

Dampf-Dompteure

KONDENSATABLEITER & CO. | Dampf ist ein effizienter Wärmeträger in Brauprozessen. Doch damit eine Anlage reibungslos funktioniert und Wasserschläge vermieden werden, ist eine korrekte Ausführung der Anlagen- bzw. Rohrleitungstechnik entscheidend. Jürgen Vogel zeigt auf, mit welchen einfachen technischen Mitteln es möglich ist, den Dampf zu „zähmen“.

IN BRAUEREIEN wurde Dampf schon seit jeher gerne als Wärmeträger verwendet, denn er gewährleistet bei stabilen Drücken eine gleichbleibende Temperatur an allen Wärmetauscherflächen. Der Brauprozess wird so optimal unterstützt und die Qualität des Bieres sichergestellt. Des Weiteren ist Dampf ein sehr einfach zu handhabender Wärmeträger, da er sich gleichmäßig an die Stellen in einer Dampfanlage verteilt, an denen er kondensieren kann – im Gegensatz zu Warmwasseranlagen, an denen ein aufwendiger hydraulischer Abgleich nötig ist und viel Pumpenergie aufgewendet werden muss, um den Wärmeträger Wasser zu verteilen. Dennoch wird der Dampf als Wärmeträger oftmals nicht bevorzugt. Warum ist das so? Das liegt sicherlich an der nicht immer richtigen Ausführung der Anlagen- bzw. Rohrleitungstechnik, bei der einige wichtige Aspekte beachtet werden müssen.

Unterscheidung Wasserschlag und Dampfschlag

Nur allzu leicht gewöhnt man sich als Anlagenbetreiber daran, dass eine Dampfanlage laute Geräusche verursacht – gerade



Autor: Jürgen Vogel, Wendelstein

beim Anfahren des Dampfnetzes. Fragt der Betreiber den Ersteller der Anlage oder sonstige sachkundige Personen, so erhält er häufig die Antwort, dass solche Schläge in einer Dampfanlage ganz normal seien. Das Problem, das sich daraus ergibt, ist die Akzeptanz von Montagefehlern, die mit einfachen Mitteln zu vermeiden gewesen wären. Während des Betriebes der Dampfanlage – und besonders der kostenintensiven dampfbetriebenen Maschinen – wird es hier zu Schäden kommen, die den Geldbeutel des Brauers belasten und die Lebenszeit

einer Maschine enorm verkürzen können. Doch wie entstehen diese lauten Geräusche bzw. Schläge eigentlich? Und was kann man dagegen tun? Wichtig ist, dass die Dampfspezialisten zwei Arten von Schlägen unterscheiden, die in ihrer Entstehung völlig unterschiedlich, aber in der Art und Weise ihrer zerstörerischen Auswirkung beide gleich verheerend sind.

Der Wasserschlag

Beginnen wir mit dem Wasserschlag, denn dieser tritt wahrscheinlich häufiger auf. Dabei handelt es sich um einen Wasserpfropfen, den der Dampf in der Dampfleitung vor sich herschiebt (Abb. 1). Im Grunde wäre das nicht weiter schlimm, denn das gibt es im Prinzip in jeder Wasserleitung. Schließt man eine Wasserleitung sehr schnell, so kommt es zu einem Druckschlag, dem jeder sicher schon einmal begegnet ist. Da das Wasser aber in der Wasserleitung nur mit 1 bis 3 m/s strömt, sind die Auswirkungen eher gering. In der Dampfleitung ist die

