

Warmwasser

gültig ab: 08. August 2025



NUSSBAUM_{RN}

Gut installiert Bien installé Ben installato

Anwendungen und Lösungen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Grundlagen und Anforderungen	6
2.1	Temperaturen	6
2.2	Ausstosszeiten	7
2.3	Gesetzliche Vorgaben	7
2.3.1	Schweizerische Bundesgesetze	7
2.3.2	Kantonale Energieverordnungen (KE nV)	7
2.3.3	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE n)	7
2.4	Normen und Richtlinien	8
3	Warmwasserbedarf	9
4	Entnahmep profile	11
5	Lastprofile	12
6	Energiearten zur Wassererwärmung	13
6.1	Chemische Energie	13
6.2	Elektrische Energie	13
6.3	Strahlungsenergie	14
6.4	Umweltwärme	14
6.5	Abwärme	14
7	Wärmeerzeugung	15
7.1	Wärmeübertrager	15
7.2	Widerstandsheizungen	16
7.3	Wärmepumpe	17
7.4	Thermische Solaranlage	19
7.5	Photovoltaik-Anlage (Power to Heat)	20
7.5.1	Power-to-Heat-Nutzung mit Widerstandsheizung	20
7.5.2	Power-to-Heat-Nutzung mit Wärmepumpe	21
8	Wassererwärmer	22
8.1	Speicher-Wassererwärmer	22
8.1.1	Direkt erwärmter Speicher-Wassererwärmer	22
8.1.2	Indirekt erwärmter Speicher-Wassererwärmer mit innenliegendem Wärmeübertrager	23
8.1.3	Indirekt erwärmter Speicher-Wassererwärmer mit aussenliegendem Wärmeübertrager ..	24
8.1.4	Speicher-Wassererwärmer mit Pufferspeicher (Kombispeicher)	25
8.1.5	Serienschaltung von Speicher-Wassererwärmern	26
8.1.6	Schichtung	27
8.1.7	Korrosionsschutz	28

8.2	Durchfluss-Wassererwärmer	30
8.3	Frischwasserstation	31
9	Warmwasser-Verteilsysteme	32
9.1	Einzelversorgung	32
9.2	Dezentrale Warmwasserversorgung	33
9.2.1	Gruppenversorgung mit Durchlauf-Wassererwärmern	33
9.2.2	Gruppenversorgung mit Speicher-Wassererwärmern	34
9.3	Zentrale Warmwasserversorgung	35
9.4	Wärmesiphon	36
10	Hygienische Anforderungen an die Warmwasserversorgung	38
11	Temperaturhochhaltung in Warmwasserverteilungen	39
11.1	Zirkulationssystem	39
11.1.1	Zirkulationsleitungen	40
11.1.2	Zirkulationspumpen	41
11.2	Warmhalteband	42
12	Schutz vor Verbrühungen	43
13	Wärmedämmung	44
13.1	Hinweise zur Auslegung von Wärmedämmungen	44
13.2	Warmwasserleitungen	45
13.3	Kaltwasserleitungen	46
13.4	Verzögerung der Kaltwassererwärmung in Steigzonen	47
13.4.1	Problematik	47
13.4.2	Lösungen	47
13.4.3	Schachtausflockung	51
13.4.4	Zusammenfassung	52
13.5	Frostschutz	52
14	Auslegung von Warmwasserversorgungen	53
14.1	Vorgehensweise	53
14.1.1	Grobauslegung	53
14.1.2	Feinplanung	53
14.2	Speicher-Wassererwärmer	54
14.2.1	Warmwasserbedarf	54
14.2.2	Wärmebedarf für das Warmwasser	55
14.2.3	Anfangswert des Warmwasservolumens	55
14.2.4	Anfangswert des Spitzendeckungsvolumens	55
14.2.5	Anfangswert des Steuervolumens	56
14.2.6	Anfangswert des Speichervolumens	57
14.2.7	Speicherwärmeverluste	57
14.2.8	Wärmeverlust der warmgehaltenen Leitungen	58

14.2.9	Wärmeverluste der Ausstossleitungen	58
14.2.10	Wärmebedarf der Warmwasserversorgung	58
14.2.11	Endwert des Warmwasservolumens	59
14.2.12	Endwert des Spitzendeckungsvolumens	59
14.2.13	Endwert des Steuervolumens	59
14.2.14	Endwert des Speichervolumens	60
14.2.15	Hygienische Überprüfung des Speichervolumens	60
14.3	Zirkulationssysteme	61
14.3.1	Berechnung der Wärmeverluste von Zirkulationsleitungen	61
14.3.2	Förderstrom der Zirkulationspumpe	62
14.3.3	Volumenströme	63
14.3.4	Nennweiten der Zirkulationsleitungen	63
14.3.5	Druckverluste durch Rohrreibung und Einzelwiderstände	64
14.3.6	Auswahl der Zirkulationspumpe	64
14.3.7	Auslegungsbeispiel (SIA 385/2:2025)	65
14.4	Ausstosszeiten	74
14.4.1	Berechnung der Ausstosszeit	74
14.4.2	Temperaturverlauf an einer Warmwasser-Entnahmestelle	75
14.4.3	Messung der Ausstosszeit	75
15	Zulassungen und Bescheinigungen	77
15.1	SVGW-Zertifizierungsreglemente	77
15.2	Energieverbrauchskennzeichnung (Energieetikette)	77
16	Nussbaum Lösungen	78
17	Weiterführende Informationen	81
	Glossar	82
	Anhang	85
	Lesebeispiele zu logarithmischen Skalen	85
	Druckverlusttabelle Optipress-Rohre	86
	Druckverlusttabelle Optiflex-Rohre	89
	Quellenverzeichnis	93

1 Einleitung

Warmwasserversorgungen gehören zur Grundausstattung von Wohnungen, gewerblichen und öffentlichen Gebäuden. Der Nutzer erwartet, dass hygienisch einwandfreies Warmwasser jederzeit, in ausreichender Menge und mit der gewünschten Temperatur zur Verfügung steht. Der Installateur steht vor der Herausforderung, eine Warmwasserversorgung zu installieren, die den Warmwasserbedarf bei minimalem Energieverbrauch deckt und hygienisch kritische Wassertemperaturen nicht entstehen lässt.

Dieses Dokument gibt einen Überblick über die verschiedenen Systeme zur Warmwasserversorgung und enthält Informationen zu normativen Anforderungen sowie zur Auslegung von Wassererwärmern und Warmwasserverteilungen. Schliesslich werden die von der R. Nussbaum AG in diesem Bereich angebotenen Lösungen gezeigt.

2 Grundlagen und Anforderungen

2.1 Temperaturen

Die Temperatur des warmen Trinkwassers sollte in einer Trinkwasserinstallation nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik im gesamten zirkulierenden System bei mindestens 55 °C liegen, um das Risiko einer Legionellenkontamination gering zu halten. Die Austrittstemperatur am Wassererwärmer sollte mindestens 60 °C betragen.

Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht der in den Richtlinien geforderten Temperaturen in der Warmwasserversorgung:

Messstelle	SIA 385/1	SVGW W3/E3
Speicher-Wassererwärmer	—	60 °C
Warmwasserverteilsystem	55 °C	55 °C
Entnahmestelle	50 °C	50 °C
Kaltwasser	≤ 25 °C	≤ 25 °C

Tab. 1: Temperaturen in der Warmwasserversorgung mit warmgehaltenen Leitungen

Die Norm SIA 385/1 definiert keine Temperatur des Warmwassers im Speicher, da je nach Anlagenkonfiguration eine Temperatur von z. B. 58 °C ausreichend sein kann. Wichtig ist die Einhaltung einer Temperatur von minimal 55 °C in der gesamten Warmwasserversorgung.

Die Temperatur ist aus trinkwasserhygienischer Sicht eine kritische Grösse. Der Temperaturbereich von 25 °C bis 45 °C sollte vermieden werden, da er für die Vermehrung pathogener Mikroorganismen besonders günstig ist.

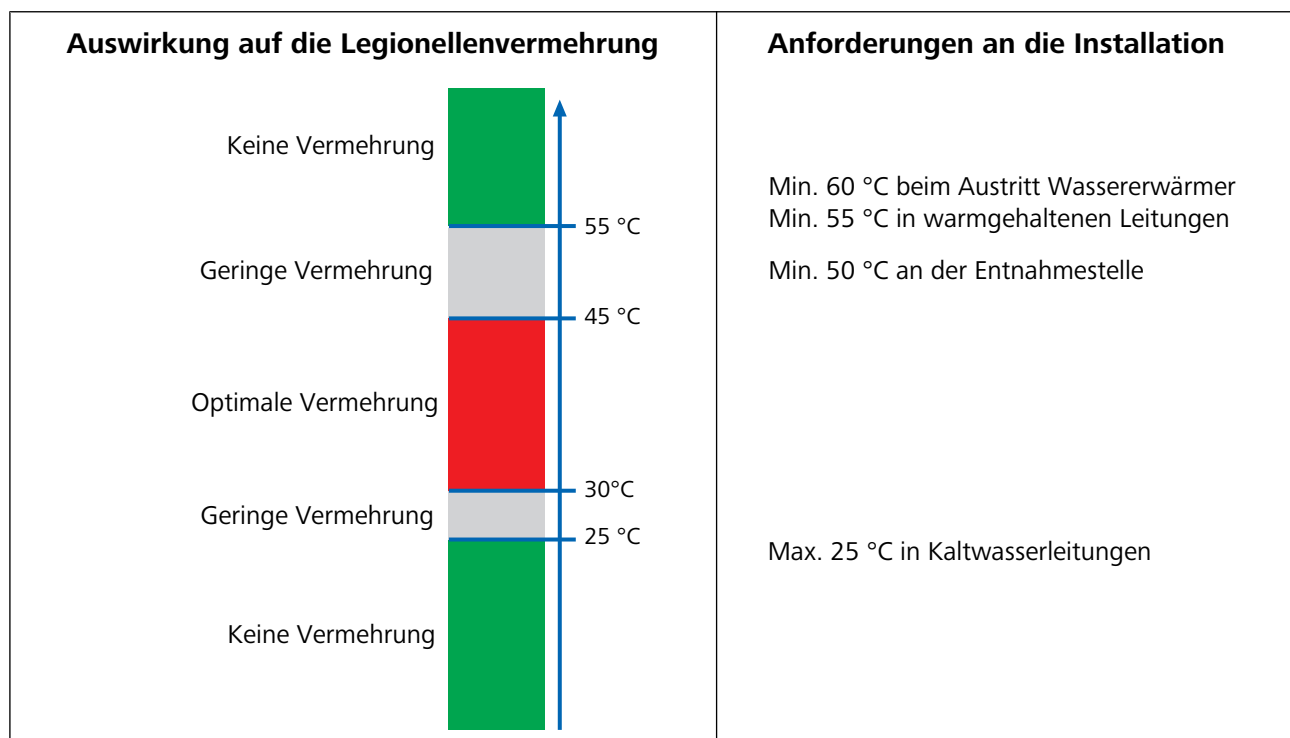


Abb. 1: Auswirkungen der Temperatur auf die Legionellenvermehrung und Anforderungen an die Installation (W3/E3:2020, 6.1.6)

Die periodische Erwärmung des Bereitschaftsvolumens im Speicher während einer Stunde auf 60 °C wird nicht mehr empfohlen (sogenannte Legionellenschaltung).

2.2 Ausstosszeiten

Die Ausstosszeit ist die Zeitspanne, die vergeht, bis die Nutztemperatur (40 °C) an der Entnahmestelle erreicht ist. Geringe Ausstosszeiten entsprechen dem Komfortanspruch des Verbrauchers und sind im Interesse eines sparsamen Energieverbrauchs.

Folgende Parameter beeinflussen die Ausstosszeit:

- Die Verlegetechnik der Warmwasserverteilung
- Die Anordnung der Sanitärapparate
- Die Rohrdimension und Leitungslänge
- Die Temperatur des Warmwassers
- Der Volumenstrom

Sanitärapparat	Ausstosszeit ohne Warmhaltung	Ausstosszeit mit Warmhaltung
• Waschtisch • Handwaschbecken • Bidet • Duschanlage • Badewanne • Spültisch • Ausguss	15 s	10 s

2.3 Gesetzliche Vorgaben

2.3.1 Schweizerische Bundesgesetze

Der Energieartikel, das Energiegesetz, das CO₂-Gesetz, das Kernenergiegesetz, das Stromversorgungsgesetz und das Wassergesetz sind Teile des Instrumentariums für eine nachhaltige und moderne Schweizer Energiepolitik. Neben den gesetzlichen Grundlagen umfasst die Energiepolitik von Bund und Kantonen aber auch die Bereitstellung von Energieperspektiven sowie von Strategien, Umsetzungsprogrammen und die Evaluation energiepolitischer Massnahmen auf Gemeinde-, Kantons- und Bundesebene.

2.3.2 Kantonale Energieverordnungen (KE nV)

Die gesetzlichen Regelungen für Warmwasserversorgungen (Wassererwärmer) im Gebäudebereich unterscheiden sich von Kanton zu Kanton. Die Kantone koordinieren ihre Aktivitäten im Energiebereich in der Konferenz Kantonalen Energiedirektoren (EnDK). Sie vereint die kantonalen Regierungsmitglieder, die in ihren Kantonen für das Dossier Energie verantwortlich sind. Der EnDK angegliedert ist die Energiefachstellenkonferenz (EnFK), die fachtechnische Fragen behandelt.

2.3.3 Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE n)

Die MuKE n haben zum Ziel, die Gesetzgebungen der Kantone für Energieversorgungen im Gebäudebereich zu harmonisieren. Das Basismodul der MuKE n enthält die folgenden Anforderungen zur Warmwasserversorgung:

- Maximale Betriebstemperaturen von Wassererwärmern
- Minimale Dämmstärken von Rohrleitungsteilen in Warmwasserverteilungen
- Einsatzbedingungen von elektrischen Wassererwärmern in Wohnbauten
- Angaben zum maximalen Energieverbrauch für die Erzeugung von Warmwasser
- Vorgaben zur Berechnung des Energieverbrauchs unter Berücksichtigung der Eigenstromproduktion
- Mindestanteile an erneuerbarer Energie zur Wärmeerzeugung unter Angabe von unterschiedlichen Systemvarianten
- Anforderungen an die Messung des Energieverbrauchs

2.4 Normen und Richtlinien

Die folgenden Normen bilden die Grundlage für die Planung und Ausführung von Warmwasserversorgungen:

- DIN EN 1988 (alle Teile), Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen
- DIN EN 806 (alle Teile), Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen
- EN 12831-3:2017 Energetische Bewertung von Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 3: Dimensionierung von Trinkwassererwärmungsanlagen und Bedarfsbestimmung
- SIA 385/1 Anlagen für Trinkwasser in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen
- SIA 385/2 Anlagen für Trinkwasser in Gebäuden – Warmwasserbedarf, Gesamtanforderungen und Auslegung
- SVGW W3 Richtlinie für Trinkwasserinstallationen
- SVGW W3/E3 d Richtlinie für Hygiene in Trinkwasserinstallationen

3 Warmwasserbedarf

Nutzungseinheit	Merkmal	Bezugs- einheit	Normliter/Tag $V_{W,u,i,avg}$	$\sigma_{V,i}$ ¹⁾	Energiebedarf $Q_{W,u,i,avg}$ ²⁾	$\sigma_{Q,i}$ ³⁾
Wohngebäude	einfacher Standard	Person	40	5.0	2.32	0.29
Einfamilienhaus	mittlerer Standard		45	7.5	2.61	0.44
Eigentumswohnung	gehobener Standard		55	7.5	3.19	0.44
Mehrfamilienhaus	allgemeiner Wohnungsbau		35	5.0	2.03	0.29
	gehobener Wohnungsbau		45	7.5	2.61	0.44
Büros	ohne Personalrestaurant	Person	3	0.5	0.17	0.029
Gastronomie (Kochen, Spülen, Geschirrwaschen)						
Cafeteria, Tea Room	Besetzung mässig	Sitzplatz	20	5.0	1.16	0.29
	Besetzung hoch		30	5.0	1.74	0.29
Beherbergung						
Standard ohne Küche und Wäscherei:						
Gasthof, Hotel, Appartementhaus	einfach (Zimmer mit Dusche)	Bett	40	5.0	2.32	0.29
	Mittelklasse (Zimmer mit Dusche)		50	10.0	2.90	0.58
	Gehobene Klasse		80	10.0	4.64	0.58
	Luxus		100	25.0	5.80	1.45
Gesamtbedarf mit Küche und Wäscherei:						
Kinderheim	einfacher Standard	Bett	50	5.0	2.90	0.29
Altersheim			40	5.0	2.32	0.29
Alters- und Pflegeheim			50	7.5	2.90	0.44
Krankenhaus, Klinik	Medizintechnische Einrichtung:	Bett				
	einfach		60	10.0	3.48	0.58
	durchschnittlich		80	10.0	4.64	0.58
	umfangreich		120	15.0	6.96	0.87
Restaurant	Essen einfach, Tellergerichte	Mahlzeit	8	1.0	0.46	0.058
	Essen mit mehreren Gängen		10	2.5	0.58	0.145
Wäscherei	Trockenwäsche	kg	4	0.5	0.23	0.029
Dusche	Schüler	Dusche pro Person	20	2.5	1.16	0.145
	Sportler		25	2.5	1.45	0.145
	Fabrikarbeiter:					
	leicht schmutzig		30	2.5	1.74	0.145
	stark schmutzig		35	2.5	2.03	0.145
Badewanne	normale Wanne	Bad pro Person	90	10.0	5.22	0.58
	Grosswanne		110	5.0	6.38	0.29
	Grossraumwanne		300	30.0	17.40	1.74
1) Standardabweichung von Normliter/Tag						
2) Nutzenergiebedarf pro Tag [kWh]						
3) Standardabweichung von Energiebedarf pro Tag						

Tab. 2: Warmwasserbedarf und Nutzenergiebedarf pro Bezugseinheit (nach SIA 385/2:2025)

Die Standardabweichung $\sigma_{V,i}$ wird zur Berechnung des Warmwasserbedarfs verwendet, wenn die Anzahl von Personen (oder Bezugseinheiten) in der Nutzungseinheit grösser als 10 ist. Damit wird eine Überdimensionierung der Warmwasserversorgung verhindert.

Als Normliter wird 1 Liter Warmwasser von 60 °C bezeichnet, das ab Kaltwasser von 10 °C erwärmt wurde ($\Delta\vartheta = 50$ °C). Der entsprechende Wärmeinhalt ist 0.058 kWh.

4 Entnahmeprofile

Entnahmeprofile (Zapfprofile) zeigen die Verteilung von Warmwasserentnahmen im Tageszyklus.

Die folgenden Entnahmeprofile für Wohnbauten zeigen die Warmwasserentnahmen an Werktagen und am Wochenende.

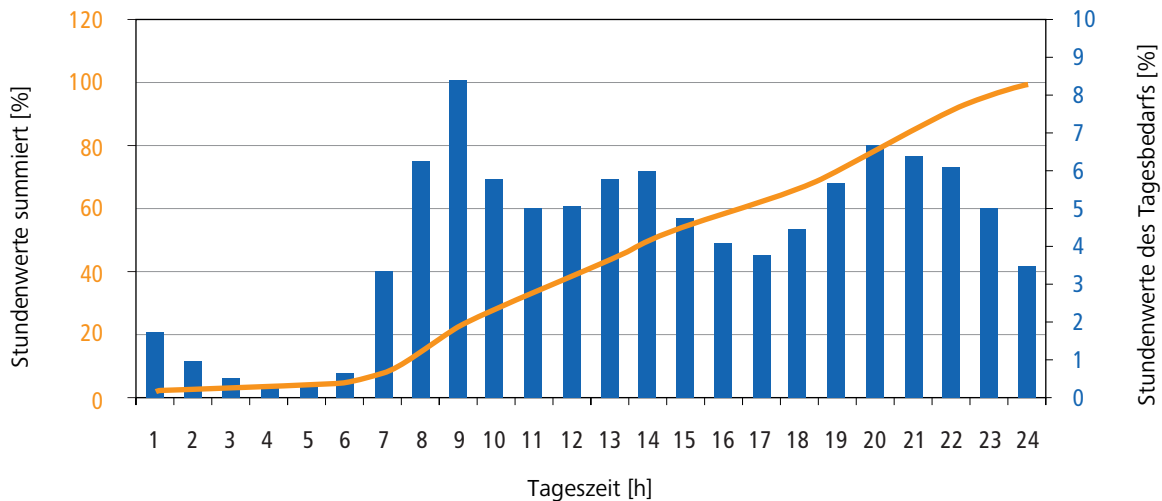


Abb. 2: Warmwasserentnahmen in Wohnbauten von Montag bis Freitag (nach SIA 385/2)

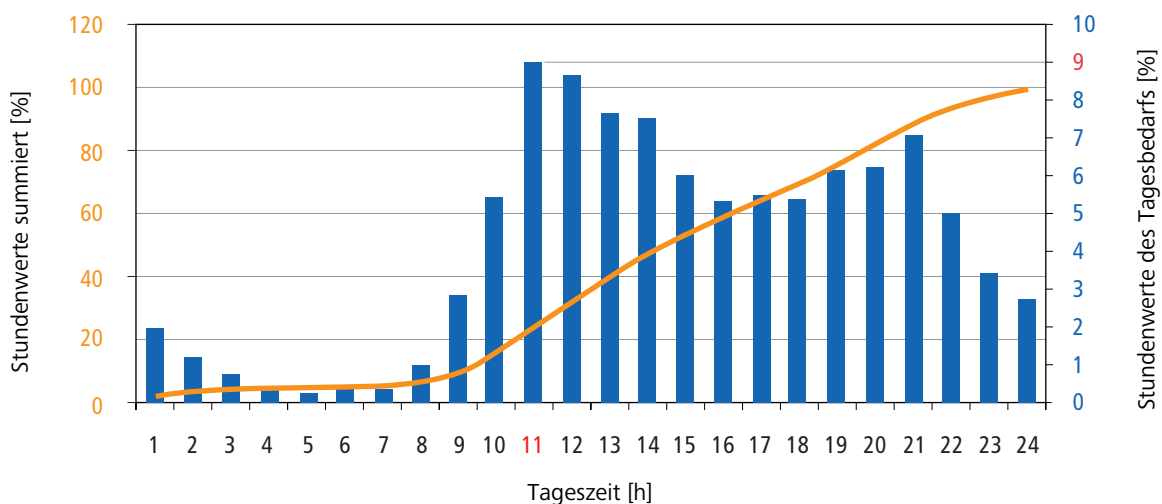


Abb. 3: Warmwasserentnahmen in Wohnbauten am Wochenende (nach SIA 385/2)

Entnahmeprofile werden für die Überprüfung der Speicherauslegung und der Berechnung des Wärmeleistungsbedarfs der Warmwasserversorgung hinzugezogen. Dabei werden in der Regel durchschnittliche Stundenwerte angegeben. Solche Durchschnittswerte dürfen nicht für die Berechnung des Spitzenwärmebedarfs verwendet werden.

5 Lastprofile

Lastprofile zeigen die Verteilung der zur Warmwasseraufbereitung erforderlichen Wärmeenergie im Tageszyklus.

Für Wärmepumpen-Wassererwärmer definiert die Norm SN EN 16147 verschiedene Lastprofile für niedrigen bis hohen Warmwasserverbrauch. Die Lastprofile werden entsprechend wie folgt bezeichnet: 3SX, XXS, XS, S, M L, XL, XXL, 3XL und 4XL.

Die folgende Tabelle zeigt das Lastprofil L, das den täglichen Warmwasserverbrauch eines Haushalts (mit Baden und Duschen) abdeckt.

Nr.	Zeit [hh:mm]	Wärmemenge [kWh]	Volumenstrom [l/min]	Temperaturanfangswert [°C]	Temperaturendwert min. [°C]
1	07:00	0.105	3	25	
2	07:05	1.400	6	40	
3	07:30	0.105	3	25	
4	07:45	0.105	3	25	
5	08:05	3.605	10	10	40
6	08:25	0.105	3	25	
7	08:30	0.105	3	25	
8	08:45	0.105	3	25	
9	09:00	0.105	3	25	
10	09:30	0.105	3	25	
11	10:30	0.105	3	10	40
12	11:30	0.105	3	25	
13	11:45	0.105	3	25	
14	12:45	0.315	4	10	55
15	14:30	0.105	3	25	
16	15:30	0.105	3	25	
17	16:30	0.105	3	25	
18	18:00	0.105	3	25	
19	18:15	0.105	3	40	
20	18:30	0.105	3	40	
21	19:00	0.105	3	25	
22	20:30	0.735	4	10	55
23	21:00	3.605	10	10	40
24	21:30	0.105	3	25	
Summe		11.665			

Tab. 3: Lastprofil L (nach SN EN 16147)

6 Energiearten zur Wassererwärmung

Die Aufbereitung von Warmwasser erfordert viel Energie. Wasser erfordert im Vergleich zu allen anderen bekannten Stoffen am meisten Energie zur Erhöhung der Temperatur. Die spezifische Wärmekapazität eines Stoffes gibt an, wieviel Energie erforderlich ist, um die Temperatur von 1 kg des Stoffes um 1 °C zu erhöhen.

Stoff	Wärmekapazität [J/(kg·K)]
Wasser	4180
Beton	880*
Luft	1010
Gips	1090*
Glas	700*
Stahl	490*
* Richtwerte	

Tab. 4: Spezifische Wärmekapazität von Stoffen

Wärme wird durch die Umwandlung von anderen Energiearten gewonnen. Dabei geht keine Energie verloren, sondern es entstehen Wärme und Verluste (Nebenprodukte) (Energieerhaltung, 1. Hauptsatz der Thermodynamik). Folgende Energieformen werden zur Wärmegegewinnung eingesetzt:

- Chemische Energie
- Elektrische Energie
- Strahlungsenergie
- Umweltwärme

6.1 Chemische Energie

Verbrennungsprozesse (Oxidation) wandeln die in Stoffen gespeicherte Energie in Wärme und Nebenprodukte um. Dabei kommen verschiedene Energieträger mit spezifischen Brennwerten zum Einsatz.

Brennstoff	Brennwert
Steinkohle	8 kWh/kg
Erdöl	10 kWh/l
Erdgas	11 kWh/m ³
Flüssiggase Propan/Butan	14 kWh/kg
Holz	4 kWh/kg

Tab. 5: Brennstoffe und Brennwerte (Durchschnittswerte)

Zu den Nebenprodukten von Verbrennungsprozessen gehören Kohlendioxid CO₂ und andere Gase, die in grossen Mengen freigesetzt, die infrarote Wärmestrahlung der Erde in den Weltraum zurückhalten und dadurch eine Temperaturerhöhung der Atmosphäre verursachen (umgangssprachlich als Treibhauseffekt bezeichnet).

6.2 Elektrische Energie

Elektrische Energie kann an einem Heizwiderstand vollständig, d. h. mit einem Wirkungsgrad von 100 %, in Wärmeenergie umgewandelt werden. Dabei handelt es sich jedoch um die Umwandlung von hochwertiger Energie (Elektrizität) in weniger hochwertige Energie (Wärme), da der technische Aufwand zur Erzeugung von elektrischer Energie hoch und der Wirkungsgrad dabei schlecht ist. Viel elektrische Energie ist erforderlich, um 200 Liter Wasser auf 60 °C zu erwärmen.

Vorteile der Wassererwärmung mit elektrischer Energie:

- Geringer Platzbedarf der Heizelemente
- Transportierbarkeit, Regelbarkeit und Verfügbarkeit der elektrischen Energie
- Keine Rückstände und Abgase

6.3 Strahlungsenergie

Die Sonnenstrahlung kann zur gezielten Erzeugung von Wärme (Solarthermie) oder von Elektrizität (Photovoltaik) genutzt werden. Die Umwandlung von Strahlung in Wärme erfolgt durch die Absorbierung der Strahlung in Stoffen. In thermischen Solaranlagen wird die Sonnenstrahlung mithilfe von Sonnenkollektoren in Wärme umgesetzt. Dabei können hohe Wirkungsgrade erreicht werden. Die Verluste in Sonnenkollektoren setzen sich zusammen aus Lichtreflexion, Wärmeabstrahlung, Konvektion und Wärmeleitung und nehmen mit der Temperatur der bestrahlten Stoffe zu.

Die Sonnenstrahlung steht unbegrenzt zur Verfügung. Die Solarkonstante, also die mittlere Bestrahlung der Erde beträgt 1361 Watt/m^2 . Der mittlere Jahreswärmeertrag im Schweizer Mittelland beträgt 350 bis 700 kWh/m^2 . Eine Anlage mit Sonnenkollektoren kann bis zu 70 % des jährlichen Energiebedarfs für die Warmwasseraufbereitung decken (Quelle: suissetec Fachbuch Warmwasseraufbereitung).

Die Nachteile von Sonnenkollektoren sind die von der Tageszeit und der Witterung abhängige Verfügbarkeit und Intensität der Sonnenstrahlung. Die Bildung von Wasserdampf bei hohen Strahlungswerten ist bei der Auslegung der Sonnenkollektoren zu berücksichtigen. Das in Sonnenkollektoren vorhandene Wasser ist Betriebswasser. Zur Speicherung der Wärmeenergie ist ein (grosser) Betriebswasserspeicher erforderlich, wobei die Wärme mithilfe eines Wärmeübertragers auf die Trinkwasserverteilung übertragen wird.

6.4 Umweltwärme

Jeder Stoff mit einer Temperatur höher als der absolute Nullpunkt von 0 Kelvin oder -273 °C enthält Wärmeenergie. Die Wärmeenergie in der Luft, im Wasser oder im Erdboden kann mit Wärmepumpen und Geothermie-Anlagen zur Gewinnung von Wärme für die Warmwasseraufbereitung genutzt werden. Heisse Thermalquellen werden direkt zur Versorgung von Bädern genutzt oder Wärmepumpen werden eingesetzt, die dem heissen Quellwasser Wärme zum Heizen von Räumen entziehen, wobei gleichzeitig die Reduktion auf eine zum Baden geeignete Wassertemperatur erreicht wird; sogenannte Kaskadennutzung mit stufenweise abnehmender Wassertemperatur (Quelle: Geothermie Schweiz). Bei grossen Geothermie-Anlagen kommt die Nutzung der Erdwärme in Tiefen bis zu 3500 Metern zur Erzeugung von Strom mittels Dampfturbinen zum Einsatz.

Umweltwärme gilt als erneuerbare Energie und steht beinahe unbegrenzt zur Verfügung. Die Emission von Treibhausgasen wie Kohlendioxid (CO_2) ist im Vergleich zu Anlagen mit fossilen Brennstoffen stark reduziert.

Die Nachteile der Geothermie sind die relativ hohen Anschaffungskosten für private Benutzer im Vergleich zu Gas- oder Ölheizsystemen, die Risiken bei der Bodenerschliessung für grosse Anlagen und das Fehlen von einheitlichen rechtlichen Rahmenbedingungen.

6.5 Abwärme

In technischen Grossanlagen wie Kehrlichtverbrennungsanlagen entsteht viel Wärme. Diese Wärme kann über Fernwärme-Verteilnetze in Siedlungsgebiete zur Warmwasseraufbereitung in Haushalten geführt werden.

