

Kühlen unter Vakuum



Inhalt

Einleitung	2
Vergleich von Kompressions-Kälteanlagen und Dampfstrahl-Kühlanlagen	2
Dampfstrahl-Kühlanlagen – Aufbau und Wirkungsweise	3
Vorteile der Entspannungs-Kühlanlagen	3
Brüdenverdichtung mit Strahlpumpen	4
Entspannungskühlung	4
Dampfstrahl-Kühlanlagen – Bauarten	5
Dampfstrahl-Kühlanlagen in Kompaktbauweise	5
Dampfstrahl-Kühlanlagen in Turmbauweise	6
Dampfstrahl-Kühlanlagen in Brückenbauweise	7
Standardisierte Dampfstrahl-Kühlanlagen – Baugrößen	8
Aufstellung und Regelung	10
Kombinationsmöglichkeiten	10
Aufstellungs-Alternativen	11
Regelung von Dampfstrahl-Kühlanlagen	12
Wärmerückgewinnungsanlagen	14
Kriterien der verfahrenstechnischen Auslegung von Dampfstrahl-Kühlanlagen	15

Einleitung

Die Erzeugung von Kälte ist ein kostspieliges Verfahren. Immer weiter steigende Energiepreise erfordern Alternativen zu den herkömmlichen Systemen (mechanische Verdichter). Hier setzt sich die Entspannungs-Kühlanlage als umweltfreundliche und betriebskostengünstige Lösung immer mehr durch. GEA Wiegand verfügt über mehr als fünfzig Jahre Erfahrung in der Konstruktion und Ausführung von Entspannungs-Kühlanlagen.

Referenzanlagen von GEA Wiegand:

Wasser
 wässrige Salpetersäure/Phosphorsäure
 wässrige Gips-Suspension
 Kalkmilch
 Bariumhydroxid-Lösungen
 diverse Abwässer
 Fruchtsaft
 Milch
 Leim

Die Kälteleistungen liegen zwischen ca. 10 und 20 000 Kilowatt. Wasser als Kältemittel kann auf eine Temperatur von weniger als 5 °C heruntergekühlt werden.

Vergleich von Kompressions-Kälteanlagen und Dampfstrahl-Kühlanlagen

Kälteanlage	Kompressions-Kälteanlage	Dampfstrahl-Kühlanlage
Kühlung		
Prozess	Verdampfung	Verdampfung
Wärmeübertragung	indirekt	direkt oder indirekt
Apparatebezeichnung	Verdampfer	Entspanner
Kältemittel-Kompression		
Prozess	mechanisch	fluidodynamisch
Apparatebezeichnung	Schrauben-, Turbo- oder Kolbenverdichter	Strahlpumpe (Brüdenverdichter)
Antriebsenergie des Kompressors		
	Elektroenergie (Motor)	thermische Energie (Treibdampf)
Austrag der Wärmeenergie		
Prozess	Kondensation	Kondensation
Wärmeübertragung	indirekt	direkt oder indirekt
Apparatebezeichnung	Verflüssiger	Kondensator

Dampfstrahl-Kühlanlagen – Aufbau und Wirkungsweise

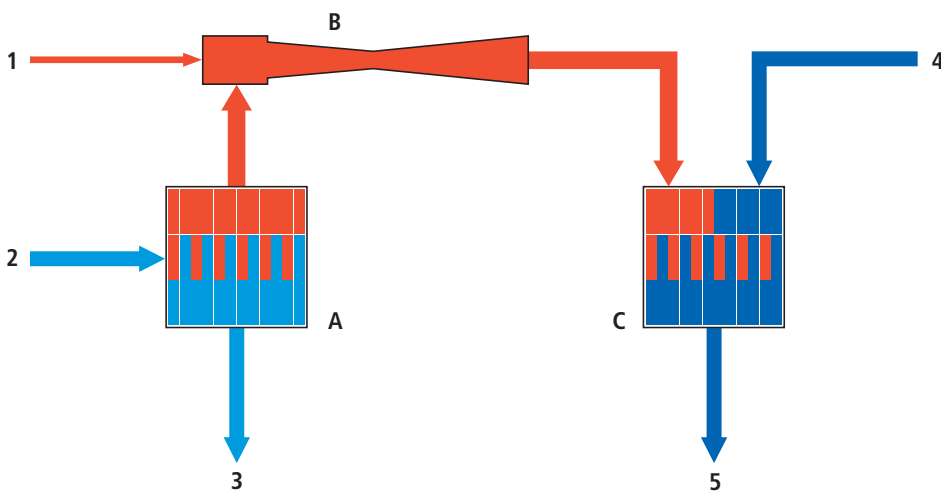


Bild 1: Schema einer Dampfstrahl-Kühlanlage mit Mischkondensator

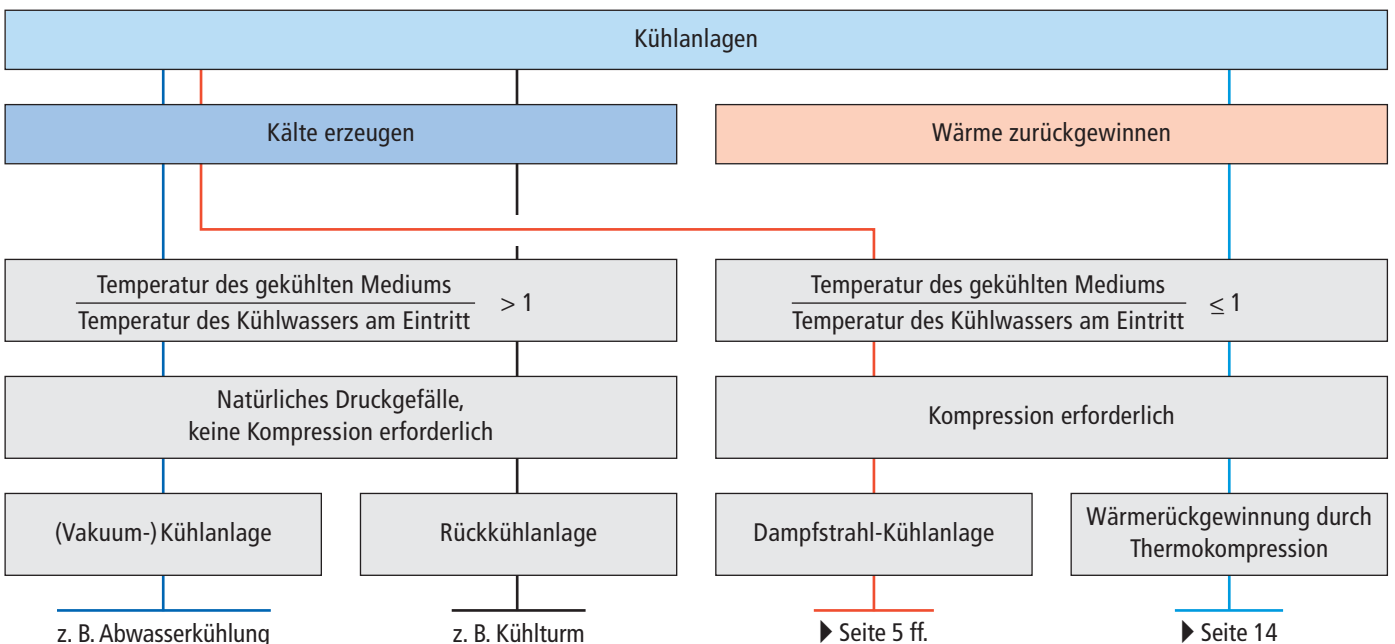
- 1 Treibdampf
 - 2 zu kühlendes Medium/Kältemittel
 - 3 gekühltes Medium
 - 4 Kühlwasser
 - 5 erwärmtes Kühlwasser
- A Entspanner
 - B Dampfstrahl-Verdichter
 - C Mischkondensator

