KLINGER Gysi

DAMPF- UND KONDENSAT-HANDBUCH

Nachschlagewerk für Planer und Betreiber von Dampfanlagen

Armstrong

www.klinger-gysi.ch

Inhaltsverzeichnis

Seite

Energie und Umwelt verbinden 3
Anleitung zur Verwendung der Empfehlungstabellen 4
Dampftabellen 5
Dampf – grundlegende Konzepte 7
Glockenkondensatableiter 11
Kugelschwimmer-Kondensatableiter 13
Regelmembran-Kondensatableiter (Thermodynamischer-Kondensatableiter) 14
Bimetall-Kondensatableiter 14
Thermostatische Kondensatableiter 15
Automatischer Differenzdruck-Kondensatregler 16
Auswahl des Ableitertyps (Grundsätzliche Überlegungen) 17
Anleitungen zur Ableitung von Kondensat in Dampf-Leitungssystemen und Raumheizgeräten 19
Entleeren von Dampf-Prozesssystemen 30
Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor 46
Auswahl der Flansche von Edelstahl Ableiter und Entwässerungsventile – Liste von PMA, TMA und Delta PMX 47
Installation und Testen von Armstrong Kondensatableitern 49
Fehlersuche bei Armstrong-Kondensatableitern 53
Rohrdimensionierung bei Dampfzulauf- und Kondensat-Rücklaufleitungen 54
Spezifische Wärme – Spezifisches Gewicht 57
Nützliche technische Tabellen 58
Umrechnungsfaktoren SI-Einheiten in UK/US-Einheiten 58

Energie und Umwelt verbinden

Sprechen Sie von Energie, und denken Sie gleichzeitig an die Umwelt, und umgekehrt.
Jedes energiebewusste Unternehmen ist auch umweltbewusst. Ein niedrigerer Energieverbrauch bedeutet weniger Abfall, weniger Emissionen und eine gesündere Umwelt.

Kurz, die Berücksichtigung des Energieverbrauchs und der Umweltbelastungen senkt die Kosten, die Unternehmen für beides aufwenden müssen. Indem Armstrong mit seinen Produkten und Dienstleistungen Unternehmen hilft, Energie zu sparen, tragen wir gleichzeitig zum Schutz der Umwelt bei.

Armstrong gibt sein Know-how seit der Erfindung des energieeffizienten Glockenkondensatableiters im Jahr 1911 weiter. Seither haben die Kosteneinsparungen unserer Kunden immer wieder gezeigt, dass ***nicht*** **weitergegebenes Wissen vergeudete Energie bedeutet**.

Armstrongs Entwicklungen und Verbesserungen hinsichtlich der Konstruktion und Funktion von Kondensatableitern haben zu erheblichen Einsparungen an Energie, Zeit und Geld geführt. Diese Dokumentation ist auf Basis jahrzehntelanger Vermittlung und Erweiterung unseres Wissens entstanden. Sie befasst sich mit den Funktionsprinzipien von Kondensatableitern und ihren speziellen Anwendungsbereichen in einer Vielzahl verschiedener Produkte und Branchen. Die Dokumentation ist eine hilfreiche Ergänzung zu anderer Literatur und anderen Hilfsmitteln von Armstrong, wie beispielsweise der interaktiven CD-ROM und der „Trap-A-Ware"-Software für die Dimensionierung und Auswahl von Systemen, die Sie auf der europäischen Website von Armstrong unter **www.armstrong-eu.com** bestellen können.

Darüber hinaus beinhaltet diese Dokumentation Empfehlungstabellen, die unsere Ergebnisse hinsichtlich des geeigneten Ableitertyps zur Optimierung der Leistung in einer gegebenen Situation zusammenfassen (einschließlich einer Begründung).

© Copyright:
Die folgenden Informationen stammen aus dem ARMSTRONG-Produktekatalog 2011.
Alle Rechte bleiben vorbehalten, insbesondere das Recht auf Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung.

WICHTIGER HINWEIS: Diese Dokumentation soll wie oben erwähnt eine Zusammenfassung der allgemeinen Grundlagen bezüglich der Installation und des Betriebs von Kondensatableitern geben. Die Installation und der Betrieb von Kondensatableitern an sich sollten nur von erfahrenem Fachpersonal durchgeführt werden. Die Auswahl und Installation sollte immer von einer kompetenten technischen Beratung begleitet werden. Verwenden Sie die hierin enthaltenen Informationen nicht als Ersatz für eine technische Beratung. Weitere Details erhalten Sie bei Armstrong und den Vertretungen vor Ort.

Anleitung zur Verwendung der Empfehlungstabellen

In allen ABLEITUNGSANWEISUNGEN auf den Seiten CG-24 bis CG-50 dieses Handbuchs finden Sie als Kurzreferenz eine Empfehlungstabelle.

Ein Funktionscodesystem (von A bis Q) bietet Ihnen Informationen auf einen Blick.

Die Tabelle enthält den Kondensatableitertyp und die Hauptvorteile, die nach Meinung von Armstrong für die spezielle Anwendung vorrangig sind.

Angenommen, Sie suchen nach Informationen bezüglich des passenden Ableiters für einen doppelwandigen Kessel mit Schwerkraftabführung. Gehen Sie wie folgt vor:

1. Im Abschnitt „Anleitung zur Kondensatableitung bei doppelwandigen Kesseln“ (Seite CG-42 bis CG-43) finden Sie rechts unten auf Seite CG-42 die unten angegebene Empfehlungstabelle. (Jeder Abschnitt enthält eine Empfehlungstabelle.)

2. Gehen Sie in der ersten Spalte, „Mit Ableitern zu versehendes Gerät“, zum Eintrag „Doppelwandige Kessel, Schwerkraftabführung“, und entnehmen Sie rechts davon Armstrongs „1. Wahl und Funktionscode“. In diesem Fall ist die erste Wahl ein IBLV (ein Glockenkondensatableiter mit großem Entlüfterelement), und die Funktionscode-Buchstaben sind B, C, E, K, N.

3. Gehen Sie jetzt in der darunter liegenden Tabelle CG-99-2, Eignung von Kondensatableitern für bestimmte Betriebsanforderungen“, in der äußersten linken Spalte zur Zeile mit dem Buchstaben B, C, E, K oder N. Der Buchstabe „B“ bezieht sich beispielsweise auf die Energiesparfähigkeit des Ableiters.

4. Gehen Sie in Zeile „B“ nach rechts bis zur Spalte mit der ersten Wahl, in diesem Fall dem Glockenkondensatableiter. Die Energieeinsparung des Glockenkondensatableiters wurde auf Basis von Tests und tatsächlichen Betriebsbedingungen mit „ausgezeichnet“ bewertet. Führen Sie für die restlichen Buchstaben die gleichen Schritte aus.

Abkürzungen

IB Inverted Bucket Trap = Glockenkondensatableiter
IBLV Inverted Bucket Large Vent = Glockenkondensatableiter mit großem Entlüfterelement
F&T Float & Thermostatic Trap = Kugelschwimmerkondensatableiter
CD Controlled Disc or Thermodynamic Trap = Regelmembran-Ableiter oder thermodynamische Kondensatableiter
DC Automatic Differential Condensate Controller = Automatischer Differenzdruck-Kondensatregler
CV Check Valve = Rückschlagventil
T Thermic Bucket = Thermischer Glockenkondensatableiter
PRV Pressure Reducing Valve = Druckminderventil

Tabelle CG-9-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Tabelle unten für „Funktionscode“-Referenzen.)

Mit Ableitern zu versehendes Gerät	1. Wahl und Funktionscode	Alternative
Doppelwandige Kessel mit Schwerkraftabführung	IBLV B, C, E, K, N	F&T oder thermostatisch
Doppelwandige Kessel mit Heberableitung	DC B, C, E, G, H, K, N, P	IBLV

Tabelle CG-99-2. Eignung von Kondensatableitern für bestimmte Betriebsanforderungen

Funktions-code	Merkmale	Glocke	Kugelschwimmer	Membrane	Thermostatisch	Differenzdruck-Kondensatregler
A	Betriebsmodus	(1) unstetig	stetig	unstetig	(2) unstetig	stetig
B	Energieeinsparung (Betriebsstunden)	ausgezeichnet	gut	schlecht	angemessen	(3) ausgezeichnet
C	Verschleißfestigkeit	ausgezeichnet	gut	schlecht	angemessen	ausgezeichnet
D	Korrosionsbeständigkeit	ausgezeichnet	gut	ausgezeichnet	gut	ausgezeichnet
E	Beständigkeit gegen Wasserstoß	ausgezeichnet	schlecht	ausgezeichnet	(4) schlecht	ausgezeichnet
F	Ausblasen von Luft und CO_2 bei Dampftemperatur	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja
G	Ausblasen von Luft bei äußerst geringem Druck (0,02 bar(ü))	schlecht	ausgezeichnet	(5) NE	gut	ausgezeichnet
H	Verarbeitung von Luftlasten beim Anfahren	angemessen	ausgezeichnet	schlecht	ausgezeichnet	ausgezeichnet
I	Betrieb mit Gegendruck	ausgezeichnet	ausgezeichnet	schlecht	ausgezeichnet	ausgezeichnet
J	Frostsicherheit (6)	gut	schlecht	gut	gut	gut
K	Systementleerung	ausgezeichnet	angemessen	ausgezeichnet	gut	ausgezeichnet
L	Leistung bei extrem geringen Lasten	ausgezeichnet	ausgezeichnet	schlecht	ausgezeichnet	ausgezeichnet
M	Ansprechen bei Kondensatperlen	direkt	direkt	verzögert	verzögert	direkt
N	Schmutzverträglichkeit	ausgezeichnet	schlecht	schlecht	angemessen	ausgezeichnet
O	Vergleichbare Größe	(7) groß	groß	klein	klein	groß
P	Verarbeitung von „Entspannungsdampf“	angemessen	schlecht	schlecht	schlecht	ausgezeichnet
Q	Mechanischer Ausfall (geöffnet oder geschlossen)	geöffnet	geschlossen	(8) geöffnet	(9)	geöffnet

(1) Stetige Kondensatableitung, unstetiger Austritt
(2) Kann bei geringer Last stetig sein
(3) Bei Verwendung von „Sekundärdampf“ ausgezeichnet
(4) Bimetall- und Kapsel-Kondensatableiter – gut
(5) Nicht für den Betrieb mit niedrigem Druck empfohlen
(6) Grauguss-Kondensatableiter nicht empfohlen
(7) In geschweißter Edelstahlkonstruktion – mittel
(8) Kann geschlossen aufgrund von Schmutz ausfallen
(9) Kann je nach Faltenbalgkonstruktion geöffnet oder geschlossen ausfallen

Dampftabellen

Beschreibung und Verwendung

Die in diesem Abschnitt erwähnten Temperaturen und Temperatur/Druck-Beziehungen sind der Tabelle „Eigenschaften von Sattdampf“ entnommen.

Definitionen der verwendeten Begriffe

Sattdampf ist reiner Dampf bei der Temperatur, die der Siedetemperatur von Wasser unter dem vorhandenen Druck entspricht.

Absoluter Druck und Manometerdruck
(Spalte 1). Der absolute Druck ist der Druck in Bar (bar(a)) über einem perfektem Vakuum. Der Manometerdruck ist der Druck gemessen in Bar (bar(ü)) über dem Atmosphärendruck von 1 bar. Der Manometerdruck (bar(ü)) plus 1 entspricht dem absoluten Druck. Oder andersherum, der absolute Druck in Bar minus 1 entspricht dem Manometerdruck.

Druck/Temperatur-Beziehung (Spalte 1 und 2). Zu jedem Sattdampfdruckwert gehört eine entsprechende Temperatur Beispiel: Gesättigter Dampf mit einem Druck von 9 bar(ü) hat immer 179,9°C.

Spezifisches Volumen von Dampf (Spalte 3). Das Volumen pro Einheit Masse in m^3/kg.

Wärme von gesättigter Flüssigkeit (Spalte 4 und 6). Dies ist die Menge an Wärme, die zugeführt werden muss, um die Temperatur von einem Kilogramm Wasser bei dem angezeigten Druck und der angegebenen Temperatur von 0°C auf den Siedepunkt zu erhöhen. Sie wird in Kilojoule (kJ) oder Kilokalorien (kcal) ausgedrückt.

Latente Wärme oder Verdampfungswärme (Spalte 5 und 7). Die Menge an Wärme, die zugeführt werden muss, um ein Kilogramm kochendes Wasser in ein Kilogramm Dampf umzuwandeln. Dieselbe Menge an Wärme wird freigesetzt, wenn ein Kilogramm Dampf wieder in ein Kilogramm Wasser kondensiert. Die Wärmemenge ist bei jeder Druck/Temperatur-Kombination unterschiedlich, wie in der Dampftabelle zu sehen ist.

Verwendungsweise der Tabelle

Zusätzlich zur Ermittlung von Druck/Temperatur-Beziehungen können Sie die Menge an Dampf berechnen, die durch ein beliebiges Heizgerät mit einer bekannten kJ-(kcal-) Leistung kondensiert wird.

Umgekehrt können Sie anhand der Tabelle auch die kJ-(kcal-) Leistung ermitteln, wenn die Dampfkondensationsgeschwindigkeit bekannt ist. Im Anwendungsteil dieses Abschnitts finden Sie mehrere Referenzen zur Verwendung der Dampftabelle.

Tabelle CG-1010-1. Eigenschaften von Sattdampf

Dampfdruck (bar abs.)	Dampf-temp. (°C)	Spez. Volumen (m^3/kg)	Kilojoule		Kilokalorien	
			Wärme der gesättigten Flüssigkeit (kJ/kg)	Latente Wärme (kJ/kg)	Wärme von gesättigter Flüssigkeit (kcal/kg)	Latente Wärme (kcal/kg)
Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4	Spalte 5	Spalte 6	Spalte 7
P	t	SV	q	r	q	r
0,01	7,0	129,20	29	2.484	7,0	593,5
0,02	17,5	67,01	73	2.460	17,5	587,6
0,03	24,1	45,67	101	2.444	24,1	583,9
0,04	29,0	34,80	121	2.433	28,9	581,2
0,05	32,9	28,19	138	2.423	32,9	578,9
0,06	36,2	23,47	151	2.415	36,2	577,0
0,07	39,0	20,53	163	2.409	39,0	575,5
0,08	41,5	18,10	174	2.403	41,5	574,0
0,09	43,8	16,20	183	2.398	43,7	572,8
0,10	45,8	14,67	192	2.393	45,8	571,8
0,20	60,1	7,650	251	2.358	60,1	563,3
0,30	69,1	5,229	289	2.335	69,1	558,0
0,40	75,9	3,993	317	2.319	75,8	554,0
0,50	81,3	3,240	340	2.305	81,3	550,7
0,60	86,0	2,732	359	2.293	85,9	547,9
0,70	90,0	2,365	376	2.283	89,9	545,5
0,80	93,5	2,087	391	2.274	93,5	543,2
0,90	96,7	1,869	405	2.265	96,7	541,2
1,00	99,6	1,694	417	2.257	99,7	539,3
1,50	111,4	1,159	467	2.226	111,5	531,8
2,00	120,2	0,8854	504	2.201	120,5	525,9
2,50	127,4	0,7184	535	2.181	127,8	521,0
3,00	133,5	0,6056	561	2.163	134,1	516,7
3,50	138,9	0,5240	584	2.147	139,5	512,9
4,00	143,6	0,4622	604	2.133	144,4	509,5
4,50	147,9	0,4138	623	2.119	148,8	506,3
5,00	151,8	0,3747	640	2.107	152,8	503,4
6,00	158,8	0,3155	670	2.084	160,1	498,0
7,00	164,9	0,2727	696	2.065	166,4	493,3
8,00	170,4	0,2403	721	2.046	172,2	488,8
9,00	175,4	0,2148	742	2.029	177,3	484,8
10,00	179,9	0,1943	762	2.013	182,1	481,0
11,00	184,1	0,1774	778	1.998	186,5	477,4
12,00	188,0	0,1632	798	1.983	190,7	473,9
13,00	191,6	0,1511	814	1.970	194,5	470,8
14,00	195,0	0,1407	830	1.958	198,2	467,7
15,00	198,3	0,1317	844	1.945	201,7	464,7
16,00	201,4	0,1237	858	1.933	205,1	461,7
17,00	204,3	0,1166	871	1.921	208,2	459,0
18,00	207,1	0,1103	884	1.910	211,2	456,3
19,00	209,8	0,10470	897	1.899	214,2	453,6
20,00	212,4	0,09954	908	1.888	217,0	451,1
25,00	223,9	0,07991	961	1.839	229,7	439,3
30,00	233,8	0,06663	1.008	1.794	240,8	428,5
40,00	250,3	0,04975	1.087	1.712	259,7	409,1
50,00	263,9	0,03943	1.154	1.640	275,7	391,7
60,00	275,6	0,03244	1.213	1.571	289,8	375,4
70,00	285,8	0,02737	1.267	1.505	302,7	359,7
80,00	295,0	0,02353	1.317	1.442	314,6	344,6
90,00	303,3	0,02050	1.363	1.380	325,7	329,8
100,00	311,0	0,01804	1.407	1.319	336,3	315,2
110,00	318,1	0,01601	1.450	1.258	346,5	300,6
120,00	324,7	0,01428	1.492	1.197	356,3	286,0
130,00	330,8	0,01280	1.532	1.135	365,9	271,1
140,00	336,6	0,01150	1.571	1.070	375,4	255,7
150,00	342,1	0,010340	1.610	1.004	384,7	239,9
200,00	365,7	0,005877	1.826	592	436,2	141,4

1 kcal = 4,186 kJ
1 kJ = 0,24 kcal

Entspannungsdampf (Sekundärdampf)

Was ist Entspannungsdampf? Wenn unter Druck stehendes Kondensat oder heißes Kesselwasser unter niedrigerem Druck freigesetzt wird, wird ein Teil des Wassers erneut gasförmig, was als Entspannungsdampf bezeichnet wird.

Warum ist dies wichtig? Dieser Entspannungsdampf ist wichtig, da er Wärmeeinheiten enthält, die zum wirtschaftlichen Betrieb von Anlagen verwendet werden können und die andernfalls vergeudet werden.

Wie wird er gebildet? Wenn Wasser bei atmosphärischem Druck (1,013 bar(a)) erwärmt wird, steigt seine Temperatur bis auf 100°C, die höchste Temperatur, bei der Wasser unter diesem Druck vorliegen kann. Zusätzliche Wärme lässt die Temperatur des Wassers nicht weiter ansteigen, sondern bringt es zum Verdampfen.

Die vom Wasser während des Temperaturanstiegs bis zum Siedepunkt absorbierte Wärme wird als „fühlbare Wärme" (oder auch „ungebundene Wärme") bezeichnet. Die Wärme, die erforderlich ist, um Wasser am Siedepunkt in Dampf mit gleicher Temperatur zu konvertieren, wird als „latente Wärme" (oder auch „gebundene Wärme") bezeichnet. Die allgemein verwendete Einheit für Wärme ist kJ. Die Menge an Wärme, die erforderlich ist, um die Temperatur von einem Kilogramm Wasser bei atmosphärischem Druck um 1°C zu erhöhen, entspricht 4,186 kJ.

Wird Wasser unter Druck erwärmt, übersteigt der Siedepunkt jedoch 100°C, sodass mehr fühlbare Wärme erforderlich ist. Je höher der Druck, desto höher die Siedetemperatur und desto höher der Wärmegehalt. Wenn der Druck gesenkt wird, wird eine bestimmte Menge an fühlbarer Wärme freigesetzt. Diese überschüssige Wärme wird in Form von latenter Wärme absorbiert, wodurch ein Teil des Wassers verdampft.

Kondensat bei Dampftemperatur und unter 10 bar(a) Druck hat einen Wärmegehalt von 762 kJ/kg. (Siehe Spalte 4 in der Dampftabelle.) Wird dieses Kondensat unter atmosphärischem Druck (1 bar(a)) freigesetzt, fällt sein Wärmegehalt auf 417 kJ/kg ab. Die überschüssigen 345 kJ verdampfen erneut oder entspannen einen Teil des Kondensats. Der entspannte Kondensatanteil kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

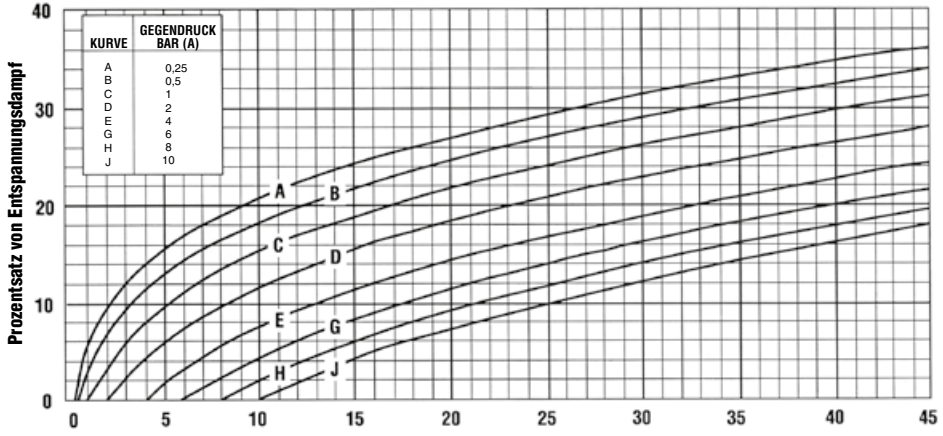
$$\% \text{ Entspannungsdampf} = \frac{q_1 - q_2}{r} \times 100$$

q_1 = Fühlbare Wärme des Kondensats vor der Freisetzung unter dem höheren Druck.
q_2 = Fühlbare Wärme des Kondensats unter dem niedrigeren Druck, zu dem die Freisetzung erfolgt.
r = Latente Wärme des Dampfes nach der Freisetzung des Kondensats unter dem niedrigeren Druck.

$$\% \text{ Entspannungsdampf} = \frac{762 - 417}{2\,257} \times 100 = 15{,}3\%$$

Das Diagramm CG-1111-1 zeigt die Menge an Sekundärdampf, die bei der Freisetzung von Kondensat unter einem anderen Druck gebildet wird. **Weitere hilfreiche Tabellen finden Sie auf Seite CG-63 (Nützliche technische Tabellen).**

Diagramm CG-1111-1. Bei der Freisetzung von Kondensat unter geringerem Druck entstehender Entspannungsdampf in Prozent.



Dampf ist ein unsichtbares Gas, das durch Zuführung von Wärmeenergie zu Wasser in einem Kessel entsteht. Damit die Wassertemperatur bis zum Siedepunkt ansteigt, muss ausreichend Energie zugeführt werden. Am Siedepunkt konvertiert zusätzliche Energie – ohne einen weiteren Anstieg der Temperatur – das Wasser in Dampf.

Dampf ist ein äußerst effizientes und leicht zu steuerndes Wärmeübertragungsmedium. Er wird häufig für den Transport von Energie von einem zentralen Standort (dem Kessel) zu einer beliebigen Anzahl von Orten in der Anlage verwendet, mit der Luft, Wasser oder Prozessanwendungen erwärmt werden.

Wie bereits erwähnt ist eine zusätzliche Wärmemenge erforderlich, um kochendes Wasser zu verdampfen. Diese Wärmemenge geht nicht verloren, sondern wird im Dampf gespeichert und kann jederzeit freigesetzt werden, um Luft zu erwärmen, Gemüse zu kochen, Wäsche zu bügeln oder eine Papierrolle zu trocknen.

Die für die Konvertierung von kochendem Wasser in Dampf erforderliche Wärme wird als Verdampfungswärme oder latente Wärme bezeichnet. Die Menge ist bei jeder Druck/Temperatur-Kombination unterschiedlich, wie in den Dampftabellen zu sehen ist.

Dampf im Einsatz…

Nutzung der Wärme aus dem Dampf

Wenn Wärme von einer höheren Temperaturstufe zu einer niedrigeren Temperaturstufe fließt, wird dies als Wärmeübertragung bezeichnet. Ausgangspunkt ist die Brennkammer des Kessels, wo Wärme durch die Kesselrohre zum Wasser strömt. Wenn durch den höheren Druck im Kessel Dampf ausgestoßen wird, erwärmt dieser die Rohre des Verteilersystems. Wärme fließt vom Dampf durch die Wände der Rohre zur kühleren Umgebungsluft. Bei dieser Wärmeübertragung wird ein Teil des Dampfes wieder in Wasser konvertiert. Dies ist der Grund, warum Verteilerleitungen in der Regel isoliert sind, um diese verschwenderische und unerwünschte Wärmeübertragung zu minimieren.

Wenn der Dampf die Wärmetauscher des Systems erreicht, ändert sich das Bild jedoch. Hier ist die Wärmeübertragung vom Dampf erwünscht. Wärme fließt zur Luft in einer Luftheizung, zum Wasser in einem Warmwasserbereiter oder zu Nahrungsmitteln in einem Kochkessel. Diese Wärmeübertragung darf nicht behindert werden.

Kondensatableitung…

Warum dies erforderlich ist

Kondensat ist das Nebenprodukt der Wärmeübertragung in einer Dampfanlage. Es entsteht aufgrund von unvermeidbarer Strahlung im Verteilersystem. Es bildet sich auch in Erwärmungs- und Prozessgeräten als Folge von erwünschter Wärmeübertragung vom Dampf zur erwärmten Substanz. Nachdem der Dampf kondensiert wurde und seine wertvolle latente Wärme abgegeben hat, muss das erwärmte Kondensat sofort entfernt werden. Obwohl die in einem Kilogramm Kondensat verfügbare Wärme im Vergleich zu einem Kilogramm Dampf äußerst gering ist, ist Kondensat dennoch wertvolles Warmwasser und sollte zum Kessel zurückgeleitet werden.

Definitionen

- **kJ:** 4,186 kJ (Kilojoule) ist die erforderliche Menge von Wärmeenergie, um die Temperatur von einem Kilogramm kaltem Wasser um 1°C zu erhöhen. Andersherum sind 4,186 kJ die Menge an Wärmeenergie, die beim Abkühlen von einem Kilogramm Wasser beispielsweise von 20°C auf 19°C abgegeben wird.
- **Temperatur:** Der Wärmegrad ohne Einbeziehung der verfügbaren Menge an Wärmeenergie.
- **Wärme:** Ein Maß der verfügbaren Energie ohne Einbeziehung der Temperatur. Zur Veranschaulichung: Die 4,186 kJ, mit denen ein Kilogramm Wasser von 10°C auf 11°C erwärmt wird, können von der Umgebungsluft mit einer Temperatur von 20°C oder von einer Flamme mit einer Temperatur von 500°C stammen.

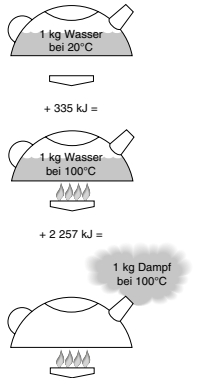


Abbildung CG-1212-1. Diese Zeichnungen zeigen, wie viel Wärme erforderlich ist, um bei atmosphärischem Druck ein Kilogramm Dampf zu erzeugen. Für je 1°C Temperaturanstieg bis zum Siedepunkt sind 4,186 kJ erforderlich, während um einiges mehr Kilojoule erforderlich sind, um Wasser bei 100°C in Dampf bei 100°C zu konvertieren.

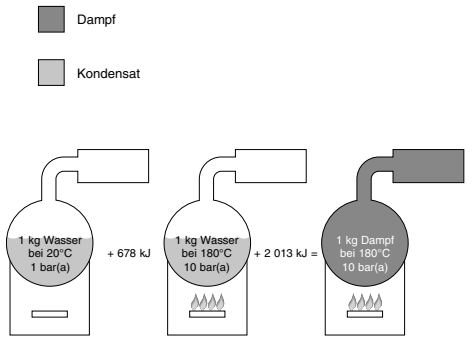


Abbildung CG-1212-2. Diese Zeichnungen zeigen, wie viel Wärme erforderlich ist, um ein Kilogramm Dampf bei einem Druck von 10 bar(a) zu erzeugen. Beachten Sie die zusätzliche Wärme und höhere Temperatur, die gegenüber der Erwärmung bei Atmosphärendruck erforderlich sind, um Wasser bei 10 bar(a) zum Kochen zu bringen. Im Gegensatz dazu wird jedoch weniger Wärme benötigt, um Wasser bei der höheren Temperatur zu verdampfen.

Warum das Verteilersystem entleert werden muss:
Kondensat am Boden von Dampfleitungen kann die Ursache für eine Art von Wasserschlag sein. Dampf bei einer Geschwindigkeit von 150 km/h strömt über das Kondensat hinweg und führt zu einer „Wellenbildung" (Abb. CG-1313-2). Ab einer gewissen Menge wird das Kondensat vom Dampf durch die Leitung geschoben und erzeugt eine gefährliche Masse, die durch Aufnahme weiteren Kondensats entlang der Leitung an Größe zunimmt. Jede Art von Umlenkung, wie Anschlussstücke, Regelventile, T-Stücke, Rohrkrümmer oder Blindflansche, kann zerstört werden. Zusätzlich zu dem durch diesen „Rammbock" angerichteten Schaden kann Wasser mit hoher Geschwindigkeit Rohrleitungen erodieren, indem es Metall von den Leitungsoberflächen abträgt.

Warum der Wärmeüberträger entleert werden muss:
Wenn Dampf mit Kondensat in Kontakt kommt, das unter die Dampftemperatur abgekühlt wurde, kann dadurch eine andere Art von Wasserschlag entstehen, der als *Wärmestoß* bezeichnet wird. Dampf hat ein um weitaus größeres Volumen als Kondensat. Wenn er plötzlich zusammenbricht, kann dies im gesamten System zu Schockwellen führen. Diese Art von Wasserschlag kann Armaturen beschädigen und weist darauf hin, dass das Kondensat nicht aus dem System abgeleitet wird.

Kondensat im Wärmeüberträger nimmt Platz ein und reduziert die physische Größe und Kapazität der Armatur. Durch eine schnelle Abführung bleibt die Einheit mit Dampf gefüllt (Abb. CG-1313-3). Wenn Dampf kondensiert, bildet er einen Wasserfilm auf der Innenseite des Wärmetauschers. Nicht kondensierbare Gase werden nicht verflüssigt und auch nicht durch Schwerkraft abtransportiert. Stattdessen sammeln sie sich zusammen mit Schmutz und Kalk als dünner Film auf der Oberfläche des Wärmetauschers. All diese Ablagerungen bilden potentielle Barrieren für die Wärmeübertragung (Abb. CG-1313-1):

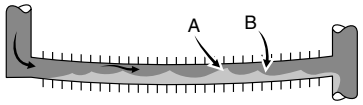


Abbildung CG-1313-2. Kondensat, das sich in Rohren oder Schläuchen ansammeln kann, wird vom darüber hinweg strömenden Dampf in Wellen geworfen, bis der Dampffluss an Punkt **A** blockiert wird. Kondensat in Abschnitt **B** verursacht einen Druckunterschied, durch den der Dampfdruck die Kondensatmasse wie einen Rammbock vor sich her schieben kann.

Warum Luft und CO_2 entfernt werden müssen: Luft ist während des Anfahrens und im Kesselspeisewasser immer vorhanden. Speisewasser kann auch gelöste Karbonate enthalten, die Kohlendioxidgas freisetzen. Der einströmende Dampf drückt das Gas gegen die Wände des Wärmetauschers, was zu einer Blockierung der Wärmeübertragung führen kann. Das Problem der Kondensatableitung wird dadurch noch verstärkt, da diese Gase zusammen mit dem Kondensat entfernt werden müssen.

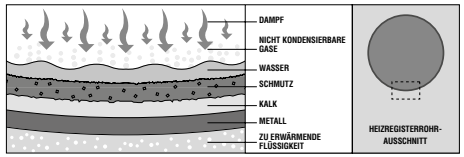


Abbildung CG-1313-1. Potenzielle Barrieren für die Wärmeübertragung: Dampfwärme und Temperatur müssen diese potenziellen Barrieren durchdringen, um ihre Funktion zu erfüllen.

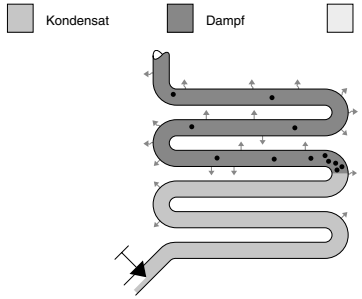


Abbildung CG-1313-3. Das zur Hälfte mit Kondensat gefüllte Heizregister kann nicht mit voller Leistung arbeiten.

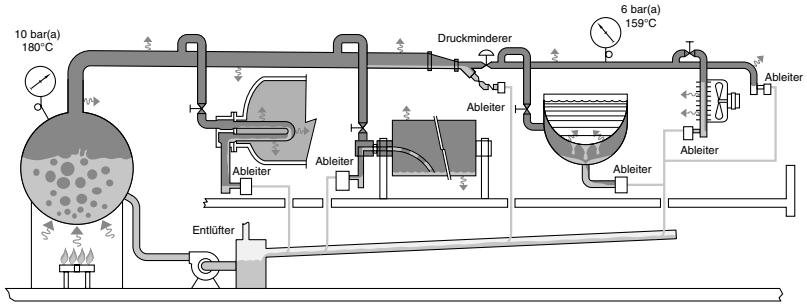


Abbildung CG-1313-4. Aufgrund der Wärmeabstrahlung vom Verteilersystem kommt es zu Kondensatbildung, wodurch an niedrigen Punkten oder vor Regelventilen Kondensatableiter angebracht werden müssen. In den Wärmetauschern haben Ableiter die wichtige Aufgabe, Kondensat abzuführen, bevor es die Wärmeübertragung unterbindet. Heißes Kondensat wird über die Ableiter zur Wiederverwendung an den Kessel zurückgespeist.

Wirkung von Luft auf die Dampftemperatur

Wenn Luft oder andere Gase in die Dampfanlage gelangen, nehmen sie einen Teil des Volumens in Anspruch, dass eigentlich für den Dampf vorgesehen ist. Die Temperatur des Luft/Dampf-Gemisches sinkt unter die Temperatur von reinem Dampf. Abbildung CG-1414-1 erläutert die Auswirkung von Luft in Dampfleitungen. Tabelle CG-1414-1 und Diagramm CG-1414-1 stellen die unterschiedlichen Temperatursenkungen aufgrund von verschiedenen Luftanteilen und Drücken dar.

Wirkung von Luft auf die Wärmeübertragung

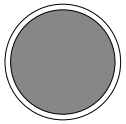
Der normale Dampfstrom in Richtung der Oberfläche des Wärmetauschers spült Luft und andere Gase mit sich. Da diese Gase nicht kondensieren oder durch Schwerkraft abfließen, bilden sie eine Barriere zwischen dem Dampf und der Oberfläche des Wärmetauschers. Die hervorragenden Isoliereigenschaften von Luft reduzieren die Wärmeübertragung. Unter gewissen Umständen kann sogar bereits ein Volumenanteil von einem halben oder einem Prozent Luft im Dampf den Wirkungsgrad der Wärmeübertragung um 50% reduzieren (Abb. CG-15-1).

Wenn sich nicht kondensierende Gase (primär Luft) im Wärmetauscher ansammeln und nicht entfernt werden, können sie den Dampfstrom mit zunehmendem Volumen schließlich vollständig unterbrechen. Das Gerät enthält damit unerwünschten Lufteintrag und ist blockiert.

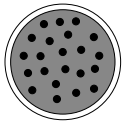
Tabelle CG-1414-1. Temperatursenkung durch Luft

Druck (bar(a))	Temp. von Dampf, ohne Luft (°C)	Temp. von Dampf mit verschiedenen Luftanteilen (nach Volumen) (°C)		
		10%	20%	30%
2	120,2	116,7	113,0	110,0
4	143,6	140,0	135,5	131,1
6	158,8	154,5	150,3	145,1
8	170,4	165,9	161,3	155,9
10	179,9	175,4	170,4	165,0

Abbildung CG-1414-1. Kammer mit Luft und Dampf liefert nur die Wärme des Teildrucks des Dampfs, nicht des gesamten Drucks.



Dampfkammer mit 100% Dampf
Gesamtdruck 10 bar(a)
Dampfdruck 10 bar(a)
Dampftemperatur 180°C



Dampfkammer mit 90% Dampf und 10% Luft
Gesamtdruck 10 bar(a)
Dampfdruck 9 bar(a)
Dampftemperatur 175,4°C

Korrosion

Zwei Hauptursachen von Kalkablagerungen und Korrosion sind Kohlendioxid (CO_2) und Sauerstoff (O_2). CO_2 tritt als in Speisewasser gelöstes Karbonat ein. Wenn es mit abgekühltem Kondensat vermischt wird, entsteht Kohlensäure. Die extrem korrosive Kohlensäure kann Leitungen und Wärmetauscher zersetzen (Abb. CG-15-2). Sauerstoff gelangt als im kalten Speisewasser gelöstes Gas in das System. Er verstärkt die Auswirkung von Kohlensäure, wodurch die Korrosion beschleunigt und Eisen- und Stahloberflächen beschädigt werden (Abb. CG-15-3).

