der Einfluss auf die Druckverlustbilanz ist gering.

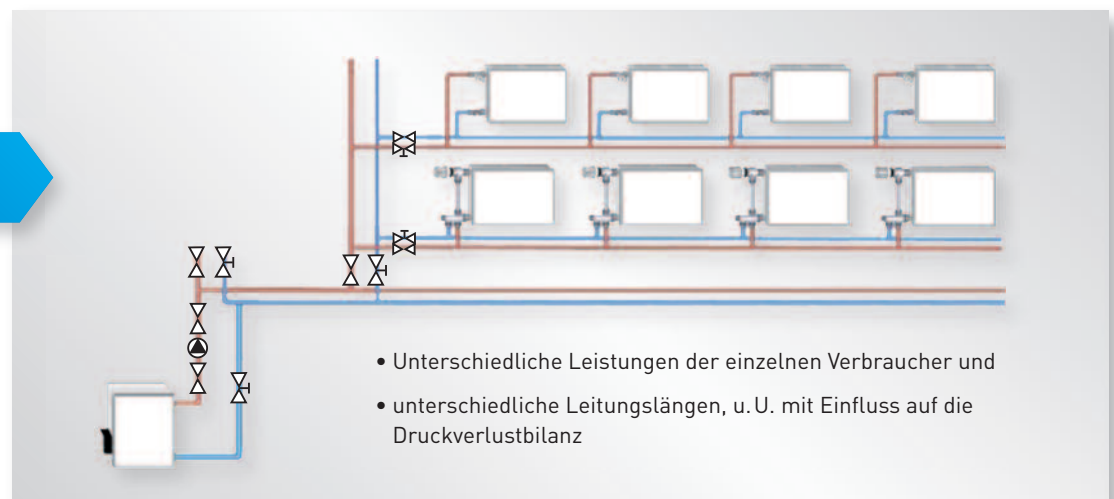
typisch Altbau



Waagerechte Verteilung Zweirohrheizung – typisch für Neubau

Bei waagerechter Rohrführung ist der Druckverlust der Rohrleitung relativ hoch wegen geringerer Rohrquerschnitte und längerer Leitungen. Die Heizkörpergrößen eines Kreises können variieren. Die dynamische Wechselwirkung ist bei ungleicher Nutzung der Räume stärker ausgeprägt. Der Einfluss auf die Druckverlustbilanz ist relativ hoch und sollte beachtet werden.

typisch Neubau



Geräuschprobleme bei Teillast – trotz hydraulischen Abgleichs!

Auch wenn der hydraulische Abgleich gegeben ist, kann es zu Geräuschen kommen, besonders bei Teillast. Grund ist der deutliche Rückgang des Druckverlustes in Rohrleitungen und weiteren Komponenten, wie z. B. Wärmemengenzähler und Strangregulierventile. Auch wenn der hydraulische Abgleich durchgeführt wurde, kann es im Teillastbetrieb – also bei reduzierten Volumenströmen – zu Geräuschen kommen. Grund ist der deutliche Rückgang der Druckverluste in den Rohrleitungen und ggfs. weiteren Komponenten wie z.B. Wärmemengenzähler und Strangregulierventile. Auch wenn eine geregelte Pumpe den Druck im Teillastbetrieb reduziert, kann im System ein so hoher Drucküberschuss entstehen, dass an den Thermostatventilen unerwünschte Geräusche verursacht werden. Die bei Einsatz von Strangregulierventilen bestehende Gefahr der Überschreitung der Geräuschgrenze kann vermieden werden, indem stattdessen Differenzdruckregler eingesetzt werden.

Auslegungsfall, Nennvolumenstrom

Überschüssiger Differenzdruck wird vom Strangregulierventil übernommen, in diesem Beispiel 140 mbar.

Vereinfachte Darstellung

Teillastbetrieb, 50 % Volumenstrom

Im Teillastbetrieb verlieren fest eingestellte Widerstände (auch Rohre) an Druckverlust. Überschüsse verschieben sich auf Thermostatventile, auch bei konstanter Förderhöhe. Dadurch Gefahr der Geräuschbildung.

Die Reduzierung des Durchflusses um 50 % bewirkt am Strangregulierventil eine Reduzierung des Differenzdrucks auf 25 %!

