

ENTLÜFTEN UND ENTGASEN

Luft ist ein sehr schlechter Wärmeleiter. Gerade bei Wärmetauschern müssen deshalb die Rohrleitungen an der höchsten Stelle der Anlage entlüftet werden. Bei sehr großen Dampf- und Kondensatanlagen, wie z. B. Papiermaschinen erfolgt die Entlüftung sogar an mehreren Stellen.

Nach einem Stillstand einer Dampf- und Kondensatanlage mit verzweigtem Rohrsystem behindert Luft das Einströmen von Dampf. Das geht soweit, dass die Luft wie ein Pfropfen in einem Anlagenteil verbleibt und der Dampf oder auch das Kondensat nicht nachströmen kann. An einem Manometer könnte man zwar einen Druck ablesen, aber die Anlage bleibt kalt. Zur Entlüftung einer Anlage werden meist mechanische Entlüfter verwendet.

Im Kapitel zu den Wärmetauschern wird einiges über die Wärmeübertragung zwischen Metall und Wasser oder Metall und Dampf berichtet. In der täglichen Praxis kommt eine Wärmeübertragung zwischen Metall und Luft mindestens genauso häufig vor. Deshalb soll das Medium Luft kurz beschrieben werden.

1) Die Luft

Jede warme oder heiße Rohrleitung oder warmes oder heißes Anlagenteil gibt Wärme an die Umgebung ab. Diese Umgebung ist in den meisten Fällen die Luft. Luft ist ein Gemisch aus verschiedenen Gasen. Die Dichte von Luft ist sehr abhängig von der Temperatur. Wir bleiben auf dem Boden der täglichen Anwendung und denken nicht weiter darüber nach, warum die Luft auf einem Berg „dünnere“ ist als unten im Tal.

Dichte von Luft

bei 0°C	$\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$
bei 20°C	$\rho = 1,204 \text{ kg/m}^3$
bei 30°C	$\rho = 1,164 \text{ kg/m}^3$

Zusammensetzung von Luft

Stickstoff	78 %
Sauerstoff	20 %
Argon	1 %
CO ₂	0,03 %
und weiteren 5 Edelgasen	

Je nach Druck und Temperatur ist die spezifische Wärmekapazität (das Vermögen Wärme zu speichern) ca. 4-5mal kleiner als bei Wasser.

Wärmekapazität von Wasser = 4,2 kJ/kg K Wärmekapazität von Luft = 1,0 kJ/kg K

1.1 Trockene Luft

Das oben aufgeführte Gasgemisch wird als trockene Luft bezeichnet. Tatsächlich ist in der Luft aber auch immer Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf enthalten. Das Gemisch aus trockener Luft und Wasserdampf wird „feuchte Luft“ genannt.

Trockene Luft kann durch Angabe der Temperatur eindeutig definiert werden. Bei der feuchten Luft wird noch der Wassergehalt benötigt. Der Wassergehalt (X) gibt an, wie viel Wasser in der Luft enthalten ist.

Dimension vom Wassergehalt **X** (kg Wasser / kg trockene Luft)

1.2 Luftfeuchtigkeit

Als Luftfeuchtigkeit wird die Menge von Wasserdampf in der Luft bezeichnet.

Jetzt noch ein paar Fachbegriffe:

Absolute Feuchtigkeit: ist die Menge an Wasser die in Form von Dampf in einem Kubikmeter Luft enthalten ist.

Maximale Feuchtigkeit: ist die Menge Dampf, welche ein Kubikmeter Luft maximal aufnehmen kann.

Relative Feuchtigkeit: ist das das Verhältnis aus absoluter Feuchtigkeit und maximaler Feuchtigkeit.

1.3 Taupunkt-Temperatur

Den Begriff der Taupunkt - Temperatur hört man häufig. Mit abnehmender Temperatur nimmt die Luftfeuchtigkeit zu. Mit abnehmender Temperatur und steigender Luftfeuchtigkeit kann die Luft dann immer weniger weitere Feuchtigkeit aufnehmen. Irgendwann ist dann Schluss mit der Feuchtigkeitsaufnahme und es tritt eine Sättigung ein. Man kann dies mit einem nassen Schwamm vergleichen, welcher kein Wasser mehr aufnehmen kann, auch wenn man diesen mit einem Eimer Wasser übergießt.

Die Temperatur, bei welcher diese Sättigung eintritt, ist die Taupunkt - Temperatur.