Unerwünschte Faktoren ausschalten

Zusammengefasst betrachtet müssen Ableiter Kondensat abführen, da es die Wärmeübertragung reduzieren und zu Wasserschlag führen kann. Ableiter müssen Luft und andere nicht kondensierbare Gase evakuieren, da diese durch die Senkung der Dampftemperatur und die Isolierung des Systems eine Reduzierung der Wärmeübertragung zur Folge haben können. Sie können zudem die Ursache für Korrosionsschäden sein. Es ist wichtig, Kondensat, Luft und CO_2 so schnell und vollständig wie möglich zu entfernen. Für diese Aufgabe ist ein *Kondensatableiter* zuständig, bei dem es sich einfach um ein automatisches Ventil handelt, das bei Kondensat, Luft und CO_2 geöffnet und bei Dampf geschlossen wird. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte bei der Wahl des Kondensatableiters auf eine lange Lebensdauer bei minimalem Wartungsaufwand geachtet werden.

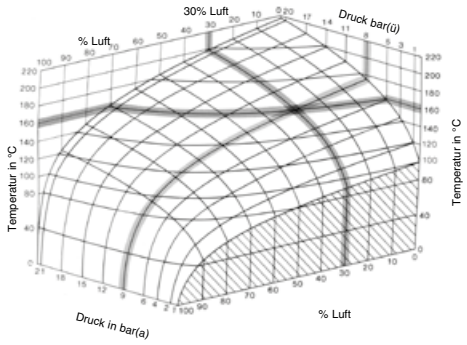


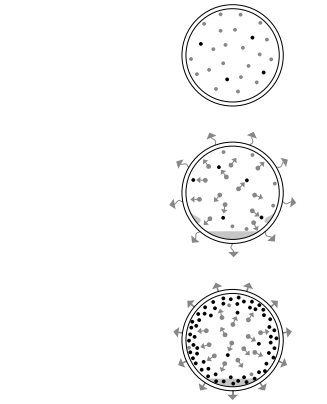
Diagramm CG-1414-1. Luft-Dampf-Gemisch
Temperaturabfall durch verschiedene Anteile von Luft bei unterschiedlichen Drücken. Dieses Diagramm bestimmt den Prozentsatz an Luft bei einem gegebenen Druck und einer gegebenen Temperatur. Zu diesem Zweck wird der Schnittpunkt von Druck, Temperatur und Volumenanteil an Luft ermittelt. Beispiel: Gehen wir von einem Druck von 9 bar(a) und einer Temperatur im Wärmetauscher von 160°C aus. Laut Diagramm beträgt der Volumenanteil der Luft im Dampf 30%.

Aufgabe des Kondensatableiters

Die Aufgabe des Kondensatableiters ist es, Kondensat, Luft und CO_2 unmittelbar nach der Entstehung aus dem System zu entfernen. Zudem muss ein effizienter und wirtschaftlicher Ableiter folgende Eigenschaften aufweisen:

1. **Minimaler Dampfverlust:** Tabelle CG-1515-1 zeigt, wie kostspielig nicht behobene Dampflecks sein können.
2. **Lange Lebensdauer und zuverlässiger Betrieb:** Schneller Verschleiß von Teilen führt rasch zu unzuverlässigen Ableitern. Ein effizienter Ableiter spart Geld, indem er Prüfungen, Reparaturen, Reinigung, Ausfallzeiten und damit verbundene Verluste minimiert.
3. **Korrosionsbeständigkeit:** Funktionierende Ableiterteile müssen korrosionsbeständig sein, um den schädigenden Auswirkungen von Säuren oder Sauerstoff enthaltenden Kondensaten zu wiederstehen.
4. **Entlüftung:** Luft kann jederzeit, speziell jedoch beim Anfahren, vorhanden sein. Sie muss entlüftet werden, um eine effiziente Wärmeübertragung zu gewährleisten und das Blockieren des Systems zu verhindern.
5. **CO_2-Entgasung:** Das Entlüften von CO_2 bei Dampftemperatur verhindert die Bildung von Kohlensäure. Aus diesem Grund muss der Kondensatableiter bei oder nahe der Dampftemperatur betrieben werden, da sich das CO_2 in Kondensat unter der Dampftemperatur zersetzt.
6. **Funktion bei Gegendruck:** Druck in Rücklaufleitungen kann konstruktionsbedingt und unbeabsichtigt auftreten. Ein Kondensatableiter sollte in der Lage sein, dem in der Rückspeiseanlage vorhandenen Gegendruck entgegenzuwirken
7. **Schmutzverträglichkeit:** Schmutz ist stets ein Thema, da sich die Ableiter im unteren Bereich der Dampfanlage befinden. Das Kondensat nimmt im Rohr Schmutz und Kalk auf, und es können Partikel aus dem Kessel eingetragen werden. Selbst so feine Partikel, die durch Schmutzfänger gelangen, haben eine erodierende Wirkung, weshalb der Kondensatableiter eine gewisse Schmutzverträglichkeit aufweisen muss.

Abbildung CG-1515-1. Dampf, der in einem Wärmeüberträger kondensiert, verdrängt Luft zur Oberfläche des Wärmeüberträgers, wo sie sich sammelt oder die Oberfläche „beaufschlagt" und auf diese Weise eine wirkungsvolle Isolierung bildet.



Ein Ableiter, der nicht all diese erwünschten Betriebs- und Konstruktionsmerkmale erfüllt, senkt den Wirkungsgrad des Systems und steigert die Kosten. Wenn ein Ableiter alle genannten Merkmale erfüllt, ist das System zu folgenden Leistungen fähig:

1. Schnelle Erwärmung von Wärmeüberträgern
2. Maximale Armaturentemperatur zur besseren Wärmeübertragung durch Dampf
3. Maximale Armaturenleistung
4. Minimaler Kraftstoffverbrauch
5. Reduzierter Arbeitsaufwand pro Leistungseinheit
6. Minimale Wartung und lange, fehlerfreie Lebensdauer

Es gibt Anwendungen, die mit einem Ableiter ohne diese Konstruktionsmerkmale auskommen, aber in den meisten Fällen erzielen Sie die besten Ergebnisse, wenn der Ableiter sämtliche oben aufgeführten Anforderungen erfüllt.

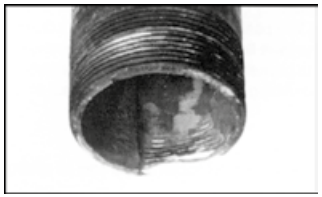


Abbildung CG-1515-2. CO_2 in Verbindung mit Kondensat, das unter Dampftemperatur abgekühlt ist, bildet Kohlensäure, die Rohre und Wärmeüberträger angreift. Bei dem dargestellten Rohrstück wurde der Werkstoff zersetzt.

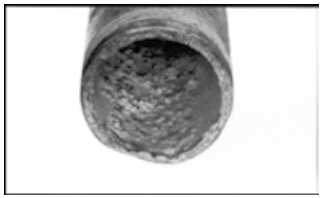


Abbildung CG-1515-3. Sauerstoff im System beschleunigt die Korrosion (Oxidation) von Rohren und führt wie hier gezeigt zu Rostnarben.

Abb. CG-1515-2 und CG-1515-3 mit freundlicher Genehmigung der Dearborn Chemical Company, USA.

Tabelle CG-1515-1. Kosten für Dampflecke verschiedener Größe bei 7 bar(ü) (Ausgehend von 10,00 € Kosten pro Tonne Dampf)

Bohrungsgröße (Zoll)	Monatlich vergeudeter Dampf in Tonnen	Gesamtkosten pro Monat (€)	Gesamtkosten pro Jahr (€)
1/2"	379,5	3.795	45.540
7/16"	289,5	2.895	34.740
3/8"	213,6	2.136	25.632
5/16"	147,7	1.477	17.724
1/4"	95,4	954	11.448
3/16"	53,2	532	6.384
1/8"	23,8	238	2.856

Bei den Dampfverlustwerten wird von reinem, trockenem Dampf ausgegangen, der ohne Vorhandensein von Kondensat durch eine scharfkantige Öffnung an Atmosphärendruck austritt. Kondensat reduziert diese Verluste in der Regel durch den Entspannungseffekt bei einem Druckabfall.

Glockenkondensatableiter

Der Armstrong-Glockenkondensatableiter ist ein mechanischer Ableiter, der auf der Basis des Dichteunterschieds zwischen Dampf und Wasser arbeitet. Siehe Abb. CG-1616-1. Wenn Dampf unter der Glocke eintritt, sammelt er sich unter der Glocke und bewirkt einen Auftrieb. Die nach oben steigende Glocke schließt das Ventil. In den Ableiter eintretendes Kondensat erhöht das Eigengewicht der Glocke. Die Glocke sinkt nach unten und das Ableiterventil wird geöffnet, um das Kondensat abfließen zu lassen. Im Gegensatz zu anderen mechanischen Ableitern sorgt die Glocke zusätzlich für den kontinuierlichen Austritt von Luft und Kohlendioxid bei Dampftemperatur.

Dieses einfache Prinzip der Kondensatabführung wurde 1911 von Armstrong eingeführt. Seither wurden die Materialien und Herstellung kontinuierlich verbessert, sodass Armstrongs heutige Glockenkondensatableiter hinsichtlich ihres Wirkungsgrads, ihrer Zuverlässigkeit und Langlebigkeit praktisch einzigartig sind.

Lange, energiesparende Lebensdauer

Das Herzstück des Armstrong-Glockenkondensatableiters bildet eine spezielle Hebelmechanik, durch die sich die Kraft, die von der Glocke zum Öffnen des Ventils gegen den Systemdruck aufgewendet wird, vervielfacht. Die Mechanik hat keine fixen Hebelmechanismen, die Verschleiß oder Reibung verursachen können. Der Glockenkondensatableiter ist so konstruiert, dass sich die Auslassbohrung für maximale Leistung öffnet. Da die Glocke auf der Unterseite offen ist, besteht keine Gefahr durch Wasserschlag. Verschleißpunkte wurden zur Erhöhung der Lebensdauer extrem verstärkt.

Armstrong-Glockenkondensatableiter können selbst bei Verschleiß energiesparend arbeiten. Allmählicher Verschleiß erhöht geringfügig den Durchmesser des Ventilsitzes und ändert die Form und den Durchmesser des Kugelventils. Dies führt jedoch nur dazu, dass die Kugel tiefer sitzt und die Dichtwirkung somit erhalten bleibt.

Zuverlässiger Betrieb

Einer der wesentlichen Gründe für die Zuverlässigkeit der Armstrong-Glockenkondensatableiter ist ihre Konstruktion, die Schmutzprobleme praktisch eliminiert. Dies liegt unter anderem daran, dass sich das Ventil und der Ventilsitz oben am Ableiter befinden. Die größeren Schmutzpartikel fallen auf den Boden, wo sie durch die Auf- und Abbewegung der Glocke pulverisiert werden. Da das Ventil der Glocke entweder geschlossen oder voll geöffnet ist, können Schmutzpartikel ungehindert passieren. Darüber hinaus erzeugt der schnelle Kondensatfluss unter dem Rand der Glocke hindurch einen einzigartigen Selbstreinigungseffekt, der Schmutz aus dem Ableiter transportiert. Der Glockenableiter hat nur zwei bewegliche Teile – den Ventilhebel und die Glocke selbst. Dies bedeutet keine Fixpunkte, keine komplizierten Gestänge – also nichts, was sich verhängen, verklemmen oder verstopfen könnte.

Korrosionsbeständige Teile

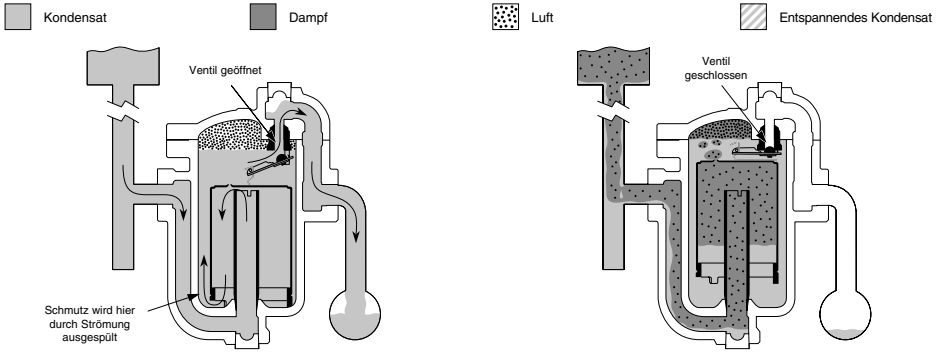
Das Ventil und der Ventilsitz der Armstrong-Glockenkondensatableiter sind aus geschliffenem, geläpptem Chromstahl. Alle anderen Innenteile sind aus verschleißfestem und rostfreiem Edelstahl.

Funktion bei hohem Gegendruck

Hoher Druck in der Ablaufleitung reduziert den Druckunterschied zwischen der Ein- und Austrittsseite des Ventils. Wenn sich der Gegendruck dem Eintrittsdruck nähert, erfolgt der bei geringen Druckunterschieden typische kontinuierliche Austritt.

Gegendruck hat mit Ausnahme der Reduzierung der Leistung aufgrund des geringen Druckunterschieds keine anderen negativen Auswirkungen auf den Betrieb des Glockenkondensatableiters. Es ist nur weniger Kraftaufwand durch die Glocke erforderlich, um das Ventil zum Entleeren zu öffnen.

Abbildung CG-1616-1. Betrieb eines Glockenkondensatableiters (bei fast maximalem Druck)



1. Der Kondensatableiter ist in der Ablaufleitung zwischen der dampfbeheizten Einheit und der Kondensatrücklaufleitung installiert. Beim Anfahren ist die Glocke abgesenkt und das Ventil geöffnet. Mit dem ersten Kondensat, das in den Ableiter strömt und unter die Glocke eintritt, füllt sich das Ableitergehäuse und die Glocke wird vollständig abgesenkt. Das Kondensat wird anschließend über das geöffnete Ventil in die Rücklaufleitung entleert.

2. Dampf tritt ebenfalls unter die Glocke im Ableiter ein, sammelt sich oben in der Glocke und sorgt dadurch für Auftrieb. Die steigende Glocke hebt das Ventil an und presst es fest gegen den Ventilsitz. Luft und Kohlendioxid strömen kontinuierlich durch die Entlüftungsbohrung in der Glocke und sammeln sich oben im Ableiter. Der durch die Bohrung strömende Dampf wird durch Strahlung vom Ableiter kondensiert.

Glockenkondensatableiter

Verfügbare Typen von Armstrong-Glockenkondensatableitern für spezielle Anforderungen

Glockenkondensatableiter in verschiedenen Gehäusewerkstoffen, Rohrkonfigurationen und mit weiteren Ausstattungsoptionen ermöglichen den Einsatz des geeigneten Ableiters für spezielle Anforderungen. Siehe Tabelle CG-1717-1.

1. **Kondensatableiter ganz aus Edelstahl:** Vollverschweißte, eingriffsichere Edelstahlgehäuse sorgen dafür, dass diese Ableiter bei Einfrieren nicht beschädigt werden. Sie eignen sich für Begleitheizungen, Kondensatsammler im Außenbereich und andere frostgefährdete Einsatzbereiche und sind für Drücke bis 45 bar(ü) und Temperaturen bis 427°C ausgelegt.

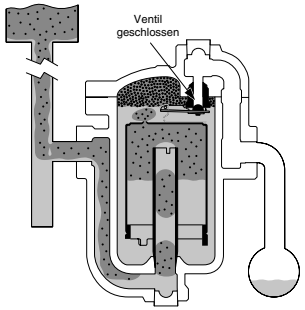
2. **Kondensatableiter aus Grauguss:** Standard-Glockenkondensatableiter für herkömmliche Einsätze bei Drücken bis 17 bar(ü) und Temperaturen bis 232°C. Sie sind in folgenden Ausführungen erhältlich: mit seitlichen Anschlüssen, seitlichen Anschlüssen mit integriertem Schmutzfänger und Einlass unten/Auslass oben-Anschlüssen.

3. **Kondensatableiter aus Schmiedestahl:** Standard-Glockenkondensatableiter für hohe Drücke und hohe Temperaturen (einschließlich überhitztem Dampf) bis 186 bar(ü) mit 560°C.

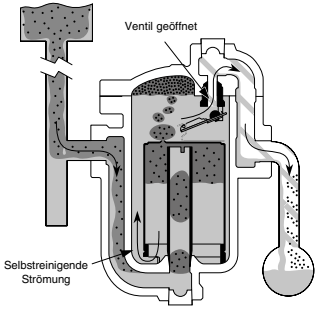
4. **Kondensatableiter aus Edelstahlguss:** Korrosionsbeständige, reparierbare Standard-Glockenkondensatableiter für hohe Kapazitäten. Für Drücke bis 47 bar(ü) und Temperaturen bis 263°C geeignet.

Tabelle CG-1717-1. Typische Auslegungsparameter für Glockenkondensatableiter

Gehäuse- und Deckelwerkstoffe	Grauguss	Edelstahl	Schmiedestahl	Stahlguss	Edelstahlguss
Anschlüsse (mm)	15–65	15–25	15–50	15–25	15–50
Anschlusstyp	Muffengewinde, Flanschausführung	Muffengewinde, Schweißmuffe oder Flanschausführung	Muffengewinde, Schweißmuffe oder Flanschausführung	Muffengewinde, Schweißmuffe oder Flanschausführung	Muffengewinde, Schweißmuffe oder Flanschausführung
Betriebsdruck (bar(ü))	0 bis 17	0 bis 45	0 bis 180	0 bis 40	0 bis 47
Leistung (kg/h)	bis 9.500	bis 2.000	bis 9.500	bis 2.000	bis 9.500



3. Durch das in die Glocke eintretende Kondensat beginnt diese abzusinken und Zug auf den Ventilhebel auszuüben. Mit zunehmender Kondensatmenge erhöht sich die Zugkraft, bis sich das Ventil gegen den anliegenden Druck öffnet.



4. Während sich das Ventil öffnet, reduziert sich der am Ventil anliegende Druck. Die Glocke sinkt daraufhin schnell ab und öffnet das Ventil vollständig. Zuerst strömt angesammelte Luft aus, anschließend Kondensat. Das unter der Glocke hindurch strömende Kondensat nimmt Schmutz auf und transportiert ihn aus dem Ableiter. Der Entleerungsprozess wird fortgesetzt, bis sich die Glocke wieder mit Dampf füllt und der Zyklus von Neuem beginnt.

Kugelschwimmerkondensatableiter

Der Kugelschwimmerkondensatableiter ist ein mechanischer Kondensatableiter, der nach dem Dichte- und Temperaturprinzip arbeitet. Das Kugelventil funktioniert nach dem Dichteprinzip: Der Kugelschwimmer ist über einen Hebel mit dem Ventil und Ventilsitz verbunden. Sobald das Kondensat einen bestimmten Spiegel im Ableiter erreicht, wird der Schwimmer angehoben, der wiederum das Ventil öffnet, sodass Kondensat abfließen kann. Eine durch das Kondensat gebildete Wasservorlage verhindert, dass Frischdampf verloren geht.

Da sich das Auslassventil unter Wasser befindet, kann es weder Luft noch nicht kondensierbare Gase ableiten. Wenn die Temperatur aufgrund der Ansammlung von Luft und nicht kondensierbaren Gasen deutlich absinkt, strömt beides über ein thermostatisches Entlüfterelement oben am Ableiter aus. Das thermostatische Entlüfterelement öffnet sich bei einer Temperatur, die ein paar Grad unter dem Sättigungspunkt liegt, sodass ein großes Luftvolumen durch eine separate Bohrung, jedoch bei etwas niedrigerer Temperatur, ausströmen kann.

Armstrong-Kugelschwimmerkondensatableiter zeichnen sich durch eine hohe Entlüftungsleistung und die sofortige Reaktion auf Kondensat aus und eignen sich für industrielle Anwendungen sowie HLK-Systeme.

Zuverlässiger Betrieb bei schwankendem Dampfdruck

Schwankender Dampfdruck bedeutet, dass der Druck im zu entleerenden Wärmetauscher unter bestimmten Umständen von maximalem Dampfversorgungsdruck bis hin zu Vakuum variieren kann. Dies bedeutet, dass bei null Druck nur die Schwerkraft zur Verfügung steht, um Kondensat durch einen Kondensatableiter zu transportieren. Bei sehr geringem Druck können zudem erhebliche Mengen an Luft freigesetzt werden. Der hocheffiziente Kugelschwimmerkondensatableiter eignet sich für all diese speziellen Anforderungen.

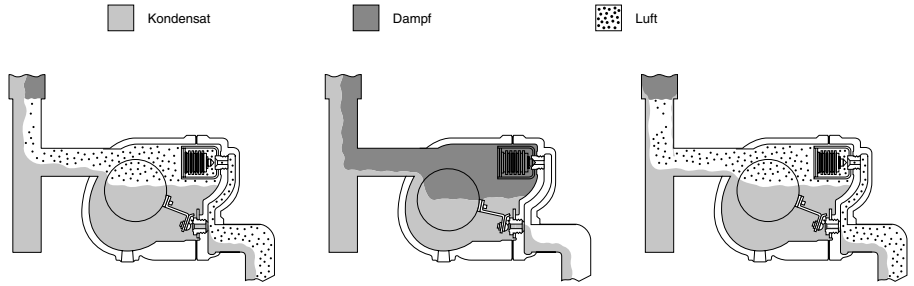
Funktion bei hohem Gegendruck

Gegendruck hat mit Ausnahme der Reduzierung der Leistung aufgrund des geringen Druckunterschieds keine anderen negativen Auswirkungen auf den Betrieb des Glockenkondensatableiters. Der Ableiter schließt auch bei hohem Gegendruck, ohne Dampf auszublasen.

Tabelle CG-1818-1. Typische Auslegungsparameter für Kugelschwimmerkondensatableiter

Gehäuse- und Deckelwerkstoffe	Grauguss	Stahlguss
Anschlüsse (mm)	15–80	15–80
Anschlusstyp	Muffengewinde, Flanschausführung	Muffengewinde, Schweißmuffe oder Flanschausführung
Betriebsdruck (bar)	0 bis 17	0 bis 32
Leistung (kg/h)	bis 94.000	bis 170.000

Abbildung CG-1818-1. Funktionsprinzip eines Kugelschwimmerkondensatableiters



1. Beim Anfahren wird durch den niedrigen Systemdruck Luft durch das thermostatische Entlüfterelement ausgeblasen. Nach dem Entlüften strömt in der Regel ausreichend Kondensat ein, um den Schwimmer anzuheben und damit das Hauptventil zu öffnen. Die Restluft strömt weiter durch die geöffnete Bohrung aus.

2. Sobald Dampf in den Ableiter eintritt, schließt das thermostatische Entlüfterelement wegen der nun höheren Temperatur. Kondensat fließt weiterhin durch das mit dem Schwimmer verbundene Hauptventil und wird in der gleichen Menge abgelassen, in der es zum Ableiter fließt.

3. Mit zunehmender Ansammlung von Luft im Ableiter fällt die Temperatur unter die Sattdampftemperatur. Das thermostatische Gleichdruck-Entlüfterelement öffnet sich und lässt Luft ab.

ANMERKUNG: Diese schematischen Darstellungen des Kugelschwimmerkondensatableiters repräsentieren keine tatsächliche Ableiterkonfiguration.

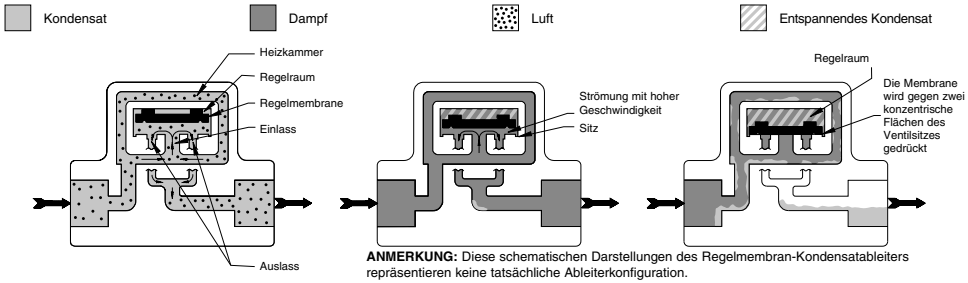
Regelmembran-Kondensatableiter

Der Regelmembran-Kondensatableiter ist ein Gerät mit Zeitverzögerung, das nach dem Geschwindigkeitsprinzip arbeitet. Es enthält nur ein bewegliches Teil, nämlich die Membrane selbst. Aufgrund seines geringen Gewichts und seiner kompakten Größe eignet sich der Regelmembran-Kondensatableiter für zahlreiche Anwendungen mit geringem Platzangebot. Neben der einfachen Konstruktion und der geringen Größe bietet der Regelmembran-Kondensatableiter weitere Vorteile, wie etwa Beständigkeit gegen Wasserstoß, den vollständigen Auslass von Kondensat in geöffnetem Zustand sowie den unstetigen Betrieb zur gleichmäßigen Entleerung.

Einzigartige Heizkammer

Die einzigartige Heizkammer von Armstrongs Regelmembran-Kondensatableitern umgibt die Membrane und den Regelraum. Der Arbeitszyklus wird durch ein gesteuertes Ausblasen von der Kammer zum Ableiterauslass geregelt. Dies bedeutet, dass der Arbeitszyklus nicht durch Umgebungsbedingungen, sondern durch die Konstruktion des Ableiters geregelt wird. Ohne diese Regelfunktion würden Regen, Schnee und niedrige Umgebungstemperaturen den Arbeitszyklus des Ableiters stören.

Abbildung CG-1919-1. Funktion eines Regelmembran-Kondensatableiters



ANMERKUNG: Diese schematischen Darstellungen des Regelmembran-Kondensatableiters repräsentieren keine tatsächliche Ableiterkonfiguration.

1. Beim Anfahren strömen in den Ableiter fließendes Kondensat und Luft durch die Heizkammer, um den Regelraum und weiter durch die Einlassbohrung. Dieser Fluss hebt die Membrane von der Einlassbohrung, und das Kondensat strömt durch die Auslassgänge.

2. Dampf tritt durch den Einlass ein und fließt um die Regelmembrane. Die Fließgeschwindigkeit über die Fläche der Regelmembrane nimmt zu, wodurch ein Sog entsteht, der die Membrane auf den Sitz zieht.

3. Die Membrane liegt auf zwei konzentrischen Flächen des Sitzes auf, wodurch der Einlass geschlossen und Dampf und Kondensat über der Membrane eingeschlossen werden. Vom Regelraum wird geregelt Dampf abgelassen, während das Entspannen von Kondensat hilft, den Druck im Regelraum aufrecht zu erhalten. Wenn der Druck auf der Auslassseite der Membrane (oben) reduziert wird, hebt der Druck auf der Einlassseite die Membrane vom Sitz. Falls Kondensat vorhanden ist, wird dieses abgeführt und der Zyklus beginnt von neuem.

Tabelle CG-1919-1. Typische Auslegungsparameter für Regelmembran-Kondensatableiter

Gehäuse- und Deckelwerkstoffe	C-Stahl	Edelstahl
Anschlüsse (mm)	10–25	15–25
Anschlusstyp	Muffengewinde, Schweißmuffe oder Flanschausführung	Muffengewinde, Flanschausführung
Betriebsdruck (bar)	0 bis 41	0 bis 41
Leistung (kg/h)	bis 1.300	bis 1.150

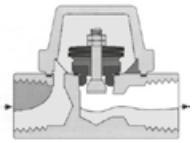
Bimetallkondensatableiter

Der Bimetallkondensatableiter arbeitet nach dem Temperaturprinzip. Dabei werden zwei Schichten von Bimetallelementen mit verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten verwendet. In kalten Zustand liegen die Bimetallelemente flach auf. Mit ansteigender Temperatur dehnen sich die Elemente unterschiedlich stark aus und biegen sich. Die mit den Bimetallelementen verbundene Stange öffnet oder schließt ein Ventil.

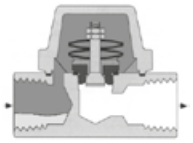
Tabelle CG-1919-2. Typische Auslegungsparameter für Bimetall-Kondensatableiter

Gehäuse- und Deckelwerkstoffe	C-Stahl und Edelstahl
Anschlüsse (mm)	15–20
Anschlusstyp	Muffengewinde, Schweißmuffe oder Flanschausführung
Betriebsdruck (bar(ü))	0 bis 24
Leistung (kg/h)	bis 1.200

Abbildung CG-1919-2. Funktion eines Bimetallkondensatableiters



1. Beim Anfahren ist die Temperatur so niedrig, dass die Bimetallelemente flach aufliegen. Das Ventil ist geöffnet, und Kondensat und Luft werden durch den Ableiter abgelassen.



2. Wenn Dampf zum Ableiter gelangt, steigt die Temperatur an und die Bimetallelemente dehnen sich aus. Das Ventil wird geschlossen und der Ableiter unterbricht den Abführvorgang, bis sich erneut ausreichend unterkühltes Kondensat angesammelt hat und die Temperatur sinkt.

Thermostatische Kondensableiter

Armstrongs Kondensableiter sind mit Gleichdruck-Faltenbalg oder Kapselelementen in einer Vielzahl von Werkstoffen einschließlich Edelstahl, C-Stahl und Bronze erhältlich. Diese Ableiter werden in Anwendungen mit sehr geringen Kondensatlasten verwendet.

Thermostatische Funktion

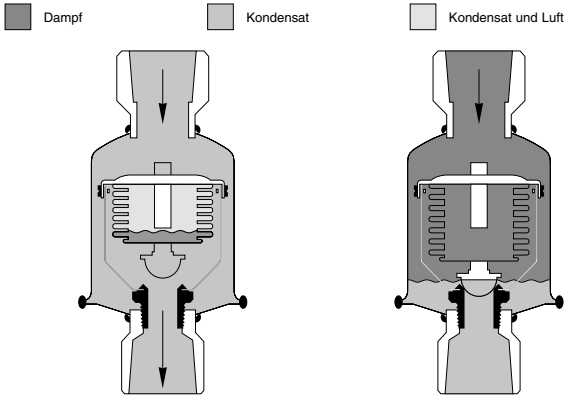
Kondensableiter arbeiten auf der Basis des Temperaturunterschieds zwischen Dampf und gekühltem Kondensat und Luft. Dampf erhöht den Druck im Thermostatikelement, wodurch sich der Ableiter schließt. Mit zunehmendem Anstau von Kondensat und nicht kondensierbaren Gasen im Kühlstutzen sinkt die Temperatur und das Thermostatikelement zieht sich zusammen und öffnet das Ventil. Wie viel Kondensat sich vor dem Ableiter staut, hängt von den Lastbedingungen, dem Dampfdruck und dem Rohrdurchmesser ab. Wichtig zu beachten ist, dass sich hinter dem Kondensatstau nicht kondensierbare Gase ansammeln können.

Tabelle CG-2020-1. Auslegungsparameter für thermostatische Kondensatableiter

	Gleichdruck-Faltenbalg		Gleichdruck-Kapsel		
Gehäuse- und Deckelwerkstoff	Edelstahl	Bronze	Edelstahl	C-Stahl	Bronze
Anschlüsse	15–20	15–20	10–25	15–20	15–25
Anschlusstypen	Muffengewinde, Schweißmuffe	Muffengewinde, Durchgangsanschluss, Eckanschluss	Muffengewinde, Schweißmuffe	Muffengewinde, Schweißmuffe	Muffengewinde, Durchgangsanschluss, Eckanschluss
Betriebsdruck (bar(ü))	0–20	0–3	0–27	0–40	0–4
Leistung (kg/h)	bis 1.600	bis 750	bis 30	bis 40	bis 450

ANMERKUNG: Thermostatische Kondensatableiter eignen sich auch zum Entlüften von Dampfanlagen. Wenn sich Luft ansammelt, sinkt die Temperatur und das thermostatische Entlüfterelement lässt die Luft im gesamten Betriebsdruckbereich automatisch knapp unter Dampftemperatur ab.

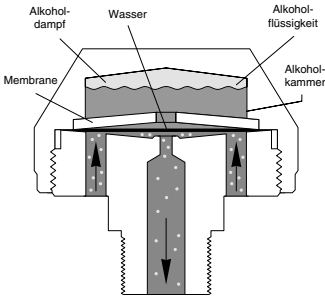
Abbildung CG-2020-1. Funktion eines Kondensableiters



1. Beim Anfahren werden Kondensat und Luft vom Dampf direkt durch den Ableiter gedrückt. Der thermostatische Faltenbalg ist vollständig zusammengezogen, und das Ventil bleibt geöffnet, bis Dampf in den Ableiter eintritt.

2. Mit ansteigender Temperatur im Ableiter erwärmt sich der gefüllte Faltenbalg und damit erhöht sich der Dampfdruck im Inneren des Faltenbalgs. Wenn der Druck im Faltenbalg und im System gleich ist, dehnt sich der Faltenbalg aufgrund seiner Federwirkung aus und schließt das Ventil. Wenn die Temperatur im Ableiter um ein paar Grad unter die Temperatur von Sattdampf sinkt, entsteht ein Druckunterschied, durch den sich der Faltenbalg zusammenzieht und das Ventil öffnet.

Abbildung CG-2020-2. Funktion eines thermostatischen Kapselableiters



Die Gleichdruckfunktion von thermostatischen Kapsel-Kondensatableitern ähnelt stark dem in Abb. CG-2020-1 beschriebenen Gleichdruck-Faltenbalg. Die Kapsel ist zum Teil mit Flüssigkeit gefüllt. Mit ansteigender Temperatur im Ableiter erwärmt sich die gefüllte Kapsel, wodurch sich der Dampfdruck in ihrem Inneren erhöht. Wenn der Druck in der Kapsel den außen anliegenden Dampfdruck überschreitet, wird die Kapselmembrane auf den Ventilsitz gepresst und somit der Ableiter geschlossen. Kondensat oder nicht kondensierbare Gase führen zu einem Temperaturabfall, wodurch der Druck in der Kapsel sinkt und die Kapsel sich vom Ventilsitz heben kann.

Automatischer Differenzdruck-Kondensatregler

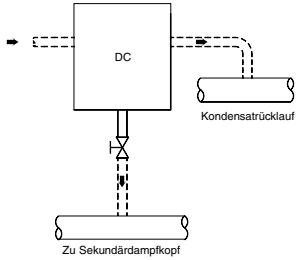
Automatische Differenzdruck-Kondensatregler (DC) von Armstrong sind dafür ausgelegt, in Anwendungen zu arbeiten, in denen Kondensat von einer Ablaufstelle gehoben werden muss, oder in Schwerkraftableitungsanwendungen, in denen eine erhöhte Geschwindigkeit die Ableitung unterstützt.

Durch das Anheben von Kondensat von der Ablaufstelle, häufig als Heberableitung bezeichnet, verringert sich der Kondensatdruck und ein Teil des Kondensats entspannt sich zu Dampf. Da herkömmliche Kondensatableiter nicht zwischen Entspannungsdampf und Frischdampf unterscheiden können, schließen sie und verhindern damit den Auslass.

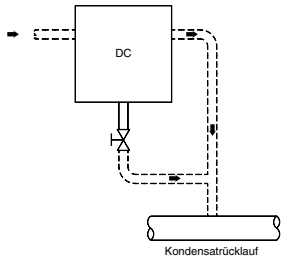
Erhöhte Geschwindigkeit bei der Schwerkraftableitung unterstützen das Ansaugen von Kondensat und Luft in den Differenzdruck-Kondensatregler. Diese erhöhte Geschwindigkeit wird durch eine eingebaute Dampfumleitung verursacht, die von einem manuellen Bypassventil geregelt wird. Zu diesem Zweck entlüftet der Kondensatregler automatisch den Bypass-oder Sekundärdampf. Dieser wird dann in die Kondensatrücklaufleitung geleitet oder zum Gebrauch in anderen Wärmetauschern gesammelt.

Kapazitätsanforderungen für Ableiter variieren je nach Anwendung stark. Für die meisten Anwendungen reicht jedoch ein Kondensatregler aus.

Abbildung CG-2121-1.



Für eine optimale Nutzung von Dampfkraft empfiehlt Armstrong diesen Verrohrungsaufbau, wenn Sekundärdampf gesammelt und erneut dem Wärmeüberträger zugeleitet wird.



Verrohrungsaufbau, wenn Entspannungsdampf und nicht kondensierbare Gase entfernt und direkt zum Kondensatrücklauf abgeführt werden sollen.