7 Wärmeerzeugung

7.1 Wärmeübertrager

Wärmeübertrager dienen in thermischen Systemen zur Wärmeübertragung von einem Fluid auf ein anderes, kälteres Fluid. Zudem werden die beteiligten Wärmeträger stofflich voneinander entkoppelt. Wärmeübertrager zur Warmwasseraufbereitung erfüllen unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich optimaler Wärmeübertragung, Schutz vor Korrosion und Wartungszugang bei Verkalkung. Je nach Einbauort und Wärmeträger werden unterschiedliche Bauarten eingesetzt. Innenliegende Wärmeübertrager sind im Warmwasserspeicher eingebaut. Aussenliegende Wärmeübertrager kommen bei grösseren Anlagen zum Einsatz und befinden sich ausserhalb des Warmwasserspeichers. Aus hygienischer Sicht sind aussenliegende Wärmeübertrager zu bevorzugen (SVGW-Richtlinie W3/E3). Sie erzeugen zudem eine bessere Schichtung im Warmwasserspeicher.

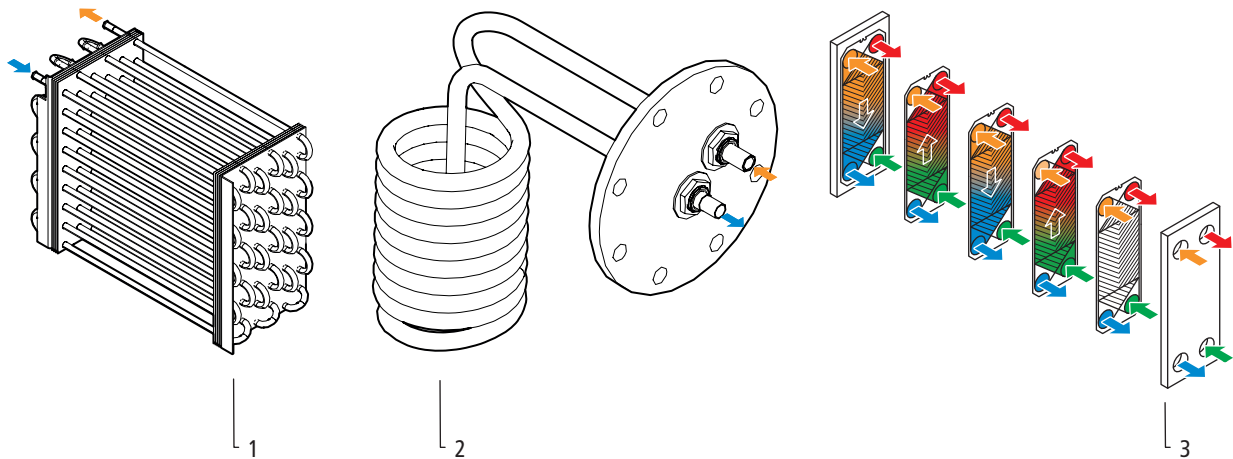


Abb. 4: Wärmeübertrager

1	Glattrohr-Wärmeübertrager
2	Rippenrohr-Wärmeübertrager
3	Plattenwärmeübertrager (Explosionsdarstellung)

Glattrohr-Wärmeübertrager werden zur Wärmeübertragung von Gasen oder Gasgemischen auf Flüssigkeiten eingesetzt.

Rippenrohr-Wärmeübertrager weisen Rohroberflächen auf, welche für die spezifischen Anforderungen der Wärmeübertragung optimiert sind.

Plattenwärmeübertrager bestehen aus beidseitig mit Kanälen versehenen Platten, die so zusammengesetzt sind, dass jede Platte auf der einen Seite vom Wärmeträgermedium und auf der anderen Seite in Gegenrichtung vom kälteren Medium umströmt wird (Gegenstromprinzip).

7.2 Widerstandsheizungen

Widerstandsheizungen basieren auf dem physikalischen Effekt, dass elektrischer Strom in einem elektrischen Leiter Wärme erzeugt.

Elektrische Heizelemente werden zur Nacherwärmung in Speicher-Wassererwärmern eingesetzt. Blankdraht-Heizsysteme werden in Durchfluss-Wassererwärmern verwendet. Das Heizelement besteht aus einem Metalldraht, der sich ohne Isolierung direkt im Trinkwasser befindet. Aufgrund der geringen Masse der Metalldrähte ist eine schnelle Erwärmung möglich. Durch die Längenausdehnung der Metalldrähte beim Erwärmen und Abkühlen kann sich Kalk nur schlecht ablagern. Das vollständige elektrische Aufheizen von Speicher-Wassererwärmern mit Widerstandsheizungen ist nicht mehr zulässig.

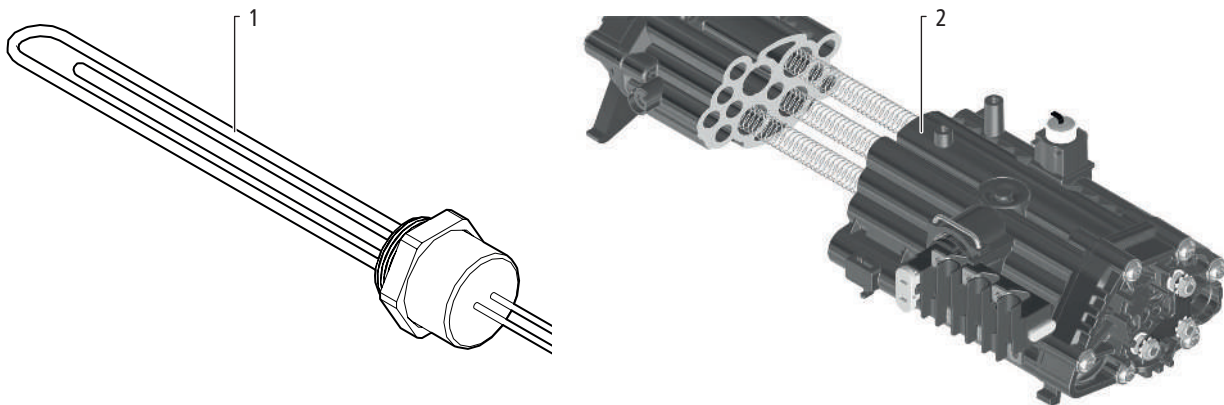


Abb. 5: Widerstandsheizungen

1	Elektrisches Heizelement
2	Blankdraht-Heizsystem (Schnittdarstellung)

7.3 Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe nutzt die Umwandlungswärme bei der Änderung der Aggregatzustände eines Kältemittels mit niedrigem Dampfdruck. Die Wärme, z. B. aus der Umgebungsluft, wird über den Verdampfer an das Kältemittel geführt und lässt das flüssige Kältemittel verdampfen. Das Kältemittel geht in den gasförmigen Zustand über und nimmt dabei die Wärme aus der Umgebungsluft auf. Im Verdichter wird das Kältemittel durch Druckerhöhung weiter erwärmt und gelangt in den Verflüssiger. Im Verflüssiger gibt das Kältemittel die aufgenommene (latente) Wärme zur Warmwassererwärmung ab. Das Kältemittel wird wieder flüssig. Anschliessend wird der Druck des Kältemittels durch das Expansionsventil weiter gesenkt, wodurch das Kältemittel auf die ursprüngliche Temperatur abkühlt und in den Verdampfer gelangt. Der Kreisprozess von Verdampfung und Verflüssigung beginnt von neuem. Der Verdichter wird durch einen Elektromotor angetrieben.

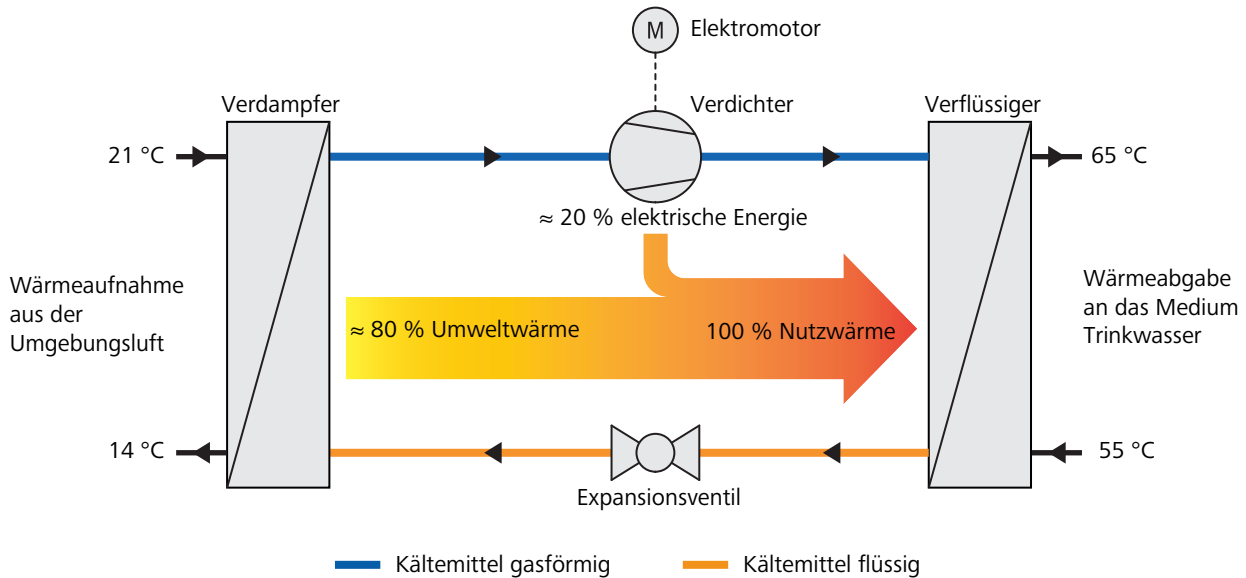
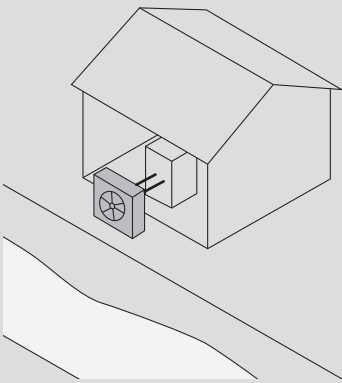
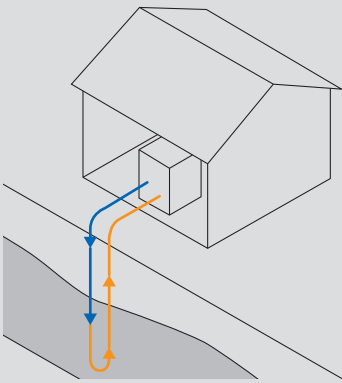


Abb. 6: Funktionsprinzip der Luft/Wasser-Wärmepumpe

Die Wärmepumpe gibt ein Mehrfaches an Wärmeenergie ab, als an elektrischer Energie aufgenommen wird. Das Verhältnis von aufgenommener elektrischer Energie und abgegebener Wärme wird durch die Leistungszahl COP (Coefficient of performance) ausgedrückt. Die Leistungszahl COP ist ein Momentanwert. Die Jahresarbeitszahl JAZ ist aussagekräftiger, da sie das Verhältnis von Energieverbrauch und Wärmeertrag über ein Jahr betrachtet angibt. Mit Wärmepumpen können die CO₂-Emissionen stark reduziert werden, um bis zu 80 % im Vergleich mit einer Ölheizung und um bis zu 70 % gegenüber einer Gasheizung (Quelle: Geothermie Schweiz).

Wärmepumpen unterscheiden sich je nach Wärmequelle in ihrer Bauart. Drei Typen werden unterschieden, wobei sich deren Bezeichnung auf die jeweils genutzte Wärmequelle bezieht.

Typ	Bild	Beschreibung
Luft/Wasser-Wärmepumpe		Eine Luft/Wasser-Wärmepumpe nutzt als Wärmequelle die Wärme in der Umgebungsluft, die mittels Ventilator zum Kältemittelkreis der Wärmepumpe geführt wird. Die Luft/Wasser-Wärmepumpe kann sowohl innerhalb als auch ausserhalb von Gebäuden installiert sein.
Sole/Wasser-Wärmepumpe		Eine Sole/Wasser-Wärmepumpe nutzt als Wärmequelle die Wärme im Erdreich (Geothermie). Die Wärme wird über eine bis zu 400 m tief im Erdreich installierte Erdwärmesonde zum Kältemittelkreis der Wärmepumpe geführt.
Wasser/Wasser-Wärmepumpe	—	Eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe nutzt als Wärmequelle die Wärme im Oberflächen- oder Grundwasser. Die Wärme wird z. B. über ein Rohrsystem zum Kältemittelkreis der Wärmepumpe geführt.

Tab. 6: Typen von Wärmepumpen

7.4 Thermische Solaranlage

Thermische Solaranlagen sind Systeme, die Energie aus der Sonneneinstrahlung in Wärme umwandeln. Da ausschließlich erneuerbare Energie genutzt wird, sind diese Anlagen besonders nachhaltig. Solaranlagen bestehen aus einzelnen Sonnenkollektoren und können auf Dächern, Fassaden oder im Freiland installiert werden. Thermische Solaranlagen können mit unterschiedlichen Sonnenkollektoren ausgestattet sein:

- Thermische Flachkollektoren
- Vakuumröhrenkollektoren

Die Kollektoren absorbieren einen grossen Teil der Sonnenenergie und erwärmen sich dabei. Die absorbierte Wärme wird auf eine Wärmeträgerflüssigkeit im Solarkreislauf übertragen und mit einer Solarpumpe in einen Wärmespeicher transportiert. Mit dieser Wärme werden die Warmwasserbereitung und die Heizung unterstützt. Dies spart Heizkosten und reduziert den Einsatz nicht erneuerbarer Energie.

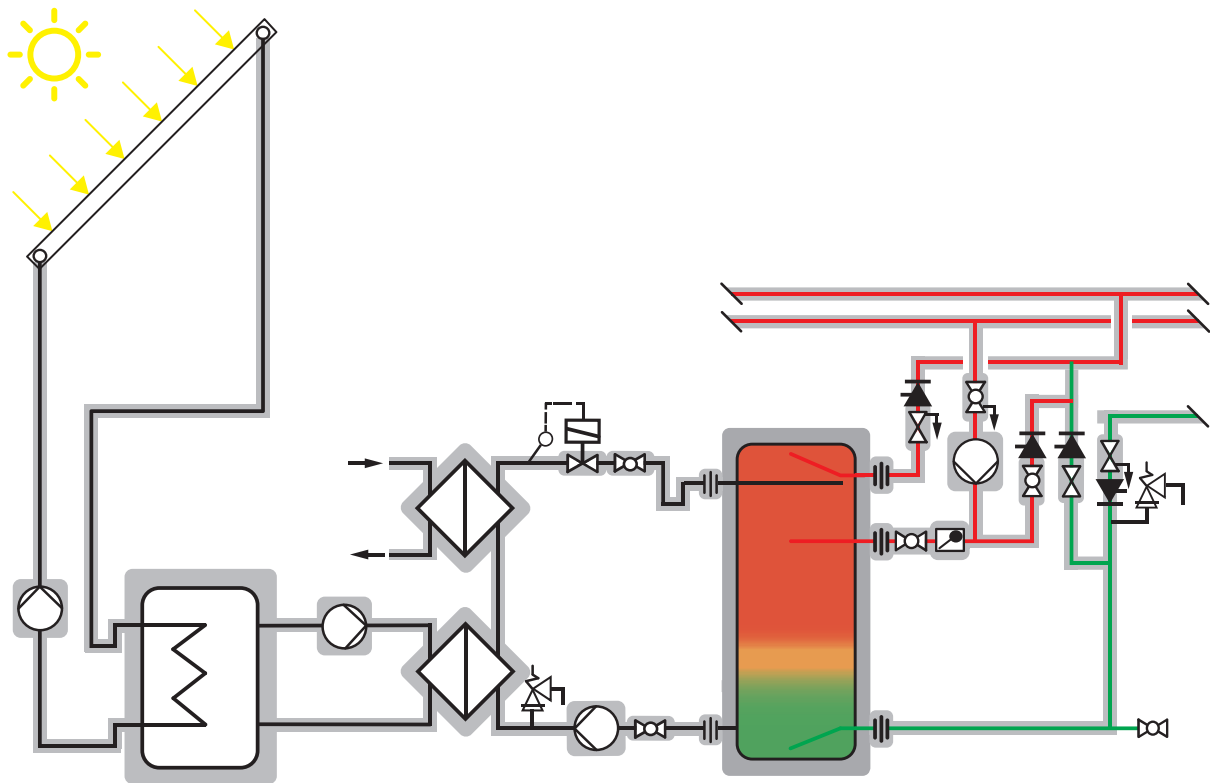


Abb. 7: Thermische Solaranlage

Das Schema zeigt eine Solaranlage für die Warmwasservorwärmung bestehend aus einem Betriebswasserspeicher mit innenliegendem Wärmeübertrager und einer Warmwasseraufbereitung mit aussenliegendem Wärmeübertrager für die Trinkwasservorwärmung. Ein zusätzlicher aussenliegender Wärmeübertrager dient zur Nacherwärmung, z. B. mithilfe einer Wärmepumpe. Die Ladepumpe ist drehzahlreguliert.

7.5 Photovoltaik-Anlage (Power to Heat)

Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) sind Systeme, die Energie aus der Sonneneinstrahlung in Elektrizität umwandeln. PV-Anlagen können zur Warmwasseraufbereitung mit Wärmepumpen oder mit Widerstandsheizungen kombiniert werden, um den Eigenverbrauch zu erhöhen (Power to Heat).

7.5.1 Power-to-Heat-Nutzung mit Widerstandsheizung

Bei kleineren PV-Anlagen oder bei gelegentlichem Power-to-Heat-Betrieb kann ein elektrisches Heizelement eingesetzt werden.

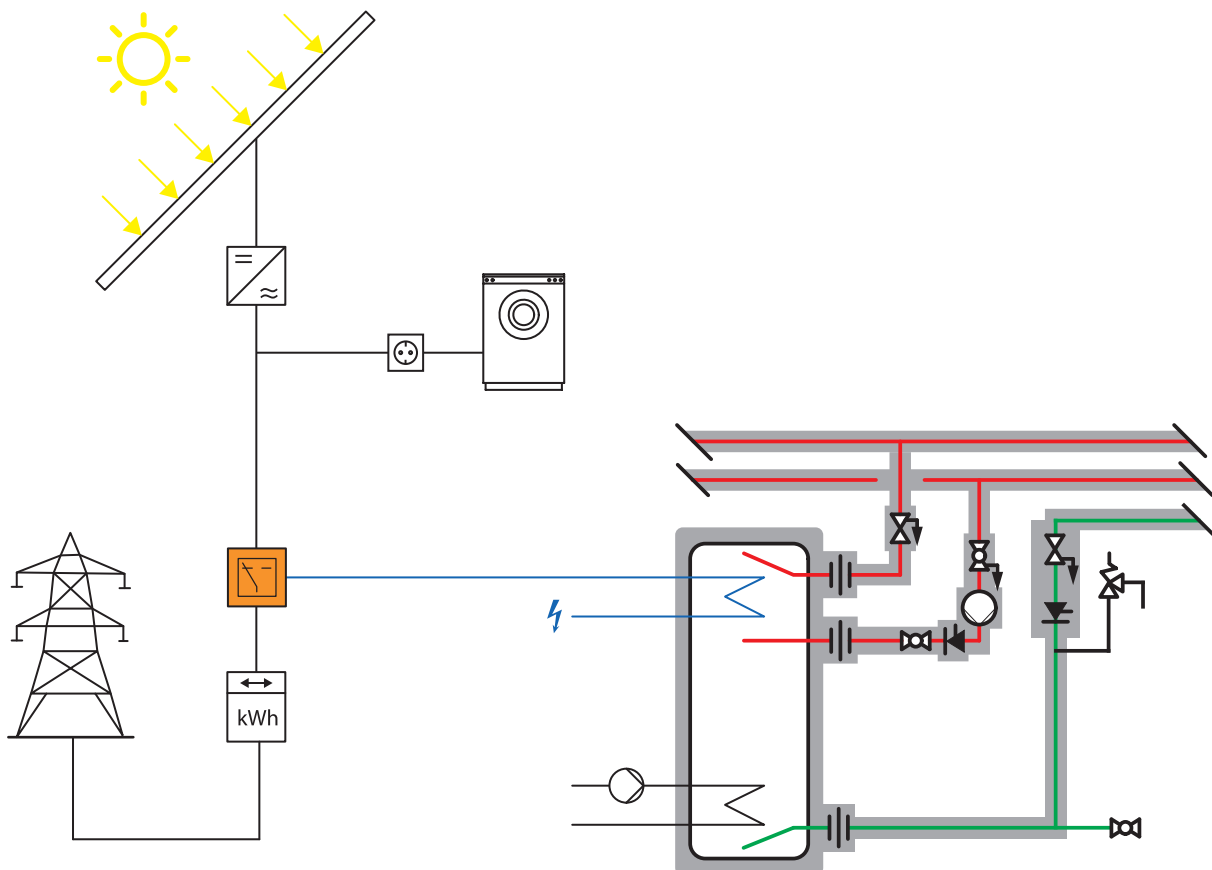


Abb. 8: Power-to-Heat-Nutzung mit Widerstandsheizung

Eine Steuerung (oranges Symbol) schaltet bei Bedarf das Heizelement (blaues Symbol) zur Trinkwasser-Nacherwärmung ein.

7.5.2 Power-to-Heat-Nutzung mit Wärmepumpe

Bei regelmässiger Power-to-Heat-Nutzung der PV-Anlage kann eine Wärmepumpe mit einem im Warmwasserspeicher liegenden Wärmetauscher eingesetzt werden.

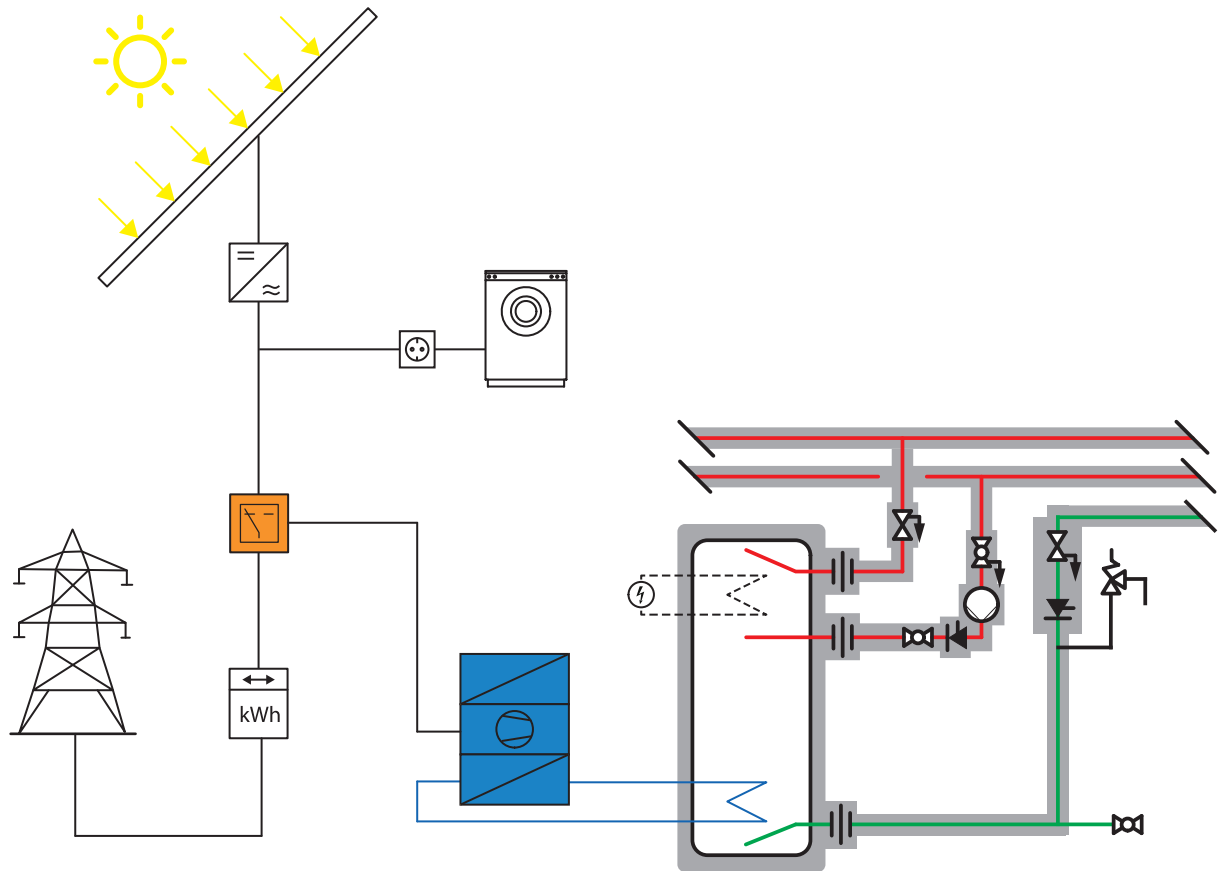


Abb. 9: Power-to-Heat-Nutzung mit Wärmepumpe

Eine Steuerung (orangefarbenes Symbol) schaltet bei Bedarf die Wärmepumpe (blaues Symbol) zur Trinkwassererwärmung ein.

8 Wassererwärmer

Wassererwärmer funktionieren nach dem Speicher- oder dem Durchflussprinzip.

8.1 Speicher-Wassererwärmer

Beim Speicher-Wassererwärmer wird das Trinkwasser in einem Speicher erwärmt und bis zur Nutzung auf der erforderlichen Temperatur gehalten. Speicher-Wassererwärmer ermöglichen die Versorgung von mehreren Entnahmestellen bei hohen Volumenströmen und konstanten Auslauftemperaturen. Die Erwärmung des Speichers ist mit kleiner Leistung möglich, solange die erforderliche Temperatur bei jeder Entnahme erreicht wird. Die Grösse des Speichers wird wesentlich durch den Spitzenwert des Warmwasserbedarfs und der Aufheizzeit bestimmt.

Speicher-Wassererwärmer erfordern aufgrund der Stagnation des Trinkwassers im Speicher die folgenden Massnahmen zur Sicherstellung der Trinkwasserhygiene:

- Geeignete Konstruktionsmaterialien
- Auslegung des Speichervolumens für raschen Wasseraustausch
- Sicherstellung der Warmwassertemperatur am Ausgang des Speichers von mindestens 60 °C

Die Temperaturhaltung des Speichers ist mit Verlusten verbunden, sogenannte Bereitschaftsverluste, die nur zum Teil mit der Wärmedämmung des Speichers zu vermeiden sind. Weitere Wärmeverluste entstehen durch die Rohrleitungen in der Warmwasserverteilung.

8.1.1 Direkt erwärmter Speicher-Wassererwärmer

Die Energieumwandlung in Wärmeenergie findet im Speicher statt, beispielsweise durch einen Gasbrenner oder durch ein elektrisches Heizelement. Die direkte Wärmeerzeugung in Speichern ausschliesslich mit elektrischer Energie ist in ständig bewohnten Gebäuden und in Neubauten nicht erlaubt, ☞ «Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEEn)», Seite 7.

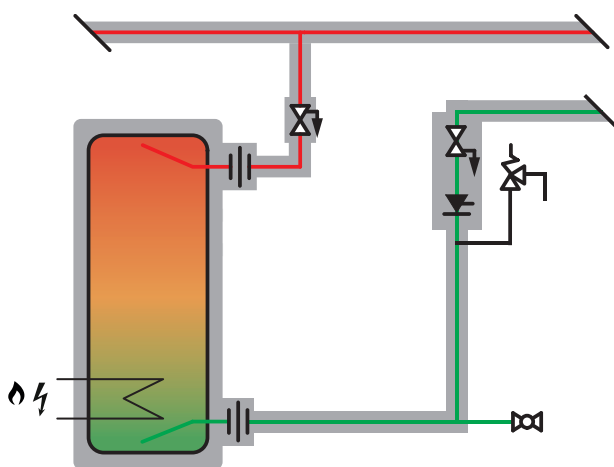


Abb. 10: Direkt erwärmter Speicher-Wassererwärmer

8.1.2 Indirekt erwärmter Speicher-Wassererwärmer mit innenliegendem Wärmeübertrager

Die Energieumwandlung in Wärmeenergie findet ausserhalb des Speichers statt. Die Übertragung der Wärme auf das Trinkwasser erfolgt mit einem im unteren Bereich des Speichers liegenden Wärmeübertrager. Dadurch stellt sich eine Schichtung im Speicher ein, bei der die Temperaturen von unten nach oben Grad um Grad ansteigen (Stufenschichtung). Die Nutztemperatur des Warmwassers wird erreicht, wenn der Speicher vollständig erwärmt ist.

Solche Wassererwärmer können auch bei kalkhaltigem Trinkwasser eingesetzt werden und weisen eine vergleichsweise einfache Technik und Regelung auf. Die Schichtung im Speicher hat in der Regel eine grosse Kalt- und Mischzone.

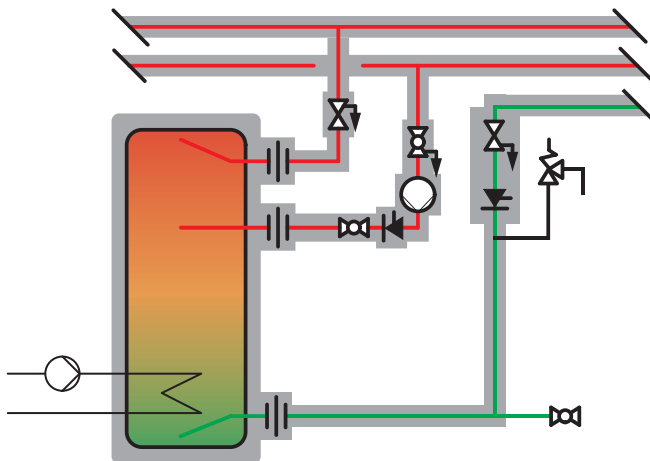


Abb. 11: Indirekt erwärmter Speicher-Wassererwärmer mit innenliegendem Wärmeübertrager

8.1.3 Indirekt erwärmter Speicher-Wassererwärmer mit aussenliegendem Wärmeübertrager

Speicher-Wassererwärmer mit aussenliegendem Wärmeübertrager verfügen über eine Ladepumpe, die das Kaltwasser aus dem unteren Bereich des Speichers durch den Wärmeübertrager transportiert und das erwärmte Wasser im oberen Bereich des Speichers einlagert. Dadurch wird eine Ladeschichtung erreicht. Temperatursensoren, welche die Temperaturzonen im Speicher erfassen, lassen sich in vertikaler Richtung verschieben. Dadurch ist es möglich, die Höhe der Warmwasserschicht, also den Warmwasservorrat im Speicher auf den Warmwasserbedarf abzustimmen. Die Vorteile von solchen Wassererwärmern sind:

- Die Nutztemperatur wird nach kurzer Zeit erreicht.
- Die Aufheizzeit des Speichers wird reduziert.
- Das Trinkwasser im Speicher wird häufig ausgetauscht.
- Die Bereitschaftsverluste sind niedriger.
- Die Kalt- und Mischzonen sind auf ein Minimum reduziert.
- Die Wassererwärmer sind einfach zu warten.

Die Nachteile sind der grosse Platzbedarf und die zusätzlichen Schutzeinrichtungen gegen die Verkalkung.