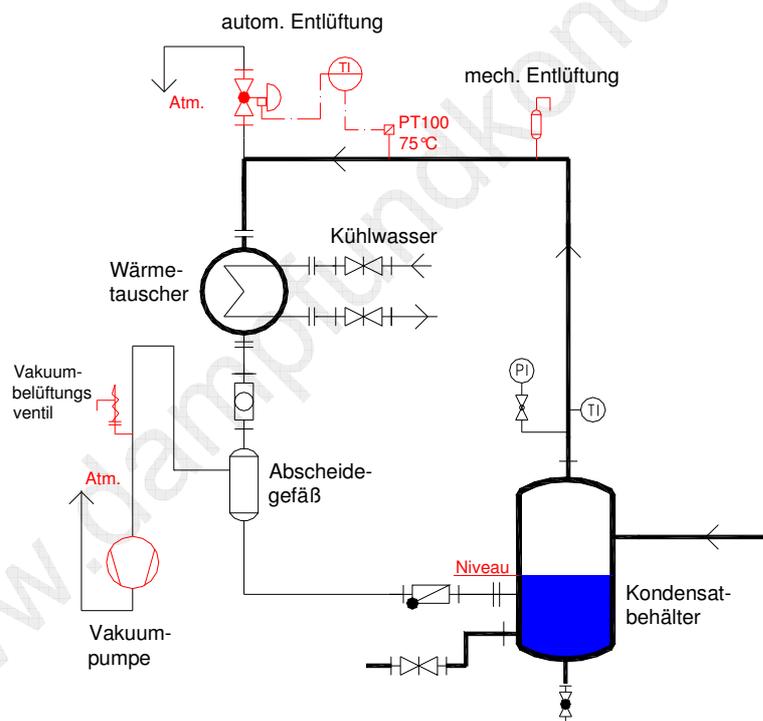
Den Zusammenhang zwischen Temperatur und Feuchtigkeit und davon abhängig der Wärmehalt der Luft hat ein Wissenschaftler mit dem Namen Mollier erforscht. Die Erkenntnisse wurden in einem anspruchsvollen Diagramm, dem hx - Diagramm zusammengefasst. Sollen exakte Berechnungen mit Luft erfolgen, sollte man sich mit diesem Diagramm auch auskennen.

2) Entlüften eines Dampf- und Kondensatsystems

Luft ist ein Inertgas, ein nicht kondensierbares Gas. Luft kondensiert demnach nicht in einem Wärmetauscher. Aus einem geschlossenen Dampf- und Kondensatsystem kann man die Luft nur über entsprechende Entlüftungen oder einer Vakuumpumpe aus den Behältern und Rohrleitungen entfernen.

Nach Stillständen kann die Entlüftung einer größeren Dampf- und Kondensatanlage einige Zeit in Anspruch nehmen. Mit Hilfe eines oder mehrerer Temperaturregelventile kann die Entlüftung einer größeren Anlage automatisiert werden. Die ausströmende Luft ist kälter als der Dampf. D.h., die Luft kann über das Temperaturregelventil abströmen bis eine Temperatur von ca. 75°C erreicht wird. Danach schließt das Regelventil in der Annahme, dass nun die gesamte Luft abgeblasen wurde. Anschließend übernehmen kleinere mechanische Geräte die Entlüftung.

Wird ein Wärmetauscher mit einem Druck von unter 1 barabs (Vakuumbereich) beheizt, so kann es vorkommen, dass an Flanschverbindungen, Verschraubungen usw. Luft eingesaugt, „eingeschnüffelt“ wird. Diese Luft muss kontinuierlich aus der Dampf- und Kondensatanlage evakuiert werden. Mit Hilfe einer Vakuumpumpe ist es möglich, die auf Grund von Undichtigkeiten in das Rohrleitungssystem einströmende Luft wieder ab zu saugen.



Mit der Installation einer Vakuumpumpe sollten auch weitere Geräte montiert werden, um ein Absaugen von Dampf durch die Vakuumpumpe zu verhindern. Das Bild oben zeigt die Anordnung einer Vakuumpumpe an einem Kondensatbehälter.

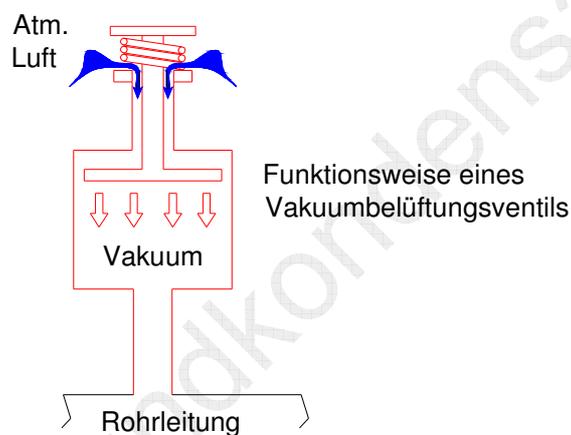
Aufbau:

Mit Hilfe eines Wärmetauschers wird verhindert, dass Dampf durch die Vakuumpumpe abgesaugt wird. Der mit der Luft abgesaugte Dampf kondensiert im Wärmetauscher. Das Kondensat fließt zur weiteren Verwendung in den Kondensatbehälter ab. Luft kondensiert nicht und wird mit Hilfe der Vakuumpumpe abgesaugt.