Die Lösung der Geräuschprobleme: Dynamischer Abgleich

Differenzdruckregler

Zur Vermeidung von Strömungsgeräuschen sollen Thermostatventile bis zu einem max. Differenzdruck von **150 mbar** betrieben werden (Betrachtung bei Teillast).

Durch den Vergleich des Differenzdrucks zwischen Stranganfang (Vorlauf) und Strangende (Rücklauf) mit einem eingestellten Sollwert wird der zur Versorgung benötigte Differenzdruck zur Verfügung gestellt.

Schließen einige Thermostatventile, so entsteht ein höherer Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf. Der Differenzdruckregler reagiert auf den Differenzdruckanstieg und übernimmt den Anstieg. Geräusche werden vermieden.

Differenzdruckregler übernehmen im Teillastbetrieb überschüssige Differenzdrücke und sorgen so für gleichbleibende Bedingungen für Thermostatventile.

Teillastbetrieb, 50 % Volumenstrom

Vereinfachte Darstellung

* Werte gültig für Pumpe mit konstanter Regelkennlinie. Je nach System- oder Anlagenbedingung kann zur Energieeinsparung die Pumpe auch im Betriebsmodus (Δp_V) betrieben werden.

Wirkungsweise des Differenzdruckreglers

Differenzdruckregler

Differenzdruckregler sind automatisch arbeitende Strangreguliertventile. Sie werden im Rücklauf eingesetzt und sorgen für ein unter allen Betriebsbedingungen ideales hydraulisches Gleichgewicht. Es gibt Differenzdruckregler mit fest eingestelltem Differenzdrucksollwert und auch einstellbare Ausführungen. Der Druck im Vorlauf wird über eine Impulsleitung gemessen. Die Messung des Drucks im Rücklauf erfolgt in der Regel innerhalb der Armatur.

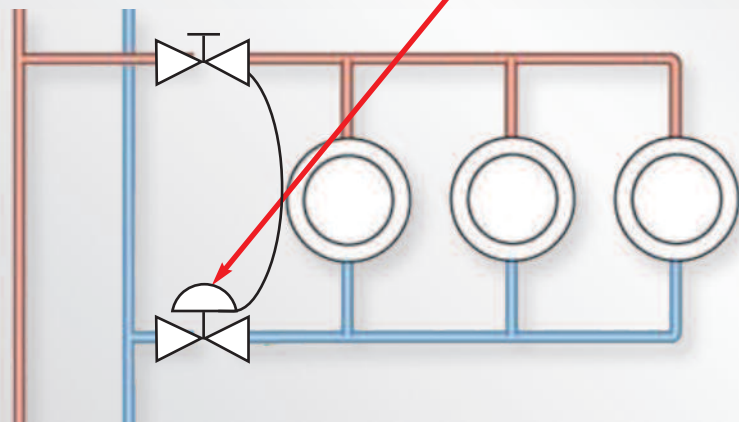
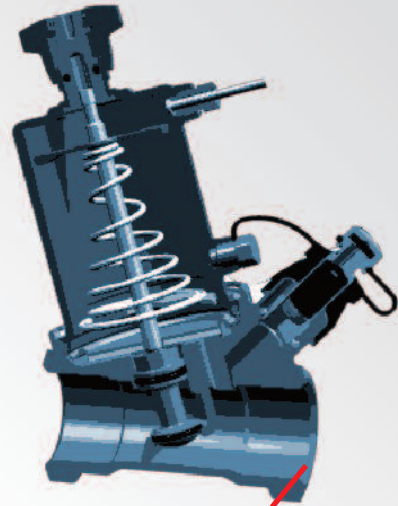
Funktionsweise

Der sekundäre Differenzdruck wirkt auf die Membrane.

Der höhere Druck (Vorlauf) liegt außen an, der niedrigere Druck (Rücklauf) innen.

