AUS SCHADEN WIRD MAN KLUG... ODER AUCH NICHT

An einer gut geplanten Dampf- und Kondensatanlage geht bei einer normalen Instandhaltung nicht viel kaputt. Bei stark schwankenden Kondensatmengen sind die Kondensatpumpen am anfälligsten für Schäden.

Deshalb sind dem Verfasser eigentlich keine größeren Geräteschäden auf Grund von Planungsfehlern bekannt. Alle interessierten Leser können Ihre eigenen "unerklärlichen" Probleme oder Erfahrungen mit Dampf- und Kondensatanlagen beschreiben, welche dann auf dieser Homepage dargestellt werden. Nehmen Sie dazu Kontakt mit dem Verfasser auf.

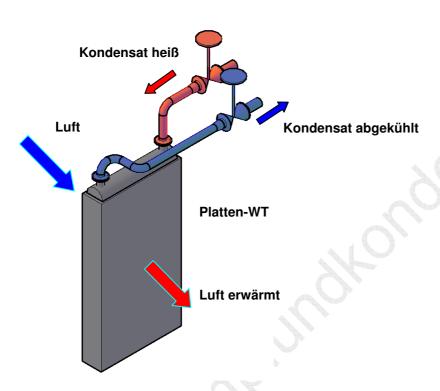
Inhaltsverzeichnis

Seite 2 bis 4	Probleme mit Wärmetauscher zur Erwärmung von Luft mit Kondensat
	(Leckagen durch Materialschäden)
Seite 5 bis 10	Probleme mit der Niveauregelung an einem Kondensatbehälter
	(Nachverdampfung hinter Kondensatregelventil)
Seite 11 bis 14	Finanzieller Schaden, hervorgerufen durch zu viele Pumpen
	(Gehört an jeden Kondensatbehälter auch eine Kondensatpumpe?)
Seite 15 bis 19	"Unerklärliches" zu Kondensat in Dampfleitungen

KARSTEN BERLIN SEITE 1 VON 19

Probleme mit Kondensatwärmetauscher

Ein Wärmetauscher (WT) wird zur Erwärmung von Luft mit Hilfe von Kondensat verwendet. Hier kann es unter bestimmten Umständen immer wieder zu "unerklärlichen" Geräteschäden kommen.



Situation:

Luft soll mit Hilfe von mehreren Plattenwärmetauschern erwärmt werden. Dazu werden größere Mengen von Kondensat aus dem Prozess durch die Wärmetauscher gepumpt. Die Wärmetauscher sind innerhalb einer Wärmerückgewinnung montiert und befinden sich ca. 20 Meter über den Kondensatpumpen (die Wärmetauscher stehen auf dem Dach und die Kondensatpumpen im Keller).

Kondensat: 20 t/h mit 150 °C (pro WT)

Problem:

Nach einer Standzeit von knapp einem Jahr sind alle Wärmetauscher undicht und können nur noch verschrottet werden. Die Undichtigkeiten sind direkt an den Wärmetauscherrohren am Kondensateintritt des Wärmetauschers zu finden. Die Schäden sind so, als hätte das Kondensat die dünnen Wärmetaucher-Rohre direkt unter der Rohrplatte ausgewaschen.

Es kommt zu einem größeren Streit mit dem Lieferanten der Wärmetauscher. Der Lieferant ist der Meinung, dass das Kondensat "schlecht" ist, oder dass ein Montagefehler vorliegt und

KARSTEN BERLIN SEITE 2 VON 19

es so zu Wärmespannungen kommt, welche zu Rissen führen. Je nach Tagesform kommen dann noch andere "gute" Gründe hinzu, wie man die Schäden begründet.

Eines ist auf Grund des Schadenbildes aber ganz klar. Die Schäden sind Auswaschungen in Folge zu hoher Strömungsgeschwindigkeiten direkt am Eintritt des Kondensates in die Wärmetauscher, denn die Rohrplatte, in welche die Wärmetauscher-Rohre eingeschweißt sind, sieht im Bereich der Leckagen wie poliert aus.

Zunächst wurde die verfahrenstechnische Anordnung der Anlagenteile überprüft. Es wurden keine Fehler gefunden:

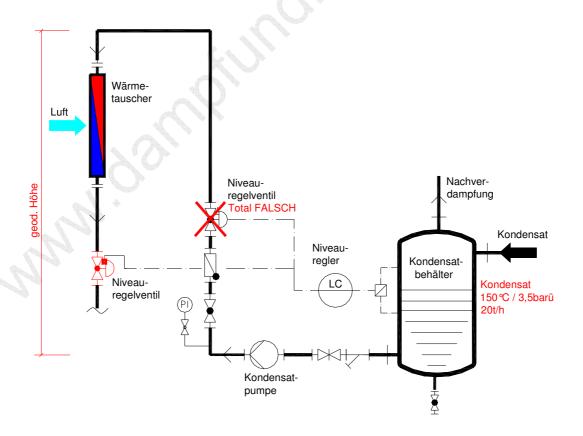
Das Niveau im Behälter wird immer stabil gehalten. Das Niveauregelventil ist an der richtigen Stelle. Die Rohrleitung wurde mit einer Nennweite von DN100 eher etwas zu groß gewählt.

