



MINOL PRAXISRATGEBER ZUM EINBAU VON WÄRME- UND KÄLTEZÄHLERN

Fachinformationen für
Fachplaner und Heizungsmonteur

5. Auflage



Minol Praxisratgeber zum Einbau von Wärme- und Kältezählern

Praxisbezogener Ratgeber unter Berücksichtigung von Anforderungen der Technischen Richtlinien der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) K8 (12/2014) und K9 (12/2014) sowie der DIN EN 1434-6 (2023).

© Minol Messtechnik W. Lehmann GmbH & Co. KG

5. Auflage, Februar 2023

Autor: Ronny Woschick

Minol Messtechnik
W. Lehmann GmbH & Co. KG
Abteilung Kompetenzzentrum Technik: Beratung/Planung
Nikolaus-Otto-Straße 25
70771 Leinfelden-Echterdingen

Telefon +49 711 94 91 - 0
Telefax +49 711 94 91 - 237
info@minol.com
minol.de

Alle Rechte vorbehalten. Der Nachdruck, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Der urheberrechtliche Schutz umfasst sowohl den gesamten Text als auch alle Bilder und Zeichnungen.

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind, zu welchem Zweck und in welcher Form auch immer, ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch Minol Messtechnik W. Lehmann GmbH & Co. KG nicht gestattet.

Vorwort

Dieser Praxisratgeber in nunmehr 5. Auflage unterstützt Fachplaner und Heizungsmonteur, die Anforderungen an den korrekten Einbau von Wärme- und Kältezählern fachgerecht umzusetzen. Mit Informationen zu Besonderheiten bei der Anordnung von Durchflusssensoren im Bereich von Pumpen, Absperrventilen und Hochpunkten im Rohrleitungssystem, Empfehlungen zur Ausführung der Rohr-Isolierung/ Dämmung im Bereich von Messstrecken sowie zu Fragen der Messausstattung in Heizungsanlagen mit Einbindung von Wärmepumpen und Brennstoffzellen ergänzt sich die Ausgabe um aktuelle Themen.

Durch einfache und verständliche Grafiken und Bilder erfolgt die Darstellung der fehlerfreien Positionierung der Zählerkomponenten im hydraulischen System.

Umfassende Informationen verweisen zudem auf gültige technische Regeln sowie gerätespezifische Montagevorschriften. In diesem Zusammenhang wird empfohlen, sowohl in der Planungsphase als auch in der späteren Installationsausführung alle Vorgaben der technischen Richtlinie K9 der PTB einzuhalten. Diese Richtlinie ist eine technische Regel nach dem Mess- und Eichgesetz (MessEG) und ermöglicht bei exakter Umsetzung eichrechtlich abgesicherte Messungen. Erinnert wird daran, dass die Vorgabe, für bestimmte Wärme- und Kältezählergrößen eine direkttauchende Temperaturmessung ohne Tauchhülse zu installieren, bereits seit 2015 für alle Zählergrößen $\leq q_p 6 \text{ m}^3/\text{h}$ gilt.

Immer häufiger werden erhebliche Abweichungen zwischen der gelieferten Gesamtheizenergie des Energieversorgers und der Summe der im Gebäude über alle Wärmezähler gemessenen Heizenergie moniert. Unterschiede zwischen den Verbrauchsmesswerten sind grundsätzlich erst einmal unvermeidbar und lassen sich fachlich fundiert erklären. Ist dies jedoch nicht abschließend möglich, stehen die Messstellen für Wärmezähler auf dem Prüfstand. Der Eindruck eines „schlechten“ oder nicht plausiblen Jahresnutzungsgrades einer Heizungsanlage und damit die Nichteinhaltung der zugesicherten Leistungen werden dann schnell dem Planer/Heizungsmonteur angelastet. Da eine Abrechnung der Energiekosten mit fehlerhaften Messwerten nicht zulässig und damit rechtlich anfechtbar ist, sind Regressforderungen ein Problem. Spätestens zu diesem Zeitpunkt ist es wichtig, die korrekte bauliche Ausführung der Messstrecken für Wärme- oder auch Kältezähler nachweisen zu können. Eine dokumentierte Inbetriebnahme nach der PTB-Richtlinie K9 prüft die wichtigsten Punkte des Einbaues vor Nutzung des Messgerätes für die Abrechnung.















Minol Praxisratgeber zum Einbau von Wärme- und Kältezählern | 5. Ausgabe 02/2023

2023 Minol Messtechnik W. Lehmann GmbH & Co. KG | Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1. Abkürzungen und Symbole	4
2. Allgemeine Anforderungen an eine Messstrecke für Wärme- und Kältezähler	5
2.1 Durchflusssensor und Temperatursensor im hydraulischen System	5
2.2 Schmutzfänger	7
2.3 Einbaulagen von Durchflusssensoren	7
2.4 Beruhigungsstrecken	9
2.5 Temperaturmessung	12
2.6 Inbetriebnahme allgemein	21
2.7 Inbetriebnahme nach PTB K9	21
3. Wärmezähler	22
3.1 Besondere Anforderungen an die Messung von Wärmeenergie	22
3.2 Fachgerechte Anordnung von Wärmezählern im volumenvariablen oder volumenkonstanten Bereich hydraulischer Schaltungen	23
3.2.1 Beimischschaltung	23
3.2.2 Beimischschaltung mit fester Vormischung	24
3.2.3 Drosselschaltung	25
3.2.4 Einspritzschaltung mit Dreiwegeventil	26
3.2.5 Umlenkschaltung	27
4. Kältezähler	28
4.1 Besondere Anforderungen für die Messung von Kälteenergie	28
4.2 Fachgerechte Anordnung von Kältezählern im volumenvariablen Bereich hydraulischer Schaltungen	31
4.2.1 Beimischschaltung	31
4.2.2 Beimischschaltung mit fester Vormischung	32
4.2.3 Drosselschaltung	33
4.2.4 Einspritzschaltung mit Dreiwegeventil	34
4.2.5 Umlenkschaltung	35
5. Kombinierte Kälte-/Wärmezähler (Klima)	36
6. Messung in Wasser-Glykollgemischen	38
7. Zählerdimensionierung/Messkonzept	39
7.1 Zählerdimensionierung	39
7.2 Differenzmessungen	40
8. Temperaturmessung und Zählerdimensionierung bei der Warmwassermessung	40
8.1 Wärmezähler für die Warmwasserversorgung	40
8.2 Warmwassererwärmung über Plattenwärmetauscher	41
9. Heizungsanlagen mit solarthermischer Unterstützung	42
10. Heizungsanlagen mit Einbindung von Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW)	44
10.1 Heizungsanlagen mit Einbindung von Brennstoffzellenheizungen	46
11. Heizanlagen mit Einbindung von Wärmepumpen	47
12. Zusammenfassung	50
Quellenverzeichnis und Literaturhinweise	51

1. Abkürzungen/Symbole/Hinweise

	Rechenwerk Wärme- bzw. Kältezähler
	Durchflusssensor (ugs. Volumenmessteil)
	Temperatursensor (Temperaturfühler), mindestens bis zur Zählergröße $\geq q_{p6}$ in Ausführung direktauchend ohne Tauchhülse
	Falsche Positionierung des Temperaturfühlers bzw. allgemein nicht zu empfehlender Einbauort des Messgerätes
	Pumpe
	Absperrarmatur allgemein
	Zweiwege-Regelventil
	Dreiwege-Regelventil
	Regelventil
	Verbraucherkreislauf
	Wärmezähler bzw. Klimazähler (Messstelle im Messkonzept)
	Brennstoffzähler (Messstelle im Messkonzept)
	Stromzähler (Messstelle im Messkonzept)
	Betriebsstundenzähler (Messstelle im Messkonzept)
VL	Vorlaufleitung
RL	Rücklaufleitung
DN	Nennweite
q_p	Wärme-/Kältezähler: Nenndurchfluss in m^3/h (neue Bezeichnung nach DIN EN 1434, 2006), bis dahin gültige Bezeichnung: Q_n
q_s	Wärme-/Kältezähler: Maximaldurchfluss in m^3/h (neue Bezeichnung nach DIN EN 1434, 2006), bis dahin gültige Bezeichnung: Q_{max}

Die skizzierten Anlagenschemen im Praxisratgeber erheben keinen Anspruch auf vollständige Darstellung sämtlicher erforderlicher Anlagenkomponenten. Ziel ist die Darstellung einer richtigen Anordnung von Wärme- und Kältezählern im Sinne eines vollständigen Messkonzeptes.

2. Allgemeine Anforderungen an eine Messstrecke für Wärme- und Kältezähler

2.1 Durchflusssensor und Temperatursensor im hydraulischen System

Vor- und Rücklauf temperatursensor sowie der zugehörige Durchflusssensor (ugs. auch Volumenmessteil) müssen gemäß der DIN EN 1434-6 immer im gemeinsamen hydraulischen Regelkreis angeordnet werden (Abb. 2.1).

Wird diese Grundregel eingehalten, ist eine Berechnung der Energiebilanz im jeweiligen hydraulischen Kreislauf immer richtig.

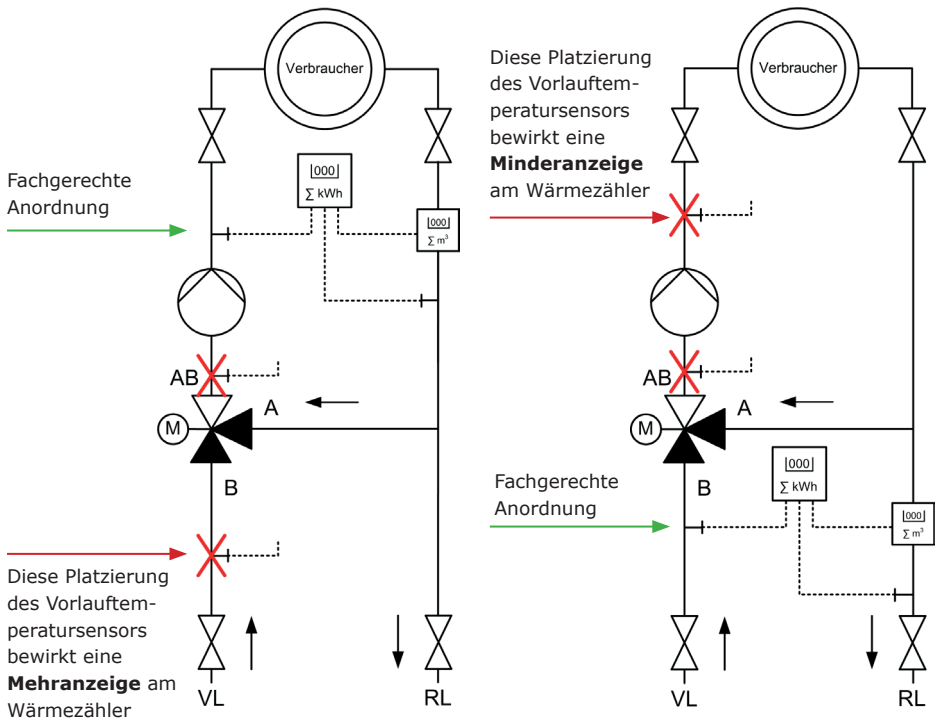


Abb. 2.1 Gleichkreisregelung am Beispiel Beimischschaltung: links Messgerät im volumenkonstanten und rechts Messgerät im volumenvariablen hydraulischen Kreislauf. Die Darstellung zeigt jeweils die falsche und die korrekte Anordnung des Vorlauf-Temperatursensors.

Als Einbauort für die Durchflusssensoren ist für Wärme- und Kältezähler immer die Rücklaufleitung definiert. Sind Messstrecken in Einzelfällen im Vorlauf installiert, so werden Rechenwerk erforderlich, welche die Volumenmessung im Vorlauf in die Verbrauchsberechnung einbeziehen. Bei der Wahl der Einbaustellen ist zu berücksichtigen, dass jederzeit eine sichere und fehlerfreie Ablesung des Zählwerkes des Durchflusssensors möglich ist. Es sind die zugelassenen Einbaulagen der vorgesehenen Zählertypen zu beachten (siehe Abbildung 2.5).

Durchflusssensoren dürfen nie an einem Hochpunkt in der Rohrleitungsführung montiert werden, da Luftansammlungen im Gerät zu Fehlmessungen führen (siehe Abbildung 2.2). Um die Einflüsse von durch Pumpen verursachter Pulsation zu verhindern, muss ein Durchflusssensor so weit wie möglich von einer Pumpe entfernt und immer auf der Druckseite der Pumpe angeordnet sein (siehe Abbildung 2.3). Für einen problemlosen Austausch zur Durchführung einer amtlichen Befundprüfung ohne aufwändige Entleerungsarbeiten sind vor und hinter einem Durchflusssensor sowie beidseitig von Temperaturmessstellen Absperrvorrichtungen vorzusehen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Durchflusssensor nicht unmittelbar hinter einem Ventil positioniert werden darf. (siehe Abbildung 2.4) Ausnahmen hierbei bilden Absperrschieber / Kugelhähne mit voller Bohrung, die dauerhaft in vollständig geöffneter Position abgesichert sind.

Gemäß den Vorschriften der Technischen Richtlinie der PTB K9 und der DIN EN 1434-6 müssen die Wärme- und Kältezähler gegen Schwingungen und Spannungen aus dem Rohrnetz geschützt werden. Daher sind die Rohrleitungen direkt vor und hinter dem Messgerät ausreichend zu sichern (siehe dazu Abb. 2.9, 2.10, 2.11 - ab Seite 14). Grundsätzlich sind für alle Befestigungsabstände die Vorgaben der DIN EN 806 einzuhalten. Dichtungen müssen sich im Rahmen der Erstmontage und späterer Austauschzyklen spannungsfrei einlegen lassen.

Alle Bestandteile der Messgeräte sind nach Montageabschluss mit Sicherungsplomben gegen Manipulation zu sichern.

Für die Planung von Messstrecken sind die Abmessungen vorzugeben, welche den Einsatz von marktüblichen und damit kostengünstigen Messgeräten ermöglichen. Für Kältezähler der Größen $\geq q_p 25 \text{ m}^3/\text{h}$ ist das besonders wichtig. Lesen Sie alle wichtigen Informationen zur Montage von Kältezählern im Kapitel 4.



Abb. 2.2
Ungeeignete Anordnung an einem Hochpunkt, es können Luftblasen im Durchflusssensor auftreten.
Quelle: DIN CEN TR 13582:2021

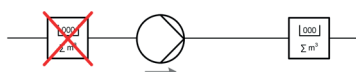


Abb. 2.3
Ein Durchflusssensor muss mit größtmöglichem Abstand und immer auf der Druckseite einer Pumpe positioniert werden.
Quelle: DIN CEN TR 13582:2021



Abb. 2.4
Ein Durchflusssensor darf nicht unmittelbar nach einem Ventil eingesetzt werden.
Quelle: DIN CEN TR 13582:2021

2.2 Schmutzfänger

Unter Berücksichtigung der Beruhigungsstrecke (siehe Abschnitt 2.4) wird vor mechanischen Zählern der Einbau eines Schmutzfängers empfohlen. Die Rohrleitungen müssen vor dem Einsatz der Messgeräte gründlich durchgespült werden. Beispielhaft ergab die Nachmessung eines ohne Schmutzfänger eingebauten Zählers mit zugesetztem Einlaufsieb eine um 31% zu hohe Verbrauchsanzeige.

Hinweis

Wird der Ausfall eines Gerätes durch Schmutzablagerungen verursacht, trägt der Betreiber die Kosten für das neue Messgerät und die Montageaufwendungen!

Gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) sind Heizungs- und Warmwasseranlagen sowie raumlufttechnische Anlagen sachgerecht zu bedienen, zu warten und instand zu halten.

2.3 Einbaulagen von Durchflusssensoren

Arbeitet ein Durchflusssensor aufgrund seiner Bauart oder durch eine Einschränkung der Bauartzulassung nur in einer bestimmten Einbaulage einwandfrei, so muss dies auf dem Typenschild oder dem Gehäuse angegeben sein. In der Praxis gelten für eine fachgerechte Installation von marktüblichen Standardmessgeräten nachfolgend beschriebene Richtlinien, welche im Übrigen auch für den Einbau von Wasserzählern übernommen werden können.

Überkopfeinbau:

Zähler, die für den Einbau mit nach unten gerichtetem Zählwerk (Überkopfeinbau) verwendet werden sollen, müssen für diese Einbaulage besonders zugelassen sein. Dies ist im Vorfeld über die Herstellerangaben zu prüfen!

Horizontale Einbaulage (H):

- Kennzeichnung am Messgerät (H) für horizontalen Einbau
- Ziffernblatt waagrecht, Messwerk zeigt nach oben
- Fließrichtung beachten und Zähler entsprechend einsetzen

Woltmanzähler der Baureihe WS (Laufachse senkrecht zur Rohrachse) dürfen nur in horizontal verlaufende Leitungen montiert werden. Das Zählwerk weist dabei nach oben (Ziffernblattebene waagrecht). Dies entspricht der Einbaulage H.