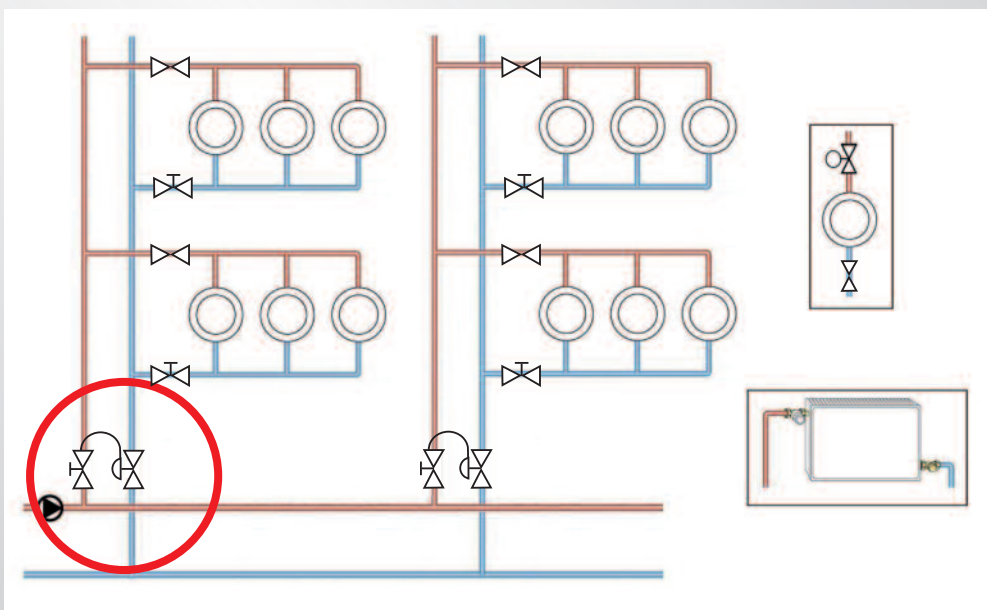
Die Kraft der Feder unterstützt die Seite des niedrigeren Drucks. Es herrscht dann Kräftegleichgewicht. Verstellbare Federn ermöglichen unterschiedliche Differenzdrucksollwerte.

Wenn der Differenzdruck steigt, drosselt der Regler das Ventil, bis das Kräftegleichgewicht wieder hergestellt ist.

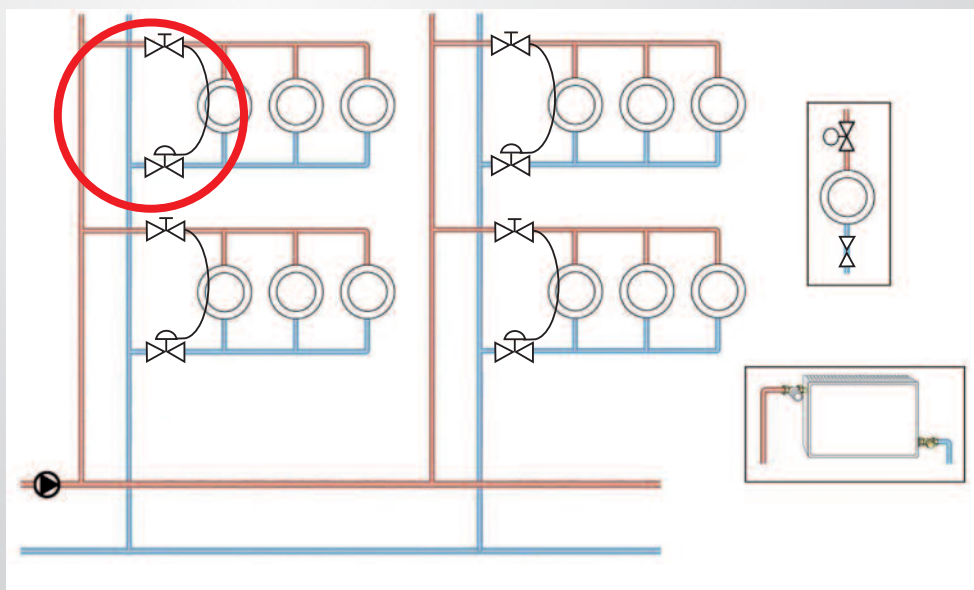


Differenzdruckregler können vielfältig eingesetzt werden. Die Montage vor einen Anlagenabschnitt ist dabei genauso denkbar wie die direkte Montage vor einem Verbraucher. Grundsätzlich gilt: Je näher am Verbraucher desto besser – siehe untere Abbildung.