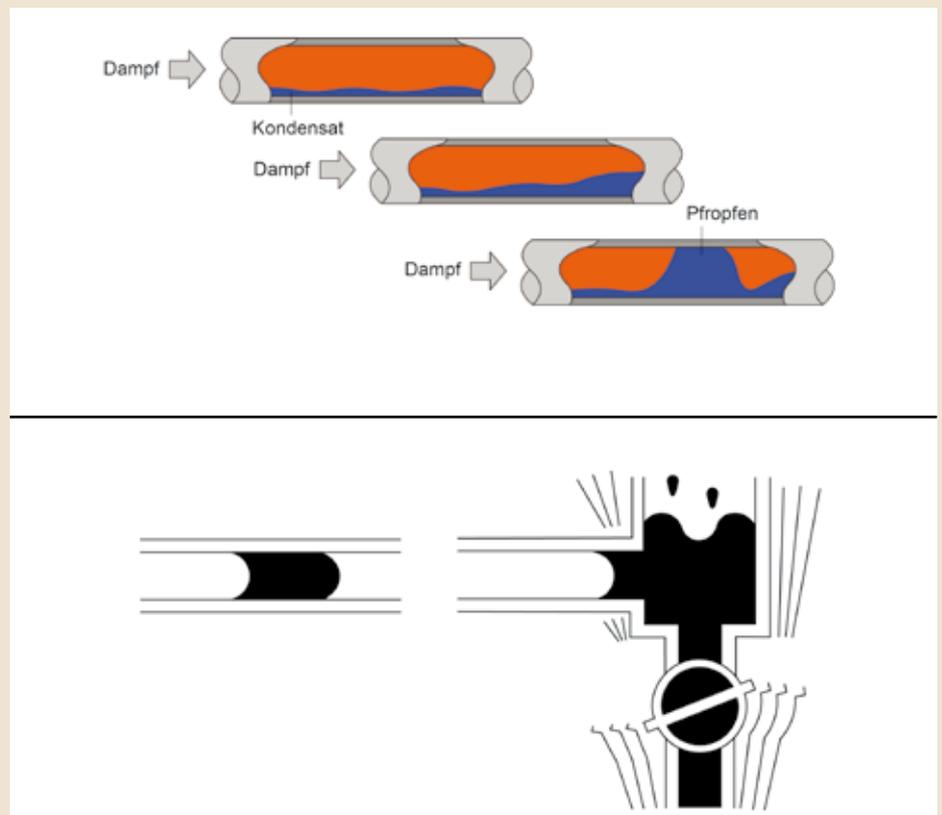


Abb. 1 Entstehung eines Wasserschlags

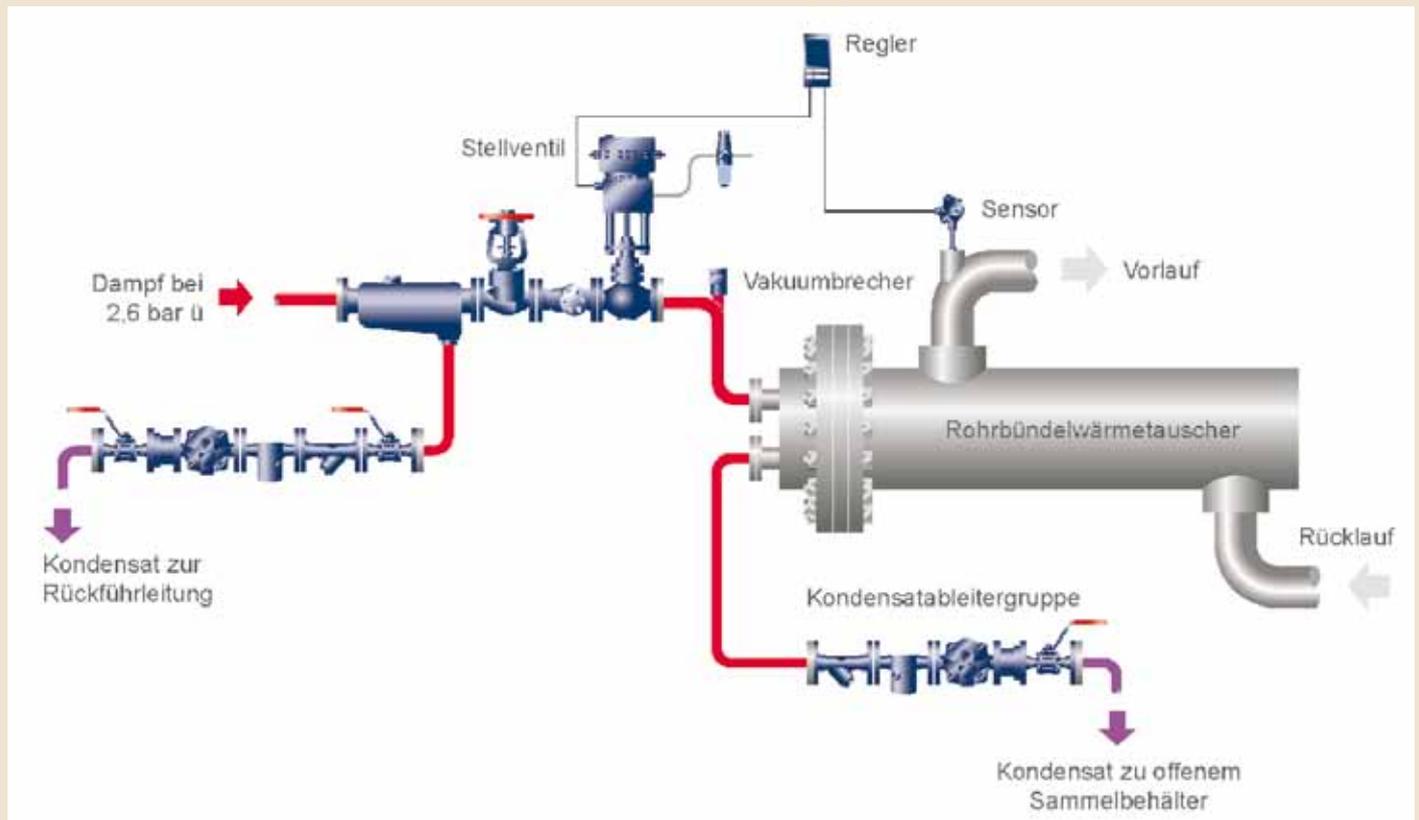


Abb. 2 Korrekte Entwässerung vor einem Stellventil

Strömungsgeschwindigkeit allerdings 25 m/s oder auch größer und man kann sich vorstellen, welche Kräfte hier wirken, wenn der beschriebene Wasserpfropfen abrupt abgebremst oder schlagartig umgelenkt wird. Das laute Knallen bereitet dabei die geringsten Probleme, viel schlimmer sind die mechanischen Auswirkungen, wie z. B. Rohrleitungen, die aus ihren Befestigungen in der Wand gerissen und Dichtungen, die zwischen den Flanschen herausgesprengt werden – oder auch Armaturen, die regelrecht explodieren.

Der Dampfschlag

Der Dampfschlag ist die andere Variante, die als zerstörerische laute Kraft in einer Dampfanlage auftreten kann. Die Entste-

hung unterscheidet sich physikalisch völlig von einem Wasserschlag, während die Auswirkungen mit der gleichen Heftigkeit zu hören, zu spüren und zu sehen sind. Prinzipiell entsteht ein Dampfschlag, wenn Wasserdampf auf kaltes Wasser trifft, dessen Temperatur unter der des Dampfes, also der Sattdampf-temperatur, liegt. Das kann unkontrolliert in schlecht entwässerten Dampfleitungen, Wärmetauschern, Kondensatableitungen oder auch kontrolliert bei Direktbeheizung von Flüssigkeiten erfolgen. Wenn nun diese beiden Medien aufeinandertreffen, wird der Dampf durch das Wasser schlagartig abgekühlt und kondensiert. Dabei wird eine Dampfblase im Bruchteil von Sekunden in Wasser umgewandelt und es entsteht eine Implosion, die in ihrer

Auswirkung einer Explosion gleicht. Das Wasser schießt schlagartig in den frei gewordenen Raum, in dem sich ein Vakuum gebildet hat. Letztendlich hören wir in der Anlage das Knallen des implodierenden Dampfes und registrieren die Erschütterung der Anlage durch die Auswirkungen der Implosion, die als Druckwelle auf die Anlage wirkt.