Vertikale Einbaulage (V):

- Kennzeichnung am Messgerät (V) für vertikalen Einbau
- Ziffernblatt steht vertikal
- Fließrichtung beachten und Zähler entsprechend einsetzen

Beliebige Einbaulage:

- Waagerechte Leitung:
Ziffernblatt waagrecht nach oben oder um 90° nach rechts bzw. links geneigter Lage
- Schräge Leitung (steigend oder fallend):
Ziffernblatt in höchster oder um 90° nach rechts bzw. links geneigter Lage
- Fließrichtung beachten und Zähler entsprechend einsetzen

Waagerechte Leitung:

Bei Geräten mit der Kennzeichnung „V“ ist der Einbau in waagerechte Leitungen möglich, wenn es um 90° zur Seite gedreht montiert wird. Für Geräte mit der Kennzeichnung „H“ ist nur der horizontale Einbau mit dem Messwerk nach oben zugelassen. Bei Woltmanzählern der Baureihe WP (siehe auch „beliebige Einbaulage“) ist der Einbau mit Ziffernblatt waagrecht nach oben (H) oder wahlweise um 90° zur Seite gedreht (V) zugelassen. Die abweichenden Baumaße im Vergleich zu Woltman WS sind zu berücksichtigen.

Senkrechte Leitung:

Steigrohrzähler sind mit einer Fließrichtungsmarkierung in Form eines Pfeils nach oben am Gehäuse versehen (beispielhafte Bezeichnung M-TS). Das Ziffernblatt zeigt nach dem Einbau nach oben und daher gilt dies als horizontaler Einbau!

Fallrohrzähler sind mit einer Fließrichtungsmarkierung in Form eines Pfeils nach unten am Gehäuse versehen (beispielhafte Bezeichnung M-TF). Das Ziffernblatt zeigt nach dem Einbau nach oben und daher gilt dies als horizontaler Einbau!

Die abweichenden Baumaße im Vergleich zu Messgeräten für den Einbau in waagerechte Leitungen sind zu berücksichtigen.

Standard-Wohnungswärmezähler (qp 0,6 m³/h – qp 2,5 m³/h) sind, abgesehen vom Überkopfeinbau, in der Regel beliebig einsetzbar (Abb. 2.5). Dazu sind die Bemerkungen unter der Rubrik „waagerechte Leitung“ zu berücksichtigen.

Der Einbau in waagerechte Leitungen mit dem Ziffernblatt nach oben gilt dabei als horizontaler Einbau und ist dem vertikalen Einbau in horizontale Leitungen (Ziffernblatt 90° gedreht nach vorn) auf Grund des besseren Messverhaltens vorzuziehen.

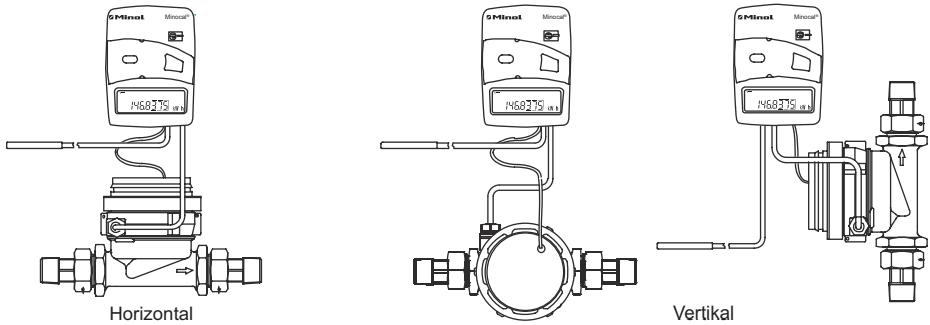


Abb. 2.5
Beliebige Einbaulagen für Standard-Wohnungswärmezähler

2.4 Beruhigungsstrecken

Vorgaben zu Beruhigungsstrecken wurden in der Vergangenheit durch die DIN EN 1434-6 und auch durch die nicht mehr gültigen PTB Richtlinien 6.1 und 6.2 definiert. Seit einiger Zeit ist zu beachten, dass die jeweiligen Gerätebauarten die Anforderungen von Beruhigungsstrecken erfüllen müssen. In der Umsetzung von Planung und Vorrichtung der Messstrecken sind die Einbaurichtlinien des jeweiligen Geräteherstellers umzusetzen.

Ein- und Auslaufstrecken in DN-Rohr-Durchmesser des Durchflusssensors werden dabei häufig selbst dann noch durch die Gerätehersteller empfohlen, wenn deren neueste Messgerätetechnik mit einer Strömungsempfindlichkeitsklasse U0/D0 zugelassen ist. Nur so werden Messergebnisse mit geringer Ausnutzung der max. zulässigen Fehlergrenzen möglich.

Auch wenn über die schrittweise Verbreitung von neuen Gerätegenerationen Verpflichtungen zur Einhaltung von Beruhigungsstrecken immer weniger verbreitet sein werden, gelten für manche Zählertypen immer noch Mindestanforderungen an Beruhigungsstrecken. Diese sind am Beispiel eines Woltmanzählers auf den nachfolgenden Seiten dargestellt (Abb. 2.6, 2.7, 2.8).

Berücksichtigt werden muss ebenfalls, dass in einigen Fällen zusätzliche Einrichtungen (z.B. Gleichrichter) zur Beseitigung des Strömungsdralles anzuordnen sind. Auch hierfür sind die Herstellerangaben zu berücksichtigen.

Da der später verwendete Zählertyp in der Planungs- und Bauphase in der Regel nicht bekannt ist, müssen die Messstrecken so vorgegeben und errichtet werden, dass die kostengünstigste Messausstattung eingesetzt werden kann. Fehlen z.B. Beruhigungsstrecken, müssen ggf. teure Sonderzähler zum Einsatz kommen.

Empfohlene Beruhigungsstrecken für einen Wärme- bzw. Kältezähler

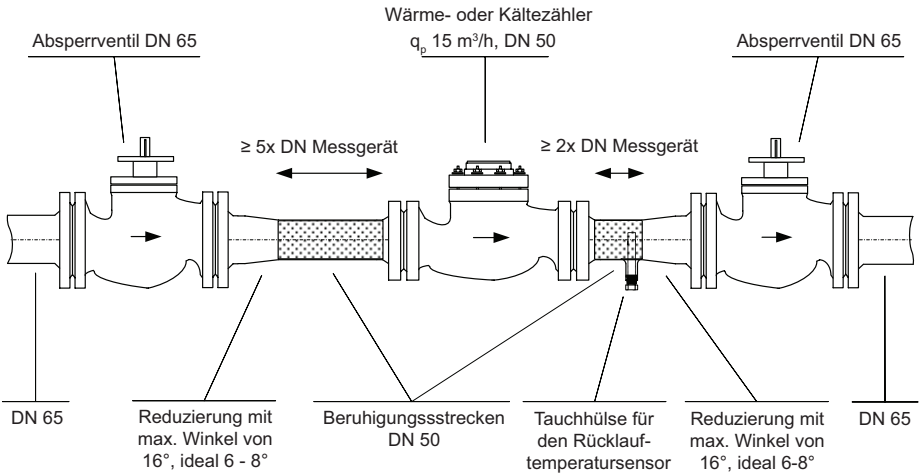


Abb. 2.6
Empfohlener Aufbau der Messstrecke eines Wärme- bzw. Kältezählers (Beispiel Größe q_p 15 m³/h) mit Beruhigungsstrecken, Dimension der Absperrventile entspricht DN der Rohrleitung.

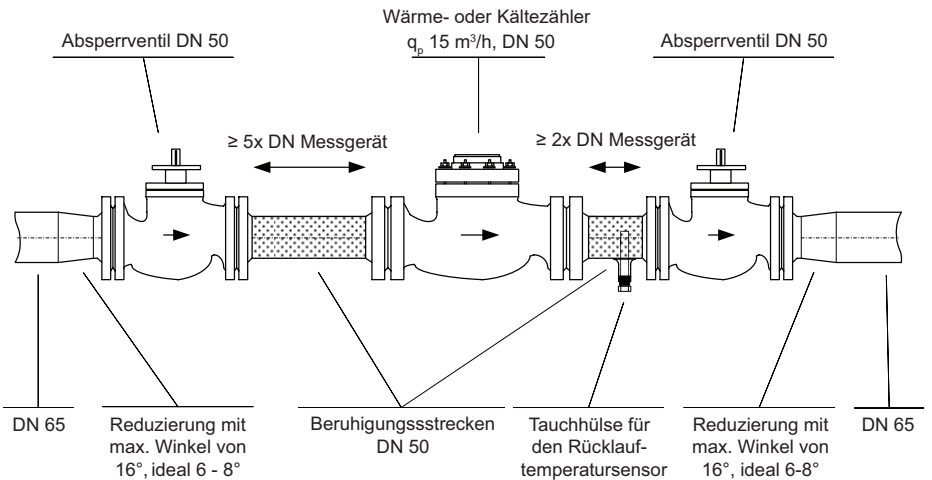


Abb. 2.7
Empfohlener Aufbau der Messstrecke eines Wärme- bzw. Kältezählers (Beispiel Größe q_p 15 m³/h) mit Beruhigungsstrecken, Dimension der Absperrventile entspricht DN des Messgerätes.

Hinweis

Absperrschieber (keine Ventile!) gelten voll geöffnet nicht als Störfaktor in der Beruhigungsstrecke. Allerdings muss dieser voll geöffnete Zustand in der Praxis durchgängig gewährleistet werden, sonst sind ebenfalls Messabweichungen zu erwarten! Die Einhaltung der Beruhigungsstrecken ist daher immer zu bevorzugen!

Bei einer fehlerhaften Montage können die Messergebnisse im geschäftlichen Verkehr (z.B. in einer Heizkostenabrechnung) nicht rechtssicher verwendet werden (Abb. 2.5 und Foto 1).

Häufiger Einbaufehler!

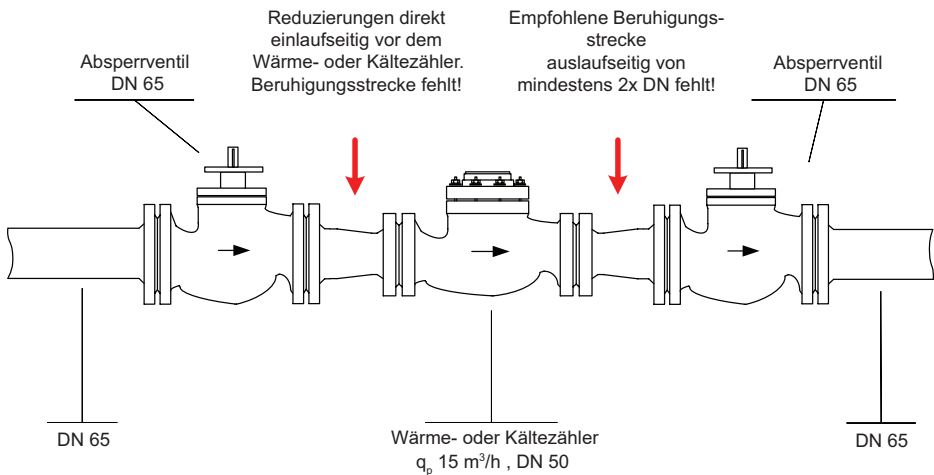


Abb. 2.8
Falscher Aufbau der Messstrecke eines Wärme- bzw. Kältezählers (Beispiel Größe q_p 15 m³/h) ohne Berücksichtigung der vorgeschriebenen Beruhigungsstrecke.

Achtung/Hinweis: Unzulässige Einbausituation!

Ein häufiger Einbaufehler in der Praxis: Die Reduzierung befindet sich einlaufseitig direkt am Zähler, ohne die vorgeschriebene Beruhigungsstrecke zu berücksichtigen. Der Einfluss von Störgrößen auf die Messergebnisse wird häufig unterschätzt. Die Anforderungen an eine fachgerechte Ausführung der Messstrecken müssen daher im Abgleich mit den jeweiligen Herstellervorgaben ausreichend berücksichtigt werden!

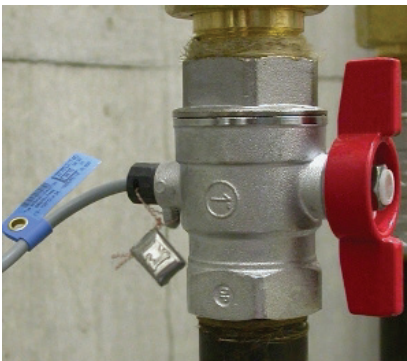


*Foto 1 und 1a:
Fehlende Beruhigungsstrecke vor einem
Wolftmanzähler entgegen Anforderungen
des Geräteherstellers*

2.5 Temperaturmessung

Bereits seit Inkrafttreten der neuen Eichordnung vom 7. Februar 2007 müssen bei der Neuinstallation von MID-Messgeräten alle Temperatursensoren von Wärmezählern in Rohrleitungen \leq DN25, was üblicherweise Wärmezählern bis zur Größe q_p 2,5 m³/h entspricht, direktauchend ohne Tauchhülsen eingesetzt werden.

Bitte beachten! Mit Inkrafttreten der PTB-Richtlinien TR K9 und K8 ist diese Anforderung an die Ausführung der Temperaturmessung direktauchend ohne Tauchhülse bei Neubauten und im Bestand bei Änderungen am Rohrabschnitt bereits seit dem 01.01.2015 auf alle Wärme- und Kältezähler der Größen \leq 6 m³/h erweitert. Auch die DIN EN 1434-6 benennt diese Installationsvorgabe seit der Ausgabe 2015 und bestätigt diese in der aktuellen Fassung 2023.



Ideal eignen sich dafür Kugelhähne mit integriertem Fühleranschluss M10x1, welche die erforderliche Absperrvorrichtung sowie die Temperaturmessung in einem Bauteil vereinen (Foto 2, Abb. 2.9).

*Foto 2:
Kugelhahn mit integriertem Fühleranschluss Bohrung M10X1
(im Foto Rücklauftempersensor eines Splitt-Wärmezählers)*

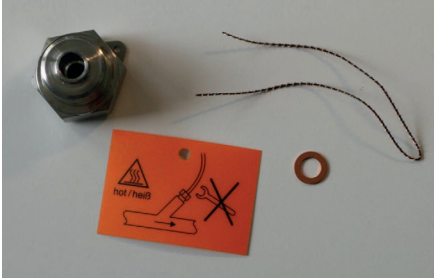


Foto 3 (links) und Foto 4 (rechts):
Adapter und Sicherheitsmarkierung für den direktauchenden Einbau
langer Temperatursensoren (Stabtemperaturfühler)

Alternativ können entsprechende Einbausets verwendet werden, welche den Einbau von Temperatursensoren ohne Tauchhülsen ermöglichen (Fotos 3 und 4). Diese Messpunkte sind mit entsprechenden Sicherheitsmarkierungen zusammen mit der Verplombung zu kennzeichnen.

Bei der Vorrüstung von Einbaustellen zur Aufnahme von Temperatursensoren muss bereits durch den Planer berücksichtigt werden, dass bei der Zählermontage auch sehr lange Temperatursensoren einzusetzen sind. Die Ausrichtung der Aufnahmebohrung mit M10x1-Bohrung eines Kugelhahns, eines Reduzierstückes oder auch die Schweißmuffe für eine Tauchhülse muss das Einschieben eines Temperatursensors ermöglichen.

Ein Verbiegen von Standardtemperaturfühlern darf nicht erfolgen, da hierdurch Beschädigungen am Fühler verursacht werden. Leider werden regelmäßig Tauchhülsen auf einem Heizungsverteiler unbedacht seitlich zur nebenstehenden Rohrleitung vorgerüstet. Spätestens nach der abschließenden Installation der Rohrisolierung mit Blechverkleidung können die Temperatursensoren der Wärme- oder Kältezähler nicht mehr eingesteckt werden. Diese fehlerhafte Einbausituation führt zu Behinderungsanzeigen gegenüber dem Planer und/oder Heizungsinstallateur.

Alle vorstehenden Informationen gelten gemäß Eichordnung auch für Temperatursensoren von Kältezählern. Zur Erfassung der systembedingt geringen Temperaturspreizung müssen die Fühler direkt ohne Tauchhülsen in das Medium eingesetzt werden.

Lesen Sie alle wichtigen Informationen zur Montage von Kältezählern im Kapitel 4.

