

Da geht noch was: Nachdampfnutzung in der Brauanlage

ENERGIEEFFIZIENZ STEIGERN | In jeder Brauanlage gibt es Stellen, an denen kostbarer Nachdampf austritt, der im Prinzip einfach und effektiv rückgewonnen werden kann. So wird die Energieeffizienz einer Anlage erheblich gesteigert. In diesem Artikel werden verschiedene Möglichkeiten zur Nutzung des Nachdampfs vorgestellt.

DAMPFANLAGEN stehen oftmals in dem Ruf, ineffizient zu sein. Dabei stellt die Wärmeübertragung mittels Dampf eine der effizientesten Möglichkeiten der Energieübertragung dar. Auch Dampf selbst ist nicht umsonst – aufgrund seines beispiellosen guten Vermögens, Energie aufzunehmen und zu transportieren – seit Jahrhunderten eines der wichtigsten Wärmeträgermedien in industriellen Produktionsprozessen (Tab. 1, Abb. 1).

Woher also kommt dann der oftmals schlechte Ruf? Auf diese Frage antworten Kunden häufig: Wärme geht verloren, Dampf kondensiert in den Rohrleitungen, es knallt und schlägt in den Anlagen, Armaturen halten nicht so lange, gehen kaputt oder werden undicht.

Diese Kritikpunkte haben alle Einfluss auf die Effizienz, sind aber in den meisten Fällen Folgen schlechter Anlagenplanung bzw. -realisierung, unkontrollierter Erweiterungen, unüberlegter Betriebsweise,

mangelnder Wartung, fehlenden Dampfwissens bei Betreibern, Fachplanern, Lieferanten und Anlagenbauern, aber auch fehlender Investitionsbereitschaft.

■ Gewollte Dampfverlustpunkte

In diesem Artikel betrachten wir das Thema Dampfverluste in der Anlage. Neben den minimalen Verlusten durch Kondensation in der Rohrleitung – sofern die Rohre gut isoliert sind – gibt es in Dampfanlagen einige Stellen, an denen gewollt Dampf

entweicht. Hier sind z.B. die Absalz- und Abschlammbehälter zu nennen, in denen das zum Schutze des Kessels ausgeschleuste Abschlamms- und Absalzwasser entspannt wird und der dabei entstehende Entspannungsdampf oft über Dach einfach abgeleitet wird.

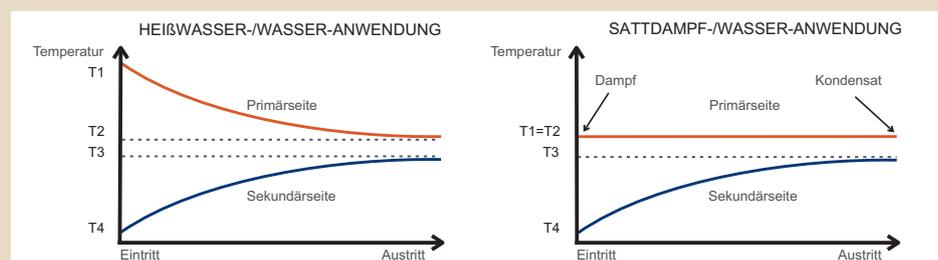
Auch zum Schutz der Anlage dient die Ausschleusung des sogenannten Fegedampfes (auch Wrasendampf genannt) aus dem Speisewasserentgaser. Der ebenfalls meist einfach ungenutzt über Dach ausgeschleuste Fegedampf dient dazu, den im Speisewasser gebundenen Sauerstoff und die nicht kondensierbaren Gase aus dem Speisewasserentgaser abzutransportieren, um u.a. das Korrosionsrisiko im Kessel und in der nachgeschalteten Dampfanlage herabzusetzen. Als Daumenwert für den Dampfverlust (Fegedampfmenge) eines Entgasers gilt hier je nach Ausführung: 0,2-1 Prozent der stündlichen Kesselleistung.