Verhinderung von Dampf- und Wasserschlägen

Auf Basis dieses Wissens können die Installation und die Aggregate einer Dampfanlage auf Hinweise untersucht werden, die die Entstehung dieser schädigenden Phänomene hervorrufen können. Die richtige Installation der Dampfanlage in Bezug auf Dimensionierung, Leitungsverlegung, korrekte Ausführung der Entwässerung von Dampfleitungen etc. wurde schon vielfach beschrieben und ist in Dokumentationen und Leitfäden der Spirax Sarco GmbH, Konstanz, z. B. im Grundlagenkurs, ausführlich dargestellt. Wenn Sie solche Symptome in Ihrer Anlage feststellen, können Sie auch die Ingenieure im Außendienst ansprechen, die zusammen mit Ihnen die Anlage vor Ort beurteilen. Hier wird nur ein zentrales Teil

der Dampfanlage einer Brauerei dargestellt, um dem Anlagenbetreiber bzw. Brauer zu ermöglichen, die Fehler zu erkennen und zu wissen, welche Maßnahmen helfen können, die Schläge zu beseitigen.

Wärmeübertragende Systeme im Brauprozess

Betrachten wir nun den Brauprozess, der in verschiedenen Stufen und Behältern stattfindet. Dazu gehören Maischbottich, Läuterbottich oder auch Würzpfanne. Diese Behälter sind mit unterschiedlichen Systemen zur Wärmeübertragung ausgerüstet, um die Wärme des Dampfes an das Produkt zu übertragen. Das können innenliegende Heizschlangen, Doppelmantelsysteme oder auch aufgeschweißte Halbrohre sein. In diesen Systemen wird der Dampf kondensiert und es kommt so zur Erwärmung des Inhalts.

Die Bauart dieser Behälter und das große Volumen bzw. der Inhalt führen dazu, dass diese sehr schwer und meist auch sehr hoch sind. Dadurch bedingt werden die Behälter oft im Erdgeschoss aufgestellt, damit das Fundament ausreichend ist, um das Gewicht zu tragen. Für den Brauprozess ist es nicht von Bedeutung, für den Dampf als Wärmeträger aber sehr entscheidend, dass das Kondensat, das im Wärmetauschersystem entsteht, nicht frei nach unten ablaufen kann, sondern wieder gegen Druck aus dem Wärmetauscher gefördert werden muss. Dieser Umstand führt zu den bekannten Problemen durch Dampf- und Wasser-schläge.

Entwässerung des Regelventils

Vor jedem Wärmetauscher, der in einen Behälter gebaut oder damit verbunden ist, wird ein Regelventil bzw. Stellventil benötigt, das den Dampfstrom regelt, um die richtige Temperatur im Behälter zu gewährleisten und konstant zu halten. Diese Ventile sind in der Regel mit Luft angesteuert und öffnen deshalb sehr schnell. Das führt dazu, dass der Dampf mit hoher Geschwindigkeit, ca. 25 m/s, in den Wärmetauscher einströmt. Solange es sich nur um Dampf ohne Kondensat handelt, geschieht das reibungslos. Wenn allerdings vor dem Ventil keine Entwässerung über einen Kondensatableiter erfolgt, staut sich das Kondensat vor dem geschlossenen Ventil an und sobald es öffnet, wird ein Wasserpfropfen in den Wärmetauscher gejagt, der dann zu den o.g.



Abb. 3 Kondensatableitergruppe inklusive Rückschlagventil nach dem Kondensatableiter

Beschädigungen am Wärmetauscher, Kondensatableiter oder den Armaturen führen kann. Um das zu vermeiden, muss immer darauf geachtet werden, dass vor Regelventilen eine Entwässerung der Dampfleitung erfolgt (Abb. 2).