Kompakt-Wärmezähler bis Größe $\leq q_p 6,0 \text{ m}^3/\text{h}$ (nicht symmetrische Temperaturmessung)

Absperrung im Vorlauf
Kugelhahn TFD mit Gewindebohrung M10x1
VL- Temperatursensor für direkten Einbau

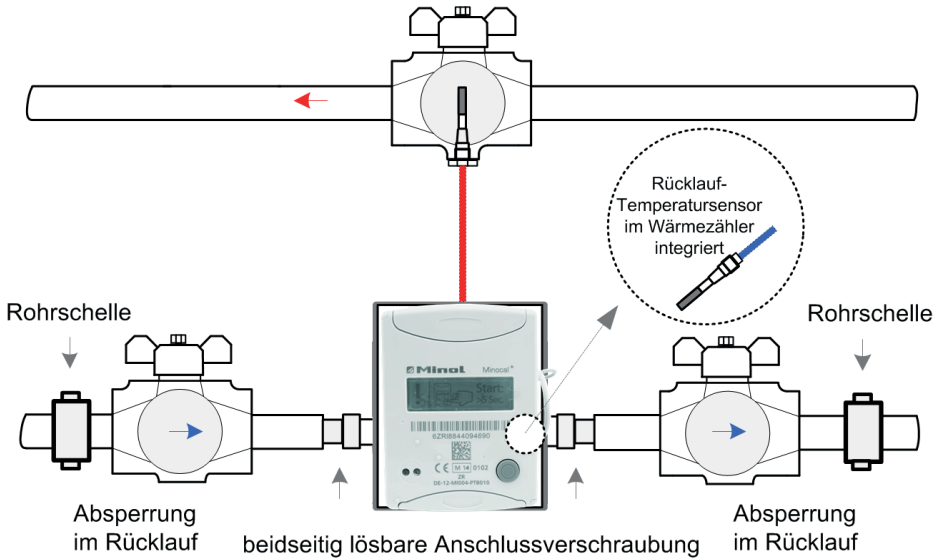


Abb. 2.9
Kugelhahn mit direkter Aufnahme des Temperatursensors ohne Tauchhülse



Foto 5:
Elektronischer Wärmezähler
Minocal® C5 ISF Einstrahlzähler
als Verschraubungszähler



Foto 5a:
Marktübliches Einbauset für Kompakt-
Wärmezähler bis Größe $\leq q_p 6,0 \text{ m}^3/\text{h}$

Hinweis zu folgender Darstellung

Derzeit im Gebäudebestand noch übliche Einbausituation mit nicht symmetrischer Messung: Der Rücklauftemperatursensor ist im Durchflusssensor integriert und der Vorlauftemperatursensor befindet sich in einer Tauchhülse. Für diese Installationsausführung benötigen die Messgeräte inzwischen eine entsprechende Zulassung nach der Duldungsregelung der PTB für Tauchhülsen mit einer Baulänge bis einschließlich 60 mm!

Detaillierte und aktuelle Informationen zur Identifikation und Kennzeichnungspflicht von Bestandstauchhülsen sind unter den Suchbegriffen „Duldung“ oder „Bestandstauchhülsen“ unter ptb.de zu finden.

Bei Kreisläufen mit geringer Temperaturdifferenz kann aber der durch eine Tauchhülse verursachte Messfehler zu groß werden, z.B. Einrohrheizungsanlagen, Kühldecken. In diesen Fällen ist technisch der Wechsel auf die direktauchende Messung notwendig.

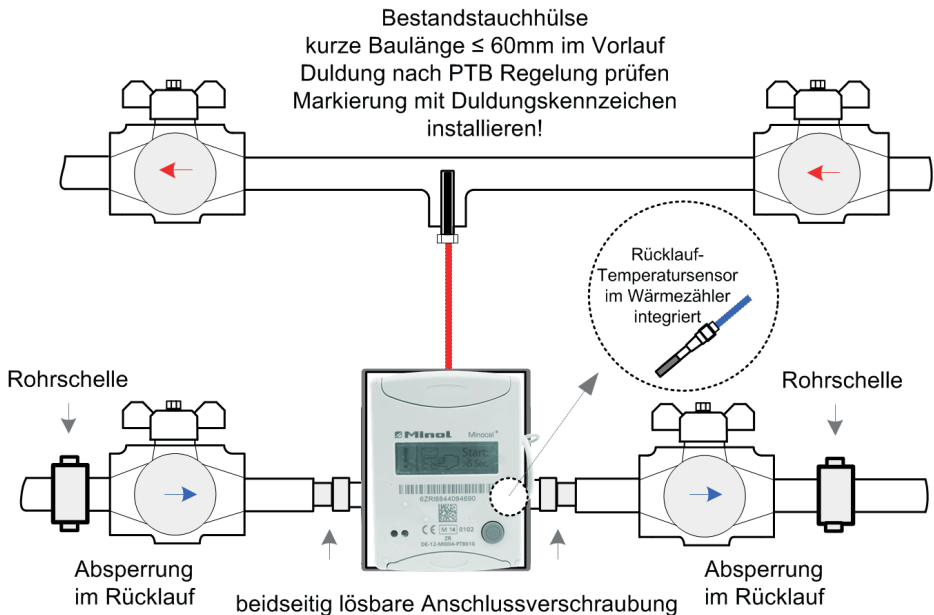


Abb. 2.10
Absperrvorrichtungen sowie Rohrbefestigungen im Messstreckenbereich eines Kompaktwärmehählers bis $q_p 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ / nicht symmetrische Temperaturmessung, Vorlauftemperatursensor in einer Bestandstauchhülse mit Duldungszulassung.

**Spplitt-Wärmezähler bis Größe $\leq q_p 6,0 \text{ m}^3/\text{h}$ - symmetrische Temperaturmessung
(Vor- und Rücklaufemperaturmessung ist identisch, direktauchend ohne Tauchhülse)**

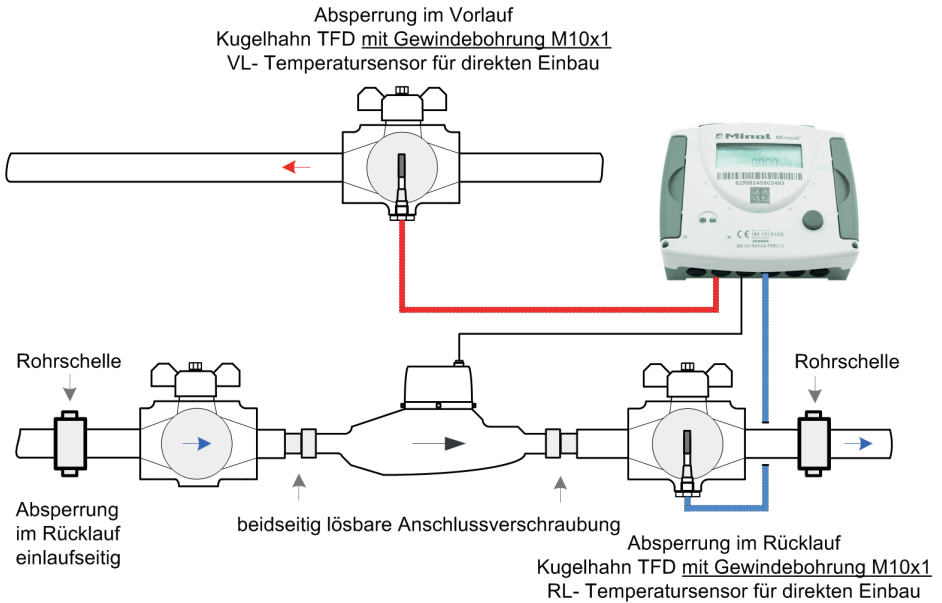


Abb. 2.11
Absperrvorrichtungen sowie Rohrfestigungen im Messstreckenbereich eines Spplittgeräts bis $q_p 6,0 \text{ m}^3/\text{h}$ / symmetrische Temperaturmessung



Foto 6:
Rechenwerk elektronischer Wärmezähler
Minocal® WR3

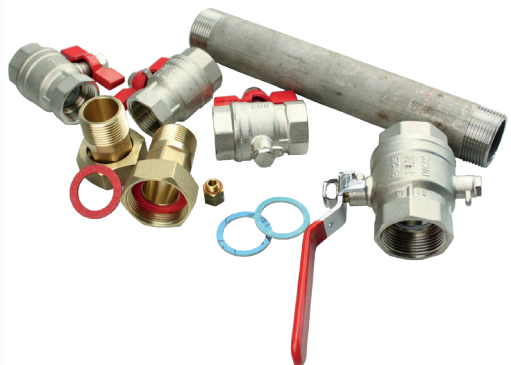


Foto 6a:
Marktübliches Einbauset für Spplitt-Wärme-
und Kältezähler bis Größe $\leq q_p 6,0 \text{ m}^3/\text{h}$

**Splitt-Wärmezähler ab Größe $\geq q_p 10 \text{ m}^3/\text{h}$ - symmetrische Temperaturmessung
(Vor- und Rücklauftemperaturmessung ist identisch, hier in Tauchhülse)**

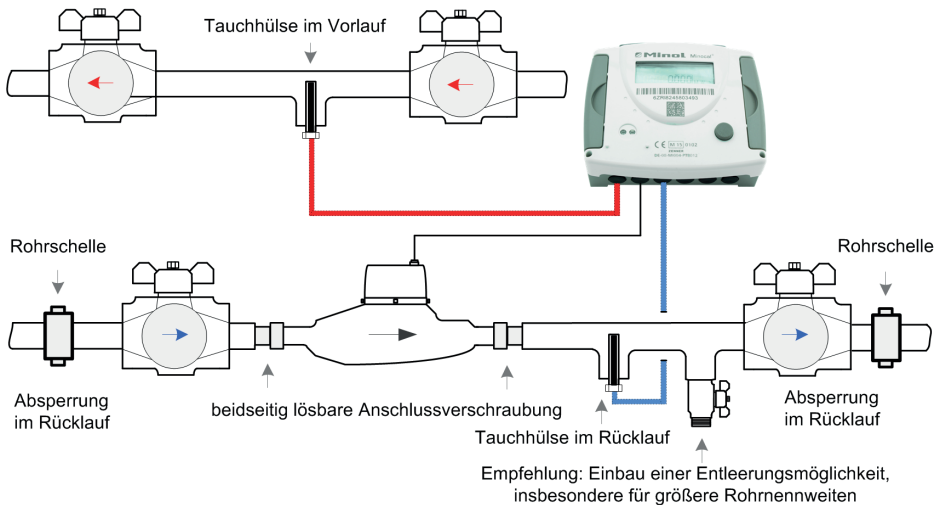


Abb. 2.12
Absperrvorrichtungen sowie Rohrfestigungen im Messstreckenbereich eines Splittgeräts ab $q_p 10 \text{ m}^3/\text{h}$ mit Tauchhülsen / symmetrische Temperaturmessung

Aufgrund der besseren Temperaturerfassung ist die symmetrische Messung mit direkt-tauchenden Fühlern zu bevorzugen. Dies gilt besonders für Heizsysteme mit geringen Temperaturauslegungsdifferenzen, wie z.B. Fußboden- oder andere Flächenheizungen sowie den Bereich der Kältemessung (siehe Kapitel 4).

Werden Tauchhülsen verwendet, sind diese so einzusetzen, dass deren Spitzen über die Rohrmittle hinaus in die Leitung hineinreichen (bei Rohrleitungen über DN 150 mindestens 100 mm Eintauchtiefe). Die Schweißmuffen mit einem Standardanschluss Innengewinde $\frac{1}{2}$ " müssen entsprechend angepasst werden (Abb. 2.12).

Falsch! Einbautiefen zu gering

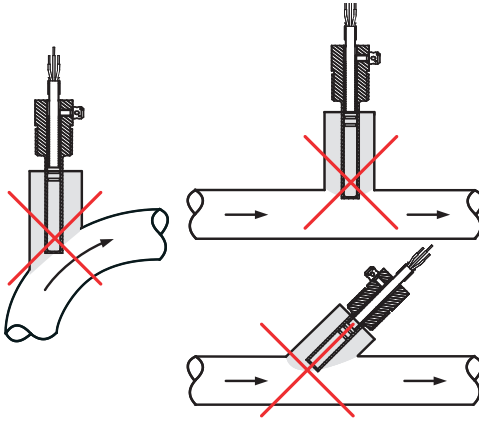
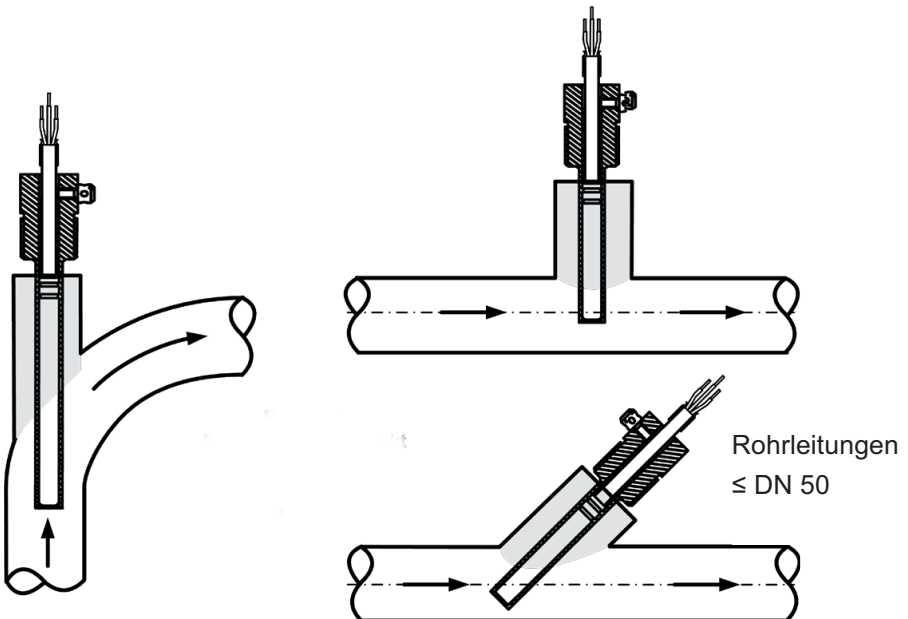


Foto 7:
Rechenwerk Minocal® WR3 Frontansicht

Abb. 2.13
Falsche Tauchtiefe der Temperaturfühler (oben)
Richtige Tauchtiefe der Temperaturfühler (unten)

Richtig! Einbautiefen korrekt



Der Einbau des Fühlers ist im Allgemeinen senkrecht zur Strömungsachse vorzunehmen. Bei schrägem Einbau sollte die Anordnung entgegen der Strömungsrichtung erfolgen (Abb. 2.13). Zu beachten sind die Besonderheiten für den Bereich der Kältetechnik (siehe Kapitel 4, Abb. 4.1).

Temperaturfühler müssen vom Durchmesser und der Baulänge zu den Tauchhülsen passen sowie mit den Messspitzen bis zum Boden der Tauchhülse reichen. Der Aufbau der Messeinrichtung muss im Vor- und Rücklauf identisch sein. Entsprechende Richtlinien der PTB TR K8 und K9 sowie der DIN EN 1434 sind dabei zu berücksichtigen und im Zweifel vorab mit dem Hersteller zu klären.

Beidseitig der Temperaturmessstellen sind Absperrvorrichtungen einzubauen. Damit können jederzeit Temperaturfühler direkttauchend oder Tauchhülsen entsprechend dem Stand der Technik eingesetzt werden, ohne dass die Heizungsanlage entleert werden muss (Abb. 2.14).

Die Rohrleitungsbereiche um die Temperaturfühler sowie alle herausragenden Bauteile der Tauchhülsen sind ausreichend zu isolieren, um eine Wärmeableitung und damit verbundene Messabweichungen zu vermeiden. Da Temperaturfühler in regelmäßigen Abständen gewechselt werden müssen, ist die Ausführung der Isolierung montagefreundlich zu gestalten.

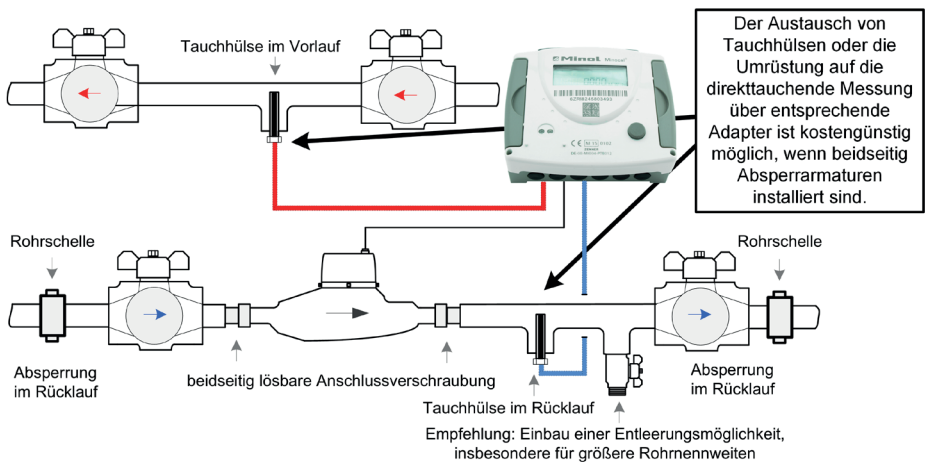


Abb. 2.14
Temperaturfühler mit beidseitigen Absperrungen

Eine Positionierung der Temperaturfühler im Mischbereich oder in der Nähe dieser Zone führt zu fehlerhaften Messergebnissen. Der Einbau muss daher im Bereich guter Durchmischung des Wassers erfolgen. Dies ist in der Regel erst nach einer Störung / Verwirbelung der Fall.

