

Wärmeverteilung und Regelung

gültig ab: 10. Februar 2026

NUSSBAUM_{RN}

Gut installiert Bien installé Ben installato

Anwendungen und Lösungen

Inhaltsverzeichnis

1	Beschreibung der Anwendung	3
1.1	Einleitung	3
1.2	Physikalische Grundlagen	3
1.2.1	Kontinuitätsgleichung	3
1.2.2	Bernoulli-Gleichung	4
1.2.3	Volumenänderung von Wasser	5
1.2.4	Henry-Gesetz	6
1.3	Systeme und Komponenten	7
1.3.1	Komponentenübersicht	7
1.3.2	1-Rohr- und 2-Rohr-Verteilsysteme	8
1.3.3	Umwälzpumpe	8
1.3.4	Heizrohre	8
1.3.5	Wärmedämmung	9
1.3.6	Druckausdehnungsgefäß	10
1.3.7	Thermostatventil	11
1.3.8	Rücklaufverschraubung	12
1.3.9	Fussbodenheizungen	13
1.3.10	Betonkernaktivierung	15
1.4	Merkmale von Wärmeverteilungen	16
1.4.1	Raumtemperaturen	16
1.4.2	Rohrnetzkenlinie	17
1.4.3	Beschaffenheit des Heizungswassers	18
1.4.4	Korrosion in Heizungsrohren	18
1.5	Methoden	19
1.5.1	Regelungstechnik	19
1.5.2	Auslegung von Wärmeverteilungen	23
1.5.3	Befüllung von Heizungsanlagen	23
1.5.4	Entgasung	24
1.5.5	Druckprüfung von Heizungs- und Kälteinstallationen	24
2	Zulassungen und Bescheinigungen	25
2.1	Gesetze, Normen und Richtlinien	25
2.2	Merkblatt SVGW	25
3	Nussbaum Lösungen	26
3.1	Heizkörperanschluss-Garnituren und Übergänge	28
4	Weiterführende Informationen	30
	Glossar	31
	Quellenverzeichnis	32

1 Beschreibung der Anwendung

1.1 Einleitung

Heizungen gehören zur Grundausstattung von Wohnungen und Gebäuden. Zum einen sorgen Heizungen für den gewünschten Raumkomfort, zum anderen schützen sie Gebäude vor Bauschäden. Der Planer und der Installateur stehen vor der Herausforderung, eine Wärmeverteilung zu installieren, die ein angenehmes Raumklima bei minimalem Energieverbrauch schafft.

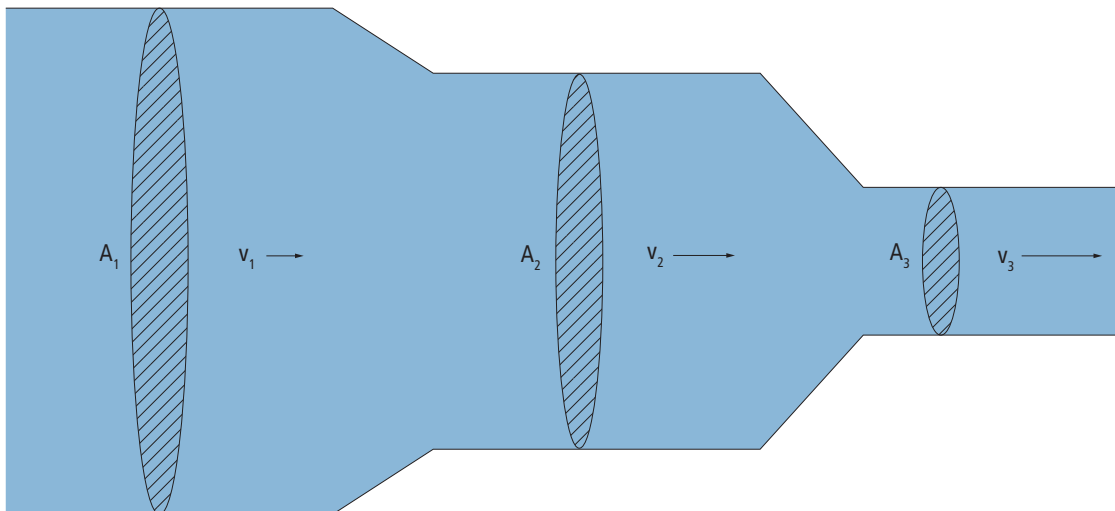
Dieses Dokument gibt einen Überblick über die verschiedenen Komponenten, Eigenschaften und Methoden zur Wärmeverteilung, die in Zusammenhang mit Produkten von R. Nussbaum AG stehen. Schliesslich werden die Lösungen gezeigt, die R. Nussbaum AG in diesem Bereich anbietet.

Das Dokument kann für Schulungszwecke und für die Kommunikation mit Dienstleistern verwendet werden.

1.2 Physikalische Grundlagen

1.2.1 Kontinuitätsgleichung

Die Kontinuitätsgleichung besagt, dass der Volumenstrom an jedem Punkt in einer Rohrleitung immer gleich ist, unabhängig vom Rohrquerschnitt, durch den das Medium fliesst (Gesetz der Massenerhaltung: Masse kommt nicht hinzu und geht nicht verloren). Daraus folgt, dass die Fließgeschwindigkeit zunimmt, wenn der Rohrquerschnitt abnimmt. Voraussetzung hierfür ist, dass das Medium inkompressibel ist. Für Gase gilt die Kontinuitätsgleichung des Volumenstroms deshalb nicht (die Kontinuitätsgleichung des Massenstroms gilt auch für Gase, d. h. für kompressible Fluide).

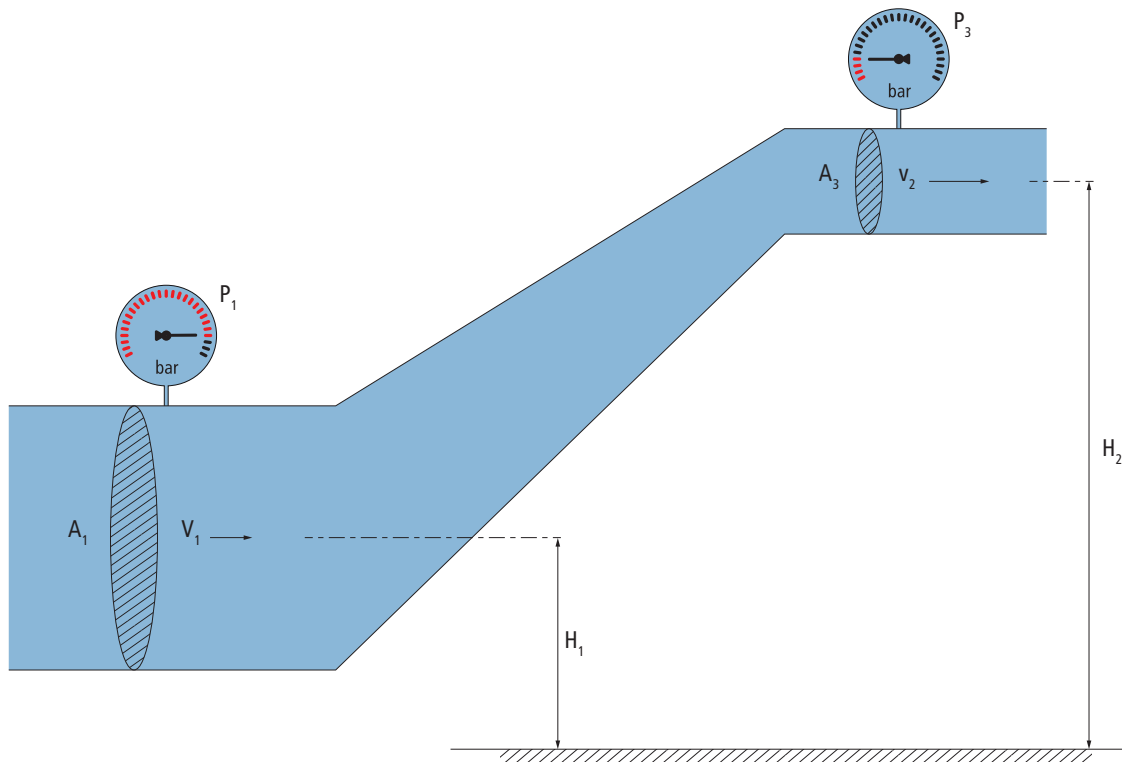


Rohrquerschnitte	$A_1 > A_2 > A_3$
Fließgeschwindigkeiten	$v_1 < v_2 < v_3$
Kontinuität des Volumenstroms	$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = A_3 \cdot v_3$

Abb. 1: Kontinuitätsgleichung

1.2.2 Bernoulli-Gleichung

Die Bernoulli-Gleichung drückt aus, dass die Energie eines Fluids, das durch eine Rohrleitung strömt, überall in der Rohrleitung immer gleich ist (Gesetz der Energieerhaltung: Energie kommt nicht hinzu und geht nicht verloren). Die Energie der Fluidströmung setzt sich zusammen aus der kinetischen Energie, der Druckenergie und der potenziellen Energie. Die kinetische Energie ist auf die Bewegung des Fluids in der Rohrleitung zurückzuführen. Die Druckenergie ist das Resultat der Bewegung der Atome und Moleküle im Fluid. Die potenzielle Energie ist die Energie, die der Fallhöhe des Fluids bezüglich einer Bezugsebene im Schwerfeld der Erde entspricht.



Kinetische Energie	$V_1 < V_2$
Druckenergie	$P_1 > P_2$
Potenzielle Energie	$H_1 < H_2$
Bernoulli-Gleichung*	$V_1 + P_1 + H_1 = V_2 + P_2 + H_2$ *vereinfacht

Abb. 2: Bernoulli-Gleichung

1.2.3 Volumenänderung von Wasser

Das Volumen von Wasser verändert sich bei Erwärmung ungleichmässig. Sowohl bei Erwärmung über +4 °C und bei Abkühlung unter +4 °C nimmt das Volumen zu. Dieses Verhalten wird als Dichteanomalie (oder als Anomalie des Wassers) bezeichnet.

Die Volumenänderung des Wassers bei Temperaturänderungen muss in Heizungsanlagen mithilfe von technischen Einrichtungen aufgefangen werden.

Temperatur [°C]	Spezifisches Volumen [dm ³ /kg]	Dichte [kg/dm ³]
0	1.00013	0.99987
4	1.00000	1.00000
10	1.00027	0.99973
20	1.00177	0.99823
30	1.00430	0.99572
40	1.00771	0.99235
50	1.01196	0.98818
60	1.01692	0.98336
70	1.02263	0.97787
80	1.02891	0.97190
90	1.03571	0.96552
100	1.04312	0.95866

Tab. 1: Temperatur, spezifisches Volumen und Dichte des Wassers

1.2.4 Henry-Gesetz

Gase lösen sich in Flüssigkeiten. Bei konstanter Temperatur steht die Stoffkonzentration des im Sättigungszustand in einer Flüssigkeit gelösten Gases proportional zum Partialdruck des über der Flüssigkeit stehenden Gases.