Was ist die Ursache der Schäden?

Nach langer Überlegung wurden die Kondensatpumpe kontrolliert:

Im Kondensatbehälter stellt sich ein Druck von 3,5 barü ein. Dieser Druck wäre eigentlich ausreichend, um das Kondensat auch ohne Pumpe zu den Wärmetauschern strömen zu lassen (3,5 barü entsprechen 35 m Wassersäule).

Da beim Anfahren der Anlage noch kein Druck im Behälter ist, Kondensat aber trotzdem anfällt, wird die Pumpe eigentlich nur beim Anfahren der Anlage so richtig benötigt. Oder?



KARSTEN BERLIN SEITE 3 VON 19

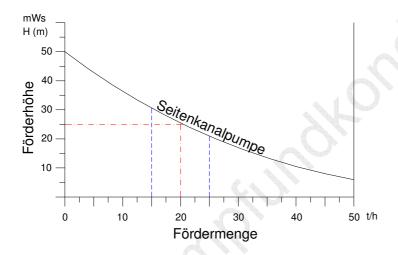
Genau das ist wahrscheinlich das Problem, nämlich die Bildung von Nachverdampfung in einer Rohrleitung auf Grund des Druckverlustes. In dem geschilderten Fall entsteht der Druckverlust auf Grund des Höhenunterschiedes zwischen Kondensatbehälter und Wärmetauscher.

In unserem Fall beträgt der Höhenunterschied ca. 20 Meter.

Um eine Ausdampfung zu vermeiden, muss am Eintritt des Wärmetauschers mindestens ein gleich großer Druck herrschen wie im Kondensatbehälter. D.h., die Pumpe muss zu jeder Zeit einen Druck von mindestens 20 m Ws zusätzlich zum Druck im Kondensatbehälter erreichen, um den Druckverlust auf Grund des Höhenunterschiedes auszugleichen!

Schafft die Pumpe diesen Druck nicht, kommt es mit Zunahme des Höhenunterschiedes zur Zunahme der Nachverdampfung. Je nach Größe der Dampfmenge, welche sich in der Kondensatleitung bildet, steigt die Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung enorm an.

Auf Grund der sehr hohen Strömungsgeschwindigkeit des Dampf-Kondensatgemisches kommt es dann zu den oben geschilderten Auswaschungen am Wärmetauscher.



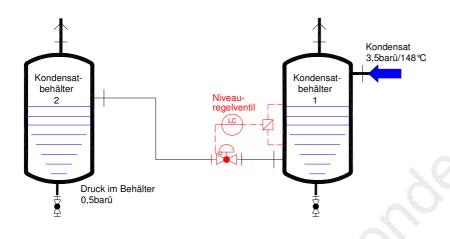
Problematisch sind die stark schwankenden Kondensatmengen, welche im Kondensatbehälter anfallen. Strömen plötzlich 30 t/h Kondensat in den Behälter, erreicht die Pumpe kurzzeitig nur noch eine Förderhöhe von knapp unter 20 m Ws. Um diese Unterschreitung der Förderhöhe möglichst kurz zu halten, wurde der Motor der Kondensatpumpe mit einem Frequenzumrichter, welcher von einer Druckmessung direkt am Wärmetauscher gesteuert wird, ausgerüstet. Sinkt die Förderhöhe und somit der Druck vor dem Wärmetauscher erhöht der Frequenzumrichter die Drehzahl des Motors. Die Pumpe fördert dadurch schneller und erreicht so auch schneller wieder die notwendige Förderhöhe.

Selbst wenn der Zustand der Nachverdampfung und damit die hohen Strömungsgeschwindigkeiten nur noch kurzzeitig auftreten, entstehen die Auswaschungen noch immer. Es konnte lediglich der Zeitraum bis zu einer erneuten Leckage verlängert werden.

KARSTEN BERLIN SEITE 4 VON 19

Probleme mit einer Niveauregelung an einem Kondensatbehälter

Zwischen zwei Kondensatbehältern wurde, wie unten skizziert, eine Niveauregelung installiert. Nach Inbetriebnahme funktioniert diese aber nicht. D.h. im Behälter 1 steigt das Niveau immer weiter an und nur bei bestimmten Betriebszuständen kann man überhaupt von einer vernünftigen Regelung sprechen. Warum?



Bei der Auslegung des Regelventils wurde mit Hilfe der Homepage www.dampfundkondensat.de alles richtig gemacht.

Medium Kondensat:

Druck vor dem Regelventil: P1 [bar] = 3.5 barü

Druck hinter dem Regelventil: P2 [bar] = 0.5 barü

Menge, die durch das Ventil strömen soll: M [kg/h] = 20000 kg/h (20 t/h)

Bei einer Druckreduzierung von 3,5 barü auf 0,5 barü entsteht eine größere Menge an Nachverdampfung. Ohne auf die Grafik im Kapitel Nachverdampfung zu sehen, wird die Menge auf ca. 10% von der Gesamtmenge des Kondensats geschätzt. Mit dieser Dampfmenge muss nun auch das Regelventil ausgelegt werden (Wer nur mit der Kondensatmenge rechnet, rechnet falsch!! Das Ventil wird zu klein).