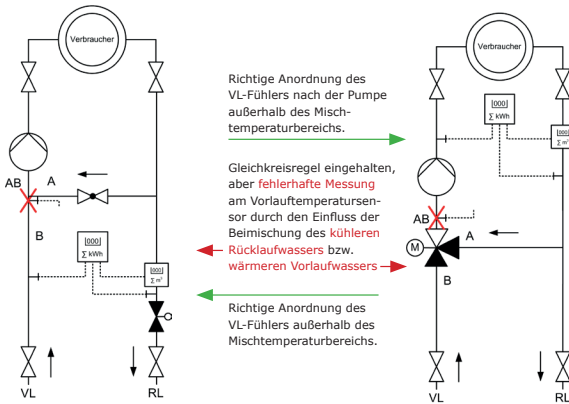


Abb. 2.15a Fehlerhafte Anordnung der Vorlauftemperaturfühler im Mischbereich am Beispiel der Beimischschaltungen mit Durchgangsventil (links) und Dreiwegventil (rechts).

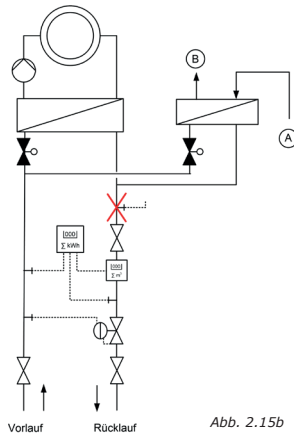


Abb. 2.15b

Hinweis

Die Einbauangaben der DIN EN 1434-6 bis zum Jahr 2005 mit einer dargestellten Fühleranordnung direkt nach der Zusammenführung zweier Rücklaufleitungen (z.B. Warmwasserbereitung und Raumheizung) vor dem Durchflusssensor waren fehlerhaft. Darauf wurde im Arbeitsausschuss Wärmezähler der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) und der Eichbehörden hingewiesen und ist inzwischen korrigiert (siehe Abb.2.15b).

Der Rücklauftemperaturfühler ist in Fließrichtung hinter dem Durchflusssensor anzuordnen, um in einem Bereich ausreichender Durchmischung die Temperatur zu messen und um Störungen in der Einlaufstrecke vor dem Zähler zu vermeiden. Die Montageregeln aus den Abb. 2.1, 2.15a und 2.15b sind dabei einzuhalten. Temperaturfühler- und Impulskabel von Messgeräten dürfen nicht gekürzt oder verlängert werden und müssen in einem Mindestabstand von 50 mm zu anderen Netzleitungen verlegt sowie ausreichend gegen Beschädigungen geschützt werden. Die Zähler müssen sich außerhalb der Reichweite elektromagnetischer Quellen (z.B. Pumpen) befinden. Als Richtwert ist dabei nach DIN EN 1434 ein Mindestabstand von 0,6 m anzusetzen, sollten die Herstellerunterlagen keine abweichenden Hinweise enthalten.

2.6 Inbetriebnahme allgemein

Nach der Installation hat durch den Installateur eine Inbetriebnahme des Messgerätes zu erfolgen, indem dessen Funktionsfähigkeit unter Berücksichtigung von Einbaurichtlinien des Geräteherstellers sicherzustellen ist. Sehr wichtig sind dabei die Prüfung auf Dichtigkeit unter Betriebsdruck, die Verplombung der Temperatursensoren und des Durchflusssensors, eine erste Sichtprüfung auf plausible Betriebsparameter sowie die Dokumentation von eindeutig erkennbaren Mängeln an der bauseitig vorhandenen Messstrecke. Diese Maßnahmen sind Teilleistungen einer Inbetriebnahme nach der Technischen Richtlinie K9 der PTB.

2.7 Inbetriebnahme nach PTB K9

Wird ein Wärme- oder Kältezähler neu montiert oder ausgetauscht, ist eine Inbetriebnahme nach PTB TR-K 9 durchzuführen. Diese Technische Richtlinie ist im Einvernehmen mit den eichrechtlichen Behörden durch die Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) erarbeitet und durch den Regelermittlungsausschuss (REA) nach dem Messgerätegesetz in 2015 in die Liste der anerkannten Regeln der Technik aufgenommen worden. Die TR-K 9 kann kostenfrei von der PTB-Homepage www.ptb.de unter Publikationen/Gesetzliches Messwesen heruntergeladen werden.

Fachplanern ist zu empfehlen, die Montage und Inbetriebnahme von Wärme- und Kältezählern gemäß der PTB-Richtlinie K9 auszuschreiben. Nachfolgend ist er nicht in der Haftung, wenn durch die fehlende Inbetriebnahme ein Regress wegen fehlerhafter Messung und Abrechnung erfolgt. Da der Gebäudeeigentümer bzw. der Wärmelieferer nach AVB Fernwärme für die Messausstattung verantwortlich ist, muss er diese umfangreiche Dokumentation der Messstellen an einen Fachplaner oder auch an den zuständigen Messdienstleister beauftragen. Im Ergebnis liegt für jede Messstelle ein einheitliches Prüfprotokoll vor, mit dem der Gebäudeeigentümer im möglichen Streitfall die ordnungsgemäße Inbetriebnahme des Messgerätes nachweisen kann. Wenn er diese Inbetriebnahme nicht beauftragt, muss er sich selbst Folgeschäden durch fehlerhafte Abrechnungen aufgrund von Mängeln der Installation verantwortlich zurechnen lassen.

3. Wärmehähler

3.1 Besondere Anforderungen an die Messung von Wärmeenergie

Um für alle Messgeräte gleichwertige Messergebnisse zu erzielen, ist die Anordnung in einer gemeinsamen Abrechnungsstufe nach Möglichkeit entweder durchgehend im volumenvariablen oder nur im volumenkonstanten Bereich der hydraulischen Regelkreisläufe zu empfehlen. Die Systembedingungen in den jeweiligen Regelkreisen unterscheiden sich hinsichtlich der Volumenströmung und Temperaturdifferenz und können darüber das Messverhalten der Zähler beeinflussen (Anordnung siehe Kapitel 3.2).

Rechenwerke sind nicht in die Dämmung zu integrieren, um Ausfälle an elektronischen Bauteilen, verursacht durch dauerhaft hohe Umgebungstemperaturen, zu vermeiden. Um bei Zählereinbau, amtlicher Befundprüfung oder Zählertausch kostenintensive Bearbeitungen an möglicherweise fest installierter Blechummantelung zu vermeiden, sind im Bereich des Durchflusssensors sowie der Temperaturmessstellen einfach lösbare Blech- oder Kunststoffformteile mit Spannbändern und Kappenschlössern zu empfehlen. Für die erforderlichen Kabeldurchführungen vom Durchflusssensor und von den Temperatursensoren zum zugehörigen Rechenwerk sind Öffnungen mit Kantenschutzband in Blechformteilen vorzusehen, um das Risiko einer Beschädigung von Kabeln dauerhaft zu reduzieren.



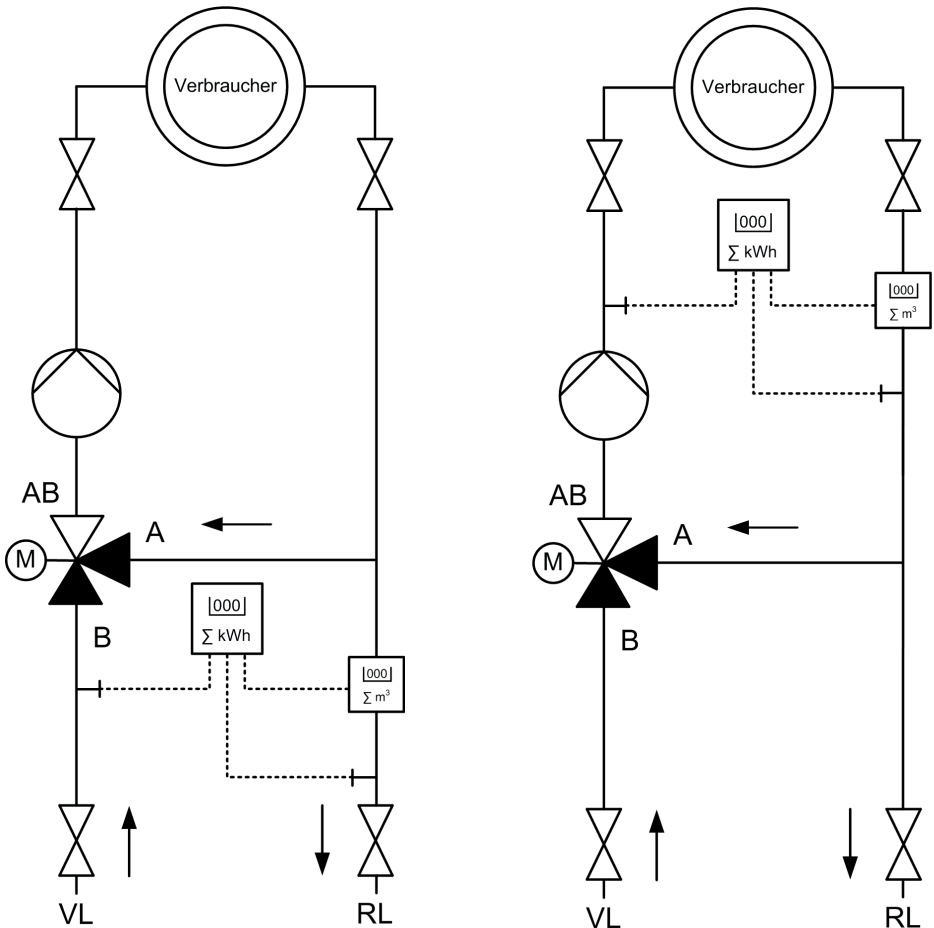
Foto 8:
Elektronischer Wärmehähler Minocal® C5 IUF
Ultraschall - sicheres Erfassen auch bei Überlast,
schnelles Reagieren bei sprunghaften Änderungen
der Mediumtemperatur



Foto 9:
Elektronischer Wärmehähler Minocal® C5 CMF
mechanischer Mehrstrahlzähler (Messkapsel-System)

3.2 Fachgerechte Anordnung von Wärmezählern im volumenvariablen oder volumenkonstanten Bereich hydraulischer Schaltungen

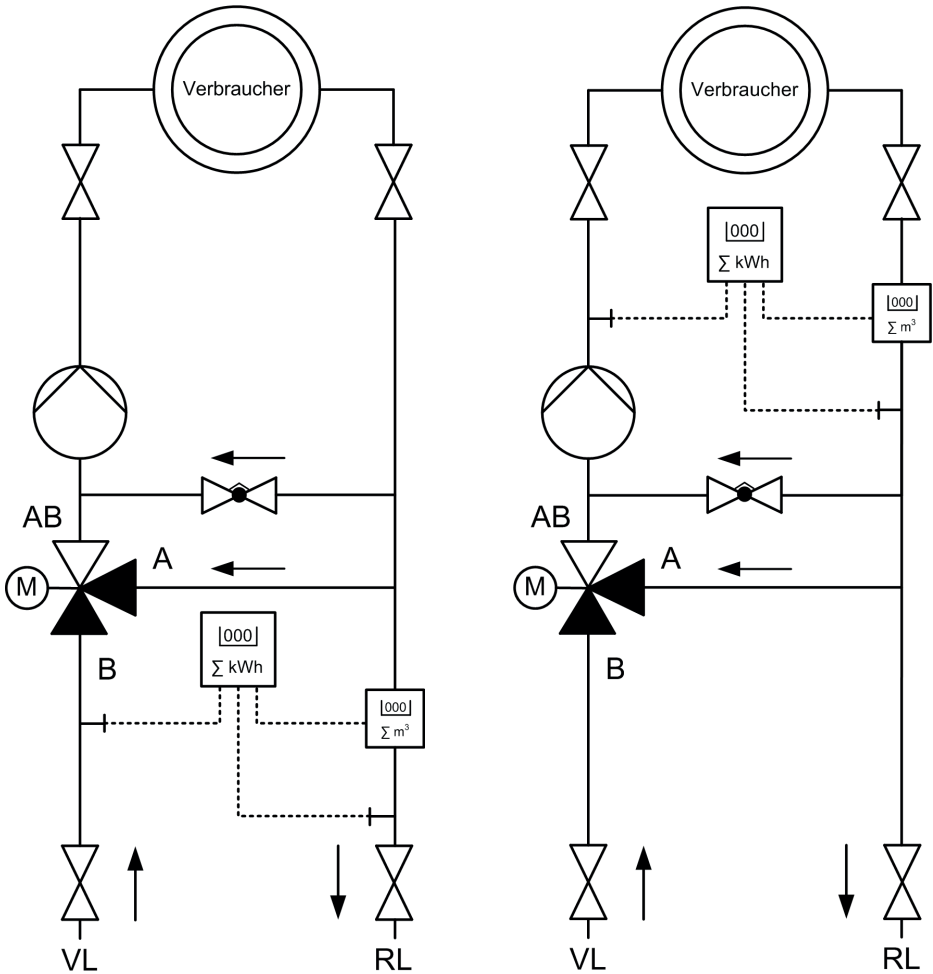
3.2.1 Beimischschaltung



Positionierung des Wärmezählers im volumenvariablen Bereich

Positionierung des Wärmezählers im volumenkonstanten Bereich

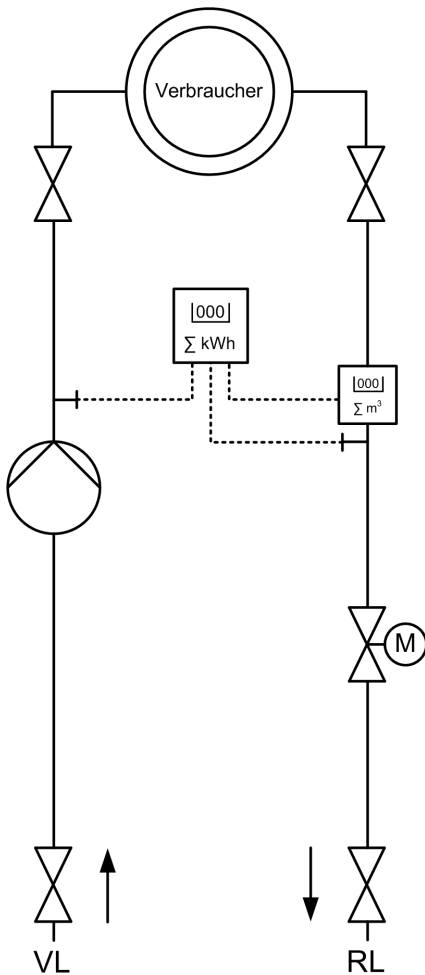
3.2.2 Beimischschaltung mit fester Vormischung



Positionierung des Wärmehählers im volumenvariablen Bereich

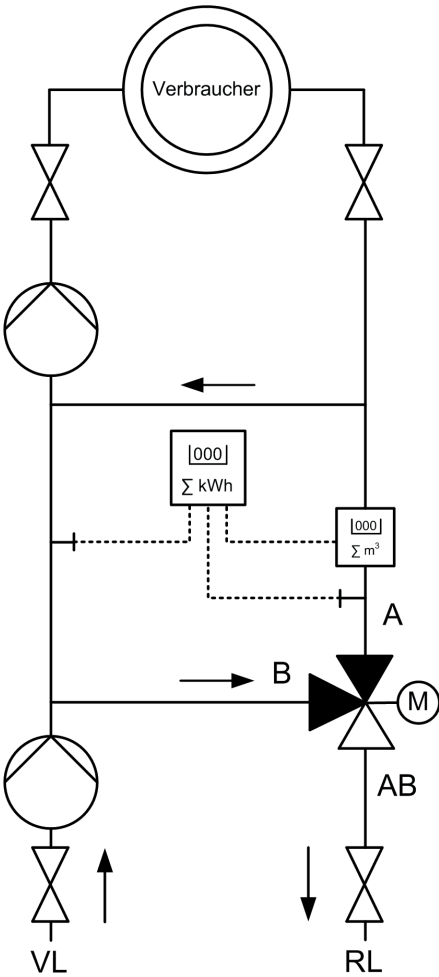
Positionierung des Wärmehählers im volumenkonstanten Bereich