Mit der Verwendung einer Vakuumpumpe entsteht, je nach Größe der Pumpe, ein Vakuum im System Behälter-Wärmetauscher-Vakuumpumpe. Zu beachten wäre deshalb, dass der Wärmetauscher möglichst in maximaler Höhe über dem Behälter angeordnet werden muss, damit auf Grund des Vakuums das Kondensat aus dem Wärmetauscher abfließen kann.

Die Kondensatleitung muss am Behälter unter Niveau eingeschweißt werden.

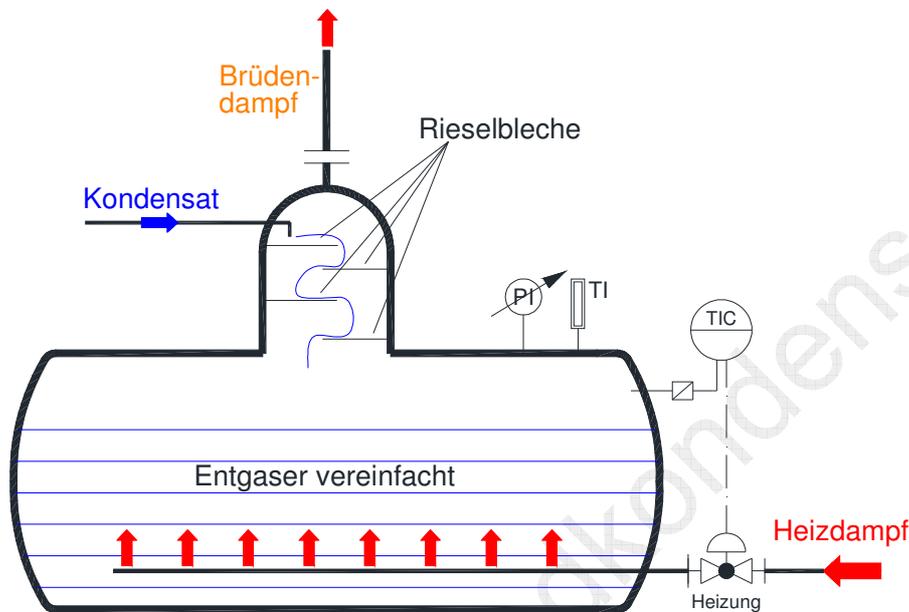
Je nach Vakuumpumpe wird auch noch ein Vakuumbelüftungsventil benötigt. Mit Hilfe dieses Ventils wird das von der Vakuumpumpe erzeugte Vakuum begrenzt, auch um Anlagenteile vor Schäden zu schützen. Oftmals kommen mechanische Belüftungsventile zum Einsatz, die relativ klein, robust und wartungsfrei funktionieren. Ähnlich einem Sicherheitsventil wird durch eine Feder der Ventilsitz verschlossen. Sinkt das Vakuum unter einen eingestellten Druck, öffnet der Ventilsitz entgegen der Federkraft. (siehe auch Kapitel „Dampf und Druck“)



Noch ein Hinweis: Behälter, Wärmetauscher und andere eventuell angeschlossenen Apparate und Anlagen sind oftmals auf einen Überdruck ausgelegt. Bei einem Druck von z.B. 10 barü sind die montierten Dichtungen der Geräte beständig und halten auch dicht. Bei einem Vakuum von nur 0,9 barabs aber sind die gleichen Dichtungen dann plötzlich undicht. (0,9 barabs entsprechen 1 m Vakuum, siehe Kapitel Dampf u. Druck)

3) Entgasen

Luft bzw. auch andere Gase können sich auch im Kondensat lösen. Will man Schäden durch z.B. durch Sauerstoffkorrosion vermeiden, muss der Sauerstoff aus dem Kondensat entgast werden. Die Gaslöslichkeit ist von der Temperatur abhängig. Wird das Kondensat auf ca. 95°C-100°C erhitzt, so werden Gase aus dem Kondensat ausgegast.



Funktion:

Im Entgaser befindet sich Kondensat und wird durch Heizdampf erwärmt. Dadurch entsteht Dampf, welcher nach oben strömt. Das zu entgasende Kondensat fließt über die Rieselbleche nach unten und wird durch den aufsteigenden Dampf erwärmt. Die Rieselbleche dienen dabei zur Oberflächenvergrößerung des Kondensats. Bei der Erwärmung werden Luftbläschen frei, welche mit dem Dampf nach oben aufsteigen und abströmen.