Vorteile der Entspannungs-Kühlanlagen

- einfacher, übersichtlicher und robuster Aufbau
- zuverlässige und sichere Bedienbarkeit
- kaum Verschleiss, da ohne bewegte Teile
- minimaler Instandhaltungsaufwand
- direkte und indirekte Kühlung möglich; bei indirekter Kühlung ist das Kältemittel in fast allen Fällen Wasser und damit unbedenklich
- sehr niedriges Kältemittel-Befüllungsvolumen
- häufige oder schnelle Lastwechsel möglich
- geringer Elektroenergiebedarf
- Abwärme und Vakuumdampf als Antriebsmedium nutzbar
- auch bei Saison- und Chargenbetrieb sehr effizient einsetzbar
- besserer COP*-Wert durch Treibdampf-Sparregelung erreichbar

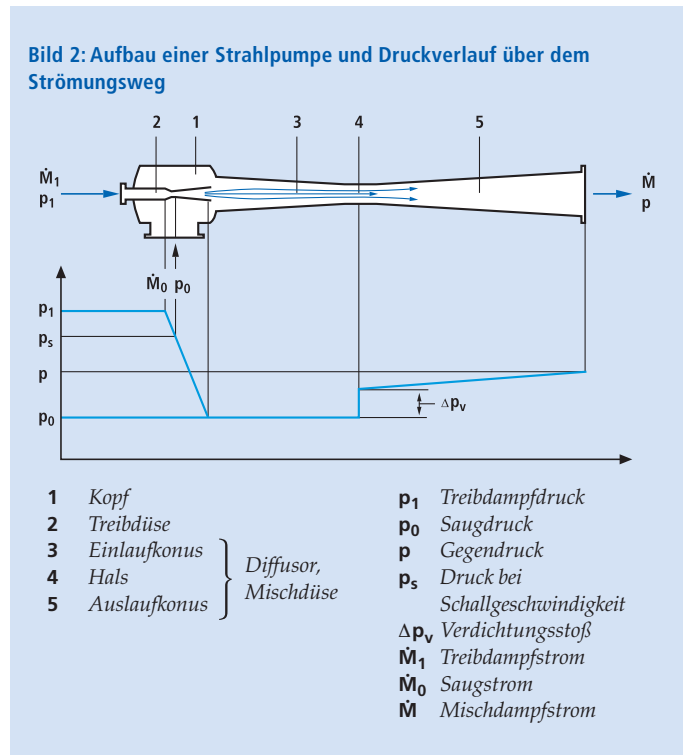
* Coefficient of Performance = Kälteleistung/Antriebsleistung

Einteilung der Entspannungs-Kühlanlagen



Brüdenverdichtung mit Strahlpumpen

Strahlpumpen sind Kompressoren, die mit einem Fluid angetrieben werden und keine bewegten Teile haben: Das zu fördernde Medium (Kältemitteldampf) tritt durch den Saugstutzen in das Gehäuse der Strahlpumpe ein. Das Antriebsfluid (Treibmedium, zumeist Wasserdampf) wird in einer Treibdüse entspannt. Die Druckenergie wandelt sich dadurch in kinetische Energie um und beschleunigt damit den Kältemitteldampf. In der konisch geformten Mischdüse wird die kinetische Energie des Mischdampfstromes allmählich in potenzielle Energie umgewandelt, d. h. das Medium wird auf höheren Druck verdichtet (siehe Bild 2).



Entspannungskühlung

Für jeden Stoff gehört zu einem Verdampfungsdruck eine bestimmte Verdampfungstemperatur. Eine Flüssigkeit beginnt zu sieden, wenn sie einem Druck ausgesetzt wird, der niedriger als ihr Verdampfungsdruck ist. In Bild 3 ist dieser Zusammenhang für Wasser bei einem Temperaturbereich von 0 °C - 100 °C dargestellt. In Entspannungs-Kühlanlagen wird nur ein kleiner Teil des Kältemittelstromes verdampft (Brüdenstrom [kg/s]). Die hierfür erforderliche thermische Energie wird dem restlichen Kältemittel entzogen: seine Temperatur sinkt ab, bis die Siedetemperatur des niedrigeren Druckes erreicht ist.

Der Brüdenstrom transportiert die thermische Energie aus dem Kältemittelkreislauf in einen Kondensator und gibt dabei die thermische Energie an ein anderes System ab (Wärmeverbraucher, Rückkühlsystem o. ä.).

Bild 3: Sättigungskurve (Wasser) : $t_s = f(p_s)$

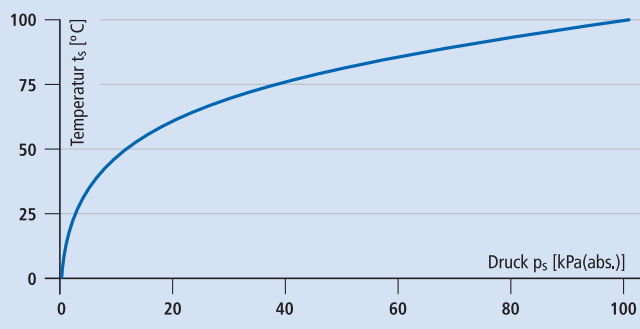
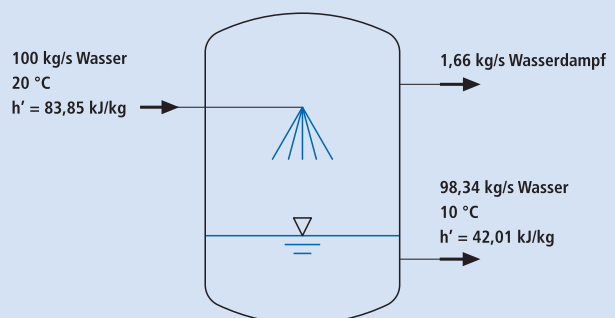


Bild 4: 100 kg/s Wasser von 20 °C werden unter Verdampfung von 1,66 kg/s auf 98,34 kg/s Wasser von 10 °C gekühlt.

Der Druck in dieser Kammer muss bei ca. 1,23 kPa (abs.) gehalten werden. Die Verdampfungsenthalpie beträgt hier 2478 kJ/kg und damit die Kälteleistung $2478 \text{ kJ/kg} \times 1,66 \text{ kg/s} = 4113 \text{ kW}$



Dampfstrahl-Kühlanlagen – Bauarten

Es wird zwischen drei Bauarten von Dampfstrahl-Kühlanlagen unterschieden:

- Kompaktbauweise für kleine Leistungen
- Turmbauweise für mittlere Leistungen und grosse Leistungen mit geringerem Platzbedarf
- Brückenbauweise für große Leistungen

Dampfstrahl-Kühlanlagen in Kompaktbauweise

Sie bestehen aus horizontal ausgerichteten Apparaten: Je eine Entspanner- (1) und eine Kondensatorstufe (2) sind in einem gemeinsamen horizontalen Zylinder untergebracht. Parallel zu diesem Zylinder ist die Strahlpumpe (3) angeordnet. Als Entlüftungseinheit wird eine kleine Flüssigkeitsring-Vakuumpumpe (4) eingesetzt. Die Kondensationswärme wird durch das Kühlwasser ausgetragen – hier Kühlturm (6). Die Steuerung erfolgt über ein Prozessleitsystem.

Diese Bauweise braucht relativ wenig Grundfläche und wenig Höhe.