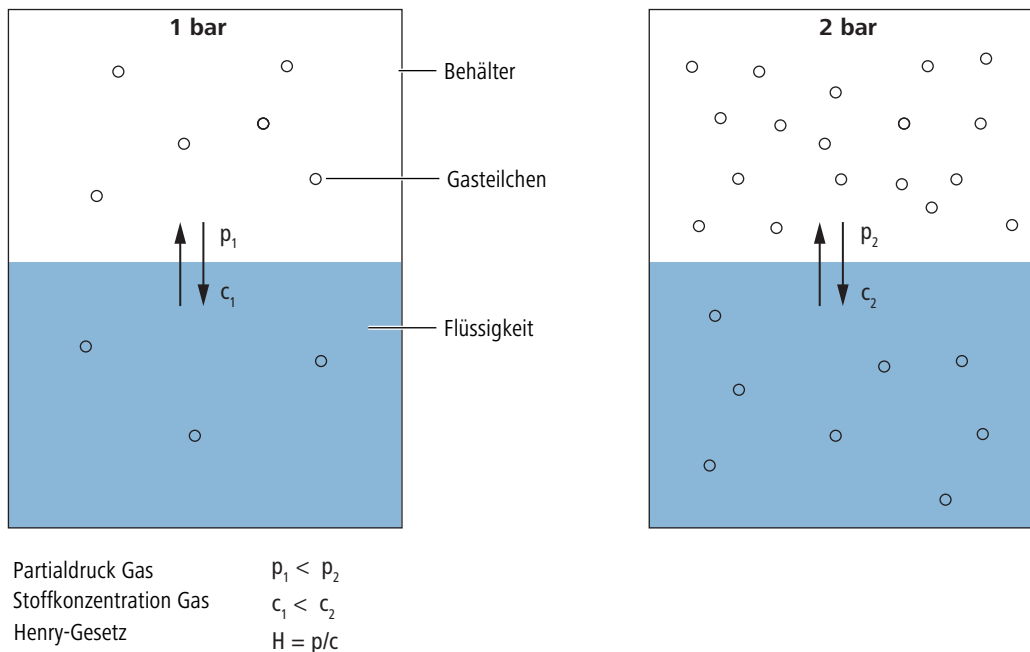


Abb. 3: Henry-Gesetz

Die Henry-Konstante ist wie jede Gleichgewichtskonstante von der Temperatur abhängig. Die Löslichkeit von Gasen in Wasser nimmt bei steigender Temperatur ab. Dies kann beim Erhitzen von Wasser in einem Kochtopf beobachtet werden: kleine Gasblasen bilden sich und steigen auf, lange bevor die Flüssigkeit siedet.

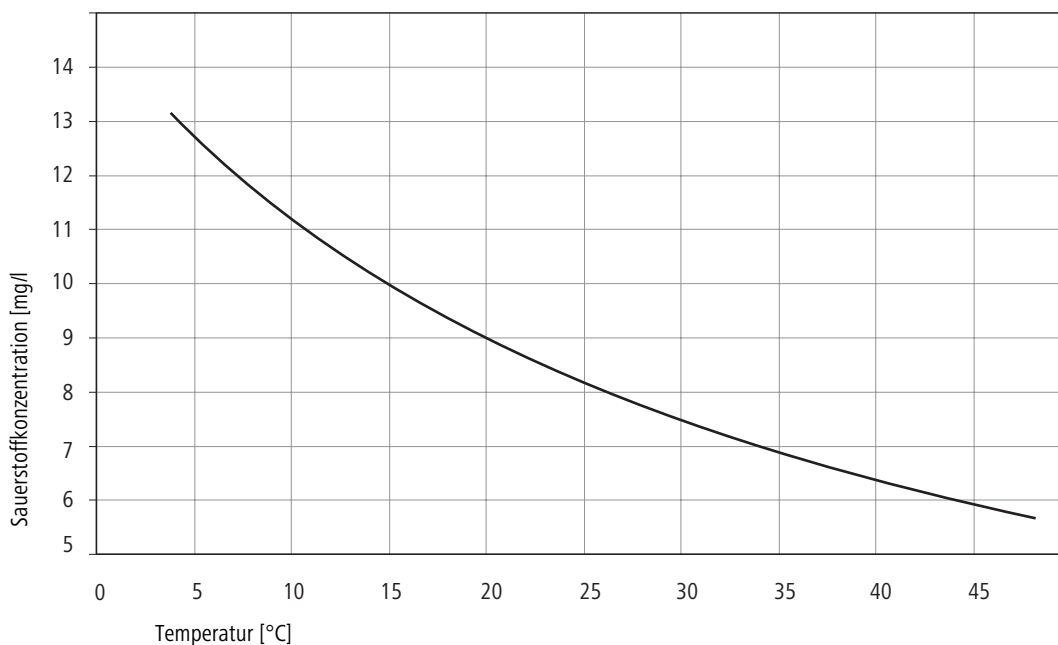


Abb. 4: Sauerstoffkonzentration in Wasser als Funktion der Temperatur

Die Sauerstoffkonzentration im Heizungswasser sollte 0.1 mg/l nicht überschreiten.

1.3 Systeme und Komponenten

1.3.1 Komponentenübersicht

Die folgenden Übersicht zeigt Komponenten der Wärmeverteilung in einer verzweigten Heizungsanlage.

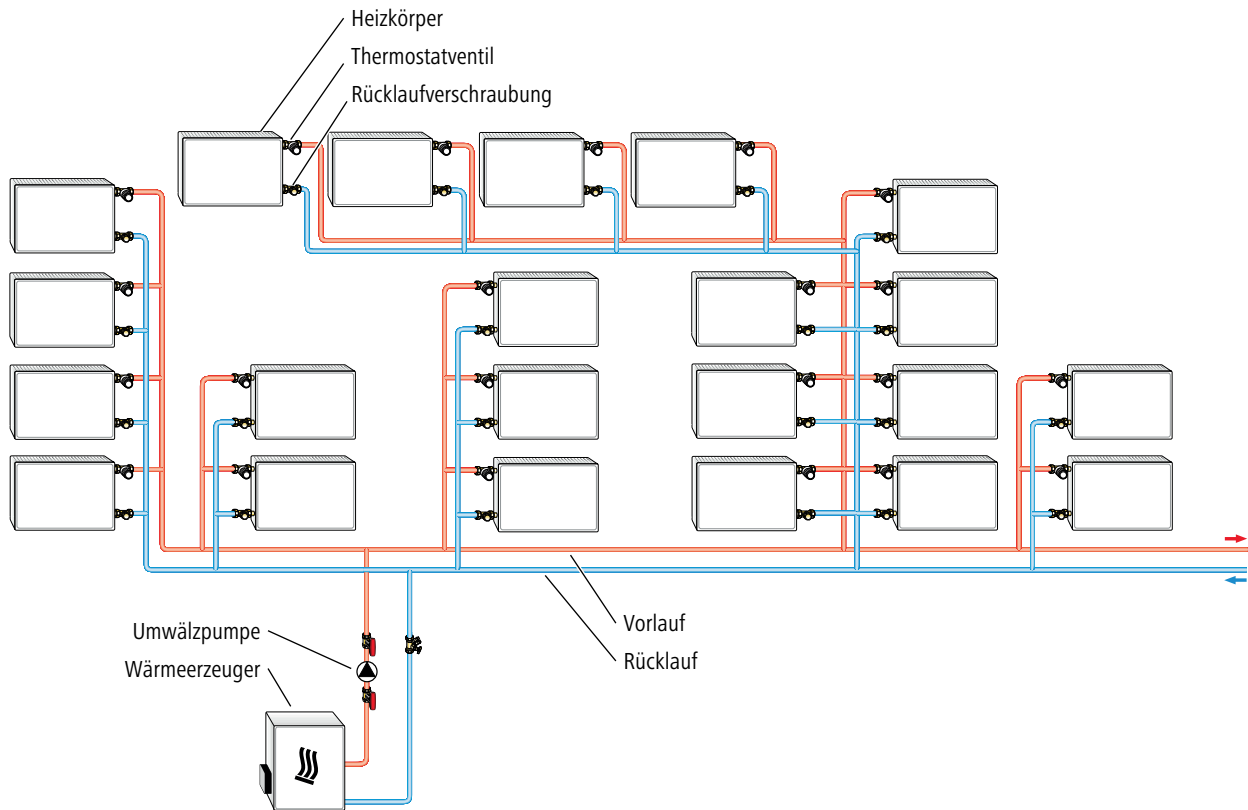
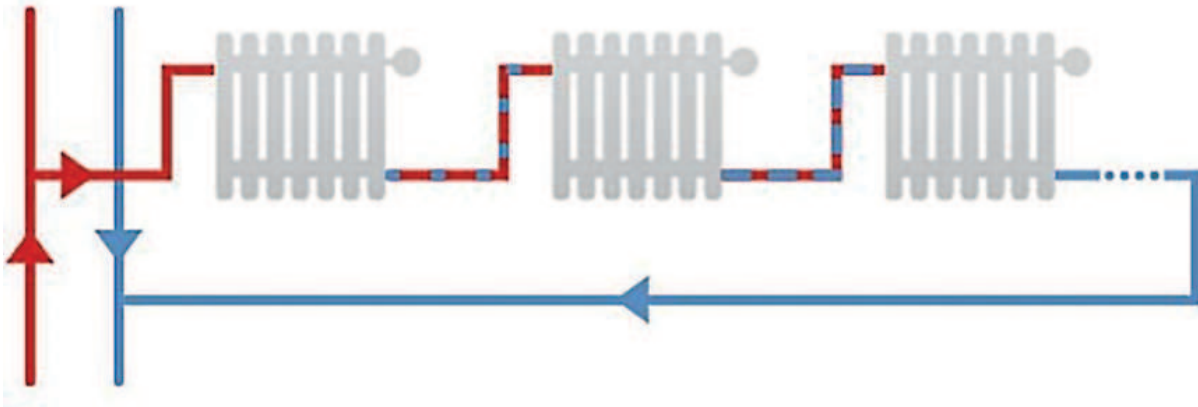


Abb. 5: Komponentenübersicht

1.3.2 1-Rohr- und 2-Rohr-Verteilsysteme

Bei Einrohrheizungen werden die Heizkörper in einer Ringleitung nacheinander vom erwärmten Heizwasser durchströmt. Bei Zweirohrheizungen werden die Heizkörper mit Vor- und Rücklauf an einem zentral montierten Heizkörperverteiler angeschlossen.

1-Rohr-Verteilsystem



2-Rohr-Verteilsystem

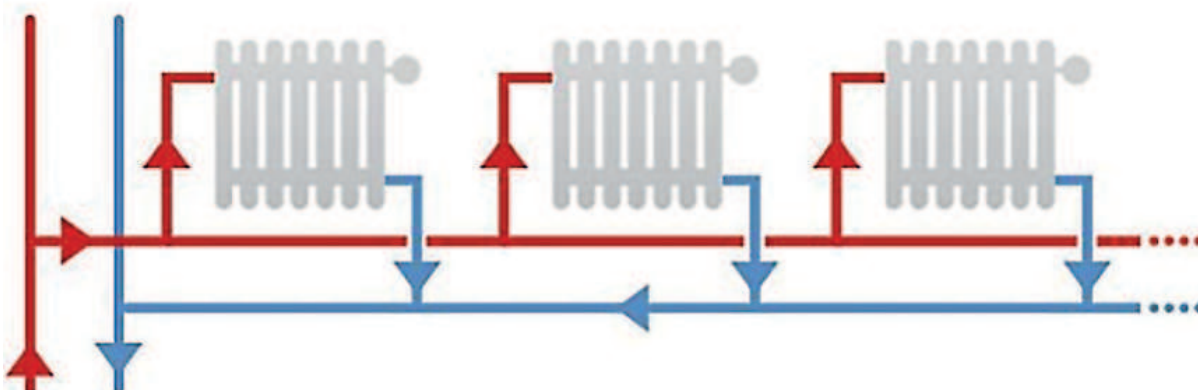


Abb. 6: 1-Rohr- und 2-Rohr-Verteilsysteme

1.3.3 Umwälzpumpe

Die Umwälzpumpe dient zum Transport des Heizungswassers im Rohrnetz der Heizungsanlage, sodass alle Heizkörper die erforderliche Wärmeleistung erbringen können. Die Umwälzpumpe wird so ausgelegt, dass der strömungstechnisch am ungünstigsten Ort montierte Heizkörper mit dem für die Heizleistung erforderlichen Volumenstrom versorgt wird.