3.2.3 Drosselschaltung

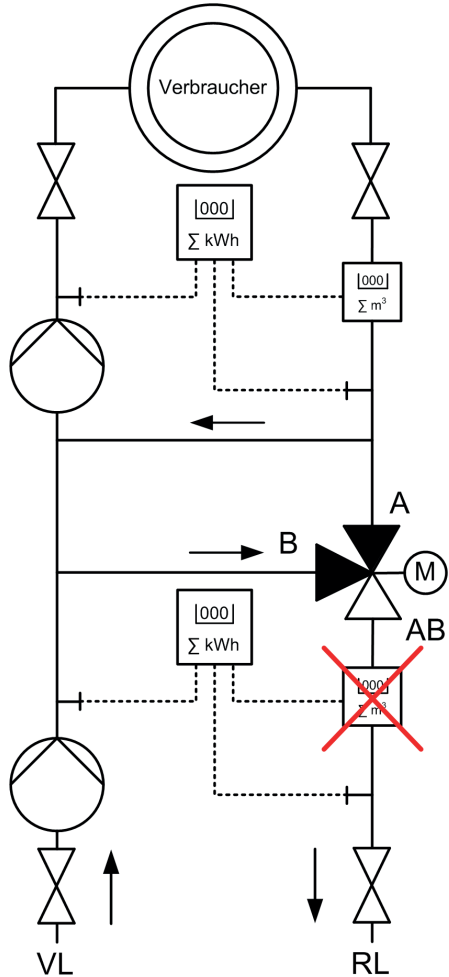


Positionierung des Wärmezählers im volumenvariablen Bereich

3.2.4 Einspritzschaltung mit Dreiwegeventil



Positionierung des Wärmehählers im volumenvariablen Bereich

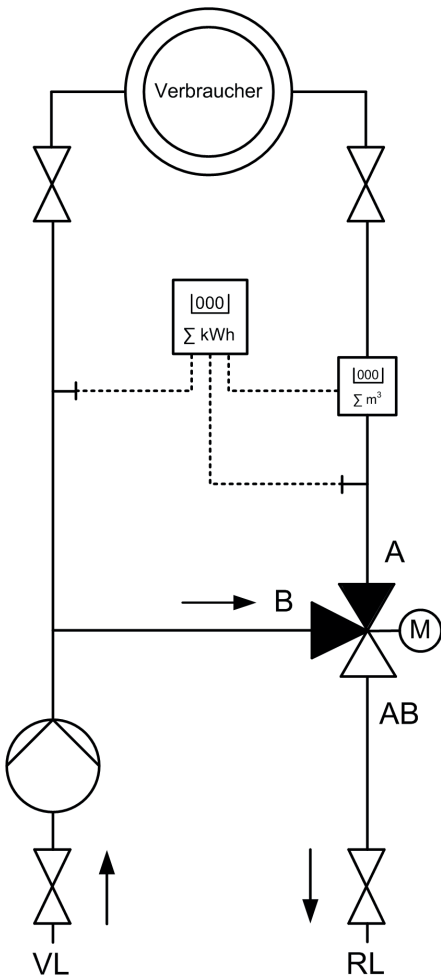


Positionierung des Wärmehählers im volumenkonstantem Bereich mit einer Temperatur-differenz von > 3K

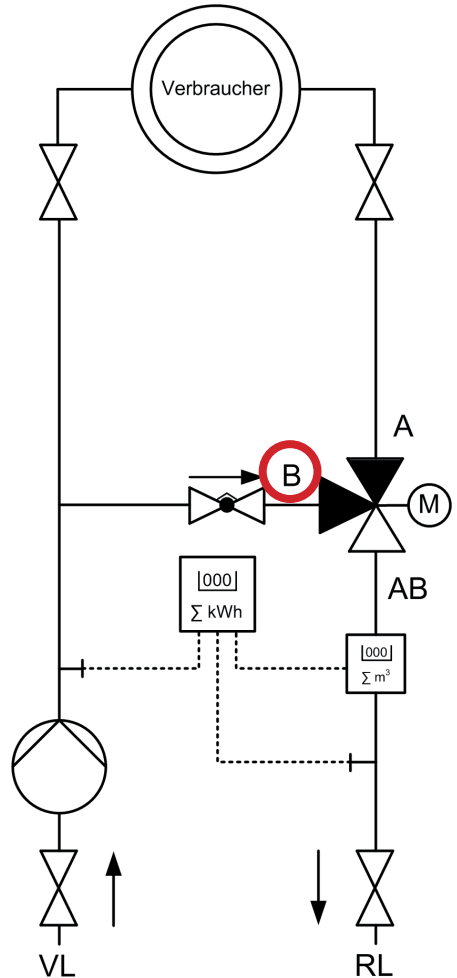
Achtung

Der Einbau in den Erzeugerkreislauf wird aufgrund der geringen Temperaturdifferenz nicht empfohlen, da meistens Falschmessungen entstehen.

3.2.5 Umlenkschaltung



Positionierung des Wärmezählers im volumenvariablen Bereich



Positionierung des Wärmezählers im volumenkonstanten Bereich



Bypass auf 6% von Q_n drosseln! Sonst entstehen durch eine zu geringe Temperaturdifferenz im volumenkonstanten Kreislauf unbrauchbare Messergebnisse am Wärmezähler.

4. Kältezähler

4.1 Besondere Anforderungen für die Messung von Kälteenergie

Seit dem 01.01.2009 dürfen nur noch Messgeräte für die Verwendung im geschäftlichen Verkehr installiert oder im Eich Austausch eingesetzt werden, die eine Zulassung zur Messung in Kühlkreisläufen nach PTB Richtlinie K 7.2 besitzen.



Foto 10:
Minol Ultraschall-Durchflusssensor IUF. In den Größen q_v 15 – q_v 250 m^3/h und unterschiedlichen Baulängen wahlweise mit Kältezulassung K7.2 oder als Wärmehähler bestellbar.

Kältezähler sind immer rücklaufseitig und nur in den volumenvariablen hydraulischen Regelkreis einzusetzen. Dies verringert die Einflüsse von Kondenswasser auf den Durchflusssensor und ermöglicht einen Messbetrieb im Bereich des zugelassenen Temperaturdifferenzbereiches der Rechenwerke (Standard $\Delta\theta$ 3 K). Der volumenkonstante hydraulische Kreislauf ist als Montageort für Kältezähler weniger geeignet, da sich hier im Anlagenbetrieb überwiegend nur sehr geringe Temperaturdifferenzen unterhalb von 3 K einstellen.

Die Durchflusssensoren und Rechenwerke benötigen für den Einsatzbereich eine entsprechende Temperaturzulassung (siehe Typenschild).

Da Fachplaner in der Verantwortung stehen, die Gebäudetechnik so zu planen, dass für das Objekt eine verbrauchsbasierte Kostenabrechnung ermöglicht wird, müssen Anlagengruppen mit einer Auslegungsmindesttemperaturdifferenz von ≥ 5 Kelvin geplant werden. Im jahresdurchschnittlichen Anlagenbetrieb sind 3 Kelvin nicht zu unterschreiten.

Eine eichrechtlich geprüfte Temperaturerfassung von Temperaturdifferenzen unter 3 Kelvin ist messtechnisch sehr komplex und kann mit Messgeräten im marktüblichen Preissegment nicht bedient werden. Daher werden in der Europäischen Messgeräterichtlinie MID (Measuring Instruments Directive) 2004/22/EG auch nur 3 Kelvin als kleinste Temperaturdifferenz benannt.

Temperatursensoren für Kältezähler der Größen $\leq q_p 6,0 \text{ m}^3/\text{h}$ müssen zur Erfassung der systembedingt geringen Temperaturspreizung direktauchend ohne Tauchhülsen in das Medium eingesetzt werden.

Um diese optimale Temperaturmessung auch für größere Zählerdimensionen sicherzustellen, sind Kugelhähne von DN 15 bis DN 50 mit integriertem Fühleranschluss erhältlich. Die Fühlerlängen der Messgeräte sind später passend zu den installierten Kugelhähnen auszuwählen. Die Eintauchtiefe der Fühlerspitze bis knapp über die Rohrachsenmitte ist auch in diesen Fällen sicherzustellen. Alternativ können Einbausets verwendet werden, welche den Einbau von langen Temperaturfühlern mit einer Baulänge $\geq 100\text{mm}$ direktauchend ermöglichen, siehe Fotos 3 u. 4 auf Seite 13. Diese Messpunkte sind mit entsprechenden Sicherheitsmarkierungen zusammen mit der Verplombung zu kennzeichnen.

Allgemein ist eine symmetrische Messung durchzuführen, das heißt, Vor- und Rücklauffühler werden entweder beide direktauchend oder beide in identische Tauchhülsen eingesetzt. Asymmetrische Messungen bedürfen einer Bauartzulassung der PTB.

Hinweis

Ist die direktauchende Messung nicht möglich, können für größere Rohrnennweiten spezielle Temperaturfühler mit guter Temperaturübertragung in Tauchhülsen eingesetzt werden (z.B. kombinierter Kunststoff-Metallfühler). Diese Fühlerart ist im Bereich des Kunststoffkopfes auch weniger anfällig gegen Taupunktunterschreitung und damit verbundene Kondensateinwirkung. Sonderlösungen sind je nach Anforderung mit einem Fachunternehmen abzustimmen.

Die Ausführung der diffusionsdichten Isolierung einer Messstrecke und eines Kältezählers erfordert entsprechend der hohen Anforderung im Kältebereich den Einsatz eines Fachunternehmens. Um bei Zählereinbau, amtlicher Befundprüfung oder Zählertausch kostenintensive Bearbeitungen an möglicherweise fest installierter Blechummantelung zu vermeiden, sind im Bereich des Durchflusssensors sowie der Temperaturmessstellen einfach lösbare Blech- oder Kunststoffformteile mit Spannbändern und Kappenschlössern zu empfehlen. Rechenwerke sind vom Durchflusssensor getrennt ohne Isolierung zu montieren, um Ausfälle an elektronischen Bauteilen durch Schwitzwassereintritt zu verhindern. Für die erforderlichen Kabeldurchführungen vom Durchflusssensor und von den Temperatursensoren zum zugehörigen Rechenwerk sind Öffnungen mit Kanten-schutzband in Blechformteilen vorzusehen, um das Risiko einer Beschädigung von Kabeln dauerhaft zu reduzieren.

Zur Verhinderung von Kondenswassereintritt bei Taupunktunterschreitung müssen Tauchhülsen im Kältetechnikbereich mit der Öffnung leicht schräg nach unten montiert werden. Aus demselben Grund sind Rechenwerke mit ausreichendem Abstand zum Volumenmessteil zu befestigen und alle Anschlussleitungen vor dem Eintritt in Tauchhülsen und Rechenwerke mit hängenden Abtropfschlaufen zu verlegen (Abb. 4.1).

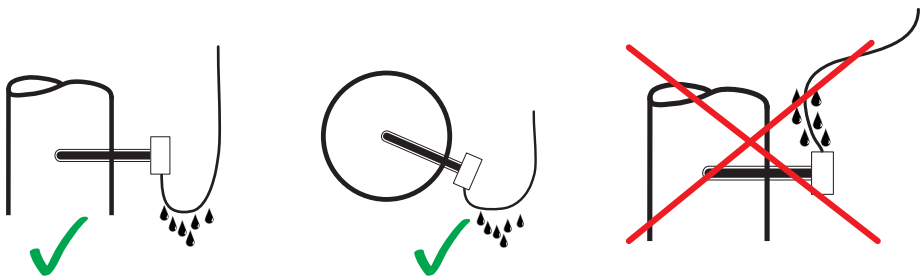
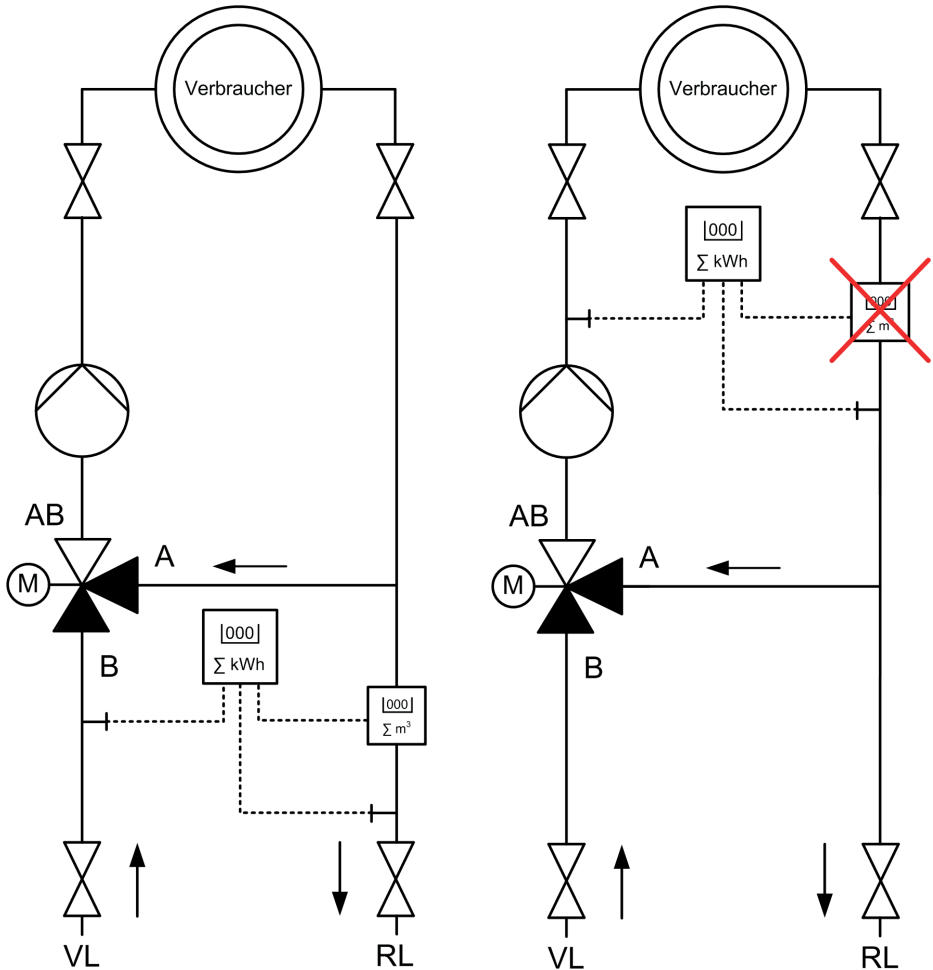


Abb. 4.1
Montageausführung gemäß dem Arbeitsblatt der AGFW FW 211 (09/2009) - Kältemessung

Die messtechnischen Anforderungen an einen Kältezähler sind in der technischen Richtlinie der PTB K 7.2 beschrieben. Für den allgemeinen Einbau und die Inbetriebnahme gelten für Kältezähler wie auch für Wärmezähler die TR K9 und TR K8 der PTB sowie die DIN EN 1434-6.

4.2 Fachgerechte Anordnung von Kältezählern im volumenvariablen Bereich hydraulischer Schaltungen

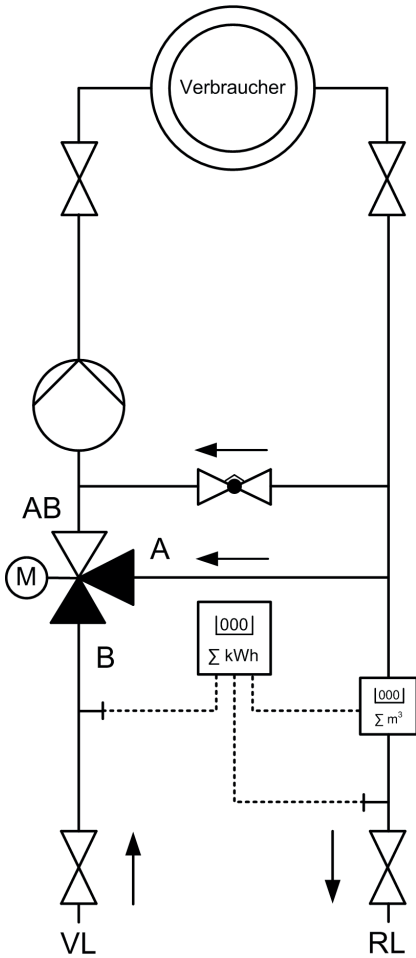
4.2.1 Beimischschaltung



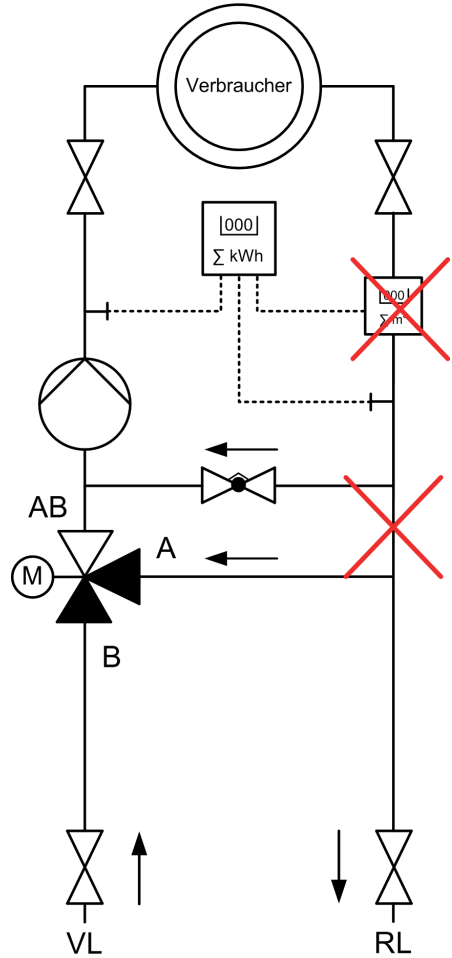
Richtige Positionierung des Kältezählers im volumenvariablen Bereich