KARSTEN BERLIN SEITE 5 VON 19

Nach Benutzung der Grafik im Kapitel Nachverdampfung erhält man bei einer Druckreduzierung von 4,5 barabs (3,5 barü) auf 1,5 barabs (0,5 barü) etwa 7% Nachverdampfung. Bei einer Menge von 20000 kg/h Kondensat ist dies eine Menge von etwa 1400 kg/h Dampf mit einem Druck von 0,5 barü. D.h. es bleiben noch 18600 kg/h Kondensat übrig und es bilden sich direkt im Ventil 1400 kg/h Dampf.

Ermittlung des Kv-Wert für Kondensat (siehe auch Kapitel zu Regelventilen)

$$Kv = \frac{M}{\sqrt{1000 \cdot \rho \cdot \Delta p}}$$

M = zu regelnder Mengendurchfluß in kg/h = 18600 kg/h ρ = Dichte Kondensat in kg/m³ = ca. 920kg/m³

 $\Delta p = Druckverlust (P1 - P2) in bar$ = 3barü

Beispielwerte für Dichte:

20°C - 998 kg/m³

100 °C − 958 kg/m³

130 °C - 934 kg/m³ 160°C - 907 kg/m³

190°C - 876 kg/m³

Kv = 11 (mit 18600 kg/h Kondensat)

Ermittlung des Kv-Wert für Dampf (siehe auch Kapitel zu Regelventilen)

Überkritische Verhältnisse weil Δp > P1/2

$$K_V = \frac{M}{31.6} \sqrt{\frac{2v''}{P1}}$$

= zu regelnder Mengendurchfluß in kg/h

= spezifisches Volumen von Dampf bei P1/2 in m³/kg

Kv = 26 (mit 1400kg/h Dampf)

Die rechnerisch ermittelten Kv- Werte für Kondensat und Dampf werden nun addiert.

Gesamt Kv-Wert = 37

KARSTEN BERLIN SEITE 6 VON 19 Wie schon erwähnt, wurde der Kv-Wert aber richtig ermittelt. Dies kann also nicht der Grund der Probleme mit der Niveauregelung sein. Bei einer Überprüfung des Regelventils vor Ort konnte ebenfalls keine Fehlfunktion festgestellt werden. Eine Öffnung von 50% und 100% abgelesen im Prozessleitsystem in der Leitwarte bedeutet auch vor Ort eine Öffnung von 50% und 100%.

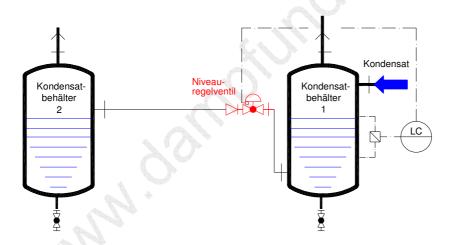
Nun wurde die Einbausituation überprüft...(Einbausituation, siehe Seite5)

Der MSR-Mann wollte sich Arbeit sparen und so wurde das Regelventil direkt am Behälter 1 montiert, weil sich ein Unterverteiler der MSR-Technik dort befand.

Dies wäre nicht der allergrößte Fehler gewesen, wenn man das Regelventil, wie unten skizziert, montiert hätte:

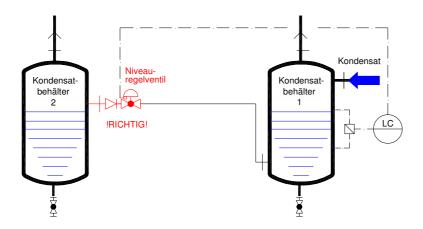
Hinter dem Regelventil befindet sich eine Rohrerweiterung auf eine nächst größere Nennweite. Danach verläuft die Rohrleitung gerade oder etwas abfallend zum Behälter. Zur Bestimmung der Rohrnennweite ist auf Grund des viel größeren Volumens nur die Dampfmenge der Nachverdampfung wichtig. D.h. die Kondensatleitung wird wie eine Dampfleitung ausgelegt.

Dabei sollte die Strömungsgeschwindigkeit nicht zu hoch gewählt werden. Es handelt sich immer noch um eine Kondensatleitung, obwohl die Geschwindigkeit durch die Menge des strömenden Dampfes bestimmt wird (siehe Kapitel zu Rohrleitungen und Nachverdampfung).



Noch besser wäre es aber gewesen, das Regelventil direkt vor den Behälter 2 zu montieren. Man würde sich so auch Montagekosten sparen, weil nur das kurze Stück vom Regelventil bis zum Behälter in der größeren Rohrnennweite verlegt wird und die Entspannungsdampfmenge hätte genügend Platz sich im Behälter zu "entspannen".