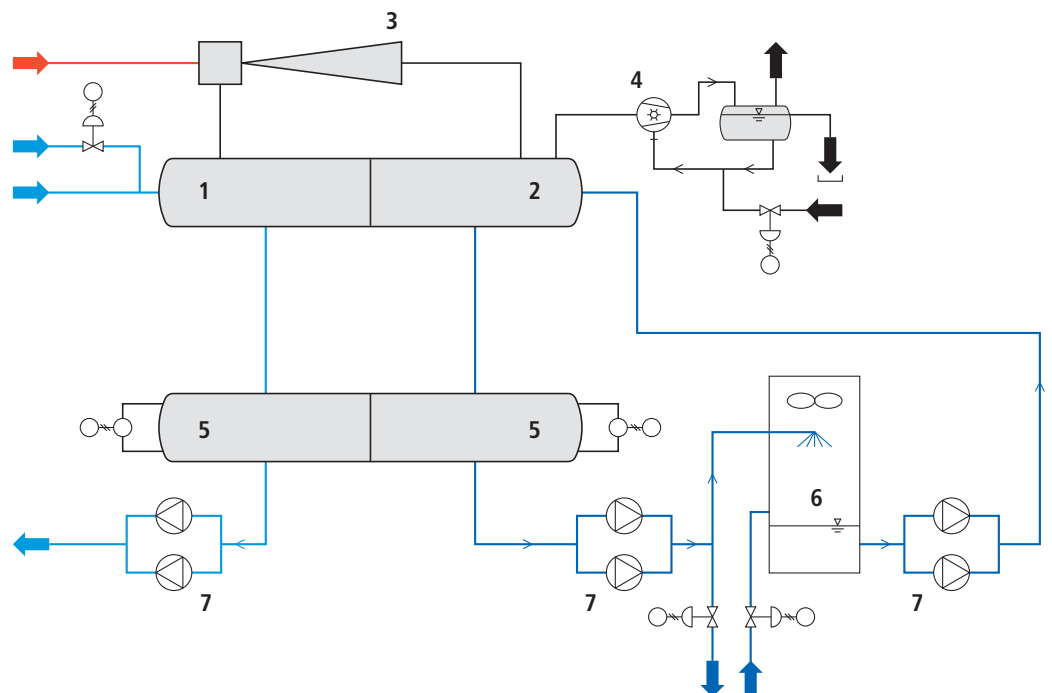


Bild 5: 2-stufige Dampfstrahl-Kühlanlage in Kompaktbauweise, Kühlung von 44 m³/h Wasser von 30 auf 10 °C

Bild 6

— Kühlwasser
— Treibdampf
— zu kühlendes Medium

- 1 Entspanner
- 2 Kondensator
- 3 Strahlpumpe
- 4 Entlüftungsvakuumpumpe
- 5 Sammelbehälter
- 6 Rückkühlanlage
- 7 Umwälzpumpen



Dampfstrahl-Kühlanlagen in Turmbauweise

Sie bestehen aus vertikal ausgerichteten Apparaten: Entspannerkammer (1) und Kondensatorkammer (2) sind übereinander angeordnet. Die Entspanner- und die Kondensatorkammern einer jeden Stufe sind durch eine Rohrleitung oder eine Strahlpumpe zur Brüdenkompression (3) miteinander verbunden. In vielen Fällen wird ein Kühlturm (6) für die Kühlung des Kühlwassers eingesetzt. Als Entlüftungseinheit wird meistens eine Dampfstrahl-Vakuumpumpe vorgesehen. Die Steuerung erfolgt über ein Prozessleitsystem.

Diese Bauweise braucht relativ wenig Grundfläche, aber mehr Höhe.

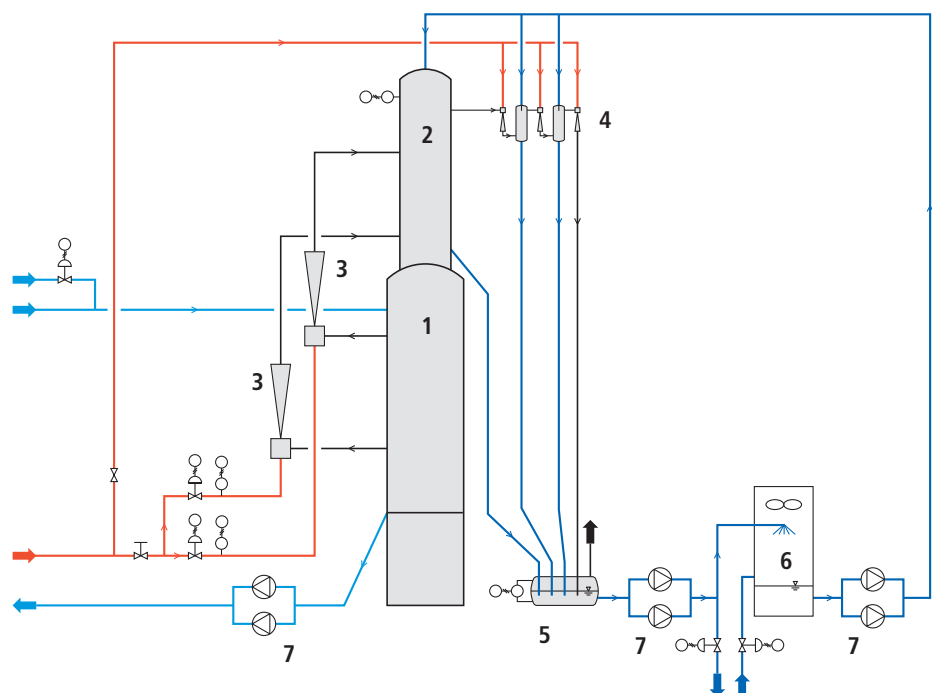


Bild 7: 2-stufige Dampfstrahl-Kühlanlage in Turmbauweise, Kühlung von 200 m³/h Wasser von 10 auf 5 °C
Kälteleistung: 1163 kW

Bild 8

— Kühlwasser
— Treibdampf
— zu kühlendes Medium

- 1 Entspanner
- 2 Kondensator
- 3 Strahlpumpen
- 4 Entlüftungsvakuumpumpe
- 5 Sammelbehälter
- 6 Rückkühlanlage
- 7 Umwälzpumpen



Dampfstrahl-Kühlanlagen in Brückenbauweise

Sie bestehen aus vertikal oder horizontal angeordneten Entspannerkammern (1), horizontal liegenden Strahlpumpen (3) und vertikal ausgerichteten Kondensator-kammern (2). Die Entspanner- und die Kondensator-kammern einer jeden Stufe sind durch eine Rohrleitung oder eine Strahlpumpe zur Brüdenkompression (3) miteinander verbunden. In vielen Fällen wird ein Kühl-turm (6) für die Kühlung des Kühlwassers eingesetzt. Als Entlüftungseinheit wird meistens eine Dampfstrahl-Vakuumpumpe vorgesehen. Die Steuerung erfolgt über ein Prozessleitsystem.

Diese Bauweise braucht relativ wenig Höhe, aber mehr Grundfläche.

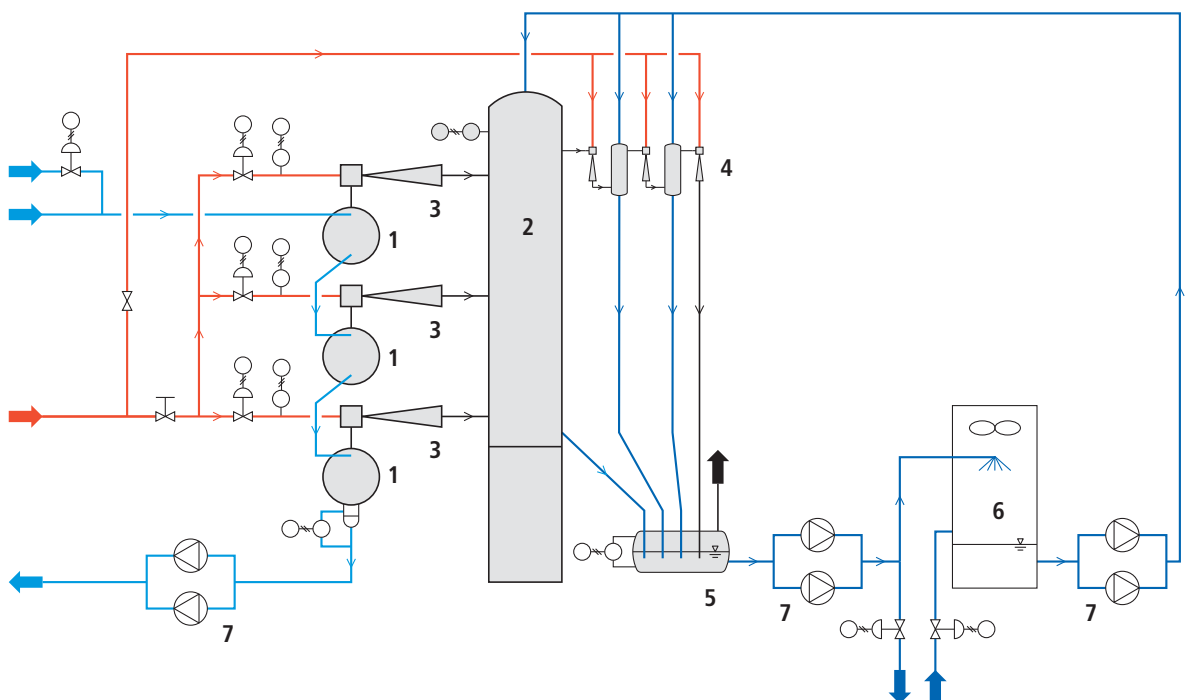


Bild 9: 3-stufige Dampfstrahl-Kühlanlage in Brückenbauweise, Kühlung von 194 m³/h Wasser von 28 auf 15 °C, Kälteleistung: 2 900 kW