1.3.4 Heizrohre

Als Heizrohre können die gleichen Rohrarten verwendet werden wie zum Aufbau von Trinkwasserinstallationen. Es können Stahlrohre, Kupferrohre, Kunststoffrohre und Mehrschichtverbundrohre eingesetzt werden.

Bei der Planung von Rohrleitungsinstallationen sind die Auswirkungen der thermischen Ausdehnung (oder Kontraktion) zu berücksichtigen. Ausführliche Informationen hierzu sind im Nussbaum Dokument «Themenwelt Längenausdehnung» zu finden, Themenwelt 299.1.083.

In Fussbodenheizungen werden für die einzelnen Heizkreise spezielle Rohre verwendet.

1.3.5 Wärmedämmung

Die Wärmedämmung von Wärmeverteilungen wird durch Gesetze gefordert und erfüllt mehrere Funktionen: Verminderung von Wärmeverlusten, Schallschutz und Schutz der Heizrohre vor Aussenkorrosion und Beschädigungen. Die Wärmedämmung von Wärmeverteilungen muss lückenlos sein.

Rohr-nenn-weite	Heizungswasser-Vorlauftemperatur							
	≤ 35 °C		35 ... 50 °C		51 ... 65 °C		> 65 ... 90 °C	
	$\lambda^1 \leq 0,03 \text{ W/mK}$	$\lambda^1 > 0,03 \dots \leq 0,05 \text{ W/mK}$	$\lambda^1 \leq 0,03 \text{ W/mK}$	$\lambda^1 > 0,03 \dots \leq 0,05 \text{ W/mK}$	$\lambda^1 \leq 0,03 \text{ W/mK}$	$\lambda^1 > 0,03 \dots \leq 0,05 \text{ W/mK}$	$\lambda^1 \leq 0,03 \text{ W/mK}$	$\lambda^1 > 0,03 \dots \leq 0,05 \text{ W/mK}$
DN 10	30 mm	40 mm	30 mm	50 mm	30 mm	60 mm	30 mm	60 mm
DN 15	30 mm	40 mm	30 mm	50 mm	30 mm	60 mm	30 mm	60 mm
DN 20	30 mm	40 mm	30 mm	50 mm	40 mm	60 mm	40 mm	60 mm
DN 25	30 mm	40 mm	30 mm	50 mm	40 mm	60 mm	40 mm	60 mm
DN 32	30 mm	40 mm	30 mm	50 mm	50 mm	80 mm	60 mm	80 mm
DN 40	30 mm	40 mm	30 mm	50 mm	60 mm	80 mm	60 mm	80 mm
DN 50	30 mm	40 mm	30 mm	60 mm	60 mm	80 mm	80 mm	80 mm
DN 65	30 mm	40 mm	40 mm	60 mm	60 mm	80 mm	80 mm	80 mm
DN 80	30 mm	40 mm	40 mm	60 mm	60 mm	80 mm	80 mm	100 mm
DN 100	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	80 mm	100 mm	80 mm	100 mm
DN 125	30 mm	40 mm	60 mm	80 mm	80 mm	100 mm	80 mm	100 mm
DN 150	40 mm	40 mm	60 mm	80 mm	80 mm	100 mm	80 mm	100 mm
DN 175	40 mm	40 mm	60 mm	80 mm	80 mm	100 mm	80 mm	100 mm
DN 200	50 mm	50 mm	60 mm	80 mm	80 mm	120 mm	80 mm	120 mm
DN 225 – 350	50 mm	60 mm	80 mm	100 mm	100 mm	140 mm	100 mm	140 mm
DN 400 – 500	60 mm	80 mm	80 mm	120 mm	100 mm	140 mm	100 mm	140 mm

¹ Angegebener Wert bei +10 °C

Tab. 2: Dämmdicken von Wärmeverteilungen innerhalb von Gebäuden (gemäss suissetec Merkblatt Technische Dämmung in der Gebäudetechnik)

1.3.6 Druckausdehnungsgefäß

Das Druckausdehnungsgefäß gleicht die Volumenänderungen des Heizungswassers aus, die durch das Aufheizen und Abkühlen der Heizungsanlage verursacht werden. Der Ausgleich erfolgt durch ein Gas, das durch eine bewegliche Membran vom Heizungswasser getrennt ist. Beim Befüllen der Heizungsanlage wird der Druck des Gases (der Fülldruck) so eingestellt, dass beim Aufheizen ein Betriebsdruck erreicht wird, der etwas unter dem Ansprechdruck des Sicherheitsventils liegt. Der Vordruck verhindert, dass Heizungswasser zu früh in das Druckausdehnungsgefäß gelangt.

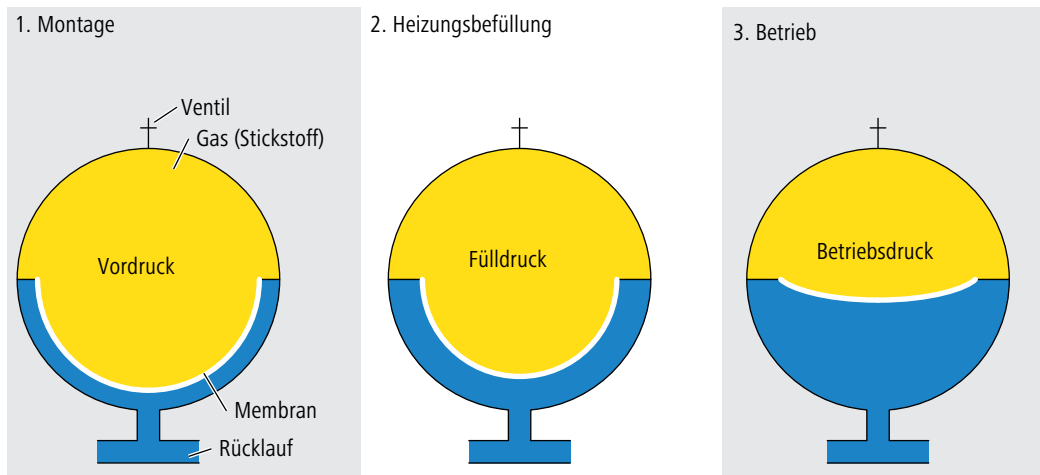


Abb. 7: Druckausdehnungsgefäß

1.3.7 Thermostatventil

Das Thermostatventil ist eine mechanische Regeleinrichtung zur Regelung der Temperatur in einem Raum (Einzelraumregelung).

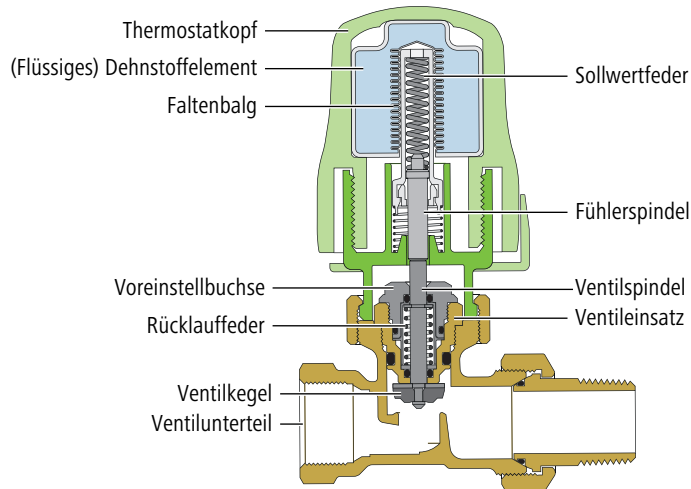


Abb. 8: Aufbau eines Thermostatventils

1.3.7.1 Funktionsweise

- Der Sollwert der Raumtemperatur wird durch manuelles Drehen des Griffs am Thermostatkopf eingestellt. Dabei wird der Gewindehub des Griffs über die Fühler- und Ventilspindel auf das Ventil übertragen, das sich in den Arbeitspunkt bewegt und den für die Aufrechterhaltung der Raumtemperatur erforderlichen Volumenstrom des Vorlaufs einstellt.
- Die Sollwertfeder hält das Ventil bei Änderungen der Raumtemperatur im Bereich des Arbeitspunkts der Sollwerteinstellung.
- Der Faltenbalg ist das Fühlerelement und ist mit einem temperaturabhängigen Dehnstoffelement befüllt, beispielsweise mit Wachs oder einer Flüssigkeit.
- Bei Abkühlung oder Erwärmung der Raumtemperatur, d. h. bei einer Abweichung vom Sollwert, zieht sich der Faltenbalg zusammen oder dehnt sich aus. Der so bewirkte Fühlerhub wird wiederum über die Fühler- und Ventilspindel auf das Ventil übertragen, das sich in entsprechender Richtung aus dem Arbeitspunkt bewegt und zwar solange bis der Sollwert der Raumtemperatur durch einen erhöhten oder reduzierten Volumenstrom wieder erreicht ist (vereinfachte Beschreibung des Regelvorgangs, welche die bleibende Regelabweichung von Thermostaten nicht berücksichtigt).
- Die Rückstellfeder wirkt als Antrieb für die Umkehrbewegungen des Ventils bei der Reduzierung des Sollwerts am Griff und bei einer Abkühlung der Raumtemperatur.
- Die Voreinstellbuchse ermöglicht die manuelle Begrenzung des Volumenstroms auf einen Maximalwert.
- Die Gewindeanschlüsse am Ventilunterteil ermöglichen den Anschluss an das Rohrnetz und an den Heizkörper.

1.3.7.2 Regelverhalten

Beim Thermostatventil handelt es sich um einen Proportionalregler (P-Regler). Das Fühlerelement im Thermostat, der Faltenbalg, weist eine geradlinige Kennlinie auf. Das lineare Verhalten des Fühlerelements wird über die Wirkungskette vom Faltenbalg bis zur Ventilöffnung beibehalten. Daher ist die Änderung der Stellgröße, d. h. die Änderung des Volumenstroms im Heizungswasservorlauf, proportional zum Betrag der Regelabweichung.

Der Proportionalbereich ist der Regelbereich in dem ein Proportionalregler arbeitet. Das folgende Diagramm zeigt einen Proportionalbereich von 6 °C. Der Sollwert der Raumtemperatur liegt bei 20 °C. Bei 20 °C ist das Ventil bis zum Hub geöffnet, der dem erforderlichen Volumenstrom entspricht. Ausserhalb des Proportionalbereich ist keine Regelung möglich.

Im Diagramm ist auf der Ordinate der relative Ventilhub aufgezeichnet. Der relative Ventilhub ist das Verhältnis des eingestellten maximalen Ventilhubes zum Nennhub des Ventils.

Falls das Thermostatventil über eine Funktion zur Voreinstellung des maximalen Volumenstroms verfügt, ist die vollständige Ventilöffnung je nach eingestellten Wert begrenzt, damit ändert auch die Kennlinie.

