# PLANUNG EINER DAMPF- UND KONDENSATANLAGE

Der Chef hatte am Wochenende mal wieder eine grandiose Idee, und weil ihm selbst das vollständige Wissen zur Umsetzung fehlt, kommt er am Montag gleich ganz früh zu Dir und stellt Dir folgende Aufgabe: Zwei neue Geräte sollen beheizt werden:

Ein Wärmetauscher, der 30 t/h Wasser von 20°C auf 85°C erwärmen soll und ein Trockner, der Granulat trocknen soll.

Du sollst mal vorab die Dampfmengen ermitteln und die notwendige Gerätetechnik festlegen.

Erste Reaktion von Dir: die Frage "warum gerade ich?"

Nachdem Du eine Weile aus Montagsfrühfrust zum Fenster hinaus gesehen hast, erinnerst Du Dich an eine Homepage: <a href="www.dampfundkondensat.de">www.dampfundkondensat.de</a>, auf welcher alle notwendigen Maßnahmen für die Planung einer Anlage beschrieben sind.

Zunächst sollten die Anlagenteile in einer einfachen Handskizze dargestellt werden.

Die einzelnen Aggregate werden entsprechend der benötigten Menge und Temperatur an "Heizmittel" in dieses Schema eingezeichnet. Dazu müssen aber die Mengen und Temperaturen bekannt sein.

### Ermittlung der zum Beheizen benötigten Dampfmengen

#### Wärmetauscher:

Lt. Hersteller des Wärmetauschers (WT) lässt sich dieser am besten mit Dampf beheizen. Dampf ist auf Grund der Konstruktion des WT das geeignetste Medium. Die Dampfmenge für den WT wird errechnet wie folgt:

Qzu = Qab (Energie-Erhaltungssatz)

Die Wärmemenge, die das Wasser aufnehmen soll, lässt sich errechnen mit:

 $Qw = Mw * Cpw * \Delta T$ 

Cpw – spezifische Wärmekapazität von Wasser = 4,2 kJ / kg K

 $\Delta T$  - Temperaturdifferenz nachher / vorher T2 - T1 = 65° K

Mw - Menge Wasser in kg/h

Qw = 30000 \* 4.2 \* 65 = 8190000 kJ/h

(nicht vor den Einheiten erschrecken, einfach nur die Zahlen in den <u>richtigen Dimensionen</u> einsetzen)

KARSTEN BERLIN SEITE 1 VON 12

Die Berechnung hat ergeben, dass 8190000 Einheiten Wärme pro Stunde eines Heizmediums zum Erwärmen von 30 t/h Wasser von 20 °C auf 85 °C benötigt werden. Im Werk steht Dampf mit einem Druck von 3,5 barü zur Verfügung. Da die Dampfmenge geregelt zum WT gelangen soll und die Wassermenge eventuell auch etwas schwanken kann, wird der Dampfdruck zum Beheizen des WT mit 3,0 barü angenommen.

Nun wird die Anzahl der benötigten Wärmeeinheiten mit der Eigenschaft von Dampf mit 3 barü verglichen, diese Wärmemenge zu liefern.

Qwasser = QDampf

8190000 = MD \* q

q = h'' - h (h'' - h =  $\Delta h$  -  $\Delta h$  lässt sich nachschlagen oder siehe Tabelle Anhang)

2738 - 605 = 2133 kJ/kg

MD = 8190000 / 2133 = 3839 kg/h

Es werden ca. 4000 kg/h Dampf mit 3 barü zum Beheizen von 30 t/h Wasser benötigt.

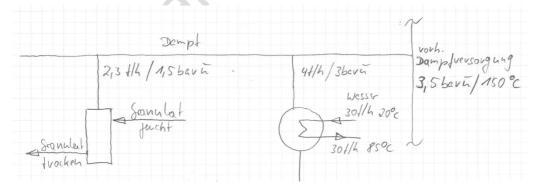
Für den Wärmetauscher werden demnach ca. 4 t/h Dampf benötigt.

### Trockner:

Lt. Hersteller des Trockners besteht dieser aus Heizplatten. Das Granulat fällt auf diese Heizplatten und wird so erwärmt und getrocknet. Lt. Hersteller ist der Dampfverbrauch mit 2,3 t/h Dampf mit einem Druck von 1,5 barü angegeben. Die Dampfmenge ist demnach bekannt.