Bild 10

- 1 Entspanner
- 2 Kondensator
- 3 Strahlpumpen
- 4 Entlüftungs-vakuumpumpe
- 5 Sammelbehälter
- 6 Rückkühlanlage
- 7 Umwälzpumpen

- Kühlwasser
- Treibdampf
- zu kühlendes Medium



Standardisierte Dampfstrahl-Kühlanlagen – Baugrößen

GEA Wiegand bietet auch standardisierte Anlagen an. Die Vorteile sind:

- einfachere Planung
- niedrigere Investitionskosten
- kürzere Lieferzeiten

Es stehen acht Leistungsgrößen zur Verfügung (siehe Tabelle). Individuelle Auslegung ist auf Anforderung möglich.

Die angegebenen Abmessungen beziehen sich auf die rechts dargestellten Bilder.

Netto-Kälteleistung	kW	20	100	300	600	1 000	3 000	7 500	15 000
Kältemittel (Wasser)									
Eintrittstemperatur	°C	12	12	12	12	12	12	12	12
Austrittstemperatur	°C	6	6	6	6	6	6	6	6
Volumenstrom	m ³ /h	2,9	14,5	43,5	87	145	435	1 086	2 172
Nennweiten: Ein-/Austritt	DN	25/40	50/80	80/150	150/200	150/250	250/400	400/700	600/1 000
Kühlwasser									
Eintrittstemperatur	°C	30	30	30	30	30	30	30	30
Austrittstemperatur	°C	40	40	40	40	40	40	40	40
Volumenstrom	m ³ /h	8	37	95	190	305	855	2 140	4 275
Nennweiten: Ein-/Austritt	DN	40/50	80/100	150/200	200/250	250/350	400/600	600/1 000	900/1 400
Treibdampf (0,4 MPa (abs.))									
Sommer (100 %-Last)	kg/h	95	440	1 100	2 150	3 450	9 450	23 500	47 000
Frühjahr/Herbst ¹⁾ , 60 %	kg/h	ca. 60	ca. 260	ca. 660	ca. 1 300	ca. 2 070	ca. 5 700	ca. 14 000	ca. 28 000
Winter ¹⁾ , 20 %	kg/h	ca. 20	ca. 90	ca. 200	ca. 430	ca. 700	ca. 1 900	ca. 4 700	ca. 9 400
Zusatzwasserbedarf (z. B. 12 °C)	m ³ /h	0,03	0,14	0,44	0,87	1,45	4,36	10,90	21,81
Stufenzahl		1	1	2	2	2	3	3	3
Bauweise		kompakt	kompakt	Turm	Turm	Turm	Brücke	Brücke	Brücke
Aufstellung		nichtbarom.	nichtbarom.	nichtbarom. ²⁾	nichtbarom. ²⁾	nichtbarom.	barometrisch	barometrisch	barometrisch
Elektrische Leistung									
Flüss.-ring-Vakuumpumpe	kW	0,7	0,7	(ohne)	(ohne)	(ohne)	(ohne)	(ohne)	(ohne)
Kühlwasserpumpe 1 ³⁾ (100 %)	kW	0,5	2,5	10	18	36	110	270	620
Kühlwasserpumpe 2 ³⁾ (100 %)	kW	0,5	2,0	8	15	25	80	200	450
Kältemittelpumpe ³⁾ (100 %)	kW	0,5	1,0	3	6	12	50	120	280
Kühlturmentilator (100 %)	kW	0,5	2,0	6	11	18	52	128	256
Gesamt	kW	2,7	8,2	27	50	91	292	718	1 606
Abmessungen (Dampfstrahl-Kühlanlage)									
Länge	m	2,5	3,5	2,0	2,5	3	15	20	22
Breite	m	1,0	1,5	2,0	2,5	3	5	7	13
Höhe	m	2,5	3,0	12,0	14,0	17	13 ⁴⁾	20 ⁴⁾	30 ⁴⁾
Gewichte⁵⁾									
Versandgewicht	t	1,3	2,2	8	13	20	25	75	150
Betriebsgewicht	t	1,5	3,0	10	16	25	32	100	200
Gewicht mit Wasser gefüllt	t	2,0	4,0	14	28	40	70	240	550

1) Mitteleuropa

2) zzgl. Vorlagebehälter für Kühlmedienaustrag

3) bezogen auf +/- 0,0 m.

4) zzgl. barometrische Höhe (11 m)