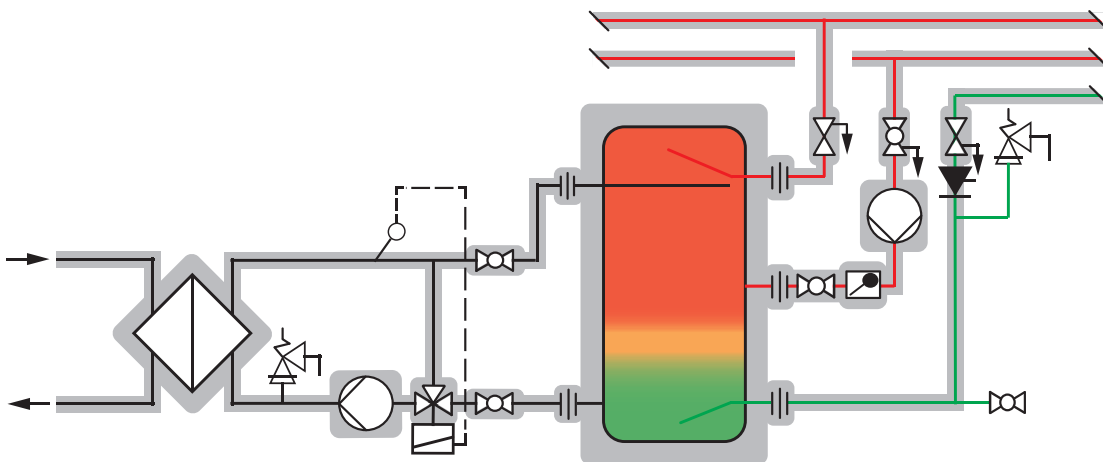


Abb. 12: Indirekt erwärmter Speicher-Wassererwärmer mit aussenliegendem Wärmeübertrager

Das Schema zeigt eine Wassererwärmungsanlage mit aussenliegendem Wärmeübertrager, Warmwasserspeicher mit Schichtladung und Ladekreislauf mit Dreiphasenventil und nicht drehzahlregulierter Ladepumpe. Weitere Varianten für die Ladung des Speichers sind:

- Beimisch-Regelung mittels thermischem Mischer
- Drehzahlregulierte Pumpe (Volumenstromregelung)
- Drosselventil

8.1.4 Speicher-Wassererwärmer mit Pufferspeicher (Kombispeicher)

Beim Kombispeicher wird der Warmwasserspeicher im Pufferspeicher eingebettet. Die Wärme wird vom Heizungswasser im Pufferspeicher durch die Behälterwand des Warmwasserspeichers übertragen. Für die Erwärmung des Heizungswassers kommen alle gängigen Energiearten in Frage.

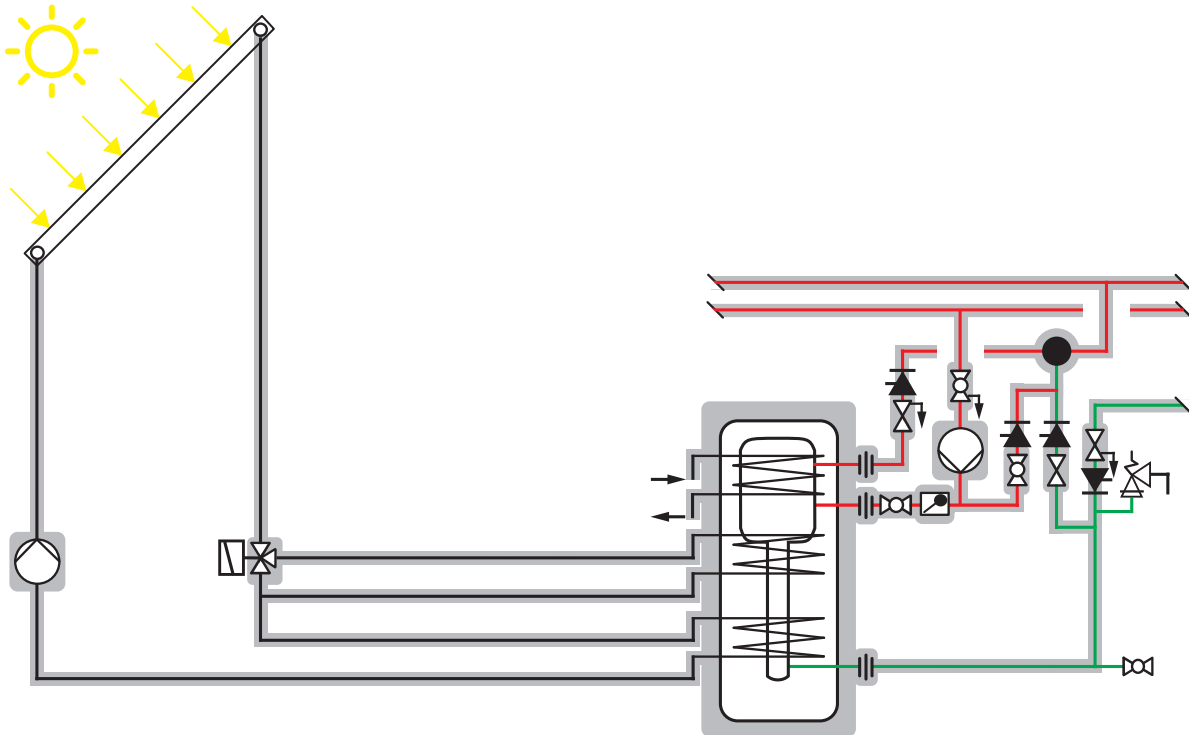


Abb. 13: Speicher-Wassererwärmer mit Pufferspeicher (Kombispeicher)

Das Schema zeigt eine Solaranlage mit einem Kombispeicher und zwei innenliegenden Wärmeübertragern, die für eine günstige Schichtung im Speicher sorgen. Ein zusätzlicher innenliegender Wärmeübertrager dient zur Nacherwärmung mit einem weiteren Energieträger.

Bei Solaranlagen können im Pufferspeicher hohe Maximaltemperaturen entstehen, die einen Verbrühschutz erforderlich machen. Ein thermostatisches Mischventil verhindert Verbrühungen, indem es die Warmwassertemperatur durch Zumischung mit Kaltwasser oder mit Trinkwasser aus der Warmwasserzirkulation auf die eingestellte Maximaltemperatur reduziert.

8.1.5 Serienschaltung von Speicher-Wassererwärmern

Zur Erhöhung der Warmwasserleistung können handelsübliche Speicher-Wassererwärmer in Serie geschaltet werden. Serienschaltungen von Speicher-Wassererwärmern weisen die folgenden Merkmale auf:

- Einfache Leitungsführung
- Alle Speicher weisen nach der Erwärmung die gleichen Warmwassertemperaturen auf.
- Konstante Warmwasser-Austrittstemperatur

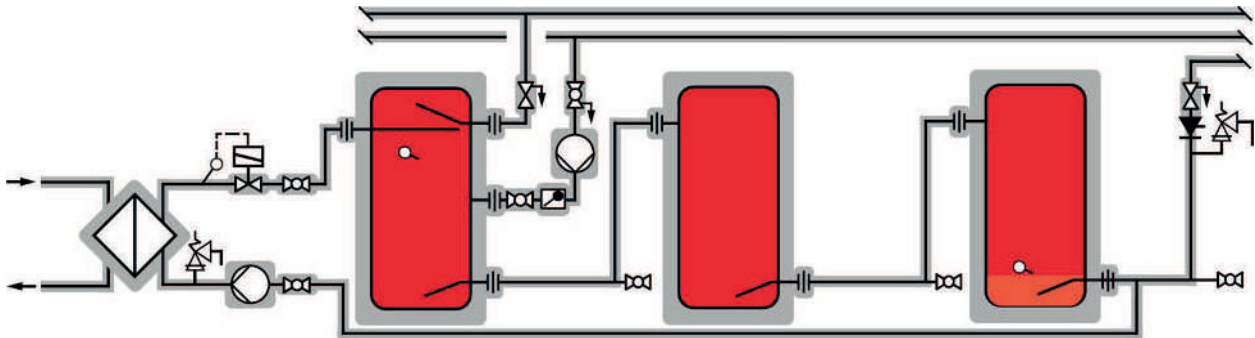


Abb. 14: Serienschaltung von drei Speicher-Wassererwärmern

Die Serienschaltung ist in Gebäuden mit hoher Versorgungssicherheit jedoch nur bedingt geeignet, da bei Wartungsarbeiten immer alle Speicher ausfallen. Lösungen mit Umleitungen und Ventilen werden wegen der möglichen Beeinträchtigung der Trinkwasserhygiene nicht empfohlen.

Eine Parallelschaltung von Speicher-Wassererwärmern wird in der Regel nicht empfohlen. Solche Installationen können zu unterschiedlichem Betriebsverhalten der einzelnen Speicher führen, z. B. Entladung der Speicher zu unterschiedlichen Zeiten. Dennoch kann in Gebäuden mit grossem Warmwasserbedarf und hoher Versorgungssicherheit (z. B. Spital) eine Parallelschaltung aufgrund der Versorgungsredundanz eine mögliche Lösung sein. Die Planung solcher Wassererwärmungsanlagen erfordert jedoch viel Fachwissen.

8.1.6 Schichtung

Der Inhalt von Warmwasserspeichern weist eine mehr oder weniger ausgeprägte Schichtung von Temperaturzonen auf, deren Bildung auf die physikalischen Eigenschaften des Wassers zurückzuführen ist:

- Abnahme der Dichte bei Erwärmung: das erwärmte Wasser steigt im Speicher auf
- Geringe Wärmeleitfähigkeit: geringer Wärmeaustausch zwischen den Temperaturzonen

Die Schichtung wird wesentlich durch die Art der Wärmeübertragung bestimmt, also davon, ob ein innenliegender oder ein aussenliegender Wärmeübertrager verwendet wird, wobei sich minimale Mischzonen bilden, wenn das Verhältnis des Durchmessers zur Bauhöhe des Speichers etwa 1:3 beträgt. Die Schichtung wirkt sich auf die Versorgung der Entnahmestellen und die Energieeffizienz aus. Eine wenig ausgeprägte Schichtung hat lange Aufheizzeiten, einen geringeren Wirkungsgrad des Wärmeübertragers und im ungünstigsten Fall zu niedrige Auslauftemperaturen an den Entnahmestellen zur Folge.

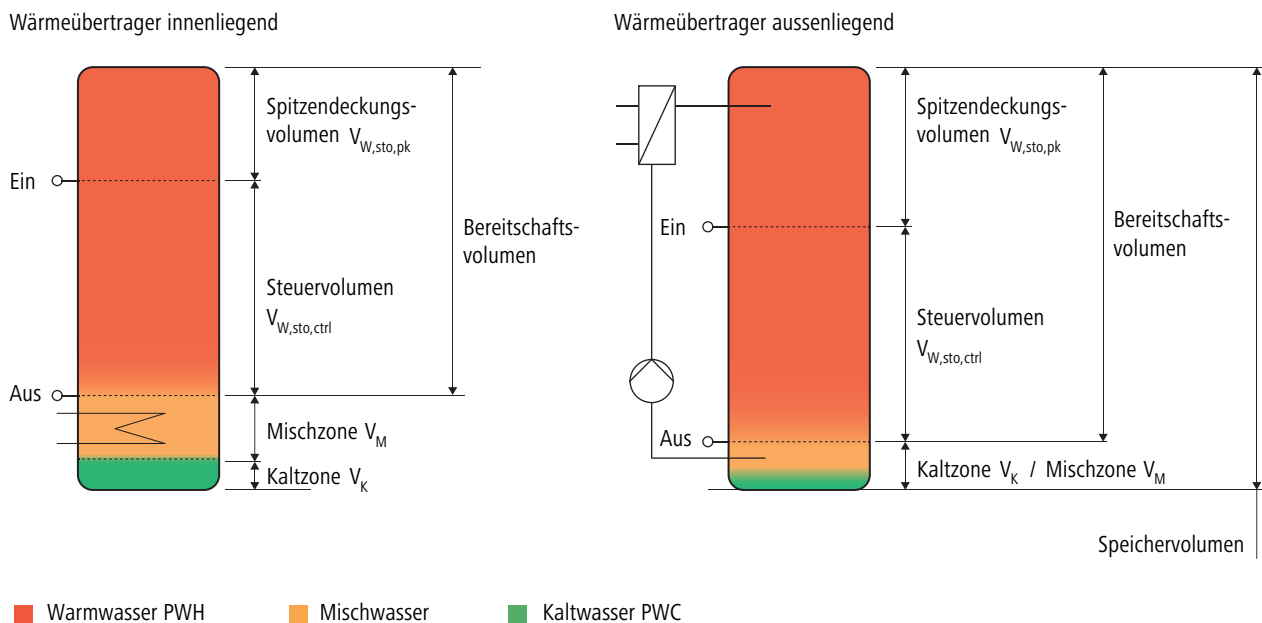


Abb. 15: Schichtung im Speicher-Wassererwärmer bei innenliegendem und aussenliegendem Wärmeübertrager

Das Spitzendeckungsvolumen befindet sich oberhalb des EIN-Fühlers. Bei Wohnbauten entspricht das Spitzendeckungsvolumen einer Stundenspitze. Je nach Objekt (z. B. Industriebau) muss das Spitzendeckungsvolumen für einen anderen Zeitbereich als eine Stunde definiert werden.

Das Steuervolumen liegt zwischen dem EIN- und dem AUS-Fühler. In diesem Bereich findet die Nacherwärmung statt.

Das Bereitschaftsvolumen ist die Summe aus dem Spitzendeckungsvolumen und dem Steuervolumen.

8.1.7 Korrosionsschutz

8.1.7.1 Schutzanode

Schutzanoden werden für den kathodischen Korrosionsschutz von Metallkonstruktionen verwendet, die sich im Wasser oder in der Erde befinden.

Warmwasserspeicher bestehen oft aus einem Stahlbehälter mit einer Emaille-Innenbeschichtung als Schutzschicht. Die Schutzschicht kann jedoch nicht völlig frei von Rissen hergestellt werden. Bei kleinsten Rissen in der Emaille-Beschichtung bilden sich galvanische Elemente und damit Korrosionsströme, wobei das Warmwasser im Speicher als Elektrolyt wirkt. Die Schutzanode aus dem unedlen Magnesium geht dabei anstelle des Stahls in Lösung (daher auch die Bezeichnung «Opferanode»). Die gelösten Magnesium-Ionen lagern sich in den Rissen auf dem Edelstahl des Behälters (der Kathode) ab und bilden eine Schutzschicht. Die im Warmwasser gelösten Magnesium-Ionen sind wasserhygienisch unbedenklich.

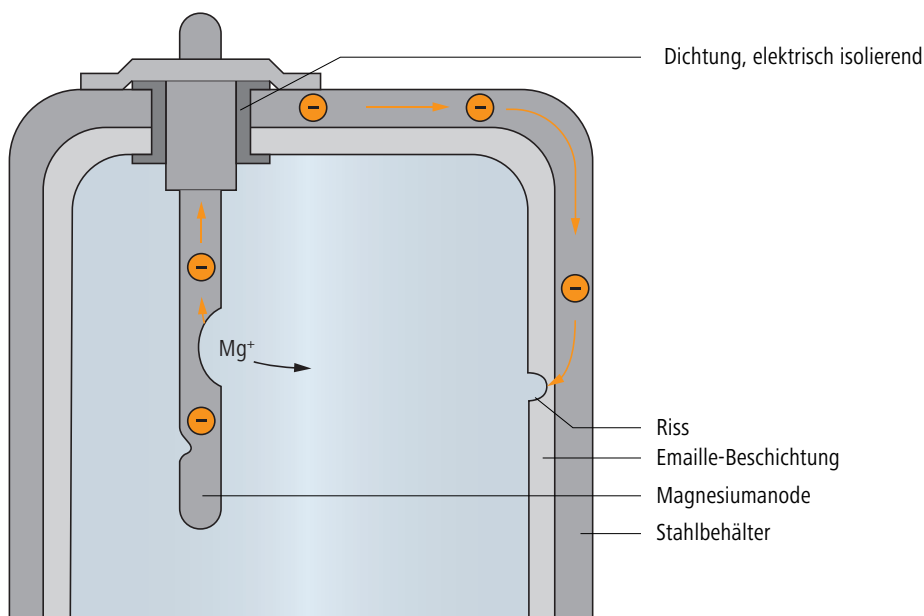


Abb. 16: Funktionsprinzip der Schutzanode (Bild: Blickle, Installationstechnik)

8.1.7.2 Fremdstromanode

Die Fremdstromanode schützt Speicher aus Stahl mit Emaille-Beschichtung vor elektrochemischer Korrosion. Bei kleinsten Rissen in der Emaille-Beschichtung liefert die Fremdstromanode den Schutzstrom aus einer externen Stromquelle (Fremdstromschutz). Die Fremdstromanode erfordert im Gegensatz zu Opferanoden keine Wartung.

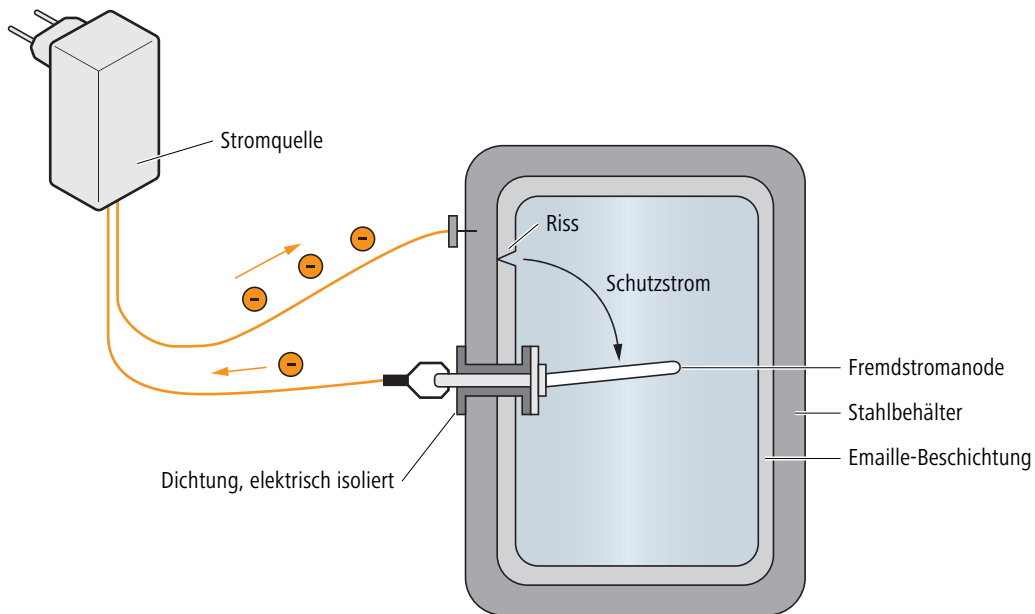


Abb. 17: Fremdstromanode (Bild: Blickle, Installationstechnik)

8.1.7.3 Schutz vor Fremdströmen

Elektrische Fremdströme können Korrosion an Speicher-Wassererwärmern verursachen. Es bestehen verschiedene Lösungen, um Speicher-Wassererwärmer vor Fremdströmen zu schützen.

Ausführliche Informationen hierzu sind im Nussbaum Dokument «Themenwelt Korrosion» zu finden,  Themenwelt 261.0.053.

8.2 Durchfluss-Wassererwärmer

Ein Durchfluss-Wassererwärmer erwärmt das Trinkwasser nur während der Entnahme an der Armatur. In dieser Zeit überträgt ein Wärmeübertrager die erforderliche Wärmeenergie auf das Wasser. Bei elektrisch betriebenen Durchfluss-Wassererwärmern kommt als Wärmeübertrager ein Blankdrahtsystem zum Einsatz.

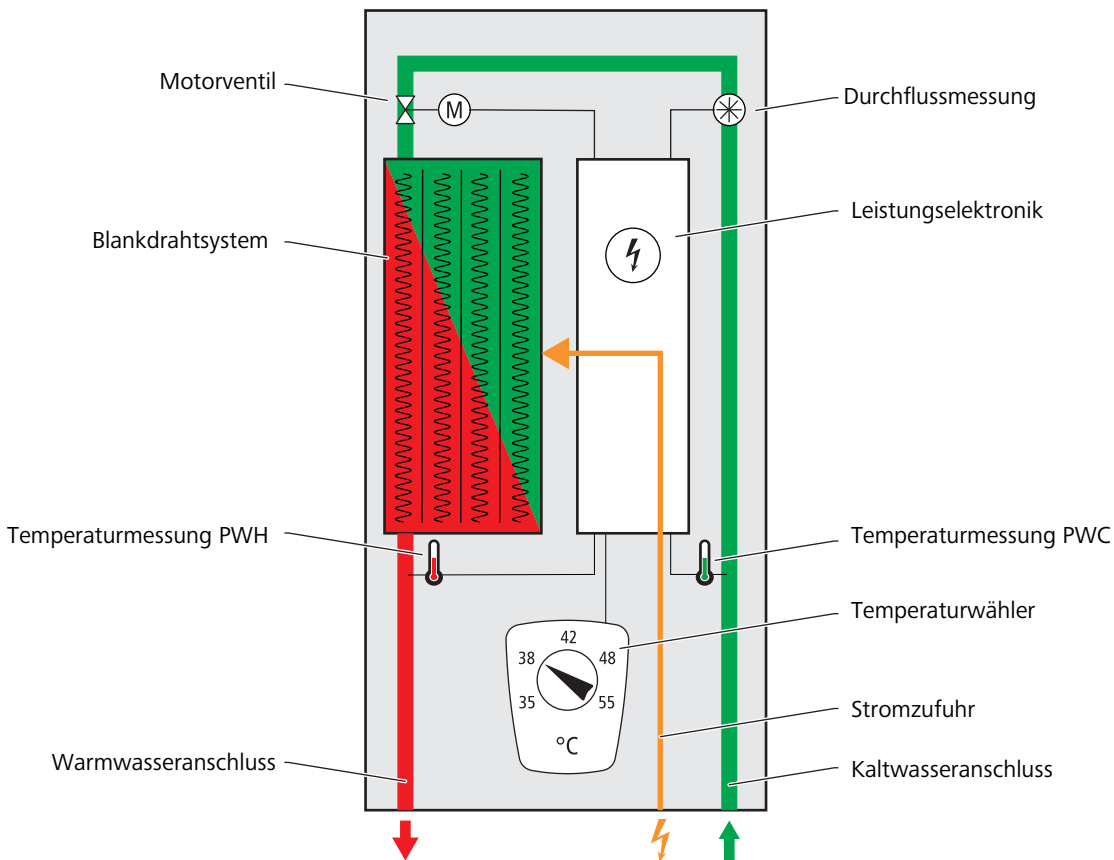


Abb. 18: Funktionsprinzip eines elektronisch geregelten Durchfluss-Wassererwärmers

Die erforderliche zuzuführende Wärmeenergie ist abhängig vom Volumenstrom, d. h. der Menge Warmwasser, die an der Armatur entnommen wird. Elektronisch geregelte Durchfluss-Wassererwärmer regeln den Volumenstrom, sodass eine konstante Auslauftemperatur erreicht wird. Das folgende Bild zeigt die typische Kennlinie eines Durchfluss-Wassererwärmers. Größere Volumenströme werden weniger stark, kleinere Volumenströme werden stärker erwärmt.

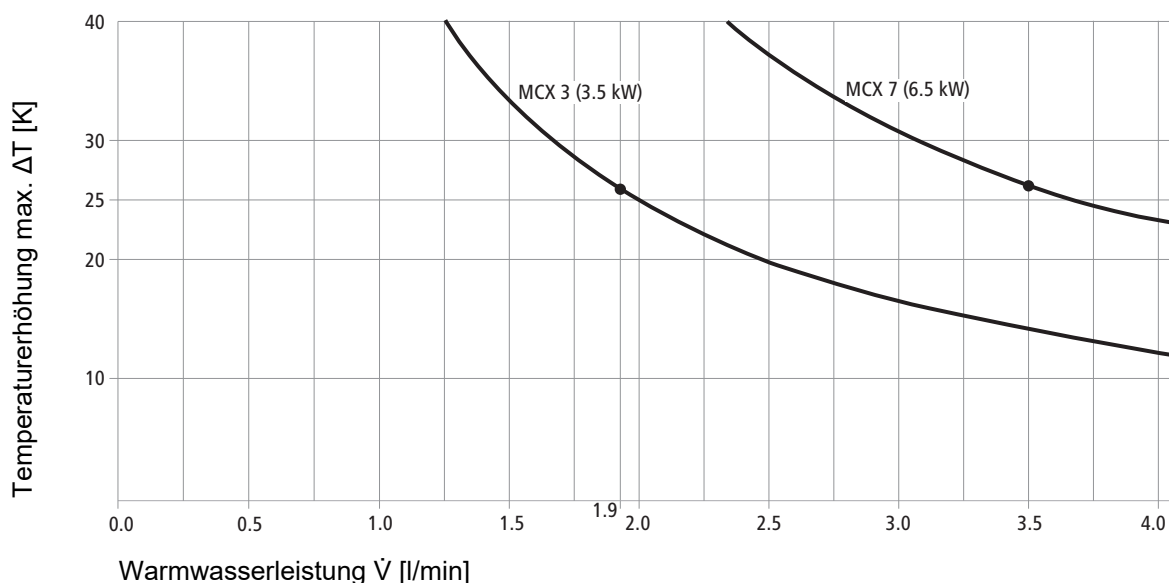


Abb. 19: Leistungsdiagramm Durchfluss-Wassererwärmer (Beispiel)

Bei zu kleinen Volumenströmen besteht die Gefahr der Überhitzung des Durchfluss-Wassererwärmers oder der Verbrühung von Personen. Deshalb schaltet ein Durchfluss-Wassererwärmer das Heizelement nur ein, wenn der Volumenstrom einen Mindestwert erreicht (Einschaltpunkt). Bei hydraulisch, also über den Volumenstrom gesteuerten Durchfluss-Wassererwärmern darf wegen der möglichen Überhitzung kein vorgewärmtes Wasser verwendet werden.

Durchfluss-Wassererwärmer können für drucklose und für druckfeste Installationen ausgelegt sein. Die Merkmale von Durchfluss-Wassererwärmern sind:

- Geringe Baugröße
- Sehr niedrige Verkeimungsgefahr durch Legionellen
- Niedrige Wärmeverluste (Gerät und Trinkwasserleitung)

Ein Nachteil von Durchfluss-Wassererwärmern, auch von elektronisch geregelten, sind die Schwankungen der Auslauftemperatur oder des Volumenstroms sowie der relativ hohe Stromverbrauch.

8.3 Frischwasserstation

Eine Frischwasserstation ermöglicht die Warmwasserversorgung aller Entnahmestellen in einem Gebäude mit der im Pufferspeicher der Zentralheizung gespeicherten Wärmeenergie, ohne dabei Warmwasser zu speichern. Ein zentraler oder dezentraler, auf der Etage installierter Wärmeübertrager überträgt die Wärmeenergie des Pufferspeichers auf das Trinkwasser während der Warmwasserentnahme (Durchlaufprinzip).

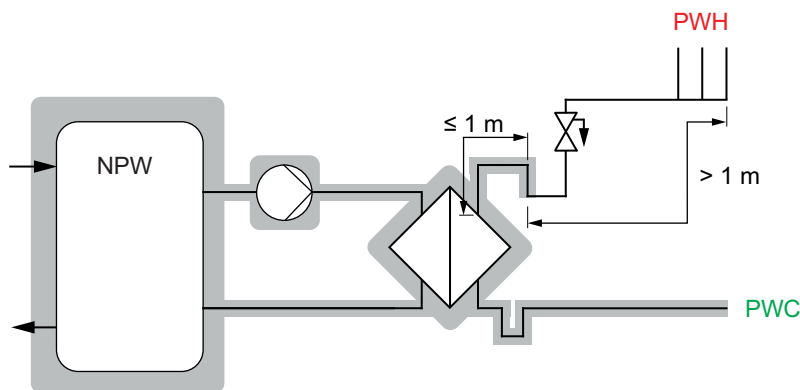


Abb. 20: Frischwasserstation

Das Schema zeigt eine Frischwasserstation ohne warmgehaltene Warmwasserleitungen.

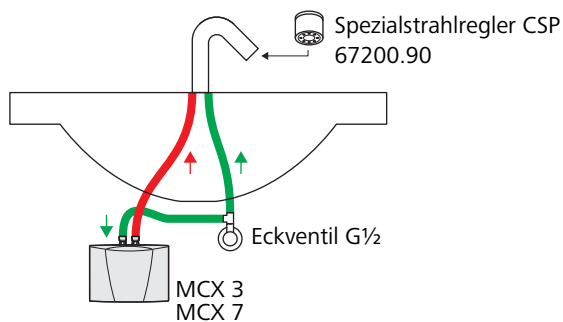
9 Warmwasser-Verteilssysteme

9.1 Einzelversorgung

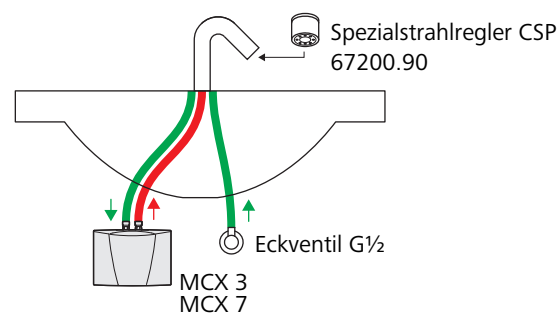
Bei der Einzelversorgung verfügt jede Entnahmestelle über einen eigenen Wassererwärmer. Als Wassererwärmer kommt ein Durchfluss-Wassererwärmer oder ein kleiner Speicher-Wassererwärmer zum Einsatz.

Das folgende Schema zeigt eine Einzelversorgung mit den Waschtisch-Durchlauferhitzern MCX 3 und MCX 7 von Nussbaum.

Druckfeste Installation



Drucklose Installation



— Kaltwasser — Warmwasser

Abb. 21: Einzelversorgung mit den Waschtisch-Durchlauferhitzern MCX 3 / MCX 7

Merkmale:

- Keine Wärmeverluste durch Verteilleitungen
- Niedrige Investitions- und Betriebskosten
- Normenkonforme Ausstosszeiten ohne Warmwasserzirkulation oder Warmhalteband
- Individuelle Inbetriebnahme
- Betriebsverantwortung durch Wohnungsbenutzer (individuelle Warmwassertemperaturen)
- Elektrizität als Standard-Energieart
- Entkoppelung von der Gebäudeheizung
- Lastprofile XXS/XS (nicht geeignet für hohen Warmwasserbedarf)

9.2 Dezentrale Warmwasserversorgung

Eine dezentrale Warmwasserversorgung kann als Gruppenversorgung realisiert werden, die mehrere Entnahmestellen auf der Etage durch einen gemeinsamen Wassererwärmer mit Warmwasser versorgt.

9.2.1 Gruppenversorgung mit Durchlauf-Wassererwärmern

Das folgende Schema zeigt die Gruppenversorgung von Sanitärapparaten mit Durchlauf-Wassererwärmern. Die Steigzonen führen die Kaltwasserleitungen in die Etagen, wo das Warmwasser aufbereitet wird.