Anwendungsbeispiel: Im Strang



Anwendungsbeispiel: In jedem Abgang



Dimensionierung

Nachfolgend wird die Dimensionierung / Auslegung des Differenzdruckreglers erklärt. Grundsätzlich ist eine Auslegung im Rahmen einer Rohrnetzberechnung mittels unterschiedlicher Softwareanwendungen zu empfehlen. Die Industrie stellt hierfür Berechnungsdaten in Form einer standardisierten Schnittstelle nach VDI Richtlinie 3805 Blatt 2 zur Verfügung. Damit können die Armaturen auf der Basis definierter Auslegungskriterien unkompliziert ausgelegt werden. Neben der klassischen Berechnungsmethode ist auch eine vereinfachte Vorgehensweise möglich. Diese bietet sich besonders in bestehenden Systemen an, wenn keine oder nur unzureichende Informationen und Kenntnisse über das Rohrnetz vorliegen.

Wichtig ist die Analyse des Verteilnetzes und die technisch sinnvolle Platzierung der automatischen Differenzdruckregler.

Klassische Berechnungsmethode

1

Berechnung des zur Versorgung des Stranges erforderlichen Differenzdrucks bzw.

Einstellwertes (ungünstigster Kreis) aus $\Delta p = \Delta p_{\text{Rohr}} + \Delta p_{\text{THV}} + \Delta p_{\text{Verschr}} + \Delta p_{\text{Sonstiges}}$

2

Auswahl der erforderlichen Dimension des Differenzdruckreglers

3

Ermittlung der erforderlichen Pumpenförderhöhe

Beispielrechnung:

- Gegeben:**
1. Strang DN 20
 2. Massenstrom $\dot{m} = 750 \text{ kg/h}$
 3. $\Delta p_{\text{Str,V}} = 30 \text{ mbar}$ (Strangreguliertventil im Vorlauf)
 4. $\Delta p_{\text{Verschr}} = 13 \text{ mbar}$ (Rücklaufverschraubung Heizkörper)
 5. $\Delta p_{\text{Sonstige}} = 0$ (keine sonstigen Komponenten verbaut)

- Gesucht:**
1. Einstellwert Differenzdruckregler
 2. Nennweite Differenzdruckregler
 3. Pumpenförderhöhe

1

Berechnung des erforderlichen Einstellwertes

Druckverlust Strang: $\Delta p_{\text{Str}} = \Delta p_{\text{THV}} + \Delta p_{\text{Verschr}} + \Delta p_{\text{Rohr}} + \Delta p_{\text{Sonstige}}$

$\Delta p_{\text{THV}} = 100 \text{ mbar}$ (aus z.B. Diagramm)

$\Delta p_{\text{Verschr}} = 13 \text{ mbar}$ (aus z.B. Diagramm)

$\Delta p_{\text{Rohr}} = 30 \text{ mbar}$ (30 m für Vor- und Rücklauf à 1 mbar/m)

$\Delta p_{\text{Str}} = 100 + 13 + 30 = 143 \text{ mbar}$ (Einstellwert Differenzdruckregler)

2

Dimensionierung des Differenzdruckreglers

Der Differenzdruckregler in der vorgegebenen Nennweite des Stranges in **DN 20 ist geeignet.** (siehe Beispieltabelle unten)

Beispiele für Nennweiten DN 15 – DN 25, Einstellwert 100 – 600 mbar

DN	$\Delta p = 100 \text{ mbar}$ (Werkseinstellung)			$\Delta p = 200 \text{ mbar}$			$\Delta p = 300 \text{ mbar}$			$\Delta p = 600 \text{ mbar}$			Kg/h
	\dot{m}_{min}	\dot{m}_{nom}	\dot{m}_{max}	\dot{m}_{min}	\dot{m}_{nom}	\dot{m}_{max}	\dot{m}_{min}	\dot{m}_{nom}	\dot{m}_{max}	\dot{m}_{min}	\dot{m}_{nom}	\dot{m}_{max}	
15	20	320	400	30	450	630	40	550	770	55	770	1080	Kg/h
20	50	700	980	70	980	1390	90	1200	1700	120	1700	2400	Kg/h
25	90	1200	1740	130	1700	2460	150	2080	3010	220	2940	4260	Kg/h