KARSTEN BERLIN SEITE 7 VON 19



Noch einmal kurz die Auslegung der Rohrleitung:

Rohrleitung bis zum Regelventil:

Kondensatmenge: $20 \text{ t/h} = 20 \text{ m}^3/\text{h}$

Rohrnennweite: DN80 / (19,5 m³/h) (siehe Tabelle im Anhang)

Rohrleitung vom Regelventil bis zum Behälter:

Kondensatmenge: $18,6 \text{ t/h} = 18,6 \text{ m}^3/\text{h}$

Dampfmenge: = 1400 kg/h

Nun muss die Kondensatleitung wie eine Dampfleitung dimensioniert werden:

Dampfdruck = 0,5 barü spezifisches Volumen = 1,16 m³/kg

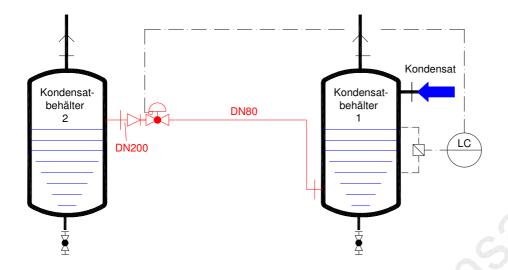
Dampfmenge x spezifisches Volumen = Volumenstrom

Volumenstrom= $1400 \text{ kg/h} * 1,16 \text{ m}^3/\text{kg} = 1624 \text{ m}^3/\text{h}$

Damit die Strömungsgeschwindigkeit in der Dampfleitung zwischen ca. 15 m/s und 35 m/s liegt, müsste nun eine Rohrleitung DN200 gewählt werden. (1624 : 125 = 13 m/s)

Die Strömungsgeschwindigkeit sollte nicht zu hoch gewählt werden. Es handelt sich immer noch um eine Kondensatleitung, obwohl die Geschwindigkeit durch die Menge des strömenden Dampfes bestimmt wird (siehe Kapitel zu Rohrleitungen und Nachverdampfung).

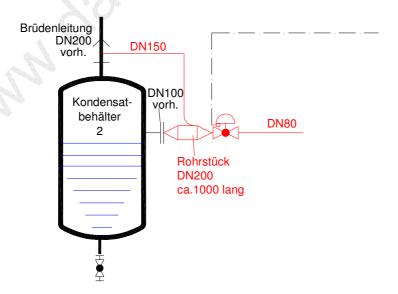
KARSTEN BERLIN SEITE 8 VON 19



Nun ist der Behälter 2 ein vorhandener Behälter, an welchem kein Stutzen mit der Nennweite DN200 montiert wurde. Der bisherige Stutzen ist DN100.

Da könnte man sich wie folgt behelfen:

Es wird ein Rohrstück DN200 ca. 1m lang vor dem Behälter installiert. Auf dieses Rohrstück wird eine Rohrleitung DN150 oder auch DN200 mit Hilfe eines Einschweißbogens montiert und mit der vorhandenen Brüdenleitung am Behälter angeschlossen. Diese Rohrleitung müsste es eigentlich an jedem Kondensatbehälter geben. Besitzt diese Brüdenleitung auch nur eine Nennweite DN100, so geht das Problem weiter.... Kurz, es muss eine Rohrleitung gefunden werden, in welche man die entstehende Dampfmenge von 1400 kg/h abgeben kann, ansonsten hat man immer Probleme mit der Niveauregelung!!



KARSTEN BERLIN SEITE 9 VON 19

In dem beschriebenen Problemfall wurde das Regelventil direkt an den Behälter 2 versetzt. Die Niveauregelung bzw. das Regelventil hat nur an "Verstopfung" auf Grund von Nachverdampfung gelitten.

Das trügerische bei diesem Problemfall war, dass die Niveauregelung manchmal auch einwandfrei funktioniert hatte.

Erklärung:

Manchmal, bedeutet bei Betriebsbedingungen, bei welchen die Menge der Nachverdampfung gering war (z.B. bei geringerem Kondensatanfall oder niedrigerem Kondensatdruck im Behälter 1). Auf Grund der kleineren oder größeren Dampfmenge funktioniert die Niveauregelung dann gut oder gar nicht.

KARSTEN BERLIN SEITE 10 VON 19

Muss an jeden Kondensatbehälter auch eine Kondensatpumpe installiert werden?

Nein!

Der Verfasser kam vor einigen Jahren an eine größere Dampf- und Kondensatanlage mit 7 Kondensatbehältern und an jedem Kondensatbehälter waren auch gleich 2 Kondensatpumpen montiert (1x in Funktion, 1x als Reserve).

Zusätzlich hatte man auch noch eine Vakuumpumpe installiert, um kontinuierlich einströmende Luft aus Anlagenteilen abzusaugen, welche im Vakuumbereich beheizt werden (siehe Kapitel "Sorten von Dampf").

<u>Finanzieller Schaden:</u> ca. 20.000,- Euro Kosten für zu viele Pumpen. Dabei sind der Rohrleitungsbau, die sonstigen Armaturen an einer Pumpenstation sowie die unnötig vergeudete elektrische Leistung von 10 Jahren Betrieb und die Instandhaltung nicht mitgerechnet.

Warum?:

Eine ständig arbeitende Vakuumpumpe wurde nie benötigt, weil es kein Anlagenteil gab, welcher im Vakuumbereich beheizt wurde. Der niedrigste Druck an der ganzen Anlage betrug 3,5 barü!! Auf Grund des Überdruckes konnte also keine Luft während des Betriebes einströmen.

Durch geschickte kostengünstige Anordnung zweier Rohrleitungen konnten sofort 2 Pumpenstationen demontiert werden.