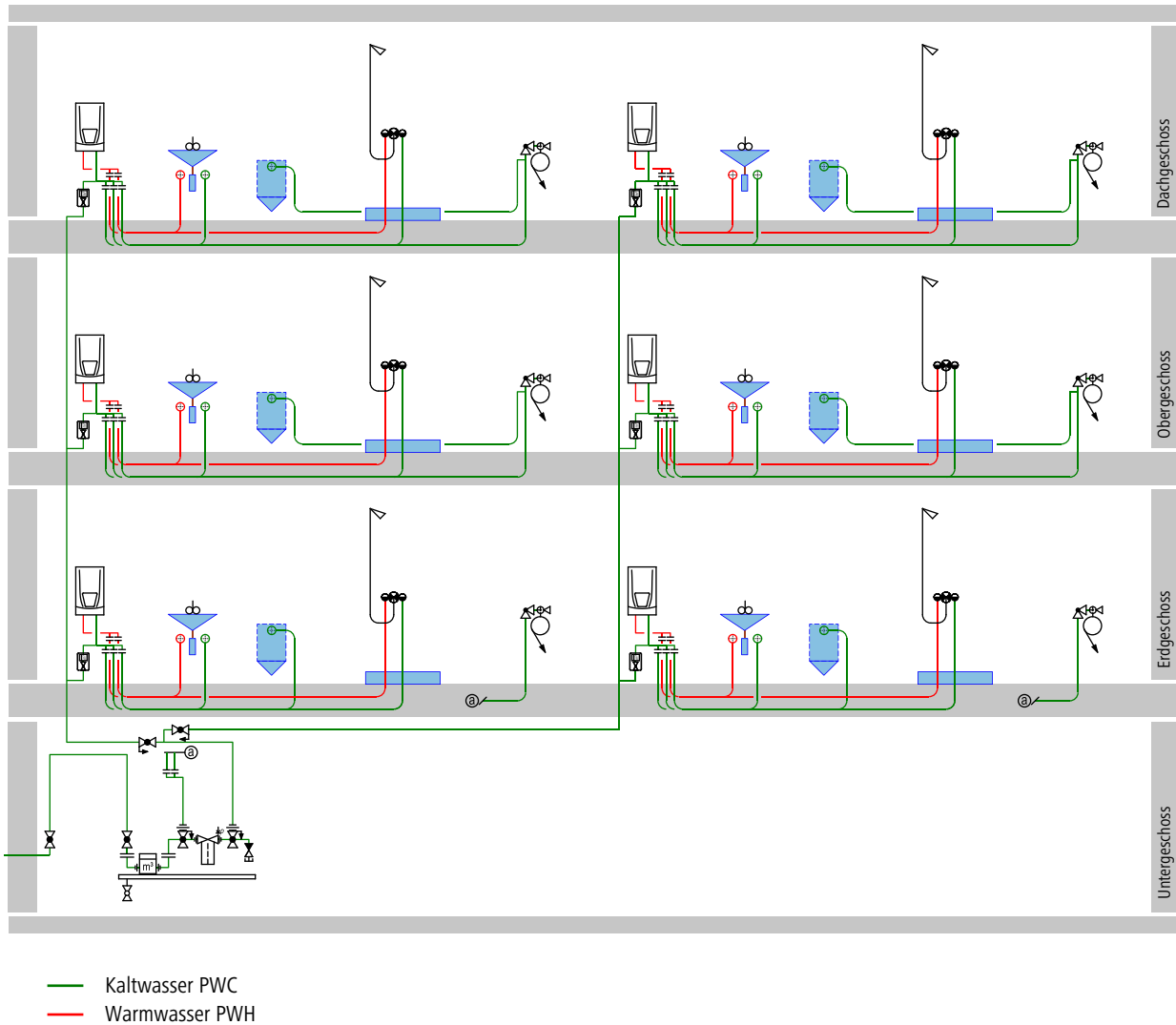


Abb. 22: Gruppenversorgung mit Durchlauf-Wassererwärmern

Merkmale:

- Niedrige Investitions- und Betriebskosten
- Steigzonen nur für Kaltwasserleitungen
- Individuelle Inbetriebnahme
- Betriebsverantwortung durch Wohnungsbenutzer
- Energieversorgung mit PV-Anlage
- Entkoppelung von der Gebäudeheizung
- Individuelle Verbrauchsdatenerfassung
- Lastprofile bis L

9.2.2 Gruppenversorgung mit Speicher-Wassererwärmern

Das folgende Schema zeigt die Gruppenversorgung von Sanitärapparaten mit Speicher-Wassererwärmern. Die Steigzonen führen die Kaltwasserleitungen in die Etagen, wo das Warmwasser aufbereitet wird.

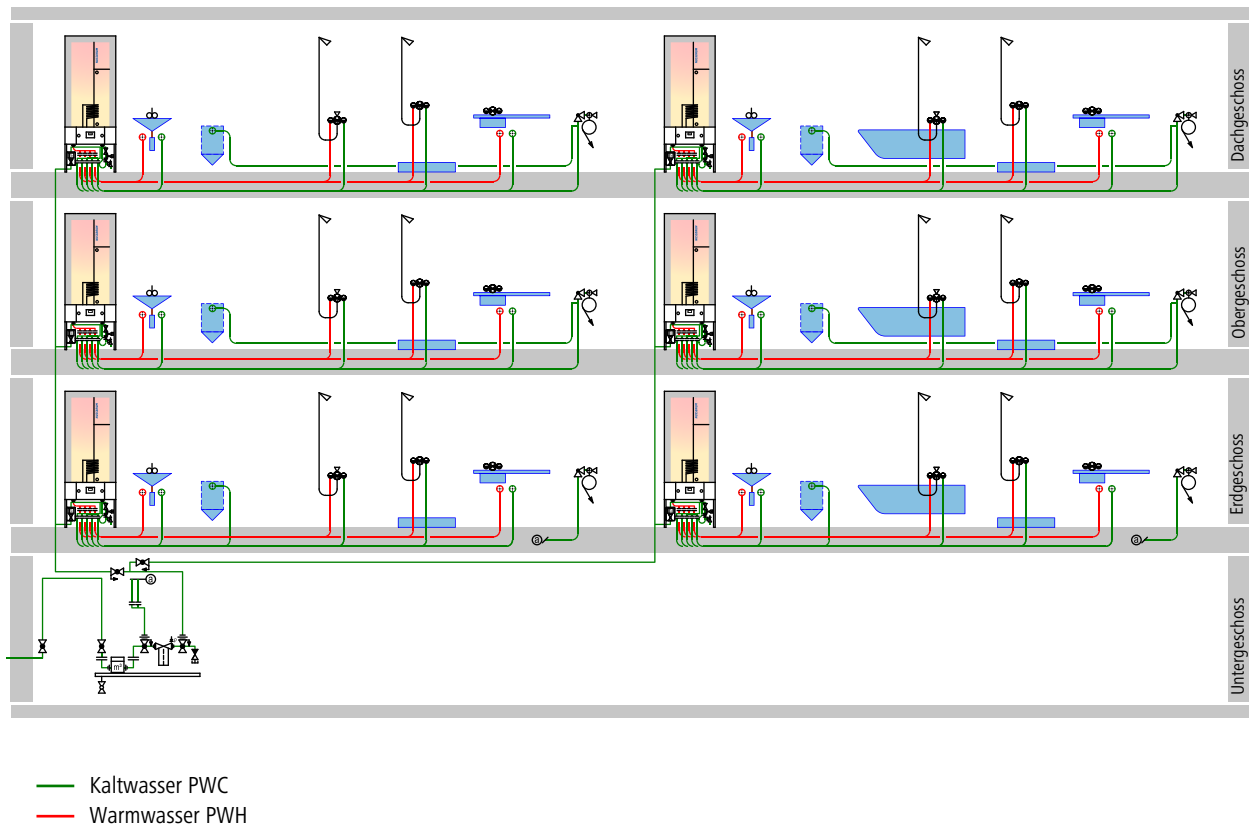


Abb. 23: Gruppenversorgung mit Speicher-Wassererwärmern

Merkmale:

- Moderate Investitions- und niedrige Betriebskosten
- Steigzonen nur für Kaltwasserleitungen
- Individuelle Inbetriebnahme
- Betriebsverantwortung durch Wohnungsbenutzer
- Energieversorgung mit PV-Anlage
- Entkoppelung von der Gebäudeheizung
- Individuelle Verbrauchsdatenerfassung
- Lastprofile L bis XL

9.3 Zentrale Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung von sämtlichen Entnahmestellen erfolgt durch einen zentralen Wassererwärmer. Die Steigzonen führen die Kaltwasserleitungen und die Warmwasserleitungen in die Etagen. Die Warmwasserverteilung kann mit einem Warmwasser-Zirkulationskreis ausgerüstet sein.

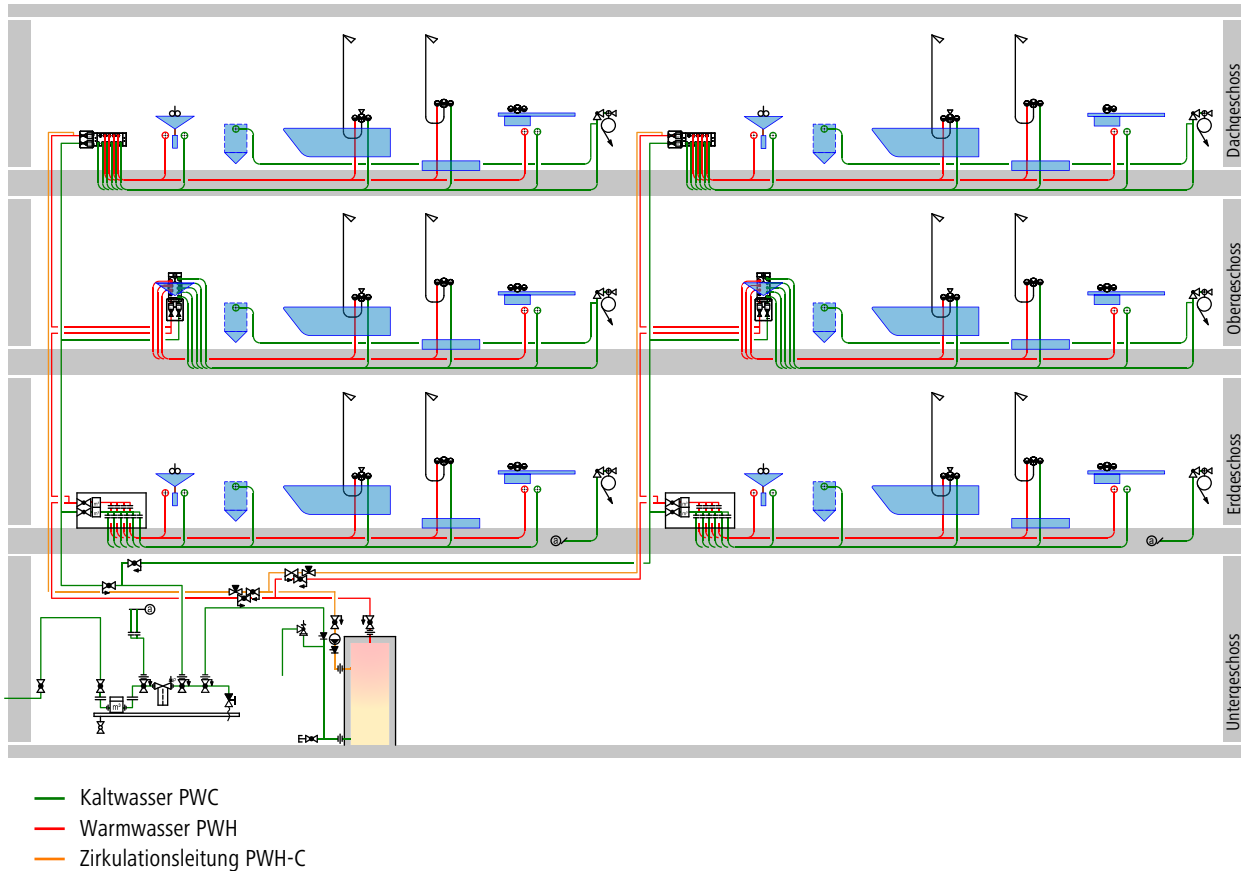


Abb. 24: Zentrale Warmwasserversorgung mit Warmwasser-Zirkulationskreis

Merkmale:

- Moderate bis hohe Investitionskosten
- Verschiedene Energiearten, in der Regel fossile Energieträger
- Verteilungen für Kaltwasser und Warmwasser sowie für Warmwasserzirkulation
- Wärmeverluste durch Speicher und Leitungen
- Betriebsverantwortung durch Gebäudebesitzer
- Lastprofile L bis XXL: Eignung für Gebäude mit hohem Warmwasserbedarf

9.4 Wärmesiphon

Wärmesiphons reduzieren Wärmeverluste, die durch Gegenstromzirkulation in Rohrleitungen entstehen. Kaltes Wasser sammelt sich aufgrund seiner grösseren Dichte am tiefsten Punkt des Siphons und kann nicht in den Wassererwärmer bzw. die warmgehaltene Leitung zurückströmen. Gleichzeitig kann das warme Wasser aus dem Wassererwärmer bzw. aus der warmgehaltenen Leitung nicht in den kühleren Wärmesiphon sinken und sich nicht im Anschlussrohr ausbreiten und auskühlen.

Wärmesiphons werden an den Übergängen zwischen warmgehaltenen und nicht warmgehaltenen Leitungen in Form eines absteigenden Rohrs installiert. Die Höhe des Wärmesiphons muss mindestens das 7-fache der Nennweite des Rohrs oder mindestens 15 cm betragen (SIA 385/1:2020, 5.5.4).

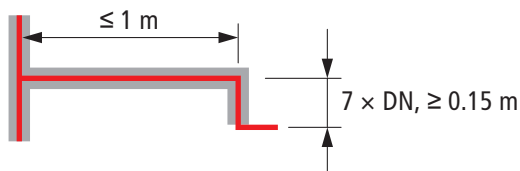
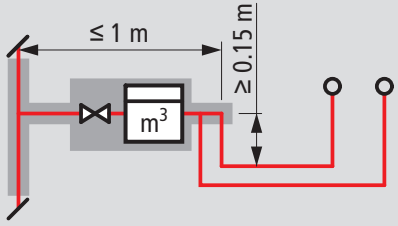
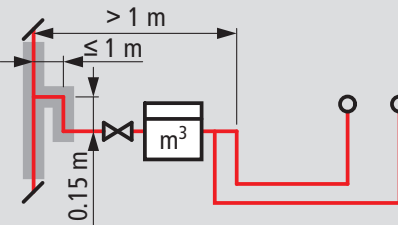


Abb. 25: Wärmesiphon

Der Installationsort von Wärmesiphons richtet sich nach der Art der Warmwasserverteilung:

Installationsort	Beschreibung
	Wärmesiphon direkt nach Wassererwärmer bei nicht warmgehaltener Leitung*.
	Wärmesiphon vor Ausstossleitungen bei warmgehaltener Leitung; Verbindungsleitung* ≤ 1 m
	Warmgehaltene Leitung (Zirkulationsleitung) im Mehrfamilienhaus: Die Wärmesiphons befinden sich erst oben auf der Etage (in Anlehnung an W3/E3:2020, Anh. 9, Abb. 23, 24 und 25).

Installationsort	Beschreibung
	Wärmesiphon vor den Ausstossleitungen bei warmgehaltenem Verteiler.
	Wärmesiphon vor dem Verteiler bei nicht warmgehaltenem Verteiler.

* Gedämmte Verbindungsleitungen mit einer Länge ≤ 1 m werden zur warmgehaltenen Leitung mitgezählt.

Tab. 7: Installationsorte von Wärmesiphons

10 Hygienische Anforderungen an die Warmwasserversorgung

Die folgenden Parameter beeinflussen wesentlich die Trinkwasserhygiene (Nussbaum Stufenmodell):

- Konstruktionsmaterialien
- Wassertemperaturen
- Stagnation (bzw. Wasseraustausch)

Warmwasserversorgungen weisen aufgrund der Temperaturen und der Stagnation in Speichern und Rohrleitungen eine im Vergleich zu Kaltwasser erhöhte Anfälligkeit zur Vermehrung von pathogenen Mikroorganismen wie beispielsweise Legionellen auf. Legionellen sind Bakterien, die im Wasser vorkommen können. Das Trinken von legionellenhaltigem Wasser stellt keine Gefahr für die Gesundheit dar. Wenn jedoch die Bakterien über Aerosole (z. B. mit dem Wassernebel beim Duschen) eingeatmet werden, können sie die Legionärskrankheit verursachen; eine Form der Lungenentzündung, die unbehandelt zum Tod führen kann. Keime können einen Biofilm bilden. Beim Biofilm handelt es sich um eine von Keimen besiedelte Ablagerung von organischen Stoffen in Leitungen, die regelmäßig von Trinkwasser durchströmt wird. Stabile, d. h. nicht der fortlaufenden Vermehrung von Keimen unterworfenen Biofilme stellen keine Gefahr dar, solange sie aus Stoffen und Mikroorganismen bestehen, die natürlich im Trinkwasser vorkommen.

Umfangreiche Informationen zu den Grundlagen und Anforderungen für die Trinkwasserhygiene, dem Nussbaum Stufenmodell sowie zu allgemeinen Montage- und Planungsrichtlinien sind im Nussbaum Dokument «Themenwelt Trinkwasserhygiene» zu finden, ☞ Themenwelt 299.1.006.

11 Temperaturhochhaltung in Warmwasserverteilungen

Zur Temperaturhochhaltung in Warmwasserverteilungen werden Zirkulationssysteme und Warmhaltebänder eingesetzt.

11.1 Zirkulationssystem

Zirkulationssysteme halten die Warmwassertemperaturen in der Warmwasserversorgung aufrecht, indem sie das Warmwasser von den Entnahmestellen fortwährend zurück in den Speicher pumpen. Zirkulationssysteme sorgen damit auch bei unregelmässiger Nutzung für einwandfreies Trinkwasser. Dies geht jedoch zu Lasten von zusätzlichen Druck- und Wärmeverlusten in der Warmwasserverteilung. Zudem kann eine fehlerhafte Warmwasserzirkulation eine unzulässige Abkühlung des Speichers zur Folge haben, z. B. wegen folgender Ursachen:

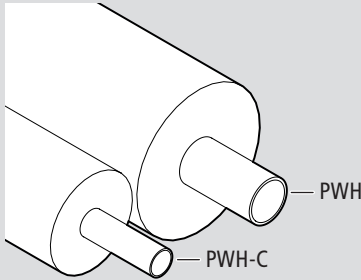
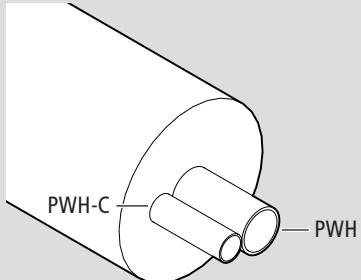
- Unzureichende Wärmedämmung der Zirkulationsleitungen
- Zu hohe Fliessgeschwindigkeit beim Eintritt in den Speicher
- Falsche Auslegung der Zirkulationspumpe

Ein Zirkulationskreis besteht aus dem Warmwasser-Zirkulationskreis und der Zirkulationspumpe. Der Warmwasser-Zirkulationskreis setzt sich aus den Zirkulationsleitungen mit den Zirkulationsventilen zusammen. Die Zirkulationsventile sorgen für die Einhaltung der Temperaturvorgaben durch thermischen oder hydraulischen Abgleich. Die Zirkulationspumpe ist im Dauerbetrieb, wobei oft stromsparende Motorentypen mit Drehzahlregulierung verwendet werden. Drehzahlregulierte Zirkulationspumpen stellen die erforderliche Drehzahl mittels einer Druckdifferenzmessung an der Saug- bzw. an der Druckseite selbsttätig ein.

Die Fliessgeschwindigkeit in Zirkulationsleitungen ist in der DIN 1988-300 festgelegt und liegt im Bereich von 0.2 bis 0.5 m/s. Beim Einsatz von Zirkulationspumpen mit grossem Förderdruck können höhere Fliessgeschwindigkeiten vorkommen, der Maximalwert von 1.0 m/s darf aber nicht überschritten werden. Die Fliessgeschwindigkeit beim Eintritt in den Speicher darf gemäss der Richtlinie SVGW W3/E3:2018 maximal 0.1 m/s betragen.

11.1.1 Zirkulationsleitungen

Die Zirkulationsleitungen müssen wärmedämmte sein, wobei in den meisten Fällen die folgenden zwei Installationsarten zum Einsatz kommen:

Installationsart	Bild	Beschreibung
Konventionelles System		Die Warmwasserleitung PWH und die Zirkulationsleitung PWH-C werden separat geführt und gedämmt. Wärmeverlust: ca. 5 W/m (0.12 kWh/m/d) Hinweis zur Leitungslänge in m: Als Gesamtlänge ist die Summe der Länge PWH und PWH-C zu berücksichtigen.
Rohr-an-Rohr-System		Die Warmwasserleitung PWH und die Zirkulationsleitung PWH-C werden in der gleichen Wärmedämmung geführt. Wärmeverlust: ca. 6 W/m (0.15 kWh/m/d) Das Rohr-an-Rohr-System ist geeignet für kleinere Rohrweiten bis max. 40 mm PWH bzw. 15 mm PWH-C. Bei grösseren Rohrweiten kann die Wärmedämmung nicht mehr optimal montiert werden. Hinweis zur Leitungslänge in m: Als Länge ist die Länge PWH oder die Länge PWH-C zu berücksichtigen.

Tab. 8: Installationsarten der Warmwasserzirkulation

11.1.2 Zirkulationspumpen

Die Zirkulationspumpe wälzt das Warmwasser in der Warmwasserzirkulation im Dauerbetrieb um. Für einen energieeffizienten Betrieb ist die passende Auswahl und richtige Einstellung der Zirkulationspumpe wichtig. Der Energieverbrauch ist von den folgenden Einflussgrößen abhängig:

- Fördervolumen
- Wirkungsgrad
- Druckverluste in der Warmwasserzirkulation

Ineffiziente oder falsch ausgelegte Zirkulationspumpen verbrauchen viel Energie und können zu einem fehlerhaften Betrieb oder Schäden an der Warmwasserversorgung führen. Beispielsweise erhöht sich der Energieverbrauch erheblich, wenn Zirkulationspumpen mit konstanter Drehzahl in Kombination mit thermisch oder elektronisch gesteuerten Zirkulationsventilen verwendet werden.

Bei Zirkulationspumpen wird zwischen den folgenden Betriebsarten unterschieden:

Betriebsart	Symbol	Beschreibung
Konstante Drehzahl		Die Zirkulationspumpe ist manuell oder durch ein externes Signal auf eine konstante Drehzahl eingestellt. Die Druckregelung der Zirkulationspumpe ist ausgeschaltet. Die Betriebsart kann verwendet werden, wenn nur mechanische Zirkulationsventile installiert sind. Die Betriebsart wird nicht empfohlen.
Konstanter Druck		Die Zirkulationspumpe ist auf einen konstanten Förderdruck eingestellt. Der Volumenstrom in der Warmwasserzirkulation wird über die Drehzahl geändert. Die Betriebsart kann für alle Anwendungen eingesetzt werden und wird am häufigsten verwendet.
Proportionaler Druck		Der Förderdruck der Zirkulationspumpe ist eine lineare Funktion des Volumenstroms in der Warmwasserzirkulation, wobei die Steilheit der Funktion eingestellt werden kann. Die Zirkulationspumpe ändert bei Bedarf den Volumenstrom in der Warmwasserzirkulation durch Anpassung der Drehzahl und des Förderdrucks. Dies ermöglicht im Vergleich zur Betriebsart mit konstantem Druck eine Reduzierung der Pumpenleistung. Die Betriebsart bietet Vorteile in Warmwasserversorgungen mit hohen Druckverlusten.

Tab. 9: Unterschiedliche Betriebsarten von Zirkulationspumpen

11.2 Warmhalteband

Warmhaltebänder ermöglichen die Temperaturhochhaltung auf einem Rohrleitungsabschnitt in der Warmwasserversorgung. Bei kleinen Warmwasserverteilungen kommt das Warmhalteband anstelle einer Warmwasserzirkulation zum Einsatz. Eine weitere Anwendung von Warmhaltebändern ist der Frostschutz von kälteexponierten Rohrleitungen.

Warmhaltebänder werden an der Rohrunterseite montiert und mit einem Steuergerät verbunden. Das Steuergerät dient zur Einstellung der Einschaltzeiten und der Leistung des Warmhaltebands. Um eine Überhitzung zu vermeiden, sind Warmhaltebänder selbstregelnd, d. h. sie reduzieren die Heizleistung bei steigender Rohrtemperatur ohne eine externe Regelung.

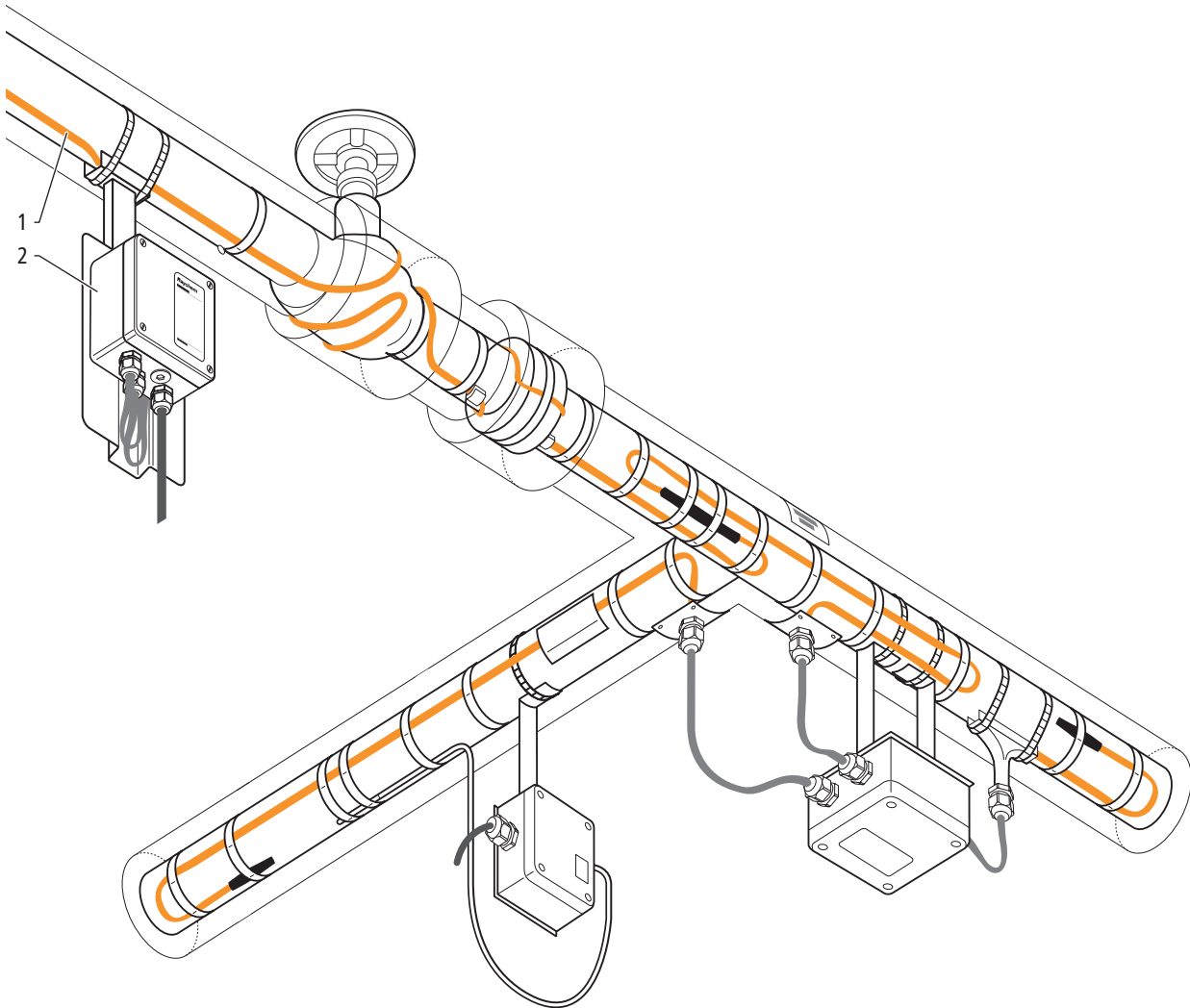


Abb. 26: Montagebeispiel von Warmhaltebändern (Bildquelle: Raychem)

1	Warmhalteband
2	Steuergerät

Warmhaltebänder erfordern wenig Platz. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Druckausgleich von unterschiedlich langen Zirkulationsleitungen entfällt. Nachteile sind:

- Energiekosten
- Druckanstieg bei geschlossenen Rohrleitungen
- Keine direkte Temperaturregelung des Warmwassers
- Hoher Reparaturaufwand im Fehlerfall

Warmhaltebänder sind elektrische Installationen in der Trinkwasserversorgung und müssen von einer Elektrofachkraft montiert und als elektrische Installation aussen sichtbar markiert werden.

12 Schutz vor Verbrühungen

An Entnahmestellen ohne thermostatische Temperaturbegrenzung besteht Verbrühungsgefahr bei Druckabfall in der Kaltwasserleitung oder bei Ausfall der Kaltwasserzufuhr. In thermischen Solaranlagen können hohe Warmwassertemperaturen auftreten.

Die Norm SN EN 806-2 empfiehlt je nach Installationsort die folgenden Maximaltemperaturen für Warmwasser an den Entnahmearmaturen:

Installationsort	Maximaltemperatur Warmwasser [°C]
• Schulen • Krankenhäuser	43
• Kindergärten • Pflegeheime	38

Tab. 10: Maximaltemperaturen für Warmwasser an Entnahmearmaturen

13 Wärmedämmung

13.1 Hinweise zur Auslegung von Wärmedämmungen

Wärmedämmungen von Rohren und Anlagenteilen müssen umlaufend und durchgehend sein. Wärmebrücken und der Kontakt von Bauteilen sowie Luftströmungen zwischen dem Rohr und der Wärmedämmung führen zu Wärmeverlusten, z. B. bei Rohr-an-Rohr-Zirkulationsleitungen.

Für die Berechnung von Wärmedämmungen ist der Rohraussendurchmesser massgebend. Die folgende Tabelle weist den Nennweiten von Nussbaum Produkten den massgebenden Rohraussendurchmesser zu. Bei Armaturen und Verteilern ist die Halbierung der Dämmstärke zulässig, die für den entsprechenden Rohraussendurchmesser gefordert ist (SIA 385/1).

Nennweite DN	Optipress Edelstahl (DIN 17440/ DIN 17455)	Optipress-Therm (DIN 2394)	Optifitt-Press	Optiflex	Gewinderohr (ISO 7-1/ EN 10226)
[—]	[mm]	[mm]	[Zoll]	[mm]	[mm]
10	—	—	$\frac{3}{8}$	16 (x 3.8*)	17.2
12	15	15	—	16 (x 2.2*)	—
15	18	18	$\frac{1}{2}$	20	21.3
20	22	22	$\frac{3}{4}$	25	26.9
25	28	28	1	32	33.7
32	35	35	$1\frac{1}{4}$	40	42.4
40	42	42	$1\frac{1}{2}$	50	48.3
50	54	54	2	63	60.3
60**	64	64	—	—	—
65	76.1	76.1	$2\frac{1}{2}$	—	76.1
80	88.9	88.9	2	—	88.9
100	—	108	4	—	114.3

* Wandstärke des Rohrs

** Optipress-spezifische Nennweite der Versorgungsleitung

Tab. 11: Nennweite und entsprechender Rohraussendurchmesser von Nussbaum Systemrohren und handelsüblichen Gewinderohren nach ISO 7-1/EN 10226.

13.2 Warmwasserleitungen

Warmwasserleitungen müssen gedämmt werden, um die Wärmeverluste zu minimieren und die Auswirkungen von zu hohen Oberflächentemperaturen zu vermeiden.

- Der Verteiler und die Verbindungsleitungen zu Steigleitungen und zum Wassererwärmer müssen gedämmt werden, wenn die Gesamtlänge von Verteiler und Verbindungsleitung ≤ 1 Meter beträgt.
- Bei Rohr-an-Rohr-Zirkulationsleitungen ist als massgebender Aussendurchmesser die Summe der Aussendurchmesser von beiden Rohren zu verwenden.
- Zur Wärmedämmung von Armaturen und Ventilen werden Dämmschalen aus expandierbarem Polypropylen (EPP) verwendet.
- Ausstossleitungen erfordern keine Wärmedämmung.