Für den Trockner werden ca. 2,3 t/h Dampf benötigt.

Darstellung der Informationen in Handskizze



Nun müssen die Regelventile zur Dampfversorgung ausgelegt werden.

KARSTEN BERLIN SEITE 2 VON 12

# Ermittlung der Größe der Regelventile durch Berechnung der Kv-Werte

Die Überprüfung der Druckverhältnisse unterkritisch / überkritisch ergibt, dass für beide Geräte die Formel für unterkritische Verhältnisse zur Ermittlung des Kv - Wertes genommen werden kann. (siehe Kapitel Regelventile)

# **Ermittlung Kv-Wert Regelventil Wärmetauscher:**

P1: 3,5 barü P2: 3,0 barü MD: 4 t/h Dampf

Wie oben schon erwähnt, wird für das Regelventil ein Druckunterschied benötigt. Deshalb musst Du den Dampfdruck zum Beheizen des WT mit 3,0 barü annehmen und nicht mit 3,5 barü. (siehe auch Kapitel Regelventile)

Spez. Volumen Dampf bei P2 = 3,0 barü : V"=0,46 m³/kg

Differenzdruck: 3,5 barü – 3,0 barü = 0,5 barü

Menge: 4000 kg/h

#### Abschrift aus Wasserdampftafel (Q1):

Druck [bar]		Temperatur [°C]	Wärmeinhalt [kJ/kg]		Volumen [m³/kg]	Dichte [kg/m³]
Überdruck	absoluter Druck	Sattdampf	Wasser	Dampf	Dampf	Dampf
3,0	4,0	144	605	2740	0,46	2,20

Der rechnerisch ermittelte Wert beträgt Kv=119,7.

Diesen Wert solltest Du dann noch mit 1,2 multipliziern, um noch eine zusätzliche Sicherheit zu erreichen.

Kv-Wert = 143

KARSTEN BERLIN SEITE 3 VON 12

# **Ermittlung Kv-Wert Regelventil Trockner:**

P1: 3,5 barü P2: 1,5 barü MD: 2,3 t/h Dampf

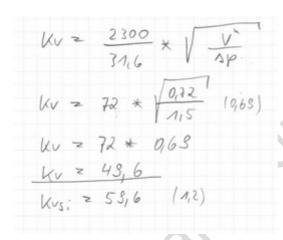
Spez. Volumen Dampf bei P2 = 1,5 barü: V"=0,72 m³/kg

Differenzdruck: 3,5 barü – 1,5 barü = 2,0 barü

Menge: 2300 kg/h

### Abschrift aus Wasserdampftafel (Q1):

Druck [bar]		Temperatur [°C]	Wärmeinhalt [kJ/kg]		Volumen [m³/kg]	Dichte [kg/m³]	Wasser	
Überdruck	absoluter Druck	Sattdampf	Wasser	Dampf	Dampf	Dampf	Temp. [°C]	Dichte [kg/m³]
1,5	2,5	128	535	2715	0,72	1,40	160	907



Der rechnerisch ermittelte Wert beträgt Kv=49,6.

Diesen Wert solltest Du dann noch mit 1,2 multiplizieren, um noch eine zusätzliche Sicherheit zu erreichen.

Kv-Wert = 59,6

Anhand eines Herstellerkataloges über Regelventile kannst Du nun die Nennweite der Ventile bestimmen. Mit Hilfe des Kapitels über Regelventile kann auch ein Hersteller angefragt werden.

Um die Kosten abzuschätzen bzw. ein exaktes verfahrenstechnisches Schema zu erstellen, musst Du nun noch die Nennweiten der Rohrleitungen ermitteln.

KARSTEN BERLIN SEITE 4 VON 12

# Auslegung der Rohrnennweiten (entsprechend Kapitel Rohrleitungen)

```
Ausleying Pohrnenweiten Daupt
                                                                             1,501.00
  Dompfloj. zn WT und vockner.

Hunge Dempf: 6300 4/4

Volume Dempf: 0,42 n3/hg (3,5berin)
                             6300 × 0,42 = 2646 m3
2646: 72 = 36 m/s h (DUISO)
Robbiel 34 WT

Menye Dempf: 4000 kg/h

Voluming: 4000 x 0,42 = 1680 m3

1680: 50 = 33,6 m/s (DN125)
 Rohrleity 74 wockey 2300 4/h
               Volumen D: 2300 × 0,42 = 966 m3
366: 33 = 23 m/s (DN100)
 Robolly. hinter Regeleen 61 NT

V = 0,46

p ≥ 3,0 beach 6300 × 0,46 ≥ 2888 m³
40 m/s DNASO
23 m/s DNASO
Robelly. hister Regelver L' Trocker

V" = 0,72

XD p = 1,5 bern 2300 × 0,72 = 1656 m3/h

33 m/s DURS
```