5) ohne Bühnen, Pumpen, Kühlturm und Rohrleitungen

Bild 11: Turmbauweise

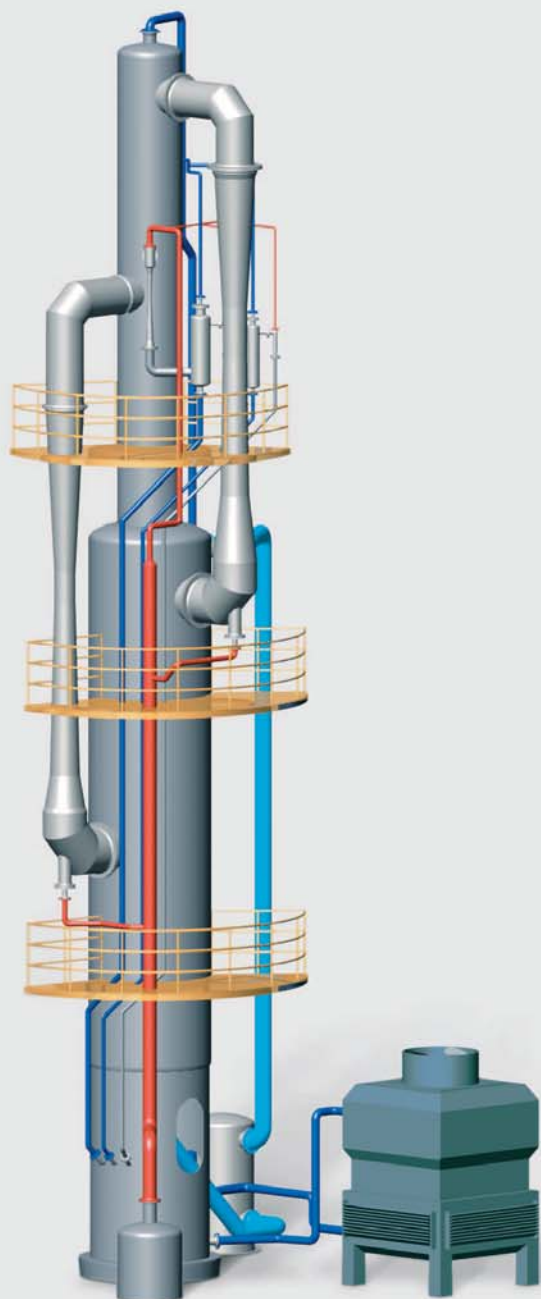


Bild 12: Brückenbauweise

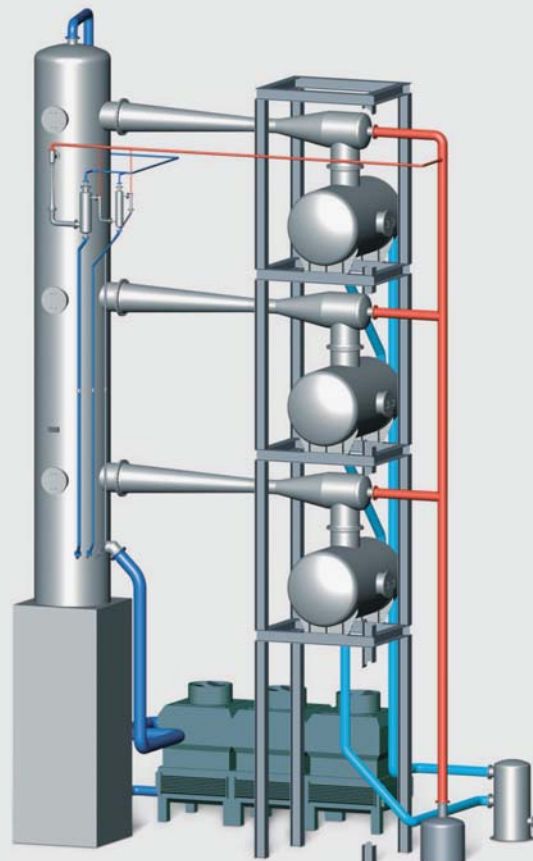
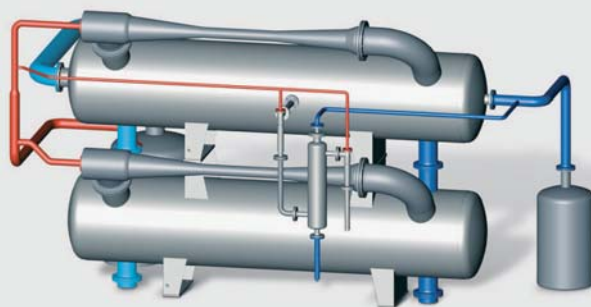


Bild 13: Kompaktbauweise



Aufstellung und Regelung

Kombinationsmöglichkeiten

Kühlanlagen bestehen meist aus drei Segmenten:

- Kühlanlage
- Kältemittel-Kreislauf
- Kühlwasser-Kreislauf

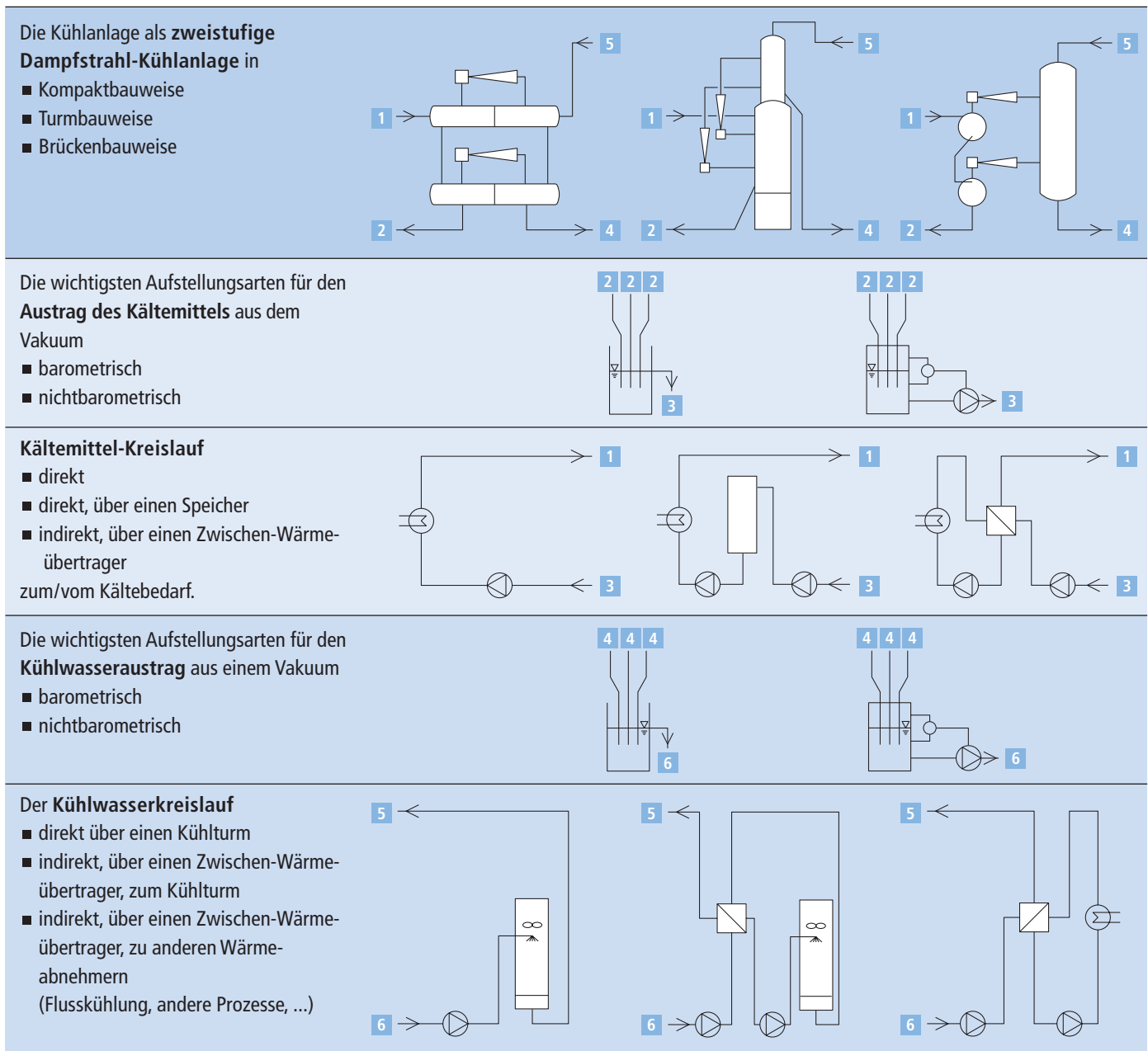
Entspannungs-Kühlanlagen werden oft im Vakuum betrieben. Das zu kühlende Medium bzw. das Kühlwasser muss dann aus dem Vakuum in den entsprechenden Kreislauf gefördert werden.

Bei barometrischer Aufstellung ist ein besonders einfacher Austrag aus dem Vakuum möglich. Kann die Kühlan-

lage nicht mindestens in 11 m Höhe aufgestellt werden, ist eine nichtbarometrische Aufstellung erforderlich (Seite 11).

In der Tabelle werden zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten deutlich: So lässt sich jede Kühlanlage sowohl für barometrischen als auch für nichtbarometrischen Austrag mit je 3 Varianten für den Kreislauf des zu kühlenden Mediums und den Kühlwasserkreislauf kombinieren. Die Ziffern in den schematischen Darstellungen verdeutlichen den jeweiligen Anschluss.

Kombinationsmöglichkeiten der Segmente und der Aufstellungsarten



Aufstellungs-Alternativen

Man unterscheidet barometrische und nichtbarometrische Aufstellung:

Bild 14: Barometrische Aufstellung

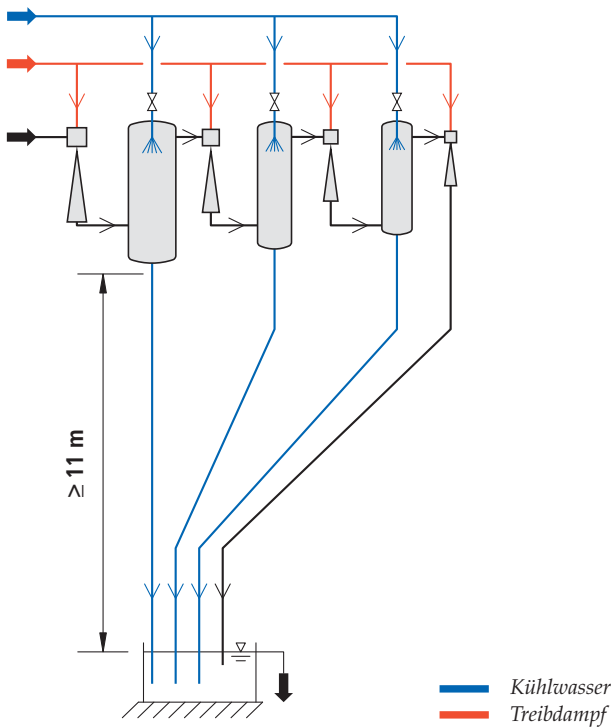
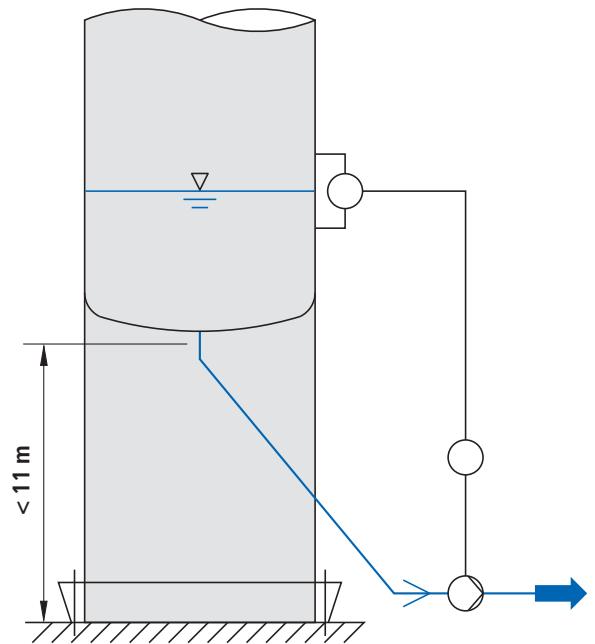