Vakuumbrecher für Wärmetauscher

Sobald die Temperatur im Behälter erreicht ist, schließt das Regelventil und sperrt die Dampfleitung ab. Der im Wärmetauscher befindliche Dampf kondensiert und es entsteht durch die Reduzierung des Volumens ein Vakuum im Wärmetauscher. Das führt dazu, dass der Druck des Wärmetauschers niedriger ist als der Umgebungsdruck und vor allem als der Druck im Kondensatsystem. Der Vakuumbrecher lässt nun Luft in das System und das Kondensat kann im Wärmetauscher frei hin zum Ableiter laufen. Dort staut es sich auf und durch die Bildung einer Wassersäule wird es über den Ableiter in das drucklose Kondensatnetz gedrückt. Wenn nun das Dampfventil wieder öffnet, befindet sich kein kaltes Kondensat mehr darin, und so wird das Aufeinandertreffen beider Medien vermieden und es kann kein Dampfschlag entstehen.

Der richtige Kondensatableiter

Zur Entwässerung eines Wärmetauschers wird ein Kondensatableiter benötigt, der das anfallende Kondensat unverzüglich und in großen Mengen ableiten kann. Außerdem muss er über gute Entlüftungseigenschaften verfügen, um im Wärmetauscher vorhandene Luft abzuführen, da diese sonst die Wärmeübertragung an den Tauscheroberflächen behindert. Die Montage des Kondensatableiters muss auf jeden Fall tiefer erfolgen als der Austritt des Wärmetauschers liegt. So wird verhindert, dass Kondensat in den Wärmetauscher zurückgestaut wird.

Der Kondensatableiter, der diese Voraussetzungen erfüllt, ist der Schwimmerableiter, alle anderen Arten von Ableitern sind hier eher ungeeignet.

Rückschlagventil hinter dem Kondensatableiter

Normalerweise setzen wir in Kondensatableitergruppen ein Rückschlagventil hinter den Kondensatableiter, um diesen vor Dampfschlägen, die im Kondensatnetz entstehen, zu schützen. Wichtiger ist allerdings, dass das Rückschlagventil verhin-