Betrieb von Kondensatreglern

Kondensat, Luft und Dampf (Frischdampf und Entspannungsdampf) treten durch den Einlass des Reglers ein. An diesem Punkt werden Entspannungsdampf und Luft automatisch vom Kondensat getrennt. Anschließend werden sie bei geregelter Geschwindigkeit intern durch das Bypass-Ventil umgeleitet und bilden Sekundärdampf (siehe Abb. CG-21-2).

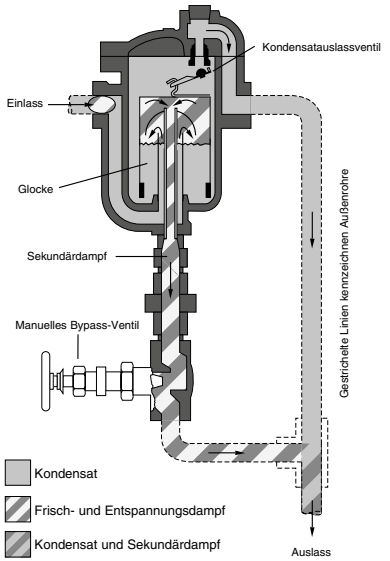
Das einstellbare Ventil lässt sich an die vorhandene Menge an Entspannungsdampf bei voller Leistung oder an die Geschwindigkeitsanforderungen des Systems anpassen. Das Kondensat wird durch eine separate, von der Glocke geregelte Bohrung abgelassen.

Durch die Bauform mit zwei Bohrungen herrscht im Sekundärdampfsystem ein voreingestellter geregelter Druckunterschied, während das Kondensat bei maximaler Druckdifferenz abgeführt wird.

Tabelle CG-2121-1. Typische Auslegungsparameter für automatische Differenzdruck- Kondensatregler

Gehäuse- und Deckelwerkstoffe	Grauguss	Stahl
Anschlüsse (mm)	15–50	15–80
Anschlusstyp	Muffengewinde, Flanschausführung	Muffengewinde, Flanschausführung
Betriebsdruck (bar)	0 bis 19	0 bis 41
Leistung (kg/h)	bis 94.000	bis 170.000

Abbildung CG-2121-2. Funktion eines Kondensatreglers



Auswahl des Ableiters

Um alle Vorteile der im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Ableiter nutzen zu können, ist es wichtig, Ableiter in der richtigen Größe und mit dem passenden Druck für eine gegebene Anwendung zu wählen und sie ordnungsgemäß zu installieren und zu warten. Dieser Abschnitt soll unter anderem die dafür erforderlichen Informationen geben. Die Installation und der Betrieb von Kondensatableiterarmaturen an sich sollten nur von erfahrenem Fachpersonal durchgeführt werden. Die Auswahl und Installation sollte immer von einer kompetenten technischen Beratung begleitet werden. Verwenden Sie die Informationen in diesem Abschnitt nicht als Ersatz für eine technische Beratung. Weitere Details erhalten Sie bei Armstrong und den Vertretungen vor Ort.

Grundsätzliche Überlegungen

Bei der Einzelableitung wird für jede Einheit, die Dampf kondensiert, ein separater Kondensatableiter eingebaut, wenn möglich auch für jeden separaten Heizkörper oder jedes Heizregister eines Geräts. Im Abschnitt „Überbrückung“ wird der Unterschied zwischen der Einzel- und der Sammelableitung erläutert.

Nutzen Sie Erfahrungswerte. Wählen Sie Ableiter anhand von Erfahrungswerten – entweder anhand der eigenen, dem Know-how Ihrer Armstrong-Vertretung oder den Erfahrungswerten Dritter bei der Kondensatableitung in ähnlichen Anlagen.

Ermitteln Sie die Größe selbst. Die selbstständige Dimensionierung ist einfach, wenn Sie die von Armstrong bereitgestellte „Trap-A-Ware“-Software zur Dimensionierung und Auswahl verwenden, die Sie unter www.armstrong-eu.com bestellen können.

Selbst ohne dieses Computerprogramm lässt sich die geeignete Größe von Kondensatableitern einfach bestimmen, wenn Sie folgende Angaben haben oder berechnen können:

1. Kondensatlasten in kg/h
2. Zu verwendender Sicherheitsfaktor
3. Druckdifferenz
4. Maximal zulässiger Druck

1. **Kondensatlast:** Jede Anleitung in diesem Abschnitt enthält Formeln und hilfreiche Informationen zu Dampfkondensationsgeschwindigkeiten und entsprechenden Verfahren zur Dimensionierung.
2. **Zu verwendender Sicherheitsfaktor oder Erfahrungswert:** Anwender haben festgestellt, dass sie generell einen Sicherheitsfaktor bei der Dimensionierung von Kondensatableitern einbeziehen müssen. Beispielsweise ist für ein Heizregister mit einer Kondensationsleistung von 300 kg/h möglicherweise ein Ableiter mit einer Kapazität von 900 kg/h erforderlich, um eine optimale Leistung zu erzielen. Dieser 3:1-Sicherheitsfaktor berücksichtigt schwankende Kondensatraten, gelegentliches Absinken der Druckdifferenz sowie Auslegungsfaktoren des Systems

Sicherheitsfaktoren variieren von nur 1,5:1 bis zu 10:1. Die in diesem Handbuch angegebenen Sicherheitsfaktoren basieren auf jahrelangen Erfahrungswerten.

Die Konfiguration wirkt sich auf den Sicherheitsfaktor aus. Wichtiger als normale Last- und Druckänderungen ist jedoch die Konstruktion des dampfbeheizten Geräts. Abb. CG-2222-3, CG-2222-4 und CG-2222-5 zeigen drei Kondensat bildende Einheiten, die alle 300 kg Kondensat pro Stunde erzeugen, jedoch unterschiedliche Sicherheitsfaktoren von 2:1, 3:1 und 8:1 haben.

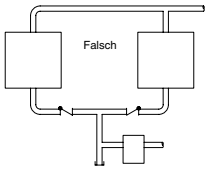


Abbildung CG-2222-1. Wenn zwei Dampfverbraucher mit einem Ableiter entleert werden (Sammelableitung), kann dies zu einer Fehlleitung des Mediums führen.

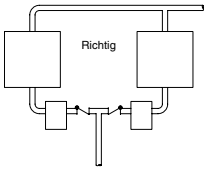


Abbildung CG-2222-2. Wenn jede Einheit über einen eigenen Ableiter verfügt, kann Medium nicht fehlgeleitet werden. Auf diese Weise gewährleisten Sie einen höheren Wirkungsgrad.

Fehlleitung des Mediums

Wenn ein Ableiter mit mehreren Ablaufstellen verbunden ist, kann es vorkommen, dass Kondensat und Luft von einer oder mehreren Einheiten nicht zum Ableiter geleitet werden. Jede Schwankung der Kondensationsgeschwindigkeit führt zu einer Schwankung des Dampfdruckabfalls. Ist die Druckdifferenz so gering, dass sie auf einem Manometer nicht angezeigt wird, reicht dies aus, dass Dampf von einer Einheit mit höherem Druck den Luft- oder Kondensatfluss von einer Einheit mit niedrigerem Druck blockiert. Die Folge ist eine geringere Erwärmung und Entleerung und die Verschwendung von Energie (siehe Abb. CG-2222-1 und CG-2222-2).

Identische Kondensationsgeschwindigkeiten und identische Drücke bei unterschiedlichen Sicherheitsfaktoren

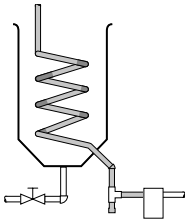


Abbildung CG-2222-3. Spiralband-Wärmeüberträger, Schwerkraftabführung zu Ableiter mit konstantem Druck. 300 kg/h Kondensat von einer einzelnen Kupferrohrschlange mit 3 bar(ü). Schwerkraftabführung zu Ableiter. Äußerst wenig Raum für Dampfvolumen. Sicherheitsfaktor 2:1.

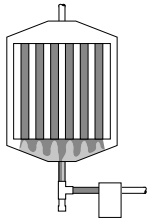


Abbildung CG-2222-4. Mehrere Rohre, Schwerkraftabführung zu Ableiter mit geregeltem Druck. 300 kg/h Kondensat von Lufterhitzer mit 5 bar(ü). Mehrere Rohre bergen eine gewisse Gefahr durch die Fehlleitung von Medium. Sicherheitsfaktor 3:1 bei 2,5 bar(ü).

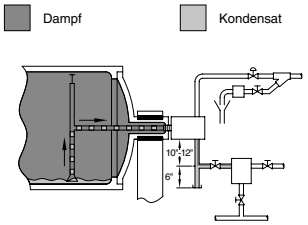


Abbildung CG-2222-5. Großer Zylinder, Heberableitung. 300 kg/h von einem Zylindertrockner mit 1.200 mm Durchmesser und 2.500 mm Länge mit einem Volumen von 2,8 m³ bei 2 bar(ü). Der Sicherheitsfaktor ist für Differenzdruck-Kondensatregler 3:1 und für Glockenkondensatableiter 8:1.

Ableiterauswahl

Wirtschaftliche Kondensatableiter- und Ventilauswahl. Während für eine optimale Leistung ein angemessener Sicherheitsfaktor erforderlich ist, führt ein zu hoher Faktor zu Problemen. Neben den höheren Kosten für den Ableiter und seine Installation verschleißt ein unnötig überdimensionierter Ableiter schneller. Hinzu kommt, dass bei einem Ausfall ein überdimensionierter Ableiter eine höhere Menge an Dampf verliert, was zu Wasserschlag und hohem Gegendruck im Rücklaufsystem führt.

3. **Druckdifferenz:** *Maximale Differenz* ist die Differenz zwischen dem Druck im Kessel oder der Dampfhauptleitung oder dem Bereich hinter einem Druckminderventil und dem Druck der Rücklaufleitung. Siehe Abb. CG-2323-1. Der Ableiter muss sich trotz der Druckdifferenz öffnen können.

HINWEIS: Trotz der Entspannung von Kondensat in den Rücklaufleitungen verringert sich die Druckdifferenz aufgrund der statischen Druckhöhe beim Anheben nicht.

Betriebsdifferenz. Wenn die Anlage unter Last betrieben wird, kann der Dampfdruck am Einlass des Ableiters geringer sein als der Druck in der Dampfhauptleitung. Zudem kann der Druck in der Kondensatrücklaufleitung über atmosphärischen Druck ansteigen.

Wenn die Betriebsdifferenz bei mindestens 80% der maximalen Differenz liegt, sollte der Ableiter zur Sicherheit auf Basis der maximalen Differenz ausgewählt werden.

Die Regelung der Dampfzufuhr führt zu hohen Schwankungen der Druckdifferenz. Der Druck der entleerten Einheit kann auf atmosphärischen Druck oder sogar darunter (Vakuum) abfallen. Kondensat wird dennoch abgeleitet, sofern die Installation gemäß den Anleitungen in diesem Handbuch durchgeführt wurde.

WICHTIGER HINWEIS: Lesen Sie unbedingt die nachfolgende Erläuterung, die weniger gängige, aber dennoch wichtige Reduzierungen der Druckdifferenz behandelt.

4. **Maximal zulässiger Druck.** Der Ableiter muss dem maximal zulässigen Druck des Systems oder dem Auslegungsdruck standhalten. Selbst wenn der Betrieb bei diesem Druck nicht erforderlich ist, muss er ihn dennoch halten können. Beispiel: Der maximale Einlassdruck ist 26 bar(ü) und der Druck in der Rücklaufleitung ist 11 bar(ü). Dies ergibt eine Druckdifferenz von 15 bar, der Ableiter muss jedoch in der Lage sein, dem maximal zulässigen Druck von 26 bar(ü) Stand zu halten. Siehe Abbildung CG-2323-1.

Die Druckdifferenz beeinflussende Faktoren

Mit Ausnahme von Ausfällen von Druckregelventilen variiert die Druckdifferenz in der Regel nur geringfügig gegenüber dem Normal- oder Auslegungswert. Dies kann durch Schwankungen des Einlass- oder Auslassdrucks verursacht werden.

Der Einlassdruck kann durch folgende Faktoren unter den Normalwert *abfallen*:

1. Ein Regelventil oder einen Temperaturregler
2. „Heberableitung". Jedes Anheben um 1 m von der Ablaufstelle zum Ableiter senkt den Einlassdruck (und die Differenz) um 0,1 bar. Siehe Abbildung CG-2323-2.

Der Auslassdruck kann durch folgende Faktoren über den Normalwert erhöht werden:

1. Rohrreibung
2. Andere Ableiter, die in ein Rücklaufsystem mit begrenzter Kapazität abführen
3. Anheben von Kondensat. Jedes Anheben um 1 m erhöht den Auslassdruck (und die Differenz) um 0,1 bar, wenn nur Kondensat abgeführt wird. Der zusätzliche Gegendruck kann sich bei vorhandenem Entspannungsdampf jedoch auf Null reduzieren. Siehe Abbildung CG-2323-3 mit dem externen Rückschlagventil.

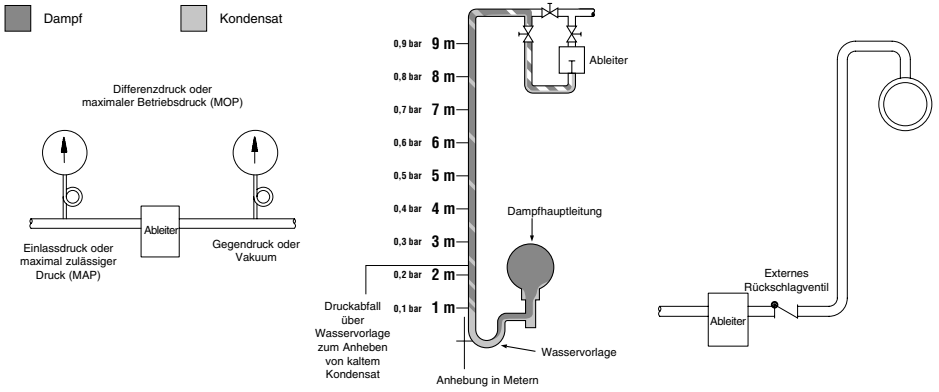


Abbildung CG-2323-1. „**A**" minus „**B**" ist die Druckdifferenz: Wenn „**B**" der Gegendruck ist, muss dieser von „**A**" subtrahiert werden. Wenn „**B**" das Vakuum ist, muss dieses zu „**A**" addiert werden.

Abbildung CG-2323-2. Kondensat von der Schwerkraftabführstelle wird durch ein Flüssigkeitsheber zum Ableiter gehoben. Jede Anhebung um 1 m senkt die Druckdifferenz um 0,1 bar. Am tiefsten Punkt ist eine Wasservorlage vorhanden und das eingebaute Rückschlagventil des Ableiters verhindert einen Rückfluss.

Abbildung CG-2323-3. Wenn sich das Ableiterventil öffnet, hebt der Dampfdruck das Kondensat an. Jede Anhebung um 1 m senkt die Druckdifferenz um 0,1 bar.

Anleitung zur Ableitung in Dampfverteilsystemen

Dampfverteilersysteme verbinden Kessel und die dampfbetriebenen Armaturen und transportieren den Dampf an jeden beliebigen Ort in der Anlage, an dem Wärmeenergie benötigt wird.

Die drei primären Komponenten von Dampfverteilersystemen sind Kesselsammelrohre, Haupt- und Nebendampfleitungen. Jede der Komponenten erfüllt bestimmte Systemanforderungen und trägt zusammen mit Dampfabscheidern und Kondensatableitern zu einer effizienten Dampfnutzung bei.

Kondensatsammelstutzen. Allen Dampfverteilersystemen gemein ist der Bedarf an Kondensatsammelstutzen in verschiedenen Abständen (Abb. CG-2424-1). Sie dienen folgenden Zwecken:

1. Schwerkraftableitung von Kondensat aus dem schnell strömenden Dampf
2. Speicherung des Kondensats, bis es durch die Druckdifferenz über den Kondensatableiter abgeführt werden kann

Abbildung CG-2424-1. Dimensionierung des Kondensatsammelstutzens

Ein Kondensatsammelstutzen der richtigen Größe sammelt immer Kondensat. Ein zu kleiner Kondensatsammelstutzen kann einen Venturieffekt verursachen, wobei ein Druckabfall Kondensat aus dem Ableiter zieht. Zur richtigen Dimensionierung siehe Tabelle CG-26-2 auf Seite CG-26.

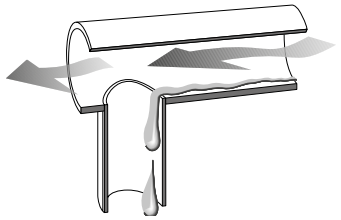


Tabelle CG-2424-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Mit Ableitern zu versehendes Gerät	1. Wahl und Funktionscode	Alternative
Kesselsammelrohr	IBLV M, E, L, N, B, Q	*F&T

* Bei überhitztem Dampf niemals Kugelschwimmerkondensatableiter verwenden. Zu diesem Zweck ausschließlich Glockenkondensatableiter mit eingebautem Rückschlagventil und brüniertem Ventil und Sitz benutzen.

Mit Ableitern zu versehendes Gerät	1. Wahl, Funktionscode und Alternative(n)	0–2 bar(ü)	Über 2 bar(ü)
Haupt- und Neben-dampfleitungen frostfrei	B, M, N, L, F, E, C, D, Q	*IB	*IB
	Alternative	F&T	**F&T
Haupt- und Neben-dampfleitungen einfrierend	B, C, D, E, F, L, M, N, Q, J	*IB	*IB
	Alternative	Thermostatisch oder Regelmembrane	

* Bei Druckschwankungen eingebautes Rückschlagventil verwenden.
** IBLV über F&T-Druck-/Temperaturbeschränkungen verwenden.
HINWEIS: Bei überhitztem Dampf Glockenkondensatableiter mit eingebautem Rückschlagventil und brüniertem Ventil und Sitz benutzen.

Kesselsammelrohre

Ein Kesselsammelrohr ist ein spezieller Typ von Dampfhauptleitung, die mit Dampf von einem oder mehreren Kesseln gespeist werden kann. In der Regel ist das Kesselsammelrohr eine von oben gespeiste horizontale Rohrleitung, die das Medium wiederum an die Hauptleitungen speist. Es ist wichtig, das Kesselsammelrohr richtig zu entleeren, um sicherzustellen, dass mitgerissene Verunreinigungen, wie Kesselwasser und Feststoffe, entfernt werden, bevor sie in das System gelangen.

Mit dem Sammelrohr verbundene Ableiter müssen große Mengen dieser mitgerissenen Verunreinigungen unmittelbar nach deren Auftreten abführen können. Bei der Ableiterauswahl ist zudem die Beständigkeit gegenüber Wasserstoß in Betracht zu ziehen.

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor für Kesselsammelrohre (nur Sattdampf). Ein Sicherheitsfaktor von 1,5:1 wird für praktisch alle Kesselsammelrohranwendungen empfohlen. Die erforderliche Ableiterleistung lässt sich mit der folgenden Formel ermitteln:

Erforderliche Ableiterleistung = Sicherheitsfaktor x mit Kessel(n) verbundene Last x voraussichtlich abzuleitende mitgerissene Stoffe (normalerweise 10%).

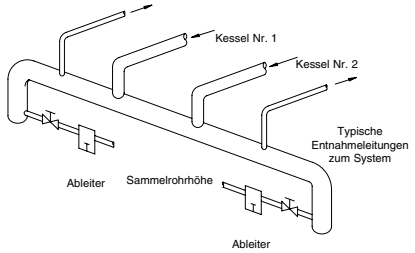
BEISPIEL: Wie groß muss ein Kondensatableiter für eine Last von 20.000 kg/h mit einer voraussichtlich abzuleitenden, mitgerissenen Stoffmenge von 10% sein? Anhand der Formel:

Erforderliche Ableiterleistung = 1,5 x 20.000 x 0,10 = 3.000 kg/h.

Die Fähigkeit, sofort auf Kondensatansammlungen reagieren zu können, die hervorragende Beständigkeit gegenüber Wasserstoß, Schmutzverträglichkeit und der effiziente Betrieb bei sehr geringen Lasten sind Merkmale, die den Glockenkondensatableiter für diese Anwendung optimal machen.

Installation. Erfolgt der Dampfstrom durch das Sammelrohr nur in einer Richtung, reicht ein einzelner nachgelagerter Kondensatableiter aus. Bei einer mittigen Zuleitung zum Kesselsammelrohr (Abb. CG-2424-2) oder einer ähnlichen Dampfströmungsanordnung in beide Richtungen sollte an jedem Ende des Kesselsammelrohrs eine Ableitung erfolgen.

Abbildung CG-2424-2. Kesselsammelrohre



Bis 100 mm Kondensatsammelstutzen wie Sammelrohrdurchmesser. Über 100 mm, 1/2 Sammelrohrgröße, aber mindestens 100 mm.

Dampfhauptleitungen

Einer der gängigsten Einsatzbereiche von Kondensatableitern sind Dampfhauptleitungen. Diese Rohrleitungen müssen frei von Luft und Kondensat gehalten werden, um die einwandfreie Funktion von dampfbetriebenen Armaturen und Geräten zu gewährleisten. Eine unzureichende Abführung in Dampfhauptleitungen führt häufig zu Wasserschlag und Kondensateinschlüssen, die Schäden an Regelventilen und anderen Armaturen verursachen können.

Zum Aufwärmen von Dampfhauptleitungen stehen zwei Methoden zur Verfügung: die überwachte und die automatische Methode. Die überwachte Aufwärmung wird häufig beim Anfahren zum Erwärmen großer und/oder langer Hauptleitungen verwendet. Empfehlenswert ist dabei, die Ableiterventile zunächst ganz zu öffnen, damit Luft ungehindert an die Atmosphäre ausgeblasen werden kann, bevor Dampf in die Hauptleitung gelassen wird. Diese Ableiterventile werden erst geschlossen, nachdem das beim Aufwärmen entstandene Kondensat ganz oder größtenteils abgeführt wurde. Anschließend übernehmen die Ableiter die Entfernung von Kondensat, das sich während des Betriebs bilden kann. Das Aufwärmen von Hauptleitungen in einem Kraftwerk erfolgt auf gleiche Weise.

Bei der automatischen Aufwärmung wird der Kessel beheizt, sodass die Hauptleitung und ein Teil oder alle Armaturen ohne manuelle Unterstützung oder Überwachung mit Druck beaufschlagt und erwärmt werden.

ACHTUNG: Räumen Sie ungeachtet der Aufwärmmethode ausreichend Zeit für die Aufwärmphase ein, um thermische Spannungen zu minimieren und Schäden am System zu vermeiden.

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor für Dampfhauptleitungen (nur Sattdampf).

Kondensatlasten in isolierten und nicht isolierten Rohren lassen sich für die überwachte oder automatische Aufwärmmethode mithilfe der folgenden Formel berechnen:

$$Q_c = \frac{(W_p \times T_1) \times c \times (t_1 - t_2)}{r \times h} \times 60$$

Q_c = Kondensatmenge in kg/h
W_p = Rohrgewicht in kg/m (siehe Tabelle CG-2525-2).
T_1 = Gesamtlänge der Dampfleitung in m
c = Spezifische Wärme des Rohrwerkstoffs in kJ/kg/°C (Stahlrohr = 0,48 kJ/kg/°C)
t_2 = Endtemperatur in °C
t_1 = Anfangstemperatur in °C
r = Latente Wärme in kJ/kg (siehe Dampftabellen, Spalte 5 auf Seite CG-10)
h = Anfahrzeit in Minuten

ANMERKUNG: Zur schnellen Berechnung kann t_1 = 0°C und r = 2.100 kJ/h verwendet werden.

Zur schnellen Ermittlung der Kondensatlast während der Aufwärmphase einer Dampfhauptleitung verwenden Sie das Diagramm CG-2525-1. Nachdem Sie den richtigen Wert gefunden haben, multiplizieren Sie ihn mit dem Sicherheitsfaktor 2 (der empfohlene Sicherheitsfaktor für alle Ableiter zwischen dem Kessel und dem Ende der Hauptleitung).

Zur Ermittlung der Kondensationsgeschwindigkeit bei Normalbetrieb (nach dem Aufwärmen) verwenden Sie die Tabelle CG-2525-1.

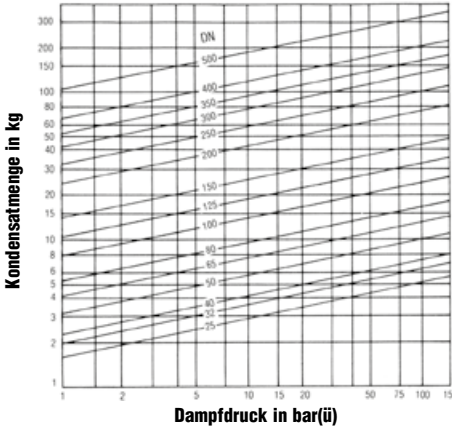
Tabelle CG-2525-1. Kondensationsgeschwindigkeiten in Dampfrohren in kg/h/m²

Dampfdruck (bar(ü))	1	2	4	8	12	16	21
Isoliertes Rohr	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3
Nicht isoliertes Rohr	4	5	6	7	8	9	10

Tabelle CG-2525-2. Rohreigenschaften für die Strahlungsverlust-Berechnung

Rohrdurchmesser		Außen-durchmesser	Außenfläche	Gewicht
Zoll	DN	mm	m²/m	kg/m
1/8"	6	10,2	0,03	0,49
1/4"	8	13,5	0,04	0,77
3/8"	10	17,2	0,05	1,02
1/2"	15	21,3	0,07	1,45
3/4	20	26,9	0,09	1,90
1"	25	33,7	0,11	2,97
1 1/4"	32	42,4	0,13	3,84
1 1/2"	40	48,3	0,15	4,43
2"	50	60,3	0,19	6,17
2 1/2"	65	76,1	0,24	7,90
3"	80	88,9	0,28	10,10
4"	100	114,3	0,36	14,40
5"	125	139,7	0,44	17,80
6"	150	165,1	0,52	21,20
8"	200	219,0	0,69	31,00
10"	250	273,0	0,86	41,60
12"	300	324,0	1,02	55,60
14"	350	355,0	1,12	68,30
16"	400	406,0	1,28	85,90
20"	500	508,0	1,60	135,00

Diagramm CG-2525-1. Kondensatmenge für 20 m Rohr, das von 0°C auf Sattdampftemperatur erwärmt wird



Wenden Sie für Ableiter zwischen dem Kessel und dem Ende der Dampfhauptleitung den Sicherheitsfaktor 2:1 an. Wenden Sie für mitunter geschlossene Ableiter, die am Ende der Hauptleitung oder vor Druckminderungs- und Absperrventile geschaltet sind, einen Sicherheitsfaktor von 3:1 an.

Der Glockenkondensatableiter empfiehlt sich, da er Schmutz und Kondensatansammlungen abführen kann und unempfindlich gegenüber Wasserstoß ist. Darüber hinaus fallen Glockenkondensatableiter meist nur in geöffnetem Zustand aus.

Installation. Bei beiden Aufwärmmethoden sind Kondensatsammelstutzen und Ableiter an allen niedrig gelegenen Punkten oder natürlichen Ablaufstellen zu verwenden, wie beispielsweise:

vor Steigrohren
am Ende von Hauptleitungen
vor Dehnfugen oder Rohrkrümmern
vor Ventilen oder Reglern

Installieren Sie Kondensatsammelstutzen und -ableiter auch dann, wenn keine natürlichen Ablaufstellen vorhanden sind (siehe Abb. CG-2626-1, CG-2626-2 und CG-2626-3). Sie sollten in der Regel in Abständen von ca. 50 m und nie weiter auseinander als 75 m installiert werden.

Bei einer überwachten Aufwärmung sollte die Länge von Kondensatsammelstutzen mindestens 1,5 mal den Durchmesser der Hauptleitung, jedoch nie unter 250 mm betragen. Verwenden Sie für die automatische Aufwärmung Kondensatsammelstutzen mit einer Länge von mindestens 700 mm. Bei beiden Methoden empfiehlt es sich, bei Hauptleitungen mit einem Durchmesser bis 100 mm einen Kondensatsammelstutzen mit dem gleichen Durchmesser zu verwenden und bei größeren Hauptleitungen mindestens deren halben Durchmesser, jedoch nie kleiner als 100 mm. Siehe Tabelle CG-2626-2.

Dampfhauptleitungen

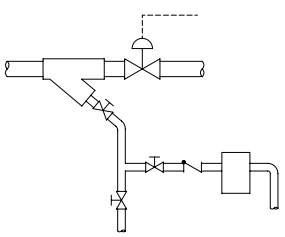


Abbildung CG-2626-1.
Schmutzfänger des Ableiters vor Druckminderventil geschaltet

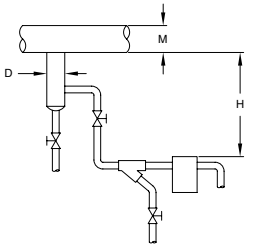


Abbildung CG-2626-2.
Kondensatsammelstutzen des Ableiters an Hauptleitung

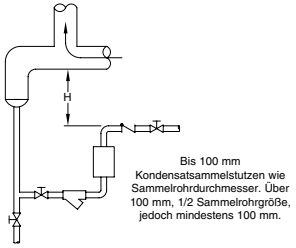


Abbildung CG-2626-3.
Kondensatsammelstutzen des Ableiters an Steigrohr. Abstand „H" in Metern geteilt durch 10 = statischer Druck (bar), mit dem Wasser durch den Ableiter gedrückt wird.

Tabelle CG-2626-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Mit Ableitern zu versehendes Gerät	1. Wahl und Funktionscode	Alternative
Dampfabscheider	IBLV B, M, L, E, F, N, Q	DC

Tabelle CG-2626-2. Empfohlene Größe des Kondensatsammelstutzens für Haupt- und Nebenleitung

M	D	H	
		Mindestlänge Kondensatsammelstutzen (mm)	
Dampfhauptleitung Durchmesser (mm)	Kondensat-sammelstutzen Durchmesser (mm)	Überwachte Aufwärmung (L)	Automatische Aufwärmung (L)
15	15	250	710
20	20	250	710
25	**25**	**250**	**710**
50	50	250	710
80	80	250	710
100	**100**	**250**	**710**
150	100	250	710
200	100	300	710
250	**150**	**380**	**710**
300	150	460	710
350	200	535	710
400	**200**	**610**	**710**
450	250	685	710
500	250	760	760
600	**300**	**915**	**915**

Anleitung zur Ableitung in Dampfverteilsystemen

Nebenleitungen
Nebenleitungen zweigen von den Hauptleitungen ab und versorgen bestimmte Teile einer dampfbetriebenen Anlage. Das gesamte System muss so konstruiert und installiert werden, dass sich an keiner Stelle Kondensat ansammeln kann.

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor für Nebenleitungen. Zur Berechnung der Kondensatlast wird die gleiche Formel wie bei Dampfhauptleitungen verwendet. Für Nebenleitungen wird ein Sicherheitsfaktor von 3:1 empfohlen.

Installation. Die empfohlene Verrohrung von der Hauptleitung zum Regelventil für Ausläufe unter 3 m Länge wird in Abb. CG-2727-1 und für Ausläufe über 3 m Länge in Abb. CG-2727-2 dargestellt. Abb. CG-2727-3 zeigt die Verrohrung für den Fall, dass das Regelventil unter der Hauptleitung installiert werden muss.

Installieren Sie vor jedem Regelventil sowie vor dem Druckminderventil (sofern verwendet) einen Schmutzfänger in Rohrgröße. Montieren Sie Abschlammventile, vorzugsweise mit Glockenkondensatableitern. Überprüfen Sie ein paar Tage nach dem Anfahren des System die Filter der Schmutzfänger auf Verunreinigung.

Abscheider
Dampfabscheider dienen zum Entfernen von Kondensat, das sich in Dampfverteilersystemen bildet. Sie werden in der Regel Geräten vorgeschaltet, die extrem trockenen Dampf benötigen. Abscheider werden auch häufig in Sekundärdampfleitungen verwendet, die aufgrund der gegebenen Bedingungen einen hohen Anteil an mitgeschlepptem Kondensat aufweisen.

Nebenleitung

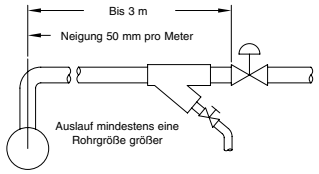


Abbildung CG-2727-1. Verrohrung für einen Auslauf unter 3 m Länge. Ein Ableiter ist nur erforderlich, wenn die Neigung zur Zulaufsammelleitung weniger als 50 mm pro Meter beträgt.

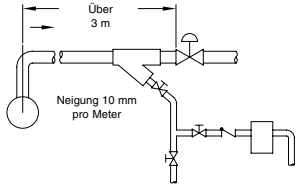


Abbildung CG-2727-2. Verrohrung für einen Auslauf über 3 m Länge. Dem Regelventil muss ein Kondensatsammelstutzen und ein Ableiter vorgeschaltet werden. Ein Schmutzfänger vor dem Regelventil kann als Kondensatsammelstutzen dienen, wenn der Abschlammanschluss zu einem Glockenkondensatableiter führt. Dies minimiert zudem den Reinigungsaufwand für den Schmutzfänger. Der Ableiter sollte mit einem innenliegenden Rückschlagventil oder einer vorgeschalteten Rückschlagklappe ausgerüstet sein.

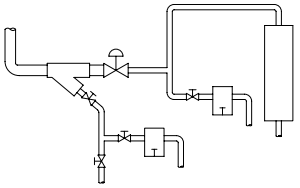


Abbildung CG-2727-3. Ungeachtet der Auslauflänge muss dem Regelventil unter der Dampfzufuhrleitung ein Kondensatsammelstutzen und ein Ableiter vorgeschaltet werden. Wenn sich die Rohrschlange über dem Regelventil befindet, sollte dem Regelventil auch ein Ableiter nachgeschaltet werden.

Wichtige Faktoren bei der Ableiterauswahl für Abscheider ist die Fähigkeit, Kondensatansammlungen zu verarbeiten, die Beständigkeit gegenüber Wasserstoß und der Betrieb bei geringen Lasten.

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor für Abscheider. Wenden Sie in allen Fällen einen Sicherheitsfaktor von 3:1 an, selbst wenn abhängig von Kondensat- und Druckpegeln andere Ableitertypen empfohlen werden.

Verwenden Sie die folgende Formel, um die erforderliche Ableiterleistung zu ermitteln:

Erforderliche Ableiterleistung in kg/h = Sicherheitsfaktor x Dampfdurchfluss in kg/h x voraussichtlicher Kondensatanteil (normalerweise 10%).

BEISPIEL: Wie groß muss ein Kondensatableiter bei einem Durchfluss von 500 kg/h sein? Anhand der Formel:

Erforderliche Ableiterleistung = 3 x 500 x 0,10 = 150 kg/h.

Für Abscheider empfiehlt sich der Glockenkondensatableiter mit großer Entlüftungsbohrung. Wenn Schmutz und Wasserstoß keine vorrangigen Probleme sind, eignet sich alternativ auch ein Kugelschwimmerkondensatableiter.

In vielen Fällen kann ein automatischer Differenzdruck-Kondensatregler die bevorzugte Wahl sein. Er verbindet die besten Merkmale der beiden oben genannten Ableitertypen und wird für große Kondensatlasten empfohlen, die die Abscheidefähigkeit des Abscheiders übersteigen.

Installation
Schließen Sie Ableiter 250 mm bis 300 mm unter dem Abscheider an seine Ablaufleitung an, wobei die Ablaufleitung über die gesamte Größe des Ablassanschlusses bis zum Ableiterabzweig verlaufen muss (Abb. CG-2727-4). Die Ablaufleitung und der Schmutzauffangbehälter sollten dieselbe Größe wie der Ableiteranschluss haben.

Dampfabscheider

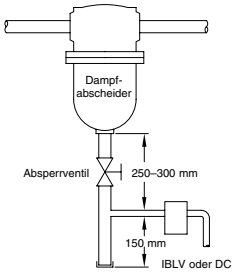


Abbildung CG-2727-4. Dem Abscheider nachgeschalteter Ableiter Zur Gewährleistung eines positiven und schnellen Kondensatflusses zum Ableiter ist ein Kondensatsammelstutzen und ein Schmutzauffangbehälter in voller Größe erforderlich.

Anleitung zur Ableitung bei überhitzten Rohrleitungen

Auf den ersten Blick mag dies etwas verwirren, da überhitzter Dampf kein Kondensat erzeugt und sich daher in Leitungen mit überhitztem Dampf kein Kondensat befinden dürfte. Dies stimmt, sobald das System Betriebstemperatur und -druck erreicht hat, bis zu diesem Punkt muss jedoch Kondensat entfernt werden. Dieser Abschnitt erläutert, was überhitzter Dampf ist und welche Anwendungen sich dafür eignen.