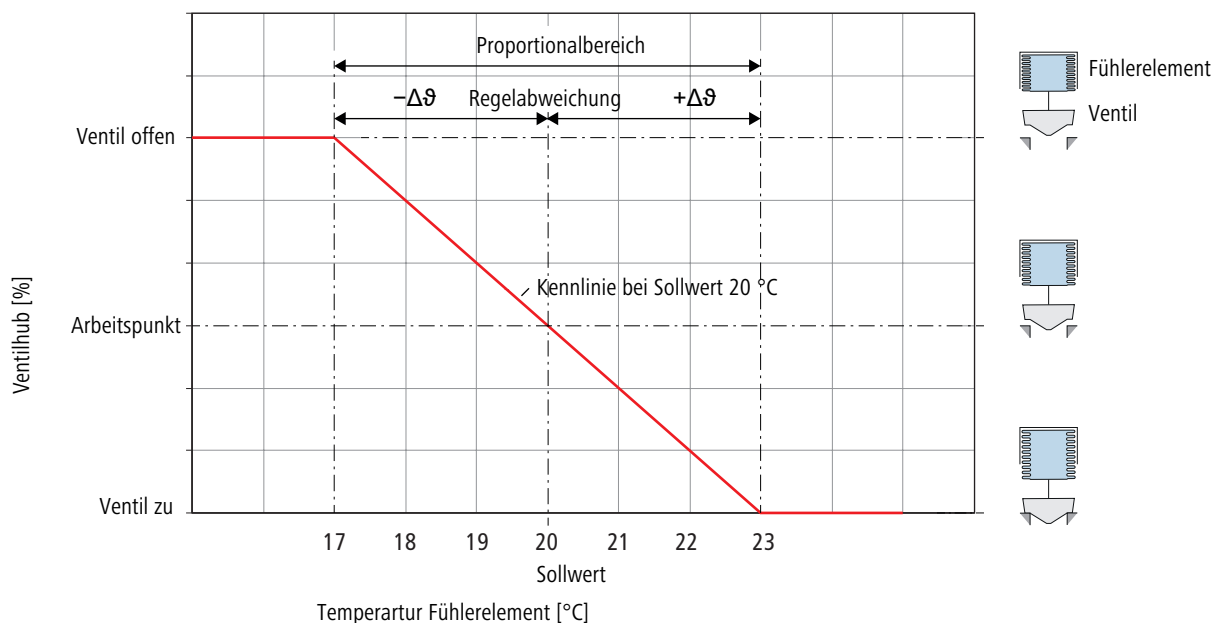


Abb. 9: Proportionalbereich von Thermostatventilen (Beispiel)

1.3.8 Rücklaufverschraubung

Die Rücklaufverschraubung ermöglicht zusammen mit dem Thermostatventil die Demontage des Heizkörpers, ohne dass dieser entleert werden muss. Je nach Ausführung der Rücklaufverschraubung kann neben der Absperrfunktion auch eine Regulierfunktion eingebaut sein, die den hydraulischen Abgleich ermöglicht. Die Rücklaufverschraubung wird am Rücklaufanschluss des Heizkörpers montiert.

1.3.9 Fussbodenheizungen

Fussbodenheizungen bieten im Vergleich zu Heizungsanlagen mit anderen Heizkörpern (Radiatoren) die Vorteile, dass die Raumtemperaturen mit geringeren Oberflächentemperaturen der Heizkörper und hauptsächlich durch Strahlung erreicht wird. Dadurch sind Energieeinsparungen und eine grössere Behaglichkeit möglich. Radiatoren übertragen die Wärme hauptsächlich durch Konvektion auf den Raum, was zu Zugluft und ungünstigen Raumtemperaturprofilen führen kann.

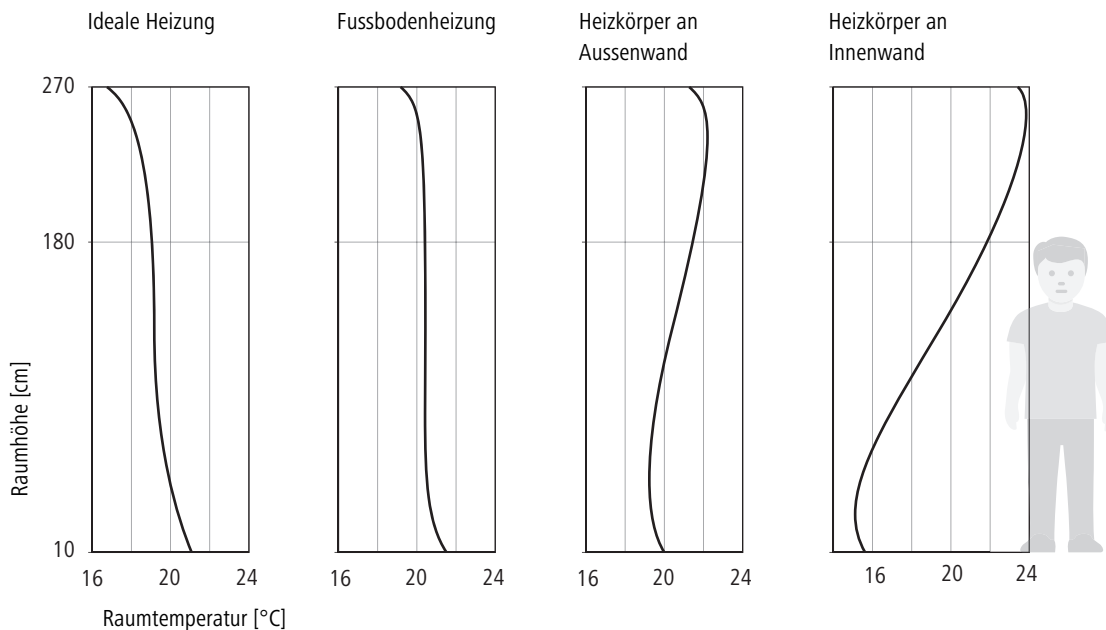


Abb. 10: Raumtemperaturprofile im Vergleich

1.3.9.1 Heizkreisverteiler

Heizkreisverteiler verteilen die zugeführte Wärme auf die einzelnen Heizkreise einer Fussbodenheizung. Heizkreisverteiler bestehen aus absperzbaren Vorlaufverteilern und Rücklaufsammlern, Durchflussmengenmessern und Ventileinsätzen zur Aufnahme der Stellantriebe. Der Standort des Heizkreisverteilers wird so gewählt, dass die Zuleitungsrohre so kurz wie möglich sind.

1.3.9.2 Regelkomponenten

Zur Regelung von Fussbodenheizungen stehen diverse Regelungskomponenten zur Verfügung. Diese werden unterteilt in Regelkomponenten des Heizungswassers und zur Regelung der Raumtemperaturen (Einzelraumregelungen).

- Regeleinheit (Steuerelektronik)
- Raumthermostate (zur Messung und Einstellung der Raumtemperatur)
- Temperaturmessstellen (Vorlauf und Rücklauf)
- Stellantriebe (zur Regulierung der Volumenströme in den Heizkreisen)
- Funk-Kommunikationsmodule (für die Signalübertragung zwischen Sensoren und der Regeleinheit und zur Bedienung der Fussbodenheizung mit mobilen Endgeräten)

1.3.9.3 Verteilerkasten

Als Verteilerkästen können Stahlblechkästen zur Aufputz- oder Unterputzmontage verwendet werden. Die Grösse des Verteilerschranks richtet sich nach den Abmessungen des Heizkreisverteilers und möglicher Zusatzkomponenten wie Regelkomponenten, Differenzdruckregler und Wärmemengenzähler.

1.3.9.4 Nassverlegesysteme

Bei der Nassverlegung werden die Heizungsrohre im Estrich verlegt, der sich oberhalb der Wärme- und Trittschalldämmung befindet. Für den Estrich wird oft ein Zementstrich verwendet.

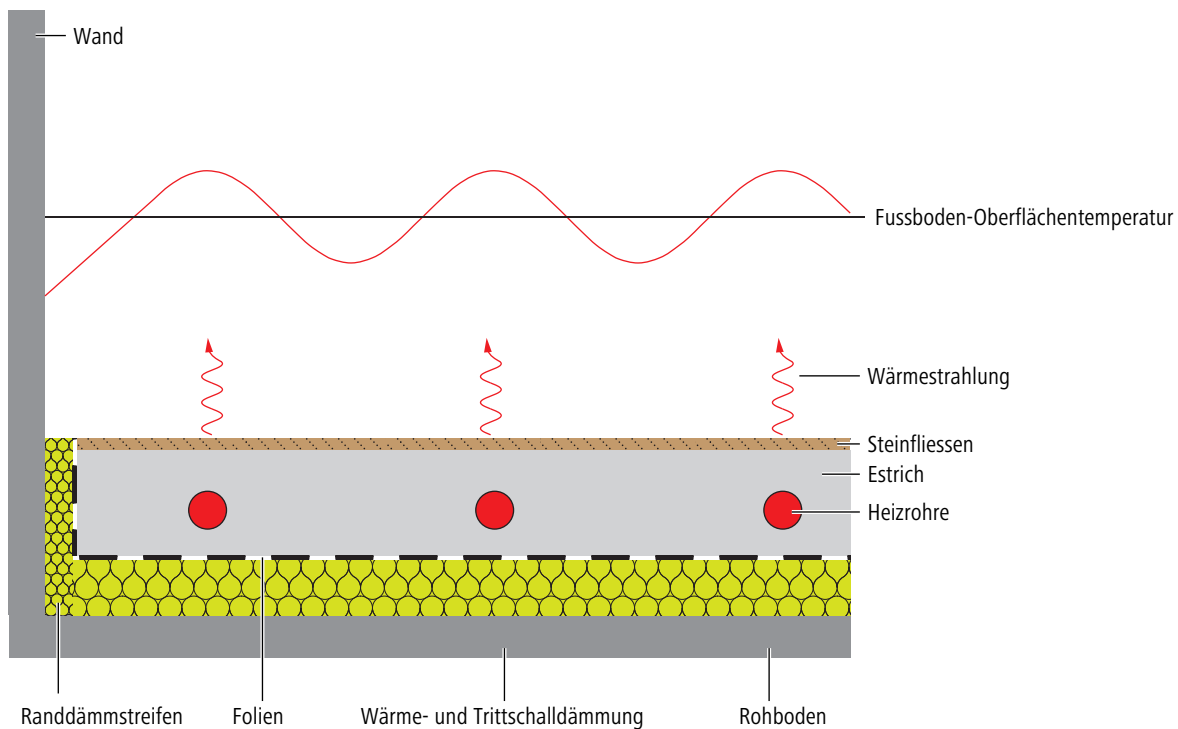


Abb. 11: Fussbodenheizung-Nassverlegung

1.3.9.5 Trockenverlegesysteme

Bei der Trockenverlegung werden die Heizungsrohre in Rillenplatten eingelegt, die sich unterhalb des Unterlagsbodens (Estrichs) befinden. Eine Abdeckfolie trennt die Heizungsrohre vom Unterlagsboden. Als Estrich wird ein Zementstrich oder ein Trockenstrich verwendet.