Durch das problemlose Anheben eines Kondensatbehälters um 500 mm, wurde eine dritte Pumpenstation eliminiert.

D.h., schon bei der Planung einer Dampf- und Kondensatanlage ist eine sinnvolle Anordnung der Kondensatbehälter zu beachten, um so möglichst mit einer geringen Anzahl von Pumpen auszukommen. Will ein Anbieter eine Pumpenstation verkaufen, sollte er den technischen Nutzen auch physikalisch erklären können.

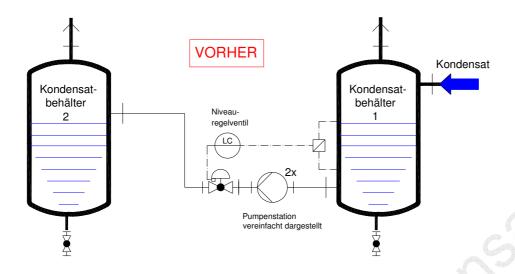
Wie wurden die Pumpen nutzlos?

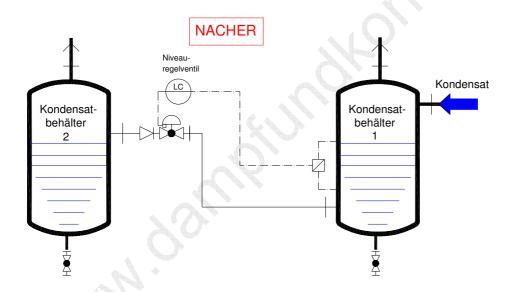
In dem oben beschriebenen Problemfall ist der Verfasser wie folgt vorgegangen:

Die Vakuumpumpe wurde einfach nur abgestellt. Zum Erstaunen der Mitarbeiter des Betreibers passierte nichts. Zumindest nichts Schlimmes, denn die Anlage funktionierte weiter wie bisher...

Bei den Kondensatpumpen war es nur etwas komplizierter. Auf Grund geeigneter Höhenunterschiede bzw. der vorhandenen Anordnung der Kondensatbehälter zueinander konnten durch eine veränderte Rohrleitung der Niveauregelung bzw. der Montage des Niverauregelventils an einer anderen Stelle die Pumpen entfallen.

KARSTEN BERLIN SEITE 11 VON 19

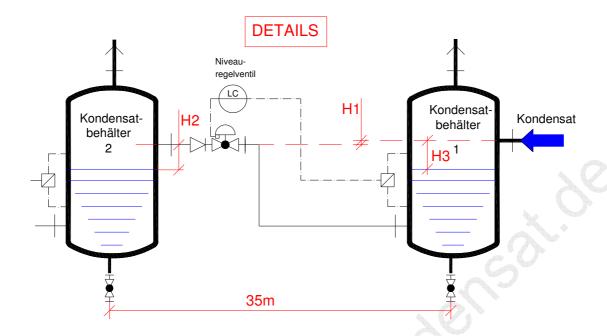




Dies hätte auch der Lieferant der Anlage sehen müssen.

Man muss dazu noch mitteilen, dass es sich bei der Anlage um eine große Papiermaschine handelte. Bei Papiermaschienen besteht die Besonderheit, dass der Zulauf der Kondensatrohrleitung in den Kondensatbehälter nicht überflutet werden darf, da ansonsten der sog. Durchströmdampf nicht mehr strömen kann. Dies führt zu größeren Problemen in der Anlage. D.h., die Kondensatrohrleitung zum Behälter muss mindestens zu 50% des Querschnitts offen bleiben (nicht mit Kondensat gefüllt).

KARSTEN BERLIN SEITE 12 VON 19



Zunächst wurde über dem Niveautransmitter (siehe auch Kapitel zu Regelventilen) das Niveau H3 etwas abgesenkt. Dadurch wird erreicht, dass die Kondensatleitung nicht mehr überflutet. Anschließend wurde das Niveauregelventil, wie oben skizziert, versetzt. Dadurch wird der Behälter um 35 m "verlängert" und die Dampfmenge der Nachverdampfung kann sich direkt in dem Behälter "entspannen" (siehe Kapitel Nachverdampfung). Auf Grund des Prinzips der kommunizierenden Flüssigkeiten ist der gleiche Flüssigkeitsstand, welcher sich im Behälter einstellt, auch in der Rohrleitung.

D.h., <u>beim Anfahren</u> der Anlage ist nur sehr wenig bzw. gar kein Druck im Behälter 1. Das Kondensat fließt in den Behälter und von dort dann "alleine" bis zum Regelventil. Mit steigendem Niveau im Behälter 1 öffnet das Regelventil und das Kondensat kann in den Behälter 2 strömen.

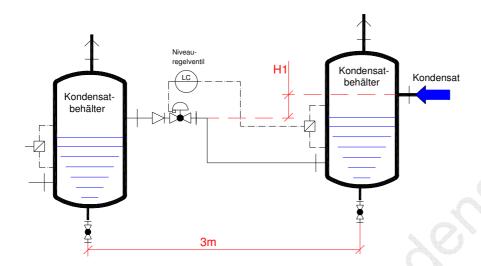
Im normalen Betrieb steht der Behälter 1 unter Druck. Da ist es dann für die Niveauregelung kein Problem den Flüssigkeitsstand H3 zu halten (Sollwert, Niveauregelung siehe Kapitel Regelventile).