LEISTUNGSBEDARF: 1500 KW

	Dampf (10 bar)	Heißwasser 160/140 °C
Leistungsdichte (kJ/kg)	2000	86
Massenstrom (kg/h)	2700	64 400
Leitungsdimension (DN)	100	100
Typische Pumpenleistung (kW)	0...0,16 ¹⁾	5
Typischer Wärmedurchgang (W/m ² K)	2000	700

Tab. 1

1) Pumpe der Kondensatrückspeiseanlage



Tab. 1 und Abb. 1 Wärmeübertragung mit Dampf und mit Heißwasser

Autor: Alexander von Eitzen, Sales Manager Norddeutschland, Spirax Sarco GmbH, Konstanz

Das hört sich zwar recht wenig an, kann sich aber gerade in durchgehend betriebenen Dampfanlagen über das Jahr zu einem beachtlichen Wert summieren.

Während der Speisewasserentgaser neben dem Kessel als „Startpunkt“ einer Dampfanlage angesehen wird, bildet die Kondensatrückspeiseanlage in vielen Anlagen den „Endpunkt“, an den das Kondensat zurückkehrt, nachdem die Wärmeenergie des Dampfes durch Kondensation in den Verbraucher der Anlage übertragen wurde. Sehr viele Anlagen verfügen über ein „offenes“ druckloses Kondensatnetz, was nichts anderes heißt, als dass der Kondensatsammelbehälter der Rückspeiseanlage über ein Rohr mit der Atmosphäre verbunden ist. Über dieses Rohr wird der Behälter drucklos gehalten, indem der aus dem Kondensat entstehende Entspannungsdampf (dieser entsteht aus dem Energieüberschuss bei der Druckentspannung, wodurch ein Teil des flüssigen Kondensats wieder verdampft) nach außen über Dach abgeführt wird.



Abb. 2 Turflow-EVC Drallrohr-Wärmetauscher

zesse kennen muss, um das Rohrleitungsnetz wirtschaftlich so dimensionieren zu können, dass sich nicht noch zusätzlicher Druck aufbaut, der dann das Abfließen des Kondensats aus Wärmetauschprozessen verhindern würde. Auch eine ursprünglich nicht geplante nachträgliche Erweiterung eines geschlossenen Netzes gestaltet sich oftmals aufwendig und schwierig, weshalb inzwischen die überwiegende Zahl der Dampfanlagen mit einem offenen Kondensatnetz betrieben wird. Auch hierbei kommt der richtigen Dimensionierung der Komponenten und Rohrleitungen eine wichtige Rolle zu.

Beispielrechnung für Energieeinsparpotential

- Dampfnetz mit Betriebsdruck 5 bar;
- Entspannung des Kondensats über den Kondensatableiter in ein offenes Kondensatnetz (0 bar);
- verbrauchte Dampfmenge und damit anfallende Kondensatmenge = 1000 kg/h;
- entstehende Nachdampfmenge (aus Kondensat) = 111 kg/h.

Das entspricht einer stündlichen Dampfleistung von 70 kW, die über Dach ungenutzt abgeleitet wird bzw. für eine Wärmerückgewinnung voll und einfach nutzbar wäre. Bei Dampfkosten von 20 EUR/t und 7000 Betriebsstunden jährlich ergäbe sich ein Einsparungspotential von ca. 15 500 EUR.

Natürlich könnte man das Kondensatnetz auch schließen, indem das Kondensat direkt in den druckbeaufschlagten Speisewasserentgaser zurückgeführt bzw. in einer geschlossenen Rückspeiseanlage unter Druck stehend gesammelt wird. In der Praxis ist dieses nur nicht immer so ganz einfach, da man sehr genau die Dampfverbräuche und die Gleichzeitigkeit aller Pro-

schlammung, Absatzung, Speisewasserentgasung, Kondensatsammlung und -rückführung), die nur etwas mit der Dampferzeugung bzw. der Kondensatwiederverwendung zu tun haben, gehen ohne Wärmerückgewinnungsmaßnahmen erhebliche Energiemengen verloren. Wenn zusätzlich durch nicht mehr dicht schließende Kondensatableiter und Sicherheitsventile (Ursache hierfür sind oftmals Verschmutzungen, Verschleiß oder Wasser- bzw. Dampfschläge) auch noch zusätzlich große Mengen Frischdampf in die Natur über Dach abgeleitet werden, sinkt die Effizienz der Dampfanlage immer weiter, was den Dampf als Versorgungsmedium am Ende sehr teuer erscheinen lässt.