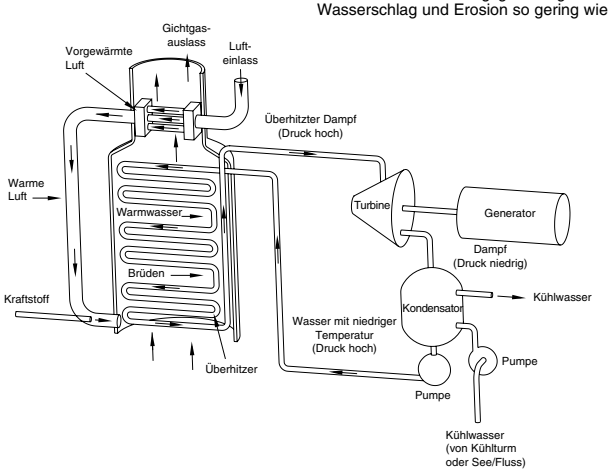
Die spezifische Wärme jeder Substanz (die standardmäßig in kJ angegeben wird) ist die erforderliche Menge an Wärme, um 1 kg Substanz um 1°C zu erwärmen. Entsprechend dieser Definition ist die spezifische Wärme von Wasser 4,186 kJ und die spezifische Wärme von überhitztem Dampf schwankt je nach Temperatur und Druck. Die spezifische Wärme nimmt mit steigender Temperatur ab, erhöht sich jedoch mit steigendem Druck.

Zur Erzeugung von überhitztem Dampf werden in der Regel zusätzliche Überhitzerschlangen im Kessel oder im Abluftbereich des Kessels installiert, um die Abwärme des Kessels zu nutzen. Derselbe Zweck wird auch durch ein dem Kessel nachgeschaltetes Überhitzermodul an der Dampfhauptleitung erzielt. Eine schematische Darstellung eines Dampferzeugers mit Überhitzerschlangen finden Sie unten.

Eigenschaften von überhitztem Dampf
Überhitzter Dampf besitzt mehrere Eigenschaften, wodurch er als Medium für den Wärmeaustausch ungeeignet ist, die ihn aber für die Arbeits- und Stoffübertragung optimal machen. Im Gegensatz zu Sattdampf sind Druck und Temperatur von überhitztem Dampf voneinander unabhängig. Während überhitzter Dampf bei gleichem Druck wie Sattdampf erzeugt wird, nehmen Temperatur und Volumen zu.

In Hochtemperaturkesseln mit relativ kleinen Trommeln ist die Trennung von Dampf und Wasser extrem schwierig. Die Kombination des geringen Wasservolumens in den Trommeln mit schnellen Lastschwankungen führt zu starken Schrumpfungen und Ausdehnungen in der Trommel, wodurch Wasser in das System gelangen kann.

Abbildung CG-2828-1. Dampferzeuger



Dieses Wasser kann mit Abscheidern und Ableitern in den Dampfauslässen entfernt werden, dies jedoch nicht zu 100%. In Anwendungen, die trockenen Dampf erfordern, werden zusätzliche Überhitzerschlangen im Kesselfeuerraum als Konvektionsgänge installiert. Dem Dampf wird weitere Wärme zugeführt, um das mitgerissene Wasser zu verdampfen. Dies führt zu einer geringfügigen Überhitzung, wodurch absolut trockener Dampf gewährleistet wird.

Da überhitzter Dampf nur wenig Wärme abgeben kann, bevor er erneut in Sattdampf übergeht, eignet er sich nicht als Wärmeübertragungsmedium. Einige Prozesse, wie beispielsweise in Kraftwerken, benötigen trockene Wärme, um zu funktionieren. Überhitzungswärme trägt bei jeder Art von Energieversorgungseinheit dazu bei, die Kondensatmenge nach einem Kaltanfahren zu reduzieren. Sie steigert zudem die Leistung, indem sie die Kondensation während der Expansionsphasen in den Geräten verzögert. Trockenerer Dampf am Auslassende verlängert die Lebensdauer der Turbinenschaufeln.

Überhitzter Dampf kann Wärme ohne Kondensation verlieren, während dies bei Sattdampf nicht möglich ist. Aus diesem Grund lässt sich überhitzter Dampf über äußerst lange Leitungsstrecken transportieren, ohne dabei ausreichend Wärme für die Kondensatbildung abzugeben. Dies ermöglicht die Versorgung der gesamten Dampfanlage mit trockenem Dampf.

Warum müssen mit überhitztem Dampf betriebene Systeme abgeleitet werden?
Der Hauptgrund für Ableiter in mit überhitztem Dampf betriebenen Systemen ist die Anfahrlast. Sie kann aufgrund der großen Hauptleitungen extrem hoch sein. Beim Anfahren werden meist handbetätigte Ventile verwendet, da ausreichend Zeit zum Öffnen und Schließen vorhanden ist. Diese wird als überwachtes Anfahren bezeichnet. Ein weiterer Grund für den Einsatz von Kondensatableitern ist die Überbrückung in Notfällen, wie beispielsweise der Ausfall des Überhitzers oder eine Umleitung, die den Betrieb mit Sattdampf erforderlich macht. Bei diesen ungeplanten Ereignissen bleibt keine Zeit zum Öffnen der Ventile von Hand, daher sind Kondensatableiter unentbehrlich.

Dies sind die Situationen, die die richtige Dimensionierung von Ableitern zwingend machen. Kondensat muss entfernt werden, sobald es sich in einer Dampfanlage sammelt, um einen konstant hohen Wirkungsgrad zu gewähren und Schäden durch Wasserschlag und Erosion so gering wie möglich zu halten.

Anleitung zur Ableitung bei überhitzten Rohrleitungen

Anpassen von Überhitzungslasten an Ableiter

Die Kondensatlast eines Ableiters in einem mit überhitztem Dampf betriebenen System kann zwischen extrem hohen Anfahrlasten bis hin zu praktisch null Last während des Betriebs schwanken. Diese Art von System stellt daher an jeden Kondensatableiter hohe Anforderungen.

Während des Anfahrens werden extrem große kalte Leitungen mit Dampf gefüllt. Bis zum Erhöhen der Leitungstemperatur befindet sich nur Sattdampf mit niedrigem Druck in den Leitungen. Die Temperaturerhöhung erfolgt langsam über einen längeren Zeitraum, um Spannungen in den Leitungen zu verhindern. Große Kondensatmengen in Verbindung mit niedrigem Druck sind die Anfahrbedingungen, die den Einsatz von Ableitern mit hoher Leistung erfordern. Diese überdimensionierten Ableiter müssen später während des normalen Überhitzungsbetriebs unter extrem hohen Drücken und äußerst geringen Leistungsanforderungen arbeiten.

Typische Anfahrlasten lassen sich in etwa wie folgt berechnen:

Formel:

$$C = \frac{0{,}48\ W_p\ (t_2 - t_1)}{H}$$

Wobei:
C = Kondensatmenge in kg
W_p = Gesamtgewicht des Rohrs (aus Tabelle CG-25-2 auf Seite CG-25)
H = Gesamtwärme von Druck X minus fühlbarer Wärme von Druck Y (latente Dampfwärme; Verwenden Sie für lange Aufwärmphasen die Gesamtwärme des Sattdampfs bei Leitungsdruck von überhitztem Dampf
(X) minus der fühlbaren Wärme von Sattdampf bei durchschnittlichem Druck (Y) während der Aufwärmphase.)

0,48 = Spezifische Wärme des Stahlrohrs in kJ/kg/°C

BEISPIEL:
Vorgabe: Erwärmung um 50°C/h
Rohrleitung, Schedule 80, Durchmesser 14"
Zufuhr von überhitztem Dampf mit 83 bar, 577°C
Umgebungstemperatur beträgt 21°C
60 m Abstand zwischen Ableitern

Während der ersten zwei Stunden:
W = 60 m x 68,3 kg/m = 4.098 kg
$t_2 - t_1 = 121 - 21 = 100°C$
H = 2.753 kJ/kg (83 bar(ü)) – 454 kJ/kg (0,35 bar(ü)) = 2.299 kJ

$$C = \frac{0{,}48\ kJ/kg/°C \times 4.098\ kg \times 100°C}{2.299\ kJ/kg} = 85{,}6\ kg$$

Während der dritten und vierten Stunde:
Es ändert sich nur die fühlbare Wärme (775 kJ/kg) des Sattdampfs bei dem innerhalb dieses Zeitraums herrschenden durchschnittlichen Druck.

$$C = \frac{0{,}48\ kJ/kg/°C \times 4.098\ kg \times 100°C}{1.978\ kJ/kg} = 99{,}4\ kg$$

Tabelle CG-2929-1. Zeitintervalltabelle

Zeitintervall	Durchschnittlicher Druck in bar(ü)	Temperatur am Ende des Zeitintervalls in °C	Kondensationsgeschwindigkeit für 14"-Leitung in kg/h
1. und 2. Stunde	0,35	121	42,9
3. und 4. Stunde	9,7	221	49,7
5. und 6. Stunde	48	321	61,5
7. und 8. Stunde	83	721	58,3
9. und 10. Stunde	83	577	76,2

ANMERKUNG: Gehen Sie für den Durchschnittsdruck von 83 bar(ü) davon aus, dass H die latente Wärme mit einem Dampfdruck von 83 bar(ü) plus Überhitzungstemperatur mit der Temperatur am Ende des Zeitintervalls ist.

Um eine effiziente Entfernung des Kondensats zu gewährleisten, sollten Sie die Empfehlungen für die passende Größe von Kondensatsammelstutzen und die Verrohrung auch bei der Installation von Ableitern in Systemen mit überhitztem Dampfbetrieb berücksichtigen. Die Tabelle CG-26-2 auf Seite CG-26 listet die passenden Kondensatsammelstutzen-Größen für gegebene Rohrdurchmesser auf.

Es stellt sich die Frage, ob der Kondensatsammelstutzen, die Verrohrung zum Ableiter und der Ableiter isoliert werden sollen. Die Antwort lautet nein. Sofern dies nicht aus Sicherheitsgründen zwingend erforderlich ist, sollte dieser Abschnitt der Dampfanlage nicht isoliert werden. Dies stellt sicher, dass sich vor dem Ableiter kontinuierlich eine gewisse Menge an Kondensat bildet, die in den Ableiter gespeist wird und auf diese Weise seine Lebensdauer verlängert.

Typen von Ableitern für überhitzten Dampf

Bimetall

Bimetallableiter öffnen erst, wenn das Kondensat unter die Temperatur von Sattdampf abgekühlt ist. Wenn sich im Ableiter Dampf befindet, bleibt der Ableiter ungeachtet der Dampftemperatur aufgrund des vorherrschenden Drucks geschlossen. Mit ansteigender Dampftemperatur verstärkt sich die Zugkraft des Bimetallelements, wodurch sich die Dichtwirkung des Ventils erhöht. Überhitzter Dampf ermöglicht in der Regel eine bessere Ventilabdichtung. Bimetallableiter sind zudem in der Lage, große Anfahrlasten zu verarbeiten. Aus diesem Grund eignen sich diese Ableiter bei überhitztem Dampf sehr gut.

Während des Betriebs mit überhitztem Dampf muss das Kondensat im Ableiter auf eine Temperatur unter der Sattdampftemperatur abkühlen, bevor das Ableiterventil öffnen kann. Kondensat kann in das System zurückfließen und zu Schäden an den Leitungen, Ventilen und Armaturen führen, wenn der dem Ableiter vorgeschaltete Kondensatsammelstutzen nicht groß genug ist.

Glocke

Eine Wasservorlage verhindert, dass Dampf zum Ventil gelangt und fördert damit die Verhinderung von Frischdampfverlust und ein langes Leben. Da das Ventil oben am Ableiter angebracht ist, ist es nicht schmutzgefährdet und ermöglicht die Entlüftung des Ableiters. Der Ableiter kann hohe Anfahrlasten, aber auch geringe Betriebslasten verarbeiten. Der Einsatz bei überhitztem Dampf birgt Probleme, die hauptsächlich daher rühren, dass die Wasservorlage oder „Ansaugung" aufrecht erhalten bleiben muss. Zur Aufrechterhaltung der Ansaugung des Glockenkondensatableiters ist auf eine geeignete Verrohrung zu achten.

Informationen zur geeigneten Verrohrung für Glockenkondensatableiter finden Sie auf Seite CG-26 in Abbildung CG-26-3. Berechnen Sie die Größe eines Ableiters für überhitzten Dampf anhand der Anfahrlast ohne Sicherheitsfaktor. Gehäusewerkstoffe sollten auf der Basis des maximalen Drucks und der maximalen Temperatur einschließlich Überhitzung ausgewählt werden.

Anleitung zur Ableitung bei Dampfbegleitheizungsleitungen

Dampfbegleitheizungsleitungen sind ausgelegt, das Fluid in einem Hauptrohr auf einer bestimmten, einheitlichen Temperatur zu halten. In den meisten Fällen werden diese Begleitheizungen im Freien verwendet, was die Wetterbedingungen zu einem kritischen Gesichtspunkt macht.

Der Hauptzweck der Kondensatableiter in Begleitheizungen besteht darin, den Dampf zu speichern, bis seine latente Wärme vollständig ausgenutzt wurde, und dann das Kondensat und die nicht kondensierbaren Gase abzuführen. Wie bei jedem Wärmeüberträger sollte auch jede Begleitheizungsleitung ihren eigenen Ableiter haben. Obwohl mehrere Begleitheizungsleitungen an der gleichen Hauptflüssigkeitsrohrleitung installiert sein können, wird Sammelableitung benötigt, um Überbrückung zu verhindern. Siehe Seite CG-22.

Bei der Auswahl und Dimensionierung von Kondensatableitern ist es wichtig, ihre Kompatibilität mit den Zielsetzungen des Systems abzustimmen, denn Ableiter müssen:

1. Energie erhalten, indem sie zuverlässig über lange Zeit arbeiten.
2. Abrupte, periodische Abführung bieten, um das Kondensat und die Luft aus der Rohrleitung zu spülen.
3. Unter Bedingungen mit geringer Last arbeiten.
4. Beschädigung durch Einfrieren widerstehen, wenn der Dampf abgeschaltet ist.

Die Kosten von Dampf machen verschwenderische Begleitheizungen zu überzogenen Gemeinkosten, die sich keine Industrie leisten kann.

Tabelle CG-3030-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

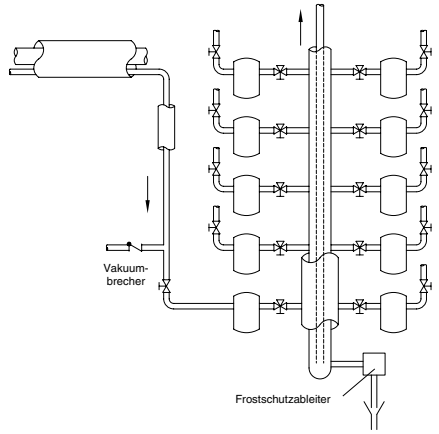
Mit Ableitern zu versehendes Gerät	1. Wahl und Funktionscode	Alternative
Rohrleitungen mit Dampfbegleitheizung	*IB A, B, C, L, J, N, I, K	Thermostatisch oder Regelmembrane

Ableiterauswahl für Dampfbegleitheizungsleitungen.
Die in einer Dampfbegleitheizungsleitung abzuführende Kondensatlast lässt sich anhand der folgenden Formel aus dem Wärmeverlust aus dem Produktrohr ermitteln:

$$Q_c = \frac{k\ .\ 3{,}6\ .\ L}{r}$$

Wobei:
Q_c = Kondensatlast, kg/h
k = Wärmeverluste aus isoliertem Rohr in kg/h/m² (siehe Tabelle CG-25-1, Seite CG-25)
3,6 = W/kJ/h faktor
L = Länge der Hauptleitung in Metern
r = Latente Wärme in kJ/kg (siehe Dampftabellen, Spalte 5, auf Seite CG-10)

Abbildung CG-30-1. Typische Begleitheizungsinstallation



Typische Begleitheizungsinstallation

Abbildung CG-3030-2

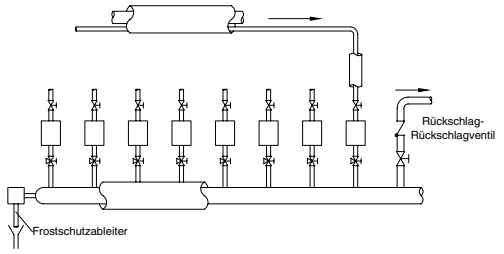
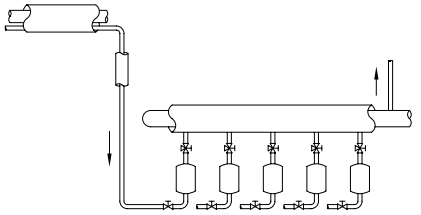


Abbildung CG-3030-3



Anleitung zur Ableitung bei Dampfbegleitheizungsleitungen

BEISPIEL: Drei Begleitheizungsleitungen mit 11 bar(ü) Dampfdruck werden an einem isolierten Rohr mit 100 mm Durchmesser und 30 m Länge verwendet, um eine Temperatur von 100°C mit einer Auslegungstemperatur im Freien von –25°C aufrecht zu erhalten. Für diese Bedingungen beträgt die empfohlene Rohrisolierdicke 100 mm (siehe Tabellen CG-31-2 und CG-31-3). Wie hoch ist die Kondensatlast?

Anhand der Formel:

$$Q_c = \frac{45{,}7\ \text{W/m} \times 3{,}6\ \text{kJ/h/W} \times 30\ \text{m}}{1.983\ \text{kJ/kg}} = 2{,}5\ \text{kg/h}$$

Jetzt teilen wir durch drei, um die Last pro Begleitheizungsleitung zu erhalten = 0,84 kg/h.

Bei den meisten Begleitheizungsanwendungen ist der Durchfluss zum Kondensatableiter überraschend niedrig. Daher reicht der kleinste Ableiter normalerweise aus. Basierend auf seiner Fähigkeit, Energie zu erhalten, indem er über einen langen Zeitraum zuverlässig arbeitet, geringe Lasten zu handhaben, unempfindlich gegen Einfrieren zu sein und das System zu durchspülen, wird ein Glockenableiter für den Einsatz mit Dampfbegleitheizungen empfohlen.

Tabelle CG-31-1. Wärmeverluste in W/m aus isolierten Rohren

Rohrdurchmesser	Isolierdicke	Produkt- / Umgebungstemperaturdifferenz in °C					
		25	50	75	100	125	150
DN50	40	10,9	21,8	32,7	43,6	54,5	65,4
	60	8,5	16,9	25,4	33,8	42,3	50,7
	80	7,2	14,3	21,5	28,7	35,8	43,0
DN80	60	10,8	21,6	32,3	43,1	53,9	64,7
	80	9,0	18,0	26,9	35,9	44,9	53,9
	100	7,9	15,7	23,6	31,5	39,3	47,2
DN100	60	12,8	25,6	38,3	51,1	63,9	76,7
	80	10,5	21,1	31,6	42,1	52,6	63,2
	100	9,1	18,3	27,4	36,5	45,7	54,8
	120	8,2	16,4	24,6	32,7	40,9	49,1
DN150	60	16,9	33,8	50,6	67,5	84,4	101,3
	80	13,7	27,4	41,1	54,8	68,5	82,2
	100	11,7	23,5	35,2	46,9	58,7	70,4
	120	10,4	20,8	31,2	41,6	52,0	62,4
DN200	80	16,6	33,2	49,8	66,3	82,9	99,5
	100	14,1	28,2	42,3	56,4	70,5	84,6
	120	12,4	24,8	37,2	49,6	62,0	74,4
	140	11,2	22,4	33,5	44,7	55,9	67,1
DN250	80	19,6	39,2	58,7	78,3	97,9	117,5
	100	16,5	33,1	49,6	66,2	82,7	99,3
	140	13,0	26,0	39,0	51,9	64,9	77,9
DN300	80	22,4	44,7	67,1	89,5	111,8	134,2
	100	18,8	37,6	56,5	75,3	94,1	112,9
	120	16,4	32,8	49,2	65,6	82,0	98,4
	140	14,7	29,3	44,0	58,6	73,3	87,9
	160	13,3	26,7	40,0	53,3	66,6	80,0
DN350	80	24,1	48,1	72,2	96,3	120,4	144,4
	100	20,2	40,4	60,6	80,9	101,1	121,3
	120	17,6	35,2	52,8	70,4	88,0	105,5
	140	15,7	31,4	47,1	62,8	78,4	94,1
	160	14,2	28,5	42,7	57,0	71,2	85,4
DN400	100	22,4	44,9	67,3	89,7	112,1	134,6
	120	19,5	38,9	58,4	77,9	97,3	116,8
	140	17,3	34,6	52,0	69,3	86,6	103,9
	160	15,7	31,4	47,1	62,8	78,4	94,1

Sicherheitsfaktor. Verwenden Sie einen Sicherheitsfaktor von 2:1, ganz gleich, ob die Leitungen oder Ableiter Witterungsbedingungen ausgesetzt sind oder nicht. Überdimensionieren Sie Kondensatableiter und Begleitheizungsleitungen nicht.

Installation

Installieren Sie Verteil- oder Versorgungsleitungen auf einer Höhe über den Produktleitungen, die Dampfbegleitheizung benötigen. Zum effizienten Abführen des Kondensats und Entlüften der nicht kondensierbaren Gase neigen Sie Begleitheizungsleitungen zur Schwerkraftabführung nach unten und versehen Sie alle tiefen Stellen mit Kondensatableitern. Dies hilft auch, Einfrieren von Begleitheizungsleitungen zu vermeiden. (Siehe Abb. CG-30-1, CG-30-2 und CG-30-3).

Speisen Sie Kondensat zum Kessel zurück, um Energie zu erhalten. Verwenden Sie Vakuumbrecher unmittelbar vor Ableitern, um Ableitung bei Abschaltung in Schwerkraftabführsystemen sicherzustellen. Frostschutzableiter an Ableiterauslasshauptleitungen werden empfohlen, wenn häufig Gefriertemperaturen auftreten.

Tabelle CG-31-2. Empfohlene Isolierung in mm für Rohre mit 3,5 bar(ü)

Produktrohrleitungsdurchmesser	Produkttemperatur in °C							
	10	20	30	40	50	60	70	80
DN25	40	40	40	40	40	40	40	40
DN40	40	40	40	40	40	40	60	60
DN50	40	40	40	40	60	60	60	60
DN80	40	40	60	60	60	60	60	80
DN100	40	60	60	60	60	80	80	80
DN150	40	60	60	80	80	80	100	100
DN200	60	60	80	80	80	100	100	120
DN250	60	80	80	80	100	100	120	120
DN300	80	80	80	100	100	120	120	120
DN350	80	80	80	100	120	120	120	140
DN400	80	80	100	120	120	120	140	140
DN500	80	80	100	120	120	140	140	160
DN600	80	100	120	120	140	140	160	160

Tabelle CG-31-3. Empfohlene Isolierung in mm für Rohre mit 10 bar(ü)

Produktrohrleitungsdurchmesser	Produkttemperatur in °C								
	50	60	70	80	90	100	110	120	130
DN25	40	40	40	40	60	60	60	60	60
DN40	40	40	60	60	60	60	60	80	80
DN50	60	60	60	60	60	60	80	80	80
DN80	60	60	60	80	80	80	80	100	100
DN100	60	80	80	80	80	100	100	100	120
DN150	80	80	100	100	100	120	120	120	120
DN200	80	100	100	120	120	120	120	140	140
DN250	100	100	120	120	120	140	140	140	140
DN300	100	120	120	120	140	140	140	140	160
DN350	120	120	120	140	140	140	160	160	160
DN400	120	120	140	140	160	160	160	160	160
DN500	120	140	140	160	160	160	160	180	180
DN600	140	140	160	160	160	180	180	180	180

Anleitung zur Ableitung bei Raumheizgeräten

Raumheizgeräte wie Lufterhitzer, Klimakastengeräte, Konvektoren und Heizrohrschlangen sind in praktisch allen Industrien zu finden. Diese Art von Gerät ist vom Aufbau her recht einfach und sollte nur sehr wenig Routinewartung erfordern. Daher werden die Kondensatableiter häufig über sehr lange Zeiträume vernachlässigt. Eines der Probleme, die sich aus dieser Vernachlässigung ergeben, ist das Restkondensat in der Heizschlange, das Beschädigung aufgrund von Einfrieren, Korrosion und Wasserschlag verursachen kann.

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktoren

Verschiedene Anwendungsanforderungen mit konstantem oder variablem Dampfdruck bestimmen, welche Art und Größe von Ableiter verwendet werden sollte. Es gibt zwei Standardverfahren zur Dimensionierung von Ableitern für Heizrohrschlangen.

1. Konstanter Dampfdruck.
GLOCKENABLEITER UND KUGELSCHWIMMERABLEITER – Verwenden einen Sicherheitsfaktor von 3:1 bei Betriebsdruckdifferenzen.

2. Schwankender Dampfdruck.
KUGELSCHWIMMERABLEITER UND GLOCKENABLEITER MIT THERMISCHEN GLOCKEN

- 0–1 bar(ü) Dampf – Sicherheitsfaktor 2:1 mit 0,1 bar Druckdifferenz
- 1–2 bar(ü) Dampf – 2:1 mit 0,2 bar Druckdifferenz
- Über 2 bar(ü) Dampf – 3:1 mit 1/2 der maximalen Druckdifferenz am Ableiter.

GLOCKENABLEITER OHNE THERMISCHE GLOCKEN
Nur über 2 bar(ü) Dampfdruck – 3:1 mit 1/2 der maximalen Druckdifferenz am Ableiter.

Ableiterauswahl für Lufterhitzer und Klimakastengeräte

Sie können drei Verfahren verwenden, um die Menge an abzuführendem Kondensat zu berechnen. Bekannte Betriebsbedingungen bestimmen das verwendete Verfahren.

1. kJ-Verfahren. Der Standardnennwert für Lufterhitzer und andere Luftspulen ist kJ-Leistung mit 0,15 bar(ü) Dampfdruck im Heizgerät und Eintrittslufttemperatur von 15°C. Zur Umrechnung vom Standardnennwert auf den tatsächlichen Nennwert verwenden Sie die Umrechnungsfaktoren in Tabelle CG-34-1 (Seite CG-34). Wenn die tatsächlichen Betriebsbedingungen bekannt sind, multiplizieren Sie die Kondensatlast mit dem richtigen Sicherheitsfaktor.

2. m³/min- und Lufttemperaturanstiegsverfahren. Wenn Sie nur die m³/min-Durchsatzleistung des Gebläses und den Lufttemperaturanstieg kennen, finden Sie die tatsächliche kJ-Leistung anhand der folgenden einfachen Formel:

kJ/h = m³/min x 75 x Temperaturanstieg in °C.

BEISPIEL: Welche Ableitergröße entleert ein 100 m³/min-Heizgerät, das einen Temperaturanstieg von 30°C erzeugt? Der Dampfdruck liegt konstant bei 5 bar(ü).

Anhand der Formel:
100 x 75 x 30 = 225.000 kJ/kg.
Teilen Sie nun 225.000 kJ/h durch 2.084 kJ/h (aus den Dampftabellen), um 108 kg/h Kondensat zu erhalten, und multiplizieren Sie dann mit dem empfohlenen Sicherheitsfaktor von 3. Die Anwendung benötigt einen Ableiter mit einer Leistung von 324 kg/h.

Den Faktor 75 in der obigen Formel leiten Sie wie folgt ab:
1 m³/min x 60 = 60 m³/h
60 m³/h x 1,25 kg/m³(das spezifische Gewicht von Luft bei 5°C) = 75 kg/h Luft
75 kg/h x 1 kJ/kg/°C (spezifische Wärme von Luft) = 75 kJ/h/°C.

3. Kondensatverfahren. Wenn Sie die kJ-Leistung ermittelt haben:

a. Teilen Sie die kJ-Leistung durch die latente Wärme des Dampfs beim verwendeten Dampfdruck. Siehe Spalte 2 der Tabelle CG-34-1 oder die Dampftabellen (Seite CG-10). Dies gibt Ihnen das tatsächliche Gewicht des kondensierten Dampfs. Um eine enge Annäherung zu finden, könnte eine Faustregel angewendet werden, in der die kJ-Leistung einfach durch 2.100 geteilt wird.
b. Multiplizieren Sie das tatsächliche Gewicht des kondensierenden Dampfs mit dem Sicherheitsfaktor, um die kontinuierlich erforderliche Ableiterabführleistung zu erhalten.

Tabelle CG-32-1. Multiplikatoren für die Dimensionierung von Ableitern für mehrere Rohrschlangen

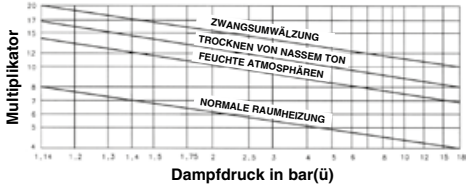


Tabelle CG-3232-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Mit Ableitern zu versehendes Gerät	1. Wahl und Funktionscode	Konstanter Druck		1. Wahl und Funktionscode	Variabler Druck	
		0–2 bar(ü)	Über 2 bar(ü)		0–2 bar(ü)	Über 2 bar(ü)
Lufterhitzer	B, C, E, K, N	IBLV	IBLV	B, C, G, H, L	F&T	*F&T
	Alternative	F&T	*F&T	Alternative	IBLV	IBLV
Klimakastengeräte	B, C, E, K, N, O	IBLV	IBLV	B, C, G, H, L	F&T	*F&T
	Alternative	F&T	*F&T	Alternative	IBLV	IBLV
Lamellenheizkörper und Rohrschlangen	B, C, E, K, N	IBLV	IBLV	B, C, G, H, L	F&T	F&T
	Alternative	Thermostatisch	Thermostatisch	Alternative	IBLV	IBLV

* IBLV über F&T-Druck-/Temperaturbeschränkungen verwenden.

BITTE BEACHTEN SIE:

1. Sehen Sie einen Vakuumbrecher vor, wenn Unterdrücke auftreten.
2. Verwenden Sie bei überhitztem Dampf keine Kugelschwimmerableiter.

Ableiterauswahl für Rohrschlangen und Lamellenheizkörper

Rohrschlangen. Versehen Sie jedes Rohr soweit möglich mit seinem eigenen Ableiter, um Überbrückung zu vermeiden.

Einzelne Rohrschlangen. Zur Dimensionierung von Ableitern für einzelne Rohre oder einzeln abgeleitete Rohre suchen Sie die Kondensationsgeschwindigkeit pro Meter Rohr in Tabelle CG-34-2 (Seite CG-34). Multiplizieren Sie die Kondensationsgeschwindigkeit pro Meter mit der Länge in Metern, um die normale Kondensatlast zu erhalten.

Wenden Sie zur schnellen Aufheizung einen Sicherheitsfaktor von 3:1 bei der Ableiterauswahl an und verwenden Sie einen Glockenableiter mit einer thermischen Entlüfterglocke. Wenn schnelle Aufheizung nicht erforderlich ist, verwenden Sie einen Sicherheitsfaktor von 3:1 bei der Ableiterauswahl und wählen Sie einen normalen Glockenableiter.

Mehrere Rohrschlangen. Zur Dimensionierung von Ableitern zum Entleeren von Schlangen, die aus mehreren Rohren bestehen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Multiplizieren Sie die Länge in Metern des Rohrs in der Schlange durch die Kondensationsgeschwindigkeit aus Tabelle CG-34-2. Dies ergibt die normale Kondensatlast in kg/h.
2. Suchen Sie in Tabelle CG-32-1 (Seite CG-32) den Multiplikator für Ihre Einsatzbedingungen.
3. Multiplizieren Sie die normale Kondensatlast mit dem Multiplikator, um die kontinuierliche Abführkapazität des erforderlichen Ableiters zu erhalten. **Beachten Sie, dass der Sicherheitsfaktor nicht im Multiplikator enthalten ist.**

Lamellenheizkörper. Wenn die kJ-Leistung unbekannt ist, können die Kondensationsgeschwindigkeiten aus Tabellen CG-34-3 und CG-34-4 (Seite CG-34) mit ausreichender Genauigkeit zur Ableiterauswahl errechnet werden. Zur Nutzung von Tabelle CG-34-3 finden Sie den Durchmesser des Rohrs, die Größe der Rippen, die Anzahl der Rippen und den Werkstoff. Bestimmen Sie die Kondensationsgeschwindigkeit pro Meter unter Standardbedingungen aus Tabelle CG-34-3. Setzen Sie dies mit Tabelle CG-34-4 in die tatsächlichen Bedingungen um.

Sicherheitsfaktor-Empfehlungen dienen dazu:

1. Die Gefahr von Fehlleitung des Mediums zu überwinden, die durch die mehrfachen Rohre des Heizgeräts geschaffen wird.
2. Ausreichende Ableiterkapazität unter rauen Betriebsbedingungen sicherzustellen. Bei extremer Kälte liegen die Eintrittslufttemperaturen wahrscheinlich unter den berechneten Werten, und der erhöhte Dampfbedarf in allen Teilen der Anlage kann zu niedrigeren Dampfdrücken und höheren Rücklaufleitungsdrücken führen – all dies senkt die Ableiterkapazität.
3. Das Entfernen von Luft und anderen nicht kondensierbaren Gasen sicherzustellen.

WARNHINWEIS: Verwenden Sie bei Niederdruckheizung einen Sicherheitsfaktor mit der tatsächlichen Druckdifferenz, nicht unbedingt den Dampfzulaufdruck. Denken Sie dabei daran, dass der Ableiter auch mit der maximalen Druckdifferenz, die er erfährt, arbeiten können muss.

Installation

Folgen Sie generell den Empfehlungen des jeweiligen Herstellers. Abb. CG-33-1, CG-33-2, CG-33-3 und CG-33-4 stellen den Konsens von Raumheizungsherstellern dar.

ANMERKUNG: Zur Erklärung des Sicherheitsableiters siehe Abb. CG-56-1 (Seite CG-56).

Abbildung CG-33-1. Ableitung und Entlüftung einer Luft-Heizschlange

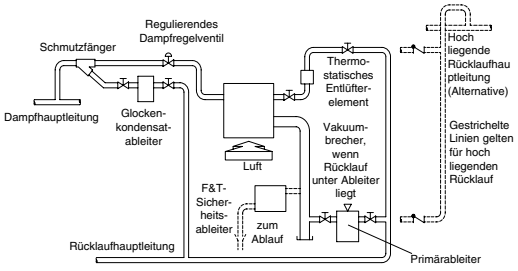


Abbildung CG-33-2. Ableitung und Entlüftung einer Luft-Heizschlange

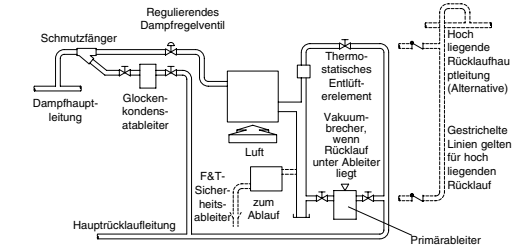


Abbildung CG-3333-3. Generell gebilligte Methode zur Verrohrung und Ableitung von horizontal auslassenden Hochdruckheizgeräten (etwa 1 bar(ü)). Kondensatsammelstutzen, Abb. CG-33-3 und CG-33-4, sollte mind. 250–300 mm sein.

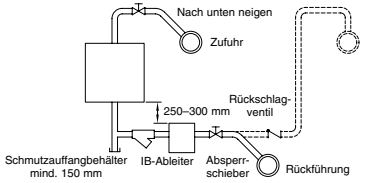


Abbildung CG-3333-4. Generell gebilligtes Verfahren zur Verrohrung und Ableitung vertikal auslassender Niederdruckheizgeräte (unter 1 bar(ü)).

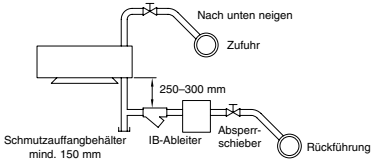


Tabelle CG-34-1. Eine Tabelle mit Konstanten zur Ermittlung der kJ-Leistung eines Lufterhitzers bei Nichtstandardbedingungen – Standard bedeutet hier 1,15 bar(ü) Dampfdruck bei Eintrittslufttemperatur 15°C. Zur Anwendung den Standard-kJ-Kapazitätswert des Heizgeräts mit der angegebenen Konstante multiplizieren. (Nachdruck mit freundlicher Genehmigung aus dem ASHRAE Guide.)