Nennweite DN	Dämmdicken bei Wassertemperaturen von 30 bis 90 °C (nach kantonalen Energiegesetzen)		Dämmdicken bei Wassertemperatur von 60 °C (nach Isolsuisse)	
	Polyiso-Hartschaum PIR $\lambda \leq 0.03 \text{ W/mK}^*$	Elastomer-Schaumstoff $\lambda \leq 0.03 \dots 0.05 \text{ W/mK}^*$	Polyiso-Hartschaum PIR $\lambda \leq 0.03 \text{ W/mK}^*$	Elastomer-Schaumstoff $\lambda \leq 0.03 \dots 0.05 \text{ W/mK}^*$
[—]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
10	30	40	30	60
12				
15	30	40	30	60
20	40	50	40	60
25	40	50	40	60
32	40	50	50	80
40	50	60	60	80
50	50	60	60	80
65	60	80	60	80
80	60	80	60	80
100	80	100	80	100
125	80	100	80	100
150	80	100	80	100
200	80	120	80	120

* bei 10 °C

Tab. 12: Minimale Dämmdicken von Warmwasserleitungen (nach suisstec Merkblatt 07/2023)

13.3 Kaltwasserleitungen

Kaltwasserleitungen müssen gegen die Erwärmung durch Warmwasserleitungen und andere Wärmequellen gedämmt werden.

Rohraussendurchmesser	Elastomer-Schaumstoff	Polyiso-Hartschaum (PIR)
[mm]	[mm]	[mm]
17	13	30
22		
28		
35		
42		
48		
60		
76	19	
89		
114		
140		
168		
175		
219		

Tab. 13: Dämmdicken von Kaltwasserleitungen (nach suisstec Merkblatt 10/2020)

13.4 Verzögerung der Kaltwassererwärmung in Steigzonen

Die Trinkwasserhygiene rückt vermehrt auch auf der Kaltwasserseite in den Fokus. Grund dafür ist die zunehmende Zahl von Fällen, in denen Kaltwasser durch gebäudetechnische Anlagen oder durch erhöhte Umgebungstemperaturen auf Temperaturen von über 25 °C erwärmt und die Vermehrung von Legionellen begünstigt wird. Daher sind geeignete Massnahmen zu treffen, um die Temperatur des Trinkwassers kalt so kühl wie möglich und unter 25 °C zu halten.

13.4.1 Problematik

Die Temperaturhaltung im Kaltwasserverteilsystem hat Einfluss auf die gesamte Planung und Ausführung und ist frühzeitig zu berücksichtigen. Das Kaltwasserverteilsystem muss so ausgelegt sein, dass das Kaltwasser auf den Leitungsabschnitten zwischen dem Hausanschluss und den Entnahmestellen nur einen geringen Temperaturanstieg erfährt.

Bei bestimmungsgemäsem Betrieb von Kaltwasserinstallationen, die nach der SVGW-Richtlinie W3/E3 ausgeführt sind, darf die Kaltwassertemperatur 30 Sekunden nach dem Öffnen einer Entnahmestelle maximal 25 °C betragen.

Um die regulatorischen Anforderungen für das Kaltwasser zu erfüllen, sind geeignete Verteilsysteme erforderlich, insbesondere in Gebäuden mit begrenztem Platzangebot. In Wohngebäuden zum Beispiel werden aus Platzmangel oft alle Steigleitungen in einem gemeinsamen Schacht oder in einer Installationswand installiert, wobei Heizungs-, Warmwasser-, Zirkulations- und Kaltwasserleitungen nebeneinander verlegt sind. In derartigen Fällen bieten sich je nach Bausituation unterschiedliche Lösungen an zur Verzögerung der Kaltwassererwärmung in Steigzonen.

13.4.2 Lösungen

Die SVGW-Richtlinie W3/E3:2020 beschreibt zwei Varianten zur thermischen Trennung von Leitungen mit unterschiedlichen Medientemperaturen in Steigzonen von Gebäuden: Steigzonen mit thermischer Trennwand und Steigzonen mit getrennten Schächten. Eine weitere, in der SVGW-Richtlinie W3/E3 nicht beschriebene, jedoch anerkannte Variante sind Kaltwasserleitungen mit verstärkter Dämmung.

13.4.2.1 Variante 1: Thermische Trennwand

Die thermische Trennung wird baulich durch Trennwände, z. B. aus Dämmmatten und Gipskartonplatten realisiert, welche die Schächte in wärmere Bereiche für Steigleitungen mit Medientemperaturen über 25 °C und kältere Bereiche für Steigleitungen mit Medientemperaturen gleich oder unterhalb von 25 °C unterteilen.

Thermische Trennwände sind so zu realisieren, dass die Wärmeabstrahlung aus dem warmen Schachtteil in den angrenzenden Raum grösser ist als die Wärmeabstrahlung aus dem warmen Schachtteil durch die Trennwand in den kalten Schachtteil. Das Material für die Beplankung hat dabei keinen Einfluss, da die Fläche der Beplankung im Vergleich zur Fläche der thermischen Trennwand viel grösser ist.

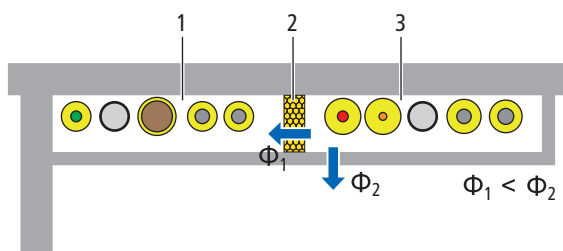


Abb. 27: Installationsschacht oder Installationswand mit thermischer Trennwand

1	Kalter Schachtteil, Mediumtemperatur $\leq 25\text{ °C}$
2	Thermische Trennung
3	Warmer Schachtteil
Φ_1	Wärmestrom durch die Schachttrennwand
Φ_2	Wärmestrom durch die Schachtwand

Merkmale:

- Die thermische Trennung und Dämmung der Kaltwasser- und Warmwasserleitungen bis und mit Verteiler weiterführen, wenn deren Länge ≤ 1 m beträgt (SVGW W3/E3:2020).
- Die Dämmung der Rohrleitungen muss fachgerecht und lückenlos ausgeführt sein.
- Bei konventionellen Zirkulationssystemen, d. h. bei getrennt gedämmten PWH- und PWH-C-Leitungen, ist die Dämmung einfacher zu realisieren, aber der Wärmeverlust ist höher als bei Rohr-an-Rohr-Systemen.
- Die Umgebungstemperatur ist ein wesentlicher Faktor für die Temperatur im kalten Schachtteil.
- Das Brand- und Schallschutzkonzept muss berücksichtigt werden.
- Die thermische Trennung funktioniert nur, wenn die Dämmungen fachgerecht und lückenlos ausgeführt sind.

Das folgende Bild zeigt den Einsatz einer thermischen Trennwand in einem Vorwandsystem:

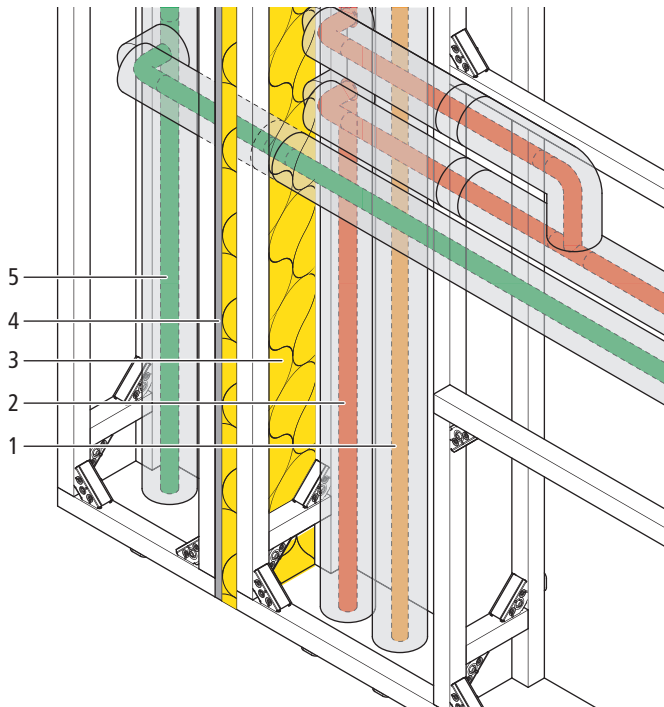


Abb. 28: Thermische Trennwand in einem Vorwandsystem

1	Zirkulationsleitung PWH-C
2	Warmwasser-Steigleitung PWH
3	Dämmmatte, z. B. eine 50 mm Mineralwollplatte
4	Thermische Trennwand: Gipskartonplatte, z. B. 12.5 mm
5	Kaltwasser-Steigleitung PWC

Undichtheiten in der Konstruktion und in der Ausführung von Trennwänden führen zu Luftbewegungen zwischen den Schachtbereichen. Dadurch kommt es zu einem Wärmeaustausch zwischen der Kaltwasserleitung und den Warmwasserleitungen, wie im folgenden Bild dargestellt:

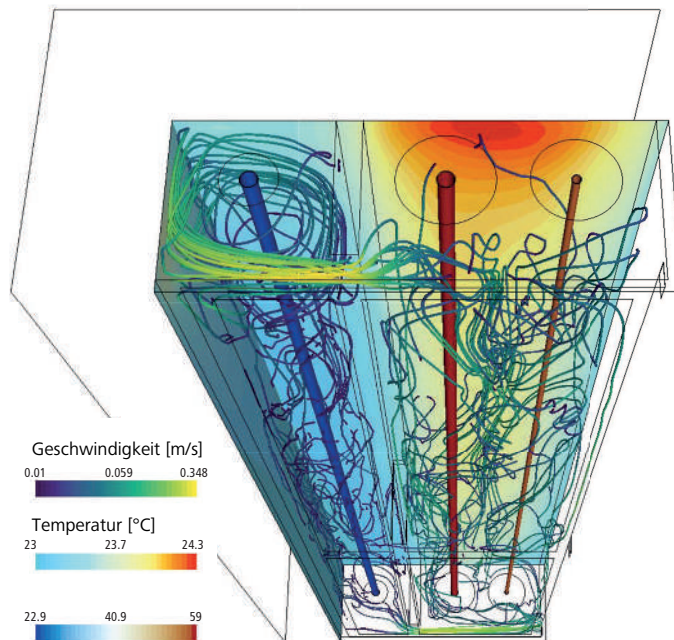


Abb. 29: Visualisierung der Luftzirkulation in einem simulierten Schacht mit thermischer Trennwand, die oben und unten Leckstellen aufweist. Die Bewegung der Luftteilchen wird durch die Bahnen dargestellt, die eine der Geschwindigkeit entsprechende Farbe aufweisen. Die Farbflächen visualisieren die Lufttemperaturen im Schacht. Aufgrund der Luftbewegungen kommt es zum unerwünschten Wärmeaustausch zwischen den Schachtbereichen.

13.4.2.2 Variante 2: Getrennte Schächte

Der Einsatz von getrennten Schächten ist vor allem in Industriebauten üblich mit festverbauten Steigschächten für Rohrleitungen mit unterschiedlichen Medientemperaturen und für Elektroinstallationen wie Kabelverbindungen.

Die prinzipielle Bauweise besteht aus separaten Schächten für warmgehende Installationen mit Medientemperaturen über 25 °C und für kaltgehende Installationen mit Medientemperaturen gleich oder unterhalb von 25 °C.

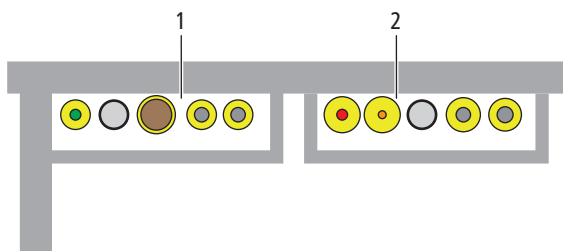


Abb. 30: Getrennte Installationsschächte

1	Kalter Schacht, Medientemperatur ≤ 25 °C
2	Warmer Schacht

Merkmale:

- Die Koordination und Aufteilung von mehreren Gewerken ist erforderlich.
- Die Dämmung der Rohrleitungen muss fachgerecht und lückenlos ausgeführt sein.
- Das Brand- und Schallschutzkonzept muss berücksichtigt werden.

13.4.2.3 Variante 3: Kaltwasserleitungen mit verstärkter Dämmung

Kaltwasserleitungen mit verstärkter Dämmung werden in Wohnbauten mit Steigschächten eingesetzt, die nur für die Kaltwasser- und Warmwasserverteilung vorgesehen sind. Dämmstärken von mindestens PIR 50 mm sind eine gleichwertige Alternative zu thermisch getrennten Schächten. Bei der Dämmung ist auf eine geringe Wärmeleitfähigkeit zu achten (PIR vor Zellkautschuk). Weitere Medien sind zulässig, wenn deren Temperatur maximal 40 °C beträgt. Die Steigleitungen sind in der Installationswand integriert.

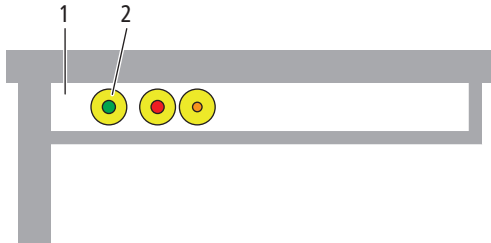


Abb. 31: Kaltwasserleitungen mit verstärkter Dämmung

1	Steigschacht
2	Kaltwasser-Steigleitung PWC mit PIR 50 mm Dämmung

In einem ausgeflockten Schacht ist es möglich, die Kaltwasserleitung weiterhin mit PIR 30 mm zu dämmen. Dazu muss aber zwischen Kalt- und Warmwasserleitung situativ ein Mindestabstand von ca. 70 cm eingehalten werden, da es infolge der komprimierten Flockung um die Warmwasserleitung zu einer Wärmeübertragung kommt. Die Angabe zum Mindestabstand ist ein Richtwert und ergibt sich aus den gemessenen und simulierten Prüfaufbauten.

Merkmale:

- Ein Rohr-an-Rohr-System hat einen geringeren Wärmeverlust als ein konventionelles Zirkulationssystem.
- Wenn Rohr-an-Rohr-Systeme verwendet werden, muss bei der Berechnung der Dämmstärke die Summe beider Aussendurchmesser berücksichtigt werden (SVGW W3/E3:2020).
- Beim Einsatz von Mineralwolle im Kaltwasser muss die Thematik Schwitzwasser berücksichtigt werden.
- Die Dämmungen müssen fachgerecht und lückenlos ausgeführt sein.
- Das Brand- und Schallschutzkonzept muss berücksichtigt werden.

Das folgende Bild zeigt den Einsatz von verstärkt gedämmten Kaltwasserleitungen in einem Vorwandsystem:

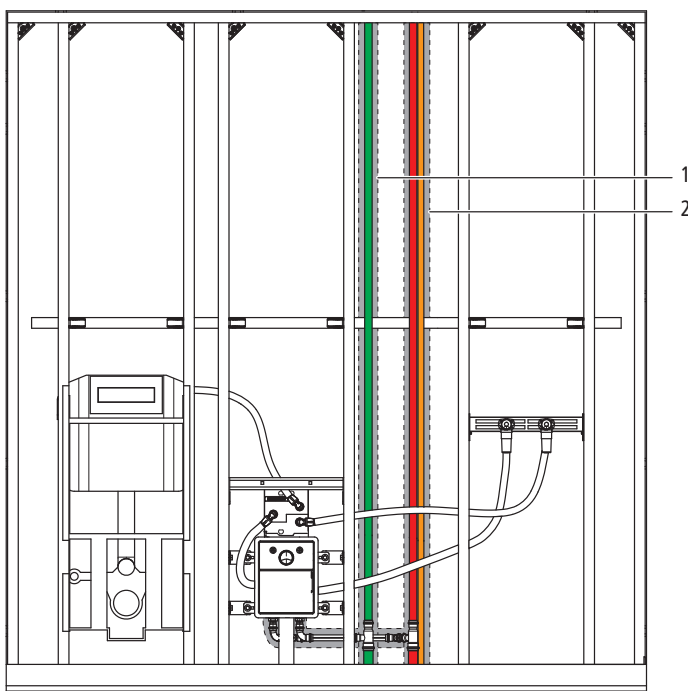


Abb. 32: Verstärkt gedämmte Kaltwasser-Steigleitung in einem Vorwandsystem

1	Gedämmte Kaltwasser-Steigleitung
2	Gedämmte Warmwasser-Steigleitung mit Warmwasserzirkulation Rohr-an-Rohr

Die folgende Bild zeigt die Temperaturverteilung in einem simulierten Schacht mit verstärkt gedämmter Kaltwasserleitung:

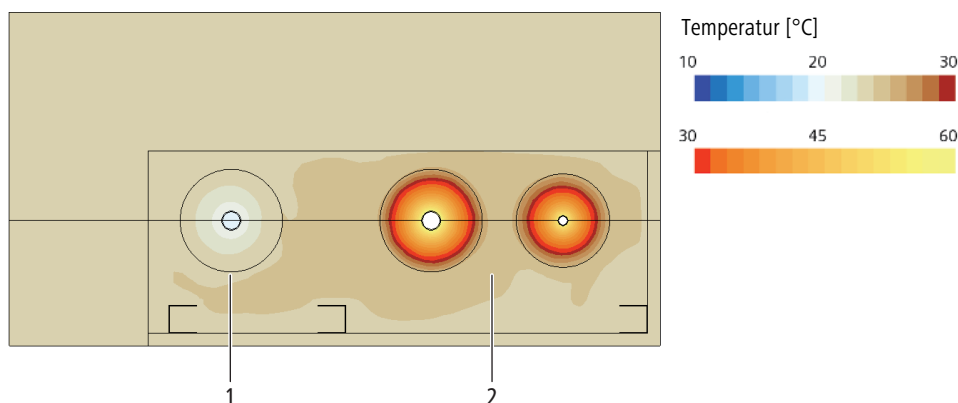


Abb. 33: Visualisierung der Temperaturverteilung in einem simulierten Steigschacht ohne Schachtausflockung, Wärmeverteilung nach 12 Stunden Stagnation, PWC-Temperatur 21 °C, Achsabstand zwischen PWC- und PWH-Steigleitung 15 cm, Raumtemperatur 23 °C

1	Rohrleitung PWC PIR 50 mm, unabhängig vom Rohrdurchmesser
2	Rohrleitungen PWH und PWH-C als RAR-System PIR 50 mm

13.4.3 Schachtausflockung

Die Schachtausflockung dient zur Einhaltung der Schallschutz- und Brandschutzanforderungen. **Die Schachtausflockung ist jedoch kein Ersatz für die Dämmungen der Rohrleitungen.** Diese müssen unabhängig von der Schachtausflockung durchgehend und lückenlos ausgeführt sein, auch bei Wand-, Boden- und Deckendurchbrüchen. Die Schachtausflockung wirkt der Temperaturhaltung in der Warmwasserversorgung sogar entgegen. Sie führt bei nahe installierten Kalt- und Warmwasserleitungen aufgrund der Wärmeübertragung zur Erwärmung des Kaltwassers und verzögert in den Ausstossleitungen das Abkühlen des Warmwassers auf Umgebungstemperatur.

Ausgeflockte Schächte können weitere Nachteile aufweisen. Aufgrund der im Schacht eingebauten Elemente wie Spülkästen verteilt sich das Flockungsmaterial nicht gleichmässig und verdichtet sich mit der Zeit im unteren Schachtbereich, so dass im oberen Schachtbereich Lufträume entstehen. Das verwendete Flockungsmaterial kann mit chemischen Mitteln imprägniert sein. Diese können in Verbindung mit Feuchtigkeit zu Korrosion an Rohren und Einbauten führen, besonders bei unvollständigen oder beschädigten Dämmungen.

Das folgende Bild zeigt die Temperaturverteilung in einem Schacht mit Schachtausflockung:

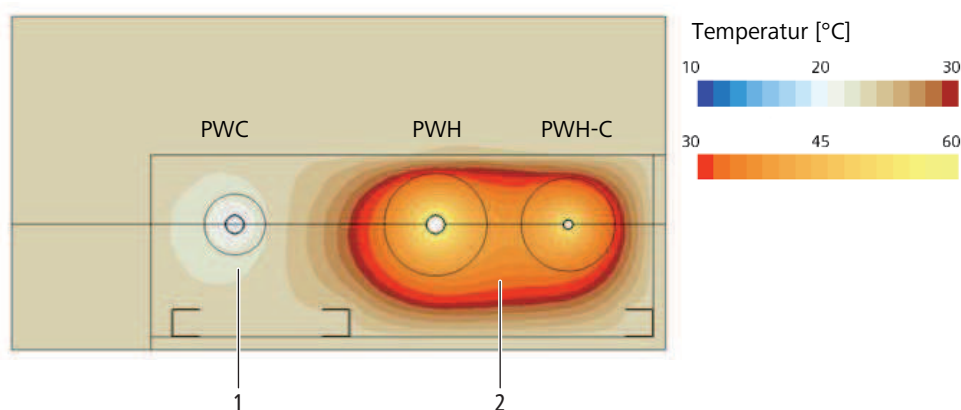


Abb. 34: Visualisierung der Temperaturverteilung in einem simulierten Schacht mit Schachtausflockung nach 12 Stunden Stagnation, PWC-Temperatur 23 °C, Achsabstand zwischen PWC- und PWH-Steigleitung 15 cm

1	Rohrleitung PWC PIR 30 mm
2	Rohrleitungen PWH und PWH-C als RAR-System, PIR 50 mm

13.4.4 Zusammenfassung

Durch den Einsatz von verstärkt gedämmten Kaltwasserleitungen kann die Kaltwassererwärmung in Steigzonen von Trinkwasserverteilungssystemen wirkungsvoll minimiert werden, besonders in Wohnbauten mit begrenztem Platzangebot. Dies kann mit planbarem Aufwand erreicht werden und hilft, die in den Richtlinien geforderten Wassertemperaturen einzuhalten. **Eine optimale Dämmung der Kaltwasserleitungen wird durch die Verwendung der gleichen Dämmstärken wie für die Warmwasserleitungen erzielt.**

Der Einbau von Trennwänden in Steigzonen zur thermischen Trennung von Kaltwasser- und Warmwasserleitungen ist eine weitere Möglichkeit zur Verzögerung der Kaltwassererwärmung. Allerdings kann es in der Praxis schwierig sein, die thermische Trennung durch Abgänge und Querungen in der Steigzone dicht auszuführen. Bei Grossbauten ist der Einsatz von getrennten Schächten anzustreben.

13.5 Frostschutz

Der Frostschutz von Trinkwasserleitungen kann mithilfe von Warmhaltebändern erfolgen. Wärmedämmungen können das Einfrieren von Trinkwasserleitungen nicht verhindern, sondern nur verzögern.

Weitere Informationen, ☞ «Warmhalteband», Seite 42.

14 Auslegung von Warmwasserversorgungen

14.1 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise zur Auslegung von Warmwasserversorgungen ist unterteilt in die Grobauslegung und die anschliessende Feinplanung.

14.1.1 Grobauslegung

Die Grobauslegung dient dazu, das Gebäudeenergiekonzept und die folgenden Elemente der Warmwasserversorgung festzulegen:

- der Standort der Speicher
- der Standort der Steigzonen und die Übergänge zu den nicht-warmgehaltenen Komponenten
- der Standort der Entnahmestellen
- das Warmhalte-Konzept
- die Sicherstellung der Ausstosszeiten
- der Grenz- oder Zielwert der Zirkulationspumpenleistung

Die grob ausgelegte Warmwasserversorgung weist eine ausreichend hohe Energieeffizienz auf. Die Überprüfung der Energieeffizienz erfolgt mit der Berechnung der Warmwasser-Verlustzahl.

14.1.2 Feinplanung

Die Feinplanung richtet sich nach den Anforderungen der SIA 384/1, SIA 385/1 und der SIA 385/2. Sie beinhaltet die folgenden Punkte:

- Festlegung der Komfortansprüche in einer Nutzungsvereinbarung
- Planung der Ausstossleitungen nach SIA 385/1:2020
- Planung der warmgehaltene Leitungen (wenn vorhanden) nach SIA 385/1:2020
- Dimensionierung der Speicher
- Berechnung der Wärmeverluste von Speichern und warmgehaltenen Leitungen
- Berechnung des Wärmebedarfs der Warmwasserversorgung
- Berechnung der Wärmeleistung der Wassererwärmungsanlage und der Ladezyklen
- Überprüfung der Energieeffizienz (anhand der Warmwasser-Verlustzahl)

14.2 Speicher-Wassererwärmer

Die nachfolgend dargestellte Berechnung des Speichervolumens von Speicher-Wassererwärmern basiert auf der Norm SIA 385/2.

Berechnungsprinzip: Ausgehend vom täglichen Warmwasserbedarf werden die Anfangswerte des Speichervolumens bestimmt. Anhand der Anfangswerte können die Wärmeverluste der Warmwasserversorgung berechnet werden. Das effektive Speichervolumen ergibt sich schliesslich aus dem Volumen zur Deckung des Warmwasserbedarfs und dem Volumen zur Kompensation der Wärmeverluste.

14.2.1 Warmwasserbedarf

Der vom Speicher-Wassererwärmer zu deckende Warmwasserbedarf wird wie folgt berechnet:

$$V_{W,u} = n_{P,i} \cdot V_{W,u,i}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$V_{W,u}$	[l/d]	Warmwasserbedarf pro Tag
$n_{P,i}$		Anzahl Bezugseinheiten Bestimmung der Anzahl der Personen in Wohnbauten gemäss «Belegungs-dichte von Wohnungen (nach Sanitär-berechnungen – kurz & bündig)», Seite 54
$V_{W,u,i}$	[l]	Warmwasserbedarf pro Bezugseinheit, gemäss «Warmwasserbedarf», Seite 9

Wohnungsgrösse	Minimale Belegung*	Durchschnittliche Belegung**	Maximale Belegung***
1-Zimmer	1.2	1.4	1.5
1.5-Zimmer	1.3	1.5	1.6
2-Zimmer	1.4	1.7	2.0
2.5-Zimmer	1.7	1.9	2.0
3-Zimmer	1.9	2.2	2.5
3.5-Zimmer	2.2	2.3	2.5
4-Zimmer	2.5	2.8	3.0
4.5-Zimmer	2.7	3.0	3.5
5-Zimmer	2.8	3.5	4.0
5.5-Zimmer	3.0	4.0	4.5

* Belegungsdichte gemäss Volkszählung im Jahr 2000

** Belegungsdichte Eigentumswohnungen / Einfamilienhäuser

*** Belegungsdichte gemäss Schlüssel Genossenschaftswohnungen

Tab. 14: Belegungsdichte von Wohnungen (nach Sanitär-berechnungen – kurz & bündig)

14.2.2 Wärmebedarf für das Warmwasser

Der Wärmebedarf für das Warmwasser wird wie folgt berechnet:

$$Q_W = V_{W,u} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
Q_W	[kWh/d]	Wärmebedarf Warmwassererwärmung pro Tag
$V_{W,u}$	[l]	Warmwasserbedarf
ρ	[kg/l]	Dichte des Wassers
c	[kJ/(kg · K)]	Wärmekapazität des Wassers (4.187)
$\Delta\theta_W$	[K]	Temperaturerhöhung bei der Wassererwärmung

14.2.3 Anfangswert des Warmwasservolumens

Der Anfangswert des Warmwasservolumens wird wie folgt berechnet:

$$V_{W,d,1} = V_{W,u} \cdot 1.5$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$V_{W,d,1}$	[l/d]	Anfangswert des Warmwasservolumens pro Tag
$V_{W,u}$	[l/d]	Warmwasserbedarf pro Tag

Der Faktor 1.5 berücksichtigt Wärmeverluste der Warmwasserversorgung.

14.2.4 Anfangswert des Spitzendeckungsvolumens

Der Anfangswert des Spitzendeckungsvolumens wird wie folgt berechnet:

$$V_{W,sto,pk,1} = V_{W,d,1} \cdot f_{pk}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$V_{W,sto,pk,1}$	[l]	Anfangswert des Spitzendeckungsvolumens
$V_{W,d,1}$	[l/d]	Anfangswert des Warmwasservolumens pro Tag
f_{pk}	[—]	Vom Gebäudetyp abhängiger Faktor: - Wohnbauten > 10 Personen: Bestimmung von f_{pk} gemäss «Stundenspitze bei Wohnbauten mit > 10 Personen (nach Sanitärberechnungen – kurz & bündig)», Seite 56. - Wohnbauten < 10 Personen: Projektspezifische Abschätzung, wobei der Sanitärapparat mit dem grössten Warmwasserverbrauch massgebend ist, z. B. die Badewanne. - Andere Gebäudetypen: Verwendung von Daten aus der Fachliteratur oder von Messdaten.

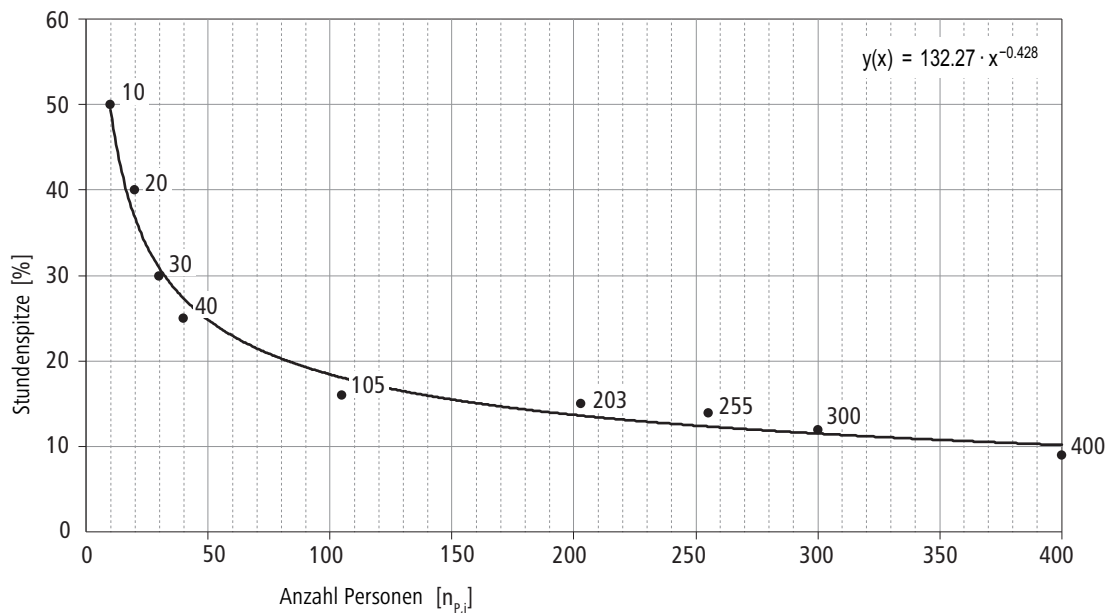


Abb. 35: Stundenspitze bei Wohnbauten mit > 10 Personen (nach Sanitärberechnungen – kurz & bündig)

14.2.5 Anfangswert des Steuervolumens

Der Anfangswert des Steuervolumens ist abhängig von der Anzahl der Ladezyklen.