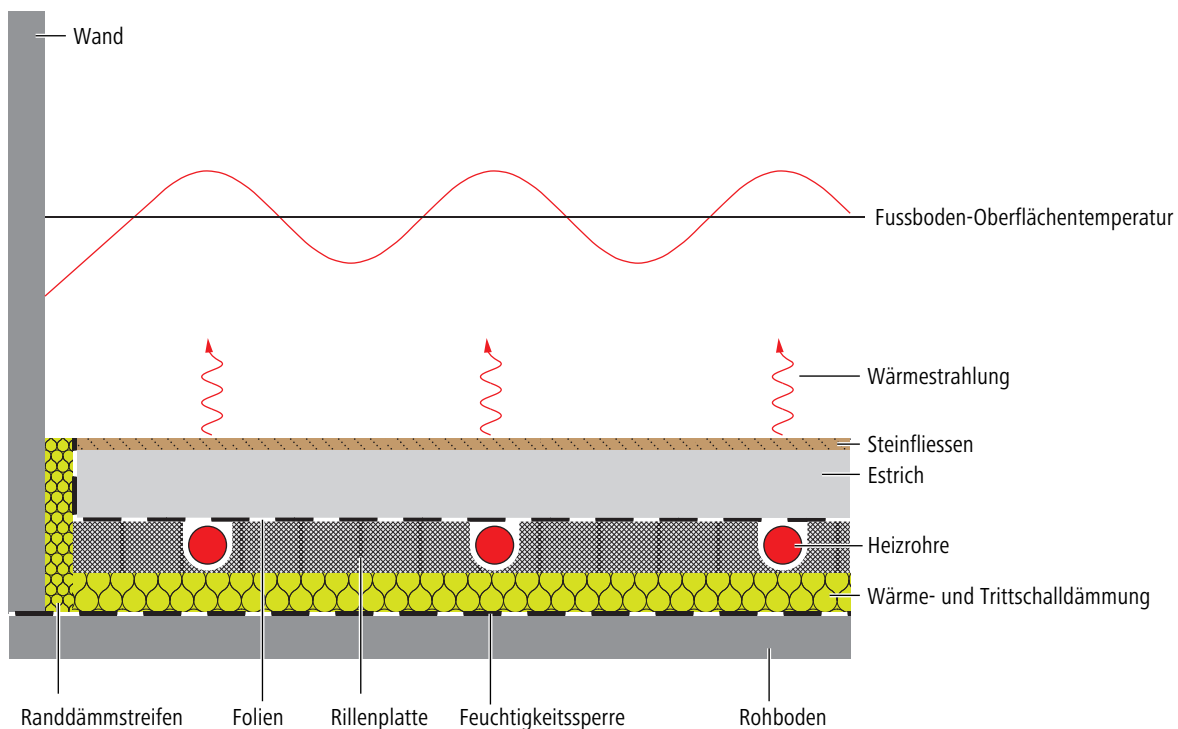


Abb. 12: Fussbodenheizung-Trockenverlegung

1.3.10 Betonkernaktivierung

Betonkernaktivierung (kurz TAB für thermoaktive Bauteilsysteme) ist eine Art von Flächenheizung, bei der die Rohrleitungen in die tragenden Betonbauteile des Gebäudes (Böden, Decken) eingebaut sind. In den Rohrleitungen fließt, wie in anderen Heizungsanlagen, Wasser als Wärmeträgermedium. Beton weist eine gute Wärmeleitfähigkeit und eine hohe Wärmekapazität auf. Diese Eigenschaften machen Beton zu einem geeigneten Speicher von Wärmeenergie. Betonkernaktivierung kann zum Heizen oder zum Kühlen eingesetzt werden, wobei das Kühlen von Gebäuden an Bedeutung zunimmt. Die Kühlung kann dabei weitgehend passiv erfolgen.

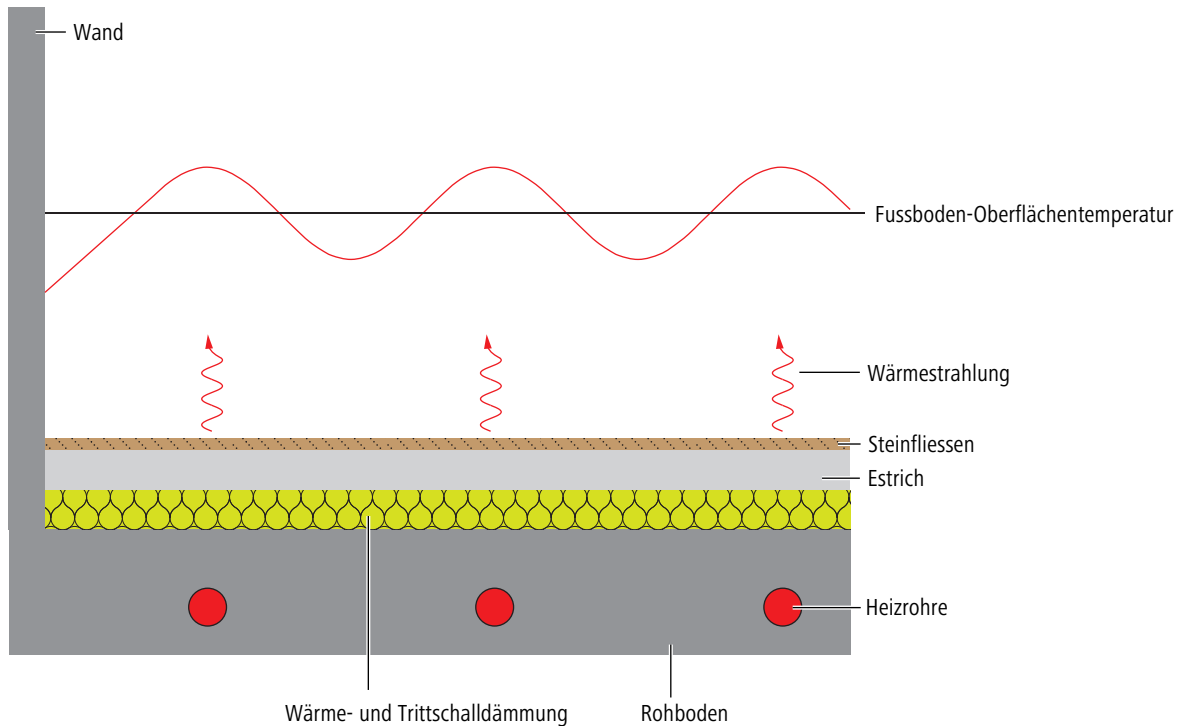


Abb. 13: Betonkernaktivierung (TAB)

1.4 Merkmale von Wärmeverteilungen

1.4.1 Raumtemperaturen

Die Norm SIA 180 beschreibt die Anforderungen an den Wärmeschutz, den Feuchteschutz und das Raumklima in Gebäuden. In Bezug auf die thermische Behaglichkeit in beheizten Räumen werden nachfolgend die Anforderungen für Raumtemperaturen, Temperaturen von Fussbodenheizungen und der maximale vertikale Temperaturgradient wiedergegeben.

Das folgende Diagramm zeigt den für die thermische Behaglichkeit erforderlichen Bereich der Raumtemperaturen, wobei die minimalen und maximalen Raumtemperaturen in Funktion der Aussentemperatur dargestellt sind. Das Diagramm setzt eine für den Tagesverlauf angepasste Bekleidung der Raumbenutzer voraus.

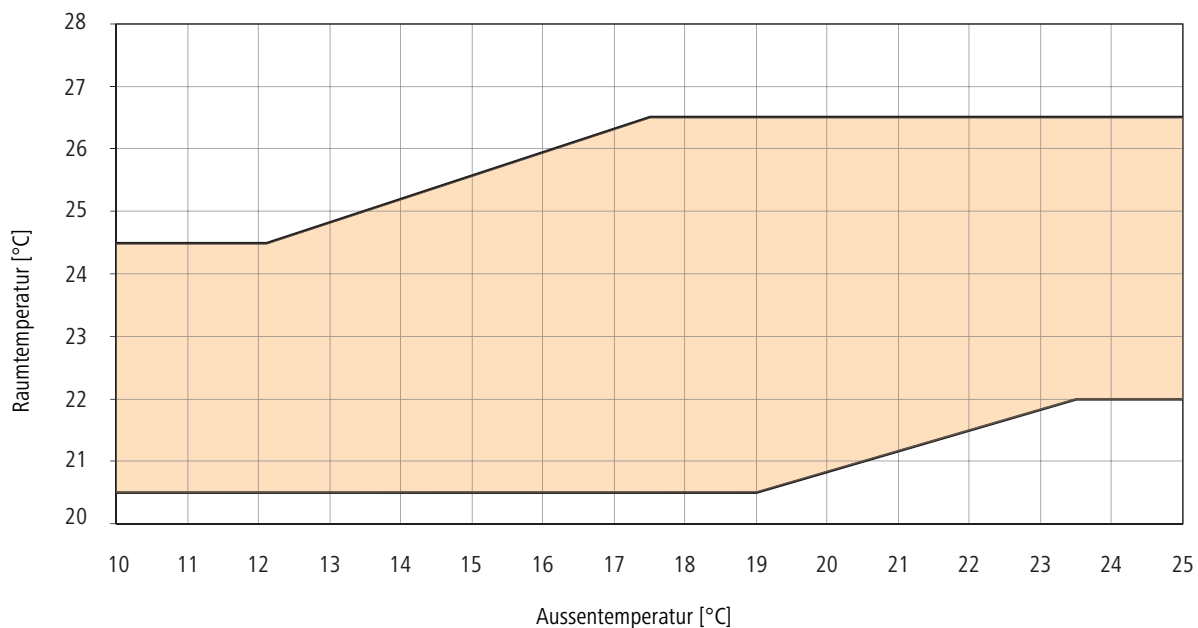


Abb. 14: Minimale und maximale Raumtemperaturen in Funktion der Aussentemperatur gemäss SIA 180.

Die maximale Temperaturdifferenz zwischen dem Kopf (1.7 Meter über dem Boden) und den Füßen (0.1 Meter über dem Boden) eines Raumbenutzers von durchschnittlicher Grösse beträgt 3.3 °C.

Der zulässige Temperaturbereich einer durch eine Fussbodenheizung beheizte Fussbodenoberfläche beträgt 19 bis 28 °C.

1.4.2 Rohrnetzkenlinie

Basierend auf der Bernoulli-Gleichung, der Kontinuitätsgleichung und der Reynoldsschen Zahl wird der (reale) Druck in einem von einem Fluid durchströmten Rohrnetz wie folgt berechnet:

$$p(v) = \sum \zeta \frac{\rho}{2} v^2 + \sum \lambda \frac{l}{D} \frac{\rho}{2} v^2$$

p: Druck [bar]

ζ : Widerstandsbeiwert [—]

ρ : Dichte des Fluids [kg/m³]

v: Fließgeschwindigkeit [m/s]

λ : Rohrreibungsbeiwert [—]

l: Länge der Rohrleitung (Teilstück)

D: Rohrdurchmesser

Das erste Summenzeichen summiert die Strömungswiderstände beispielweise in Ventilen, das zweite Summenzeichen summiert die Reibungswiderstände des Fluids an den Rohrleitungsoberflächen.

Mit

$$v = \frac{\dot{V}}{A}$$

folgt

$$p(\dot{V}) = \sum \zeta \frac{\rho}{2} \left(\frac{\dot{V}}{A} \right)^2 + \sum \lambda \frac{l}{D} \frac{\rho}{2} \left(\frac{\dot{V}}{A} \right)^2$$

$\dot{V}$: Volumenstrom [m³/s]

A: Rohrquerschnitt [m²]

und damit die in der Fachliteratur zur Heizungstechnik verwendete Rohrnetzkenlinie. Die Rohrnetzkenlinie ist demnach durch eine Funktion zweiten Grades beschrieben und stellt eine ansteigende Kurve zweiter Ordnung (Parabel) dar, die durch den Koordinatennullpunkt verläuft.

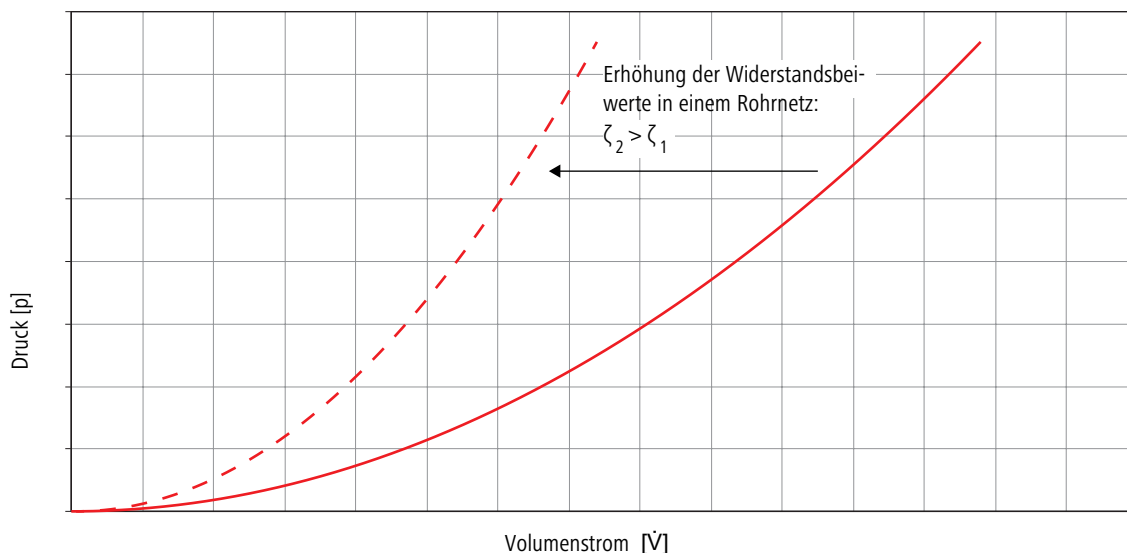


Abb. 15: Rohrnetzkenlinie

Die Rohrnetzkenlinie wird steiler, wenn im Rohrnetz die Strömungswiderstände steigen, z. B. durch das Schliessen von Ventilen.