Bild 15: Nichtbarometrische Aufstellung



Vorteile:

- Saugdruck der Zirkulationspumpe immer größer oder gleich Atmosphärendruck, daher kaum Kavitationsrisiko
- Vakuumbehälter nur durch Flüssigkeitssäule im Fallrohr vom Atmosphärendruck getrennt
- i. d. R. nicht als Druckbehälter zu betrachten, da sich durch diese Anordnung kein Überdruck aufbauen kann

Zu beachten:

- Die Aufstellungshöhe der Vakuumbehälter muss mindestens 11 m über dem Fallwasserbehälter liegen

Vorteile:

- Die Höhendifferenz zwischen den Vakuumbehältern und dem Fallwasserbehälter kann kleiner als 11 m sein

Zu beachten:

- Zirkulationspumpe muss aus Vakuum saugen und ist gegen Kavitation zu schützen
- Auf Grund der geschlossenen Konstruktion sind die Behälter meist als Druckbehälter zu betrachten und etwas aufwändiger in Konstruktion und Herstellung

Regelung von Dampfstrahl-Kühlanlagen

Dampfstrahl-Kühlanlagen werden geregelt,

- um die Kälteleistung an den jeweiligen Bedarf anzupassen und/oder
- um Betriebskosten zu sparen.

Leistungsregelung

Die Leistung von Dampfstrahl-Kühlanlagen kann durch stufenweises Ein- und Abschalten der Treibdampfventile der jeweiligen Strahlpumpen geändert werden. Bei konstanten Kältemittelströmen kann die Kälteleistung in Abhängigkeit der Kältemitteltemperatur am Austritt der Dampfstrahl-Kühlanlage geregelt werden. Je nach Betriebssystem kann von Hand und/oder automatisch geregelt werden.

Regelung des Treibdampfbedarfes – Treibdampf-Sparregelung

Dampfstrahl-Kühlanlagen werden immer für den ungünstigsten zu erwartenden Betriebszustand ausgelegt. Das ist im Wesentlichen die höchste übers Jahr zu erwartende Kühlwassertemperatur.

Bild 16 zeigt einen typischen Verlauf der Temperatur während eines Jahres in Mitteleuropa. Bei konstantem Kühlwasserstrom stellt sich daher übers Jahr häufig ein Kondensationsdruck deutlich unterhalb des Wertes der verfahrenstechnischen Auslegung ein.

Der Brüdenverdichter verdichtet dann gegen einen geringeren Druck als den Auslegungsdruck. Entsprechend der Charakteristik von Strahlpumpen ist der erreichbare Gegendruck am Austritt der Strahlpumpe in gewissem Bereich proportional zu seinem Treibdampfdruck. Der erreichbare Gegendruck muss immer mindestens so gross sein wie der Kondensationsdruck im nachfolgenden Kondensator.

Sinkt die Temperatur des Kühlwassers, nimmt der Kondensationsdruck entsprechend ab. Dann muss die Strahlpumpe nicht mehr so hoch verdichten und man kann den Treibdampfdruck mittels Drosselventil entsprechend reduzieren. Der Treibdampfverbrauch der Dampfstrahl-Kühlanlage geht – bei unveränderter Kälteleistung – entsprechend zurück. Die Diagramme 17 und 18 verdeutlichen diesen Zusammenhang.

Die Treibdampf-Sparregelung trägt zur Verbesserung des jährlichen mittleren COP*-Wertes bei.

* Coefficient of Performance = Kälteleistung/Antriebsleistung

Bild 16: Höchsttemperaturen von Rückkühlwasser im Laufe des Jahres (Mitteleuropa)

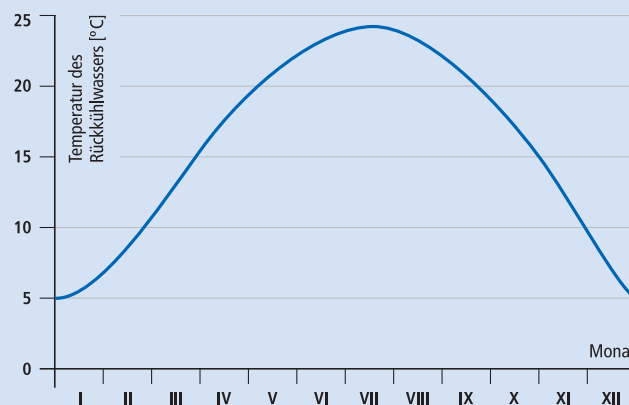


Bild 17: Abhängigkeit des Dampfbedarfes von der Kühlwassertemperatur einer vierstufigen Anlage (gültig für Kühlung auf 10 °C)

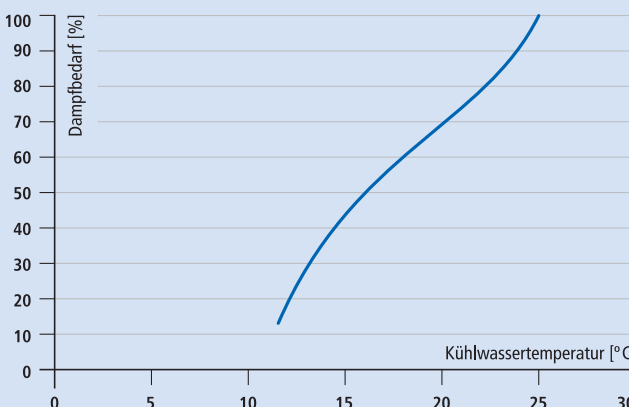
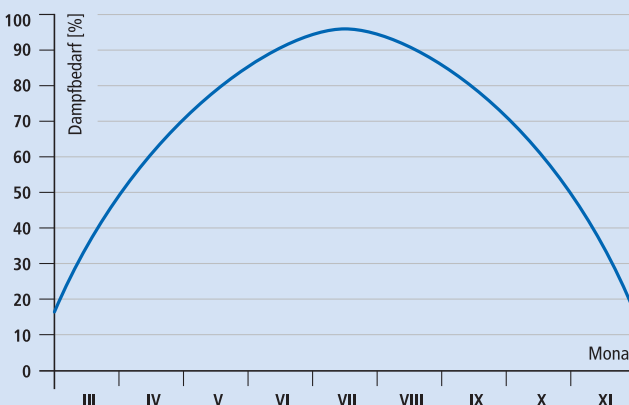


Bild 18: Verlauf des Dampfbedarfes

auf Grund der in den beiden anderen Grafiken dargestellten Zusammenhänge. Mittelwert des Dampfoerbrauchs 72 % des Maximalwertes.



Dampf- und Kühlwasserbedarf von Dampfstrahl-Kühlanlagen

Der Dampf- und Kühlwasserbedarf von Dampfstrahl-Kühlanlagen hängt ab

- vom zu kühlenden Medium,
- von der Kühlwassertemperatur,
- vom Treibdampfdruck,
- von der Stufenzahl der Anlage und
- von der erforderlichen Kaltwassertemperatur am Austritt der Anlage.