Die Anzahl der Ladezyklen wird wie folgt berechnet:

$$n_z = \frac{V_{W,d,1} \cdot c \cdot \Delta\theta}{3600 \cdot \Phi_{\text{gen,out}}}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
n_z	[1/d]	Anzahl Ladezyklen pro Tag
$V_{W,d,1}$	[l/d]	Anfangswert des Warmwasservolumens pro Tag
$\Delta\theta$	[K]	Temperaturerhöhung bei der Wassererwärmung
c_w	[kJ/(kg · K)]	Wärmekapazität des Wassers
$\Phi_{\text{gen,out}}$	[kW]	Heizleistung Wärmeerzeuger

Der Anfangswert des Steuervolumens wird wie folgt berechnet:

$$V_{W,\text{sto,ctrl},1} = \frac{V_{W,d,1}}{n_z}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$V_{W,\text{sto,ctrl},1}$	[l]	Anfangswert des Steuervolumens
$V_{W,d,1}$	[l/d]	Anfangswert des Warmwasservolumens pro Tag
n_z	[—]	Anzahl Ladezyklen

Die Berechnung gilt bei folgenden Annahmen:

- Unterbruch Heizung von 1 Stunde (3600 s)
- Leistung des Wärmeerzeugers wird für die Warmwasserbereitung genutzt
- Keine Sperrzeiten, z. B. der Stromzufuhr bei Wärmepumpen

14.2.6 Anfangswert des Speichervolumens

Der Anfangswert des Speichervolumens wird aus der Summe vom Steuer- und dem Spitzendeckungsvolumen festgelegt und dient als Grundlage für die weiteren Berechnungen. Grössenzuschläge für Kalt- und Mischzonen werden je nach Speicherkonstruktion mit einem Faktor aufgerechnet.

Der Anfangswert des Speichervolumens wird wie folgt berechnet:

$$V_{W,sto,1} = (V_{W,sto,pk,1} + V_{W,sto,ctrl,1}) \cdot f_{sto}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$V_{W,sto,1}$	[l]	Anfangswert des Speichervolumens
$V_{W,sto,pk,1}$	[l]	Anfangswert des Spitzendeckungsvolumens
$V_{W,sto,ctrl,1}$	[l]	Anfangswert des Steuervolumens
f_{sto}	[—]	Vom Speichertyp abhängiger Faktor: • 1.25: innenliegender Wärmetauscher • 1.00: aussenliegender Wärmetauscher

14.2.7 Speicherwärmeverluste

Die Speicherwärmeverluste von Speichern bis 2000 l Volumen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Speichergrosse [l]	Speicherwärmeverluste $Q_{W,sto,ls}$ pro Tag [kWh/d]
100	1.3
150	1.3
200	1.5
300	1.7
400	1.8
500	2.0
600	3.0
800	3.3
1000	3.6
1250	3.8
1500	4.1
1750	4.3
2000	4.6

Der Wärmeverlust des Speicher-Wassererwärmers ist üblicherweise im Datenblatt des Herstellers angegeben.

14.2.8 Wärmeverlust der warmgehaltenen Leitungen

Der Wärmeverlust der warmgehaltenen Leitungen wird wie folgt berechnet:

$$Q_{W,hl,ls} = l \cdot q_{W,hl,ls}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$Q_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Wärmeverlust der warmgehaltenen Warmwasserleitungen pro Tag
l	[m]	Gesamtlänge der warmgehaltenen Leitungen: • Konventionelle Zirkulation: Leitungslänge Warmwasser Vorlauf und Rücklauf • Rohr-an-Rohr-Zirkulation: Leitungslänge Warmwasser Vorlauf • Warmhalteband: Leitungslänge Warmwasser Vorlauf Der Energiebedarf des Warmhaltebands wird bei der Auslegung des Wassererwärmers durch einen Faktor berücksichtigt.
$q_{W,hl,ls}$	[kWh/m/d]	Spezifischer Wärmeverlust pro Meter und Tag • Konventionelle Zirkulation: 0.12 • Rohr-an-Rohr-Zirkulationssysteme: 0.15 • Warmhalteband: 0.12

14.2.9 Wärmeverluste der Ausstossleitungen

Die Wärmeverluste der Ausstossleitungen werden wie folgt berechnet:

$$Q_{W,em,ls} = Q_W \cdot f_{AV}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$Q_{W,em,ls}$	[kWh/d]	Wärmeverluste der Ausstossleitungen pro Tag
Q_W	[kWh/d]	Wärmebedarf Warmwasser pro Tag
f_{AV}	[—]	Vom Montageort und der Länge der Ausstossleitungen abhängiger Faktor: 0.15: kurze Leitungslängen, Montage innerhalb von Vorwandelementen 0.20: unterschiedliche Leitungslängen, Montage nur teilweise innerhalb von Vorwandelementen 0.25: lange Leitungslängen (normativ geforderte Ausstosszeiten sind erfüllt)

14.2.10 Wärmebedarf der Warmwasserversorgung

Der Wärmebedarf der Warmwasserversorgung ergibt sich aus dem Wärmebedarf für das Warmwasser und der Summe der Wärmeverluste:

$$Q_{W,gen,out} = Q_W + Q_{W,sto,ls} + Q_{W,hl,ls} + Q_{W,em,ls}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$Q_{W,gen,out}$	[kWh/d]	Wärmebedarf Warmwasserversorgung pro Tag
Q_W	[kWh/d]	Wärmebedarf Warmwasser pro Tag
$Q_{W,sto,ls}$	[kWh/d]	Speicherwärmeverluste pro Tag
$Q_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Wärmeverluste der warmgehaltenen Warmwasserleitungen pro Tag
$Q_{W,em,ls}$	[kWh/d]	Ausstosswärmeverluste pro Tag

14.2.11 Endwert des Warmwasservolumens

Der Endwert des Warmwasservolumens deckt den Warmwasserbedarf und kompensiert die Wärmeverluste in der Warmwasserversorgung. Die Berechnung erfolgt nach:

$$V_{W,d,2} = \frac{Q_{W,gen,out} \cdot 3600}{c \cdot \Delta\theta}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$V_{W,d,2}$	[l/d]	Endwert des Warmwasservolumens pro Tag
$Q_{W,gen,out}$	[kWh/d]	Wärmebedarf der Warmwasserversorgung pro Tag
c	[kJ/(kg · K)]	Wärmekapazität des Wassers
$\Delta\theta$	[K]	Temperaturerhöhung bei der Wassererwärmung

14.2.12 Endwert des Spitzendeckungsvolumens

Der Endwert des Spitzendeckungsvolumens wird wie folgt berechnet:

$$V_{W,sto,pk,2} = V_{W,d,2} \cdot f_{pk}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$V_{W,sto,pk,2}$	[l]	Endwert des Spitzendeckungsvolumens
$V_{W,d,2}$	[l/d]	Endwert des Warmwasservolumens pro Tag
f_{pk}	[—]	Vom Gebäudetyp abhängiger Faktor: Den gleichen Wert wie bei der Berechnung des Anfangswerts verwenden.

14.2.13 Endwert des Steuervolumens

Der Endwert des Steuervolumens ist wie der Anfangswert abhängig von der Anzahl der Ladezyklen.

Die Anzahl der Ladezyklen wird basierend auf dem Endwert des Warmwasservolumens berechnet:

$$n_z = \frac{V_{W,d,2} \cdot c \cdot \Delta\theta}{3600 \cdot \Phi_{gen,out}}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
n_z	[1/d]	Anzahl Ladezyklen pro Tag
$V_{W,d,2}$	[l]	Endwert des Warmwasservolumens pro Tag
$\Delta\theta$	[K]	Temperaturerhöhung bei der Wassererwärmung
c	[kJ/(kg · K)]	Wärmekapazität des Wassers
$\Phi_{gen,out}$	[kW]	Heizleistung Wärmeerzeuger

Der Endwert des Steuervolumens wird wie folgt berechnet:

$$V_{W,sto,ctrl,2} = \frac{V_{W,d,2}}{n_z}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$V_{W,sto,ctrl,1}$	[l]	Endwert des Steuervolumens
$V_{W,d,1}$	[l]	Endwert des Warmwasservolumens
n_z	[—]	Anzahl Ladezyklen Den gleichen Wert wie bei der Berechnung des Anfangswerts verwenden.

14.2.14 Endwert des Speichervolumens

Anhand des Endwerts des Speichervolumens kann die passende, handelsübliche Speichergrösse bestimmt werden. Der Endwert des Speichervolumens wird wie folgt berechnet:

$$V_{W,sto,2} = (V_{W,sto,pk,2} + V_{W,sto,ctrl,2}) \cdot f_{sto}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$V_{W,sto,2}$	[l]	Endwert des Speichervolumens
$V_{W,sto,pk,2}$	[l]	Endwert des Spitzendeckungsvolumens
$V_{W,sto,ctrl,2}$	[l]	Endwert des Steuervolumens
f_{sto}	[—]	Vom Speichertyp abhängiger Faktor: Den gleichen Wert wie bei der Berechnung des Anfangswerts verwenden.

14.2.15 Hygienische Überprüfung des Speichervolumens

Nach der Richtlinie SVGW W3/E d (2020) muss das Bereitschaftsvolumen eines Speicher-Wassererwärmers mindestens einmal pro Tag erneuert werden. Das Bereitschaftsvolumen besteht aus dem Spitzendeckungsvolumen und dem Steuervolumen. Somit muss der Warmwasserbedarf ($V_{W,u}$) kleiner sein als die Summen von Spitzendeckungsvolumen und Steuervolumen.

14.3 Zirkulationssysteme

Die Auslegung von Zirkulationssystemen erfolgt auf Grundlage der Norm DIN 1988 Teil 300. Diese Norm beschreibt das sogenannte differenzierte Verfahren. Davon abgeleitet gibt es das vereinfachte Verfahren zur Berechnung von Zirkulationssystemen.

Unabhängig vom gewählten Verfahren umfasst die Auslegung eines Zirkulationssystems die Berechnung der Wärmeverluste und Druckverluste der Warmwasserleitungen. Daraus ergeben sich der Förderstrom und der Förderdruck der Zirkulationspumpe. Die folgenden Größen sind zu berechnen:

- Wärmeverlust der Warmwasserleitungen
- Förderstrom der Zirkulationspumpe
- Volumenströme in den Zirkulationsleitungen
- Nennweiten der Zirkulationsleitungen
- Druckverluste durch Rohrreibung und Einzelwiderstände
- Förderdruck der Zirkulationspumpe

Anschließend erfolgt die Auswahl der Zirkulationspumpe.

Das hier beschriebene vereinfachte Verfahren benutzt den spezifischen Wärmeverlust zur Berechnung der Wärmeverluste. Die Druckverluste der Einzelwiderstände und in den Rohrleitungen werden mit einem Faktor berücksichtigt, der auf Erfahrungswerten basiert.

14.3.1 Berechnung der Wärmeverluste von Zirkulationsleitungen

Die Wärmeverluste von Zirkulationsleitungen werden wie folgt berechnet:

Konventionelle Zirkulation:

$$Q'_{W,hl,ls} = 0.12 \frac{\text{kWh}}{\text{m} \cdot \text{d}} \cdot \sum_i (l_{WWV,i} + l_{WWR,i})$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$Q'_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Wärmeverluste der Zirkulationsleitungen
$l_{WWV,i}$	[m]	Länge der Vorlaufleitungen
$l_{WWR,i}$	[m]	Länge der Rücklaufleitungen

Zirkulation Rohr-an-Rohr oder Rohr-in-Rohr:

$$Q'_{W,hl,ls} = 0.15 \frac{\text{kWh}}{\text{m} \cdot \text{d}} \cdot \sum_i l_{WWV,i}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$Q'_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Wärmeverluste der Zirkulationsleitungen
$l_{WWV,i}$	[m]	Länge der Zirkulationsleitungen

Warmhaltebänder:

$$Q'_{W,hl,ls} = 0.12 \frac{\text{kWh}}{\text{m} \cdot \text{d}} \cdot \sum_i l_{WWV,i}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$Q'_{W,hl,ls}$	[kWh/d]	Wärmeverluste der Warmhaltebänder
$l_{WWV,i}$	[m]	Länge der Warmhaltebänder

14.3.2 Förderstrom der Zirkulationspumpe

Der Förderstrom der Zirkulationspumpe ergibt sich aus dem zu kompensierenden Wärmeverlust der Warmwasserleitungen und durch den maximal zulässigen Temperaturabfall des Warmwassers. Die Berechnung des Förderstroms erfolgt mit der folgenden Formel:

$$\dot{V}_P = \frac{\dot{Q}_W}{\rho \cdot c_W \cdot \Delta\vartheta_W}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$\dot{V}_P$	[m³/h]	Förderstrom der Zirkulationspumpe
$\dot{Q}_W$	[kW]	Wärmeverlust der Warmwasserleitungen
ρ	[kg/m³]	Dichte des Wassers
c_W	[kJ/(kg · K)]	Wärmekapazität des Wassers
$\Delta\vartheta_W$	[K]	Maximaler Temperaturabfall des Warmwassers: Temperatur des Warmwassers am Austritt des Speichers abzüglich der Temperatur des Warmwassers am Eintritt des Speichers. Richtwerte: • Kleine Objekte (Einfamilienhaus): 1 ... 2 • Mittlere Objekte (Mehrfamilienhaus): 2 ... 3

Aus hygienischen Gründen ist ein Temperaturabfall von maximal 5 K zulässig (Speichertemperatur 60 °C, Temperatur Verteilleitung 55 °C). Wegen der Regulierbarkeit ist es erforderlich, einen kleineren Temperaturabfall einzustellen. Dies ergibt einen grösseren Volumenstrom (je kleiner die Temperaturdifferenz ist, desto grösser ist der Volumenstrom). Bei thermischen Zirkulationsventilen muss die eingestellte Temperatur geprüft werden.

14.3.3 Volumenströme

Wenn der Förderstrom der Zirkulationspumpe bekannt ist, können die Volumenströme in den Teilstrecken der Warmwasserverteilung berechnet werden. Bei einem Abzweig wird der Volumenstrom in einen Abzweigstrom und einen Durchgangstrom aufgeteilt.

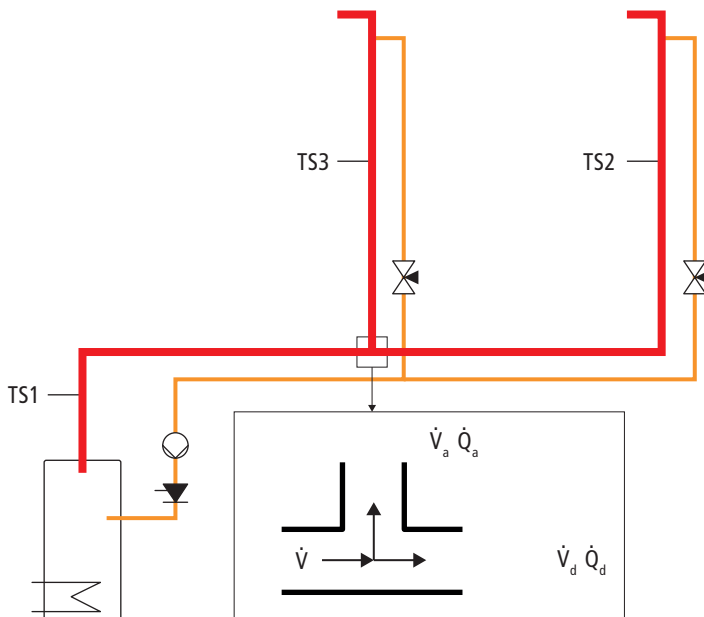


Abb. 36: Berechnung der Volumenströme (nach suissetec-Lehrgang Wasser)

Der Abzweigstrom wird mit folgender Formel berechnet:

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{V} \cdot \dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d}$$

Der Durchgangstrom wird somit:

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$\dot{V}$	[l/h]	Volumenstrom vor dem Abzweig
$\dot{V}_a$	[l/h]	Abzweigstrom
$\dot{V}_d$	[l/h]	Durchgangstrom
$\dot{Q}_a$	[W]	Wärmeverlust Abzweigstrom
$\dot{Q}_d$	[W]	Wärmeverlust Durchgangstrom

Der berechnete Durchgangstrom wird beim nächsten Abzweig in weitere Teilströme aufgeteilt, deren Berechnung erfolgt in analoger Weise. Dies wird wiederholt, bis die Volumenströme in allen Teilstrecken bekannt sind.

14.3.4 Nennweiten der Zirkulationsleitungen

Die Bestimmung der Nennweiten der Zirkulationsleitungen erfolgt nach den Berechnungsmethoden der SVGW-Richtlinie für Trinkwasserinstallationen W3.

Die Nennweiten sollten unter Einhaltung der maximal zulässigen Fließgeschwindigkeiten und Druckverluste so klein wie möglich ausgelegt werden, um die Wärmeverluste minimal zu halten sowie um Platz und Material zu sparen. Bei kleinen Zirkulationssystemen ist aufgrund der geringen Volumenströme oft die kleinste Nennweite ausreichend. Bei langen Zirkulationsleitungen muss eine entsprechend grosse Nennweite gewählt werden.

14.3.5 Druckverluste durch Rohrreibung und Einzelwiderstände

Zur Berechnung des Förderdrucks der Zirkulationspumpe ist der Strang mit dem grössten Druckverlust durch Rohrreibung und Einzelwiderstände zu bestimmen. In den meisten Fällen ist dies der längste Strang in der Zirkulation. Der Druckverlust der Teilstrecke eines Strangs wird mit folgender Formel berechnet, wobei der Anteil der Druckverluste durch die Einzelwiderstände mit einem Faktor erfasst wird:

$$\Delta p_L = R \cdot l \cdot a$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
Δp_L	[hPa]	Druckverlust durch Rohrreibung und Einzelwiderstände
R	[hPa]	R-Wert Spezifischer Druckverlust durch die Rohrreibung
l	[m]	Länge der längsten Teilstrecke in der Zirkulation
a	[—]	Anteil der Druckverluste durch Einzelwiderstände (1.2 ... 1.35)

Der R-Wert wird mithilfe der Druckverlusttabelle des eingesetzten Rohrtyps bestimmt, wobei der berechnete Volumenstrom und die Fliessgeschwindigkeit herangezogen werden. Beispieltabelle, ☞ «Druckverlusttabelle Optipress-Rohre», Seite 86, ☞ «Druckverlusttabelle Optiflex-Rohre», Seite 89.

14.3.6 Auswahl der Zirkulationspumpe

Mit bekanntem Fördervolumen und Förderdruck kann die Zirkulationspumpe ausgewählt werden. Die Auswahl erfolgt anhand von Pumpenkennlinien, die in den technischen Unterlagen der Hersteller von Zirkulationspumpen abgebildet sind.

Die Pumpenkennlinie beschreibt den Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Druckdifferenz (auch als Förderhöhe bezeichnet) und folgt dem Bernoulli-Gesetz der Energieerhaltung in Flüssigkeiten. Je grösser der Volumenstrom ist, desto geringer ist die Druckdifferenz.

Die Rohrnetzkenlinie wird durch die Strömungswiderstände (Rohrreibung und Einzelwiderstände) im Rohrnetz des Warmwasserversorgung bestimmt. Um den Volumenstrom im Rohrnetz zu erhöhen, ist immer ein entsprechender Druckanstieg erforderlich.

Der Schnittpunkt zwischen der Pumpenkennlinie und der Rohrnetzkenlinie entspricht dem Betriebspunkt der Zirkulationspumpe.

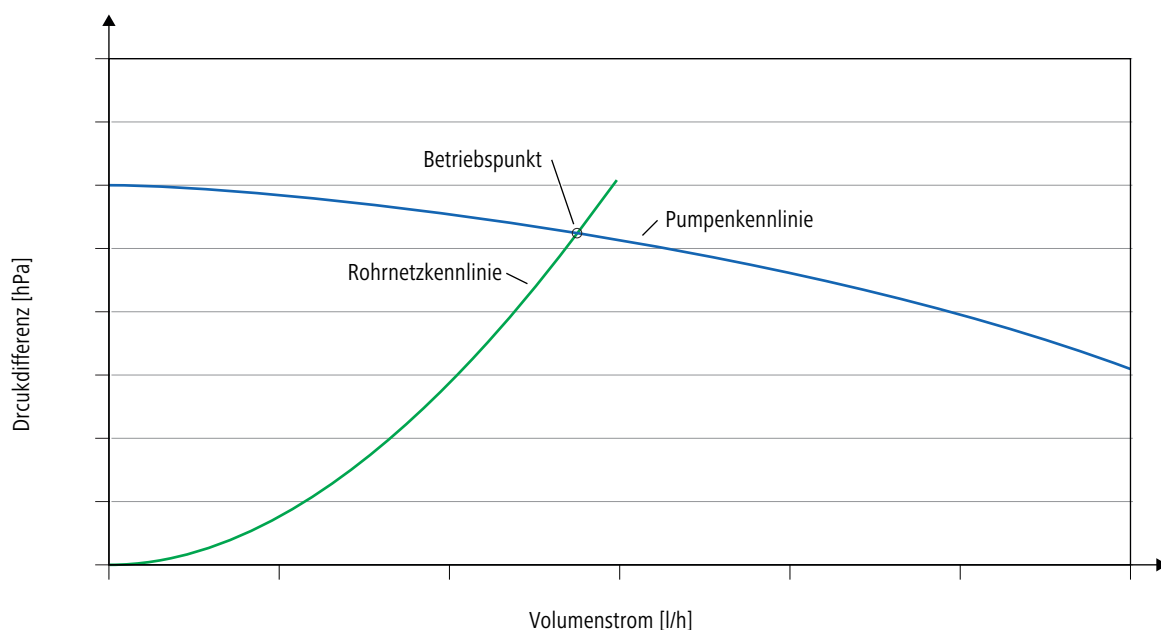


Abb. 37: Pumpenkennlinie, Rohrnetzkenlinie und Betriebspunkt

Die Zirkulationspumpe muss nicht wie in einem offenen System eine Höhendifferenz überwinden. Die Druckdifferenz durch die geodätische Höhe entfällt, d. h. die Förderhöhe der Zirkulationspumpe ist unabhängig von der Höhe des Gebäudes (die Wassersäule auf der Saugseite der Zirkulationspumpe entspricht dem Druck, der auf Druckseite der Zirkulationspumpe zur Überwindung der Höhendifferenz erforderlich ist).

Eine zum berechneten Betriebspunkt genau passende Zirkulationspumpe gibt es in der Regel nicht. In der Praxis wird eine Zirkulationspumpe mit einem geeigneten Druckbereich gewählt und während der Einregulierung auf den Betriebspunkt eingestellt.

14.3.7 Auslegungsbeispiel (SIA 385/2:2025)

Das Auslegungsbeispiel zeigt die vereinfachte Berechnung eines Zirkulationssystems in einer zentralen Warmwasserversorgung für ein Mehrfamilienhaus mit 8 Wohnungen und 4 Steigsträngen.

Für die Berechnung werden die folgenden Vorgaben angenommen:

- Rohr-an-Rohr-Zirkulationssystem
- Warmwasservorlauftemperatur am Speicheraustritt: 60 °C
- Warmwasserrücklauftemperatur am Speichereintritt: 56 °C
- Rohrwerkstoff Warmwasservorlauf: Nichtrostender Stahl (Chromstahl)
- Rohrwerkstoff Zirkulationsleitungen: Kunststoff PE-X

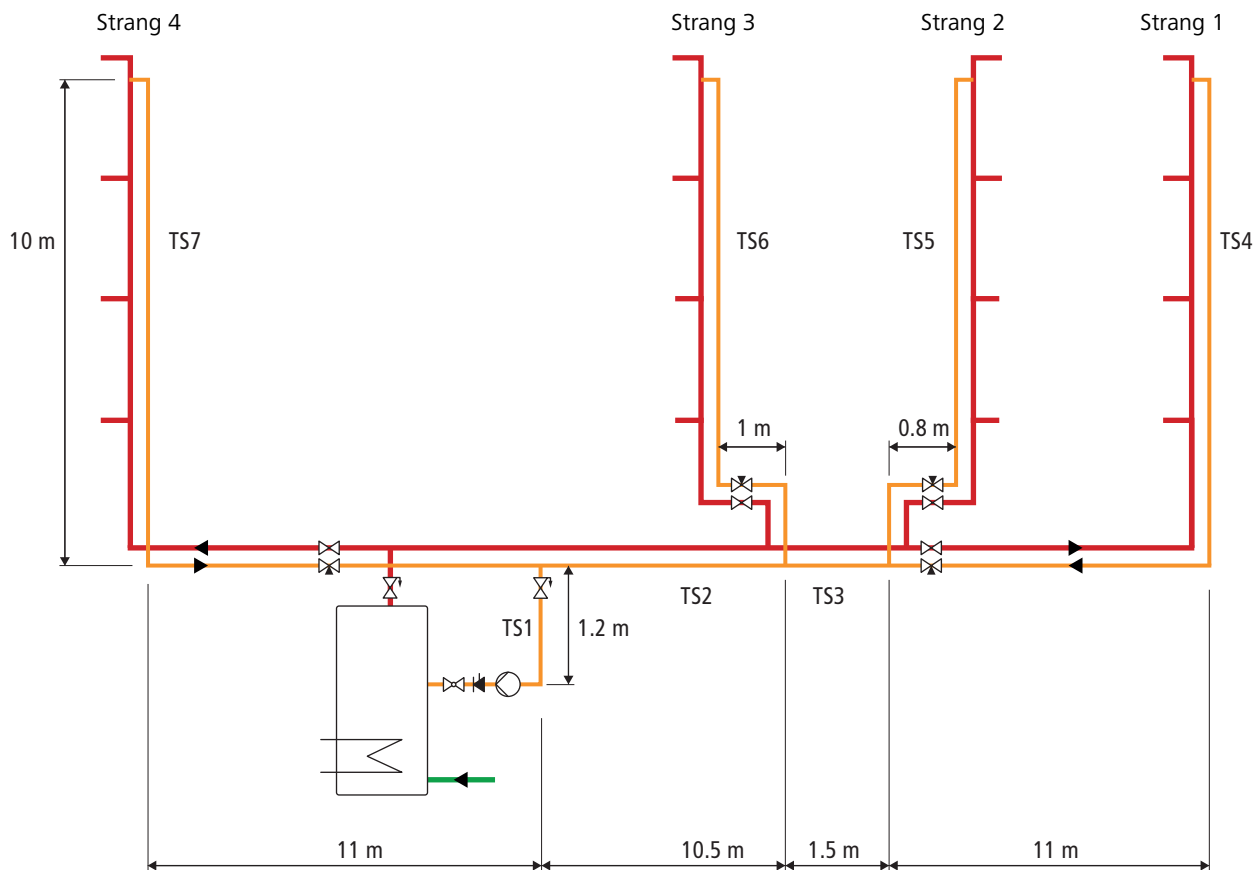


Abb. 38: Auslegungsbeispiel zur Warmwasserzirkulation (nach suisstec-Lehrgang Wasser)

14.3.7.1 Berechnung des Wärmeverlusts der Warmwasserleitungen

Die Wärmeverluste in den Teilstrecken des Warmwasser-Verteilsystems werden mit der folgenden Formel berechnet:

$$Q_{W,hl,ls} = l \cdot q_{W,hl,ls}$$

Die Werte können in einer Tabelle dargestellt werden:

Teilstrecke	Länge der Teilstrecke l [m]	Wärmeverlust pro Meter und Tag $q_{W,hl,ls}$ [kWh/m/d]	Wärmeverlust pro Tag $Q_{W,hl,ls}$ [kWh/d]
TS1	1.2	0.15	0.180
TS2	10.5	0.15	1.575
TS3	1.5	0.15	0.225
TS4	21	0.15	3.150
TS5	10.8	0.15	1.620
TS6	11	0.15	1.650
TS7	21	0.15	3.150

Durch Summierung werden die Wärmeverluste in den Teilstrecken nach den T-Stücken und der gesamte Wärmeverlust berechnet. Die Werte können in einer Tabelle dargestellt werden:

Teilstrecken	Wärmeverlust pro Tag $Q_{W,hl,ls}$ [kWh/d]	Gesamter Wärmeverlust pro Tag $Q_{W,hl,ls}$ [kWh/d]
TS1, TS2, TS3, TS4, TS5, TS6, TS7	11.550	11.550
TS2, TS3, TS4, TS5, TS6	8.220	
TS3, TS4, TS5	4.995	
TS4	3.150	
TS5	1.620	
TS6	1.650	
TS7	3.150	

14.3.7.2 Berechnung des Förderstroms der Zirkulationspumpe

Ausgehend vom gesamten Wärmeverlust und der Temperaturdifferenz zwischen Warmwasservorlauf und Warmwasserrücklauf wird der Förderstrom der Zirkulationspumpe berechnet:

$$\dot{V}_P = \frac{\dot{Q}_W}{\rho \cdot c_W \cdot \Delta\theta_W} = \frac{11.550 \frac{\text{kWh}}{\text{d}} \cdot 41.7 \frac{\text{W}}{\text{kWh}}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 2 \text{ K}} = 0.0000576 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \approx 207 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

14.3.7.3 Berechnung der Volumenströme in den Teilstrecken

Ausgehend vom Förderstrom der Zirkulationspumpe und den Wärmeverlusten werden die Volumenstromaufteilungen in den Teilstrecken nach den T-Stücken berechnet.

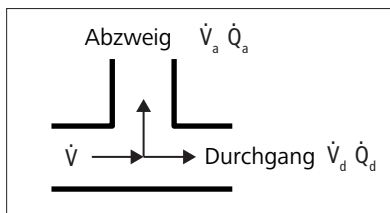


Abb. 39: Volumenstromaufteilung in den T-Stücken

Abzweig TS1:

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{V} \cdot \dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} = \frac{207 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 3.150 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}}{3.150 \frac{\text{kWh}}{\text{d}} + 8.220 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}} = 57.3 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a = 207 \frac{\text{l}}{\text{h}} - 57.3 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 149.6 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Abzweig TS2:

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{V} \cdot \dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} = \frac{149.6 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 1.650 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}}{4.995 \frac{\text{kWh}}{\text{d}} + 1.650 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}} = 37.1 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a = 149.6 \frac{\text{l}}{\text{h}} - 37.1 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 112.4 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Abzweig TS3:

$$\dot{V}_a = \frac{\dot{V} \cdot \dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d} = \frac{112.4 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 1.620 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}}{3.150 \frac{\text{kWh}}{\text{d}} + 1.620 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}} = 38.2 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_d = \dot{V} - \dot{V}_a = 112.4 \frac{\text{l}}{\text{h}} - 38.2 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 74.2 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Die Werte können in einer Tabelle dargestellt werden:

Teilstrecke	$\dot{Q}_a$ [kWh/d]	$\dot{Q}_d$ [kWh/d]	$\dot{Q}_a + \dot{Q}_d$ [kWh/d]	$\dot{V}$ [l/h]	$\dot{V}_a$ [l/h]	$\dot{V}_d$ [l/h]
TS1	3.150	8.220	11.370	207	57.3	149.6
TS2	1.650	4.995	6.645	149.6	37.1	112.4
TS3	1.620	3.150	4.770	112.4	38.2	74.2

14.3.7.4 Berechnung der Druckverluste

Für die Berechnung der Druckverluste im Warmwasserverteilsystem werden die folgenden Werkstoffe und Nennweiten der Zirkulationsleitungen angenommen:

- Teilstrecke TS1: 15 mm Chromstahl
- Teilstrecken TS2 bis TS7: 16 mm Kunststoff PE-X
- Anteil der Druckverluste durch Einzelwiderstände: 1.2 (20 %)

Mithilfe der Druckverlusttabellen werden die R-Werte ermittelt. Beim Herauslesen des R-Werts aus der Druckverlusttabelle wird der Volumenstrom gewählt, der dem berechneten Volumenstrom am nächsten ist, unter Berücksichtigung der maximalen Strömungsgeschwindigkeit von 0.5 m/s.