Dampfdruck in bar(ü)	Latente Wärme des Dampfs in kJ/kg	Eintrittslufttemperatur in °C						
		–24	–12	0	+10	+15	+20	+32
0,15	2.248	–	–	–	1,07	1,00	0,92	0,78
0,35	2.238	1,64	1,45	1,28	1,12	1,05	0,97	0,82
0,7	2.214	1,73	1,54	1,37	1,21	1,31	1,05	0,90
1,0	2.201	1,79	1,61	1,44	1,27	1,19	1,11	0,97
1,5	2.181	1,86	1,67	1,49	1,33	1,25	1,17	1,02
2,0	2.163	1,96	1,77	1,59	1,42	1,33	1,26	1,11
3,5	2.119	2,13	1,93	1,75	1,58	1,49	1,41	1,26
5,0	2.084	2,25	2,05	1,87	1,69	1,61	1,52	1,36
5,5	2.075	2,31	2,11	1,92	1,74	1,66	1,57	1,41
7,0	2.046	2,40	2,20	2,01	1,83	1,74	1,66	1,50

Tabelle CG-3434-2. Kondensiergeschwindigkeiten in blankem Sattdampfrohr

Rohrdurchmesser (mm)	m² pro Meter Rohr	Dampfdruck (bar(ü)), Temperaturanstieg von 21°C					
		1 bar(ü) 120°C	2 bar(ü) 133°C	4 bar(ü) 152°C	8,5 bar(ü) 177°C	12 bar(ü) 192°C	17 bar(ü) 207°C
		Kondensatlast in kg/h pro Meter Rohr					
15	0,07	0,19	0,22	0,28	0,39	0,45	0,52
20	0,09	0,22	0,28	0,36	0,49	0,57	0,67
25	0,11	0,28	0,34	0,42	0,58	0,68	0,80
32	0,13	0,34	0,42	0,54	0,73	0,85	1,00
40	0,15	0,39	0,48	0,61	0,82	0,97	1,13
50	0,19	0,49	0,60	0,74	1,01	1,19	1,38
65	0,24	0,58	0,70	0,88	1,21	1,41	1,65
80	0,28	0,68	0,83	1,04	1,43	1,68	1,95
100	0,36	0,86	1,04	1,33	1,80	2,13	2,56

Tabelle CG-3434-3. Kondensationsgeschwindigkeit bei Lamellenheizkörper bei 18°C Lufttemperatur und 102°C Dampftemperatur (nur zur Auswahl des Kondensatableiters)

	Rohrdurchmesser (mm)	Lamellengröße (mm)	Lamellen pro Zoll	Anzahl Rohre übereinander mit Befestigungsabstand 150 mm	Kondensat in kg/h pro Meter Rohr
Stahlrohr, Stahllamellen, schwarz lackiert	32	82,6	3 bis 4	1 2 3	1,64 2,98 3,87
	32	108	3 bis 4	1 2 3	2,38 3,57 4,62
	50	108	2 bis 3	1 2 3	2,23 3,57 4,62
Kupferrohr, Aluminiumlamellen, unlackiert	32	82,6	4	1 2 3	2,38 3,28 4,17
	32	108	5	1 2 3	3,28 4,47 5,36

Tabelle CG-3434-4. Konvertierungsfaktoren von Lamellenheizkörper bei anderen Temperaturen als 18°C Lufttemperatur und 102°C Dampftemperatur

Dampfdruck (bar(ü))	Dampftemp. (°C)	Temperatur der Eintrittsluft (°C)						
		7	13	18	21	24	27	32
0,05	101,7	1,22	1,11	1,00	0,95	0,90	0,84	0,75
0,35	108,4	1,34	1,22	1,11	1,05	1,00	0,95	0,81
0,70	115,2	1,45	1,33	1,22	1,17	1,11	1,05	0,91
1,00	120,2	1,55	1,43	1,31	1,26	1,20	1,14	1,00
2,00	133,5	1,78	1,66	1,54	1,48	1,42	1,37	1,21
4,00	151,8	2,10	2,00	1,87	1,81	1,75	1,69	1,51
7,00	170,4	2,43	2,31	2,18	2,11	2,05	2,00	1,81
8,50	177,7	2,59	2,47	2,33	2,27	2,21	2,16	1,96
12,00	191,6	2,86	2,74	2,60	2,54	2,47	2,41	2,21

Entleeren von Prozesslufterhitzern

Prozesslufterhitzer werden zum Trocknen von Papier, Holz, Milch, Stärke und anderen Produkten sowie zum Vorheizen von Verbrennungsluft für Heizkessel verwendet.

Gängige Beispiele für diese Art von Geräten sind Prozesstrockner, Tunneltrockner und Vorheizer für Verbrennungsluft. Im Vergleich zu Lufterhitzern zum Beheizen von Räumen werden Prozesslufterhitzer bei viel höheren Temperaturen betrieben, wobei 260°C keine Seltenheit sind. Diese Anwendungen mit extrem hohen Temperaturen erfordern Hochdruckdampf (bisweilen auch überhitzten Dampf).

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor

Ermitteln Sie die Kondensatlast für Prozesslufterhitzer mit der folgenden Formel:

$$Q_c = \frac{V \times c \times r \times 60\ min/h \times \Delta t}{r}$$

Hierbei gilt:

Q_c = Kondensatlast in kg/h
V = Kubikmeter Luft pro Minute
c = Spezifische Wärme von Luft in kJ/kg/°C (von Tabelle CG-62-2, Seite CG-62)
r = Luftdichte – 1,2 kg/m³ bei 15°C (Luftversorgungstemperatur)
Δt = Temperaturanstieg in °C
r = Latente Dampfwärme in kJ/kg (siehe Dampftabellen, Spalte 5 auf Seite CG-10)

BEISPIEL: Wie hoch ist die Kondensatlast des Heizregisters eines Tunneltrockners mit einer Luftverarbeitungsleistung von 60 m³/min und einem erforderlichen Temperaturanstieg um 35°C? Der Dampfdruck liegt bei 5 bar(ü). Verwenden Sie die Formel:

$$Q = \frac{60 \times 1 \times 1{,}2 \times 60 \times 35}{2.084}$$

Q = 72,5 kg/h

Multiplizieren Sie das Ergebnis mit dem Sicherheitsfaktor 2 (empfohlen für alle Prozessluftheizer mit konstantem Druck). Daraus ergibt sich ein Ableiter mit einer Leistung von 145 kg/h. Diese Berechnung basiert auf einem Heizregister. Für höhere Temperaturanstiege der Luft sind möglicherweise weitere in Reihe geschaltete Heizregister erforderlich.

Sicherheitsfaktoren

Verwenden Sie bei konstantem Dampfdruck einen Sicherheitsfaktor von 2:1 für die Betriebsdruckdifferenz. Bei modulierendem Dampfdruck empfiehlt sich ein Sicherheitsfaktor von 3:1 ausgehend von der Hälfte der maximalen Druckdifferenz auf beiden Seiten des Ableiters.

Installation

Achten Sie bei der Verrohrung einer kompletten Prozessluftheizanlage (einschließlich aller Kondensatableiteranschlüsse) auf ausreichend Spielraum für die Ausdehnung infolge der hohen Temperaturschwankungen. Platzieren Sie Ableiter 250–300 mm unter den Heizregistern mit einem Schmutzauffangbehälter von mindestens 150 mm. Installieren Sie bei Erhitzern mit konstantem und modulierendem Druck zwischen dem Heizregister und dem Kondensatableiter einen Vakuumbrecher. Installieren Sie auf jedem Heizregister einen Entlüfter, um Luft und andere nicht kondensierbare Gase zu entfernen, die eine rasche Korrosion verursachen. Siehe Abbildung CG-3535-1.

Ein Sicherheitsableiter ist zu empfehlen, wenn Kondensat hinter dem Ableiter gehoben wird oder Gegendruck vorhanden ist. Einen Verrohrungsplan mit Erläuterung finden Sie auf Seite CG-56.

Abbildung CG-3535-1. Prozesslufterhitzer

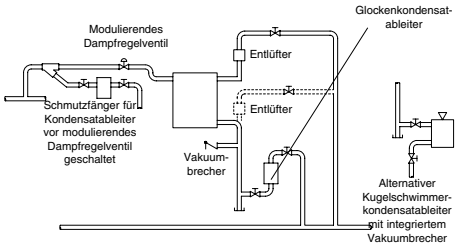


Tabelle CG-3535-1. Empfehlungstabelle (Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Zu entleerende Armaturen	1. Wahl und Funktionscode	Konstanter Druck		1. Wahl und Funktionscode	Variabler Druck	
		0–2 bar(ü)	Über 2 bar(ü)		0–2 bar(ü)	Über 2 bar(ü)
Prozessluft-erhitzer	A, B, F, I, K, M	IB	IB	B, C, G, H, L	F&T	*F&T
	Alternative	F&T	IBLV	Alternative	IBLV	IBLV

* Bei Überschreitung der Druck-/Temperaturgrenzen des Kugelschwimmerkondensatableiters einen Glockenkondensatableiter verwenden

ANMERKUNG:

1. Verwenden Sie bei Unterdruck immer einen Vakuumbrecher.
2. Verwenden Sie bei überhitztem Dampf keine Kugelschwimmerkondensatableiter.

Entleeren von Röhrenwärmetauschern und Tauchrohren

Tauchrohre sind Wärmeüberträger, die in zu erwärmende, verdampfende oder konzentrierende Flüssigkeiten eingetaucht werden. Diese Art von Heizregister ist in praktisch jeder Anlage vorhanden, die mit Dampf arbeitet. Gängige Beispiele sind Warmwasserbereiter, Aufkocher, Einsteckvorwärmer und Verdampfer. Diese werden zum Erwärmen von Wasser für Prozesse oder im Haushalt, zur Verdampfung von Industriegasen wie Propan und Sauerstoff, zur Konzentration von Prozessflüssigkeiten wie Zucker, Black Liquor und Petroleum und zum Vorwärmen von Heizöl verwendet, um die Fließfähigkeit und Zerstäubung zu verbessern.

Unterschiedliche Anwendungsanforderungen in Verbindung mit konstantem oder variablem Dampfdruck bestimmen den Ableitertyp. Zu den Faktoren für die Ableiterauswahl zählen die Fähigkeit, Luft bei geringen Druckdifferenzen auszuleiten, die Energieeinsparung sowie das Entfernen von Schmutz und Kondensat. Drei Standardmethoden für die Dimensionierung helfen, den richtigen Typ und die passende Größe von Ableitern für Heizregister zu ermitteln.

Sicherheitsfaktor

1. **Konstanter Dampfdruck.** GLOCKEN- ODER KUGELSCHWIMMERKONDENSATABLEITER
   ■ Verwenden Sie einen Sicherheitsfaktor von 2:1 für die Betriebsdruckdifferenz.
2. **Modulierender Dampfdruck.** GLOCKEN- ODER KUGELSCHWIMMERKONDENSATABLEITER.
   ■ 0–1 bar(ü) Dampf – 2:1 bei 0,1 bar Druckdifferenz.
   ■ 1–2 bar(ü) Dampf – 2:1 bei 0,2 bar Druckdifferenz.
   ■ Über 2 bar(ü) Dampf – 3:1 ausgehend von der Hälfte der maximalen Druckdifferenz im Ableiter.
3. **Konstanter oder modulierender Dampfdruck mit Heberableitung.**
   ■ Es sollte ein automatischer Differenzdruck-Kondensatregler mit einem Sicherheitsfaktor von 3:1 verwendet werden. Alternativ eignet sich auch ein Glockenkondensatableiter mit großem Entlüfter mit einem Sicherheitsfaktor von 5:1.

Ermitteln Sie bei konstantem Dampfdruck den Sicherheitsfaktor anhand der maximalen Differenz. Ermitteln Sie bei modulierendem Dampfdruck den Sicherheitsfaktor anhand der Hälfte der maximalen Differenz.

Röhrenwärmetauscher

Ein Tauchrohrtyp ist der Röhrenwärmetauscher (Abb. CG-3636-1). Bei diesen Wärmetauschern sind mehrere Rohre in einem Gehäuse oder einer Röhre mit begrenztem Raum installiert. Dies gewährleistet, dass durch das Gehäuse strömende Flüssigkeit an den Rohren anliegt. Auch wenn der Begriff Tauchrohr impliziert, dass sich in den Rohren Dampf befindet und die Rohre in die zu erwärmenden Flüssigkeit eingetaucht sind, kann es auch umgekehrt sein, dass das Gehäuse mit Dampf und die Rohre mit Flüssigkeit gefüllt sind.

Ableiterauswahl für Röhrenwärmetauscher

Um die Kondensatlast für Röhrenwärmetauscher zu ermitteln, verwenden Sie die folgende Formel, wenn tatsächliche Nennwerte bekannt sind.* (Wenn nur Heizregistermesswerte bekannt sind, verwenden Sie die angegebene Formel für Plattenwärmeüberträger. Wählen Sie unbedingt den entsprechenden „k"-Faktor):

$$Q_c = \frac{m \times \Delta t \times c \times 60 \times s.g.}{r}$$

Hierbei gilt:

Q_c = Kondensatlast in kg/h
m = Durchfluss in l/min
Δt = Temperaturanstieg in °C
c = spezifische Wärme von Flüssigkeit in kJ/kg/°C (Tabelle CG-60-1, Seite CG-60)
60 = 60 min/h
s.g.= Spezifisches Gewicht von Flüssigkeit (Tabelle CG-62-1, Seite CG-62)
r = Latente Dampfwärme in kJ/kg (siehe Dampftabellen, Spalte 5 auf Seite CG-10)

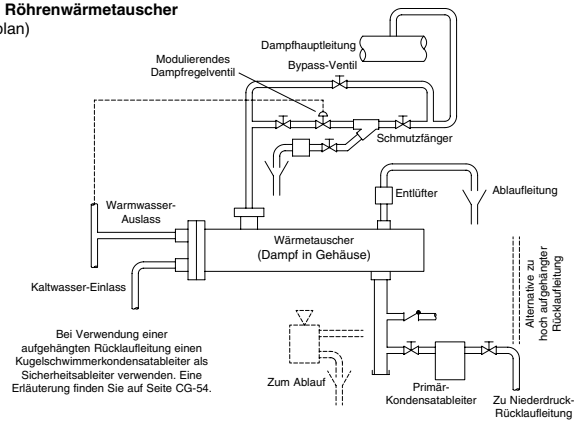
BEISPIEL: Angenommen, der Durchfluss beträgt 30 l/min mit einer Eintrittstemperatur von 20°C und einer Austrittstemperatur von 120°C. Der Dampfdruck liegt bei 1 bar(ü). Ermitteln Sie die Kondensatlast.

Verwenden Sie die Formel:

$$Q_c = \frac{30\ l/min \times 100°C \times 4{,}18\ kJ/kg/°C \times 60 \times 1}{2.257\ kJ/kg} = 333\ kg/h$$

*** Verwenden Sie zur Ermittlung der Größe von Kondensatableitern für Aufkocher und Verdampfer (Dampferzeugungsprozesse) die Formel für PLATTENWÄRMEÜBERTRAGER auf Seite CG-37.**

Abbildung CG-3636-1. Röhrenwärmetauscher
(typischer Verrohrungsplan)



Faustregel zur Berechnung der Kondensationsgeschwindigkeit für Warmwasserbereiter:
Wird die Temperatur von 500 Liter Wasser um 1°C erhöht, kondensiert ein Kilogramm Dampf.

Plattenwärmeüberträger

Offene Tanks mit Wasser oder Chemikalien werden häufig mithilfe von Plattenwärmeüberträgern erwärmt (Abb. CG-3737-1). Die Rillen im Blech der beiden Hälften schaffen den erforderlichen Platz für den Dampf. Zusammengeschweißt bilden die beiden Hälften Gänge für den Dampfeintritt, die Wärmeübertragung und die Kondensatableitung.

Kondensatableiterauswahl für Plattenwärmeüberträger
Wenn zwei fließende Medien getrennt werden und unterschiedliche Temperaturen haben, nämlich eine steigende und eine sinkende, besteht zwischen den beiden Flüssigkeiten ebenso eine logarithmische Temperaturdifferenz wie zwischen Dampf und Flüssigkeit (oder dem Vor- und Rücklauf eines Wärmetauschers) in t_m.

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{L_n\left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\right)}$$ Hierbei gilt:

Δt_1 = Größte Temperaturdifferenz
Δt_2 = Kleinste Temperaturdifferenz
Die Temperaturdifferenz L_n kann etwas weniger exakt mithilfe des Diagramms CG-41-1 (Seite CG-41) bestimmt werden.

BEISPIEL:
Wie ist die durchschnittliche logarithmische Temperaturdifferenz zwischen einer von 74°C auf 95°C erwärmten Flüssigkeit und einer von 125°C auf 95°C abgekühlten Flüssigkeit?

Δt_1 (125 → 95 / 95 ← 74) Δt_2

Δt_1 = 125 – 95 = 30°C
Δt_2 = 95 – 74 = 21°C

Die durchschnittliche logarithmische Temperaturdifferenz ist:

$$\Delta t_m = \frac{30 - 21}{Ln\left(\frac{30}{21}\right)} = \frac{9}{0{,}36} = 25°C$$

Verwenden Sie zum Ermitteln des gesamten Wärmeaustauschs die folgende Formel:

$H = A \times k \times \Delta t_m$

Hierbei gilt:
H = Wärmeübertragung in kJ/h
A = Fläche in m²
k = Gesamte Wärmeübertragung in kJ/h.m².°C (Tabelle CG-3737-2)
Δt_m = Durchschnittliche logarithmische Temperaturdifferenz

BEISPIEL:
Zu erwärmende Fläche = 8 m²
Wärmeübertragung = 3.770 kJ/h.m².°C
Durchschnittliche logarithmische Temperatur = 25°C

Der Dampfdruck ist 1,5 bar(ü) bei 125°C. Dies ergibt eine latente Wärme von 2.181 kJ/kg. 754.000 dividiert durch 2.181 = 345,7 kg/h. Um den passenden Ableiter für diese spezielle Situation zu ermitteln, multiplizieren Sie die Kondensatlast mit dem entsprechenden Sicherheitsfaktor.

Tabelle CG-3737-1. k-Werte für Rohrschlangen in kJ/h.m².°C

Betriebstyp	Zirkulation	
	Natürlich	Unter Zwang
Dampf zu Wasser	1.030–4.080	3.055–24.285
1 1/2" Röhrenwärmetauscher	3.665	9.210
3/4" Röhrenwärmetauscher	4.080	10.260
Dampf zu Öl	210–630	1.025–3.055
Dampf zu kochender Flüssigkeit	6.070–16.330	-
Dampf zu kochendem Öl	1.025–3.055	-

Tabelle CG-3737-2. k-Werte für Plattenwärmeüberträger in kJ/h.m².°C

Betriebstyp	Zirkulation	
	Natürlich	Unter Zwang
Dampf zu wässrigen Lösungen	2.095–4.080	3.055–5.650
Dampf zu Leichtöl	840–920	1.255–2.260
Dampf zu mittelschwerem Öl	420–840	1.025–2.050
Dampf zu Bunkerkohle	335–630	840–1.675
Dampf zu Teerasphalt	335–500	377–1.255
Dampf zu geschmolzenem Schwefel	500–710	710–920
Dampf zu geschmolzenem Paraffin	500–710	840–1.045
Dampf zu Molasse oder Sirup	420–840	1.445–1.840
Dowtherm zu Teerasphalt	335–630	1.025–1.255

Abbildung CG-3737-1. Thermostatisch geregelter Plattenwärmeüberträger, Heberableitung

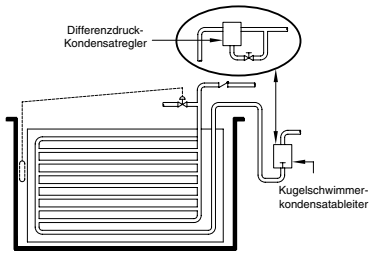
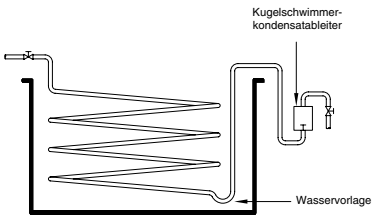


Abbildung CG-3737-2. Spiralband-Wärmeüberträger, Heberableitung



Rohrschlangen

Rohrschlangen sind Wärmeüberträgerrohre, die in großvolumigen Kesseln eingesetzt werden (Abb. CG-37-2, Seite CG-37). Dies ist der wesentliche Unterschied zu Röhrenwärmetauschern. Wie Plattenwärmeüberträger können auch diese entsprechend den am Installationsort vorherrschenden Bedingungen durch Schwerkraft- oder Heberableitung entleert werden. Im Gegensatz zu Plattenwärmeüberträgern werden Rohrschlangen überwiegend in geschlossenen Kesseln installiert.

Kondensatableiterauswahl für Rohrschlangen

Ermitteln Sie die Kondensatlast für Rohrschlangen, indem Sie entsprechend den bekannten Daten eine der folgenden Formeln anwenden. Wenn Sie die Kapazität kennen, verwenden Sie die Formel für Röhrenwärmetauscher. Wenn Sie die Abmessungen des Heizregisters kennen, verwenden Sie die Formel für Plattenwärmeüberträger.

Installation

Wenn bei Röhrenwärmetauschern, Plattenwärmeüberträgern und Rohrschlangen die Ableitung durch Schwerkraft erfolgt, installieren Sie den Kondensatableiter unter dem Heizregister. Verwenden Sie bei modulierendem Druck einen Vakuumbrecher. Dieser kann in Kugelschwimmerkondensatableiter integriert oder bei einem Glockenkondensatableiter vorgeschaltet sein. Installieren Sie als Auffangbehälter vor dem Ableiter einen ausreichend großen Kondensatsammelstutzen. Dies gewährleistet die Entleerung des Heizregisters bei maximaler Kondensatlast und minimaler Dampfdruckdifferenz.

Vermeiden Sie das Anheben von Kondensat von einem Röhrenwärmetaucher, Plattenwärmeüberträger oder einer Rohrschlange mit modulierendem Druck. Falls es jedoch unbedingt erforderlich ist, gilt folgende Empfehlung:

1. Heben Sie das Kondensat vor oder hinter dem Ableiter um maximal 0,2 bar des normalen Druckunterschieds an.
2. Wird das Kondensat hinter dem Kondensatableiter angehoben, installieren Sie einen Niederdruck-Sicherheitsableiter (siehe Seite CG-56).
3. Wenn das Kondensat vor dem Kondensatableiter angehoben wird (Heberableitung), installieren Sie einen automatischen Differenzdruck-Kondensatregler, um für eine effiziente Entlüftung des gesamten Entspannungsdampfs zu sorgen.

Tabelle CG-3838-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Zu entleerende Armaturen	1. Wahl und Funktionscode	Konstanter Druck		1. Wahl und Funktionscode	Variabler Druck	
		0–2 bar(ü)	Über 2 bar(ü)		0–2 bar(ü)	Über 2 bar(ü)
Röhrenwärme-tauscher	B, C, E, F, G, I, K, N, Q	IBLV	IBLV	B, C, G, H, I, L	F&T†	F&T†
	Alternative	DC F&T	DC *F&T	Alternative	DC IBT	DC IBLV
Plattenwärmeüberträger und Rohrschlangen mit Heberableitung	B, C, E, F, G, H, I, K, N, Q	DC	DC	B, C, G, H, I, L	DC	DC
	Alternative	IBLV	IBLV	Alternative	IBT	IBLV
Plattenwärmeüberträger und Rohrschlangen mit Schwerkraftableitung	B, C, E, F, G, I, K, N, Q	IBLV	IBLV	B, C, G, H, I, L	F&T†	*F&T†
	Alternative	DC F&T	DC F&T	Alternative	DC IBT	DC IBLV

* Bei Überschreitung der Druck-/Temperaturgrenzen Glockenkondensatableiter mit großem Entlüfterelement verwenden.
† Zur effizienten Ableitung von Schmutz und großen Luftvolumen eignet sich ein Glockenkondensatableiter mit externem thermostatischen Entlüfterelement.
Anmerkung:
1. Verwenden Sie bei Unterdruck immer einen Vakuumbrecher.
2. Verwenden Sie zum Anheben von Kondensat unter modulierendem Druck einen Sicherheitsableiter.

Entleeren von Verdampfern

Verdampfer reduzieren den Wassergehalt eines Produkts durch Verwendung von Wärme. Sie werden in vielen Branchen eingesetzt, insbesondere in der Papier-, Lebensmittel-, Textil-, Stahl- und chemischen Industrie.

Ein Verdampfer ist ein Röhrenwärmetauscher, bei dem sich der Dampf in der Regel im Gehäuse befindet und das Produkt durch die Rohre fließt. Je nach Produkttyp und erwünschtem Ergebnis sind möglicherweise mehrere Verdampfungsstufen oder -effekte erforderlich. Der häufigste Effekt ist der Triple-Effekt, wobei in einigen Anwendungen auch bis zu fünf oder sechs Stufen vorzufinden sind.

Einfacheffekt

Während das Produkt durch die Rohre des Verdampfers geleitet wird, wird Wärme zugeführt, um einen bestimmten Feuchtigkeitsanteil zu entfernen. Anschließend werden der Produktdampf und das konzentrierte Produkt in die Dampftrockenkammer geleitet, wo der Dampf abgesaugt und eventuell anderweitig genutzt wird. Das Konzentrat wird daraufhin abgepumpt und zum nächsten Prozessstadium weitergeleitet (Abb. CG-31-1).

Mehrfacheffekt

Bei der Mehrfacheffekt-Methode wird Wärme konserviert, da in der ersten Stufe Dampf aus dem Kessel verwendet wird. In der zweiten Stufe wird vom Produkt erzeugter Dampf als Wärmequelle verwendet. Der in dieser Stufe generierte Dampf wird in der dritten Stufe als Wärmequelle verwendet und dient schließlich zur Erwärmung von Wasser für einen anderen Prozess oder zum Vorwärmen des Zulaufs (Abb. CG-3939-2).

Bei der Konstruktion von Verdampfern sind aufgrund ihres breiten Einsatzspektrums zahlreiche Variablen zu berücksichtigen. Die Dampfleistung von Verdampfern kann zwischen ca. 500 kg/h und 50.000 kg/h variieren, der Dampfdruck von 10 bar(ü) in der ersten Stufe bis zu nur 60 Vakuum in der letzten Stufe.

Da Verdampfer in der Regel im Dauerbetrieb laufen, ist eine gleichmäßige Kondensatlast abzuleiten. Wichtig ist, die Ableiter für den tatsächlichen Druckunterschied jeder Stufe auszuwählen.

Die drei wichtigsten Aspekte beim Ableiten von Verdampfern sind:
1. Hohe Kondensatlasten
2. Geringe Druckunterschiede in einigen Stufen
3. Die Entleerung von Luft und Verschmutzungen

Sicherheitsfaktor

- Bei ziemlich konstanter Last sollte ein Sicherheitsfaktor von 2:1 für eine tatsächliche Kondensatlast über 25.000 kg/h ausreichen.
- Unter 25.000 kg/h sollte ein Sicherheitsfaktor von 3:1 verwendet werden.

Für Einfacheffekt- und Mehrfacheffekt-Verdampfer werden automatische Differenzdruck-Kondensatregler empfohlen. Neben dem Dauerbetrieb entlüften Differenzdruck-Kondensatregler außerdem Luft und CO_2 bei Dampftemperatur, leiten Entspannungsdampf ab und reagieren sofort auf Kondensatansammlungen.

Abbildung CG-3939-1. Einfacheffekt-Verdampfungsanlage

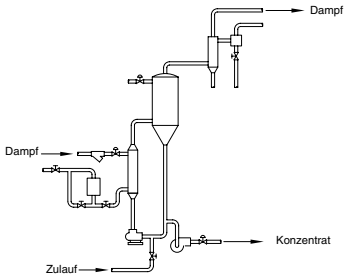


Abbildung CG-3939-2. Triple-Effekt-Verdampfungsanlage

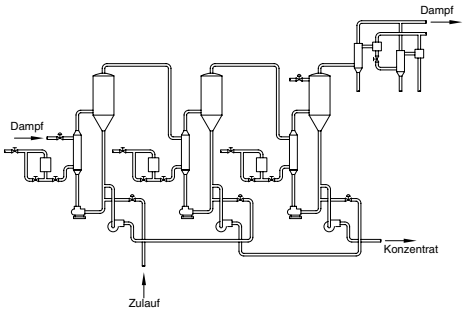


Tabelle CG-3939-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Zu entleerende Armaturen	1. Wahl, Funktionscode und Alternative(n)	0–2 bar(ü)	Über 2 bar(ü)
Einfacheffekt-Verdampfer	A, F, G, H, K, M, P	DC	DC
	Alternativen	IBLV F&T	IBLV F&T
Mehrfacheffekt-Verdampfer	A, F, G, H, K, M, P	DC	DC
	Alternativen	IBLV F&T	IBLV F&T

Installation

Da ein Verdampfer im Grunde ein Röhrenwärmetauscher ist, bei dem sich der Dampf im Gehäuse befindet, sollten auf dem Wärmetauscher separate Dampfentlüfterelemente vorhanden sein. Installieren Sie diese Entlüfterelemente in den Bereichen, wo sich tendenziell Luft ansammelt, wie etwa in der Ruhezone des Gehäuses. Installieren Sie für jede Stufe einen separaten Ableiter. Während das Kondensat von der ersten Stufe an den Kessel zurückgespeist werden kann, wird bei den nachfolgenden Stufen aufgrund der Verschmutzung durch das Produkt davon abgeraten.

Kondensatableiterauswahl für Verdampfer

Wichtig bei der Berechnung der Kondensatlast von Verdampfern ist die Wahl des k-Werts (kJ/h.m².°C). Generell können die folgenden k-Werte verwendet werden:

- 5.860 für Verdampfer mit natürlicher Zirkulation und niedrigem Dampfdruck (bis 2 bar(ü))
- 10.050 für Verdampfer mit natürlicher Zirkulation und hohem Druck (bis 3 bar(ü))
- 15.070 für Verdampfer mit Zwangszirkulation

Berechnen Sie mithilfe der folgenden Formel die Wärmeübertragung für Wärmetauscher im Dauerbetrieb mit konstantem Dampfdruck.

$$H = A \times k \times \Delta t_m$$

Hierbei gilt:

H = Gesamte übertragene Wärmemenge in kJ pro Stunde
A = Außenfläche des Heizregisters in m²
k = Gesamte Wärmeübertragung in kJ/h.m².°C (siehe Tabelle CG-37-1 und CG-37-2)
Δt_m = Durchschnittliche logarithmische Temperaturdifferenz zwischen Dampf und Flüssigkeit (wie zwischen Ein- und Austritt eines Wärmetauschers) in °C

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{L_n \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}\right)}$$

Hierbei gilt:

Δt_1 = Größte Temperaturdifferenz
Δt_2 = Geringste Temperaturdifferenz

Die durchschnittliche logarithmische Temperaturdifferenz kann mithilfe des Nomographs in Diagramm CG-41-1 geschätzt werden.

BEISPIEL:

A = Wärmeüberträgerrohre: acht 3/4" AD-Rohre mit 3,6 m Länge

$$\frac{8 \times 3{,}6}{16{,}7} = 1{,}7 \text{ m}^2$$

(von Tabelle CG-41-3)

k = 10.260 kJ/h.m².°C

Voraussetzungen:
Wassereinlass: 4,5°C
Wasserauslass: 65,5°C

8,5 bar(ü) Dampf oder 178,3°C Dampftemperatur:
Δt_1 = 178,3°C – 4,5°C = 173,8°C
Δt_2 = 178,3°C – 65,5°C = 112,8°C

Dividiert durch 4, um in den Bereich von Diagramm CG-41-1 zu kommen:
Δt_1 = 43,5°C
Δt_2 = 28,2°C

Durchschnittliche Differenz laut Diagramm ist 35°C. Multipliziert mit 4 liegt die durchschnittliche Temperaturdifferenz für den ursprünglichen Wert bei 140°C. Verwenden Sie diesen Wert in der Gleichung:

H = 1,7 m² x 10.260 kJ/h.m².°C x 140°C = 2.441.880 kJ/h

Latente Dampfwärme bei 8,5 bar(ü) = 2.018 kJ/kg

$$\frac{2.441.880 \text{ kJ/h}}{2.018 \text{ kJ/kg}} = 1.210 \text{ kg/h}$$

Um die erforderliche Ableiterkapazität zu ermitteln, multiplizieren Sie die Kondensationsgeschwindigkeit mit dem empfohlenen Sicherheitsfaktor.

Entleeren von Verdampfern

Tabelle CG-4141-1. k-Werte für Rohrschlangen in kJ/h.m².°C

Betriebstyp	Zirkulation	
	Natürlich	Unter Zwang
Dampf zu Wasser	1.030–4.080	3.055–24.285
1 1/2" Röhrenwärmetauscher	3.665	9.210
3/4" Röhrenwärmetauscher	4.080	10.260
Dampf zu Öl	210–630	1.025–3.055
Dampf zu kochender Flüssigkeit	6.070–16.330	-
Dampf zu kochendem Öl	1.025–3.055	-

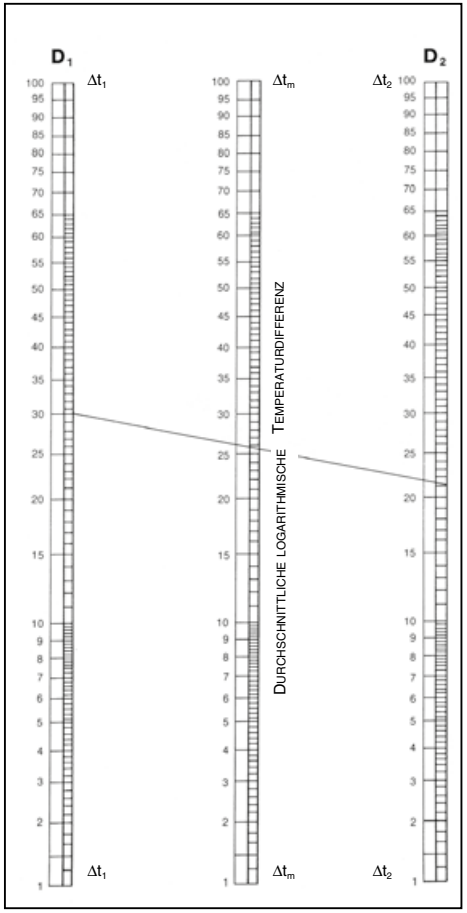
Tabelle CG-4141-2. k-Werte für Plattenwärmeüberträger in kJ/h.m².°C

Betriebstyp	Zirkulation	
	Natürlich	Unter Zwang
Dampf zu wässrigen Lösungen	2.095–4.080	3.055–5.650
Dampf zu Leichtöl	840–920	1.255–2.260
Dampf zu mittelschwerem Öl	420–840	1.025–2.050
Dampf zu Bunkerkohle	335–630	840–1.675
Dampf zu Teerasphalt	335–500	377–1.255
Dampf zu geschmolzenem Schwefel	500–710	710–920
Dampf zu geschmolzenem Paraffin	500–710	840–1.045
Dampf zu Molasse oder Sirup	420–840	1.445–1.840
Dowtherm zu Teerasphalt	335–630	1.025–1.255

Tabelle CG-4141-3. Konvertierungstabelle für Rohrgrößen
(Rohrlänge in Meter durch den für Rohrgröße und -typ angegebenen Faktor dividieren, um Oberfläche in Quadratmeter zu erhalten)

Rohrdurchmesser (mm)	Eisenrohr	Kupfer- oder Messingrohr
15	14,92	25,03
20	11,94	16,70
25	9,51	12,53
32	7,54	10,00
40	6,59	8,36
50	5,28	6,26
65	4,36	4,99
80	3,58	4,17
100	2,78	3,13

Diagramm CG-4141-1. Durchschnittliche Temperaturdifferenz für Wärmetauscherarmaturen



Die größte Temperaturdifferenz von Skala **D_1** mit der geringsten Temperaturdifferenz von Skala **D_2** verbinden, um auf der mittleren Skala die durchschnittliche logarithmische Temperaturdifferenz abzulesen.

Entleeren von doppelwandigen Kochkesseln

Doppelwandige Kochkessel sind im wesentlichen Kochkessel oder Konzentratoren mit Dampfmantel. Sie werden beinahe weltweit in jeder erdenklichen Art von Anwendung eingesetzt: in der Fleischverpackung, Papier- und Zuckerherstellung, Obst- und Gemüseverarbeitung und Lebensmittelbereitung, um nur ein paar zu nennen.

Es gibt im Wesentlichen zwei Typen von doppelwandigen Kochkesseln: feste Kessel mit Schwerkraftableitung und kippbare Kessel mit Heberableitung. Jeder Typ erfordert eine spezielle Methode zum Ableiten von Dampf, wobei die damit verbundenen Hauptprobleme bei beiden gleich sind.