Natürlich sollte man nicht prinzipiell von defekten Kondensatableitern und Sicherheitsventilen ausgehen, gerade dann nicht, wenn man diese regelmäßig in Halbjahres- oder Jahresabständen durch Fachpersonal überwachen lässt, womit sich erfahrungsgemäß die Quote defekter Kondensatableiter in Anlagen dauerhaft von ca. 15 Prozent auf deutlich unter drei Prozent reduzieren lässt.

Üblicherweise ist im Nachdampf so viel Energie vorhanden, dass sich eine Investition in eine Wärmerückgewinnung nach kürzester Zeit amortisiert hat (siehe Beispielrechnung oben).

Energieverluste durch fehlende Wärmerückgewinnung

Allein über diese genannten Prozesse (Ab-

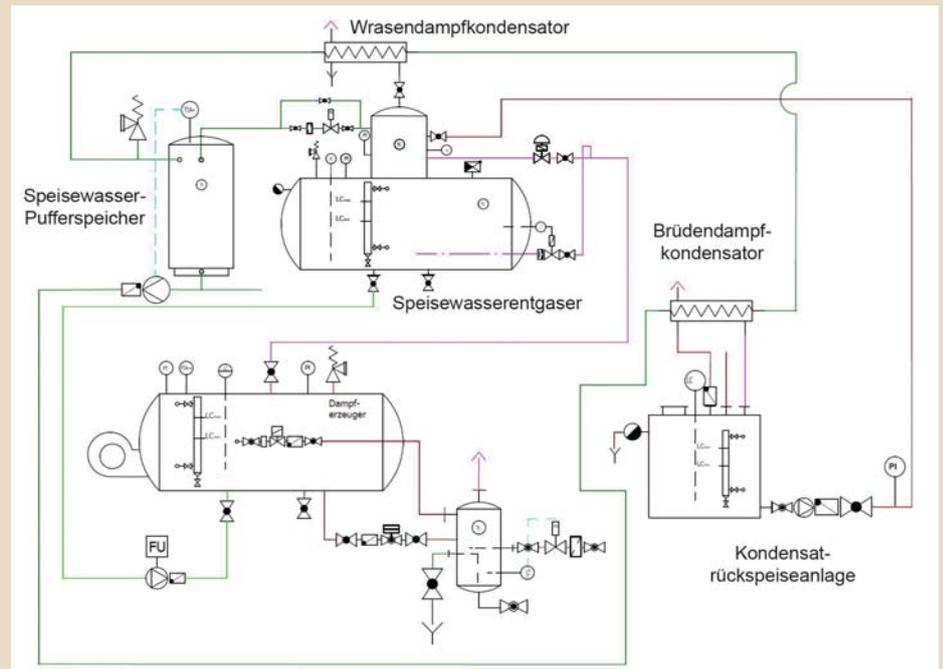


Abb. 3 Installationsbeispiel eines Wrasen- und eines Brüendampfkondensators in Verbindung mit einem Pufferspeicher zur Speisewasservorerwärmung

Möglichkeiten der Nachdampf- nutzung

Generell haben sich zwei Möglichkeiten zur Nachdampfnutzung für die vorher genannten Prozesse etabliert.

1. Energieübertragung auf ein anderes Medium (meist Wasser) mittels eines in der Entspannungsleitung installierten Wärmetauschers (Kondensator);
2. Trennung des Nachdampfes vom Kondensat im Kondensatentspanner und Einspeisung in eine Dampfschiene mit geringerem Druckniveau.

Die Kondensation des Nachdampfes mittels eines in der Entspannungs- bzw. Fege- oder Dampfleitung installierten Wärmetauschers stellt eine einfache und unkomplizierte Maßnahme dar. Die wesentliche Voraussetzung dafür ist, dass die auf ein anderes Medium (meist Wasser) übertragene Energie auch irgendwo sinnvoll verwendet und verbraucht werden kann. Beispielsweise kann damit nachzuspeisendes Kesselwasser vor dem Eintritt in den Speiswasserentgaser vorerwärmt werden. Es lassen sich aber auch Heizungsrückläufe, Trinkwasserwasserzirkulationsnetze oder auch Prozessmedienkreisläufe durch einen sogenannten Brüden- oder Wrasenkondensator nach- bzw. vorheizen.