3 Ermittlung der Pumpenförderhöhe

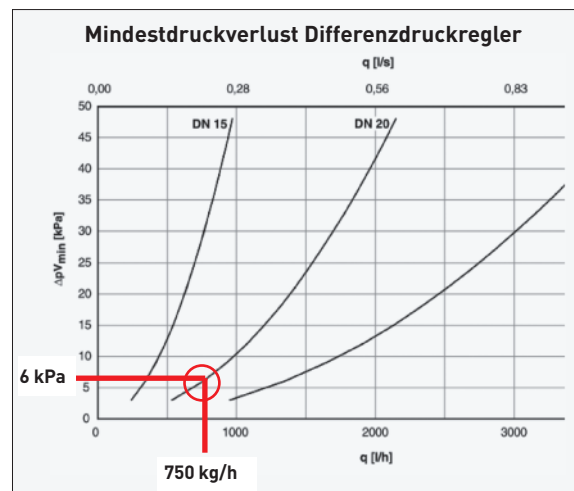
Der Druckverlust des Differenzdruckreglers DN 20 bei $\dot{m} = 750 \text{ kg/h}$ kann z. B. aus einem Diagramm ermittelt werden.

Der mindestens erforderliche Differenzdruck ist zu beachten, in diesem Beispiel $\Delta p_{V\min} = 6 \text{ kPa}$ ($\approx 60 \text{ mbar}$)

Erforderliche Pumpenförderhöhe:

$$H = \Delta p_{\text{Str}} + \Delta p_{\text{StrV}} + \Delta p_{V\min} + \Delta p_{\text{Wärmeerzeuger}} + \Delta p_{\text{Verteilung}}$$
$$H = 143 + 30 + 60 \text{ mbar} + \Delta p_{\text{Wärmeerzeuger}} + \Delta p_{\text{Verteilung}}$$

$$H = 233 \text{ mbar} + \Delta p_{\text{Wärmeerzeuger}} + \Delta p_{\text{Verteilung}}$$



Vereinfachte Vorgehensweise

- 1 »Zerlegung« der Heizungsanlage in kleine, druckunabhängige Einheiten (Stränge, Anlagenteile) – siehe auch Seite 15. Jede Einheit wird durch den Einbau von Differenzdruckreglern in jedem Teillastfall mit einem definierten oder errechneten Differenzdrucksollwert betrieben.
- 2 In vielen Fällen reicht eine **Grundeinstellung von z.B. 100 mbar am Differenzdruckregler** aus. Dabei ist zu beachten, dass die Summe aus geplantem Differenzdruck am Thermostatventil und dem Druckverlust der Rohrleitungen des betroffenen Stranges inkl. zusätzlicher Widerstände den eingestellten Sollwert nicht überschreitet.
- 3 Die minimal notwendige Förderhöhe der Heizungsumwälzpumpe ergibt sich aus dem zusätzlichen Druckverlust der Strangarmaturen, des Wärmeerzeugers und der Verteilung inklusiv sonstiger Einbauten.

Die vereinfachte Vorgehensweise ist in vielen Fällen hinreichend genau. Allein durch den in der Regel anzutreffenden Teillastbetrieb ergeben sich Drucküberschüsse aus dem zurückgehenden Druckverlust der Rohrleitungen. Die Druckverluste von Strangleitungen mit senkrechter Rohrführung sind relativ gering.

Bei waagerechter Verteilung mit sehr großen nachgeschalteten Leitungslängen kann eine höhere Einstellung des Differenzdruckreglers erforderlich sein (z.B. 150 mbar). Hier ist eine Auslegung der Thermostatventile auf unterschiedliche Differenzdrücke denkbar:

Nahe am Differenzdruckregler liegende Verbraucher ca. 150 mbar, in der Mitte ca. 100 mbar und entfernt liegende Verbraucher desselben Stranges ca. 50 mbar. Dies entspricht einer einfachen Leitungslängendifferenz zwischen dem ersten und letzten Verbraucher von ca. 50 m.

Bei geringerer horizontaler Ausdehnung verkleinert sich der erste Wert bzw. vergrößert sich der letzte Wert, z.B. 125, 100, 75 mbar, entsprechend einer einfachen Leitungslängendifferenz von 25 m (bei $R = 1 \text{ mbar/m}$, incl. Einzelwiderstände).