Falsche Positionierung des Kältezählers im volumenkonstanten Bereich

4.2.2 Beimischschaltung mit fester Vormischung

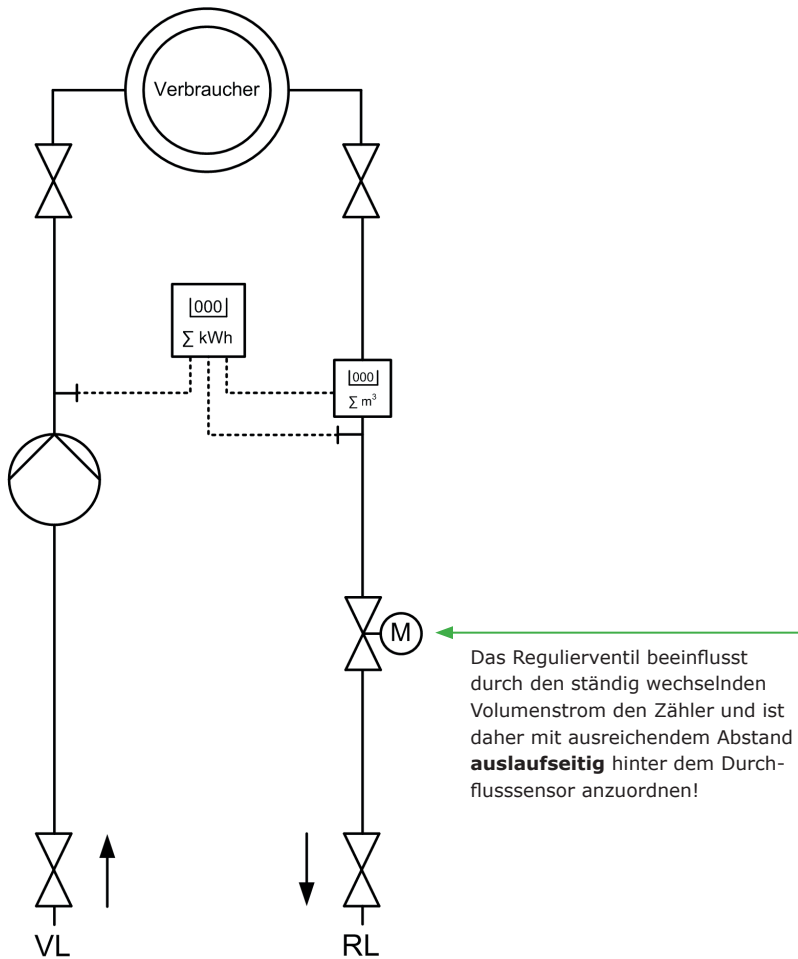


Richtige Positionierung des Kältezählers im volumenvariablen Bereich



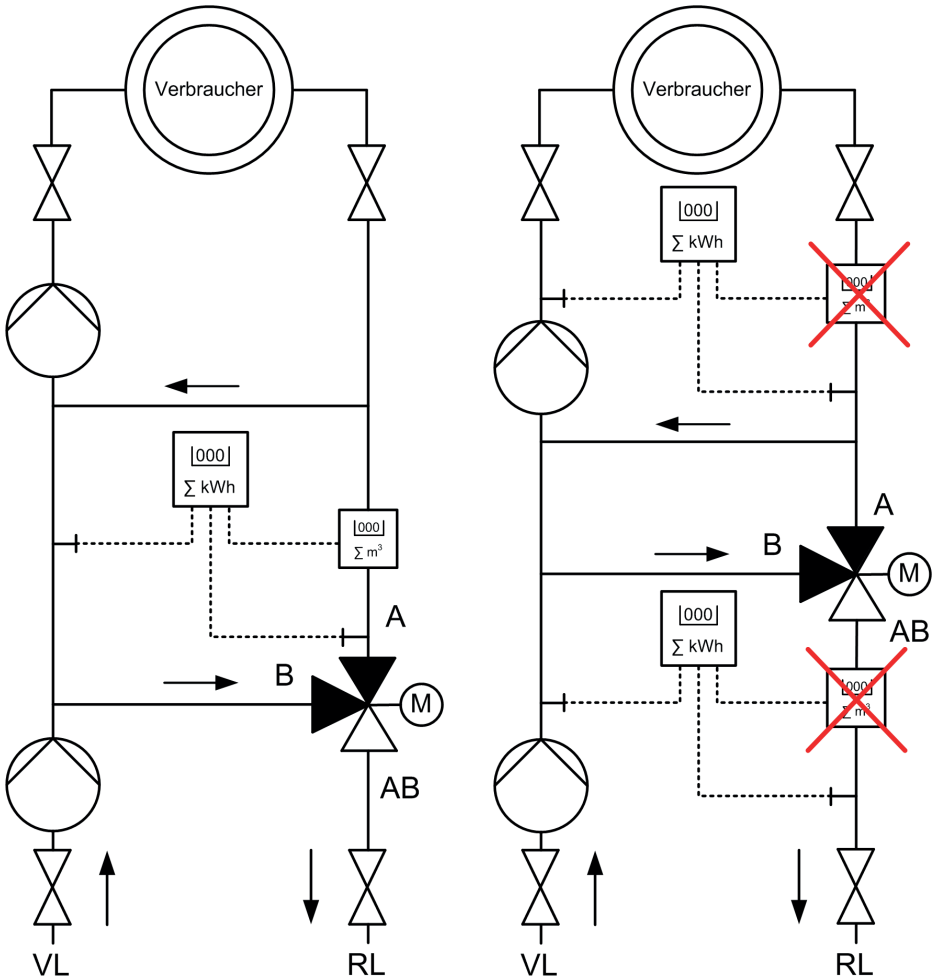
Falsche Positionierung des Kältezählers im volumenkonstanten Bereich

4.2.3 Drosselschaltung



Richtige Positionierung des Kältezählers im volumenvariablen Bereich

4.2.4 Einspritzschaltung mit Dreiwegeventil



Richtige Positionierung des Kältezählers im volumenvariablen Bereich

Falsche Positionierung des Kältezählers im volumenkonstanten Bereich

5. Kombinierte Kälte-/Wärmezähler (Klima)

Kombinierte Kälte-/Wärmezähler sind für den Einsatz in Rohrsysteme vorgesehen, die je nach den Erfordernissen über dieselbe Leitung Kälte- oder Wärmeenergie an Verbraucher liefert (Abb. 5.1).

Übliche Anwendungsfälle sind Deckensegel, Fußbodenheizungen, Heizkörper oder Anlagen mit thermischen Bauteilsystemen, auch als Betonkernaktivierung oder Betonkerntemperierung bekannt. Dabei sind in den Betonbauteilen (meist Decken, aber auch Pfeiler oder ggf. Wände) vorgefertigte Rohrregister eingelassen, in denen das Wasser zirkuliert und je nach Temperatur Wärme aus der Decke aufnimmt (Kühleffekt) oder an die Decke abgibt (Heizen).

Die Standardausführungen der Klimamessgeräte sind für die Installation des Volumensmessstils in die Rücklaufrohrleitung zugelassen.

Die in der Regel niedrige Auslegungstemperaturdifferenz im Kühl- und Heizbetrieb erfordert eine hohe Sorgfalt bei der Auswahl und dem Einbau von Tauchhülsen und Temperatursensoren. Die direktauchende Temperaturerfassung ohne Tauchhülse ist daher entweder über die PTB TR K9 und K8, die DIN EN 1434-6 bzw. Eichgesetz verpflichtend oder, bei größeren Rohrleitungen, die zu bevorzugende Ausführung.

Derartige Anlagengruppen müssen durch den Fachplaner mit Auslegungstemperaturdifferenz von mindestens ≥ 5 Kelvin ausgelegt werden. Im jahresdurchschnittlichen Anlagenbetrieb sind 3 Kelvin nicht zu unterschreiten.

Mit Blick auf das Gesamtmesskonzept ist zu prüfen und vorzugeben, ob Anlagensysteme wie z.B. Betonkernaktivierungen durch die Mieter verbrauchstechnisch beeinflusst werden können. Eine Einzelmessung erscheint in diesen Fällen nicht immer zielführend. In jedem Falle ist eine fachgerechte Vorverteilung im Primärkreislauf immer einzuplanen und/oder zumindest eine zonenbasierte Gesamtmessung vorzunehmen.

Die messtechnischen Anforderungen an einen kombinierten Kälte- und Wärmezähler sind in der technischen Richtlinie der PTB K 7.2 und in der EN 1434 (2023) beschrieben.

Abnahme im Kühl- oder Heizbetrieb

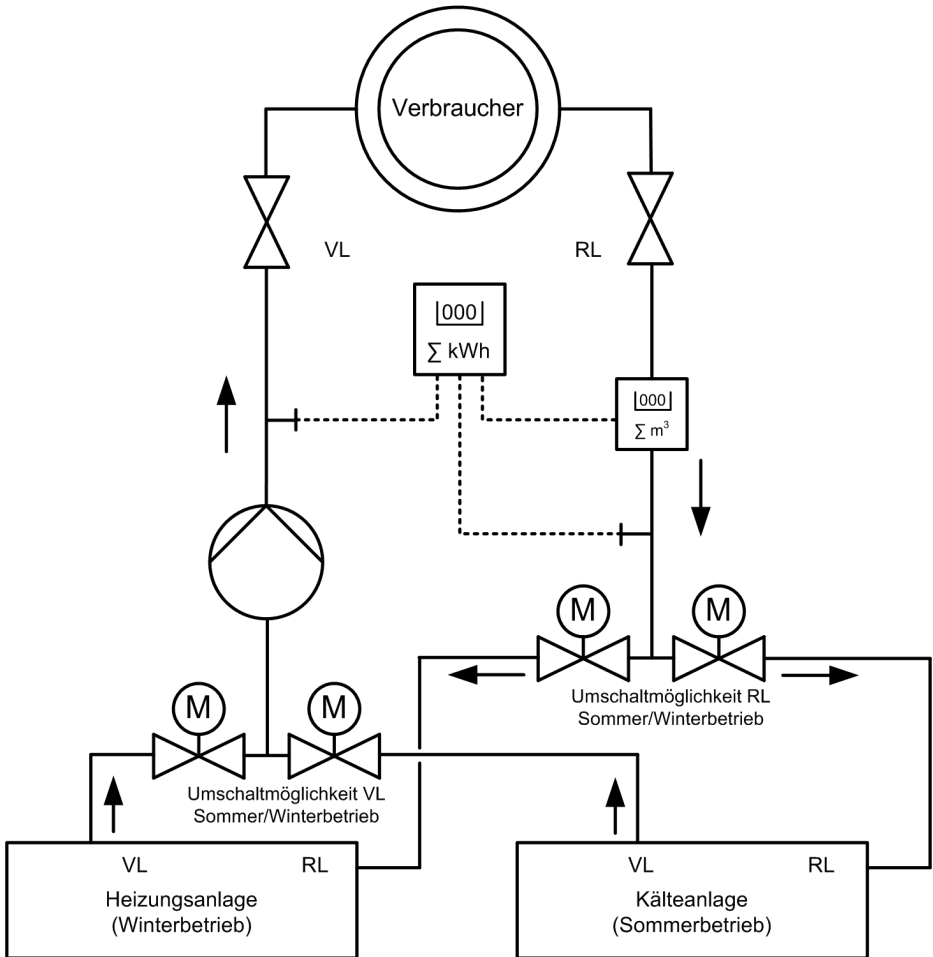


Abb. 5.1
Kombinierte Anlage für einen Kühl- oder Heizbetrieb

6. Messung in Wasser-Glykolgemischen

Messgeräte für Wärme- und Kältesysteme mit Wasser-Glykol- oder vergleichbaren Gemischen sind aufgrund der instabilen Mischverhältnisse und der Veränderung von Viskosität sowie Wärmekapazität nicht eichfähig. Für die Verwendung in verbrauchsbezogenen Nebenkostenabrechnungen müssen mit Verweis auf die Heizkostenverordnung §5(1) geeignete Messgeräte eingesetzt werden. Für diese Systeme eignen sich demzufolge nur spezielle Wärme- und Kältezähler, die in diesem Medium mit einer geringen Fehlerhöhe arbeiten. Die Durchflusssensoren benötigen den Zulassungsnachweis für den jeweiligen Mediumstemperaturbereich. Dies ist insbesondere für Solaranlagen zu berücksichtigen, in deren direktem Primärkreislauf sehr hohe Temperaturen über 100° C auftreten können. Für den Kältebereich muss der Hersteller die Beständigkeit des Volumensensors bei einer Betauung durch Kondenswasser bestätigen. In diesen Bereichen werden erfahrungsgemäß Wasserzähler der Baureihe Woltman eingesetzt, welche über die Schutzklasse IP65 verfügen.

Zudem müssen die Durchflusssensoren allgemein für Wasser-Glykolgemische geeignet sein. Die Bauarten Flügelradzähler und MID (magnetisch induktiv) haben z.B. diese Eignung. Bei einer Verwendung von Ultraschallzählern müssen Spezialanfertigungen genutzt werden, bei denen eine Fehlerkorrektur für das eingesetzte Wasser-Glykolgemisch erfolgt.

Die Verbrauchsanzeigen von Messgeräten in Wasser-Glykolgemischen müssen im Vergleich zur Messung in reinen Wasserkreisläufen korrigiert werden. Dies geschieht mittels geeigneter Rechenwerke die entsprechende Korrekturfaktoren berücksichtigen. Ein direkter Vergleich von Messwerten geeichter Messgeräte mit der Anordnung im Kühl- bzw. Heizungswasser mit Messwerten von ungeeichten Messgeräten mit Einbau in Rohrleitungsabschnitten mit Wasser-Glykolgemischen ist mit einem Fehler behaftet und daher in der Regel unzulässig.

Sind im Gebäudebestand Messungen in Wasser-Glykolgemischen unvermeidbar, so ist das gesamte Messkonzept detailliert zu prüfen. Üblicherweise sind in diesen Fällen in einer primären Vorverteilungsstufe im Wasser-Glykolgemisch alle Verbraucherkreise mit ungeeichten Messgeräten auszustatten. Die nachfolgende Verbrauchserfassung einzelner Entnahmestellen ist - sofern möglich- über geeichte Messgeräte sicherzustellen.

Empfehlung: Unter Berücksichtigung der beschriebenen allgemeinen Problematiken und instabiler Messergebnisse sollten von Seiten der Planer Anlagen konzipiert werden, welche durch geeignete Maßnahmen, wie z.B. durch den Einsatz von Wärmetauschern, Messungen in Wasser-Glykolgemischen vermeiden.

7. Zählerdimensionierung/Messkonzept

7.1 Zählerdimensionierung

Grundlage für eine korrekte Messung ist neben der Wahl des richtigen Montageortes und einer fachgerechten Montageausführung die sorgfältige Bestimmung der Zählerdimension. Beim Einbau der Messgeräte in die volumenvariablen Regelkreisläufe ist eine genaue Auslegung der Zählergröße erforderlich, um abrechnungsrelevante Mindermessungen zu vermeiden.

Ein Hauptproblem sind überdimensionierte Wärmezähler, welche die überwiegend vorliegenden geringen Volumenmengen bis hinein in den Bereich der Mindestanlaufmengen nicht ausreichend genau erfassen können.

Da in der Heizlastberechnung genügend Reserven berücksichtigt werden und die höchste Anforderung nur selten und dann relativ kurzzeitig besteht, sollten die Messgeräte so ausgelegt werden, dass im Normalbetrieb der Anlage folgende Volumenströme an der Messstelle registriert werden können:

- 70 - 85 % von q_p bei mechanischen Volumenmessteilen
- 80 - 120 % von q_p bei statischen Volumenmessteilen (Ultraschallzähler, etc.)
- Einbau in den volumenkonstanten Regelkreis: $V_{\text{normal}} = 50 - 65 \%$,
max. 80 % von q_p

Volumenmindermessungen sind im konstanten Bereich nicht zu erwarten. Hier besteht eher die Gefahr einer Grenzbelastung und somit der Zerstörung des Flügelradlagers im Volumenmessteil. Die genannten 80 % sind daher nur für messstabile Zähler der Baureihe Woltman oder Ultraschallzähler zu empfehlen. Bei konstant überhöhten Pumpenleistungen stellt sich häufig eine zu geringe Temperaturspreizung ein, welche keine ordnungsgemäße Erfassung im Rahmen der eichfähigen Mindesttemperaturdifferenz für Rechenwerke von $\Theta\Delta_{\text{min}} = 3 \text{ K}$ ermöglicht. Die Pumpenleistung ist in diesen Fällen im Rahmen einer hydraulischen Anlagenprüfung zu drosseln.

Höhere Durchflüsse in Spitzenzeiten gelten als problemlos, da statische Wärmezähler bis zu 200 % von q_p belastet werden können. Einige Bauarten können bis zu 280 % von q_p messrichtig erfassen. Diese Angaben sind allgemeine Empfehlungen und müssen über den Fachplaner anlagenbezogen geprüft werden.

Für viele Messstellen im Rohrnetz steht zudem eine größere Druckdifferenz zur Verfügung, da die Netzpumpe nach dem erforderlichen Differenzdruck für den entferntesten Verbraucher ausgelegt ist.