KARSTEN BERLIN SEITE 5 VON 12

Abslegung Rohrnenhweiter Kondensat

Rohrnenhweite hinter WT 56 Kondensate State

Kondensat: 4000 kg/4 -> DN32

Rohrnenhweite hinter mockner bis Kondensatobleiter

Kondensat: 2300 kg/h -> DN25

Nennwite Kondensatableter WT II. Kolchog

DN 40

Nennweite Kondensatableter WT III. Kolchog

DN 40

Nennweite Kondensatobleter Trockner

DN 32

Sammelle, Jung Kondensat

Kondensatmenge: 6300 kg/h

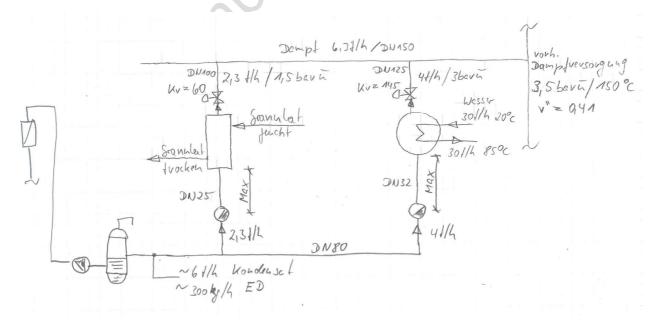
Ca. S% Entspannungs dampf

nur Kondensat: DN50

nur Entspannung: 315 kg/h × 1,7 = 535 m/h

DN80 gewählt

Die Handskizze kann nun weiter vervollständigt werden.



KARSTEN BERLIN SEITE 6 VON 12

Übrigens, die Berechnungen, die auf den ersten Blick etwas kompliziert aussehen, beschränken sich auf die handschriftlichen Formeln und Berechnungen und sind mit etwas Routine innerhalb einer halben Stunde erledigt (inkl. Nachdenken). Die Tabelle zu den Strömungsgeschwindigkeiten und den Volumen von Dampf findest Du im Anhang.

# Was ist noch zu beachten?

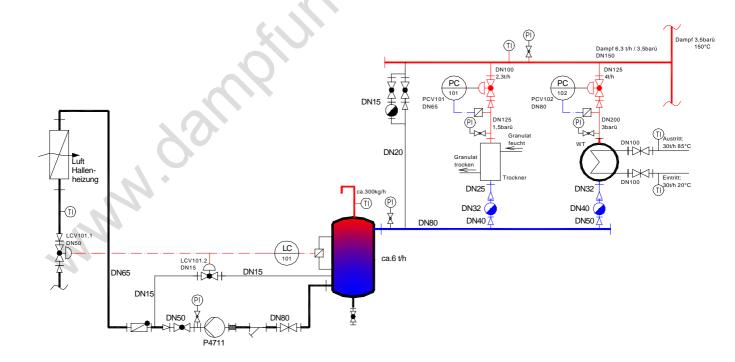
Auf welchen maximalen Betriebsdruck sind der WT und der Trockner vom TÜV abgenommen. Diese Angaben findest Du auf dem Typenschild und in der Dokumentation zu den Geräten. Eventuell ist die Montage eines Sicherheitsventiles notwendig (siehe Kapitel zu Sicherheitsventil).

Die Auslegung der Rohrnennweiten und KV-Werte der Regelventile sind nun beendet.

### Wohin aber mit dem Kondensat und lässt sich Energie sparen?

Es fällt genau so viel Kondensat an, wie Dampf benötigt wird. Hinter dem Wärmetauscher und hinter dem Trockner muss ein Kondensatableiter montiert werden. Der Kondensatableiter dient als Abschlussorgan. Nicht kondensierter Dampf wird zurückgehalten, Kondensat fließt möglichst zügig ab, um die Wärmetauscherfläche nicht zu reduzieren. Die Kondensatableiter werden direkt auf der Rohrleitung DN80 montiert. (siehe Kapitel zu Kondensatableiter)

So könnte das fertige Anlagenschema aussehen.