Hydraulik im Erzeugerkreis

Hydraulische Kompatibilität

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

Bei zwei Wärmeerzeugern mit z.B. je einer eigenen Pumpe kann es vorkommen, dass bei Abschaltung des einen Wärmeerzeugers, der andere mit zu hohem Durchfluss betrieben wird. Das hat negativen Einfluss auf die Vorlauftemperatur.

Die so genannte hydraulische Wechselwirkung zwischen parallel geschalteten Einheiten tritt auf, wenn diese sich einen gemeinsamen Widerstand (Heizkreis/e) teilen. Je höher dieser Widerstand, umso größer die gegenseitige Beeinflussung der Einheiten.

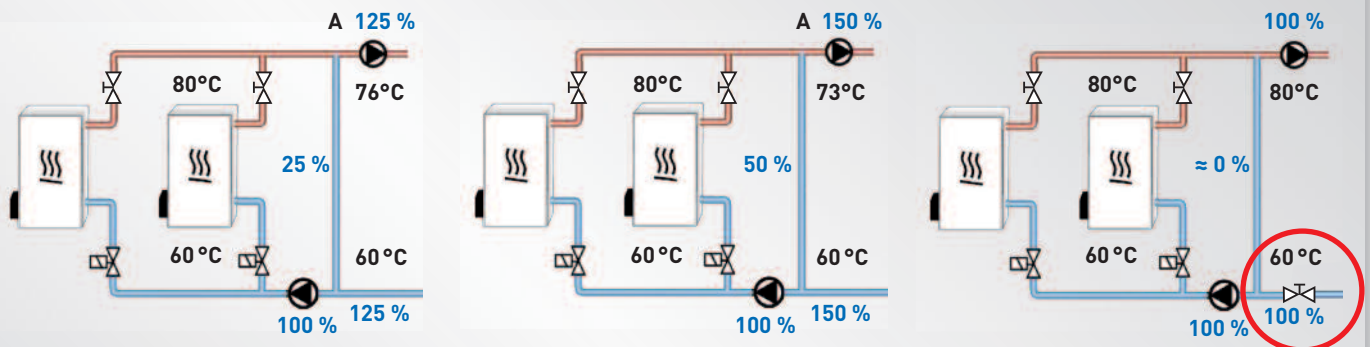
Die hydraulische Entkopplung, z.B. über eine hydraulische Weiche, hebt die Einflüsse der Heizkreise auf die Erzeugung auf. Eine ideale Lösung!

Ein Bypass zwischen Erzeugung und Verteilung verhindert die Wechselwirkung.

aber

Die Kompatibilität zwischen den Durchflüssen muss gewährleistet sein.

Nicht kompatible Durchflüsse in Erzeugerkreis und Verteilung, Beispiel Heizung*



Die gewünschte Vorlauftemperatur (80°C) wird nicht erreicht

Wenn die Pumpe im Verteilerkreis überdimensioniert ist, fließt dort ein größerer Durchfluss, als die Erzeugerseite liefern kann.

Es entsteht ein **Mischpunkt A** zwischen Vorlauf und Rücklauf.

→ Die Vorlauftemperatur ist damit niedriger als berechnet.

Die falsche Maßnahme zur Problem-Lösung:

Erhöhen des Durchflusses im Verteilerkreislauf verschlimmert das Problem.

Die Inkompatibilität wird vergrößert und aufgrund dessen die Rücklaufbeimischung; die Wassertemperatur wird weiter abgesenkt.

→ Anheben des Sollwerts am Wärmeerzeuger kann die Inkompatibilität kompensieren, aber auf Kosten eines höheren Energieverbrauchs.