Mit den R-Werten werden die Druckverluste in den Teilstrecken mithilfe der folgenden Formel berechnet:

$$\Delta p_L = R \cdot l \cdot a$$

Die Werte können in einer Tabelle dargestellt werden:

Teilstrecke	Nennweite [mm]	Werkstoff	l [m]	a [20 %]	l _{tot} [m]	V [l/h]	v [m/s]	R [hPa/m]	Δp _L [hPa]
TS1	15	Cr-Stahl	1.2	0.2	1.4	207	0.4	2.2	3.1
TS2	16	PE-X	10	2	12	149.6	0.4	2.1	25.2
TS3	16	PE-X	1.5	0.3	1.8	112.4	0.3	1.2	2.2
TS4	16	PE-X	21	4.2	25.2	74.2	0.2	0.6	15.1
TS5	16	PE-X	10.8	2.2	13	38.2	0.1	0.2	2.6
TS6	16	PE-X	11	2.2	13.2	37.1	0.1	0.2	2.6
TS7	16	PE-X	21	4.2	25.2	57.3	0.2	0.4	10.1

Durch Summierung werden die Druckverluste in den Strangen berechnet. Die Werte werden für die Einstellung der Betriebspunkte der Zirkulationsventile und bei der Auswahl der Zirkulationspumpe verwendet.

Die Werte können in einer Tabelle dargestellt werden:

Teilstrecke	Δp _L Strang 1 [hPa]	Δp _L Strang 2 [hPa]	Δp _L Strang 3 [hPa]	Δp _L Strang 4 [hPa]
TS1	3.1	3.1	3.1	3.1
TS2	25.2	25.2	25.2	—
TS3	2.2	2.2	—	—
TS4	15.1	—	—	—
TS5	—	2.6	—	—
TS6	—	—	2.6	—
TS7	—	—	—	10.1
Total	45.6	33.1	30.9	13.2

14.3.7.5 Berechnung des Förderdrucks der Zirkulationspumpe

Der Förderdruck der Zirkulationspumpe wird durch Summierung der Druckverluste im längsten Strang des Zirkulationssystems berechnet. Im vorliegenden Beispiel ist das der Strang 1. Dieser Strang weist den höchsten Druckverlust durch Rohrreibung und Einzelwiderstände auf. Für die Druckverluste des Rückflussverhinderers und des Zirkulationsventils werden typische Werte angenommen:

- Druckverlust Δp_L Strang 1: 45.6 hPa
- Druckverlust Δp_{RV} Rückflussverhinderer: 78 hPa
- Druckverlust Δp_{ZRV} Zirkulationsventil bei voller Öffnung: 2.8 hPa

Druckverluste durch Apparate sind im Beispiel nicht vorhanden: $\Delta p_{Ap} = 0$, somit wird der Förderdruck der Zirkulationspumpe

$$\Delta p_p = \Delta p_L + \Delta p_{RV} + \Delta p_{ZRV} = 45.6 \text{ hPa} + 78 \text{ hPa} + 2.8 \text{ hPa} = 126.4 \text{ hPa}$$

Lesebeispiel zum Leistungsdiagramm der Optipress-Aquaplust-Rückflussverhinderer 80189/81163:

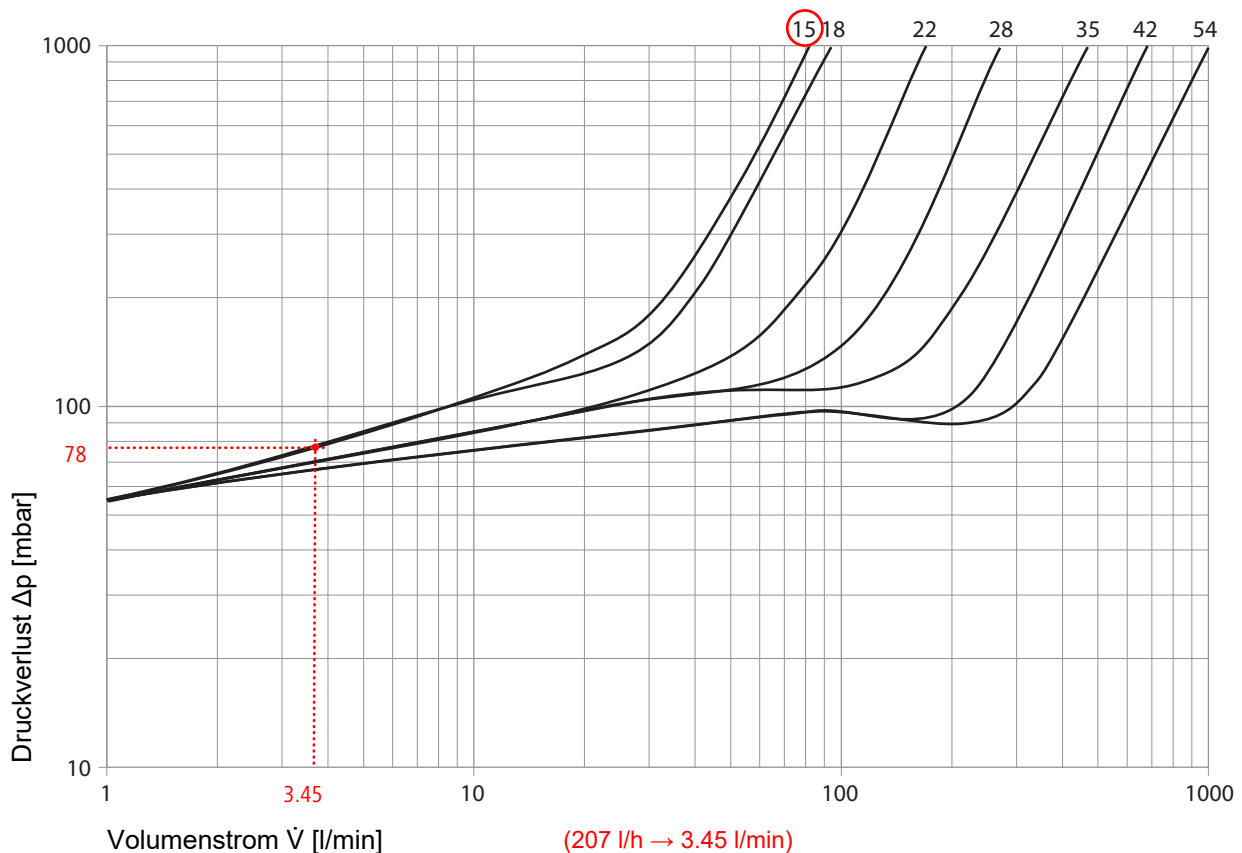


Abb. 40: Lesebeispiel zum Leistungsdiagramm der Optipress-Aquaplust-Rückflussverhinderer 80189/81163

Lesebeispiel zum Leistungsdiagramm des geregelten Zirkulationsventils 36010:

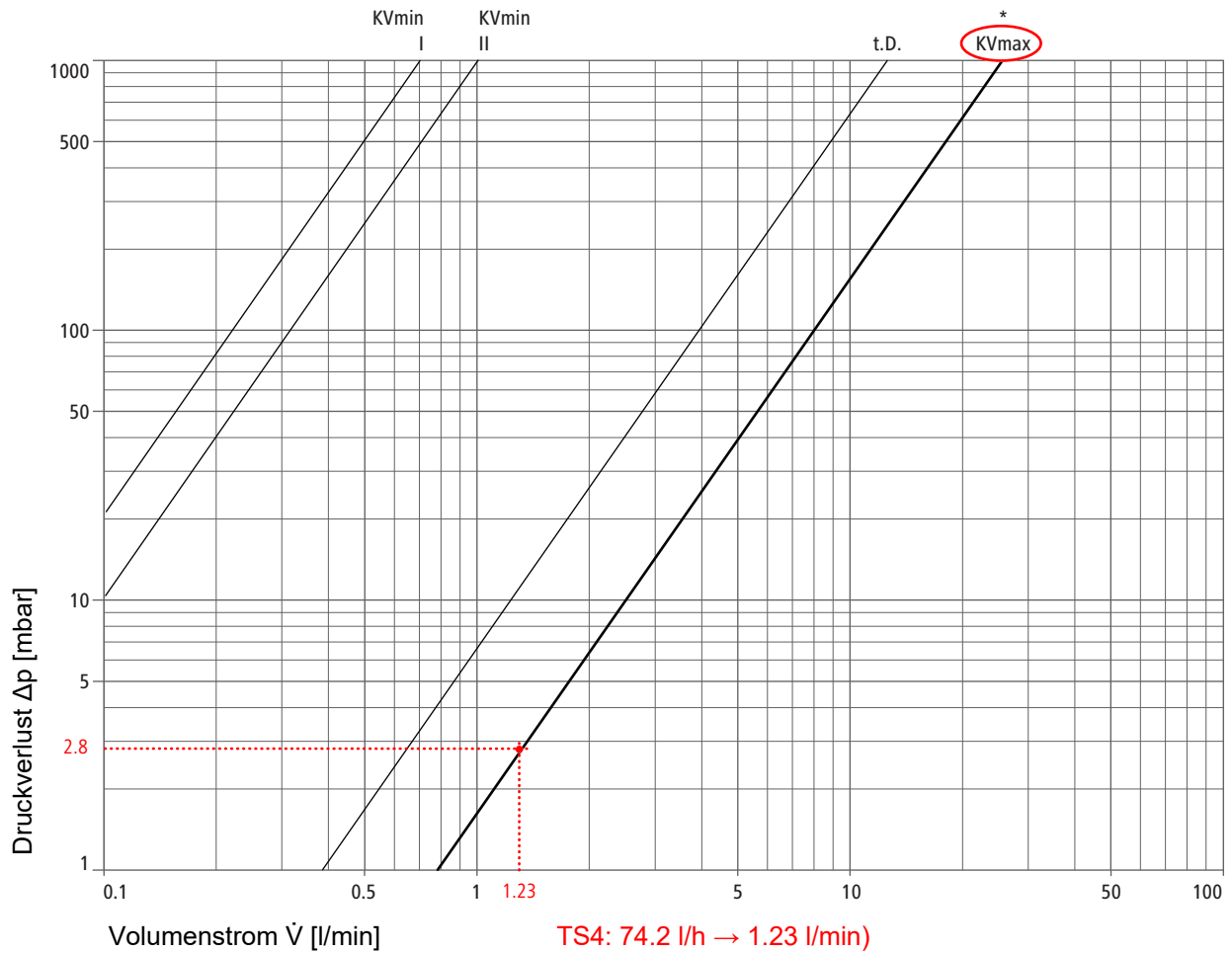


Abb. 41: Lesebeispiel zum Leistungsdiagramm des geregelten Zirkulationsventils 36010

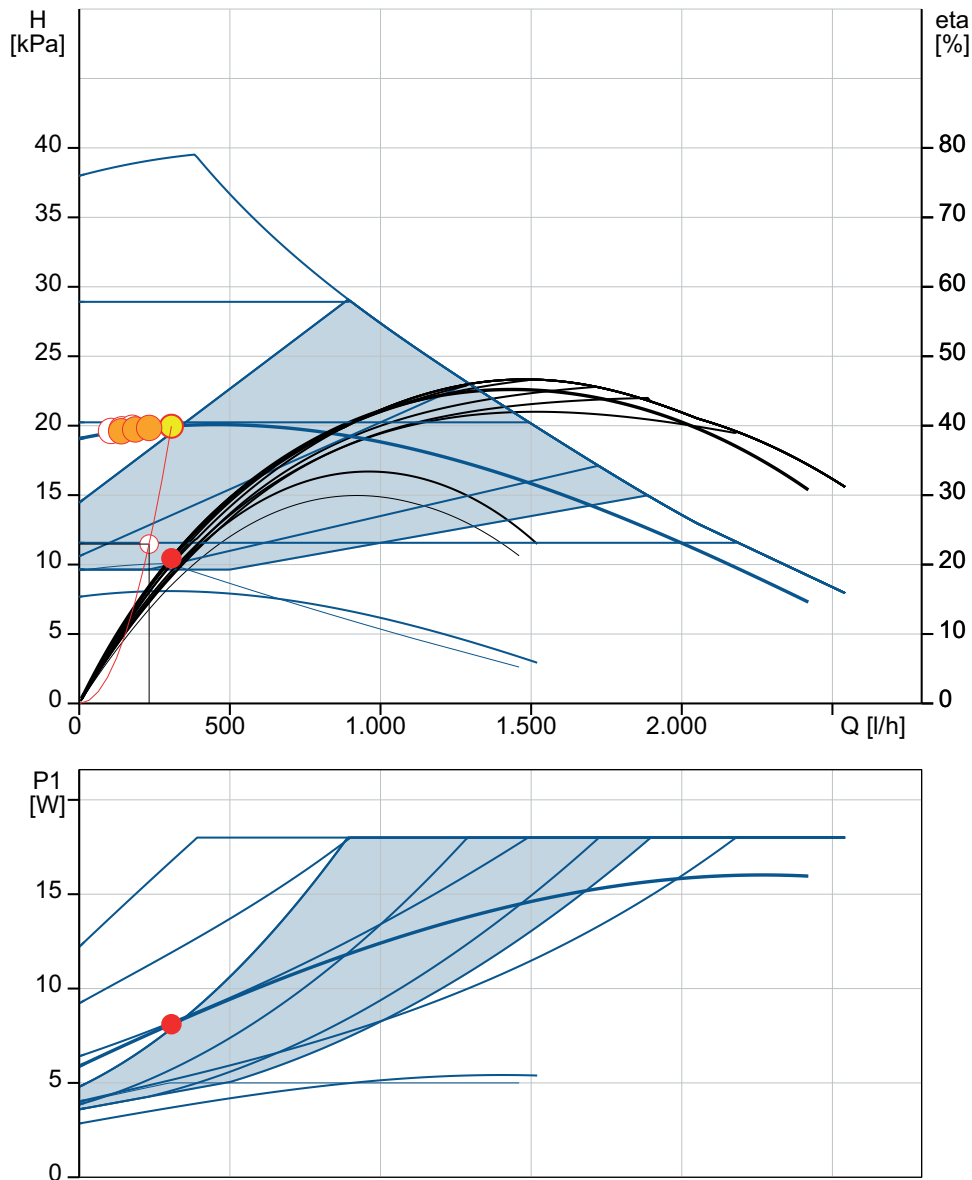
14.3.7.6 Auswahl der Zirkulationspumpe

Ausgehend von den berechneten Werten für den Förderstrom und den Förderdruck kann z. B. mit dem Berechnungstool des Herstellers Grundfos eine geeignete Zirkulationspumpe ausgewählt werden.

Die technischen Daten der ausgewählten Zirkulationspumpe:

- Pumpenvolumenstrom: 306 l/h
- Pumpendruckdifferenz: 19.96 kPa

Berechnungstool Grundfos:



Grundfos Alpha2 25-40 N 130
 Förderstrom: 306 l/h
 Förderdruck: 19.96 kPa
 Leistung: 8.11 W*
 * im Betriebspunkt
 Stromversorgung: 230 V/50, 60 Hz

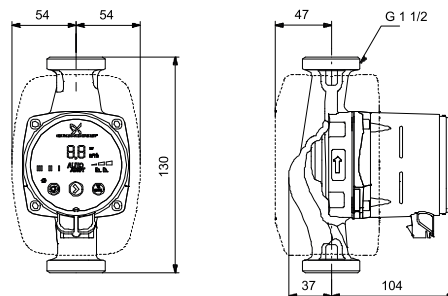


Abb. 42: Auswahl einer der Zirkulationspumpe mithilfe des Berechnungstools des Herstellers (Bilder: Grundfos)

14.3.7.7 Auslegung der Regulierventile

Die Regulierventile kompensieren die unterschiedlichen Druckverluste der Stränge und die Druckdifferenz zwischen dem berechneten Förderdruck und dem tatsächlichen Förderdruck der gewählten Zirkulationspumpe.

Die an einem Regulierventil abfallende Druckdifferenz Δp_D berechnet sich wie folgt:

$$\Delta p_D = \Delta p_P - \Delta p_L - \Delta p_{RV} - \Delta p_{ZRV}$$

Die berechneten Werte können in einer Tabelle dargestellt werden:

	mit berechnetem Förderdruck	mit Förderdruck der gewählten Zirkulationspumpe			
	Strang 1	Strang 1	Strang 2	Strang 3	Strang 4
	[hPa]	[hPa]	[hPa]	[hPa]	[hPa]
Δp_P	126.4	199.6	199.6	199.6	199.6
Δp_L	45.6	45.6	33.1	30.9	13.2
Δp_{RV}	78	78	78	78	78
Δp_{ZRV}	2.8	—	—	—	—
Δp_D	—	76.0	88.5	90.7	108.4

Die für die Bestimmung der Rohrleitungsdruckverluste berechneten Volumenströme sind in der folgenden Tabelle nochmals aufgeführt:

	Strang 1	Strang 2	Strang 3	Strang 4
Relevante Teilstrecke (mit dem Regulierventil)	TS4	TS5	TS6	TS7
Volumenstrom in der Teilstrecke [l/h] / [l/min]	74.2 / 1.23	38.2 / 0.64	37.1 / 0.62	57.3 / 0.95

Das Regulierventil 24025 wird an dieser Stelle des Auslegungsbeispiels verwendet*. Im Leistungsdiagramm des Regulierventils kann anhand der Werte für die Druckdifferenz Δp_D und für den Volumenstrom der für jeden Strang erforderliche Einstellwert herausgelesen werden, **Lesebeispiele** zum Leistungsdiagramm des Regulierventils 24025:

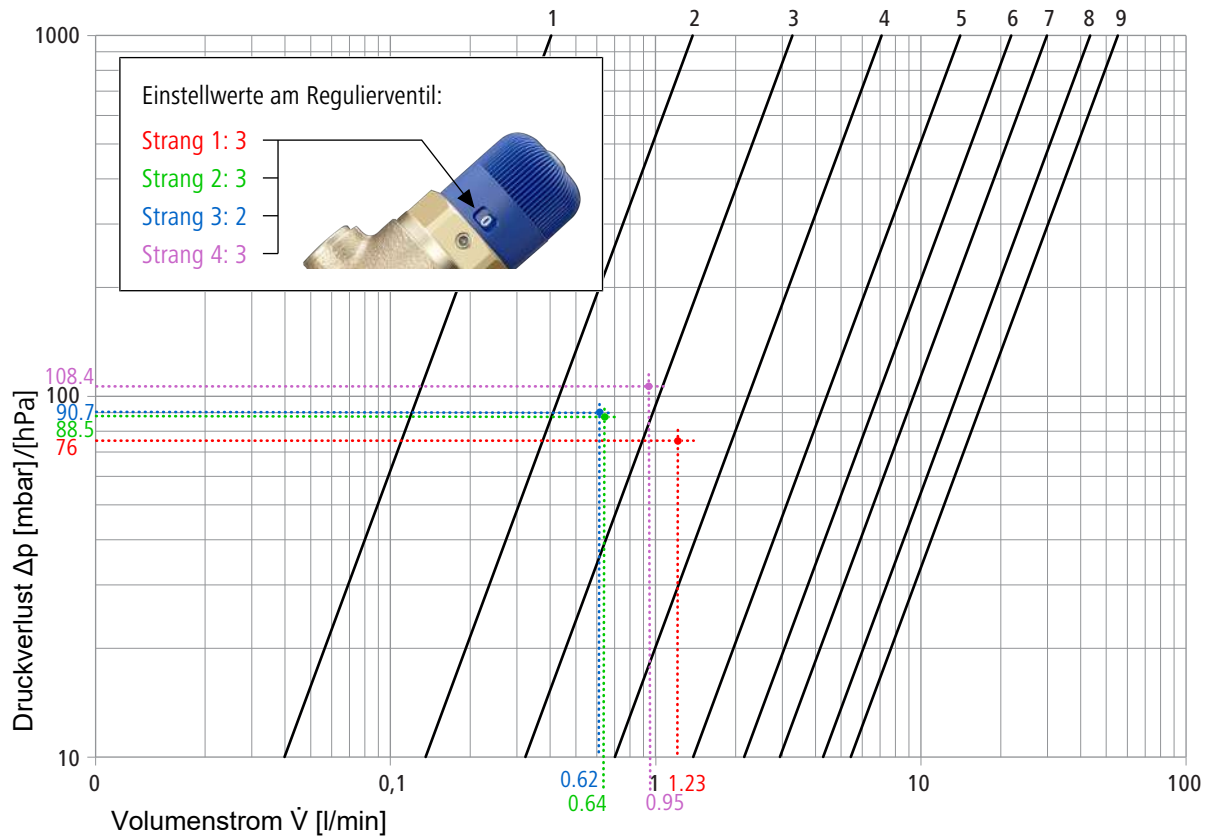


Abb. 43: Lesebeispiele zum Leistungsdiagramm des Regulierventils 24025

*Bei diesem Regulierventil ist der Druckverlust bei voller Öffnung Δp_{ZRV} um etwa 2 hPa höher als beim bisher im Auslegungsbeispiel verwendeten Zirkulationsventil 36010 (bei einem Volumenstrom im Strang 1 von 83.3 l/h). Der berechnete Förderdruck müsste also entsprechend höher sein. Diese Differenz wird hier jedoch vernachlässigt.

14.4 Ausstosszeiten

14.4.1 Berechnung der Ausstosszeit

Die Ausstosszeit ist die Zeitspanne, die vergeht, bis die Warmwassertemperatur von 40 °C an der Entnahmestelle erreicht ist. Geringe Ausstosszeiten entsprechen dem Komfortanspruch des Verbrauchers und sind im Interesse eines sparsamen Energieverbrauchs. Folgende Parameter beeinflussen die Ausstosszeit:

- Die Verlegetechnik der Warmwasserverteilung
- Die Anordnung der Sanitärapparate
- Die Rohrdimension und Leitungslänge
- Die Temperatur des Warmwassers
- Der Volumenstrom

Die maximal zulässigen Ausstosszeiten in einer Warmwasserversorgung sind durch Normen wie folgt festgelegt:

Sanitärapparat	Max. Ausstosszeit ohne Warmhaltung	Max. Ausstosszeit mit Warmhaltung
• Waschtisch, Spültisch, Handwaschbecken • Dusche • Badewanne • Ausguss • Bidet	15 s	10 s

Die Ausstosszeit t_{em} wird mit folgender Formel berechnet (SIA 385/2):

$$t_{em} = 2.00 \cdot \frac{V_{em}}{q_{v,W}}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
t_{em}	[s]	Ausstosszeit
V_{em}	[l]	Volumen der Ausstossleitung
$q_{v,W}$	[l/s]	Volumenstrom der Entnahmearmatur gemäss Vorgabe SIA 385/2

Die Formel setzt die folgenden Bedingungen in der Warmwasserversorgung voraus:

a) Volumenströme der Entnahmearmatur gemäss Vorgabe SIA 385/2

Entnahmearmatur	Volumenstrom $q_{v,W}$ [l/s]
Waschtisch, Handwaschbecken, Bidet	0.1
Dusche, Spültisch, Ausguss	0.2
Badewanne	0.3

b) Die Warmwassertemperatur am Eintritt in die Ausstossleitung beträgt 55 °C. Wenn die Eintrittstemperatur von diesem Wert abweicht, muss in der Formel anstelle von 2.00 ein Faktor gemäss folgender Tabelle verwendet werden:

Eintrittstemperatur [°C]	Faktor
60	1.93
55	2.00
50	2.12
45	2.39

Der Faktor berücksichtigt die Kalt- und Anwärmphase der Ausstosszeit.

Praktische Tabellen zur Bestimmung von Ausstosszeiten sind im Nussbaum Dokument «Dimensionierung von Rohrleitungssystemen» zu finden, Themenwelt 299.1.069.

14.4.2 Temperaturverlauf an einer Warmwasser-Entnahmestelle

Das folgende Diagramm zeigt den Verlauf der Warmwassertemperatur am Austritt einer Warmwasser-Entnahmestelle.

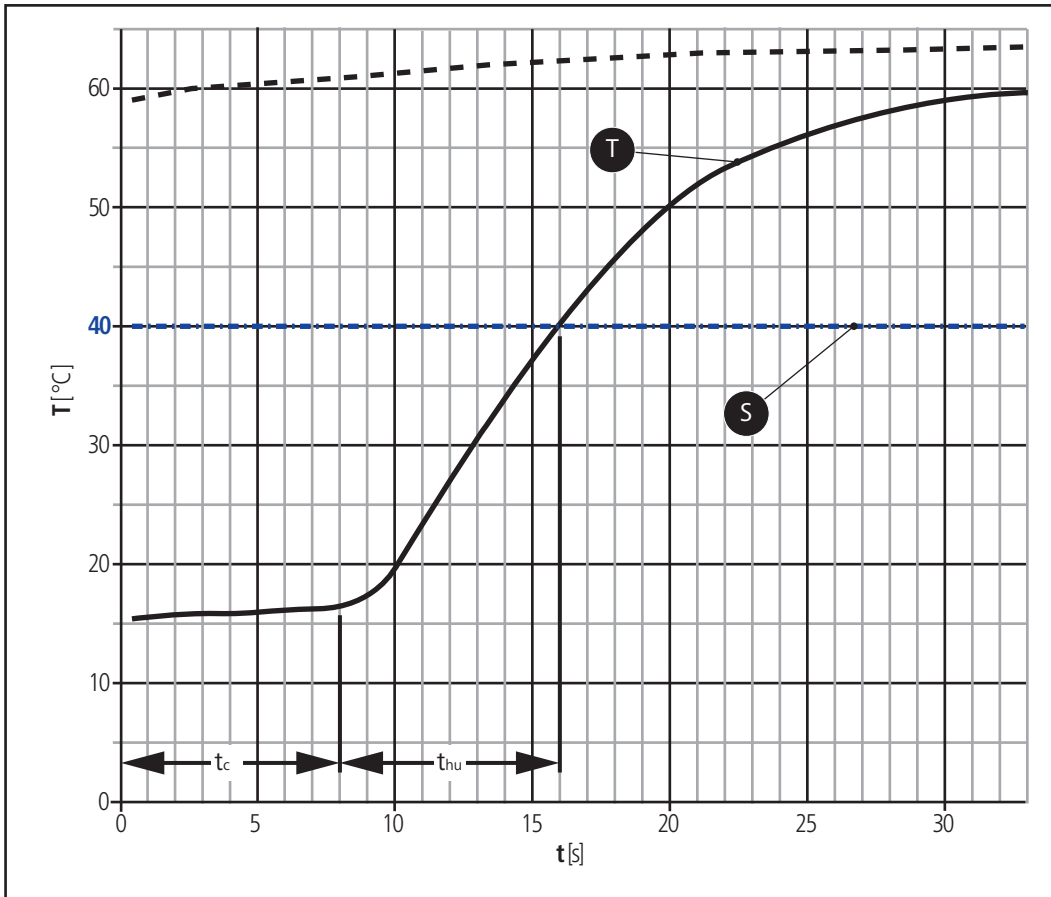


Abb. 44: Temperaturverlauf an einer Warmwasser-Entnahmestelle

t_c = Kaltphase: Die Wassertemperatur an der Entnahmestelle liegt in der Nähe der Umgebungstemperatur.

t_{hu} = Anwärmphase: Die Wassertemperatur an der Entnahmestelle steigt bis 40 °C.

T = Temperaturverlauf: Gemessene Temperatur an der Entnahmestelle für Optiflex-Rohre

S = Eigentliche Wasserentnahme: Nach der Ausstosszeit, d. h. nach Erreichen von 40 °C an der Entnahmestelle

14.4.3 Messung der Ausstosszeit

Die Messung der Ausstosszeiten an den Entnahmestellen ist eine Funktionsprüfung der Warmwasserversorgung. Zusätzlich zur Ausstosszeit muss der Volumenstrom der Entnahmearmatur und der Richtwert zur Eintrittstemperatur gemessen werden.

Messvoraussetzungen:

- Die Warmwasserversorgung weist eine Betriebsdauer von mindestens 2 Tagen auf.
- Keine Warmwasserentnahmen während 6 Stunden vor den Messungen.

Folgende Hilfsmittel sind erforderlich:

- Temperaturmessgerät mit Fühler und folgenden Eigenschaften verwenden:
 - Messbereich: 0 bis 80 °C
 - Ansprechzeit: < 0.3 s
- Messbecher (ca. 10 l)
- Stoppuhr

14.4.3.1 Ausstosszeit messen

Die Ausstosszeit ist das Zeitintervall zwischen der Öffnung der Entnahmearmatur und dem Erreichen der Temperatur von 40 °C. Die Messung der Temperatur wird bis zum Siebenfachen der gemessenen Ausstosszeit weitergeführt.

1. Den Temperaturmessfühler unterhalb des Strahlreglers an der Entnahmearmatur fixieren.
2. Die warmwasserseitige Entnahmearmatur vollständig öffnen und die Zeitmessung starten.

Der Messwert ist ein Indikator für die Warmwassertemperatur am Eintritt der Ausstossleitung.

14.4.3.2 Volumenstrom messen

1. Den Messbecher unter der Entnahmearmatur positionieren.
2. Die warmwasserseitige Entnahmearmatur vollständig öffnen und bei Erreichen eines frei gewählten Volumens die Zeit stoppen.
3. Anhand der Messzeit und des Volumens den Volumenstrom berechnen.

Wenn der gemessene Volumenstrom nicht mit den in der Norm SIA 385/2 geforderten Werten für Entnahmearmaturen übereinstimmt, muss die Auslegung der Ausstossleitung geprüft werden.

Die rechnerische Prüfung erfolgt durch eine Umrechnung der gemessenen Ausstosszeit mit der folgenden Formel:

$$t_{em,2} = \frac{t_{em,1} \cdot q_{v,W,em,1}}{q_{v,W}}$$

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
$t_{em,2}$	[s]	Umgerechnete Ausstosszeit
$t_{em,1}$	[l]	Gemessene Ausstosszeit
$q_{v,W,em,1}$	[l/s]	Gemessener Volumenstrom
$q_{v,W}$	[l/s]	Volumenstrom von Entnahmearmaturen gemäss SIA 385/2

Wenn die umgerechnete Ausgangszeit $t_{em,2}$ nicht grösser als der normativ geforderte Wert ist, d. h. 10 Sekunden bei warmgehaltenen bzw. 15 Sekunden bei nichtwarmgehaltenen Warmwasserleitungen, dann entspricht die Warmwasserversorgung der Auslegung. Die folgenden Massnahmen zur Reduzierung der Ausstosszeit sind dann möglich:

- Entnahmearmatur mit höherer Leistung einbauen
- Warmwassertemperatur erhöhen
- Druck erhöhen

Die Umrechnung berücksichtigt mögliche Druckverluste zwischen dem Anschlusspunkt und der Austrittsstelle der Entnahmearmatur, der z. B. durch einen Durchflussbegrenzer verursacht wird. Diese Druckverluste werden bei der Auslegung der Warmwasserversorgung aus praktischen Gründen oft nicht berechnet.

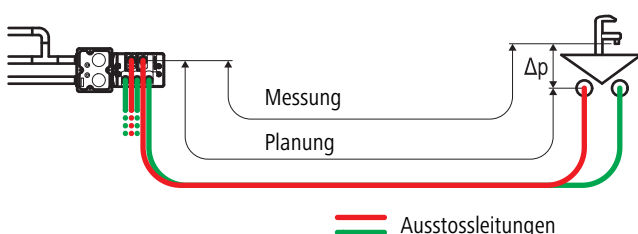


Abb. 45: Berechnete und gemessene Werte der Ausstosszeiten können aufgrund nicht berücksichtigter Druckverluste Δp voneinander abweichen.

15 Zulassungen und Bescheinigungen

15.1 SVGW-Zertifizierungsreglemente

Die SVGW-Zertifizierungsreglemente beschreiben die Anforderungen an die Prüfungen von Produkten und dienen als Grundlage für die Zertifizierung beim SVGW. Mit den Baumusterprüfungen wird der Nachweis der hygienischen Unbedenklichkeit von Werkstoffen in Kontakt mit Trinkwasser erbracht.

15.2 Energieverbrauchskennzeichnung (Energieetikette)

Die Energieverbrauchskennzeichnung unterstützt den Konsumenten bei der Kaufentscheidung von energierelevanten Produkten.