1.4.3 Beschaffenheit des Heizungswassers

An das Heizungswasser werden verschiedene Anforderungen gestellt, die sicherstellen sollen, dass Korrosion und Ablagerungen von Stoffen in der Heizungsanlage und die damit einhergehenden Betriebsstörungen möglichst nicht vorkommen.

Die Anforderungen sind davon abhängig, ob das Heizungswasser in einem diffusionsdichten oder in einem nicht-diffusionsdichten Rohrnetz zirkuliert. Bei neuen Installationen kommen nur noch diffusionsdichte Teile zum Einsatz. Solche Rohrleitungsbestandteile verhindern weitgehend den spontanen Transport (Diffusion) von Sauerstoff in das Heizungswasser. Dies ist wichtig, da der im Heizungswasser gelöste Sauerstoff als Auslöser für Korrosion wirkt. Tritt dennoch Sauerstoffkorrosion auf, wird sie durch eine geringe **Leitfähigkeit** des Heizungswassers reduziert, da Korrosion als elektrochemischer Vorgang nur in elektrisch leitfähiger Umgebung stattfinden kann. Vorteilhaft ist daher eine geringe Leitfähigkeit des Heizungswassers. Die **Gesamthärte** als weitere zu berücksichtigende Anforderung beeinflusst die Wahrscheinlichkeit von Kalkablagerung im Rohrnetz. Kalkverbindungen (Carbonatverbindungen) sind elektrisch nicht-leitend und können deshalb bereits als dünne, abgelagerte Schichten den Wärmetransport vom Heizungswasser auf den Heizkörper beeinträchtigen. Weitere Folgen von Kalkablagerungen sind die Reduzierung von Durchflussquerschnitten, und die dadurch verursachte Unterversorgung des betroffenen Heizkörpers mit Heizwasser, die Entwicklung von störenden Geräuschen aufgrund von lokal erhöhten Fließgeschwindigkeiten sowie Funktionsstörungen von beweglichen Teilen wie Ventilen. Der **pH-Wert** ist ein Indikator sowohl für das Korrosionsverhalten als auch für die Wasserhärte des Heizungswassers und muss im neutralen Bereich der pH-Wert-Skala liegen.

Eigenschaft	Einheit	Füll- und Ergänzungswasser	Umlaufwasser
pH-Wert	[—]	6.0 ... 8.5	8.2 ... 10.0 8.2 ... 8.5*
Leitfähigkeit	[µS/cm]	<100	<200
Gesamthärte	[mmol/l] / [fH]	0.1 / 1	0.5 / 5
* Aluminium-Legierungen			

Tab. 3: Beschaffenheit des Heizungswassers für diffusionsdichte Rohrnetze (Richtlinie SWKI BT102-01)

Die Angaben in der obigen Tabelle können von denen der Hersteller der Heizungsanlagenteile abweichen. In solchen Fällen gelten die Angaben der Hersteller.

1.4.4 Korrosion in Heizungsrohren

Korrosion in Heizungsrohren kann verschiedene Ursachen haben. Eine davon ist hoher Sauerstoffgehalt im Heizungswasser. Sauerstoff weist ein höheres elektrochemisches Potential auf als unedle Metalle wie unlegierter Kohlenstoff-Stahl. Solche Werkstoffe können in der Folge korrodieren. Hoher Sauerstoffgehalt im Heizungswasser wird oft durch unbeabsichtigte Sauerstoffzufuhr verursacht, z. B. durch

- Sauerstoffdurchlässige Kunststoffrohre
- Verwendung von Trinkwasser als Heizungswasser
- Defekte Expansionsventile

Die folgenden Richtlinien enthalten Informationen zur Vermeidung von Korrosion in Heizungsrohren:

- SWKI BT102-01 zur Wasserbeschaffenheit von Gebäudetechnikanlagen
- SWKI HE301-01 Sicherheitstechnische Einrichtungen für Heizungsanlagen

1.5 Methoden

1.5.1 Regelungstechnik

Mit Regelungstechnik kann beispielsweise die Temperatur in einem beheizten Raum geregelt werden.

Das Prinzip der Regelung eines Systems beruht auf der Rückkopplung der Ausgangsgrößen zurück auf die Eingangsgrößen des Systems. Im Gegensatz zu einer Steuerung kann eine Regelung auch nicht kontrollierbare oder zufällige Einflüsse auf das System (Störgrößen) berücksichtigen. Das zu regelnde System kann beispielsweise der eingangs erwähnte beheizte Raum sein, wobei ein durch ein Thermostatventil geregelter Heizkörper als Wärmequelle dient.

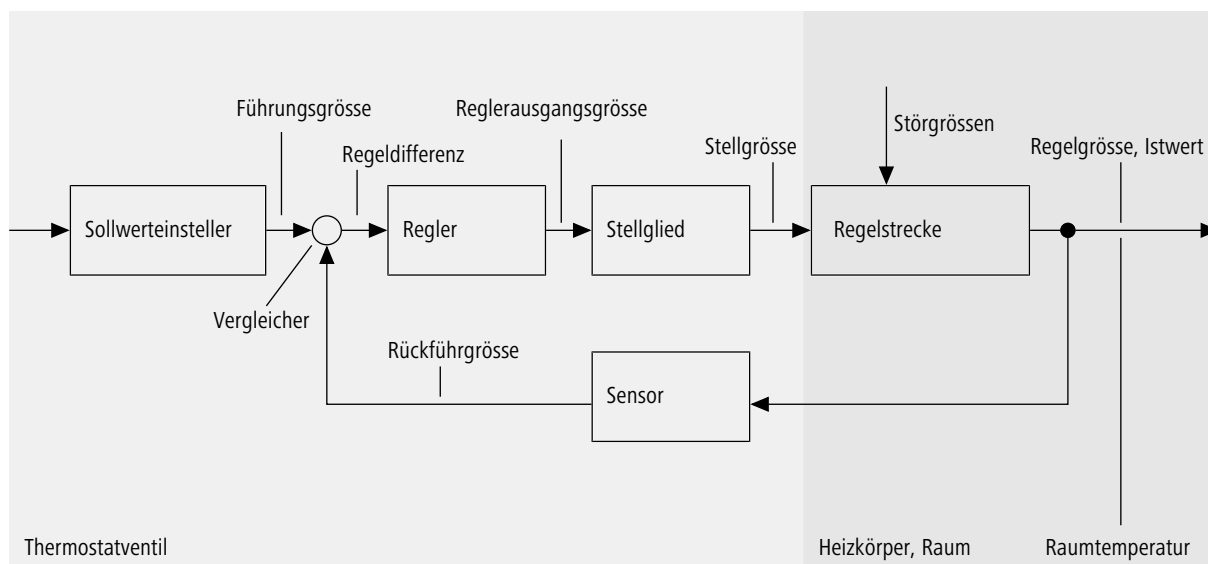


Abb. 16: Regelkreis

1.5.1.1 Fachbegriffe der Regelungstechnik

In der folgenden Tabelle werden Fachbegriffe der Regelungstechnik am Beispiel der Raumheizungsregelung mit einem Thermostatventil erläutert.

Begriff	Beschreibung	Beispiel Thermostatventil
Regelkreis	Gesamtheit von Regelstrecke und Regler	Raum, Heizkörper, Regler
Regelstrecke	Mit der geregelten Energie versorgter Bereich	Raum, Heizkörper
Regler	Regeleinrichtung	Thermostatventil
Regelgröße	Zu regelnde Größe	Raumtemperatur
Regelabweichung	Differenz zwischen dem Soll- und dem Istwert der Regelgröße	z. B. 2 °C
Eingangsgröße	Sollwert der Regelgröße	z. B. 20 °C
Sollwertsteller	Umwandlung des Sollwerts in die Führungsgröße des Reglers	Thermostatkopf
Führungsgröße	Vom Sollwertsteller umgewandelte Eingangsgröße	Lage des Thermostatkopfs (Voreinstellwert)
Messglied	Messung des Ist-Werts der Regelgröße	—
Regelglied	Vergleich der Führungsgröße mit der Regelgröße und Verarbeitung zur Steuergröße	Dehnstoffelement (Flüssigkeit)
Steuergröße	Signal zur Steuerung des Stellglieds	Verschiebung des Ventils
Stellglied	Steuerung der Stellgröße	Ventil
Stellgröße	Gesteuerter Energiestrom der Regelstrecke	Volumenstrom des Heizwasservorlaufs

1.5.1.3 Regelverhalten

Das folgende Diagramm zeigt in allgemeiner Form das Regelverhalten eines Regelkreises auf eine Regelabweichung. Die Ausregelzeit ist die Zeit, die ein Regelkreis braucht, um den Sollwert nach einer Regelabweichung innerhalb einer Toleranz zu stabilisieren.

Ein Regler berücksichtigt zur Berechnung der Reglerausgangsgrösse (oder der Stellgrösse) den Betrag, die Änderungsrate oder das Integral der Regelabweichung.

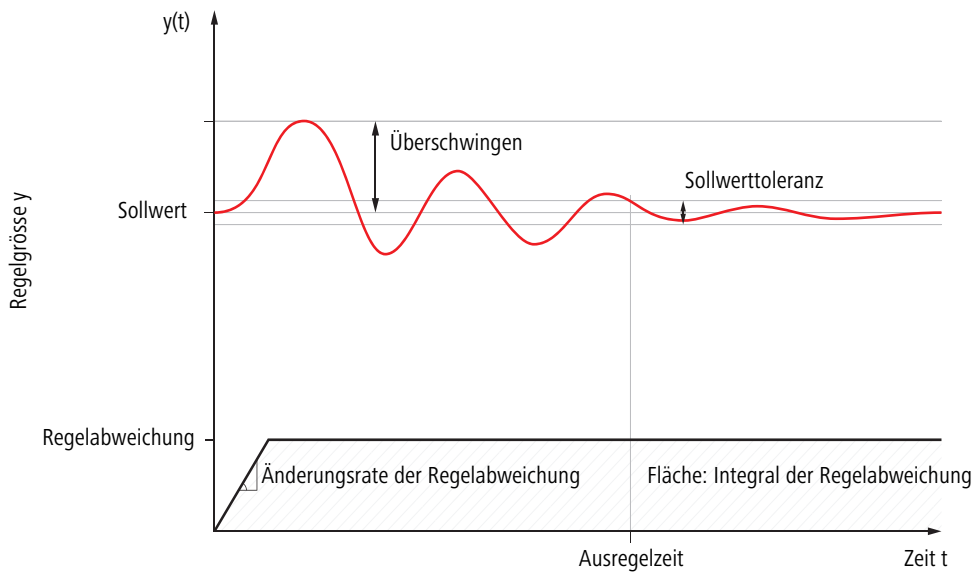


Abb. 17: Regelverhalten eines Regelkreises

1.5.1.4 Ventilautorität

Die Ventilautorität ist das Verhältnis des Druckverlusts am Regelventil zum gesamten Druckverlust im Rohrnetz und wird als Mass für das Regelverhalten des Regelventils verwendet. Die Ventilautorität wird wie folgt berechnet:

$$a = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_{ges}}$$

a: Ventilautorität [—]

Δp_v : Druckverlust am Regelventil [Pa]

Δp_{ges} : Gesamter Druckverlust im Rohrnetz bzw. Differenzdruck der Umwälzpumpe [Pa]

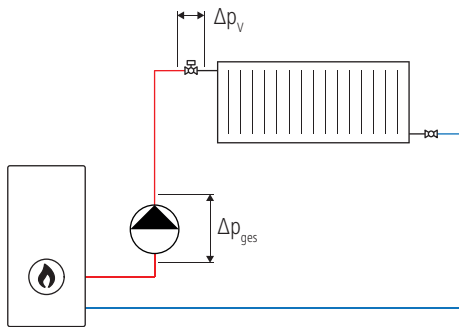


Abb. 18: Schema zur Ventilautorität

Bei der Auslegung von Heizungsanlagen wird die Ventilautorität so festgelegt, dass die Ventilautorität bei vollständig geöffnetem Regelventil je nach Ventiltyp im Bereich von etwa 0.2 bis 0.5 liegt. In diesem Bereich ist eine stabile Regelung des Volumenstroms durch das Regelventil möglich.