Zu große Zähler können nicht nur zu schlechten Messergebnissen führen, sondern sie treiben die Kosten für die Messgeräte und die Folgekosten für den Eich austausch aller sechs Jahre unnötig in die Höhe. Zudem sind überdimensionierte Messgeräte rechtlich nicht zulässig und müssen durch sachgerecht kleinere Zähler ersetzt werden.

Bei bereits vorhandenen Messgeräten sollten maximale Jahresdurchflusswerte aus dem häufig in Rechenwerken integrierten Speicherregister abgelesen, ausgewertet und eventuell erkennbare Möglichkeiten zur Reduzierungen der Zählerdimensionen umgesetzt werden.

7.2 Differenzmessungen

Bereits in der Planungsphase, aber auch bei Veränderungen an bestehenden Messkonzepten, muss berücksichtigt werden, dass Differenzmessungen zur Nutzergruppenabrechnung mit Wärmezählern für eine rechtskonforme verbrauchsbasierte Heizkostenabrechnung nicht zulässig sind. Die Verbrauchsanteile einer Nutzergruppe sind zu messen und nicht zu errechnen, urteilte dazu der BGH in den Jahren 2008 und 2016.

Die Vorgaben an eine fachgerechte Vorverteilung gemäß §5(7) der Heizkostenverordnung sind demzufolge einzuhalten. Dazu gehört auch, Heiz- bzw. Kühlkreise mit niedrigen Auslegungstemperaturdifferenzen im Verbraucherkreislauf wie z.B. Kühldecken oder Betonkerntemperierungen, mit einem Gesamtwärme- bzw. Kältezähler im Bereich des Heiz- bzw. Kühlmediums mit ausreichend hoher Temperaturdifferenz zu erfassen. Dazu sind Messstrecken primär vor einem Wärmetauscher oder im Primärbereich der entsprechenden hydraulischen Gesamtanschlussschaltung anzuordnen.

8. Temperaturmessung und Zählerdimensionierung bei der Warmwassermessung

8.1 Wärmezähler für die Warmwasserversorgung

Die novellierte Heizkostenverordnung fordert mit Inkrafttreten zum 01.01.2009 seit dem 31.12.2013 die Erfassung des Wärmeanteils für die Warmwassererwärmung im Standardfall über einen Wärmezähler.

Erfahrungsgemäß sind hier messtechnisch alle Vorgaben in der unter Punkt 8.2 beschriebenen technischen Variante des Plattenwärmetauschers umzusetzen. Für bestmögliche Messergebnisse sollten Wärmezähler mit entsprechend kurzen Temperaturmessintervallen < 8 Sekunden eingesetzt und eine direktauchende Messung sichergestellt werden.

Wenn in einer Kesselanlage nur die Warmwasserbereitung mit einem Wärmezähler gemessen wird, ergibt sich daraus eine fehlerhafte Berechnung des Anteils für das Heizungssystem. Die Umwandlung von Brennstoff in Wärme kann physikalisch nicht verlustfrei erfolgen und es sind insbesondere bei älteren Bestandskesseln statt 100 % nur 80 % Jahresnutzungsgrad vorhanden. Der zusätzliche Einbau eines weiteren Wärmezählers ist hier die fachlich sinnvolle Ergänzung der Messausstattung. Als Nutzen kann damit auch der tatsächliche Wirkungsgrad und die erforderliche Kesselgröße messtechnisch sicher bestimmt werden.

8.2 Warmwassererwärmung über Plattenwärmetauscher

Die Erwärmung von Trinkwasser in Kompaktstationen über Plattenwärmetauscher ermöglicht die Warmwasserversorgung direkt im Bedarfsfall ohne energieaufwändige Bevorratung. Systembedingt kommt es dabei in dem Wärmetauscher zu einer starken und schnellen Abkühlung des Heizwassers. Häufig werden im täglichen Gebrauch aber nur kleinere Mengen an Warmwasser entnommen und die hohe Temperaturdifferenz zwischen der Vor- und Rücklaufheizleitung liegt, bedingt durch den sprunghaften Wechsel, nur kurzzeitig vor.

Für die optimale Erfassung dieser kurzen Intervalle sind daher Wärmezähler mit Messzyklen für die Temperaturmessung von maximal 8 Sekunden einzusetzen. Die kurzen Temperaturfühler sollten eine Ansprechzeit von $\tau_{0,5} = 2,5 \text{ sec}$ (Form DS) aufweisen und die Volumenmessung mit dem Messraster 2 sec (4 sec in der Praxis ausreichend) erfolgen.

Bei Kompaktstationen zur Versorgung mit Raumheizung und Warmwasser wird die größere Durchflusshöhe des Warmwasserwärmetauschers der Zählerauslegung zugrunde gelegt. Erhebliche Mindermessungen für die Raumheizung sind die Folge der kleinsten Volumenströme, welche durch die für die Warmwasserbereitung ständig geforderte Vorlauftemperatur von ca. 70° C verursacht werden. Für Wohnungen und Einfamilienhäuser ist daher der Einsatz von Zählern der Größe q_p 0,6 m³/h erforderlich, auch wenn die Warmwasserbereitung kurzfristig eine Volumenmenge bis zu 1,2 m³/h abnimmt. Messstabile Zähler (z.B. Minol Ultraschallzähler Minocal® C5-IUF q_p 0,6 m³/h, siehe Foto 8, Seite 22) sind aber auch bei einer höheren Belastung bis zu $2 \times q_p$, also 1,2 m³/h (= q_s) für diese Stationen einsetzbar. Bei dem Einsatz von mechanischen Zählern der Größe q_p 1,5 m³/h und der Verwendung von Tauchhülsen sind Mindermessungen bis zu 50% festgestellt worden.

Einige Hersteller von Kompaktstationen geben jedoch in den Produktunterlagen die Zählerdimensionierung q_p 1,5 m³/h vor. In diesen Fällen ist zu empfehlen, einen Ultraschallzähler mit kleinem Anlaufwert und Temperaturmesszyklus 4s einzusetzen.

9. Heizungsanlagen mit solarthermischer Unterstützung

Die über die Heizkostenverordnung geforderte Messung des Heizenergieanteils für die Trinkwassererwärmung mittels Wärmehähler ist systemabhängig meistens auch in Heizanlagen mit Einbindung von Solarthermie umsetzbar. Wichtig ist die Festlegung des richtigen Einbauortes und die Dokumentation, ob über diesen Wärmehähler eine direkte und ausschließliche Messung des Brennstoffanteils für die Trinkwassererwärmung (z.B. Gas, Heizöl) möglich ist (Abb. 9.1, 9.3) oder aber der solarthermische Beitrag zur Warmwasserbereitung messtechnisch mit erfasst wird (Abb. 9.2, 9.4). Im zuletzt genannten Fall ist nach VDI 2077 3.3 vom Verbrauch des Wärmehählers Warmwasser der solare Deckungsgrad Warmwasser abzuziehen. Ist zusätzlich ein Wärmehähler im Heizkreis der Raumheizung installiert, gilt identisches Unterscheidungsprinzip und bei Bedarf der Abzug des solaren Deckungsgrades für die Raumheizung. Die solaren Deckungsgradangaben sind vom zuständigen Fachplaner/Heizungsbaumeister zu ermitteln und dem Gebäudeeigentümer zu übergeben. Detaillierte Angaben zur Berechnung der solaren Deckungsgrade sowie zur Anordnung von Wärmehählern in den Heizungssystemen sind der VDI 2077 3.3 (2016) zu entnehmen.

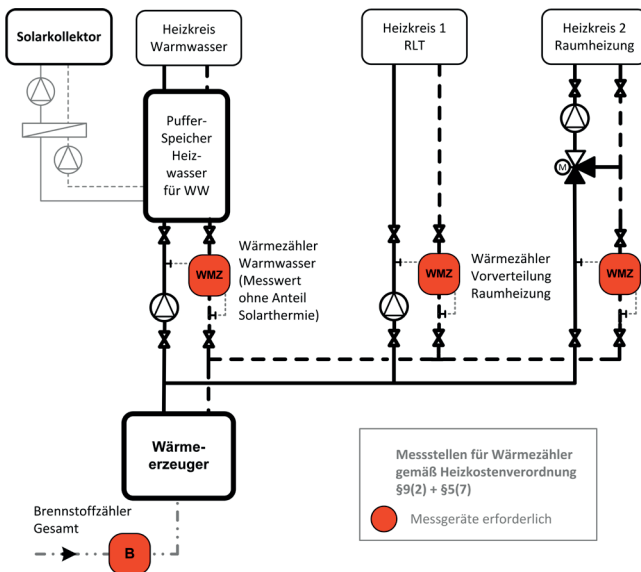


Abb. 9.1
Solarthermische Unterstützung nur für die Warmwasserbereitung. Mit einem entsprechend angeordneten Wärmehähler ist die direkte Messung des Brennstoffanteils für Warmwasser möglich.

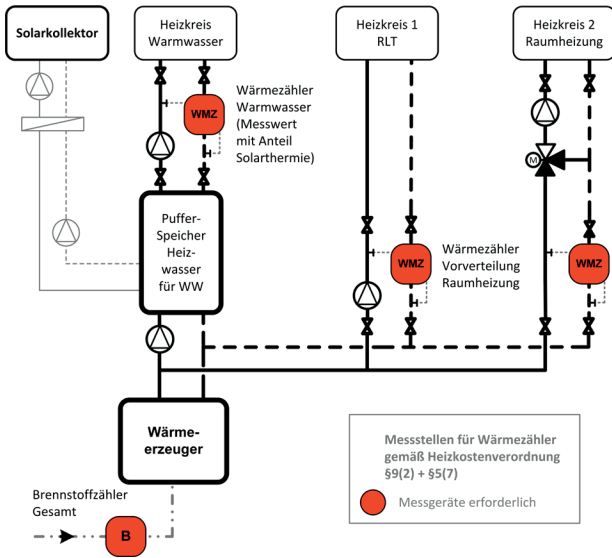


Abb. 9.2
Solarthermische Unterstützung nur für die Warmwasserbereitung. Die direkte Messung des Brennstoffanteils für Warmwasser ist aufgrund des Anlagenaufbaues nicht möglich. Der solare Deckungsgrad Warmwasser ist vom Messwert des Wärmehählers Warmwasser abzuziehen.

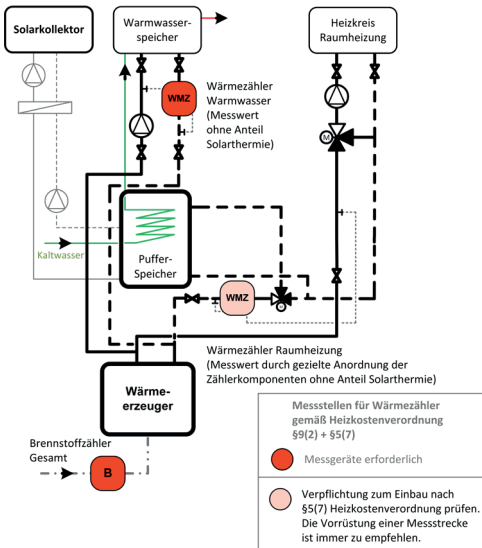


Abb. 9.3
Solarthermische Unterstützung für die Warmwasserbereitung und die Raumheizung. Mit entsprechend angeordneten Wärmehähmern ist die direkte Messung des Brennstoffanteils für Warmwasser und für die Raumheizung möglich.

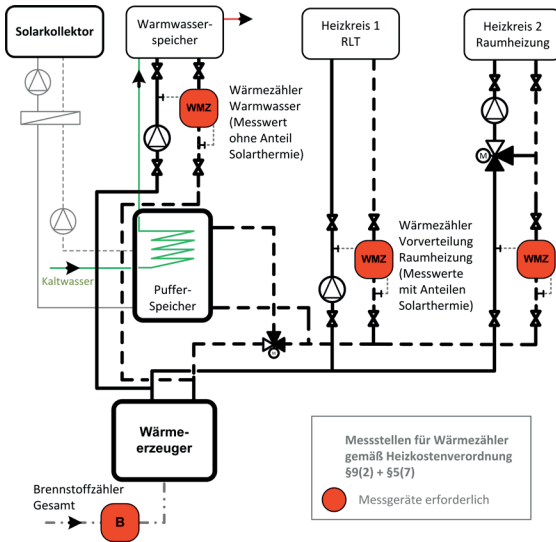


Abb. 9.4 Solarthermische Unterstützung für die Warmwasserbereitung und die Raumheizung. Die direkte Messung der Brennstoffanteile für Warmwasser ist möglich. Der solare Deckungsgrad Raumheizung ist in den Messwerten der Wärmezähler Raumheizung enthalten.

10. Heizungsanlagen mit Einbindung von Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW)

Für Heizungsanlagen mit einer alleinigen oder zusätzlichen Heizwärmeversorgung aus einer KWK Anlage (BHKW) stellt sich oft die Frage nach der korrekten Messausstattung. Da der Brennstoffanteil des BHKW's, welcher für die Stromerzeugung benötigt wird, nicht in einer Heizkostenabrechnung nach Heizkostenverordnung umgelegt werden darf, muss der umlagefähige Anteil durch den Gebäudeeigentümer korrekt und für seine Mieter nachvollziehbar errechnet werden. Minol empfiehlt dafür die Anwendung der Berechnungsmethoden nach gültiger VDI 2077 3.1. Die unterschiedlichen Berechnungsmöglichkeiten lassen sich dabei immer nur über eine Mindestmessausstattung umsetzen, welche für geprüfte* KWK Anlagen aus einem Gesamtbrennstoffzähler (Gasgesamtzähler z.B. für BHKW + Zusatzkessel) und einem Stromzähler nach dem BHKW besteht (Abb. 10.1). Dazu fließen thermische und elektrische Wirkungsgradangaben der BHKW Anlage und ggf. Verbrauchsmengen eines Betriebsstundenzählers des BHKW in die Berechnung ein. Für ungeprüfte BHKW Anlagen erweitert sich diese benannte Mindestmessausstattung noch um einen eigenen Brennstoffzähler für das BHKW sowie einen Wärmezähler nach diesem. Die Berechnung erfolgt in diesem Falle ausschließlich über die Verbrauchswerte der Messgeräte.

* Wirkungsgrade und Kennlinien des BHKW sind üblicherweise herstellerunabhängig geprüft und bestätigt, z.B. über ein TÜV Zertifikat

Zur Vereinfachung der jährlichen Kostenermittlung empfiehlt Minol den Betreibern von BHKW Anlagen immer die letztgenannte vollständige Messausstattung, welche u.U. objektbezogen an das vorhandene Anlagensystem angepasst werden muss (Abb. 10.2). Die Einbauvorschriften für den oder die Wärmezähler nach dem BHKW unterscheiden sich nicht zu dem im Praxisratgeber dargestellten Vorgehen.

Alle Vorgaben aus der VDI Richtlinie 2077 3.1 an die Messausstattung sind durch den Fachplaner bzw. Heizungsinstallateur zu berücksichtigen, damit den Betreibern der KWK-Anlage die Berechnung der umlagefähigen Brennstoffkosten einfach und zugleich richtig ermöglicht wird.

Die VDI 2077 3.1 gilt nur für BHKW Anlagen, deren Wärmeerzeugung komplett für Heizwärme genutzt wird und welche sich nicht in einer gewerblichen Wärmelieferung (Wärmecontracting) befinden. In diesen Fällen muss der verantwortliche Wärmelieferant einen Gesamtwärmezähler nach der BHKW Anlage und nach einem eventuell vorhandenen Zusatzheizkessel installieren und die Wärme wird vergleichbar mit einem Fernwärmeanschluss zu einem vereinbartem Preis dem Gebäudeeigentümer in Rechnung gestellt. Eine Berechnung nach VDI 2077 3.1 ist für diese Anlagen nicht zulässig.