Das größte Problem ist die im Dampfmantel eingeschlossene Luft, die sich negative auf die Temperatur auswirkt. Doppelwandige Kochkessel arbeiten normalerweise im diskontinuierlichen Betrieb und die Aufrechterhaltung einer gleich bleibenden Temperatur ist extrem wichtig. Ist eine zu großen Menge an Luft vorhanden, treten starke Temperaturschwankungen auf, die dazu führen, dass das Produkt verbrennt und/oder der Fertigungsprozess sich verlangsamt. Tatsächlich kann unter gewissen Umständen bereits ein Volumenanteil von einem halben oder einem Prozent Luft im Dampf einen isolierenden Film auf der Wärmeüberträgeroberfläche bilden und die Effizienz um bis zu 50% reduzieren. Siehe Seite CG-14 und CG-15.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Verwendung von doppelwandigen Kochkesseln ist die Notwendigkeit einer konstanten und gründlichen Kondensatentfernung. Die Kondensatansammlung im Dampfmantel führt zu einer unzuverlässigen Temperaturregelung, reduziert die Kesselleistung und verursacht Wasserschlag.

Kondensatableiterauswahl für doppelwandige Kochkessel

Die erforderliche Ableiterkapazität für Kessel lässt sich anhand der folgenden Formel ermitteln:

$$Q_c = \frac{k \times A \times \Delta t_m}{r}$$

Hierbei gilt:
Q_c = Kondensatlasten in kg/h
k = Wärmeübertragungsgeschwindigkeit in kJ/h.m².°C
A = Fläche in m²
Δtm = Mittlerer logarithmischer Temperaturunterschied zwischen dem Dampf und der Flüssigkeit (wie zwischen dem Ein- und Ausgang des Wärmetauschers) in °C. Siehe Seite 35.
r = Latente Dampfwärme in kJ/kg

BEISPIEL: Wie hoch ist die empfohlene Ableiterleistung für einen Kessel mit Schwerkraftableitung mit einem Innendurchmesser von 815 mm und eine Betriebsdampfdruck von 7 bar(ü), der eine Flüssigkeit von 20°C auf 80°C erwärmen muss? Verwenden Sie die Formel:

$$Q_c = \frac{3.600 \times 1{,}04 \times 106.19}{2.047} = 194 \text{ kg/h}$$

k = 3.600 kJ/h.m².°C angenommener k-Faktor für Edelstahl.
A = 1,04 m² (Angabe des Kesselherstellers)

Das Ergebnis multipliziert mit dem Sicherheitsfaktor 3 ergibt eine Leistung von 582 kg/h. Anhand dieses Werts können Sie den entsprechenden Ableitertyp auswählen.

Verwenden Sie für eine alternative Methode zur Ermittlung der Kondensatlast die folgende Formel:

$$Q_c = \frac{V \times s.g. \times c \times \Delta t}{r \times h} \times 60$$

Hierbei gilt:
Q_c = Kondensatlasten in kg/h
V = Liter erwärmte Flüssigkeit
s.g. = Spezifisches Gewicht der Flüssigkeit in kg/m³
c = Spezifische Wärme der Flüssigkeit in kJ/kg/°C
Δt = Temperaturanstieg der Flüssigkeit in °C
r = Latente Dampfwärme in kJ/kg (siehe Dampftabellen, Spalte 5 auf Seite CG-10)
h = Dauer der Wärmeerzeugung in Stunden

BEISPIEL: Wählen Sie einen Ableiter für einen 1000-Liter-Kessel, der einen Dampfdruck von 0,5 bar(ü) verwendet, um ein Produkt (Milch) mit einem spezifischen Gewicht von 1,03 kg/m³ und einer spezifischen Wärme von 3,77 kJ/kg/°C (Seite CG-62, Tabelle CG-62-1) zu erwärmen. Das Produkt wird von 20°C Raumtemperatur in 30 Minuten auf 80°C erwärmt. Verwenden Sie die Formel:

$$Q_c = \frac{1.000 \text{ l} \times 1{,}03 \text{ kg/m}^3 \times 3{,}77 \text{ kJ/kg/°C} \times 60°C}{2.226 \text{ kJ/kg} \times 0{,}5 \text{ h}} = 211 \text{ kg/h}$$

Das Ergebnis multipliziert mit dem Sicherheitsfaktor 3 ergibt eine Kondensatlast von 633 kg/h. Anhand dieses Werts können Sie den entsprechenden Ableitertyp auswählen.

Basierend auf den Standardanforderungen und Problemen in Verbindung mit festen Kesseln mit Schwerkraftableitung ist der effizienteste Ableitertyp der Glockenkondensatableiter.

Der Glockenkondensatableiter entlüftet Luft und CO_2 bei Dampftemperatur und arbeitet auch bei Gegendruck effizient. Die erste Wahl für feste Kessel mit Heberableitung ist der automatische Differenzdruck-Kondensatregler. Zusätzlich zu den Funktionen des Glockenkondensatableiters bietet der Differenzdruck-Kondensatregler ausgezeichnete Entlüftungsfähigkeiten bei niedrigem Druck sowie eine hervorragende Verarbeitung von Entspannungsdampf. Wenn Sie für den Betrieb mit Heberableitung einen Glockenkondensatableiter verwenden, wählen Sie den Ableiter eine Größe größer.

Allgemeine Empfehlungen für maximale Effizienz

Erwünschte Prozessgeschwindigkeit. Da sich die Wahl des Ableiters stark nach dem zu verarbeitenden Produkt richtet, sollten in einer Anlage mit zahlreichen doppelwandigen Kesseln unterschiedliche Ableitergrößen ausprobiert werden, um die optimale Größe zu ermitteln.

Dampfzufuhr. Verwenden Sie ausreichend große Dampfleitungen zur Speisung der Kessel. Installieren Sie die Einlassdüse für optimale Ergebnisse oben an der Doppelwand. Es sollte eine Schlitzdüse sein, die den Dampf in der gesamten Doppelwand verteilt.

Installation

Installieren Sie Ableiter nahe beim Kessel. Sie können die Zuverlässigkeit und Luftverarbeitungsfähigkeit weiter erhöhen, indem Sie oben an der Doppelwand ein thermostatisches Entlüfterelement installieren. Siehe Abb. CG-43-1 und CG-43-2.

Verwenden Sie immer für jeden Kessel einen eigenen Ableiter. Die Sammelableitung führt unweigerlich zu Überbrückung.

Tabelle CG-4242-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Zu entleerende Armaturen	1. Wahl und Funktionscode	Alternative
Doppelwandige Kochkessel Schwerkraftableitung	IBLV B, C, E, H, K, N	F&T oder thermostatisch
Doppelwandige Kochkessel Heberableitung	DC B, C, E, G, H, K, N, P	IBLV

Entleeren von doppelwandigen Kochkesseln

Abbildung CG-4343-1. Fester Kessel mit Schwerkraftableitung

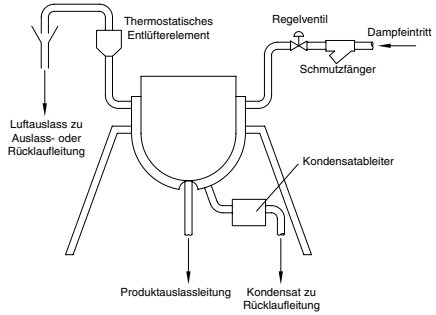


Abbildung CG-4343-2. Kippbarer Kessel mit Heberableitung

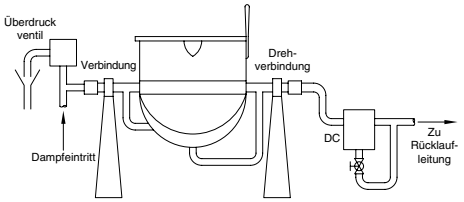


Tabelle CG-4343-1. Kondensationsgeschwindigkeiten in kg/h für doppelwandige Kochkessel – halbkugelförmige Kondensierungsfläche
Sicherheitsfaktor 3:1 einbezogen. Ausgangsfaktoren: k = 3.600 kJ/h.m².°C, 10°C Anfahrtemperatur

Kessel-durchmesser (mm)	Wärme-übertragungs-fläche (m²)	Liter Wasser in Halbkugel	Liter Wasser pro mm Höhe über der Halbkugel	Dampfdruck (bar(ü))								
				0,35 108°C	0,7 115°C	1 120°C	1,7 130°C	2,5 139°C	4 152°C	5 159°C	7 170°C	8,5 178°C
460	0,33	26,5	0,16	154	166	176	193	215	237	256	274	291
485	0,36	30,3	0,18	172	185	196	217	240	264	286	304	324
510	0,40	34,1	0,20	191	207	219	241	267	296	319	339	362
560	0,49	45,4	0,25	233	252	267	294	326	360	388	414	441
610	0,59	60,6	0,29	276	300	317	349	387	428	462	492	524
660	0,69	75,7	0,34	326	351	373	410	455	503	542	577	616
710	0,79	94,6	0,39	373	405	428	471	522	576	622	663	707
760	0,91	117,4	0,45	430	466	494	543	602	665	718	765	816
815	1,04	140,1	0,52	493	533	564	621	688	760	821	874	932
865	1,17	170,3	0,59	554	599	635	699	774	854	883	983	1.049
915	1,31	200,6	0,66	620	670	711	782	866	956	1.034	1.100	1.174
965	1,46	234,7	0,73	691	746	791	870	964	1.065	1.151	1.226	1.306
1.015	1,62	276,3	0,81	765	827	877	964	1.069	1.181	1.275	1.358	1.448
1.070	1,78	318,0	0,89	844	913	967	1.064	1.179	1.302	1.407	1.498	1.598
1.120	1,96	367,2	0,98	928	1.002	1.064	1.170	1.297	1.431	1.546	1.647	1.756
1.170	2,14	416,4	1,07	1.012	1.094	1.159	1.275	1.412	1.559	1.685	1.795	1.914
1.220	2,35	465,6	1,17	1.113	1.203	1.275	1.401	1.554	1.716	1.854	1.975	2.106
1.370	2,94	673,8	1,48	1.397	1.509	1.599	1.759	1.950	2.153	2.327	2.478	2.642
1.525	3,64	927,4	1,83	1.724	1.863	1.975	2.172	2.408	2.659	2.872	3.059	3.262
1.830	5,24	1.601,2	1,89	2.483	2.683	2.844	3.128	3.468	3.829	4.136	4.405	4.697

Entleeren von geschlossenen stationären Dampfkammerarmaturen

Geschlossene, stationäre Dampfkammerarmaturen beinhalten Etagenpressen zur Herstellung von Sperrholz und anderen Plattenprodukten, Gussformen mit Dampfmantel für Gummi- und Kunststoffteile, Druckbehälter (Autoklav) zum Aushärten und Sterilisieren sowie Retorten zum Konservieren von Lebensmitteln.

Produkt in Presse mit Dampfmantel

In dieser Art von Anlage werden Gussteile aus Kunststoff und Gummi, wie beispielsweise Batteriegehäuse, Spielzeug, Anschlussstücke und Reifen geformt und ausgehärtet. Außerdem dient sie zum Komprimieren von Sperrholz und zum Aushärten des Leims. Bügelmaschinen sind eine spezielle Pressenform, bei der das Produkt nur auf einer Seite an einer Dampfkammer anliegt.

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor
Die Kondensatlast für geschlossene, stationäre Dampfkammerarmaturen wird mithilfe der folgenden Formel ermittelt:

$Q_c = A \times R \times SF$

Hierbei gilt:
Q_c = Kondensatlast in kg/h
A = Gesamtfläche der am Produkt anliegenden Aufspannplatte in m²
R = Kondensationsgeschwindigkeit in kg/h/m² (zur Dimensionierung von Kondensatableitern kann eine Kondensationsgeschwindigkeit von 35 kg/h/m² verwendet werden)
SF = Sicherheitsfaktor

BEISPIEL: Wie hoch ist die Kondensatlast einer mittleren Platte in einer Presse mit einer 600 x 900 mm großen Aufspannplatte? Verwenden Sie die Formel:

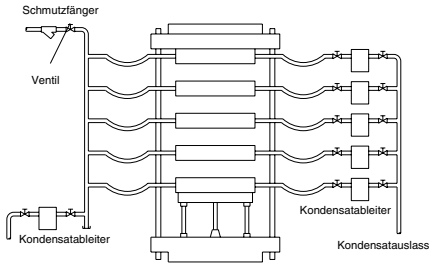
$Q_c = 0{,}54\ m^2 \times 35\ kg/h/m^2 \times 3 = 56{,}7\ kg/h$

Endaufspannplatten arbeiten mit halber Last.

Der empfohlene Sicherheitsfaktor für alle Armaturen dieses Typs ist 3:1.

Die erste Wahl für doppelwandige Kammern, Trockner und Bügelmaschinen ist der Glockenkondensatableiter, da er das System vollständig entleeren kann, gegenüber Wasserschlag resistent ist und Energie einspart. Akzeptable Alternativen sind Regelmembran- und thermostatische Kondensatableiter.

Abbildung CG-4444-1. Produkt in Presse mit Dampfmantel



Installation

Obwohl die Kondensatlast auf jeder Aufspannplatte gering ist, ist dennoch eine separate Ableitung erforderlich, um eine Überbrückung zu verhindern, siehe Abb. CG-4444-1. Die separate Ableitung gewährleistest eine maximale und einheitliche Temperatur für einen gegebenen Dampfdruck, indem sie für eine effiziente Ableitung des Kondensats und Entleerung von nicht kondensierbaren Gasen sorgt.

Direkte Dampfinjektion in Produktkammer

Bei diesem Typ von Armatur wird Dampf zum Aushärten, Sterilisieren oder Kochen verwendet. Gängige Beispiele sind Druckbehälter (Autoklav), die für die Herstellung von Gummi- oder Kunststoffprodukten, in Sterilisatoren für chirurgische Tücher und Bekleidung und in Retorten zum Garen von bereits eingedosten Lebensmitteln verwendet werden.

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor
Berechnen Sie die Kondensatlast mit der folgenden Formel:

$$Q_c = \frac{W \times c \times \Delta t}{r \times h}$$

Hierbei gilt:
Q_c = Kondensatlast in kg/h
W = Gewicht des Produkts in kg
c = Spezifische Wärme des Produkts in kJ/kg/°C (Tabelle CG-62-1, Seite CG-62)
Δt = Produkttemperaturanstieg in °C
r = Latente Dampfwärme in kJ/kg (siehe Dampftabellen, Spalte 5 auf Seite CG-10)
h = Dauer in Stunden

BEISPIEL: Wie hoch ist die Kondensatlast eines Druckbehälters mit 100 kg Gummimasse, die von einer Ausgangstemperatur von 20°C auf 150°C erwärmt werden muss? Der Druckbehälter wird mit 8 bar(ü) Dampfdruck beaufschlagt, und der Aufwärmprozess dauert 20 Minuten. Verwenden Sie die Formel:

$$Q = \frac{100\ kg \times 2{,}1\ kJ/kg/°C \times 130°C}{2.029\ kJ/kg \times 0{,}33\ h} = 41\ kg/h$$

Multiplizieren Sie das Ergebnis mit dem empfohlenen Sicherheitsfaktor 3:1, um die erforderliche Kapazität von 123 kg/h zu erzielen.

Entleeren von geschlossenen stationären Dampfkammerarmaturen

Da der Dampf am Produkt anliegt, sind Schmutzpartikel im Kondensat vorprogrammiert. Darüber hinaus handelt es sich bei dem Kessel um eine große Kammer, für die spezielle Maßnahmen hinsichtlich der Entleerung von Kondensat und nicht kondensierbaren Gasen getroffen werden müssen. Aus diesen Gründen empfehlen wir einen Glockenkondensatableiter mit einem zusätzlichen thermischen Entlüfterelement oben an der Kammer.

Wenn Sie keinen entfernten thermostatischen Entlüfter installieren können, integrieren Sie im Ableiter eine Entleerungslösung für große Kondensatmengen. Ein automatischer Differenzdruck-Kondensatregler sollte als mögliche erste Wahl für große Kammern in Erwägung gezogen werden. Alternativ kann ein Kugelschwimmerkondensatableiter oder ein thermostatischer Kondensatableiter mit vorgeschaltetem Schmutzfänger verwendet werden, wobei letzterer regelmäßig auf Verstopfungen zu prüfen ist.

Installation

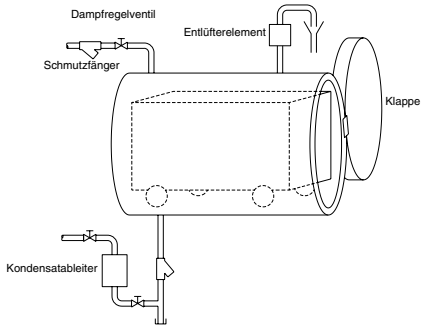
Da der Dampf und das Kondensat am Produkt anliegt, muss das abgeleitete Medium in der Regel entfernt werden und sollte nicht in den Kessel zurück gelangen. Bei dieser Armatur erfolgt die Ableitung praktisch in allen Fällen durch Schwerkraftableitung. Häufig wird das Kondensat jedoch nach dem Ableiter angehoben. Da der Dampfdruck in der Regel konstant ist, entsteht dadurch kein Problem. Zum gründlichen Entlüften und schnelleren Erwärmen installieren Sie oben am Kessel ein thermostatisches Entlüfterelement. Siehe Abbildung CG-4545-1.

Produkt in Kammer – Dampf in Doppelwand

Diese Armaturen finden auch häufig Einsatz in Druckbehältern, Retorten und Sterilisatoren. Das Kondensat liegt jedoch nicht unmittelbar am Produkt an und wird somit nicht verschmutzt, was eine direkte Rückspeisung zum Kessel ermöglicht. Für eine effiziente Leistung sind dennoch Kondensatableiter mit Spülfunktion und der Fähigkeit zum Entleeren großer Luftvolumen erforderlich.

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor
Ermitteln Sie die Größe von Kondensatableitern für „Produkt in Kammer – Dampf in Doppelwand"-Armaturen mithilfe derselben Formel wie für die direkte Dampfinjektion. Der Sicherheitsfaktor ist ebenfalls 3:1.

Abbildung CG-4545-1. Direkte Dampfinjektion in Produktkammer



Wir empfehlen den Glockenkondensatableiter, da er Dampf einspart, das System entleert und gegenüber Wasserschlag beständig ist.

Verwenden Sie den Glockenkondensatableiter in Verbindung mit einem thermostatischen Entlüfterelement oben an der Kammer, um für eine noch bessere Entlüftung zu sorgen. Alternativ können Sie auch einen Kugelschwimmer- oder thermostatischen Kondensatableiter verwenden. Bei großen Kammern, an denen kein Entlüfterelement installiert werden kann, eignet sich ein automatischer Druckdifferenz-Kondensatregler.

Installation

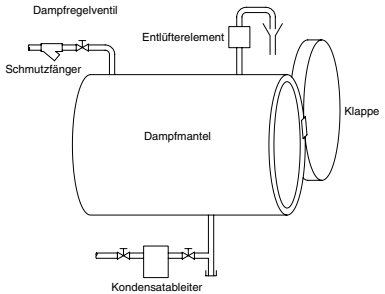
Bei „Produkt in Kammer – Dampf in Doppelwand"-Armaturen liegen Dampf und Kondensat nicht direkt am Produkt an und können zum Kessel zurückgespeist werden. Installieren Sie, wenn möglich, ein zusätzliches thermostatisches Entlüfterelement an einem entfernten hohen Punkt auf der Dampfkammer. Siehe Abbildung CG-4545-2.

Tabelle CG-4545-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Zu entleerende Armaturen	1. Wahl und Funktionscode	Alternativen
Produkt in Presse mit Dampfmantel	IB A, B, E, K	CD und thermostatisch
Direkte Dampfinjektion in Produktkammer	*IB A, B, E, H, K, N, Q	**DC
Produkt in Kammer – Dampf in Doppelwand	*IB A, B, E, H, K	Thermostatisch, F&T und **DC

* Ein zusätzliches Entlüfterelement wird empfohlen.
** Erste Wahl bei großen Kesseln.

Abbildung CG-4545-2. Produkt in Kammer – Dampf in Doppelwand



Entleeren von Rotationstrocknern mit Heberableitung

Es gibt zwei Klassen von Rotationstrocknern mit geringfügigen Unterschieden in Funktion und Betriebsmethode. Der erste Trockner trocknet ein Produkt, indem er es an die Außenseite eines dampfgefüllten Zylinders anlegt. Beim zweiten Trockner befindet sich das Produkt in einem rotierenden Zylinder, wo es durch Anlegen an dampfgefüllte Rohre getrocknet wird. In einigen Anwendungen wird auch ein doppelwandiger Zylinder mit Dampfmantel verwendet.

Sicherheitsfaktor
Der Sicherheitsfaktor hängt bei beiden Trocknern vom Typ des ausgewählten Ableiters aus.

- Wenn ein automatischer Differenzdruck-Kondensatregler installiert ist, verwenden Sie einen Sicherheitsfaktor von 3:1 basierend auf der maximalen Last. Dies bietet ausreichend Kapazität zur Verarbeitung von Entspannungsdampf, großen Kondensatmengen, Druckschwankungen und der Entlüftung von nicht kondensierbaren Gasen. Der Differenzdruck-Kondensatregler führt diese Funktionen bei konstantem und modularem Druck aus.
- Wird ein Glockenkondensatableiter mit einem großen Entlüfterelement verwendet, sollten Sie den Sicherheitsfaktor erhöhen, um das umfangreiche Volumen von nicht kondensierbaren Gasen und Entspannungsdampf zu kompensieren. Verwenden Sie bei konstantem Dampfdruck einen Sicherheitsfaktor von 8:1 und erhöhen Sie ihn bei modulierendem Druck auf 10:1.

Rotierender dampfgefüllter Zylinder mit außen anliegendem Produkt

Diese Trockner werden in großem Umfang in der Papier-, Textil-, Kunststoff- und Lebensmittelindustrie verwendet, beispielsweise als Trockentrommeln, Zylindertrockner, Bügelmaschine und Papiertrockner. Ihre Betriebsgeschwindigkeit variiert von 1 oder 2 U/min bis hin zu Oberflächengeschwindigkeiten von 5.000 U/min. Der Betriebsdampfdruck reicht von Unterdruck bis zu über 14 bar(ü). Durchmesser können zwischen 150 mm oder 200 mm und 4.000 mm und mehr variieren. In allen Fällen ist eine Heberableitung erforderlich, und das Kondensat wird in Entspannungsdampf freigesetzt.

Ableiterauswahl
Ermitteln Sie die Kondensatlasten mithilfe der folgenden Formel:

$Q_c = \pi d \times R \times W$

Hierbei gilt:
Q_c = Kondensatlast in kg/h
d = Durchmesser des Trockners in m
R = Kondensationsgeschwindigkeit in kg/h/m²
W = Breite des Trockners in m

BEISPIEL: Ermitteln Sie die Kondensatlast eines Trockners mit einem Durchmesser von 1.500 mm, einer Breite von 3.000 mm und einer Kondensationsgeschwindigkeit von 35 kg/h/m². Verwenden Sie die Formel:

Kondensatlast = $\pi(1{,}5) \times 35 \times 3 = 495$ kg/h

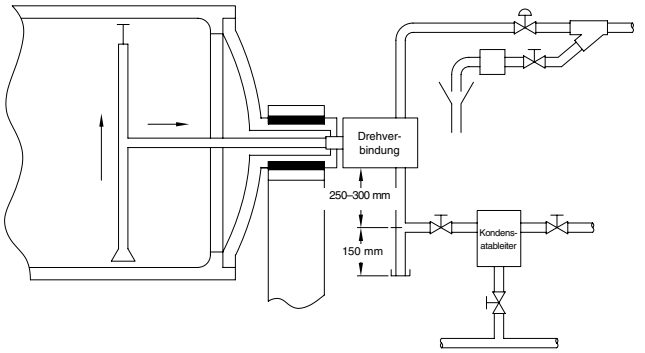
Aufgrund der Fähigkeit, Entspannungsdampf und Kondensatansammlungen zu verarbeiten und das System zu entleeren ist ein Differenzdruck-Kondensatableiter die empfohlene erste Wahl. Ein Glockenkondensatableiter mit großem Entlüfter kann ebenfalls geeignet sein, sofern er ordnungsgemäß dimensioniert wird.

Tabelle CG-4646-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Zu entleerende Armaturen	1. Wahl und Funktionscode	Alternativen
Rotationstrockner	DC A, B, K, M, P, N	IBLV*

* Sicherheitsfaktor bei konstantem Druck 8:1 und bei modulierendem Druck 10:1

Abbildung CG-4646-1. Trockner mit außen anliegendem Produkt



Ein Drehzylinder mit Heberableitung – ein interner, von Dampf umgebener Geruchverschluss. Eine gewisse Kondensatmenge entspannt sich im doppelwandigen Geruchverschlussrohr und bei der Kondensatanhebung während der Entleerung.

Entleeren von Rotationstrocknern mit Heberableitung

Produkt in rotierendem dampfbeheiztem Trockner

Dieser Trocknertyp wird häufig bei der Fleischverpackung sowie in der Lebensmittelindustrie verwendet. Gängige Beispiele sind Getreidetrockner, Rotationskocher und Sojabohnen-Konditionierer.

Ihre Drehgeschwindigkeit ist relativ langsam (in der Regel nur wenige U/min), während der Dampfdruck zwischen 0 und 10 bar(ü) variieren kann. Diese langsameren Drehgeschwindigkeiten ermöglichen in praktisch allen Fällen die Ansammlung von Kondensat unten im Sammelbehälter. Auch hier ist eine Heberableitung erforderlich und bei der Kondensatentfernung wird Entspannungsdampf freigesetzt.

Ableiterauswahl

Die von diesen Trocknern erzeugte Kondensatlast kann durch die Verwendung der folgenden Formel ermittelt werden:

$Q_c = N \times L \times R \times S$

Hierbei gilt:

Q_c = Kondensat in kg/h
N = Anzahl von Rohren
L = Länge der Rohre in m
R = Kondensationsgeschwindigkeit in kg/h/m² (normalerweise 30–45 kg/h/m²)
S = Rohraußenfläche in m²/m (siehe Tabelle CG-4747-1).

BEISPIEL: Wie hoch ist die Kondensatlast eines Rotationskochers mit 30 1 1/4"-Stahlrohren mit 3 m Länge und einer Kondensationsgeschwindigkeit von 40 kg/h/m²?

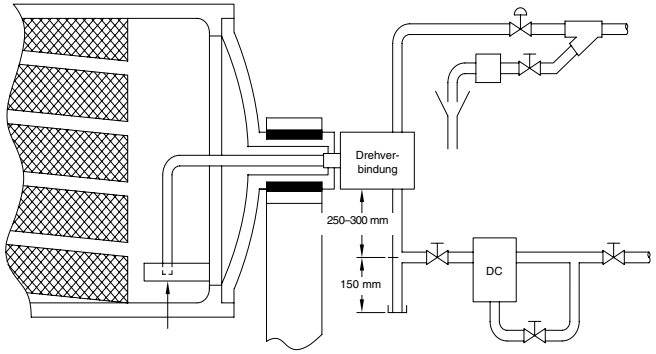
Verwenden Sie die Formel:

$Q = 30 \times 3\ m \times 40\ kg/h/m^2 \times 0{,}13\ m^2/m = 468\ kg/h$

Aufgrund der Fähigkeit zum Entleeren und zur Verarbeitung von Entspannungsdampf wird für diese Trockner ein Differenzdruck-Kondensatregler empfohlen.

Der Glockenkondensatableiter muss ebenfalls je nach Anwendung dimensioniert werden.

Abbildung CG-4747-1. Produkt in Trockner



Ein Drehzylinder mit Heberableitung – ein interner, von Dampf umgebener Geruchverschluss. Eine gewisse Kondensatmenge entspannt sich im doppelwandigen Geruchverschlussrohr und bei der Kondensatanhebung während der Entleerung.

Installation

In allen Fällen erfolgt die Kondensatableitung über eine Drehverbindung, siehe Abb. CG-46-1 und CG-4747-1. Der Differenzdruck-Kondensatregler sollte dann 250–300 mm unter der Drehverbindung mit einem verlängerten 150-mm-Schmutzauffangbehälter installiert werden. Dieser dient als Sammelbehälter für größere Kondensatmengen und mitgespülten Kalk.

Tabelle CG-4747-1. Rohreigenschaften für die Strahlungsverlust-Berechnung

Rohrdurchmesser		Außen-durchmesser	Außen-fläche	Gewicht
Zoll	DN	mm	m²/m	kg/m
1/8"	6	10,2	0,03	0,49
1/4"	8	13,5	0,04	0,77
3/8"	10	17,2	0,05	1,02
1/2"	15	21,3	0,07	1,45
3/4"	20	26,9	0,09	1,90
1"	25	33,7	0,11	2,97
1 1/4"	32	42,4	0,13	3,84
1 1/2"	40	48,3	0,15	4,43
2"	50	60,3	0,19	6,17
2 1/2"	65	76,1	0,24	7,90
3"	80	88,9	0,28	10,10
4"	100	114,3	0,36	14,40
5"	125	139,7	0,44	17,80
6"	150	165,1	0,52	21,20
8"	200	219,0	0,69	31,00
10"	250	273,0	0,86	41,60
12"	300	324,0	1,02	55,60
14"	350	355,0	1,12	68,30
16"	400	406,0	1,28	85,90
20"	500	508,0	1,60	135,00

Entleeren von Entspannungsbehältern

Wenn unter Druck stehendes warmes Kondensat oder Kesselwasser unter niedrigerem Druck freigesetzt wird, verdampft ein Teil des Wassers erneut, was als Entspannungsdampf bezeichnet wird. Der Wärmegehalt von Entspannungsdampf ist mit dem von Frischdampf bei gleichem Druck identisch, wobei diese wertvolle Wärme verschwendet wird, wenn sie durch das Entlüfterelement in den Kondensatbehälter gelangt. Bei richtiger Dimensionierung und Installation in einer Rückspeiseanlage für Entspannungsdampf kann der latente Wärmegehalt von Entspannungsdampf zum Erwärmen von Räumen, zum Erwärmen oder Vorheizen von Wasser, Öl und anderen Flüssigkeiten sowie zur Prozesserwärmung bei niedrigem Druck verwendet werden.

Falls Auslassdampf verfügbar ist, kann er mit dem Entspannungsdampf gemischt werden. In anderen Fällen muss der Entspannungsdampf durch frischen Kesseldampf mit geringerem Druck ergänzt werden. Die tatsächlich gebildete Menge an Entspannungsdampf variiert je nach Druckbedingungen. Je höher die Differenz zwischen dem auf der Einlass- und Auslassseite anliegenden Druck ist, desto mehr Entspannungsdampf wird erzeugt.

Ausführliche Informationen zur Ermittlung des exakten Prozentsatzes von Entspannungsdampf, der unter bestimmten Bedingungen gebildet wird, finden Sie auf Seite CG-11.

Ableiterauswahl

Berechnen Sie die Kondensatlast mit der folgenden Formel:

$$Q_c = L - \frac{L \times P}{100}$$

Hierbei gilt:

Q_c = Kondensatlast in kg/h (vom Kondensatableiter zu verarbeiten)
L = Kondensatfluss in Entspannungsbehälter in kg/h
P = Prozentsatz von Entspannungsdampf

BEISPIEL: Ermitteln Sie die Kondensatlast eines Entspannungsbehälters, wenn 2.300 kg/h Kondensat mit 7 bar(ü) in den mit 0,7 bar(ü) beaufschlagten Entspannungsbehälter eintritt. Gemäß Seite CG-11 ist der Entspannungsdampfanteil P = 10,5%. Verwenden Sie die Formel:

$$Q = 2.300 - \frac{(2.300 \times 10{,}5)}{100} = 2.059\ kg/h$$

Da die Energieeinsparung und der Betrieb bei Gegendruck wichtige Faktoren sind, eignet sich bei Entspannungsdampf am besten ein Glockenkondensatableiter mit großem Entlüfter. Darüber hinaus arbeitet der Glockenkondensatableiter bei der Entlüftung und CO_2-Entgasung unstetig.

In einigen Fällen ist der Kugelschwimmerkondensatableiter eine akzeptable Alternative. Ein spezieller Vorteil dieses Ableiters ist die Fähigkeit, schwere Anfahrlasten zu verarbeiten.

Tabelle CG-4848-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Zu entleerende Armaturen	1. Wahl und Funktionscode	Alternative
Entspannungsbehälter	IBLV B, E, M, L, I, A, F	F&T oder *DC

* Bei Kondensatlasten empfohlen, die die Trennfähigkeit des Entspannungsbehälters übersteigen.

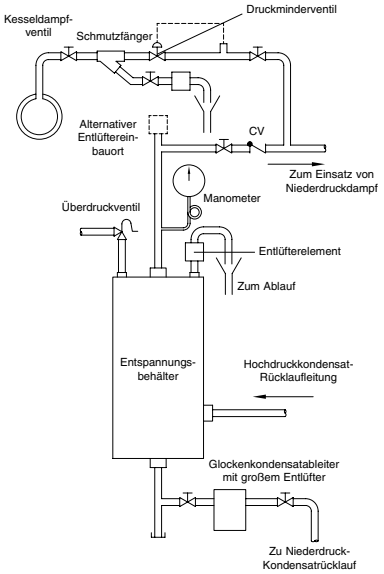
Im Diagramm CG-11-1 (Seite CG-11) finden Sie den Prozentsatz von Entspannungsdampf, der sich bei der Freisetzung von Kondensat unter geringerem Druck bildet.

Ein dritter Gerätetyp, der sich in zahlreichen Fällen eignet, ist der automatische Differenzdruck-Kondensatregler. Er kombiniert die bevorzugten Merkmale des Glocken- und Kugelschwimmerkondensatableiters und wird für große Kondensatlasten verwendet, die die Trennfähigkeit des Entspannungsbehälters übersteigen.

Sicherheitsfaktor

Aufgrund der höheren Kondensatmenge beim Anfahren und den Lastschwankungen während des Betriebs in Verbindung mit einem geringen Druckunterschied ist ein Sicherheitsfaktor von 3:1 zum Ableiten von Entspannungsbehältern erforderlich.

Abbildung CG-4848-1. Typischer Rohrverlegungsplan für Entspannungsbehälter



Entspannungsbehälter mit frischem Kesseldampf mit den empfohlenen Anschlussstücken. Die Rückschlagventile in den Einlassleitungen verhindert die Verschwendung von Entspannungsdampf, wenn eine Leitung nicht verwendet wird. Das Bypass-Ventil wird verwendet, wenn der Entspannungsdampf nicht genutzt werden kann. Überdruckventile verhindern, dass sich Druck aufbaut und die Operation der Hochdruck-Kondensatableiter beeinträchtigt. Das Überdruckventil senkt den hohen Dampfdruck auf den Druck des Entspannungsdampfs, sodass beide für die Prozessarbeit oder Erwärmung gemischt werden können.

Entleeren von Entspannungsbehältern

Installation
Kondensatrücklaufleitungen enthalten Entspannungsdampf und Kondensat. Um den Entspannungsdampf zurückzuspeisen, verläuft die Rücklaufleitung zu einem Entspannungsbehälter, wo das Kondensat ausgelassen wird. Der Dampf wird anschließend vom Entspannungsdampf zur benötigten Stelle geleitet, siehe Abb. CG-58. Da Entspannungsbehälter Gegendruck auf die Kondensatableiter erzeugen, die in den Tank ableiten, sollte bei der Auswahl dieser Ableiter darauf geachtet werden, dass ihre Kapazität für den Gegendruck und die vorhandenen Druckdifferenzen ausreicht.

Kondensatleitungen sollten zum Entspannungsbehälter hin abfallen. Darüber hinaus sollte bei mehreren Zuleitungen zu einem Entspannungsbehälter jede Leitung mit einem Rückschlagventil ausgestattet sein. Auf diese Weise wird jede nicht verwendete Leitung von den anderen Leitungen abgetrennt und es geht kein Entspannungsdampf durch Rückfluss verloren. Wenn der Ableiter mit niedrigem Druck arbeitet, sollte eine Schwerkraftableitung zum Kondensatbehälter integriert werden.

Generell sollte die Lage des Entspannungsbehälters so gewählt werden, dass er die maximale Entspannungsdampfmenge bei minimaler Leitungslänge aufnehmen kann.

Kondensatleitungen, der Entspannungsbehälter und die Niederdruck-Dampfleitungen sollten isoliert werden, um eine Verschwendung von Entspannungsdampf durch Strahlung zu verhindern. Vom Anbringen einer Sprühdüse an der Einlassleitung im Tank wird abgeraten. Sie kann verstopfen, den Kondensatfluss stoppen und einen Gegendruck an den Ableitern erzeugen.