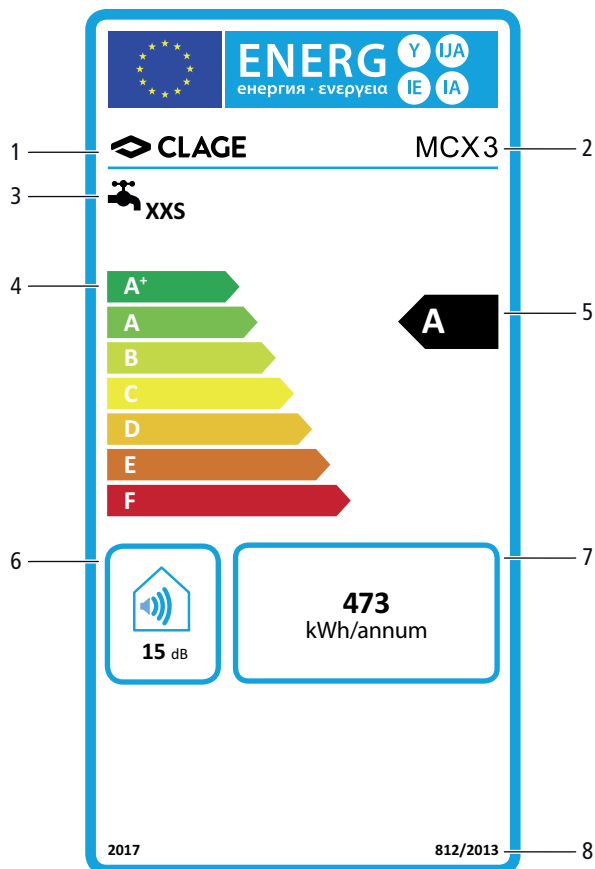


Abb. 46: Energieverbrauchskennzeichnung des Waschtisch-Durchlauferhitzers MCX 3

1	Hersteller
2	Modell
3	Funktion (z. B. Warmwasserbereitung)/Lastprofil (z. B. XXS)
4	Skala der Energieeffizienzklassen
5	Energieeffizienzklasse
6	Schallleistungspegel [dB]
7	Jährlicher Stromverbrauch [kWh]
8	EU-Verordnung

16 Nussbaum Lösungen

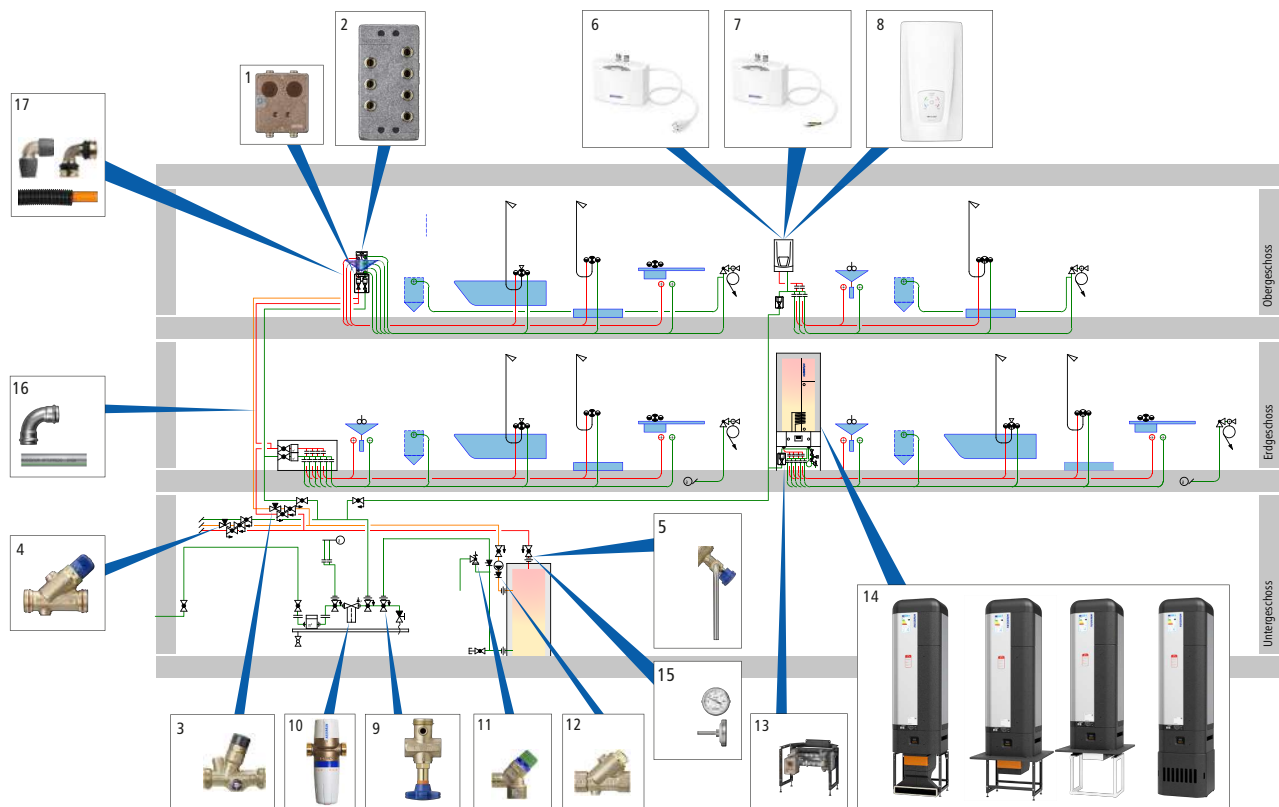


Abb. 47: Nussbaum Lösungen in Warmwasserversorgungen

1	Unterputz-Armaturenboxen	- Etagenarmatur zur Kaltwasser- und Warmwassertrennung bis auf die Etagenverteilung im Einzelzapfstellensystem - Verwendbar in verschiedenen Bausituationen - Übergänge zu Schnellkupplungen - Werkstoffe: Rotguss CC246E, Kunststoff Je nach Ausführung mit: - Absperrarmatur - Anschluss für Messkapsel Koax - Anschluss für Reduzierpatrone - Anschluss für Waschtisch
2	Optiflex-Verteilerboxen	- Etagenarmatur zu den Unterputz-Armaturenboxen - Steckabgänge und Schnellkupplungen - Werkstoffe: Rotguss CC246E, Kunststoff
3	Geregeltes Zirkulationsventil, 36010	- Initiale Einstellung auf hydraulischen Widerstand, der sich während des Betriebs automatisch an Temperaturänderungen anpasst. - Berechnung des Betriebspunkts erforderlich - Regelmässige Funktionskontrolle erforderlich
4	Regulierventil, 24025	- Einstellung auf festen hydraulischen Widerstand - Wirtschaftliche Lösung - Berechnung des Betriebspunkts erforderlich

5	Probenahmeventil, 22086	• Zur Probeentnahme von Trink-, Bade- und Schwimmbadwasser zwecks Ermittlung der chemischen und mikrobiologischen Parameter unter laborähnlichen Bedingungen. • Anschluss an die Entleeröffnungen von passenden Armaturen • 360° dreh- und montierbar
6	Waschtisch-Durchlauferhitzer, 67200.21	• Energieeffizienzklasse A • Für druckfeste und drucklose Armaturen • Nennleistung 3.5 kW • Durchflussleistung 2.0 l/min • Max. Temperaturerhöhung 25 °C • Netzanschluss 230 V, mit Stecker T23
7	Waschtisch-Durchlauferhitzer, 67201	• Energieeffizienzklasse A • Für druckfeste und drucklose Armaturen • Nennleistung 6.5 kW • Durchflussleistung 3.7 l/min • Max. Temperaturerhöhung 25 °C • Netzanschluss 400 V, ohne Stecker
8	Durchlauferhitzer, 67202.21	• Energieeffizienzklasse A • Für druckfeste und drucklose Armaturen • Nennleistung 11 / 13.5 kW • Durchflussleistung 5 l/min (35 bis 55 °C) • Max. Temperaturerhöhung 28 bis 38 °C • Netzanschluss 3 x 400 V
9	Optiarmatur-Absperrarmaturen	Die Kaltwasserleitung zum Wassererwärmer muss absperrbar sein. Die Absperrarmatur muss sich im gleichen Raum wie der Wassererwärmer befinden. • Für Wasser bis 90 °C • Mit Easy-Top-Oberteil • PN 16.0 • Werkstoffe: Rotguss CC246E, Kunststoffe
10	Optiarmatur-Druckreduzierventile	• Einstellbereich 2 bis 6 bar • Für Wasser bis 30 °C • Mit Manometer • Mit System-Anschlussverschraubungen, mit drehbaren Flanschanschlüssen • Werkstoffe: Rotguss CC246E, Kunststoffe
11	Sicherheitsventil, 13000	Für Wassererwärmer bis 90 °C Nur federbelastete Membransicherheitsventile dürfen eingesetzt werden. Das Sicherheitsventil ist so einzustellen, dass sein Ansprechdruck 100 kPa (1 bar) über dem Ruhedruck, d. h. dem reduzierten Druck in der Anschlussleitung liegt. Das Sicherheitsventil ist im Raum des Wassererwärmers und in dessen Nähe zu installieren. Zwischen dem Sicherheitsventil und dem zu schützenden Apparat darf kein Absperrorgan eingebaut werden.

12	Rückflussverhinderer, 15101	Für Wassererwärmer bis 90 °C Der Rückflussverhinderer muss in Fließrichtung vor dem Sicherheitsventil und nahe beim Wassererwärmer eingebaut sein. Der Rückflussverhinderer muss gut zugänglich, leicht demontierbar und zu Prüfzwecken mit einem Prüfstutzen versehen sein.
13	Armatureneinheiten, 68080	Die Armatureneinheiten erweitern die Funktionalität des Wärmepumpen-Wassererwärmers Aquapro-Ecotherma mit einer integrierten Etagenverteilung. Armatureneinheit 68080.22 • Kalt- und Warmwasserverteilung • Unterputz-Armaturenbox Einzelausführung kompakt 70101, für Koax • Sicherheitsgruppe 33082, ohne Steckabgänge Armatureneinheit 68080.24 • Warmwasserverteilung • Unterputz-Armaturenbox Einzelausführung kompakt 70101, für Koax • Sicherheitsgruppe 33082, ohne Steckabgänge
14	Wärmepumpen-Wassererwärmer Aquapro-Ecotherma, 68000	Der Wärmepumpen-Wassererwärmer Aquapro-Ecotherma ist ein elektronisch geregelter Speicher-Wassererwärmer zur dezentralen Warmwasserversorgung in Trinkwasserinstallationen ohne Warmwasserzirkulation. Das Gerät nutzt zur Trinkwassererwärmung die Raumwärme am Aufstellort mittels einer Luft/Wasser-Wärmepumpe. • Energieeffizienzklasse A+ • Max. Trinkwarmwassertemperatur 65 °C • Zapfprofil L (SIA 380/1; EN 16147) Gerätetypen: • Gerät 68010.21, für Schrankeinbau • Gerät 68020.21, Austauschgerät für Schrankeinbau, mit Unterbau • Gerät 68020.22, Austauschgerät für Schrankeinbau, für Fremdgestelle • Gerät 68030, für die freistehende Aufstellung
15	Thermometer	Je nach Ausführung: • passend zu geregelter Zirkulationsventil • passend zu Schrägsitzventilen mit Probenahmeventil • Anzeigebereiche von 0 bis 120 °C
16	Optipress-Aquaplast	System mit Edelstahlrohren und Pressfittings aus bleifreiem Rotguss oder aus Edelstahl sind ausgelegt und zugelassen für die Erstellung von Trinkwasserinstallationen nach der SVGW-Richtlinie W3 mit einer maximal zulässigen Dauerbelastung von 95 °C und 16 bar.
17	Optiflex	Optiflex-Rohrleitungssysteme sind ausgelegt und zugelassen für die Erstellung von Trinkwasserinstallationen nach der SVGW-Richtlinie W3 mit einer maximal zulässigen Dauerbelastung von 70 °C und 10 bar. Darunter fällt auch enthärtetes Kalt- und Warmwasser.

17 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

Ausstossleitung

Warmwasserleitung, die zu einer Entnahmestelle führt.

Bereitschaftsvolumen

Das Teilvolumen eines Speichers, das nach einer Beladung auf Solltemperatur für die Nutzung zur Verfügung steht. Das Bereitschaftsvolumen besteht aus dem Spitzendeckungs- und dem Steuerungsvolumen.

Betriebswasser

Wasser für technische Anwendungen in Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft ohne besondere hygienische Anforderungen.

Biofilm

Von Keimen besiedelte Ablagerung von organischen Stoffen in Rohrleitungen und Behältern, die regelmässig von Trinkwasser durchströmt werden. Stabile Biofilme bilden keine Gefahr, solange sie aus Stoffen und Mikroorganismen bestehen, die natürlich im Trinkwasser vorkommen.

Druckfeste Installation

Die Trinkwasserinstallation ist gegenüber der Atmosphäre geschlossen. Der Druck ist höher als der Druck der Atmosphäre. Die druckfeste Installation wird bei zentraler Versorgung von mehreren Entnahmestellen verwendet, kann aber auch zur Versorgung von einer einzelnen Entnahmestelle eingesetzt werden.

Drucklose Installation

Die Trinkwasserinstallation ist über eine Öffnung mit der Atmosphäre verbunden. Nur der Druck einer Wassersäule ist wirksam. Die drucklose Installation wird nur zur Versorgung von einer einzelnen Entnahmestelle eingesetzt.

Fluid

Flüssiger oder gasförmiger Stoff

Gegenstromprinzip

In einem Wärmeübertrager, der nach dem Gegenstromprinzip funktioniert, fliessen die Stoffströme in entgegengesetzter Richtung aneinander vorbei. Dies führt zu grösseren Temperaturunterschieden zwischen den Stoffströmen und damit zu einer Steigerung des Wirkungsgrads bei der Wärmeübertragung.

Gegenstromzirkulation

Durch Konvektion verursachte Strömungen in Rohrleitungen. Gegenstromzirkulationen können zu Wärmeverlusten führen.

Installationswand

Wand für gebäudetechnische Installationen, in welcher die Steigleitungen integriert sind.

Jahresarbeitszahl

Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist gleich dem Verhältnis von Wärmeleistung zu elektrischer Leistungsaufnahme, wobei beide Werte sich auf ein volles Betriebsjahr beziehen. Weitere Informationen zur Berechnung der Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe sind in der VDI-Richtlinie 4650 zu finden.

Kaltwasser

Trinkwasser mit einer Temperatur von maximal 25 °C.

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.

Legionellen

Bakterien, die im Wasser vorkommen können. Das Trinken von legionellenhaltigem Wasser stellt keine Gefahr für die Gesundheit dar. Wenn jedoch die Bakterien über Aerosole (z. B. mit dem Wassernebel beim Duschen) eingeatmet werden, können sie die Legionärskrankheit verursachen; eine Form der Lungenentzündung, die unbehandelt zum Tod führen kann.

Leistungszahl COP

Die Leistungszahl COP (Coefficient of performance) einer Wärmepumpe ist gleich dem Verhältnis von Wärmeleistung zu elektrischer Leistungsaufnahme bei einem Betriebspunkt (Momentanwert).

Schacht

Senkrechter, über die Stockwerke verlaufender Hohlraum in einem Gebäude zur Aufnahme von Verteilleitungen.

Schachtausflockung

Befüllung eines Schachts mit einem Füllmaterial. Das Füllmaterial dient zur Reduktion der Übertragung von Schallwellen und als Brandschutz. Der Brandschutz wird durch die flammhemmenden Eigenschaften des Füllmaterials erreicht.

Solarkonstante

Mittelwert der Bestrahlungsstärke der senkrecht auf die Erde treffenden Sonneneinstrahlung ohne Berücksichtigung von atmosphärischen Einflüssen. Die Solarkonstante beträgt nach aktuellen Messungen 1361 W/m².

Spitzendeckungsvolumen

Das Teilvolumen des Speichers, das die Verfügbarkeit von Warmwasser während der Verbrauchsspitzen sicherstellt.

Steigleitung

Vertikale Leitung von der Verteilbatterie zu einer Stockwerkverteilung oder zu einer Ausstossleitung (SVGW W3:2013).

Steigzone

Vertikale Leitungsführung in einem Schacht oder in einer Installationswand.

Steuervolumen

Das Teilvolumen des Speichers, dessen Temperatur die Nachladung des Speichers steuert.

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.

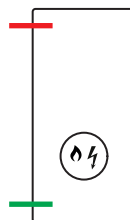
Thermische Trennung

Wärmedämmende Trennwand zur Verhinderung des Wärmeaustauschs von Rohrleitungen mit unterschiedlicher Temperatur.

Trinkwasser

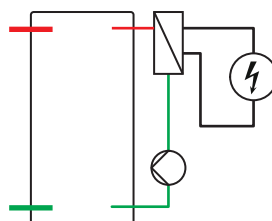
Trinkwasser ist Süßwasser, das entsprechend der gesetzlichen Grundlagen für den menschlichen Bedarf geeignet ist, insbesondere zum Trinken und zur Speisezubereitung, aber auch zur Körperpflege und Hygiene.

Trinkwassererwärmung, direkte



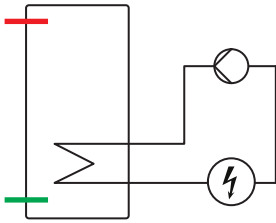
Bei der direkten Trinkwassererwärmung erfolgt die Energieumwandlung in Wärmeenergie im Wassererwärmer durch eine Widerstands- oder durch eine Gasheizung.

Trinkwassererwärmung, indirekte, mit aussenliegendem Wärmeübertrager



Bei der indirekten Trinkwassererwärmung wird das Trinkwasser von einem Wärmeträgermedium, z. B. Heizungswasser oder das Kältemittel einer Wärmepumpe, erwärmt. Die Übertragung der Wärme erfolgt durch einen Wärmeübertrager, der sich ausserhalb des Wassererwärmers befindet.

Trinkwassererwärmung, indirekte, mit innenliegendem Wärmeübertrager



Bei der indirekten Trinkwassererwärmung wird das Trinkwasser von einem Wärmeträgermedium, z. B. Heizungswasser oder das Kältemittel einer Wärmepumpe, erwärmt. Die Übertragung der Wärme erfolgt durch einen Wärmeübertrager, der sich innerhalb des Wassererwärmers befindet.

Umwandlungsenergie

Energie, die zur Änderung des Aggregatzustands eines Stoffs erforderlich ist.

Verteilleitung

Horizontale oder vertikale Leitung von der Verteilbatterie zu einer Stockwerkverteilung oder zu einer Ausstossleitung (SVGW W3:2013).

Wärme

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

Warmwasser

Auf maximal 65 °C erwärmtes Trinkwasser mit mindestens 50 °C an der Entnahmestelle (SIA 385/1).

Anhang

Lesebeispiele zu logarithmischen Skalen

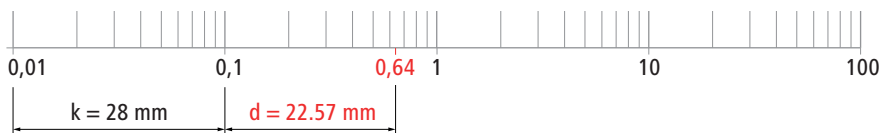
Um einen Wert zwischen den Skalenstrichen in einer logarithmischen Skala möglichst genau herauszulesen oder einzuzeichnen, muss man kurz zum Taschenrechner greifen. Mit der folgenden Formel kann der Abstand d zwischen den Werten x_1 und x_2 auf einer logarithmischen Skala berechnet werden:

$$d = k \cdot \log \frac{x_2}{x_1}$$

Der Faktor k ist der Abstand zwischen zwei Zehnerpotenzen. Er wird mit einem Massstab aus der Skala herausgemessen. Als Wert für x_1 wird praktischerweise die vom Wert x_2 nächstniedrige Zehnerpotenz verwendet. Die Formel gilt nur für logarithmischen Skalen mit der Basis 10.

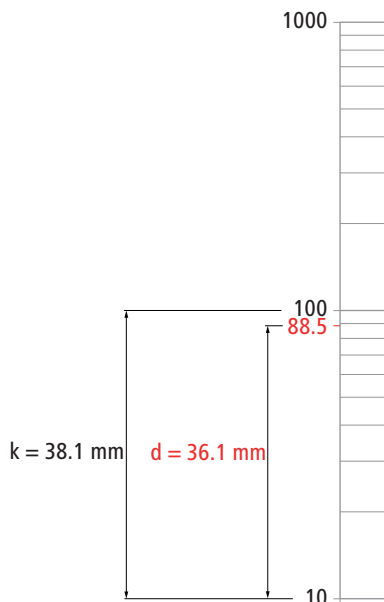
Beispiel 1: Der Wert 0.64 (x_2) soll in der folgenden Skala eingezeichnet werden. Für k wird 28 mm herausgemessen. Der Wert für x_1 ist die von x_2 nächstniedrige Zehnerpotenz: 0.1 (10^{-1}). Der Abstand d wird somit

$$d = 28 \text{ mm} \cdot \log \frac{0.64}{0.1} = 22.57 \text{ mm}$$



Beispiel 2 (vertikale Achse in logarithmischen Diagrammen): Der Wert 88.5 (y_2) soll in der folgenden Skala eingezeichnet werden. Für k wird 38.1 mm herausgemessen. Der Wert für y_1 ist die von y_2 nächstniedrige Zehnerpotenz: 10 (10^1). Der Abstand d wird somit

$$d = 38.1 \text{ mm} \cdot \log \frac{88.5}{10} = 36.1 \text{ mm}$$



Druckverlusttabelle Optipress-Rohre

Volumenstrom [l/h]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
10	0.0	0.0
20	0.0	0.0
30	0.1	0.1
40	0.1	0.1
50	0.1	0.2
60	0.1	0.2
70	0.1	0.3
80	0.2	0.4
90	0.2	0.5
100	0.2	0.6
110	0.2	0.7
120	0.3	0.8
130	0.3	1.0
140	0.3	1.1
150	0.3	1.2
160	0.3	1.4
170	0.4	1.5
180	0.4	1.7
190	0.4	1.9
200	0.4	2.0
210	0.4	2.2
220	0.5	2.4
230	0.5	2.6
240	0.5	2.8
250	0.5	3.0
260	0.5	3.2
270	0.6	3.4
280	0.6	3.7
290	0.6	3.9
300	0.6	4.1
310	0.6	4.4
320	0.7	4.6
330	0.7	4.9
340	0.7	5.1
350	0.7	5.4
360	0.8	5.7
370	0.8	5.9
380	0.8	6.2
390	0.8	6.5
400	0.8	6.8
410	0.9	7.1
420	0.9	7.4
430	0.9	7.7
440	0.9	8.1

Volumenstrom [l/h]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
450	0.9	8.4
460	1.0	8.7
470	1.0	9.0
480	1.0	9.4
490	1.0	9.7
500	1.0	10.1

Tab. 15: R-Werte für Optipress-Rohre Ø15 × 1.0 mm

Volumenstrom [l/h]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
10	0.0	0.0
20	0.0	0.0
30	0.0	0.0
40	0.1	0.0
50	0.1	0.1
60	0.1	0.1
70	0.1	0.1
80	0.1	0.2
90	0.1	0.2
100	0.1	0.2
110	0.2	0.3
120	0.2	0.3
130	0.2	0.4
140	0.2	0.4
150	0.2	0.5
160	0.2	0.5
170	0.2	0.6
180	0.2	0.6
190	0.3	0.7
200	0.3	0.8
210	0.3	0.8
220	0.3	0.9
230	0.3	1.0
240	0.3	1.0
250	0.3	1.1
260	0.4	1.2
270	0.4	1.3
280	0.4	1.4
290	0.4	1.4
300	0.4	1.5
310	0.4	1.6
320	0.4	1.7
330	0.5	1.8
340	0.5	1.9
350	0.5	2.0
360	0.5	2.1
370	0.5	2.2
380	0.5	2.3

Volumenstrom [l/h]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
390	0.5	2.4
400	0.6	2.5
410	0.6	2.7
420	0.6	2.8
430	0.6	2.9
440	0.6	3.0
450	0.6	3.1
460	0.6	3.2
470	0.6	3.4
480	0.7	3.5
490	0.7	3.6
500	0.7	3.8

Tab. 16: R-Werte für Optipress-Rohre Ø18 × 1.0 mm

Volumenstrom [l/h]	Fließgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
10	0.0	0.0
20	0.0	0.0
30	0.0	0.0
40	0.0	0.0
50	0.0	0.0
60	0.1	0.0
70	0.1	0.0
80	0.1	0.1
90	0.1	0.1
100	0.1	0.1
110	0.1	0.1
120	0.1	0.1
130	0.1	0.1
140	0.1	0.2
150	0.1	0.2
160	0.1	0.2
170	0.2	0.2
180	0.2	0.2
190	0.2	0.3
200	0.2	0.3
210	0.2	0.3
220	0.2	0.3
230	0.2	0.4
240	0.2	0.4
250	0.2	0.4
260	0.2	0.5
270	0.2	0.5
280	0.3	0.5
290	0.3	0.6
300	0.3	0.6
310	0.3	0.6
320	0.3	0.7

Volumenstrom [l/h]	Fliessgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
330	0.3	0.7
340	0.3	0.7
350	0.3	0.8
360	0.3	0.8
370	0.3	0.8
380	0.4	0.9
390	0.4	0.9
400	0.4	1.0
410	0.4	1.0
420	0.4	1.1
430	0.4	1.1
440	0.4	1.1
450	0.4	1.2
460	0.4	1.2
470	0.4	1.3
480	0.4	1.3
490	0.5	1.4
500	0.5	1.4

Tab. 17: R-Werte für Optipress-Rohre Ø22 × 1.2 mm

Druckverlusttabelle Optiflex-Rohre

Volumenstrom [l/h]	Fliessgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
10	0.1	0.1
20	0.1	0.3
30	0.2	0.6
40	0.2	1.0
50	0.3	1.4
60	0.3	2.0
70	0.4	2.6
80	0.4	3.2
90	0.5	4.0
100	0.5	4.8
110	0.6	5.7
120	0.6	6.6
130	0.7	7.6
140	0.7	8.6
150	0.8	9.8
160	0.8	10.9
170	0.9	12.1
180	0.9	13.4
190	1.0	14.8
200	1.0	16.1
210	1.1	17.6
220	1.1	19.1
230	1.2	20.6
240	1.2	22.2

Volumenstrom [l/h]	Fliessgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
250	1.3	23.8
260	1.3	25.5
270	1.4	27.3
280	1.4	29.1
290	1.5	30.9
300	1.5	32.8
310	1.6	34.7
320	1.6	36.7
330	1.7	38.8
340	1.7	40.8
350	1.8	43.0
360	1.8	45.1
370	1.9	47.4
380	1.9	49.6
390	2.0	51.9
400	2.0	54.3
410	2.1	56.7
420	2.1	59.1
430	2.2	61.6
440	2.2	64.1
450	2.3	66.7
460	2.3	69.3
470	2.4	72.0
480	2.4	74.7
490	2.5	77.4
500	2.5	80.2

Tab. 18: R-Werte für Optiflex-Rohre PE-RT Ø16 × 3.8 mm

Volumenstrom [l/h]	Fliessgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
10	0.0	0.0
20	0.1	0.1
30	0.1	0.1
40	0.1	0.2
50	0.1	0.3
60	0.2	0.4
70	0.2	0.6
80	0.2	0.7
90	0.2	0.9
100	0.3	1.0
110	0.3	1.2
120	0.3	1.4
130	0.3	1.6
140	0.4	1.9
150	0.4	2.1
160	0.4	2.4
170	0.4	2.6
180	0.5	2.9

Volumenstrom [l/h]	Fliessgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
190	0.5	3.2
200	0.5	3.5
210	0.6	3.8
220	0.6	4.1
230	0.6	4.4
240	0.6	4.8
250	0.7	5.1
260	0.7	5.5
270	0.7	5.9
280	0.7	6.3
290	0.8	6.7
300	0.8	7.1
310	0.8	7.5
320	0.8	7.9
330	0.9	8.4
340	0.9	8.8
350	0.9	9.3
360	0.9	9.7
370	1.0	10.2
380	1.0	10.7
390	1.0	11.2
400	1.1	11.7
410	1.1	12.2
420	1.1	12.8
430	1.1	13.3
440	1.2	13.8
450	1.2	14.4
460	1.2	15.0
470	1.2	15.5
480	1.3	16.1
490	1.3	16.7
500	1.3	17.3

Tab. 19: R-Werte für Optiflex-Rohre PE-Xc/PB/Flowpress Ø16 × 2.2 mm

Volumenstrom [l/h]	Fliessgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
10	0.0	0.0
20	0.0	0.0
30	0.1	0.0
40	0.1	0.1
50	0.1	0.1
60	0.1	0.2
70	0.1	0.2
80	0.1	0.3
90	0.2	0.3
100	0.2	0.4
110	0.2	0.4
120	0.2	0.5

Volumenstrom [l/h]	Fliessgeschwindigkeit [m/s]	R-Wert [mbar/m]
130	0.2	0.6
140	0.2	0.7
150	0.3	0.8
160	0.3	0.8
170	0.3	0.9
180	0.3	1.0
190	0.3	1.1
200	0.3	1.2
210	0.4	1.4
220	0.4	1.5
230	0.4	1.6
240	0.4	1.7
250	0.4	1.8
260	0.4	2.0
270	0.5	2.1
280	0.5	2.2
290	0.5	2.4
300	0.5	2.5
310	0.5	2.7
320	0.5	2.8
330	0.6	3.0
340	0.6	3.2
350	0.6	3.3
360	0.6	3.5
370	0.6	3.7
380	0.6	3.8
390	0.7	4.0
400	0.7	4.2
410	0.7	4.4
420	0.7	4.6
430	0.7	4.8
440	0.8	5.0
450	0.8	5.2
460	0.8	5.4
470	0.8	5.6
480	0.8	5.8
490	0.8	6.0
500	0.9	6.2

Tab. 20: R-Werte für Optiflex-Rohre PE-Xc/PB/Flowpress Ø20 × 2.8 mm

Quellenverzeichnis

- Blickle S. et al.: Installations- und Heizungstechnik 6. Auflage. Europa Lehrmittel Verlag Haan-Gruiten. 2017
- Bonin J.: Handbuch Wärmepumpen. Beuth Praxis. 2016
- Deutsche Vortex GmbH & Co.: Technische Information – Trinkwasserzirkulation mit der BWO 155 Baureihe
- DIN 1988-300:2012-05: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 300: Ermittlung der Rohrdurchmesser
- Niederer D.: Warmwasserversorgung – Fachbuch für die Gebäudetechnik. suisstec
- Nvent Raychem®: Handbuch für Wartung und Montage – Selbstregelnde und leistungsbegrenzende Heizbandsysteme
- Lerch M.: Lehrgang Wasser. suissetec. Auflage 2013
- Ryan O.: R. Nussbaum AG – Thermische Simulation Steigleitungsschacht. AeroFEM. 02.2022
- SIA 385/1:2020 Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen
- SIA 385/2:2015 Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden – Warmwasserbedarf, Gesamtanforderungen und Auslegung
- SN EN 16147: Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern – Prüfungen, Leistungsbemessung und Anforderungen an die Kennzeichnung von Geräten zum Erwärmen von Brauchwarmwasser. Ausgabe 2017-06
- suissetec: Merkblatt, Technische Dämmung in der Gebäudetechnik. Juli 2023
- suissetec: Sanitärberechnungen – kurz & bündig. 9. und korrigierte Auflage 2022
- SVGW W3 Richtlinie für Trinkwasserinstallationen. 2013
- SVGW W3/E3 d Richtlinie für Hygiene in Trinkwasserinstallationen. 2020