Auch das Niveau im Behälter 2 wurde mit Hilfe der Niveauregelung aus H2 abgesenkt. Dadurch wird gewährleistet, dass sich die bei der Nachverdampfung bildende Dampfmenge vom Kondensat ungehindert in den Behälter strömen kann (siehe Kapitel Nachverdampfung).

Der ganze Aufwand war gering und an zwei baugleichen Kondensatbehältern konnte so die Pumpenstation entfallen.

KARSTEN BERLIN SEITE 13 VON 19

Bei einem anderen Kondensatbehälter waren die Höhenunterschiede vom Planer so blödsinnig gewählt, dass man diesen etwas anheben musste. Ursprünglich war an diesem Behälter eine Kondensatpumpe montiert, um in einen nur drei Meter entfernten anderen Behälter zu pumpen.



Hier kam wieder das gleiche Prinzip wie bei den anderen beiden Behältern zur Anwendung. Durch die Nutzung eines Höhenunterschiedes kann der Behälter auch im drucklosen Zustand einwandfrei entwässern.

Das bedeutet, dass auch im Anfahrzustand das Kondensat ohne Druckunterschied nur auf Grund des Höhenunterschiedes von dem einen zum anderen Behälter fließt.

Im normalen Betriebszustand, wenn der Kondensatbehälter unter Druck steht, ist dann der Druckunterschied zwischen Behälter 1 und Behälter 2 die treibende Kraft.

Wie oben erwähnt, ist schon bei der Planung einer größeren Dampf- und Kondensatanlage mit mehreren Kondensatbehältern auf eine sinnvolle Anordnung der Behälter zu achten, um so möglichst mit einer geringen Anzahl von Pumpen auszukommen.

KARSTEN BERLIN SEITE 14 VON 19

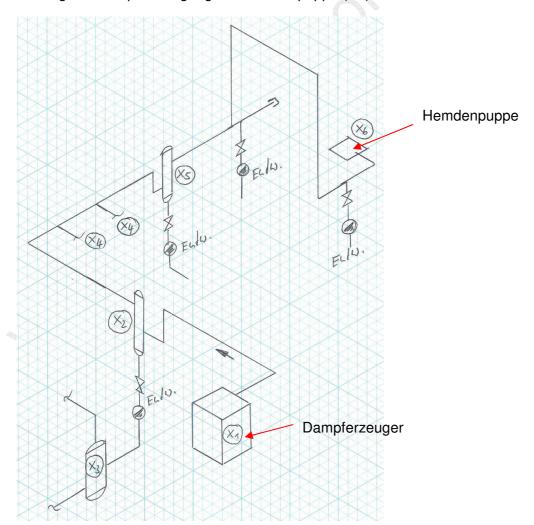
Probleme mit Kondensat im Rohr trotz Entwässerungen

Trotz ausreichender Entwässerungen können geringe Mengen von Kondensat in einer Dampfleitung zu größeren Problemen führen. Anbei zwei Beispiele, bei welchen selbst der erfahrene Fachmann zunächst vor einem Rätsel steht.

Größere Probleme in einer Wäscherei

In einer Wäscherei gab es schon seit langem die Probleme, dass bei einer Bügelmaschine, welche mit Hilfe von Dampf Hemden bügeln soll (Hemdenpuppe) in unregelmäßigen Abständen Kondensat durch die Dampfleitung strömt und so das Hemd sehr stark befeuchtete. Geschah dies, musste die Arbeit eingestellt werden, um das Hemd mit Dampf zu trocknen. Ein kontinuierliches Arbeiten war so nicht möglich. An manchen Tagen wurde mehr Zeit damit verbracht, die Hemden nochmals zu trocken anstatt diese zu bügeln. Der Eigentümer der Wäscherei vermutete ein Problem mit den Kondensatableitern an der Hemdenpuppe. Diese wurden erneuert, aber das Problem blieb das gleiche. Man suchte nun Rat bei diversen Außendienstmitarbeitern der Lieferanten der Kondensatableiter. Außer Kosten zu verursachen, fand niemand eine dauerhafte technische Lösung.

Darstellung der Dampfversorgung der Hemdenpuppe (X6)



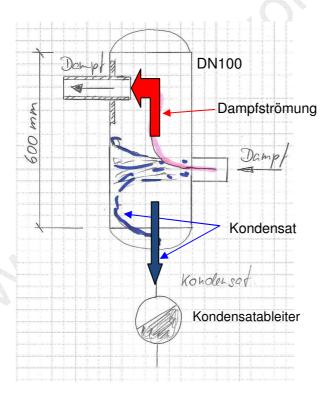
KARSTEN BERLIN SEITE 15 VON 19

Die Außendienstmitarbeiter kannten sich sehr genau mit den Kondensatableitern aus, aber keiner hat sich das Dampf -und Kondensatsystem als ganzes angesehen. Zunächst hätte auffallen müssen, dass die Strömungsgeschwindigkeit in der Dampfleitung hinter dem Dampferzeuger recht hoch ist. Der Dampferzeuger liefert Dampf mit einem Druck von 10barü und einer Temperatur von 185 °C. Bei einem Dampfverbrauch für die gesamte Wäscherei von ca. 1500 kg/h ist die Strömungsgeschwindigkeit von ca.66 m/s in der Rohrleitung DN32 direkt hinter dem Dampferzeuger grenzwertig!! (Auslegung siehe Kapitel zu Rohrleitungen) Hohe Strömungsgeschwindigkeiten erschweren die Entwässerung von Kondensat, weil das Kondensat auf Grund der großen Turbulenz im Rohr vom Dampf mitgerissen wird.