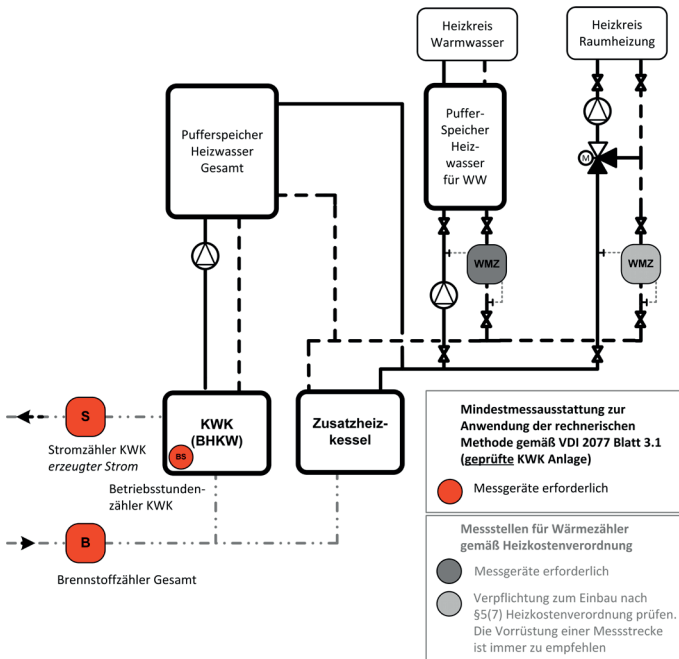


Abb. 10.1 Geprüfte, KWK Anlage: Mindestmessausstattung für die Berechnung der umlagefähigen Brennstoffkosten nach rechnerischen Methoden gemäß VDI 2077 3.1

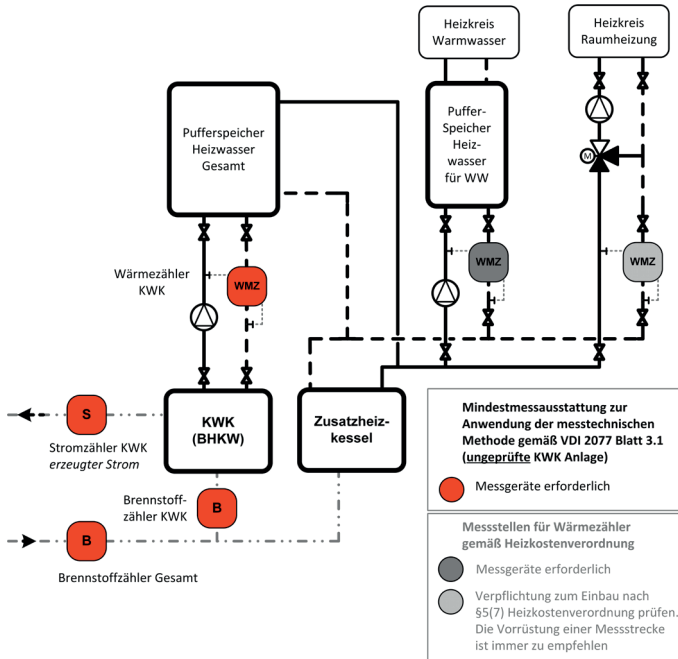


Abb. 10.2
 Ugeprüfte KWK Anlage: vollständige Messausstattung für die Berechnung der umlagefähigen Brennstoffkosten nach messtechnischen Methoden gemäß VDI 2077 3.1

10.1 Heizungsanlagen mit Einbindung von Brennstoffzellenheizungen

Noch sehr selten werden Brennstoffzellenheizungen eingesetzt. Ohne den klassischen Verbrennungsprozess wird im Brennstoffzellen-Heizgerät z.B. aus Erdgas Wasserstoff gewonnen, aus dem wiederum in einer elektrochemischen Reaktion in Verbindung mit Sauerstoff Strom, Wärme und Wasser entstehen.

Der Brennstoffanteil zur Stromerzeugung ist im Vergleich zu einer KWK-Anlage (BHKW) in der Regel höher und auch bei einer Brennstoffzellenheizung darf er nicht in einer Heizkostenabrechnung nach Heizkostenverordnung umgelegt werden. Dieser Anteil muss zunächst ermittelt und von den Gesamtkosten abgezogen werden. Wird die erzeugte Heizwärme vollständig im Gebäude genutzt, kann vergleichbar zur KWK-Anlage (BHKW) die VDI 2077 Blatt 3.1 zur Berechnung der Brennstoffkostenanteile angewendet werden. Zur Vereinfachung der jährlichen Kostenermittlung empfiehlt Minol auch den Betreibern von Brennstoffzellenheizungen eine vollständige Messausstattung (siehe Abbildung 10.2).

Für Brennstoffzellenheizungen, welche durch einen Contractor betrieben werden, ist die Anwendung der VDI 2077 Blatt 3.1 nicht zulässig und es gilt die AVB Fernwärme mit einer Abrechnung der Wärmelieferung in das Gebäude über Messwerte eines Wärmezählers des Wärmelieferanten.

11. Heizungsanlagen mit Einbindung von Wärmepumpen

Der Anteil von Wärmepumpen sowohl im Neubau als auch im Gebäudebestand nimmt stetig zu. Dabei sind Luft/Wasser-Wärmepumpen, Sole/Wasser-Wärmepumpen und Wasser/Wasser-Wärmepumpen die gängigsten Bauarten. Aufgrund der höheren Jahresarbeitszahlen sind strombetriebene Wärmepumpen am häufigsten und verhältnismäßig selten Gasbetriebene anzutreffen.

Die über eine Wärmepumpe erzeugte Heizenergiemenge [kWh] bzw. die Jahresarbeitszahl (JAZ) kann aus den in vielen Wärmepumpen integrierten, aber nicht geeichten, Messsystemen durch Display-Auslesung ermittelt werden oder es werden Jahresarbeitszahlen nach Angaben der Geräte-Hersteller, des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) oder der VDI 2077 Blatt 3.2 genutzt. Zu beachten ist: Die Verwendung der letztgenannten drei Quellen ermöglicht nur eine theoretische Berechnung der erzeugten Heizwärmeenergiemenge, welche vom tatsächlichen Anlagenbetrieb erheblich abweichen kann.

Minol empfiehlt den Einbau eines geeichten Wärmezählers nach der Wärmepumpe, um zur Kostenzuordnung für eine Heizkostenabrechnung im Sinne der Heizkostenverordnung ein Messgerät zu verwenden, welches messtechnisch eichrechtlichen Bestimmungen entspricht. Über einen Abgleich zum Verbrauch des Strom- oder Gaszählers vor der Wärmepumpe kann die tatsächliche Jahresarbeitszahl (JAZ) für einen Abrechnungszeitraum ermittelt werden, siehe beispielhaft Abbildungen 11.1 und 11.2. Hierzu ist die regelmäßige Ablesung der Messergebnisse gebäudeseitig sicherzustellen.

Wird im Sommer die je nach Gerätetyp mögliche Kühlfunktion einer Wärmepumpe genutzt oder über Grundwasser ein zusätzliches Kühlsystem in das Gesamtsystem eingebunden, so sind kombinierte Wärme- und Kältezähler (Klimazähler) einzusetzen, siehe beispielhaft Abbildung 11.3.

Allgemein sind die Möglichkeiten des Anlagenaufbaues vielfältig und eine geeignete Anordnung von Messgeräten ist objektbezogen frühzeitig mit den Erfordernissen der verbrauchsbasierten Kostenabrechnung abzustimmen. Ein Beispiel ist die getrennte Stromerfassung des Heiz- und Kühlbetriebes.

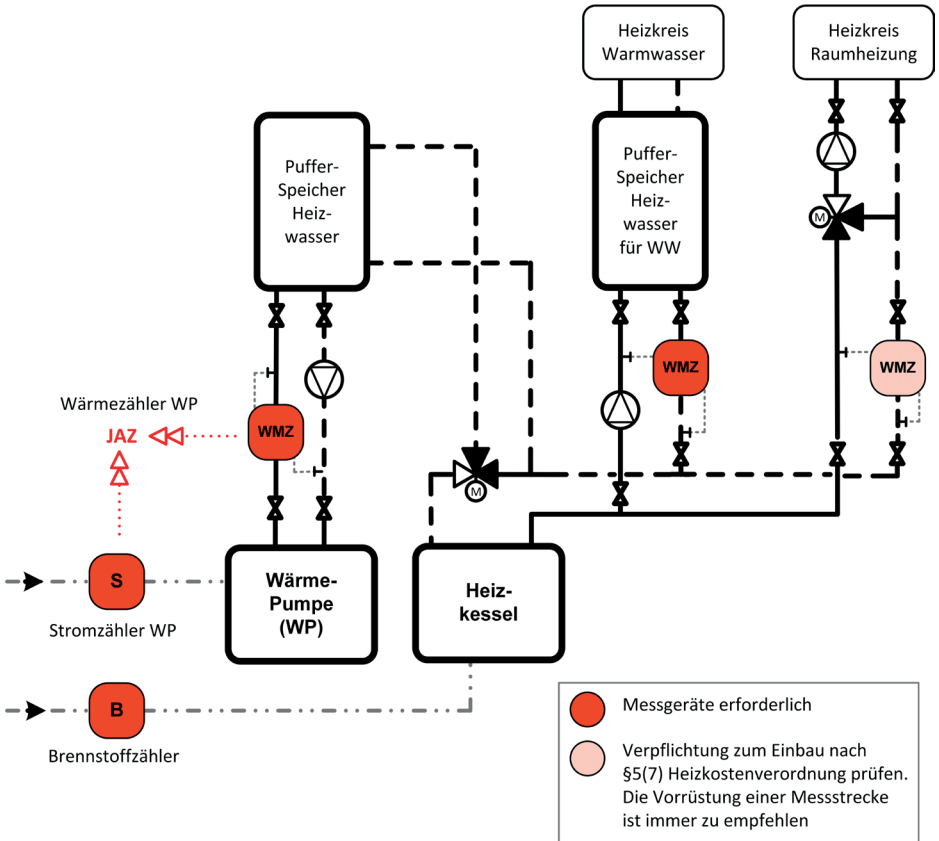


Abb. 11.1
Beispiel: Wärmepumpe im Gebäudebestand, bivalenter Anlagenbetrieb

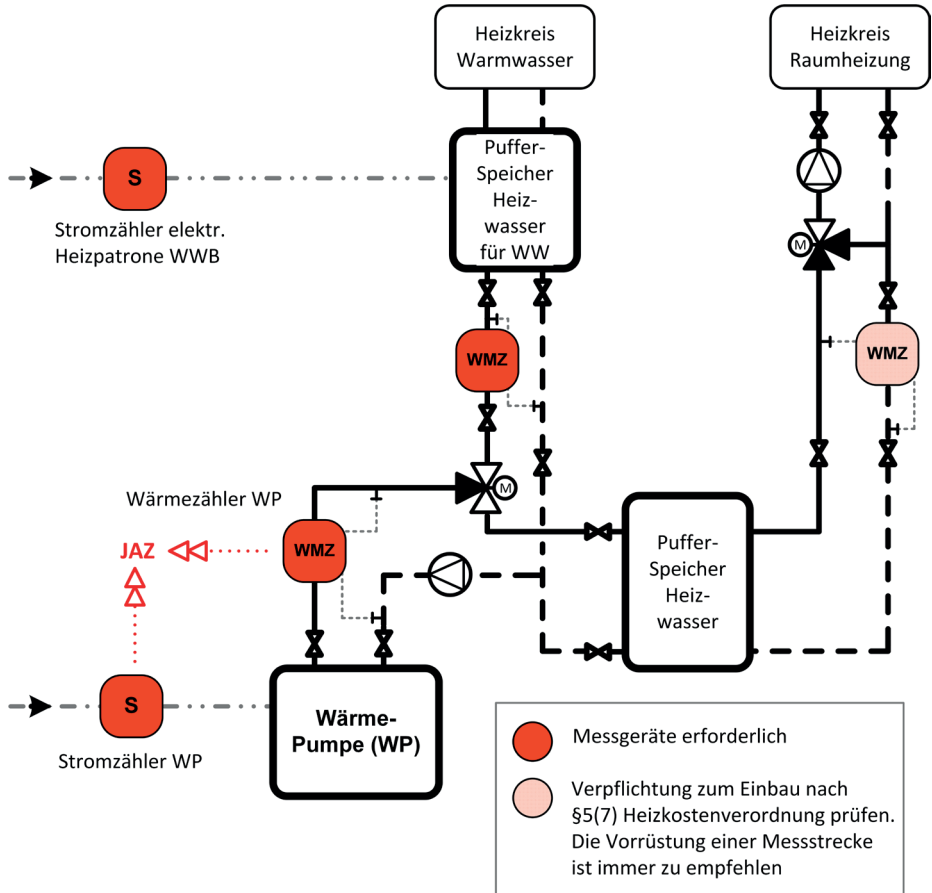


Abb. 11.2
 Beispiel: Wärmepumpe, monoenergetischer Anlagenbetrieb

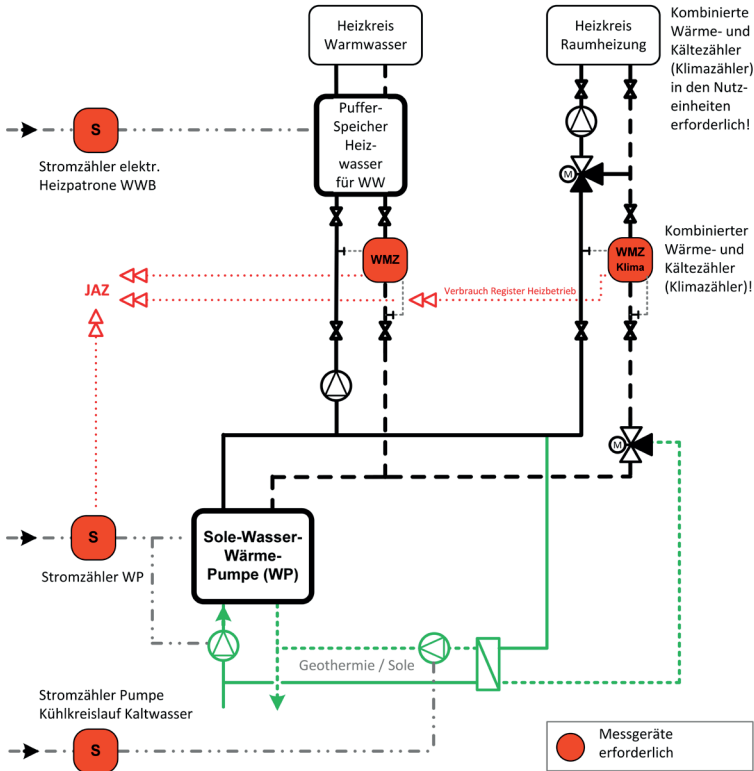


Abb. 11.3
 Beispiel: Wärmepumpe, monoenergetischer Anlagenbetrieb mit Einbindung Kühlsystem

12. Zusammenfassung

Messgeräte zur Erfassung von Wärme- und Kältelieferungen müssen entsprechend der anerkannten Regeln der Technik eingesetzt werden, um die eichrechtlich korrekte Anwendung im Betriebszustand sicherzustellen und gleichzeitig eine maximal mögliche Messgenauigkeit zu erzielen.

Die speziellen Einbaulinien jedes einzelnen Zählertyps müssen berücksichtigt werden und sind vor der Installation den Herstellerangaben zu entnehmen.

Messstrecken sind so zu planen und auszuführen, dass diese den aktuellen technischen Anforderungen entsprechen, den fabrikatsneutralen Einbau von Messgeräten ermöglichen und insgesamt eine verbrauchs-basierte Kostenabrechnung gemäß Anforderungen der gültigen Heizkostenverordnung sicherstellen.

Quellenverzeichnis und Literaturhinweise

Abbildungen und Fotos

Minol Messtechnik
W. Lehmann GmbH & Co. KG
Leinfelden-Echterdingen

Literatur

- [1] TR K9 PTB (12/2014) Inbetriebnahme von Wärme- und Kältezählern
- [2] TR K8 PTB (12/2014) Auswahl und Einbau von Temperaturfühlern für Wärme und Kältezähler
- [3] DIN EN 1434, 2023, Wärmezähler - Teil 6: Einbau, Inbetriebnahme, Überwachung und Wartung
- [4] TR K7.2 PTB (11/2006) Richtlinie zur messtechnischen Prüfung von Kältezählern
- [5] Arbeitsblatt AGFW FW 211 (09/ 2009) Kältemessung
- [6] Kreuzberg, J., Wien, J.: Handbuch der Heizkostenabrechnung, 10. Auflage 2023
- [7] VDI 2077 3.1 (11/2012) Ermittlung von umlagefähigen Brennstoffkosten von KWK Anlagen
- [8] VDI 2077 Blatt 3.2 (2013) Verbrauchskostenabrechnung für die technische Gebäudeausrüstung, Wärme- und Warmwasserversorgungsanlagen
- [9] VDI 2077 3.3 (2016) Kostenaufteilung bei Solaranlagen
- [10] PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt) - Anforderungen A 6.1, 6.2, Volumenmessgeräte für strömendes Wasser
- [11] DIN CEN TR 13582:2021 Installation von thermischen Energiemessgeräten — Richtlinien für Auswahl, Installation und Betrieb von thermischen Energiemessgeräten
- [12] BGH Urteil VIII ZR 57/07, 16.07.2008, Vorverteilung für Nutzergruppenabrechnungen
- [13] BGH Urteil VIII ZR 97/09, 21.04.2010, überdimensionierte Zähler nicht zulässig
- [14] BGH Urteil VIII ZR 329/14, 20.01.2016, Vorverteilung für Nutzergruppenabrechnungen
- [15] BGH Urteil VIII ZR 151/20, 12.01.2022, ohne Wärmezähler für Warmwasser besteht Kürzungsrecht
- [16] Heizkostenverordnung (2021) Verordnung über die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten



Minol Messtechnik W. Lehmann GmbH & Co. KG
Nikolaus-Otto-Straße 25 | 70771 Leinfelden-Echterdingen

Telefon +49 711 94 91-0 | Telefax +49 711 94 91-238
info@minol.com | minol.de