KARSTEN BERLIN SEITE 7 VON 12

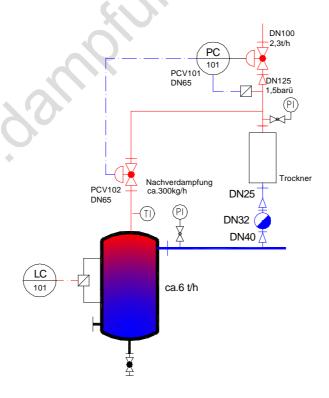
Das Kondensat kannst Du in einem kleinen Behälter (Rohrstück DN250) auffangen. Rohrstück deshalb, weil der TÜV dies auch als Rohrstück behandelt und nicht als Behälter.

Das Kondensat könntest Du z.B. als Heizmedium für die Hallenheizung nutzen, bevor es wieder zurück zum Kesselhaus gefördert wird. Dazu ist dann weitere Gerätetechnik notwendig. An den kleinen Behälter könnte z.B. eine Heizungswasserpumpe mit einfacher Niveauregelung und Trockenlaufschutz montiert werden (siehe dazu auch Kapitel Kondensatpumpen).

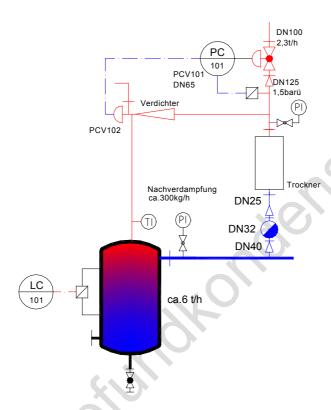
# Es bildet sich aber auch noch Entspannungsdampf.

Wie auf dem Schema ersichtlich, ist der Behälter zur Atmosphäre hin offen. Im Kapitel Nachverdampfung wurde beschrieben, dass es hinter einer Druckreduzierung zur Bildung von Nachverdampfung kommt. Die Kondensatableiter wirken wie eine Druckreduzierung. Vor dem Kondensatableiter ist der Beheizungsdruck 1,5 barü und 3,0 barü. Hinter den Kondensatableitern herrscht der Druck im Behälter. Deshalb hast Du die Sammelleitung für das Kondensat auch für den Entspannungsdampf ausgelegt. Bei Anwendungen mit großem Kondensatanfall und hohem Beheizungsdruck und der damit verbundenen entsprechend großen Menge von Nachverdampfung, könnte man den Trockner auch mit der Nachverdampfung beheizen (siehe Kapitel Nachverdampfung und Kapitel Thermoverdichter).

Dazu könnte der Kondensatbehälter mit einer zusätzlichen Druckregelung ausgerüstet werden.



KARSTEN BERLIN SEITE 8 VON 12



Oder es wird ein kleiner Verdichter montiert, der die Entspannungsdampfmenge absaugt.

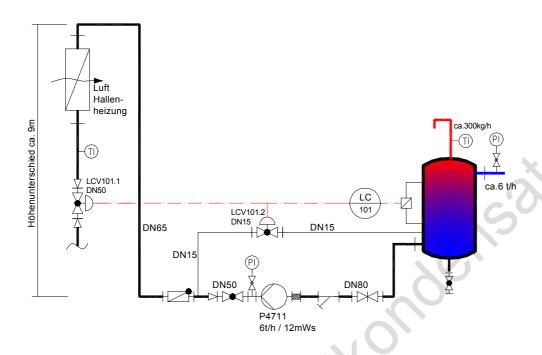
Die Entspannungsdampfmenge musst Du nach Möglichkeit energetisch sinnvoll abführen, da ansonsten der Druck im Behälter ansteigt. Dieser Druckanstieg führt zu einer Betriebsstörungen weil zunächst das Kondensat vom Trockner und dann das Kondensat des WT nicht mehr abläuft. (entsprechend der Beheizungsdrücke) Besteht eventuell die Möglichkeit die entstehende Dampfmenge mit anderen Entspannungsdampfmengen zusammen zu führen, so dass der Einsatz eines Verdichters technisch sinnvoll wird? (siehe Kapitel Verdichter)

Wohin aber mit der geringen Menge Dampf von etwa 300 kg/h? Dieses Problem besteht generell. Wohin mit "Niedrigenergie" ? Kann der Entspannungsdampf technisch nicht sinnvoll wieder verwendet werden, so bleibt Dir manchmal nichts anderes übrig, als eine Rohrleitung außerhalb des Betriebsgebäudes zu führen… (als letzter Ausweg).