Mit Entspannungsdampf arbeitende Niederdruckarmaturen sollten einzeln abgeleitet und in eine Niederdruckrücklaufleitung entleert werden. Große Luftmengen im Entspannungsbehälter müssen entlüftet werden. Zu diesem Zweck sollte ein thermostatisches Entlüfterelement verwendet werden, das zugleich verhindert, dass Luft in das Niederdrucksystem gelangt.

Entspannungsbehälter-Abmessungen
Der Entspannungsbehälter kann in der Regel einfach aus einem Rohrstück mit großem Durchmesser konstruiert werden, dessen unteres Ende zugeschweißt oder verschraubt ist. Der Behälter sollte vertikal montiert werden. Am oberen Ende ist ein Dampfauslass und am unteren Ende ein Kondensatauslass erforderlich. Der Kondensateinlass-Anschluss sollte sich 150–200 mm über dem Kondensatauslass befinden.

Das wichtige Maß ist der Innendurchmesser. Dieser sollte so gewählt werden, dass die Aufstiegsgeschwindigkeit von Dampf zum Auslass langsam genug ist um sicherzustellen, dass mit dem Entspannungsdampf eine möglichst geringe Wassermenge transportiert wird. Wenn die Aufstiegsgeschwindigkeit gering gehalten wird, spielt die Höhe des Behälters keine Rolle, bewährt hat sich jedoch eine Höhe von 700–1.000 mm.

Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Dampfgeschwindigkeit von ca. 3 m pro Sekunde im Entspannungsbehälter eine zufrieden stellende Trennung von Dampf und Wasser ermöglicht. Auf dieser Basis wurden die entsprechenden Innendurchmesser für verschiedene Mengen von Entspannungsdampf berechnet. Das Ergebnis finden Sie in Diagramm CG-4949-1. Diese Kurve zeigt die kleinsten empfohlenen Innendurchmesser. Bei Bedarf kann auch ein größerer Behälter verwendet werden.

Diagramm CG-4949-1 berücksichtigt nicht den Druck, sondern nur das Gewicht. Obwohl das Dampfvolumen und die Aufstiegsgeschwindigkeit bei höherem Druck aufgrund der höheren Dampfdichte geringer sind, herrscht eine stärkere Voransaugtendenz. Daher wird empfohlen, den Innendurchmesser ungeachtet des Drucks anhand von Diagramm CG-4949-1 zu ermitteln. Weitere Informationen zu Armstrong Entspannungsbehältern finden Sie auf Seite CRE-256.

Abbildung CG-4949-1. Entspannungsdampfrückspeisung von einer Lufterhitzerbatterie
Entspannungsdampf wird aus dem Entspannungsbehälter ausgeleitet und mit frischem Kesseldampf gemischt, dessen Druck durch ein Druckminderventil auf den Entspannungsdampfdruck reduziert wird.

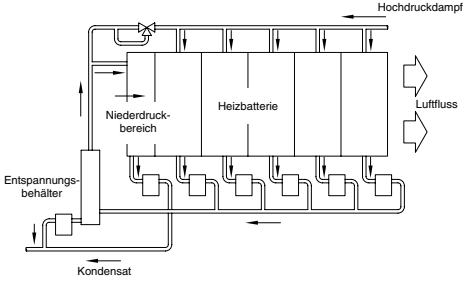
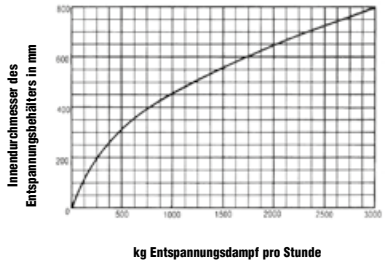


Diagramm CG-4949-1. Ermittlung des Innendurchmessers eines Entspannungsbehälters zur Verarbeitung einer gegebenen Menge von Entspannungsdampf
Suchen Sie in der unteren Skala den Betrag für den vorhandenen Entspannungsdampf (in kg/h), gehen Sie nach oben zur Kurve und nach links zur vertikalen Skala, um den Durchmesser in mm zu erhalten.



Entleeren von Absorbern

Eine Absorptionskälteanlage kühlt Wasser zur Verwendung in Klimaanlagen oder Prozessen, indem eine wässrige Lösung, in der Regel mit Lithium-Bromid, verdampft wird. Dampf liefert die Energie für den Anreicherungsteil des Zyklus und ist mit Ausnahme von Elektropumpen die einzige Energiezufuhr während des gesamten Zyklus.

Ein auf einem Dampfabsorber installierter Kondensatableiter sollte hohe Kondensatlasten verarbeiten und Luft bei niedrigem, modulierendem Druck entleeren können.

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor
Ermitteln Sie die Kondensatlast in kg/h, die durch einen einstufigen Niederdruckabsorber (in der Regel 1 bar(ü) oder weniger) erzeugt wird, indem Sie den kJ/h-Wert der Kühlleistung durch 2.100 dividieren (die für die Erzeugung von einer Tonne Kühlmittel benötigte Dampfmenge in kg/h). Dies repräsentiert den Verbrauch bei Nennleistung der Maschine.

BEISPIEL: Wie viel Kondensat erzeugt ein einstufiger Dampfabsorber mit einer Nennleistung von 2.512.000 kJ/h?

Dividieren Sie die Nennleistung von 2.512.000 kJ/h durch 2.100, um die Kondensatlast zu erhalten, nämlich 1.200 kg/h.

Ein Sicherheitsfaktor von 2:1 sollte auf die volle Kondensatlast angewendet werden, und der Kondensatableiter muss in der Lage sein, diese Last bei einem Druckunterschied von 0,1 bar zu entleeren. Mit anderen Worten benötigt die im Beispiel verwendete Maschine einen Ableiter mit einer Kondensatleistung von 2.400 kg/h bei 0,1 bar und muss bei maximaler Druckdifferenz, in der Regel 1 bar, funktionieren.

Im Vergleich dazu arbeiten zweistufige Absorber mit einem höheren Dampfdruck von 10 bar(ü). Der Vorteil gegenüber einstufigen Absorbern liegt im geringeren Energieverbrauch pro kJ Kühlleistung.

BEISPIEL: Wie viel Kondensat erzeugt ein zweistufiger Dampfabsorber mit einer Nennleistung von 1.675.000 kJ/h?

Dividieren Sie die Nennleistung von 1.675.000 kJ/h durch 4.200, um die Kondensatlast zu erhalten, nämlich 400 kg/h.

Bei zweistufigen Dampfabsorbern sollte ein Sicherheitsfaktor von 3:1 verwendet werden. Aus diesem Grund ist im genannten Beispiel ein Kondensatableiter mit einer Kapazität von 1.200 kg/h erforderlich. Bei Drücken über 2 bar(ü) muss die Kondensatleistung bei der Hälfte des maximalen Druckunterschieds, in unserem Beispiel 5 bar, erreicht werden. Bei Drücken unter 2 bar(ü) muss die Ableiterleistung bei 0,15 bar Differenzdruck erreicht werden. Der Ableiter muss jedoch dennoch in der Lage sein, mit maximalem Einlassdruck von 10 bar(ü) zu arbeiten.

Der Kugelschwimmerkondensatableiter mit integriertem Vakuumbrecher eignet sich optimal zum Entleeren von ein- und zweistufigen Absorbern. Er ermöglicht einen gleichmäßigen, modulierten Kondensatfluss sowie die Einsparung von Energie. Ein Glockenkondensatableiter mit externem thermostatischem Entlüfter ist ebenfalls akzeptabel.

Installation
Installieren Sie den Kondensatableiter unter dem Dampfheizregister des Absorbers so, dass sich der Kondensatsammelstutzen in mindestens 400 mm Höhe befindet (Abb. CG-5050-1). Dies gewährleistet einen Druckdifferenz auf beiden Seiten des Ableiters von mindestens 0,1 bar. Ungeachtet des verwendeten Ableiters wird stets eine Ersatzableiteranlage empfohlen. Wenn eine der Komponenten im Ableitersystem gewartet werden muss, kann der Betrieb des Absorbers während der Reparatur mit der Ersatzanlage fortgesetzt werden. Dies gewährleistet einen kontinuierlichen, unterbrechungsfreien Betrieb.

In einigen Fällen müssen aufgrund von extrem hohen Kondensatlasten zwei Ableiter parallel laufen, um die normale Last zu verarbeiten.

Abbildung CG-5050-1. Allgemein bewährte Verrohrung für Dampfabsorber mit Ersatzableiteranlage

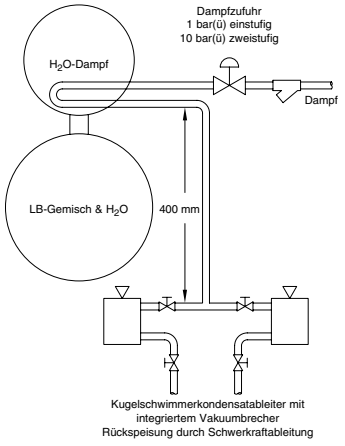


Tabelle CG-5050-1. Empfehlungstabelle
(Siehe Seite CG-9 für „Funktionscode"-Referenzen.)

Zu entleerende Armaturen	1. Wahl Funktionscode	Alternative
Dampfabsorber	F&T A, B, G	*IB

Anmerkung: Vakuumbrecher und Ersatzanlage sollten integriert werden.
* Mit externem thermostatischen Entlüfterelement

Ableiterauswahl und Sicherheitsfaktor

Diese Tabelle enthält Empfehlungen für die in der Regel effektivsten Ableiter in verschiedenen Anwendungen. Die empfohlenen Sicherheitsfaktoren gewährleisten den einwandfreien Betrieb unter schwankenden Bedingungen.

Ausführlichere Informationen zu empfohlenen Ableitern und Sicherheitsfaktoren erhalten Sie bei Ihrer Armstrong Vertretung.

Tabelle CG-5151-1

Anwendung	1. Wahl	2. Wahl	Sicherheitsfaktor
Kesselkopf	IBLV	F&T	1,5:1
(Überhitzung)	IBCV Brüniert	Kapsel	Anfahrlast
Haupt- und Nebendampfleitungen (Frostfrei)	IB (CV bei Druckschwankungen)	F&T	2:1, 3:1 wenn auf und an Hauptleitung vor Ventil oder auf Nebenleitung
(Einfrierend)	IB	Thermostatisch oder Regelmembrane	wie oben
Dampfseparator	IBLV	DC	3:1
Dampfqualität 90% oder geringer	DC	–	
Leitungen mit Begleitheizung	IB	Thermostatisch oder Regelmembrane	2:1
Heizaggregate und Entlüfter (Konstanter Druck)	IBLV	F&T	3:1
(0–1 bar(ü) variabler Druck)	F&T	IBLV	2:1 bei 0,1 bar Differenzdruck
(1–2 bar(ü) variabler Druck)			2:1 bei 0,2 bar Differenzdruck
(> 2 bar(ü) variabler Druck)			3:1 bei halber maximaler Druckdifferenz
Lamellenheizkörper und Rohrschlangen (Konstanter Druck)	IB	Thermostatisch	3:1 bei schneller Erwärmung 2:1 bei normaler Erwärmung
(Variabler Druck)	F&T	IB	
Prozesslufterhitzer (Konstanter Druck)	IB	F&T	2:1
(Variabler Druck)	F&T	IBLV	3:1 bei halber maximaler Druckdifferenz
Dampfabsorber (Kühlaggregat)	F&T	IB mit externem Entlüfterelement	2:1 bei 0,1 bar Differenzdruck
Röhrenwärmetauscher, Rohrschlangen und Plattenwärmeüberträger (Konstanter Druck)	IB	DC oder F&T	2:1
(Variabler Druck)	F&T	DC oder IBT (wenn > 2 bar(ü) IBLV)	< 1 bar(ü) 2:1 bei 0,1 bar 1–2 bar(ü) 2:1 bei 0,2 bar > 2 bar (ü) 3:1 bei halber maximaler Druckdifferenz
Einfacheffekt- und Mehrfacheffekt-Verdampfer	DC	IBLV oder F&T	2:1, bei 25.000 kg/h Last 3:1
Doppelwandiger Kochkessel (Schwerkraftableitung)	IBLV	F&T oder thermostatisch	3:1
(Heberableitung)	DC	IBLV	
Rotationstrockner	DC	IBLV	3:1 für DC, 8:1 für IB mit konstantem Druck, 10:1 für IB mit variablem Druck
Entspannungsbehälter	IBLV	DC oder F&T	3:1

IBLV = Inverted Bucket Large Vent
= Glockenkondensatableiter mit großem Entlüfter
IBCV = Inverted Bucket Internal Check Valve
= Glockenkondensatableiter mit eingebautem Rückschlagventil
IBT = Inverted Bucket Thermic Vent
= Glockenkondensatableiter mit thermostatischem Entlüfterelement
F&T = Float & Thermostatic
= Kugelschwimmerkondensatableiter
DC = Differential Condensate Controller
= Automatischer Differenzdruck-Kondensatableiter

Verwenden Sie einen Glockenkondensatableiter mit externem Entlüfter, wenn der Druck die Grenzen des Kugelschwimmerkondensatableiters überschreitet oder der Dampf verschmutzt ist. Alle Sicherheitsfaktoren beruhen auf der Betriebsdruckdifferenz, sofern nicht anders angegeben.

Auswahl der Flansche von Edelstahl Ableiter und Entwässerungsventile – Liste von PMA, TMA und Delta PMX

Betriebsdruck und Arbeitstemperatur können je nach gewählter Flanschklasse beschränkt sein.

Tabelle CG-52-1. PMA-TMA

	--10 / --11	--22	1013	11AV/LD 180/181LD	22AV/LD	13AV/LD
SW, NPT/BSPT	28 bar @ 427°C	45 bar @ 315°C	31 bar @ 427°C	34 bar @ 38°C	41 bar @ 38°C	39 bar @ 38°C
150SS	11 bar @ 200°C	11 bar @ 200°C	11 bar @ 200°C	16 bar @ 38°C	16 bar @ 38°C	16 bar @ 38°C
150CS	14 bar @ 200°C	14 bar @ 200°C	14 bar @ 200°C	20 bar @ 38°C	20 bar @ 38°C	20 bar @ 38°C
PN40SS	26 bar @ 250°C	26 bar @ 250°C	26 bar @ 250°C	34 bar @ 38°C	40 bar @ 38°C	39 bar @ 38°C
PN40CS	28 bar @ 290°C	30 bar @ 250°C	30 bar @ 250°C	34 bar @ 38°C	40 bar @ 38°C	39 bar @ 38°C
300SS	28 bar @ 225°C	28 bar @ 225°C	28 bar @ 225°C	34 bar @ 38°C	41 bar @ 38°C	39 bar @ 38°C
300CS	28 bar @ 427°C	42 bar @ 250°C	31 bar @ 410°C	34 bar @ 38°C	41 bar @ 38°C	39 bar @ 38°C
600SS	28 bar @ 427°C	45 bar @ 315°C	31 bar @ 427°C	34 bar @ 38°C	41 bar @ 38°C	39 bar @ 38°C
600CS	28 bar @ 427°C	45 bar @ 315°C	31 bar @ 427°C	34 bar @ 38°C	41 bar @ 38°C	39 bar @ 38°C
PN63SS	28 bar @ 427°C	40 bar @ 250°C	31 bar @ 427°C	34 bar @ 38°C	41 bar @ 38°C	39 bar @ 38°C
PN63CS	28 bar @ 400°C	41 bar @ 315°C	31 bar @ 400°C	34 bar @ 38°C	41 bar @ 38°C	39 bar @ 38°C

Tabelle CG-52-2. ΔPMX

1010		1011		1022		1810		1811		1822		1013	
ventilgrösse	ΔPMX (bar)	ventilgrösse	ΔPMX (bar)	ventilgrösse	ΔPMX (bar)	ventilgrösse	ΔPMX (bar)	ventilgrösse	ΔPMX (bar)	ventilgrösse	ΔPMX (bar)	ventilgrösse	ΔPMX (bar)
3/16	1,4	1/4	1	5/16	1	3/16	1,8	1/4	1	1/4	2,8	1/2	1
1/8	5,5	3/16	2	1/4	2	5/32	3,5	3/16	2	3/16	5,5	3/8	2
7/64	8,5	5/32	5	3/16	5	1/8	8	5/32	5	5/32	8,5	5/16	4
#38	11	1/8	8,5	5/32	8,5	7/64	10,5	1/8	8,5	1/8	17	9/32	5,5
–	–	7/64	14	1/8	14	#38	14	7/64	14	7/64	21	1/4	8,5
–	–	#38	17	7/64	21	–	–	#38	17	#38	45	7/32	12,5
–	–	5/64	28	#38	45	–	–	5/64	28	–	–	3/16	17
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5/32	31

Notizen

Installation und Testen von Armstrong Kondensatableitern

Vor der Installation

Verlegen Sie eine Leitung zum Ableiter. Reinigen Sie die Leitung vor der Installation des Ableiters mit Druckdampf oder Druckluft. (Reinigen Sie nach dem Ausblasen alle Schmutzfängerfilter.)

Wichtige Aspekte für Ableitereinbauorte

Zugänglich für Inspektion und Reparatur

Wenn möglich, immer unter Kondensatsammelstelle

Nahe bei Kondensatsammelstelle

Ableiterinstallation. Für typische Installationen siehe Abb. CG-5454-1 (unten) bis CG-57-3, Seite CG-56 bis CG-57.

Absperrventile vor Ableitern sind erforderlich, wenn die Ableiter Dampfhauptleitungen, große Warmwasserbereiter usw. entleeren, wo die Anlage nicht zur Wartung heruntergefahren werden kann. Sie sind nicht erforderlich bei kleinen dampfbeheizten Geräten wie beispielsweise Bügelmaschinen. Ein Absperrventil im Dampfzulauf zur Maschine reicht in der Regel aus.

Absperrventile in der Auslassleitung des Ableiters werden bei Bypass-Ventilen benötigt. Sie sind bei hohem Druck im Ausblaskopf empfehlenswert. Siehe auch Rückschlagventile.

Bypass-Ventil (Abb. CG-55-3 und CG-55-4) sind nicht empfohlen, da sie die Ableiterfunktion behindern, wenn sie offen gelassen werden. Wenn ein kontinuierlicher Betrieb unbedingt erforderlich ist, verwenden Sie zwei Ableiter parallel, einen als primären Ableiter und einen als Ersatz.

Verschraubungen. Wenn nur eine Verschraubung verwendet wird, sollte sie sich auf der Auslassseite des Ableiters befinden. Bei zwei Verschraubungen sind horizontale oder vertikale In-line-Installationen zu vermeiden. Bewährt hat sich die Installation im rechten Winkel wie in Abb. CG-5654-1 und CG-55-3 oder parallel wie in Abb. CG-55-4.

Standardanschlüsse. Die Wartung wird vereinfacht, wenn die Ein- und Auslassnippel für Ableiter einer bestimmten Größe und eines bestimmten Typs die gleiche Länge haben. Ein zusätzlicher Ableiter mit identischen Anschlussstücken und Halbverschraubungen kann als Ersatzableiter gelagert werden. Falls ein Ableiter repariert werden muss, kann er einfach durch Lösen der beiden Verschraubungen durch den Ersatzableiter ausgewechselt werden. Lagern Sie den reparierten Ableiter samt Anschlussstücken und Halbverschraubungen anschließend bis zum nächsten Auswechseln.

Testventile (Abb. CG-5254-1) bieten eine hervorragende Möglichkeit zum Prüfen des Ableiterbetriebs. Verwenden Sie einen kleinen Ventilkegel. Installieren Sie während des Tests ein Rückschlag- oder Absperrventil in der Auslassleitung, um den Ableiter abzugrenzen.

Abbildung CG-5254-1. Typische Installation eines Glockenkondensatableiters

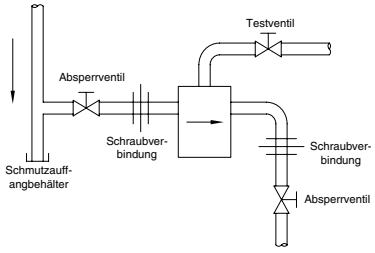
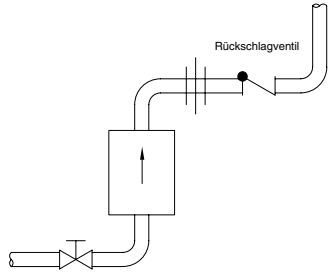


Abbildung CG-5254-2. Typische Installation eines Glockenkondensatableiters mit Einlass unten – Auslass oben



Installation und Testen von Armstrong-Kondensatableitern

Schmutzfänger. Vor Ableitern sind Schmutzfänger einzubauen, falls angegeben oder wenn die Verschmutzungsbedingungen ihre Verwendung erfordern. Einige Arten von Ableitern sind anfälliger für Verschmutzungen als andere – siehe dazu die Empfehlungstabelle auf Seite CG-9.

Einige Ableiter haben integrierte Schmutzfänger. Wird ein Schmutzfänger-Abschlammventil verwendet, ist vor dem Öffnen des Abschlammventils das Dampfzufuhrventil abzusperren. Das Kondensat im Ableitergehäuse gelangt durch das Schmutzfängersieb zurück und ermöglicht eine gründliche Reinigung. Dampfventil langsam öffnen.

Schmutzauffangbehälter sind ausgezeichnet geeignet, Kalk und Kernsand zu stoppen und Erosion zu verhindern, die in Rohrkrümmern auftreten kann. Wenn keine Schmutzauffangbehälter vorgesehen sind, regelmäßig reinigen.

Flüssigkeitsheberinstallationen benötigen eine Wasservorlage und, mit Ausnahme des direkt geregelten Kondensatreglers, ein Rückschlagventil in oder vor dem Ableiter. Das Flüssigkeitsheberrohr sollte eine Größe kleiner als die Nenngröße des verwendeten Ableiters, aber nicht kleiner als Rohrdurchmesser DN15 sein.

Anheben von Kondensat. Das senkrechte Steigrohr nicht überdimensionieren. Eine Rohr, das eine Größe kleiner ist als die Rohre, die üblicherweise eingesetzt werden, sorgt normalerweise für ausgezeichnete Ergebnisse.

Rückschlagventile werden häufig benötigt. Sie sind unerlässlich, wenn kein Absperrventil in der Auslassleitung verwendet wird. Abb. CG-55-2 zeigt drei mögliche Einbauorte für externe Rückschlagventile – Glockenkondensatableiter von Armstrong sind mit eingebauten Rückschlagventilen lieferbar, während Regelmembran-Kondensatableiter selbst als Rückschlagventil wirken. Abb. CG-55-2 zeigt empfohlene Einbauorte.

Rückschlagventile der Auslassleitung verhindern Rückfluss und trennen den Ableiter, wenn das Testventil geöffnet wird. Sie werden normalerweise an Einbauort B, Abb. CG-55-2 installiert. Ist die Rücklaufleitung angehoben und der Kondensatableiter Frost ausgesetzt, ist das Rückschlagventil an Einbauort A einzubauen.

Rückschlagventile der Einlassleitung verhindern eine mangelnde Dichtung, falls der Druck plötzlich abfallen sollte oder sich der Kondensatableiter bei Glockenkondensatableitern über der Kondensatsammelstelle befindet. Edelstahl-Rückschlagventil von Armstrong in Kondensatableitergehäuse, Einbauort D, Abb. CG-55-2, wird empfohlen. Bei Verwendung einer Rückschlagklappe ist diese an Einbauort C zu installieren.

Abbildung CG-55-1. Typischer Glockenableitereinlass unten – Installation am seitlichen Auslass

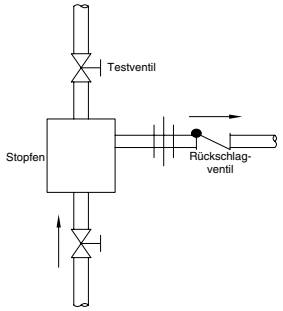


Abbildung CG-55-2. Mögliche Rückschlagventil-Einbauorte

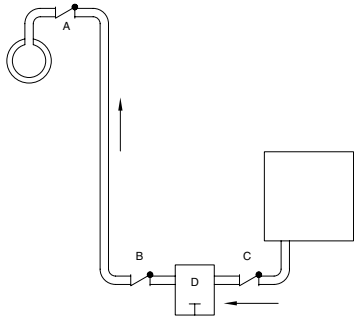


Abbildung CG-55-3. Typische Glockenkondensatableiter-Bypass-Installation

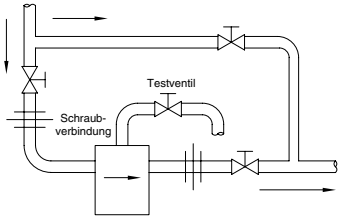
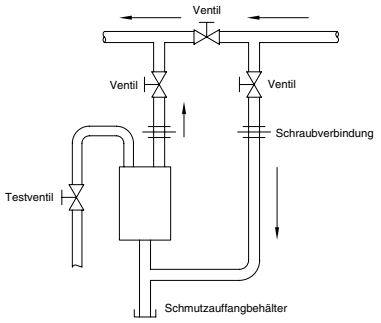


Abbildung CG-55-4. Typische Glockenkondensatableiter-Bypass-Installation, Einlass unten – Auslass oben



Installation und Testen von Armstrong-Kondensatableitern

Ein Sicherheitskondensatableiter sollte verwendet werden, wenn die Möglichkeit besteht, dass der Einlassdruck unter den Auslassdruck des Primär-Kondensatableiters fällt, vor allem bei gefrierender Luft. Eine Anwendung dieser Art wäre ein Heizregister mit geregeltem Druck, das mit einer angehobenen Rücklaufleitung entleert werden muss. Bei unzureichender Entleerung aus dem Primär-Ableiter steigt Kondensat in den Sicherheitsableiter und wird ausgebracht, bevor es in den Wärmetauscher gelangen kann. Ein Kugelschwimmerkondensatableiter bildet einen guten Sicherheitsableiter, da er große Mengen Luft verarbeiten kann und nach einem einfachen Funktionsprinzip arbeitet. Der Sicherheitskondensatableiter sollte die gleiche Größe (Leistung) wie der Primär-Kondensableiter haben.

Abb. CG-56-1 zeigt die richtige Anwendung eines Sicherheitsableiters. Der Einlass zum Sicherheitsableiter muss sich am Kondensatsammelstutzen des Wärmetauschers über dem Einlass zum Primär-Kondensatableiter befinden. Er muss einen Auslass zu einem offenen Abwasserkanal besitzen. Die Ablassschraube der Sicherheitsableitung ist mit dem Einlass des Primär-Kondensatableiters verrohrt. Dies verhindert den Verlust von Kondensat, das im Sicherheitsableiter durch Gehäuseabstrahlung entsteht, wenn der Primär-Kondensatableiter aktiv ist. Der Sicherheitsableiter hat einen integrierten Vakuumbrecher, der den Betrieb aufrechterhält, wenn der Druck im Wärmetauscher unter den Umgebungsdruck fällt. Der Einlass des Vakuumbrechers sollte mit einem S-Bogen versehen werden, um zu verhindern, dass Schmutz während des Betriebs eingesaugt wird. Der Vakuumbrechereinlass sollte mit einem Steigrohr versehen werden, das der Anhebung des Unterteils des Wärmetauschers entspricht, um Austritt von Wasser zu verhindern, wenn der Vakuumbrecher arbeitet, der Kondensatsammelstutzen und das Kondensatableitergehäuse jedoch geflutet sind.

Frostschutz

Ein richtig gewählter und eingebauter Kondensatableiter friert nicht ein, solange Dampf in den Ableiter gelangt. Wird die Dampfzufuhr abgeschaltet, kondensiert der Dampf und bildet ein Vakuum im Wärmetauscher oder der Leitung mit Begleitheizung. Dies verhindert ein freies Ablaufen des Kondensats aus dem System, bevor ein Einfrieren auftreten kann. Daher muss ein Vakuumbrecher zwischen der Armatur, die entleert wird, und dem Kondensatableiter eingebaut werden. Liegt keine Schwerkraftentleerung durch den Kondensatableiter zur Rücklaufleitung vor, sollten der Kondensatableiter und die Auslassleitung von Hand oder automatisch über einen Frostschutzableiter entleert werden. Sind mehrere Ableiter in einer Kondensatableitstation eingebaut, kann auch das Isolieren der Ableiter Frostschutz bieten.

Frostschutzmaßnahmen.

1. Den Ableiter nicht überdimensionieren.
2. Die Ableiterauslassleitungen sehr kurz halten.
3. Ableiterauslassleitungen nach unten neigen, um eine schnelle Schwerkraftentleerung zu erzielen.
4. Ableiterauslassleitungen und Kondensatrücklaufleitungen isolieren.
5. Sind Kondensatrücklaufleitungen Umgebungsklimabedingungen ausgesetzt, sollten Leitungen mit Begleitheizung in Betracht gezogen werden.
6. Ist die Rücklaufleitung aufgehängt, ist eine senkrechte Entwässerungsleitung neben der Auslassleitung zum oberen Teil des Rücklaufsammelrohrs zu führen und die Auslassleitung sowie die Ableiterauslassleitung zusammen zu isolieren. Siehe Abb. CG-56-2.

ANMERKUNG: Eine lange, horizontale Auslassleitung ist anfällig für Probleme. Am entfernt liegenden Ende kann sich Eis bilden, das letztendlich das Rohr verschließen wird. Dies verhindert, dass der Kondensatableiter arbeitet. Es kann kein Dampf mehr in den Ableiter gelangen und das Wasser im Ableitergehäuse gefriert.

Abbildung CG-56-1. Typische Installation eines Sicherheitskondensatableiters

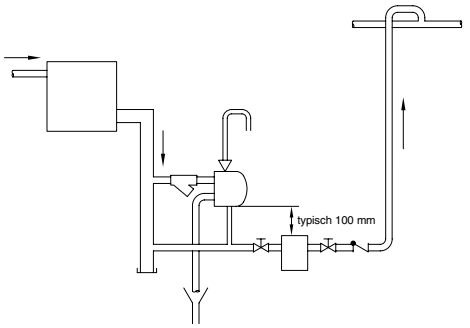
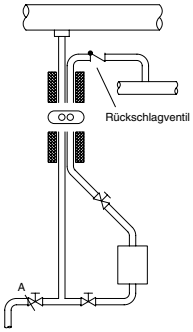
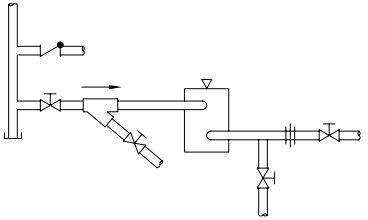


Abbildung CG-56-2.



Installation im Freien, um Test und Wartung des Kondensatableiters auf Bodenhöhe zu ermöglichen, wenn Dampfzufuhr und Rücklaufleitungen hoch aufgehängt sind. Entwässerungsleitung und Ableiterauslassleitung sind zusammen isoliert, um Einfrieren zu verhindern. Beachten Sie den Einbauort des Rückschlagventils in der Auslassleitung und von Abschlammventil **A**, das die Dampfhauptleitung entleert, wenn der Kondensatableiter zur Reinigung oder Reparatur geöffnet wird.

Abbildung CG-56-3. Typische Installation eines Kugelschwimmerkondensatableiters



Installation und Testen von Armstrong-Kondensatableitern

Testen von Armstrong-Kondensatableitern

Testplan.
Ein regelmäßiger Plan zum Test und zur vorbeugenden Wartung des Ableiters sollte aufgestellt werden, um maximale Lebensdauer des Ableiters und Dampfwirtschaftlichkeit zu erreichen. Größe, Betriebsdruck und Bedeutung des Kondensatableiters bestimmen, wie häufig Ableiter überprüft werden sollten.

Tabelle CG-57-1. Empfohlene Häufigkeit des Kondensatableitertests pro Jahr

Betriebsdruck (bar(ü))	Anwendung			
	Kondensatsammlung	Begleitheizung	Heizregister	Prozess
0–7	1	1	2	3
7–17	2	2	2	3
17–30	2	2	3	4
mehr als 30	3	3	4	12

Testanleitung

Die Testventilmethode ist am besten geeignet. Abb. CG-54-1 (Seite CG-54) zeigt die richtige Installation, wobei das Absperrventil in der Rücklaufleitung den Kondensatableiter vom Rücklaufsammelrohr trennt. Wenn das Testventil geöffnet wird, sollte nach Folgendem Ausschau gehalten werden:

1. *Kondensatauslass* – Glocken- und Regelmembran-Kondensatableiter sollten einen unstetigen Kondensatauslass haben. Kugelschwimmerkondensatableiter sollten einen stetigen Kondensatauslass haben, während thermostatische Ableiter je nach Last stetig oder unstetig sein können. Hat ein Glockenkondensatableiter eine außerordentlich kleine Last, hat er einen stetigen Kondensatauslass, der zu einem Nachlaufeffekt führt. Diese Wirkungsweise ist unter diesen Bedingungen normal.
2. *Entspannungsdampf* – Verwechseln Sie dies nicht mit einem Dampfleck durch das Ableiterventil. Kondensat unter Druck enthält mehr Wärmeeinheiten – Kilojoules (kJ) – pro Kilogramm als Kondensat bei Atmosphärendruck. Wird Kondensat abgelassen, verdampfen diese zusätzlichen Wärmeeinheiten einen Teil des Kondensats erneut. Siehe Beschreibung von Entspannungsdampf auf Seite CG-11 *So erkennt man Entspannung*: Anwender von Kondensatableitern verwechseln manchmal Entspannungsdampf mit einem Dampfleck. So erkennt man den Unterschied: Wird Dampf ständig ausgeblasen und erscheint „blau", handelt es sich um ein Dampfleck. „Schwebt" Dampf unstetig in einer weißlichen Wolke heraus (bei jedem Ableiten des Ableiters), handelt es sich um Entspannungsdampf.
3. *Ständiges Dampfabblasen* – Störung. Siehe Seite CG-58.
4. *Kein Durchfluss* – Mögliche Störung. Siehe Seite CG-58.

Abhörgerättest. Verwenden Sie ein Abhörgerät oder halten Sie ein Ende einer Stahlstange gegen den Kondensatableiterdeckel und das andere Ende gegen Ihr Ohr. Sie sollten den Unterschied zwischen dem unstetigen Austritt bei einigen Ableitern und den ständigen Austritt bei anderen hören können. Dieser ordnungsgemäße Betriebszustand kann vom schnelleren Geräusch eines Kondensatableiters, der ausbläst, unterschieden werden. Für diese Testmethode ist beträchtliche Erfahrung erforderlich, da andere Geräusche auch über die Rohrleitungen übertragen werden.

Pyrometer-Testmethode. Diese Methode gibt je nach Ausführung der Rücklaufleitung und Durchmesser der Kondensatableiterbohrung nicht immer genaue Ergebnisse. Beim Auslass in eine gemeinsame Rücklaufleitung könnte auch ein anderer Kondensatableiter durchblasen, was zu einer hohen Temperatur am Auslass des getesteten Ableiters führt. Bessere Ergebnisse erhält man bei Verwendung eines Abhörgeräts. Fordern Sie Armstrong Bulletin 310 an.

Abbildung CG-57-1. Typische DC-Kondensatreglerinstallation

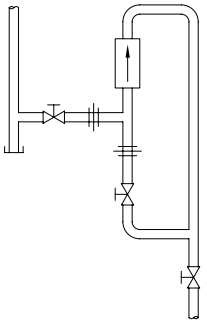


Abbildung CG-57-2. Typische Installation eines Regelmembran-Kondensatableiters

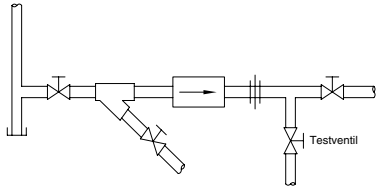
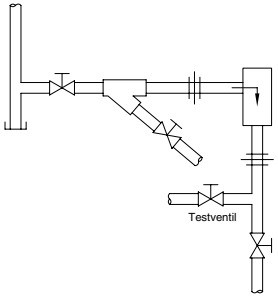


Abbildung CG-57-3. Typische Installation eines thermostatischen Kondensatableiters



Fehlersuche bei Armstrong-Kondensatableitern

Die folgende Übersicht wird dabei behilflich sein, fast alle Probleme bei Kondensatableitern zu finden und zu beheben. Viele von diesen sind eher Systemprobleme als Kondensatableiterdefekte.

Ausführlichere Literatur zur Fehlersuche ist für bestimmte Produkte und Anwendungen erhältlich – wenden Sie sich bitte an das Werk.

Falls eine Funktionsstörung eines Kondensatableiters vorliegt und der Grund nicht sofort erkennbar ist, sollte der Auslass vom Ableiter beobachtet werden. Ist der Kondensatableiter mit einem Testauslass eingebaut, ist dies ganz einfach. Andernfalls wird es notwendig sein, den Auslassanschluss zu lösen.