Die Lösung des Problems

- Einsatz von Regulierventilen
- Einregulieren der korrekten Durchflüsse

$$\dot{V}_{\text{Nenn primär}} = \dot{V}_{\text{Nenn sekundär}}$$

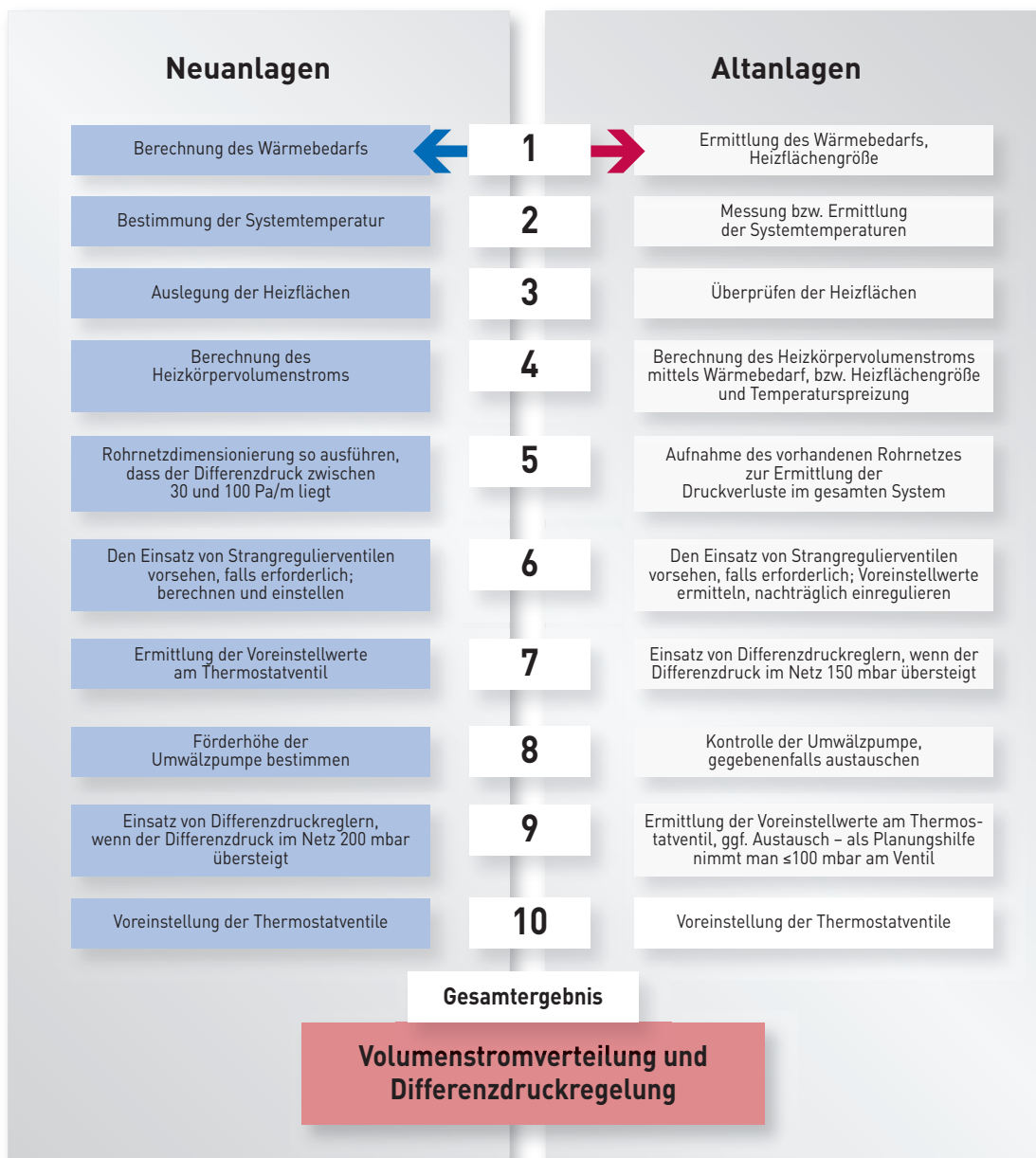
* Die hier dargestellten Sachverhalte gelten in ähnlichem Maße auch für Kälte.

10 Schritte zum hydraulischen Abgleich

5

Bei Neu- und Altanlagen kann man mit unterschiedlichen Vorgehensweisen zu einem guten Abgleich kommen, wenn die benötigten Werte mit der gegebenen Sorgfalt berechnet bzw. auf anderem Weg ermittelt werden. Ziel ist, die Volumenströme am Heizkörper möglichst exakt einzustellen. Das Thermostatventil ist vor einem zu großen Differenzdruck zu schützen.