Bild 19 zeigt den Dampf- und Kühlwasserbedarf in Abhängigkeit von der Kältemitteltemperatur am Austritt und von der Stufenzahl der Anlage. Im Beispiel werden 100 m³/h Wasser von 20 auf 10 °C mit einer zweistufigen Dampfstrahl-Kühlanlage gekühlt. Aus Bild 19 ergibt sich ein Kühlwasserbedarf von ca. 200 m³/h (bei einer Kühlwassererwärmung von 24 auf 35 °C) und ein Treibdampfbedarf von ca. 1 800 kg/h (7 bar (ü)/170 °C). Außerdem zeigt es, dass eine größere Stufenzahl die Betriebskosten reduziert, aber die Investitionskosten erhöht (und umgekehrt).

Optimierung des Dampf- und Kühlwasserbedarfes von Dampfstrahl-Kühlanlagen

Über die Kälte-Kennziffer R lässt sich ermitteln, welche Erwärmung des Kühlwassers zu niedrigen Betriebskosten führt.

$$\text{Kälte-Kennziffer } R = K \cdot \frac{\text{Dampfpreis/t}}{\text{Kühlwasserpreis/m}^3}$$

Der Wert K bezeichnet den mittleren Dampfbedarf in Prozent. Beispielsweise führt ein relativ hoher Dampfpreis zu einem großen Wert für R. Daraus folgt, dass eine niedrigere Kühlwassererwärmung kostengünstig ist, und umgekehrt (siehe Bild 20). Dort ist die Situation für K = 0,7 (70 % des Auslegungswertes) für die Kühlung von 100 m³/h Wasser von 20 °C auf 5 °C, entsprechend 1 745 kW Kälteleistung, in einer dreistufigen Dampfstrahl-Kühlanlage mit Direktkondensation, dargestellt.

- Dabei wird vorausgesetzt , dass
- der Kühlwasserstrom konstant bleibt und
 - der Dampfstrom geregelt wird.

Bild 19: Dampf- und Kühlwasserbedarf von kontinuierlich betriebenen Dampfstrahl-Kühlanlagen mit Mischkondensation

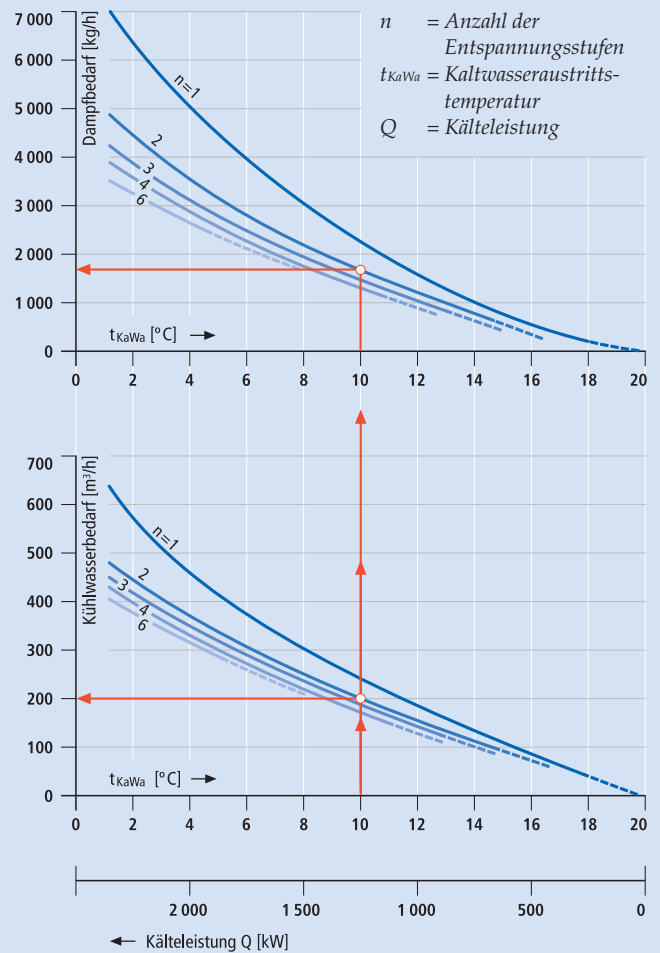
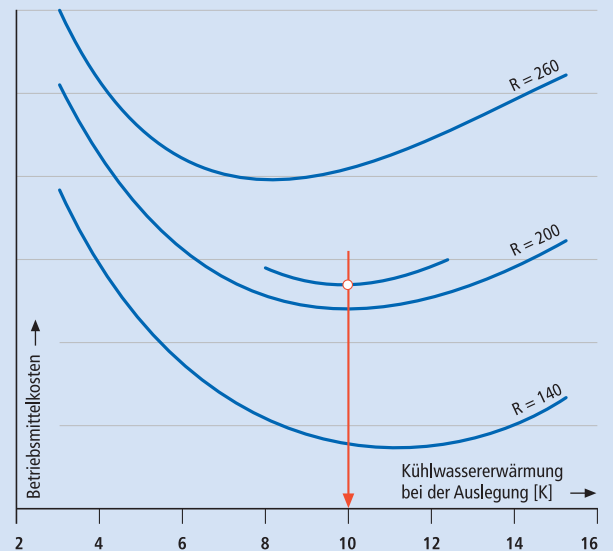


Bild 20: Optimierung der Betriebskosten



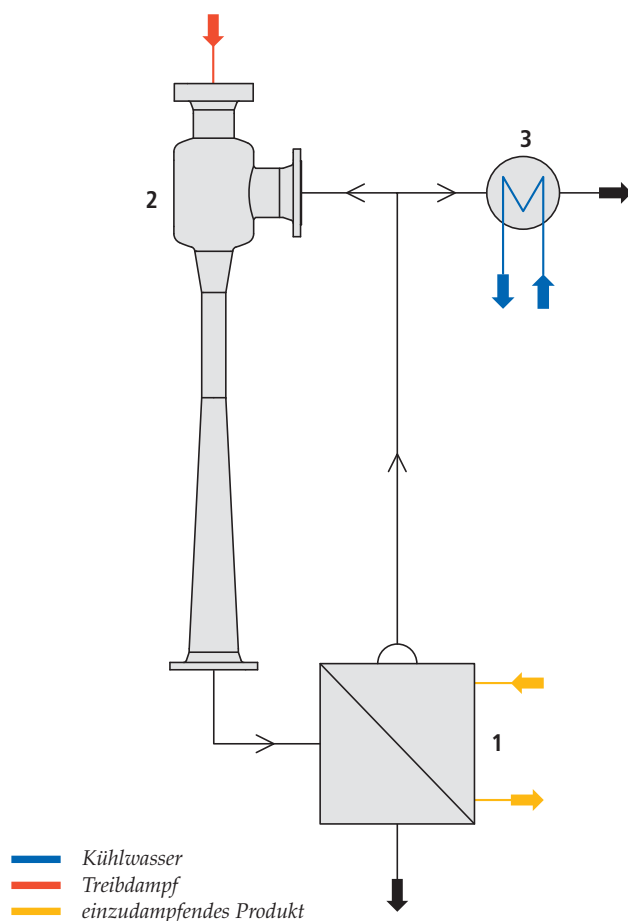
Wärmerückgewinnungsanlagen

Bei vielen Prozessen fällt am Ende Wasser oder eine wasserhaltige Flüssigkeit mit relativ hoher Temperatur an. Hier können Wärmerückgewinnungsanlagen

- Betriebskosten sparen und
- die Umweltbelastung durch bessere Energieausnutzung reduzieren.

Die Wärmerückgewinnungsanlagen von GEA Wiegand funktionieren im Prinzip wie Entspannungs-Kühlanlagen (siehe auch Seite 4), nur hier mit dem Ziel, Wärme zurückzugewinnen und wieder zur Beheizung einzusetzen. Um die Wärmeenergie wieder auf ein höheres Temperaturniveau anzuheben, wird der Brüden aus der Entspannungsverdampfung in einer Strahlpumpe (Thermokompressor) auf den entsprechenden Druck verdichtet.