Beim Öffnen von verschiedenen Kugelhähnen, welche in der Dampfleitung montiert waren, wurde das Ausströmen von größeren Mengen an Kondensat bemerkt. Woher soll so viel Kondensat kommen? In einem überschaubaren, kleineren Rohrsystem, bei welchem die dickste Rohrleitung die Nennweite DN32 besitzt, sollte pro Stunde nicht mehr als ein Zahnputzbecher Kondensat anfallen.

Die Ursache für den sehr starken Kondensatanfall kann also nur der Dampferzeuger sein. Vermutlich wird das Wasser aus dem Kessel vom Dampf "herausgerissen". Deshalb wurden zwei große Entwässerungen bzw. selbst gebaute Kondensatabscheider montiert. (siehe Skizze) Damit sollten auch die Probleme mit dem unregelmäßigen Kondensatanfall an der Hemdenpuppe gelöst werden.

Skizze zum selbstgebauten Kondensatabscheider (siehe auch Kapitel zu Dampftrockner)



Von einer dieser Entwässerungen (X2) strömt das Kondensat in einen Behälter, bei der anderen Entwässerung (X5) in einen offenen Kanal.

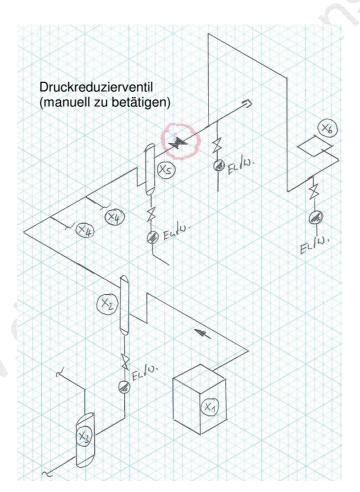
KARSTEN BERLIN SEITE 16 VON 19

Aber auch mit diesen zusätzlichen großen Entwässerungen hörten die Probleme nicht auf. Die Häufigkeit des unkontrollierten Kondensatausstoßes an der Hemdenpumpe verringerte sich zwar, aber die Situation blieb weiter unbefriedigend.

Es wurden weitere Kugelhähne in die Dampf- und Kondensatleitung direkt an der Hemdenpumpe montiert. Diese wurden etwas geöffnet, so dass kontinuierlich eine geringe Menge Dampf mit dem Kondensat über einen montierten Schlauch in einen transportablen Behälter abfließen konnte. Auch diese Maßnahme brachte nicht den gewünschten Erfolg.

Was tun? Alle geschilderten Maßnahmen schienen nicht zu wirken. Irgendwo in der Rohrleitung blieb das Kondensat liegen, um dann in regelmäßigen Abständen vom Dampf mitgerissen und über die Hemdenpuppe ausgetragen zu werden.

Und nun geschah das, was manchmal besser als die gesamte Theorie ist. Ein völlig Unbeteiligter kam daher und ohne jegliche Kenntnisse von Nachverdampfung und Strömungsgeschwindigkeiten hinter Druckreduzierungen (siehe Kapitel Nachverdampfung) empfahl er die Montage eines in der Wäscherei in der Schrottkiste liegenden Druckreduzierventils.



Die Hemdenpuppe wird so nicht mehr mit dem maximalen Dampfdruck versorgt, aber die Beheizungstemperatur ist noch ausreichend. Sofort nach der Montage und der Wiederinbetriebnahme konnte die Hemdenpuppe ohne störenden Kondensatanfall dauerhaft betrieben werden.

Mit der Theorie der Thermodynamik und Strömungstechnik kann man diesen Vorgang eigentlich nicht erklären. Weil:

KARSTEN BERLIN SEITE 17 VON 19

Hinter jeder Druckreduzierung kommt es zu einer Volumenvergrößerung des Dampfes. Dadurch vergrößert sich die Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung (siehe dazu auch Kapitel Rohrleitungen). Eine große Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes erschwert das Abscheiden von Kondensattropfen aus dem Dampf in die Rohrleitung bzw. das Ableiten des Kondensates durch einen Kondensatableiter (siehe auch Kapitel Kondensatableiter). Vermutlich hat sich das Kondensat durch das neu montierte Druckreduzierventil angestaut und konnte so über den Wasserabscheider (X5) ablaufen.