Bei Teillastbetrieb der Heizungsanlage, beispielsweise wenn Stränge in der Heizungsanlage abgesperrt sind, kann die Ventilautorität am Regelventil absinken, da der Druckverlust am Regelventil steigt. Das Absinken der Ventilautorität kann soweit gehen, dass am Regelventil der Differenzdruck der Umwälzpumpe anliegt. Bei zu kleiner Ventilautorität kann das Regelverhalten des Regelventils so schlecht werden, dass die Regelung des Volumenstroms instabil wird und zu schwingen beginnt (schon ein kleiner Ventilhub bewirkt eine grosse Änderung des Volumenstroms im Vorlauf). Die Entwicklung von Geräuschen ist eine weitere Folge von zu hohem Druckverlust am Regelventil.

Da Teillastbetrieb in Heizungsanlagen häufig vorkommt, sollte eine drehzahlgeregelte Umwälzpumpe eingesetzt werden, um den Differenzdruck bei Teillast zu reduzieren. Dadurch wird der Anstieg des Druckverlusts am Regelventil nicht verhindert, aber verkleinert. Der Einsatz von unregelmässigen Umwälzpumpen verschlechtert die Ventilautorität im Teillastbetrieb weiter.

1.5.2 Auslegung von Wärmeverteilungen

Informationen zur Dimensionierung von Rohrleitungssystemen für Heizungsanlagen sind im Nussbaum Dokument «Themenwelt Dimensionierung von Rohrleitungssystemen» zu finden, Themenwelt 299.1.069.

1.5.3 Befüllung von Heizungsanlagen

Heizungsanlagen bis 50 kW Leistung werden üblicherweise mit Trinkwasser befüllt. Die dazu erforderliche Verbindung der Heizungsanlage mit der Trinkwasserinstallation muss so ausgeführt sein, dass eine Verunreinigung der Trinkwasserinstallation mit dem Heizungswasser aufgrund von Druckdifferenzen zwischen den beiden Rohrnetzen nicht möglich ist. Die dazu erforderlichen **Trinkwasserschutzeinrichtungen** sind durch die Norm EN 1717 festgelegt. Zudem wird das Trinkwasser bei der Befüllung, falls erforderlich, für die Verwendung als Wärmeträger aufbereitet, um Korrosion (Rost) und Stoffablagerungen (Steinbildung) zu verhindern. Die Aufbereitung erfolgt nach den Richtlinien VDI 2035 und SWKI BT102-01. Für diese Zwecke stehen verschiedene Rohrleitungsbestandteile zur Verfügung wie Absperrarmaturen, Heizungsfüllkombinationen und Rückflussverhinderer.

Die Befüllung läuft so ab, dass das Heizungswasser bei geöffneten Entlüftungseinrichtungen in die Heizungsanlage strömt bis der Wasserstand in den Heizkörpern die Entlüftungsöffnungen erreicht, die zu diesem Zeitpunkt manuell oder automatisch geschlossen werden. Anschliessend wird die Befüllung fortgesetzt, bis der Fülldruck erreicht ist. Der Fülldruck muss während des Betriebs der Heizungsanlage aufrecht erhalten werden, um Unterdruck und das damit einhergehende Ansaugen von Luft zu verhindern. Wenn der Fülldruck fällt, muss Heizungswasser nachgefüllt werden. Dies kann manuell oder mithilfe einer automatischen Nachfüllkombination erfolgen.

Das Heizungswasser scheidet während des Betriebs Luft aus, unter anderem durch dessen Erwärmung und Abkühlung. Die ausgeschiedene Luft sammelt sich in den Heizkörpern und kann Korrosion, Störungen der Zirkulation und des Wärmetransports sowie störende Geräusche verursachen. Bei entsprechenden Indikationen muss der Heizkörper oder die Heizungsanlage entlüftet werden.

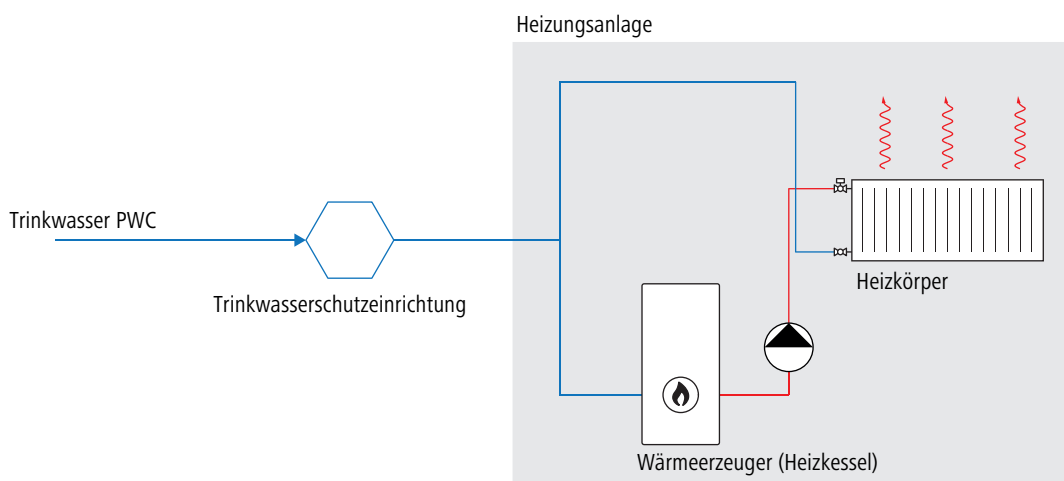


Abb. 19: Trinkwasserschutzeinrichtungen schematisch (nach EN 1717)

1.5.3.1 Sicherungseinrichtungen

Je nach Einsatzfall können verschiedene Sicherungseinrichtungen verwendet werden, um den Rückfluss von Nicht-trinkwasser (Kategorien 2 bis 5) ins Trinkwasserversorgungsnetz zu verhindern. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die häufigsten Arten von Sicherungseinrichtungen.

Sicherungseinrichtung	Absicherung	Beispielprodukt Nussbaum	Anwendungsbeispiel
Rückflussverhinderer EA, kontrollierbar	Bis Kat. 2	15101	Wassererwärmer, Wasserenthärter
Systemtrenner CA mit unterschiedlichen, nicht kontrollierbaren Druckzonen	Bis Kat. 3	15090, 15092	Direkte Heizungsnachspeisung ohne Additive

Sicherungseinrichtung	Absicherung	Beispielprodukt Nussbaum	Anwendungsbeispiel
Systemtrenner BA mit kontrollierbarer Mitteldruckzone	Bis Kat. 4	15073, 15087	Autowaschanlage
Sicherheitstrennstation AB mit offenem Einlauf ≥ 2 cm	Bis Kat. 5	15068	Schwimmbadnachfüllung

Tab. 6: Beispiele für Sicherungseinrichtungen

Ausführliche Informationen zur Rückflussverhinderung sind der SVGW-Richtlinie W3/E1 «Rückflussverhinderung in Sanitäranlagen» sowie dem Nussbaum Dokument «Themenwelt Schutz von Trinkwasser» zu entnehmen, ☞ Themenwelt 299.1.085.

1.5.4 Entgasung

Gemäss dem Henry-Gesetz gibt es zwei Möglichkeiten, gelöste Gase aus dem Heizungswasser zu entfernen: durch Erhöhung der Temperatur oder durch Senkung des Drucks. Entlüfter und Luftabscheider nutzen die erste Möglichkeit. Sie werden in den Vorlauf von Heizungsanlagen eingebaut, wo die Temperatur höher und die Löslichkeit der Gase geringer ist. Die Druckabsenkung ist jedoch die effektivere Methode. Hierbei gibt es zwei verschiedene Techniken:

- Bei der Normalentgasung mit pumpengesteuerter Druckhaltung wird das Heizungswasser, das auf Überdruck gehalten wird, in einen drucklosen Behälter geleitet. Durch die Druckdifferenz lösen sich die im Wasser enthaltenen Gase.
- Bei der Vakuumentgasung erzeugen Vakuumentgaser ein Vakuum in einer Wassersäule des Geräts. Im Vakuum wird das Gas freigesetzt und sammelt sich über dem Wasserspiegel. Durch Herunterfahren der Vakuumpumpe wird der Druck kurzzeitig erhöht, wodurch das Gas abgeschieden wird.

Eine weitere Methode bieten Sauerstoffzehrpatronen, die ähnlich wie eine Filterpatrone den im Heizungswasser gelösten Sauerstoff beim Durchströmen herausfiltern. Dabei wird ein elektrochemisches Verfahren zur Sauerstoffbindung eingesetzt, wobei ein anorganisches Sauerstoffbindemittel verwendet wird, das an ein Trägermaterial gebunden ist und nach der Reaktion mit dem Sauerstoff auf dem Trägermaterial bleibt. Im Gegensatz zur Verwendung von Sauerstoffbindemitteln wird die Zusammensetzung des Heizungswassers dabei kaum verändert.

1.5.5 Druckprüfung von Heizungs- und Kälteinstallationen

Ausführliche Informationen zur Druckprüfung von Heizungs- und Kälteinstallationen sind dem Nussbaum Dokument «Themenwelt Druckprüfverfahren bei Leitungsinstallationen» zu entnehmen, ☞ Themenwelt 299.1.056.

2 Zulassungen und Bescheinigungen

2.1 Gesetze, Normen und Richtlinien

Das Thema Wärmeverteilung wird durch die nachfolgenden Gesetze, Normen und Richtlinien geregelt:

- Energieeinsparverordnung – EnEV 2014: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden
- Die Norm SIA 384 legt die Anforderungen an die Planung und Ausführung von Heizungsanlagen fest.

2.2 Merkblatt SVGW

Bei einem direkten Anschluss der Heizungsanlage an das Trinkwasserversorgungsnetz das Merkblatt TPW «Heizungsfüllung und Nachfüllung» des SVGW beachten. Der SVGW empfiehlt keine unkontrollierte (permanente) Nachspeisung der Heizungsanlage.