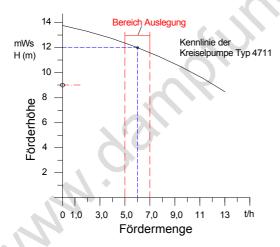
Du bist aber mit Deinen Berechnungen noch nicht am Ende. Wie geht es hinter dem Behälter mit dem Kondensat weiter?

Der Wärmetauscher zur Erwärmung der Hallenluft befindet sich in einer Höhe von ca. 9m. Eine vorhandene Kreiselpumpe könnte nach Überprüfung der Kennlinie verwendet werden. (Auslegung der Pumpe siehe Kapitel Pumpenauslegung)

KARSTEN BERLIN SEITE 9 VON 12



#### (Kennlinie ausgedacht, aber ähnlich)



Nun fehlen noch die beiden Niveauregelventile. Das Ventil LCV101.2 ist als Trockenlaufschutz gedacht. Ebenfalls soll dieses Ventil ein ständiges, schädigendes EINund AUS-Schalten der Pumpe verhindern. Dieses Ventil wird nach dem Motto "Höchster Druck-geringste Menge" der Pumpe ausgelegt.

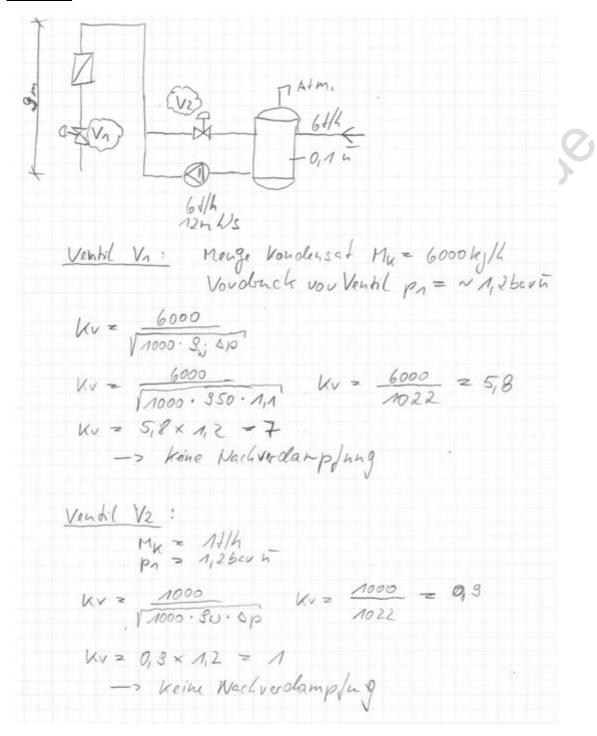
Entsprechend Kennlinie:

Höchster Druck - P1 = 14 mWs

Geringste Menge – MK = 1 t/h

KARSTEN BERLIN SEITE 10 VON 12

#### Handskizze:



Jedem, der das Kapitel über die Entstehung von Nachverdampfung gelesen hat, ist bekannt, dass der natürliche Feind eines Kondensat-Regelventils die Nachverdampfung ist. Jeder wundert sich jetzt, warum hinter den beiden Ventilen keine Nachverdampfung entstehen soll.

Die Auslegung der beiden Regelventile erfolgte deshalb ohne Nachverdampfung, weil die Nachverdampfung bereits im Behälter stattgefunden hat. Im oben aufgeführten System ist

KARSTEN BERLIN SEITE 11 VON 12

der niedrigste Druck im Behälter. D.h. das Kondensat entspannt im Behälter auf Atmosphärendruck. Tiefer geht es in diesem System nicht.

Hätte man im Behälter einen Druck von z.B. 1 barü und hinter dem Regelventil V1 einen anti Adampi,

Adampi, Druck von 0,5 barü, so müsste bei der Auslegung des Regelventil V1 Entspannungsdampfmenge berücksichtigt werden. (siehe Kapitel zu Nachverdampfung)

KARSTEN BERLIN SEITE 12 VON 12