Kalter Kondensatableiter – Kein Auslass
Entleert der Kondensatableiter kein Kondensat, kann dies folgende Gründe haben:

A. Der Druck ist zu hoch.
1. Ursprünglich wurde bereits der falsche Druck angegeben.
2. Der Druck wurde erhöht, ohne eine kleinere Bohrung einzubauen.
3. Druckminderer defekt.
4. Manometer im Kessel zeigt zu wenig an.
5. Bohrung wurde durch normalen Verschleiß vergrößert.
6. Hohes Vakuum in der Rücklaufleitung erhöht den Wirkdruck, über dem der Kondensatableiter arbeiten kann.

B. Es gelangt kein Kondensat oder Dampf in den Kondensatableiter.
1. Es wird von einem verstopften Schmutzfänger vor dem Kondensatableiter gestoppt.
2. Defektes Ventil in der Rohrleitung zum Kondensatableiter.
3. Rohrleitung oder Rohrkrümmer verstopft.

C. Verschlissener oder defekter Mechanismus. Falls erforderlich reparieren oder austauschen.

D. Kondensatableitergehäuse mit Schmutz gefüllt. Schmutzfänger einbauen oder Schmutz an der Entstehungsquelle entfernen.

E. Für Glockenkondensatableiter: Glockenentlüfter mit Schmutz gefüllt. Verhindern durch:
1. Einbau eines Schmutzfängers.
2. Leichtes Vergrößern des Entlüfters.
3. Verwendung eines Glockenentlüfter-Reinigungsdrahts.

F. Bei Kugelschwimmerkondensatableitern ist es wahrscheinlich, dass der Ableiter durch Luft klemmt, wenn der Entlüfter nicht richtig funktioniert.

G. Bei thermostatischen Ableitern kann das Faltenbalgelement durch hydraulische Erschütterung reißen, wodurch sich der Kondensatableiter nicht schließt.

H. Bei Regelmembran-Kondensatableitern ist der Ableiter vielleicht falsch herum eingebaut.

Heißer Kondensatableiter – Kein Auslass

A. Es gelangt kein Kondensat in den Kondensatableiter.
1. Kondensatableiter wurde über leckendem Bypass-Ventil eingebaut.
2. Defektes oder beschädigtes Sackrohr im entleerten Zylinder.
3. Vakuum in Wasserheizregistern kann Entleerung verhindern. Einen Vakuumbrecher zwischen dem Wärmetauscher und dem Kondensatableiter einbauen.

Dampfverlust
Bläst der Ableiter Frischdampf aus, kann das Problem eine der folgenden Ursachen haben:

A. Ventil sitzt nicht richtig.
1. Kalkstücke stecken in der Bohrung.
2. Verschlissene Teile.

B. Glockenkondensatableiter kann seine Entlüftung verlieren.
1. Bläst der Kondensatableiter Frischdampf ab, das Einlassventil einige Minuten schließen. Danach allmählich öffnen. Entlüftet der Ableiter wieder, stehen die Chancen gut, dass der Ableiter in Ordnung ist.
2. Entlüftungsverlust tritt normalerweise aufgrund plötzlicher oder häufiger Abfälle des Dampfdrucks auf. In diesen Fällen ist der Einbau eines Rückschlagventils notwendig – Einbauort D oder C in Abb. CG-55-2 (Seite CG-55). Wenn möglich ist der Ableiter weit unter der Kondensatsammelstelle anzubringen.

C. Bei Kugelschwimmerableitern und thermostatischen Ableitern schließen sich ggf. die Thermostatikelemente nicht.

Kontinuierlicher Abfluss
Leitet ein Glocken- oder Regelmembran-Kondensatableiter kontinuierlich ab, oder leitet ein Kugelschwimmerableiter oder thermostatischer Ableiter bei voller Leistung ab, ist Folgendes zu überprüfen:

A. Ableiter ist zu klein.
1. Ein größerer Ableiter oder zusätzliche Ableiter sollten parallel eingebaut werden.
2. Hochdruckableiter wurden ggf. für eine Niederdruckaufgabe verwendet. Internen Mechanismus richtiger Größe einbauen.

B. Ungewöhnliche Wasserbedingungen. Kessel schäumt oder entlüftet ggf. und wirft dabei große Mengen Wasser in die Rohrleitungen. Es sollte ein Abscheider eingebaut oder die Speisewasserbedingungen verbessert werden.

Langsame Beheizung
Arbeitet der Kondensatableiter einwandfrei, aber das Gerät erwärmt sich nicht richtig:

A. Ein oder mehr Geräte haben ggf. einen Kurzschluss. Dies kann durch Einbau eines Ableiters an jedem Gerät beseitigt werden. Siehe Seite CG-22.

B. Ableiter sind ggf. zu klein für die Aufgabe, obwohl es so aussieht, als ob sie das Kondensat effizient ableiten. Einen Ableiter versuchen, der eine Nummer größer ist.

C. Ableiter hat ggf. unzureichende Luftverarbeitungsleistung oder die Luft gelangt nicht bis zum Ableiter. In beiden Fällen Zusatzentlüfter verwenden.

Unerklärliches Problem
Arbeitet der Ableiter beim Auslass an die Atmosphäre einwandfrei, aber es liegt ein Problem vor, wenn er an die Rücklaufleitung angeschlossen wird, Folgendes überprüfen:

A. Gegendruck verringert ggf. die Leistung des Ableiters.
1. Rücklaufleitung ist zu klein – Ableiter heiß.
2. Andere Ableiter blasen ggf. Dampf ab – Ableiter heiß.
3. Sicherheitsentlüftungsventil im Kondensatbehälter ist ggf. verstopft – Ableiter heiß oder kalt.
4. Behinderung in Rücklaufleitung – Ableiter heiß.
5. Zu viel Vakuum in Rücklaufleitung – Ableiter kalt.

Eingebildete Probleme
Falls es so aussieht, als ob Dampf bei jedem Auslass des Ableiters entweicht, denken Sie daran: Heißes Kondensat bildet Entspannungsdampf, wenn es unter niedrigerem Druck freigesetzt wird, kondensiert jedoch normalerweise schnell in der Rücklaufleitung. Siehe Tabelle CG-11-1 auf Seite CG-11.

Rohrdimensionierung bei Dampfzulauf- und Kondensatrücklaufleitungen

Definitionen

Dampfhauptleitungen oder *Hauptleitungen transportieren* Dampf vom Kessel in einen Bereich, in dem mehrere Geräte installiert sind, die den Dampf nutzen.

Dampfnebenleitungen nehmen Dampf von der Dampfhauptleitung zum dampfbeheizten Gerät.

Ableiterauslassleitungen transportieren Kondensat und Entspannungsdampf vom Ableiter zu einer Rücklaufleitung.

Kondensatrücklaufleitungen nehmen Kondensat von vielen Auslassleitungen auf und transportieren das Kondensat zurück in den Kesselraum.

Rohrdimensionierung

Zwei Hauptfaktoren bestimmen die Rohrdimensionierung in einem Dampfsystem:

1. Der Anfangsdruck am Kessel und der zulässige Druckabfall des gesamten Systems. Der Gesamtdruckabfall im System sollte 20% des gesamten Höchstdrucks am Kessel nicht überschreiten. Dies schließt alle Drosselelemente ein – Rohrleitungsverlust, Rohrkrümmer, Ventile usw. Denken Sie daran: Druckabfälle sind ein Verlust von Energie.

2. Dampfgeschwindigkeit. Erosion und Geräusch nehmen mit der Geschwindigkeit zu. Angemessene Geschwindigkeiten für Prozessdampf sind 30 bis 60 m/s, Heizsysteme mit niedrigerem Druck haben jedoch normalerweise niedrigere Geschwindigkeiten. Ein weiterer Gesichtspunkt ist die zukünftige Erweiterung. Dimensionieren Sie Ihre Rohrleitungen für die vorhersehbare Zukunft. Im Zweifelsfall werden Sie weniger Probleme mit überdimensionierten Rohrleitungen als mit knapp bemessenen Leitungen haben.

Tabelle CG-59-1. Innen- und Außenrohrdurchmesser nach DIN 2448

Rohrventil öffnung (Zoll)	Rohrventil DN	Außendurchmesser in mm	Wanddicke in mm	Innendurchmesser in mm
1/2"	15	21,3	2,0	17,3
3/4"	20	26,9	2,3	22,3
1"	25	33,7	2,6	28,5
1 1/4"	32	42,4	2,6	37,2
1 1/2"	40	48,3	2,6	43,1
2"	50	60,3	2,9	54,8
2 1/2"	65	76,1	2,9	70,3
3"	80	88,9	3,2	82,5
4"	100	114,3	3,6	107,1
5"	125	139,7	4,0	131,7
6"	150	168,3	4,5	159,3
8"	200	219,1	5,9	207,3
10"	250	273,0	6,3	260,4

BEISPIEL: Was ist die maximale Lastkapazität einer Rohrleitung mit einem Druck von 4 bar und einem Durchmesser von 50 mm? Geht man in der linken Spalte von Tabelle CG-60-1 „Dampfdruck in bar(ü)“ zu 4 und dann direkt rechts zu der Spalte für ein Dampfrohr mit 50 mm Durchmesser, ermittelt man, dass das Rohr mit 505 kg/h Dampf arbeiten kann. Zur Ermittlung der Leistungen für überhitzten Dampf dienen die

Tabelle CG-59-2. Dampfgeschwindigkeit in m/s

Rohrdurchmesser		Dampfdruck in bar(ü)			
Zoll	mm	1	12	25	100
1/2"	15	17	33	37	50
2"	50	19	38	44	50
4"	100	21	41	47	50
6"	150	22	44	50	50

Korrekturfaktoren zum Multiplizieren in Tabelle CG-59-3.

Tabelle CG-59-3. Leistungsfaktoren für überhitzten Dampf

Rohrdurchmesser 32							
Dampftemperatur		250°	300°	350°	400°	450°	500°
Druck bar(ü)	1	1,06	1,02	1,04	1,04	1,05	1,06
	3	1,11	1,17	1,17	1,17	1,17	1,15
	8	1,20	1,14	1,09	1,06	1,06	1,06
	12	1,20	1,14	1,09	1,06	1,06	1,04
	20	1,27	1,19	1,11	1,06	1,06	1,03
	40	-	1,30	1,17	1,10	1,04	1,00
	100	-	-	1,52	1,17	1,06	0,98
Rohrdurchmesser 100							
Dampftemperatur		250°	300°	350°	400°	450°	500°
Druck bar(ü)	1	1,10	1,08	1,12	1,13	1,13	1,15
	3	1,30	1,08	1,00	1,11	1,30	1,30
	8	1,15	1,09	1,08	1,10	1,09	1,10
	12	1,18	1,15	1,09	1,09	1,10	1,09
	20	1,28	1,19	1,11	1,09	1,09	1,08
	40	-	1,25	1,14	1,11	1,05	1,02
	100	-	-	1,47	1,14	1,06	0,97
Rohrdurchmesser 200							
Dampftemperatur		250°	300°	350°	400°	450°	510°
Druck bar(ü)	1	1,18	1,19	1,20	1,20	1,19	1,30
	3	1,20	1,20	1,20	1,17	1,16	1,16
	8	1,26	1,23	1,18	1,14	1,12	1,12
	12	1,28	1,23	1,16	1,11	1,10	1,09
	20	1,29	1,21	1,13	1,04	1,06	1,05
	40	-	1,23	1,13	1,06	1,00	1,00
	100	-	-	1,40	1,01	0,98	0,95

Rohrdimensionierung bei Dampfzulauf- und Kondensatrücklaufleitungen

Tabelle CG-60-1 kann ebenfalls verwendet werden, um die Druckmenge zu bestimmen, die für die Verarbeitung einer bekannten Menge Dampf notwendig ist. Ein 80-mm-Dampfrohr muss 4.100 kg/h Dampf verarbeiten: wie viel Druck wird benötigt? Geht man in der Spalte für ein Dampfrohr mit dem Maß DN80 nach unten, bis man die Zahl 4.100 findet, und dann direkt nach links, sieht man, dass ein Dampfdruck von 16 bar(ü) notwendig sein wird, um mit der Last fertig zu werden.

Mit Tabelle CG-59-2 lässt sich schnell die Dampfgeschwindigkeit bestimmen. Für eine genaue Ermittlung kann die folgende Formel dienen:

$$V = \frac{Q}{3.600 \times S}$$

Legende:
V = Geschwindigkeit in m/s
Q = Dampflast in m³/h
S = Innenfläche des Rohrs in m² (siehe Tabelle CG-59-1).
Wenn notwendig, können wir den Druckabfall in der Rohrleitung anhand von Tabelle CG-59-1 finden.

BEISPIEL: Wie viel Druckabfall liegt in einer geraden Rohrleitung mit Nennweite DN80 und Länge 150 m bei einer Last von 2.000 kg/h und einem Druck von 6 bar(ü) vor und wie groß ist der Druck am Ende der Rohrleitung?

Gehen wir von einem durchschnittlichen Druck in der Leitung von 5,5 bar(ü) aus. Anhand der Tabellen finden wir einen Druckabfall von 38 mm WS/m, daher beträgt der gesamte Druckabfall 150 x 38 = 5.700 mm WS/m bei 0,57 bar. Der Druck am Ende der Hauptleitung beträgt in diesem Fall 6–0,57 = 5,42 bar(ü)

Ableiterauslassleitungen

Ableiterauslassleitungen sind normalerweise kurz. Vorausgesetzt, dass der Ableiter richtig für die Aufgabe dimensioniert ist, verwenden Sie eine Ableiterauslassleitung der gleichen Größe wie die Ableiteranschlüsse. Bei sehr niedrigem Differenzdruck zwischen Ableiter und Kondensatrücklaufleitung können die Auslassleitungen vorteilhaft um eine Rohrgröße erhöht werden.

Kondensatrücklaufleitungen

Bei Anlagen mittlerer und großer Größe sollte ein beratender Ingenieur hinzugezogen werden, um die Kondensatrücklaufleitung oder -leitungen zu bemessen. Üblicherweise ist es vorteilhaft, eine Rücklaufleitung zu wählen, die eine oder zwei Größen größer ist, um 1) eine Erhöhung der Anlagenkapazität und 2) letztendliche Verrostung und Verkalkung des Rohrs zu berücksichtigen.

BEISPIEL: Was ist der Druckabfall bei einer Kondensatrücklaufleitung mit Nennweite DN40 und einer Leistung von 400 kg/h, wenn der Dampfdruck 2 bar(ü) beträgt und die Kondensatrücklaufleitung zur Atmosphäre 150 m lang ist?

Aus Tabelle CG-61-1 nehmen wir den Leistungsfaktor, der 2 bar(ü) entspricht = 0,256 und teilen die gegebene Last dann durch diesen Faktor:

$$\frac{400}{0,256} = 1.562 \text{ kg/h.}$$

Dies entspricht einem Druckabfall von etwa 2 mm WS/m in einem Rohr mit Nennweite DN 40. Ist die Kondensatleitung 150 m lang, beträgt der gesamte Druckabfall 150 x 2 = 300 mm WS (0,3 bar(ü)).

Kondensatableiter und hoher Gegendruck

Nach normalen Maßstäben übermäßige Gegendrücke können aufgrund von Verschmutzung der Rücklaufleitungen, Anstieg der Kondensatlast oder fehlerhaften Ableiterbetrieb auftreten. Je nach Betrieb eines bestimmten Kondensatableiters, kann der Gegendruck ein Problem sein oder nicht. Siehe Zeile „I“ in der Empfehlungstabelle auf Seite CG-9. Ist es wahrscheinlich, dass Gegendruck in den Rücklaufleitungen vorliegt, sollten Sie sicherstellen, dass der gewählte Ableiter mit ihm funktioniert.

Gegendruck senkt die Druckdifferenz und damit wird die Leistung des Ableiters verringert. In schwerwiegenden Fällen könnte es die Verringerung der Leistung notwendig machen, Kondensatableiter zu verwenden, die eine Größe größer sind, um die Abnahme in der Betriebsdruckdifferenz auszugleichen.

Tabelle CG-60-1. Leistungstabelle in kg/h für Rohrleitungen (Geschwindigkeit: 30 m/s)

Dampfdruck in bar(a)	DAMPFROHRDURCHMESSER										
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
1,1	14	24	39	67	92	150	215	330	575	900	1.300
1,3	16	28	45	79	105	175	250	390	670	1.050	1.520
1,5	18	32	52	90	125	200	290	445	765	1.205	1.735
2	24	42	68	120	160	265	375	580	1.000	1.575	2.275
3	35	62	99	170	235	385	550	850	1.465	2.300	3.325
4	46	81	130	225	310	505	720	1.115	1.920	3.015	4.355
5	56	99	160	280	380	625	890	1.375	2.365	3.720	5.375
6	67	120	190	330	450	740	1.055	1.630	2.810	4.420	6.385
8	88	155	250	435	590	970	1.385	2.145	3.690	5.800	8.380
9	98	175	280	485	660	1.090	1.550	2.400	4.130	6.490	9.375
10	110	190	310	535	730	1.200	1.715	2.650	4.565	7.175	10.360
12	130	230	370	640	870	1.430	2.040	3.155	5.435	8.540	12.340
14	150	265	430	740	1.010	1.660	2.370	3.660	6.305	9.910	14.310
16	170	300	490	845	1.150	1.890	2.695	4.165	7.170	11.270	16.280
18	190	340	545	945	1.290	2.120	3.020	4.670	8.040	12.640	18.260
20	210	375	605	1.050	1.430	2.345	3.350	5.175	8.915	14.010	20.240
22	230	410	665	1.150	1.570	2.575	3.675	5.680	9.785	15.380	22.220
26	275	485	785	1.360	1.850	3.040	4.335	6.700	11.540	18.140	26.200
30	315	560	905	1.565	2.135	3.505	5.000	7.730	13.310	20.920	30.220
40	425	750	1.210	2.100	2.860	4.695	6.700	10.350	17.830	28.020	40.480
50	535	945	1.525	2.645	3.605	5.925	8.450	13.060	22.500	35.360	51.070
60	650	1.150	1.855	3.220	4.385	7.200	10.270	15.880	27.340	42.970	62.080
70	770	1.360	2.200	3.815	5.195	8.535	12.180	18.820	32.410	50.940	73.580
80	895	1.585	2.560	4.435	6.040	9.930	14.160	21.890	37.700	59.250	85.580
90	1.040	1.820	2.935	5.090	6.935	11.400	16.260	25.120	43.270	68.000	98.230
100	1.170	2.065	3.335	5.785	7.880	12.950	18.470	28.550	49.170	77.280	111.630

Armstrong International SA • Parc Industriel des Hauts-Sarts (2e Avenue) • 4040 Herstal • Belgien
Tel.: +32 (0)4 240 90 90 • Fax: +32 (0)4 240 40 33
www.armstrongeurope.eu • info@armstrongeurope.eu

Anleitung zur Dimensionierung von Rücklaufleitungen

Tabelle CG-61-1. Leistungstabelle für Kondensatleitungen

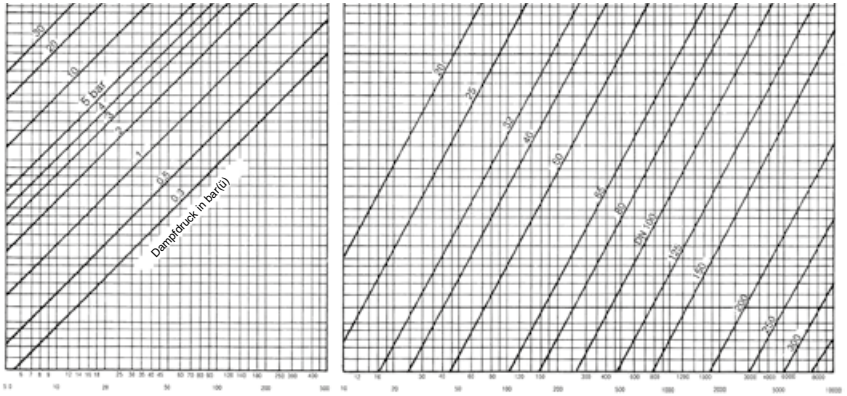
Druckabfall in mm WS pro laufendem Meter Rohr	Rohrdurchmesser in mm										
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	Leistung des Kondensats in kg/h										
1	67	153	310	677	1.048	2.149	3.597	6.413	13.527	25.410	40.485
2	95	217	438	958	1.483	3.040	5.087	9.070	19.130	35.935	57.255
3	116	266	537	1.174	1.816	3.723	6.230	11.108	23.430	44.012	70.123
4	134	307	620	1.355	2.097	4.299	7.194	12.827	27.055	50.821	80.971
5	150	343	693	1.516	2.345	4.807	8.044	14.341	30.248	56.819	90.529
6	164	376	759	1.660	2.569	5.265	8.811	15.710	33.135	62.242	99.169
7	177	406	820	1.793	2.775	5.687	9.517	16.968	35.790	67.230	107.115
8	190	434	877	1.917	2.966	6.080	10.175	18.140	38.261	71.871	114.511
9	201	461	930	2.033	3.146	6.449	10.792	19.240	40.582	76.231	121.457
10	212	486	980	2.143	3.317	6.798	11.375	20.281	42.777	80.355	128.027
12	232	532	1.074	2.348	3.633	7.447	12.461	22.217	46.860	88.024	140.247
14	251	575	1.160	2.536	3.924	8.043	13.460	23.997	50.615	95.077	151.484
16	268	615	1.240	2.711	4.195	8.599	14.389	25.654	54.110	101.642	161.943
18	285	652	1.315	2.876	4.450	9.120	15.262	27.210	57.392	107.807	171.767
20	300	687	1.387	3.032	4.691	9.614	16.088	28.682	60.496	113.639	181.058
22	315	721	1.454	3.180	4.920	10.083	16.873	30.082	63.449	119.186	189.896
24	329	753	1.519	3.321	5.138	10.531	17.623	31.420	66.270	124.485	198.339
26	342	784	1.581	3.457	5.348	10.961	18.343	32.720	68.976	129.568	206.438
28	355	813	1.641	3.587	5.550	11.375	19.035	33.937	71.580	134.460	214.231
30	368	842	1.698	3.713	5.745	11.774	19.703	35.128	74.093	139.179	221.750
32	380	869	1.754	3.835	5.933	12.160	20.350	36.280	76.523	143.743	229.023
34	392	896	1.808	3.953	6.116	12.535	20.976	37.397	78.878	148.167	236.071
36	403	922	1.861	4.067	6.293	12.898	21.584	38.481	81.165	152.463	242.915
38	414	947	1.912	4.179	6.466	13.252	22.175	39.535	83.389	156.641	249.572
40	425	972	1.961	4.287	6.634	13.596	22.751	40.563	85.555	160.710	256.055
42	435	996	2.010	4.393	6.798	13.932	23.313	41.564	87.668	164.679	262.379
44	446	1.020	2.057	4.497	6.958	14.260	23.862	42.542	89.731	168.554	268.553
46	456	1.042	2.103	4.598	7.114	14.580	24.398	43.499	91.747	172.342	274.589
48	465	1.065	2.148	4.697	7.267	14.894	24.923	44.434	93.721	176.049	280.494
50	475	1.087	2.193	4.794	7.417	15.201	25.437	45.350	95.653	179.679	286.279

Leistung des entspannenden Kondensats in kg/h in einer Kondensatrückleitung bei Atmosphärendruck. Die obigen Leistungen wurden mit dem Primärdruck = 0,35 bar(ü) berechnet.

Für andere Drücke werden die obigen Leistungen mit den folgenden Faktoren multipliziert:

1 bar(ü): 0,415	12 bar(ü): 0,09
2 bar(ü): 0,256	17 bar(ü): 0,07
4 bar(ü): 0,162	31 bar(ü): 0,06
7 bar(ü): 0,124	42 bar(ü): 0,055
9 bar(ü): 0,108	

Tabelle CG-61-1. Druckabfall in gesättigten Rohrleitungen



Druckabfall des Dampfs in mm WS/m

Dampfmenge in kg/h

Spezifische Wärme – Spezifisches Gewicht

Tabelle CG-62-1. Physikalische Eigenschaften von Flüssigkeiten und Feststoffen

	Flüssigkeit (L) oder Feststoff (S)	sp. Gew. bei 18–20°C	sp. Wärme bei 20°C kJ/kg/°C
1 Teil trockener Leim			
Aceton, 100%	**L**	**0,78**	**2,15**
Ahornsirup	L		2,01
Aluminium	**S**	**2,64**	**0,96**
Ammoniak, 100%	L	0,61	4,61
Ammoniak, 26%	L	0,90	4,19
API Gasöl	L	0,88	1,76
Aroclor	**L**	**1,44**	**1,17**
Asbestplatte	S	0,88	0,80
Asphalt	L	1,00	1,76
Baumwolle, Tuch	S	1,50	1,34
Baumwollsamenöl	**L**	**0,95**	**1,97**
Benzen	L	0,84	1,72
Benzin	L	0,73	2,22
Blei	S	11,34	0,13
Downtherm A	L	0,99	2,64
Downtherm C	L	1,10	1,47–2,7
Edelstahl, Serie 300	**S**	**8,04**	**0,50**
Eis	S	0,90	2,09
Eiskrem	S		2,93
Essigsäure 100%	L	1,05	2,01
Essigsäure 100%	L	1,01	4,02
Ethylalkohol, 95%	L	0,81	2,51
Ethylenglykol	**L**	**1,11**	**2,43**
Fettsäure – Palmitinsäure	L	0,85	2,73
Fettsäure – Stearinsäure	L	0,84	2,30
Fisch, frisch, durchschnittlich	**S**		**3,14–3,4**
Fleisch, frisch, durchschnittlich	**S**		**3,27**
Gemüse, frisch, durchschnittlich	S		3,06–3,9
Glaswolle	S	0,07	0,66
Glycerol, 100% (Glycerin)	**L**	**1,26**	**2,43**
Hölzer, verschiedene Arten	S	0,35–0,9	3,77
Honig	L		1,42
Kautschuk, vulkanisiert	S	1,10	1,74
Kohle	**S**	**1,2–1,8**	**1,09–1,5**
Kork	S	0,25	2,01
Kupfer	**S**	**8,82**	**0,42**
Leder	S	0,86–1,0	1,51
Leim, 2 Teile Wasser	L	1,09	3,73
Leinöl	**L**	**0,93**	**1,84**
Magnesiumoxid, 85%	L	0,21	1,13
massiver Asphalt	**S**	**1,1–1,5**	**0,92–1,7**
massiver Koks	S	1,0–1,4	1,11
Mauerwerk und Ziegelsteine	S	1,6–2,0	0,92
Meerwasser	**L**	**1,03**	**3,94**
Methylalkohol, 90%	L	0,82	2,72
Milch	L	1,03	3,77–3,9
Natriumhydroxid, 30%	**L**	**1,33**	**3,52**
Natriumhydroxyd, 50% (Natronlauge)	L	1,53	3,27
Nickel	S	8,90	0,46

	Flüssigkeit (L) oder Feststoff (S)	sp. Gew. bei 18–20°C	sp. Wärme bei 20°C kJ/kg/°C
Nr. 1 Heizöl (Kerosin)	**L**	**0,81**	**1,97**
Nr. 2 Heizöl	L	0,86	1,84
Nr. 3 Heizöl	L	0,88	1,80
Nr. 4 Heizöl	**L**	**0,90**	**1,76**
Nr. 5 Heizöl	L	0,93	1,72
Nr. 6 Heizöl	L	0,95	1,67
Obst, frisch, durchschnittlich	S		3,35–3,7
Papier	**S**	**1,7–1,15**	**1,88**
Parafin	S	0,86–0,9	2,60
Parafin, geschmolzen	L	0,90	2,89
Phenol (Karbolsäure)	**L**	**1,07**	**2,34**
Phosphorsäure, 10%	L	1,05	3,89
Phosphorsäure, 20%	L	1,11	3,56
Phthalsäureanhydrid	**L**	**1,53**	**0,97**
Pyrexglas	**S**	**2,25**	**0,84**
Rohöl (API Grade Mid-Continent)	L	0,09	1,84
Rohr- u. Rübenzucker	**S**	**1,66**	**1,26**
Saccharose, 40% Zuckersirup	L	1,18	2,76
Saccharose, 60% Zuckersirup	L	1,29	3,10
SAE – 20 (Maschinenschmieröl Nr. 20)	**L**	**0,89**	
SAE – 30 (Maschinenschmieröl Nr. 30)	L	0,89	
SAE – SW (Maschinenschmieröl Nr. 8)	L	0,88	
Salpetersäure, 10%	L	1,05	3,77
Salpetersäure, 60%	L	1,37	2,68
Salpetersäure, 95%	**L**	**1,50**	**2,09**
Salzsäure, 10%	**L**	**1,05**	**3,14**
Salzsäure, 31,5%	L	1,15	2,51
Sand	S	1,4–1,76	0,80
Seide	S	1,25–1,4	1,38
Schmalz	**S**	**0,92**	**2,68**
Schwefel	S	2,00	0,85
Schwefelsäure, 110% (rauchend)	L		1,13
Schwefelsäure, 20%	L	1,14	3,52
Schwefelsäure, 60%	L	1,50	2,18
Schwefelsäure, 98%	**L**	**1,84**	**1,47**
Sojabohnenöl	L	0,92	1,0–1,38
Sole – Kalziumchlorid, 25%	**L**	**1,23**	**2,89**
Sole – Natriumchlorid, 25%	L	1,19	3,29
Steinkohlenteere	S	1,20	1,5 bei 40°C
Tafel-,/Dessertweine, durchschnittlich	L	1,03	3,77
Terpentin	L	0,86	1,76
Tetrachlorkohlenstoff	**L**	**1,58**	**0,88**
Titan (handelsüblich)	**S**	**4,50**	**0,54**
Toluen (Toluol)	L	0,86	1,76
Ton, trocken	S	1,9–2,4	0,94
Trichloräthylen	L	1,62	0,90
Wasser	**L**	**1,00**	**4,19**
Weichstahl bei 21°C	S	7,90	0,46
Wolle	**S**	**1,32**	**1,36**
Zink	S	7,05	0,40

Tabelle CG-62-2. Physikalische Eigenschaften von Gasen

	sp. Gew. bei 18–20°C	sp. Wärme bei 20°C kJ/kg/°C
Ammoniakgas	0,60	2,26
Benzen		**1,36**
Butan	2,00	1,91
Ethan	1,10	2,09
Ethylen	**0,97**	**1,88**
Freon – 12		0,67
Chlor	2,50	0,49
Kohlendioxid	1,50	0,88
Kohlenmonoxid	**0,97**	**1,07**

	sp. Gew. bei 18–20°C	sp. Wärme bei 20°C kJ/kg/°C
Luft	1,00	1,00
Methan	0,55	2,51
Propan	1,50	1,93
Sauerstoff	**1,10**	**0,94**
Schwefeldioxid		0,68
Stickstoff	0,97	1,06
Wasserdampf	2,30	1,90
Wasserstoff	0,07	14,32
Wasserstoffsulfid	**1,20**	**1,05**

Nützliche technische Tabellen

Tabelle CG-63-1. Rohr nach DIN 2440

Durchmesser (Zoll)	mm	Außendurchmesser mm	Wanddicke mm	Gewicht kg/m
1/8"	6	10,2	2,00	0,407
1/4"	8	13,5	2,35	0,650
3/8"	10	17,2	2,35	0,852
1/2"	15	21,3	2,65	1,22
3/4"	20	26,9	2,65	1,58
1"	25	33,7	3,25	2,44
1 1/4"	32	42,4	3,25	3,14
1 1/2"	40	48,3	3,25	3,61
2"	50	60,3	3,65	5,10
2 1/2"	65	76,1	3,65	6,51
3"	80	88,9	4,05	8,47
4"	100	114,3	4,50	12,1
5"	125	139,7	4,85	16,2
6"	150	165,1	4,85	19,2

Tabelle CG-63-2. Rohr nach DIN 2441

Durchmesser (Zoll)	mm	Außendurchmesser mm	Wanddicke mm	Gewicht kg/m
1/8"	6	10,2	2,65	0,493
1/4"	8	13,5	2,90	0,769
3/8"	10	17,2	2,90	1,02
1/2"	15	21,3	3,25	1,45
3/4"	20	26,9	3,25	1,90
1"	25	33,7	4,05	2,97
1 1/4"	32	42,4	4,05	3,84
1 1/2"	40	48,3	4,05	4,43
2"	50	60,3	4,50	6,17
2 1/2"	65	76,1	4,50	7,90
3"	80	88,9	4,85	10,1
4"	100	114,3	5,40	14,4
5"	125	139,7	5,40	17,8
6"	150	165,1	5,40	21,2

Tabelle CG-63-3. Rohr nach DIN

Durchmesser (Zoll)	mm	Außendurchmesser mm	Wanddicke mm	Gewicht kg/m
1/8"	6	10,2	1,6	0,344
1/4"	8	13,5	1,8	0,522
3/8"	10	17,2	1,8	0,688
1/2"	15	21,3	2,0	0,962
3/4"	20	26,9	2,3	1,41
1"	25	33,7	2,6	2,01
1 1/4"	32	42,4	2,6	2,57
1 1/2"	40	48,3	2,6	2,95
2"	50	60,3	2,9	4,14
2 1/2"	65	76,1	2,9	5,28
3"	80	88,9	3,2	6,81
4"	100	114,3	3,6	9,90
5"	125	139,7	4,0	13,5
6"	150	168,3	4,5	18,1

Tabelle CG-63-4. Flanschabmessung nach DIN

DN	PN 6				PN 10				PN 16				PN 25				PN 40			
	D	k	z	M	D	k	z	M	D	k	z	M	D	k	z	M	D	k	z	M
25	100	75	4	10	115	85	4	12	115	85	4	12	115	85	4	12	115	85	4	12
32	120	90	4	12	140	100	4	16	140	100	4	16	140	100	4	16	140	100	4	16
40	130	100	4	12	150	110	4	16	150	110	4	16	150	110	4	16	150	110	4	16
50	140	110	4	12	165	125	4	16	165	125	4	16	165	125	4	16	165	125	4	16
65	160	130	4	12	185	145	4	16	185	145	4	16	185	145	8	16	185	145	8	16
80	190	150	4	16	200	160	8	16	200	160	8	16	200	160	8	16	200	160	8	16
100	210	170	4	16	220	180	8	16	220	180	8	16	235	190	8	20	235	190	8	20
125	240	200	8	16	250	210	8	16	250	210	8	16	270	220	8	24	270	220	8	24
150	265	225	8	16	285	240	8	20	285	240	8	20	300	250	8	24	300	250	8	24
200	320	280	8	16	340	295	8	20	340	295	12	20	360	310	12	24	375	320	12	27
250	375	335	12	16	395	350	12	20	405	355	12	24	425	370	12	27	450	385	12	30
300	440	395	12	20	445	400	12	20	460	410	12	24	485	430	16	27	515	450	16	30

Umrechnungsfaktoren SI-Einheiten in UK/US-Einheiten

LÄNGE
1 mm = 0,0394 Zoll — 1 Zoll = 25,4 mm
1 m = 3,28 Fuß — 1 Fuß = 0,305 m

OBERFLÄCHE
1 cm^2 = 0,155 Quadratzoll — 1 Quadratzoll = 6,45 cm^2
1 m^2 = 10.764 Quadratfuß — 1 Quadratfuß = 0,0929 cm^2

VOLUMEN
1 dm^3 = 61,02 Kubikzoll — 1 Kubikzoll = 16,39 cm^3
1 m^3 = 35,31 Kubikfuß — 1 Kubikfuß = 28,32 dm^3

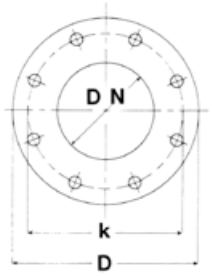
GESCHWINDIGKEIT
1 m/s = 3,281 Fuß/s — 1 Fuß/s = 0,305 m/s

GEWICHT
1 kg = 2,205 Pfund (lb.) — 1 Pfund (lb.) = 0,452 kg

DRUCK
1 kg/cm^2 = 14,22 psi
1 kg/m^2 = 0,205 psf
1 bar = 14,5 psi
1 psi = 0,0689 bar

WÄRME
1 kJ = 1.000 Joules
1 Kilowattstunde (kWh) = 3.600 kJ
1 Btu/Ft^2.h.°F = 20,44 kJ/h.m^2.°C

TEMPERATUR
$\Delta t_c = 5/9\ \Delta t_f$
$t_c = 5/9\ (t_f - 32)$
$\Delta t_f = 9/5\ \Delta t_c$
$t_f = 9/5\ t_c + 32$



KLINGER Gysi AG
Bachstrasse 34 » Postfach » CH-5034 Suhr
+41 62 855 00 00
zentrale@klinger-gysi.ch

www.klinger-gysi.ch