Die Auslegung des Wärmetauschers erfolgt dabei unter Berücksichtigung des Nachdampfanfalls und der Verwertungsmöglichkeiten der übertragenen Energie in den angeschlossenen Prozessen. Im optimalen Fall wird der gesamte anfallende Entspannungsdampf im Kondensator dauerhaft niedergeschlagen, wodurch sich der Einsatz der Primärenergie in den anderen Prozessen merklich verringern kann. Sollte jedoch einmal mehr Kondensat anfallen bzw. die Nachdampfenergie nicht abgenommen werden können, kann der überschüssige Entspannungsdampf einfach über Dach ohne aufwendige Schaltungs- bzw. Regelungstechnik entweichen, da der Wärmetauscher als Teil der Entspannungs- bzw. Fege- oder Dampfleitung installiert ist. Natürlich geht das nicht einfach mit jedem Wärmetauscher. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die eingesetzten Modelle so konstruiert sind, dass sich nahezu kein Gegendruck bzw. kein unzulässig hoher Druck davor in der Entspannungsleitung bzw. im Behälter aufbauen und das entstehende Kondensat sicher, ohne Behinderung abfließen kann. Hierfür eignen sich besonders extra kurz ge-

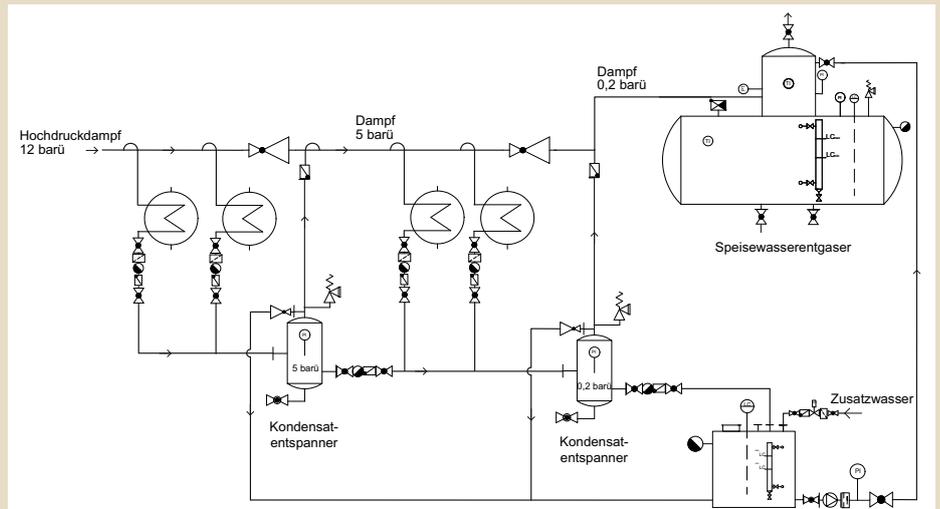


Abb. 4 Schematische Skizze einer zweistufigen Kondensatentspanner-Schaltung

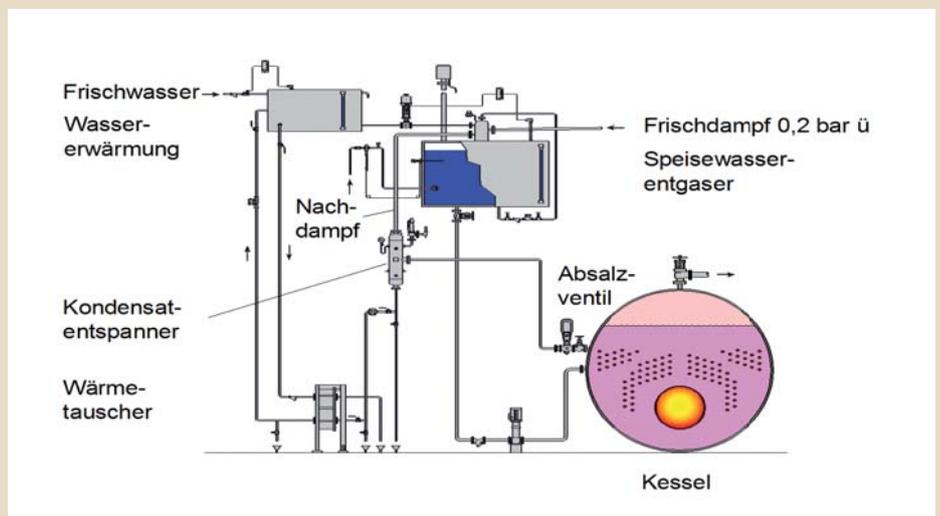


Abb. 5 Installation eines Absalzentspanners

baute Drallrohr-Wärmetauscher (max. 1 m Baulänge), die waagrecht in der Entspannungsleitung installiert werden. In diesen Wärmetauschern wabert der Nachdampf durch den Mantel, sodass das mit dem Sekundärmedium (z. B. Wasser) durchströmte Rohrbündel vom Dampf umschlossen wird und so ohne Aufbau von Gegendruck sich eine optimale Wärmeübertragung und damit Kondensation einstellt.

Das entstehende und sich am Mantelboden sammelnde Kondensat kann im Falle einer Kondensatrückspeiseanlage dann wieder in den Behälter zur weiteren Nutzung zurückgeführt werden, wofür der in Abbildung 2 gezeigte Turflow-Wärmetauschertyp einen zusätzlichen Kondensatanschluss besitzt.

Es wird also bei der Kondensatrückspeiseanlage mit einem Brüdenkondensator nicht nur die Energie aus dem Nachdampf