3 Nussbaum Lösungen

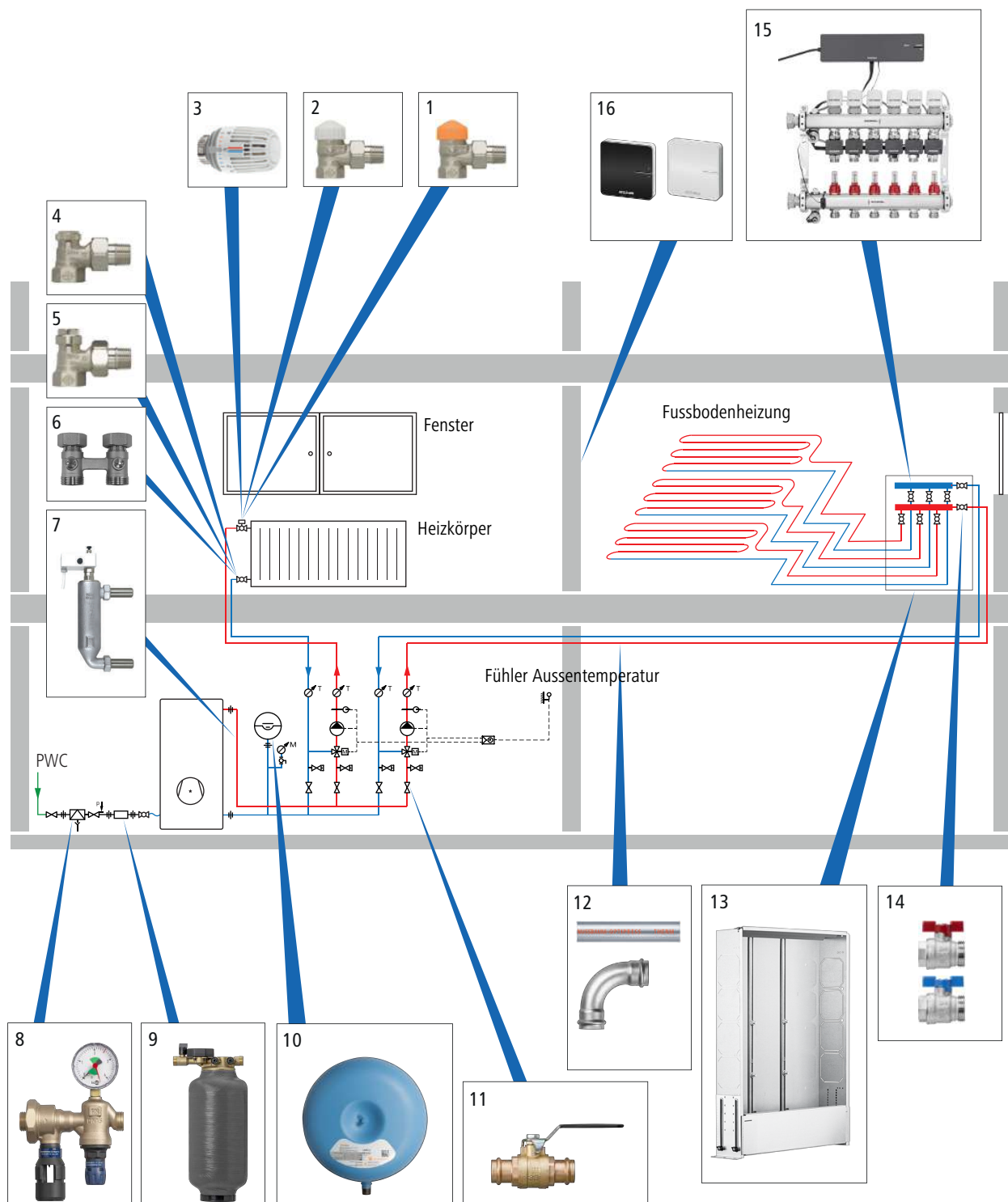


Abb. 20: Nussbaum Lösungen in Heizungsanlagen

1	Thermostat-Ventilunterteile Eclipse	• Mit automatischem hydraulischem Abgleich durch integrierten Durchflussregler • Verschiedene Bauformen • Werkstoff: Rotguss vernickelt
2	Thermostat-Ventilunterteile V-exact	• Mit Voreinstellung • Verschiedene Bauformen • Werkstoff: Rotguss vernickelt

3	Thermostatköpfe	Je nach Ausführung: • mit oder ohne eingebautem Fühler • auch für Fremdfabrikate
4	Rücklaufverschraubungen	• Mit Absperr- und Regulierfunktion • Verschiedene Bauformen • Werkstoff: Rotguss vernickelt
5	Rücklaufverschraubungen	• Mit Absperr-, Regulier- und Entleerfunktion • Verschiedene Bauformen • Werkstoff: Rotguss vernickelt
6	Heizkörperanschluss-Garnituren	• Mit Absperrfunktion durch Kugelhahn • Verschiedene Bauformen • Werkstoff: Messing vernickelt
7	Wasserstandbegrenzer	• Mit Verriegelung • Werkstoff: Grauguss, korrosionsgeschützt
8	Heizungsfüllgarnitur CA	• Mit Aussengewinden und Manometer • Werkstoff: Rotguss CC246E
9	Heizungsbefüllungsstation	• Mit verstellbarer Wandhalterung • Werkstoff: Messing CW617N
10	Druckausdehnungsgefäß	• Werkstoff: Stahl
11	Optipress-Kugelhahn	• für Wasser bis 110 °C • Werkstoff: Messing
12	Optipress-Therm Rohre und Fittings	• Verschiedene Bauformen • Werkstoff: Stahl verzinkt oder vernickelt
13	Verteilerkästen	• Verschiedene Ausführungen • Werkstoff: Stahl verzinkt oder vernickelt
14	Therm-Control-Kugelhahn	• für den Anschluss an den Heizkreisverteiler • Werkstoff: Messing vernickelt
15	Therm-Control Regelset	• Für Fussbodenheizung und Betonkernaktivierung • Verschiedene Ausführungen
16	Therm-Control-Raumthermostat	• Für die Einstellung der Raumtemperatur mit Funkübertragung zu Basis-Regelunit • Werkstoff: Kunststoff

3.1 Heizkörperanschluss-Garnituren und Übergänge

Produkt	Montagebeispiel
 Heizkörperanschluss-Garnitur, 55123	
 Heizkörperanschluss-Garnitur abgewinkelt, 55124	

Produkt	Montagebeispiel
 Heizkörperanschluss-Garnitur, mit Umgehung, 55126	
 Übergang mit Aussengewinde, für Verschraubung flachdichtend, 55129	
 Übergang mit Aussengewinde, 55130	

4 Weiterführende Informationen

Für die Planung und Ausführung von Nussbaum Installationen müssen die technischen Dokumente von Nussbaum berücksichtigt werden.

Informationen zu Grundlagenthemen sind in den Nussbaum Dokumenten «Themenwelt» zu finden, detaillierte Informationen zu Nussbaum Systemen in den entsprechenden «Systembeschrieben».

Glossar

Gleichgewichtskonstanten

Wenn eine chemische Reaktion im Gleichgewicht ist, gibt die Gleichgewichtskonstante das Verhältnis zwischen den Konzentrationen der Ausgangsstoffe und der Endstoffe an. Verschiedene Schreibweisen und Varianten sind möglich, so kann eine Gleichgewichtskonstante auch das Verhältnis der Partialdrücke angeben.

Konduktion

Wärmeübertragung nach dem Fourierschen Gesetz: Die Wärmeenergie wird in Feststoffen durch die Bewegungsenergie der Materie transportiert. Beispiel: Die Erwärmung von Rohren und Heizkörpern durch das hindurchfließende Warmwasser.

Konvektion

Wärmeübertragung nach dem Newtonschen Abkühlungsgesetz: Die Wärmeenergie wird durch ein Fluid (ein Gas oder eine Flüssigkeit) transportiert. Beispiel: Erwärmte und dadurch aufsteigende Luft, z. B. über einem Heizkörper.

Korrosion

Korrosion ist die Zersetzung von metallischen Werkstoffen durch chemische oder elektrochemische Reaktionen mit Korrosionsmedien wie z. B. Wasser und Sauerstoff.

Partialdruck

Der Anteil am Druck eines Gasgemischs, der von einem der Gasbestandteile ausgeht. (z.B. der Druck von Sauerstoff oder der Druck von Stickstoff in der Luft).

Strahlung

Wärmeübertragung nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz: Die Wärmeenergie wird durch elektromagnetische Wellen übertragen. Beispiele: Die Erwärmung von Gewässern durch die Sonneneinstrahlung oder die Wärmestrahlung von Heizkörpern.

Temperatur

Die Temperatur ist ein Zustand der Materie und leitet sich von der Bewegungsenergie der kleinsten Materieteilchen wie Elektronen, Atome und Moleküle ab (kinetische Energie der Materieteilchen). Je schneller die Materieteilchen sich in einem Stoff bewegen, desto höher ist die Temperatur des Stoffs.

Temperaturspreizung

Der Temperaturunterschied zwischen Vor- und Rücklauf in einer Heizanlage bzw. zwischen Zu- und Abluft bei einer Luft/Wasser- Wärmepumpe.

Wärme

Wärme ist eine Energieart. Wärmeenergie lässt sich durch Umwandlung einer anderen Energieart gewinnen.

Quellenverzeichnis

- Blickle S. et al.: Installations- und Heizungstechnik 6. Auflage. Europa Lehrmittel Verlag Haan-Gruiten. 2017
- SIA Merkblatt Nr. 520180:2014 de: Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden
- SIA Merkblatt Nr. 592024:2015 de: Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik
- SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden
- SIA 384/1:2021-01 (Vernehmlassungsentwurf) Heizungsanlagen in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen
- suissetec Merkblatt Technische Dämmung in der Gebäudetechnik, September 2023
- SWKI BT102-01 Richtlinie Wasserbeschaffenheit für Gebäudetechnik-Anlagen

Wir verteilen Wasser

Die R. Nussbaum AG, 1903 gegründet, ist ein eigenständiges Schweizer Familienunternehmen, beschäftigt rund 500 Mitarbeitende und gehört zu den führenden Herstellern von Armaturen, Verteilsystemen und individuellen Gesamtlösungen im Bereich Sanitär- und Heiztechnik. Von unserem Hauptsitz in Olten aus vertreiben wir unser breites Produktsortiment über ein eigenes Filialnetz an Installierende in der ganzen Schweiz.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren Installateur resp. Nussbaum. Dort erhalten Sie kompetente Auskunft über sämtliche Nussbaum Produkte.

Nous distribuons de l'eau

R. Nussbaum SA, entreprise familiale suisse indépendante fondée en 1903, emploie près de 500 collaborateurs et compte parmi les fabricants leaders de robinetteries, de systèmes de distribution et de solutions globales individuelles dans le domaine de la technique sanitaire et de chauffage. Depuis notre siège d'Olten, nous proposons un large assortiment de produits au travers de notre réseau de succursales et installateurs/trices dans toute la Suisse.

Pour plus d'informations, veuillez vous adresser à votre installateur resp. Nussbaum. Vous y recevrez des informations compétentes sur l'ensemble des produits Nussbaum.

Distribuiamo acqua

La società R. Nussbaum SA, fondata nel 1903, è un'azienda svizzera indipendente di proprietà familiare che impiega ben 500 dipendenti ed è tra i principali produttori di rubinetteria, sistemi di distribuzione e soluzioni integrali personalizzate nel settore della tecnica idrosanitaria e di riscaldamento. Dalla nostra sede sociale di Olten commercializziamo, attraverso la rete di succursali Nussbaum, la nostra ampia gamma di prodotti rifornendo installatrici e installatori in tutta la Svizzera.

Per ulteriori informazioni non esitate a rivolgervi al vostro installatore resp. Nussbaum. Qui riceverete informazioni competenti su tutti i prodotti della Nussbaum.



NUSSBAUM_{RN}

Gut installiert Bien installé Ben installato

Hersteller Armaturen und Systeme Sanitär- und Heiztechnik
Fabricant de robinetterie et systèmes de technique sanitaire et chauffage
Produttore di rubinetteria e sistemi di tecnica idrosanitaria e di riscaldamento
ISO 9001 / 14001 / 45001

Basel, Bern, Biel, Brig, Buchs, Carouge, Crissier, Giubiasco, Givisiez, Gwatt-Thun,
Kriens, Sion, Steinhausen/Zug, St. Gallen, Trimbach, Winterthur, Zürich

R. Nussbaum AG | SA
Hauptsitz | Siège social | Sede sociale

Martin-Disteli-Strasse 26
Postfach, CH-4601 Olten

062 286 81 11
info@nussbaum.ch

nussbaum.ch