Vorgehensweise zur hydraulischen Einregulierung des Rohrnetzes bei



Neben einer genauen Berechnung besteht bei Altanlagen die Möglichkeit, mittels verschiedener Näherungsverfahren ein ausreichend genaues Ergebnis zu erreichen. Bei der Ermittlung der Heizlast kann z.B. auf die installierte Heizflächengröße zurückgegriffen werden, wenn die Heizlast des Gebäudes, zum Beispiel durch nachträgliche Wärmedämmung, um nicht mehr als 25% verringert wurde. Die Wohn-/Nutzfläche je Heizkreis sollte dann 500 m² nicht übersteigen. Auch eine Berechnung auf Basis der spezifischen Heizlast nach Baualtersklassen ist möglich.

Für weitere Informationen vergleichen Sie bitte die ZVSHK Fachregel »Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand« (www.zvshk.de).



Das Wichtigste auf einen Blick

Die Vorteile des hydraulischen Abgleichs für Fachhandwerk und Kunden:

- Erforderliche Leistung wird erreicht
- Gleichmäßiges und schnelles Aufheizen
- Keine überhöhte Rücklauftemperatur, optimale Brennwertnutzung
- Keine Geräuschbelästigung
- Weniger Energieverbrauch
- Mehr Komfort
- Keine Reklamationen
- Mehr Kundenzufriedenheit

Wenn das physikalische Prinzip des hydraulischen Abgleichs nicht beachtet wird, treten vielfältige Probleme auf. **Die folgenden falschen Maßnahmen werden häufig zur Lösung der Probleme ergriffen.** Diese sind in der Regel jedoch ohne Erfolg und haben zusätzliche Schwierigkeiten zur Folge, wie:

- Erhöhung der Vorlauftemperatur führt zu erhöhtem Energieverbrauch
- Steigerung der Pumpenleistung führt zu erhöhtem Energieverbrauch
- Vorverlegung des Wiederaufheizzeitpunktes führt zu erhöhtem Energieverbrauch

Die Probleme lassen sich nur durch eine einwandfreie hydraulische Funktion der Anlage – **ein Denken im System** – lösen, bei dem folgende Bedingungen erfüllt sein müssen:

- Der Nenndurchfluss muss an allen Verbrauchern bei Volllast zur Verfügung stehen.
- Der Differenzdruck über den Regelventilen, z.B. Thermostatventile, darf nicht zu stark schwanken.
- Die Regelgüte der Ventile muss beachtet werden.
- Der Durchfluss muss an allen Systemschnittstellen (z.B. hydraulische Weiche) kompatibel sein.
- Der statische Druck im System muss stabil sein.
- Das System muss frei von Luft und Schlamm sein.



Ob Alt- oder Neubau:

In nur 10 logischen Schritten lässt sich der hydraulische Abgleich der Heizungsanlage überprüfen bzw. durchführen.

Weitere hilfreiche Informationen unter:
www.vdzev.de



Aktuelle Informationsbroschüren rund um das Thema Heizungsmodernisierung finden Sie auf den Internet-Seiten der VdZ.

Die **VdZ – Forum für Energieeffizienz in der Gebäudetechnik e. V.** ist ein etablierter Branchenverband mit Standort Berlin. Als Forum bieten wir eine Plattform für den Interessenaustausch zwischen Industrie, Großhandel und Fachbetrieben. Unsere Zielsetzung ist die rationelle und energiesparende Energieverwendung durch Einsatz moderner Technologien für die Beheizung, Lüftung und Klimatisierung von

Gebäuden. Bei der projektorientierten Aufbereitung von Fragestellungen der Branche verfolgen wir das Ziel einer systemübergreifenden und energieträgerneutralen Darstellung. Die **VdZ – Forum für Energieeffizienz in der Gebäudetechnik e. V.** – publiziert Informationsschriften für Fachbetriebe sowie zur Weitergabe an deren Kunden.

Überreicht durch:

Ausgabe: Februar 2013

Herausgeber:

FÖGES – Fördergemeinschaft Gebäude- und Energiesysteme GmbH

Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin
info@vdzev.de · www.vdzev.de
www.intelligent-heizen.info



FORUM für
Energieeffizienz in der
Gebäudetechnik e.V.