zurückgewonnen, sondern auch noch das wertvolle, vorher teuer aufbereitete und sehr reine Wasser des Kondensats dem Dampf-Kondensatkreislauf wieder zugeführt, womit sich in den meisten Fällen auch deutliche Einsparungen bei der Wasseraufbereitung des Kessel Speiswassers erzielen lassen.

Bei Anwendungen eines Wärmetauschers in der Wrasenleitung bei Speiswasserentgasern wird hingegen nur die Energie aus dem Nachdampf zurückgewonnen, da man das im Wrasenkondensator anfallende Kondensat aufgrund seiner Belastung mit Sauerstoff und nicht kondensierbaren Gasen aus dem Anlagenkreislauf bewusst ausschleust und verwirft.

In Prozessen, wie z. B. bei der diskontinuierlichen Speiswasser-Nachspeisung, kann die Nachdampfenergie nicht kontinuierlich genutzt werden. In solchen Fällen ist

zu prüfen, ob die Verwendung von Energiespeichern wirtschaftlich sinnvoll ist. Hier können bei Wasseranwendungen einfache Stahl- oder Edelstahlspeicher verwendet werden, in denen das über den Wärmetauscher erwärmte Wasser und damit die Energie bis zur Verwendung zwischengespeichert wird (Abb. 3).

■ Einsatz Kondensatentspanner

Für wen die Nutzung von Wärme aus flüssigen Medien mit Temperaturen unter 100 °C nicht interessant ist, der kann darüber nachdenken, in seiner Dampfanlage den im Kondensatnetz durch die Entspannung entstehenden Nachdampf gleich wieder in anderen Dampfprozessen einzusetzen.

Dafür wird das Heißkondensat aus den Prozessen als 2-Phasen-Gemisch (Nachdampf + Wasser) in einem in das Kondensatnetz installierten Kondensatentspanner geleitet. In diesem wird die flüssige Phase des Kondensats abgeschieden, während sich der Nachdampf im Behälter sammelt und durch immer mehr nachströmendes Kondensat zu einem höheren Druck komprimiert wird. Ist irgendwann der Druck im Behälter höher als hinter dem in der abströmenden Dampfleitung installierten Rückschlagventil, wird dieses überwunden und der Spannungsdampf entweicht in das Dampfnetz.

Diese Technik eignet sich nahezu überall dort, wo der Nachdampf aus dem Kondensat eines Dampfnetzes mit höherem Druck in ein Dampfnetz mit geringerem Druck eingespeist werden kann.