Problemfall 4.1

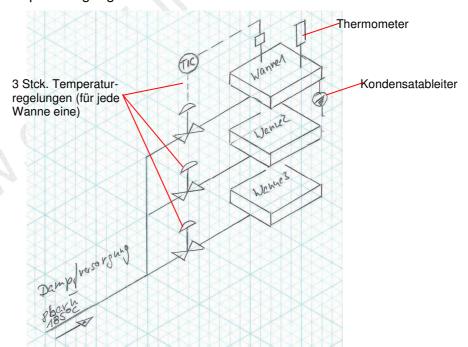
Dampf wird durch Kondensat gekühlt ohne Dampfkühlung

Im Kapitel zur Dampfkühlung wurde ausführlich beschrieben, welche Gerätschaften notwendig sind, um eine Dampfkühlung zu installieren. Anbei ein Beispiel wie es unbeabsichtigt und ungewünscht ganz ohne zusätzliche Geräte zur Dampfkühlung kommen kann.

Größere Probleme beim Beheizen von Wannen

Drei Blechwannen zum Bedampfen von Tapete sollen beheizt werden. Diese einfachen Blechwannen besitzen an der Unterseite kleine Bohrungen, durch welche der Dampf austreten kann. An der Unterseite der Blechwannen wird die Tapete mit einer Geschwindigkeit von ca. 300 m/min vorbei geführt. Das Bedampfen soll eine Weiterverarbeitung der Tapete erleichtern. Damit es zu keiner Tropfenbildung an den Wannen kommt, muss die Dampftemperatur immer etwa 155 °C betragen.

Darstellung der Dampfversorgung der Wannen



Der Dampfbedarf für jede Wanne beträgt aus Erfahrung maximal 500 kg/h. Die Wannen werden kurz vor Inbetriebnahme langsam mit einem Dampfdruck von ca. 0,5barü aufgewärmt. Dazu werden die drei Regelventile nur gering geöffnet. Erst nach dem Aufwärmen bewegt sich die Tapetenbahn unter den Wannen hindurch.

KARSTEN BERLIN SEITE 18 VON 19

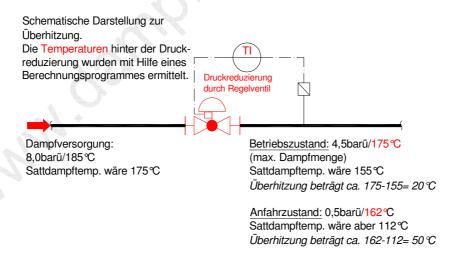
Bei Inbetriebnahme der Anlage kam es zu folgenden Problemen:

Während des langsamen Aufwärmens der Wannen bildeten sich Tropfen an den Wannen, welche dann auf die Tapete abregneten. Im Inneren der Wannen konnte bei einem Dampfdruck von 0,5 barü eine Temperatur von 115 ℃ an Stelle der gewünschten 155 ℃ gemessen werden. War die Aufwärmphase vorbei und die Wannen wurden mit der maximalen Dampfmenge versorgt, konnte man die Tropfenbildung nicht mehr beobachten. Die Temperatur der Wannen betrug 175 ℃. D.h., nur beim Aufwärmen erreichten die Wannen nicht die erforderliche Temperatur, welche eine Tropfenbildung verhindert.

Nach Überprüfung der gesamten Mess- und Regeltechnik und mehrmaligen Versuchen blieb nur noch eine Fehlerquelle übrig. Die Wannen kamen nicht auf die gewünschte Temperatur, weil der Dampf durch Kondensat in der Rohrleitung gekühlt wird. Beim langsamen Aufwärmen war die Kondensatmenge in der Rohrleitung ausreichend, um den Dampf zu kühlen. Öffnete man die drei Regelventile, um die 500 kg/h als maximalen Dampfbedarf zu erreichen, reichte die Kondensatmenge nicht mehr zur Kühlung aus und die Wannen wurden mit der erforderlichen Temperatur ohne Tropfenbildung beheizt.

Unerklärlich blieb aber wie das Kondensat überhaupt in die Dampfleitung kommt. Die Dampfleitung wurde an einen Dampfverteiler in ca. 10 m Entfernung angeschlossen. Der Dampfverteiler wurde mit zwei ausreichenden Kondensatableitern ausgerüstet. Die Rohrnennweiten am Dampfverteiler waren eher überdimensioniert. D.h., anfallendes Kondensat hätte eigentlich im Dampfverteiler bleiben müssen.

Nicht jedes Kondensat führt auch zur Kühlung. Die Kondensattemperatur muss niedriger sein als die Dampftemperatur. Am Dampfverteiler konnte man wirklich ca. 185°C Dampftemperatur messen. Hinter dem Temperaturregelventil hätte auf Grund der Druckreduzierung eigentlich eine Überhitzung auftreten müssen (siehe auch Kapitel zu Dampfkühlung). Überhitzung? Weil eine Druckreduzierung von in unserem Fall 8 barü auf 4,5 barü auch mit einer Temperaturreduzierung einher geht. Die Temperaturreduzierung ist aber nie so hoch wie die Druckreduzierung.



Im Betriebszustand beträgt die Überhitzung hinter der Druckreduzierung ca. 20 °C. Im Anfahrzustand beim Anheizen der Anlage mit geringem Dampfbedarf und entsprechender großen Druckreduzierung beträgt die Überhitzung aber schon ca. 50 °C.

In der Dampfleitung wurde ein Tropfenabscheider montiert. Danach trat das Problem der Tropfenbildung Temperatur nicht mehr auf.

KARSTEN BERLIN SEITE 19 VON 19