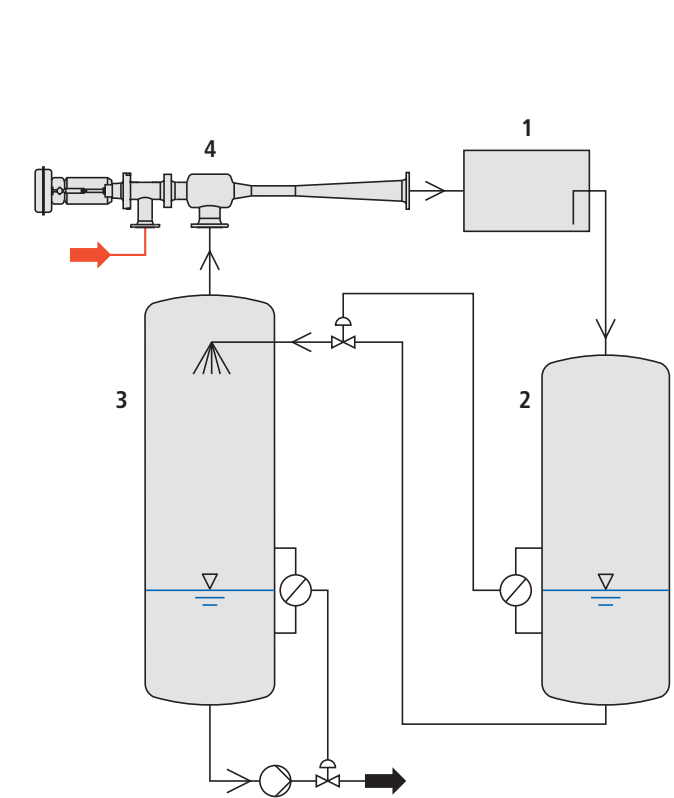
Bild 21: Chemische Industrie



- 1 Verdampfer
- 2 Strahlpumpe (Thermokompressor)
- 3 Kondensator

In einem Verdampfer fällt Brüden bei 20 kPa abs. und 60 °C an. Ein grosser Teil des Brüdens kann mit einer Strahlpumpe wieder zur Beheizung verwendet werden. Im vorliegenden Beispiel lassen sich durch Wiederverwendung des Brüdens im Vergleich mit einer Frischdampfheizung etwa 60 % Frischdampfmassenstrom sparen (Annahme: Frischdampf: 0,3 MPa (ü)).

Bild 22: Papierindustrie



- 1 Trocknungszyylinder
- 2 Sammelbehälter
- 3 Entspanner
- 4 Strahlpumpe (Thermokompressor)

Dem warmen Kondensat aus den Trocknungszyklindern einer Papiermaschine wird durch Entspannungsverdampfung Wärme entzogen und mit einer Strahlpumpe auf das höhere Heizdampf-Druckniveau verdichtet. Um den hohen Anforderungen an die Regelbarkeit in Papierfabriken zu entsprechen, werden hier die Strahlpumpen mit Düsenadelregelung ausgeführt.

Kriterien der verfahrenstechnischen Auslegung von Dampfstrahl-Kühlanlagen

Aufgrund der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und der sehr individuellen Bedürfnisse der Anwender sind Dampfstrahl-Kühlanlagen trotz Standardisierung meist maßgeschneiderte Anlagen. Größe, Bauart, Schaltung und Betriebsweise sind sehr unterschiedlich.

Zunächst muss festgelegt werden:

1. Was soll gekühlt werden?	Stoffeigenschaften wie Siedeverzug, Kristallausscheidung ...
2. Wie viel soll gekühlt werden?	Massen- bzw. Volumenstrom; chargenweise oder kontinuierlich ...
3. Wie weit soll gekühlt werden?	Eingangs- und Endtemperatur Zeitraum bei diskontinuierlichem Betrieb
4. Welche Antriebsenergie gibt es?	Welche Druckniveaus gibt es? Was kostet Dampf? Welche Massenströme stehen zur Verfügung (auch Abdampf oder Vakuumdampf können in Betracht gezogen werden)?
5. Wie wird gekühlt?	Welche Art und Menge an Kühlwasser stehen zur Verfügung und zu welchem Preis?
6. Wie warm ist das Kühlwasser?	Welche minimale und welche maximale Temperatur kann das Kühlwasser im Verlauf des Betriebes haben?
7. Welche Aufstellung wird gewählt?	Barometrisch oder nichtbarometrisch?
8. Wie soll kondensiert werden?	Direkt (Kondensat und Kühlwasser vermischen sich) oder indirekt (Kondensat und Kühlwasser vermischen sich nicht)?
9. Welchen Kältebedarf gibt es?	Ist generell mit Vollast-Bedarf zu rechnen oder häufig mit Teillastbetrieb?
10. Welcher Werkstoff soll es sein?	Die Art der Betriebsmittel, der Aufstellungsort (Klima etc.) sowie die Betriebserfahrungen der Betreiber können bestimmte Werkstoffe erfordern.
11. Welche weiteren Anforderungen gibt es?	Müssen gesetzliche Vorschriften oder Werksnormen berücksichtigt werden?
12. Spezielle Wünsche?	Gibt es Erfahrungen aus dem Betrieb ähnlicher Anlagen oder andere betriebsspezifische Forderungen und Wünsche an die Dampfstrahl-Kühlanlage?
13. Bemerkungen/Notizen:	



Unser Lieferprogramm im Überblick

Eindampfanlagen

zum Konzentrieren von flüssigen Nahrungsmitteln, organischen und anorganischen Prozesswässern und Industrieabwässern; auch mit Zusatzeinrichtungen zum Erhitzen, Kühlen, Entgasen, Kristallisieren und Rektifizieren.

Membranfiltration – GEA Filtration

zum Konzentrieren und Aufarbeiten von flüssigen Nahrungsmitteln, Prozesswässern und Industrieabwässern, zur Abtrennung von Verunreinigungen zur Qualitätssteigerung und Wertstoffrückgewinnung.

Anlagen zur Destillation/Rektifikation

zur Trennung von Mehrstoffgemischen, zur Rückgewinnung organischer Lösungsmittel, zur Gewinnung, Reinigung und Entwässerung von Bioalkohol verschiedener Qualitäten.

Alkohol-Produktionslinien

zur Herstellung von Trinkalkohol und entwässertem Alkohol in hochreiner Qualität; mit integrierter Schlempeprozesslinie.

Kondensationsanlagen

mit Oberflächen- oder Mischkondensatoren, zum Kondensieren von Dämpfen und Dampf-Gas-Gemischen vorwiegend unter Vakuum.

Vakuum/Dampfstrahl-Kühlanlagen

zum Erzeugen von Kaltwasser, zum Kühlen von Flüssigkeiten und Produktlösungen auch aggressiver und abrasiver Art.

Strahlpumpen

zum Fördern und Mischen von Gasen, Flüssigkeiten und körnigen Feststoffen, zum direkten Aufheizen von Flüssigkeiten; als Wärmepumpen und in Sonderausführung für die verschiedensten Einsatzgebiete.

Dampfstrahl-Vakuumpumpen

auch mit Produktdampf als Treibmedium und in Kombination mit mechanischen Vakuumpumpen (Hybridsysteme); für die verschiedensten Anwendungen in der chemischen, pharmazeutischen und Nahrungsmittelindustrie, für Erdölraffinerien und für die Stahlgasung.

Anlagen zur Wärmerückgewinnung

für die Nutzung von Restwärme aus Abgas, Dampf- Luft-Gemisch, Abdampf, Kondensat und Produkt.

Vakuum-Entgasungsanlagen

zum Entfernen gelöster Gase aus Wasser und anderen Flüssigkeiten.

Heiz- und Kühlanlagen

mobil und stationär; für den Betrieb von heißwasserbeheizter Reaktoren und Kontakttrockner.

Strahlgaswaschanlagen

zum Reinigen und Entstauben von Abluft, Abscheiden von Aerosolen, Kühlen und Konditionieren von Gasen, Kondensieren von Dämpfen, Aborbieren von gasförmigen Schadstoffen.

Projektstudien, Engineering

für Anlagen aus unserem Lieferprogramm.



Process Engineering

GEA Wiegand GmbH

Einsteinstraße 9-15, D-76275 Ettlingen
Tel. 07243 705-0, Fax 07243 705-330

E-Mail: info.gewi.de@geagroup.com, Website: www.gea-wiegand.de