In dem in Abbildung 4 gezeigten Beispiel wird das aus einem 12-bar-Dampfnetz stammende Kondensat in einem Kondensatentspanner gesammelt. Für einige Verbraucher wird der Frischdampf mittels eines Druckreduzierventils von 12 bar auf 5 bar Dampfdruck reduziert. Es muss sich jetzt in dem Kondensatentspanner so viel Nachdampf durch weiter zuströmendes Kondensat ansammeln, bis sich dieser auf etwas über 5 bar verdichtet hat. Damit ist der Nachdampf in der Lage, das Rückschlagventil aufzudrücken und in das 5-bar-Netz in Richtung Verbraucher abzufließen, wodurch weniger Frischdampf über das Druckminderventil nachgespeist werden muss. Sobald der Druck im Entspanner unter 5 bar fällt, wird das Rückschlagventil wieder geschlossen, da das Druckreduzierventil sofort wieder die 5 bar mit Frischdampf nachregelt. Kann die 5-bar-Dampf-

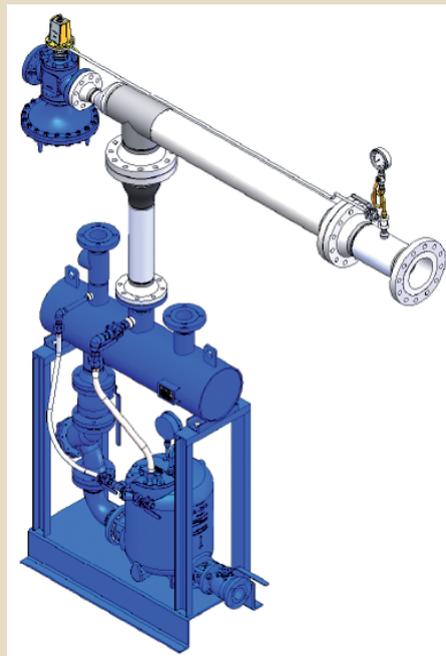


Abb. 6 Thermokompressor zur Nachdampfverwertung auf einer mechanischen Kondensatrückspeiseanlage montiert

schiene einmal nicht die komplette Nachdampfmenge abnehmen und der Druck im Entspanner steigt so weiter an, kann der überschüssige Nachdampf mittels eines Überströmventils in einen anderen Prozess eingeleitet oder notfalls über Dach sicher abgeleitet werden. In diesem Beispiel wird die Nachdampfenergie aus dem Kondensat der 5-bar-Dampfschiene ebenfalls in einem zweiten Kondensatentspanner gesammelt, um sie dann zur Beheizung des Speisewasserentgasers zu nutzen. Der Speisewasserentgaser wird in den meisten Anlagen bei sehr geringem Druck (0,2-0,5 bar) betrieben, sodass oft eine ausreichend große Druckdifferenz gegenüber den Dampfverbrauchern und damit eine entsprechend nutzbare Nachdampfmenge bei Entspannung des Kondensats auf das Druckniveau des Speisewasserentgasers genutzt werden kann.

Die flüssige Phase aus diesem bei sehr niedrigem Druck betriebenen Kondensatentspanner fließt über einen Kondensatableiter in eine offene Kondensatrückspeiseanlage ab, wobei nahezu keine Nachdampfung bei der Entspannung zu verzeichnen ist, weshalb der Nachdampfverlust über Dach nahe null und damit vernachlässigbar gering sein würde. Es ist allerdings bei einer solchen Schaltung zu beachten, dass sich durch einen im Kondensatnetz installierten Kondensatentspanner

ein Gegendruck für die vorgeschalteten Kondensatableiter einstellt, der Einfluss auf die Ableitungsleistung des Kondensatableiters nimmt. Bei einer nachträglichen Installation eines Kondensatentspanners in ein bestehendes Netz, sind also auch die sich in der Zuleitung befindenden Kondensatableiter zu überprüfen und gegebenenfalls gegen Geräte mit höherer Ableitkapazität zu tauschen.

Kondensatentspanner lassen sich aber auch sehr gut als „Absalzentspanner“ in die Absalzleitung am Dampfkessel installieren, um hier den entstehenden Spannungsdampf, z. B. auch für den Betrieb des Speisewasserbehälters oder Entgasers, zu verwenden. Dabei braucht man keine Angst zu haben, dass in der Absalzlauge enthaltene Salze mit dem Dampf mitgerissen werden. Die aus dem Kesselwasser ausgeschleusten Salze binden sich in der wässrigen Phase und werden bei korrekter Auslegung des Absalzentspanners zusammen mit der flüssigen Lauge aus dem System abgeführt.

Unterhalb des Absalzentspanners kann dann noch ein Wärmetauscher installiert werden, der die flüssige Phase zur Einleitung in die Kanalisation weiter abkühlt und dabei die Energie auf das nachströmende aufbereitete Kesselspeisewasser überträgt und dieses vorwärmt (Abb. 5). Wirtschaftlich sinnvoll werden Absalzentspanner meist bei etwas größeren Dampfkesseln (ab ca. 3 t/h), die mit einer automatischen und kontinuierlichen Absalzsteuerung ausgerüstet sind, wobei für den jeweiligen Anwendungsfall eine Einzelbetrachtung erforderlich ist.

■ Weitere Varianten der Nachdampfverwertung

Neben diesen beiden vorher beschriebenen üblichen Möglichkeiten zur Nachdampfverwertung gibt es natürlich weitere Varianten der Nachdampfverwertung, wie z. B. den Einsatz eines Thermokompressors. Dieser wirkt wie eine Strahlpumpe, wodurch der Nachdampf mittels Hochdruckdampf wieder auf ein mittleres, für viele andere Prozesse dann nutzbares Druckniveau angehoben wird. Vereinfacht gesagt wird in dem Thermokompressor Dampf bei sehr geringem bzw. gar keinem Druck mit dem so genannten Treibdampf aus einer Hochdruckschiene angesaugt und vermischt, wodurch sich ein mittleres Dampfdruckniveau ergibt, das dann für andere Prozesse vernünft-

tig nutzbar zur Verfügung steht (Abb. 6). Der Einsatz von Thermokompressoren zur Wärmerückgewinnung eignet sich vor allem für Prozesse, bei denen sehr gleichmäßige Prozessbedingungen auf der Anfall- und Abnahmeseite vorherrschen. Aber auch direkt zur Dampfnutzung im Produktionsprozess, wie z.B. beim Würzekochen, können Thermokompressoren zum Einsatz kommen.

■ Fazit

Alle oben beschriebenen Varianten haben ihre Vorteile und ihre Grenzen, es sollte generell in der Beratung immer jede der Möglichkeiten auf Umsetzbarkeit und

Wirtschaftlichkeit geprüft werden. Bei konsequenter und sinnvoller Umsetzung von Einsparmaßnahmen in Verbindung mit allgemeingültigen, die Wirtschaftlichkeit einer Anlage steigernden Maßnahmen, wie z.B. regelmäßige Anlagenkontrolle und Wartung, konsequente Wärmedämmung von Rohrleitungen und Armaturen, konsequente und richtige Entwässerung der Verbraucher und Dampfleitungen und wirtschaftlicher Kesselbetriebsweise, wird jede Dampfanlage wirtschaftlich betreibbar und im Vergleich zu anderen Medien sogar oftmals kostengünstiger.

Jede Dampfanlage ist aber unbedingt individuell zu betrachten, es gibt kein Ge-

neralkonzept. Ein sinnvoller erster Schritt stellt in vielen Fällen daher ein Anlagenaudit dar, bei dem eine Aufnahme des gesamten Dampfnetzes erfolgt und die Anlage hinsichtlich sicherheitstechnischer und wirtschaftlicher Aspekte beurteilt und Verbesserungs- und Einsparungspotentiale ermittelt werden. Die Spirax Sarco GmbH, Konstanz, ein führendes Unternehmen der Dampf- und Kondensattechnologie, steht Kunden dabei mit Rat und Tat als Partner zur Seite. Ihre Intention ist es, den Dampf als effektives Medium wieder ins rechte Licht zu rücken und gleichzeitig Ressourcen bestmöglich zu schonen und zu bewahren. ■