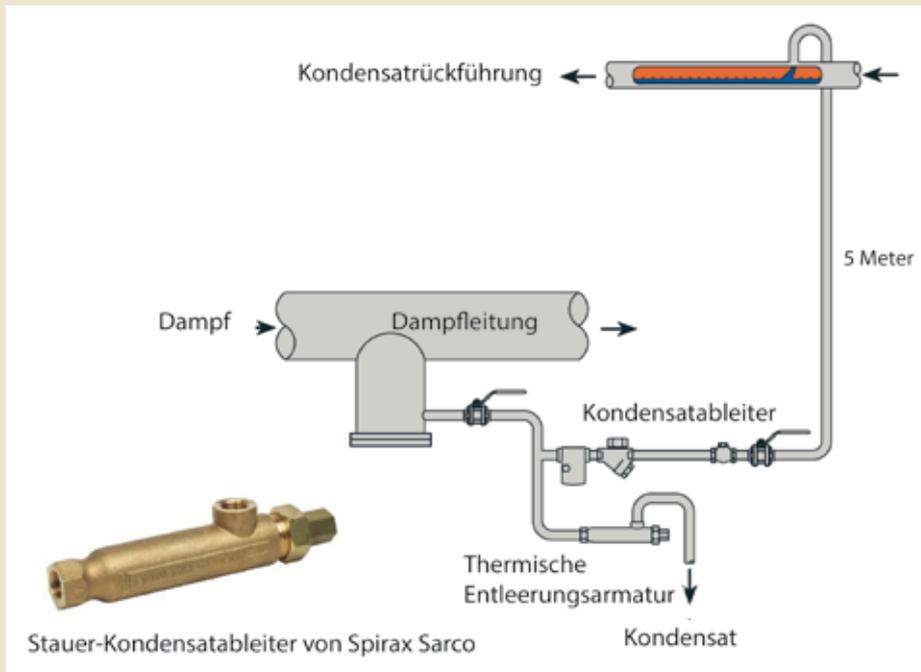


Abb. 4 Thermische Entleerungsarmatur am tiefsten Punkt der Rohrleitung

dern soll, dass Kondensat aus der Leitung über den Kondensatableiter zurück in den Wärmetauscher gedrückt wird. Bei dem betrachteten Behälter ist das sehr entscheidend, da das Kondensat meist nicht frei ablaufen kann, sondern über eine große Höhe zurück in das Kondensatsammelnetz gedrückt werden muss. Schließt nun das Dampfventil und es ist ein Vakuumbrecher eingebaut, kann trotzdem über die Wassersäule, die sich hinter dem Kondensatableiter gebildet hat, Flüssigkeit in den Wärmetauscher zurückgedrückt werden. Öffnet das Dampfventil nun wieder, sind die Voraussetzungen für die Bildung von Dampf- oder Wasserschlag zu 100 Prozent gegeben. Um das zu verhindern, sollte nach dem Kondensatableiter immer ein Rückschlagventil eingebaut werden (Abb. 3).

Thermische Entleerungsarmatur

Bisher wurde beschrieben, wie eine Dampfanlage mit Wärmetauschersystem auszurüsten ist, die sich im ständigen Betrieb befindet. Meistens wird aber eine Dampfanlage irgendwann ganz abgestellt. Nun ergibt sich die Situation, dass

das ganze System abkühlt und längere Zeit stehen bleibt. Um zu vermeiden, dass beim Wiederanfahren Dampf auf sehr kaltes Kondensat trifft und so Wasser- und Dampfschläge entstehen, muss man versuchen, das Kondensat aus der Anlage zu leiten. Dazu kann am tiefsten Punkt der Rohrleitungen ein thermischer Entleerer, z. B. bei Spirax Sarco der Stauer-Kondensatableiter ST 1730, eingesetzt werden, der öffnet, um das Kondensat aus der Rohrleitung nach außen abzuleiten. Dies geschieht, sobald es sich auf eine bestimmte Temperatur abgekühlt hat und gefahrlos in die Kanalisation geleitet werden kann. Beim Wiederanfahren des Wärmetauschers ist das ganze Sys-

tem leer und der Dampf kann ohne Probleme einströmen (Abb. 4).

Pump-Kondensatableitung bei geregelten Wärmetauschern

Wenn zur Regelung des Wärmetauschers Auf-/Zu-Ventile eingesetzt sind, helfen die oben beschriebenen Maßnahmen sehr gut. Schwieriger wird es dann allerdings, wenn der Dampf mit stetig regelnden Ventilen ausgerüstet ist. Hier kann es im Teillastbetrieb dazu kommen, dass Unterdruck im Wärmetauscher entsteht und das Kondensat innerhalb des Wärmetauschers stehen bleibt. Wenn das Kondensat nicht drucklos abfließen kann, wird es in dieser Anlage in jedem Fall zu Dampfschlägen kommen. Ein normaler Kondensatableiter reicht hier leider nicht mehr aus; es muss ein aktiver Pump-Kondensatableiter eingesetzt werden, der das anfallende Kondensat aus dem Wärmetauscher abpumpt. Dies geschieht durch Treibdampf, mit dem die Pumpe betrieben wird (Abb. 5).

Fazit

Es gibt einfache Möglichkeiten, eine Dampfanlage mit den richtigen Armaturen an den wichtigen Stellen auszurüsten, um Wasser- und Dampfschläge zu vermeiden und einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Das mindert nicht nur den Geräuschpegel, sondern dient vor allem dem Erhalt der Anlagen. Dampfspezialisten mit Ingenieuren im Außendienst, wie z. B. Spirax Sarco, können bestehende Dampfanlagen begutachten und ein entsprechendes Konzept ausarbeiten.

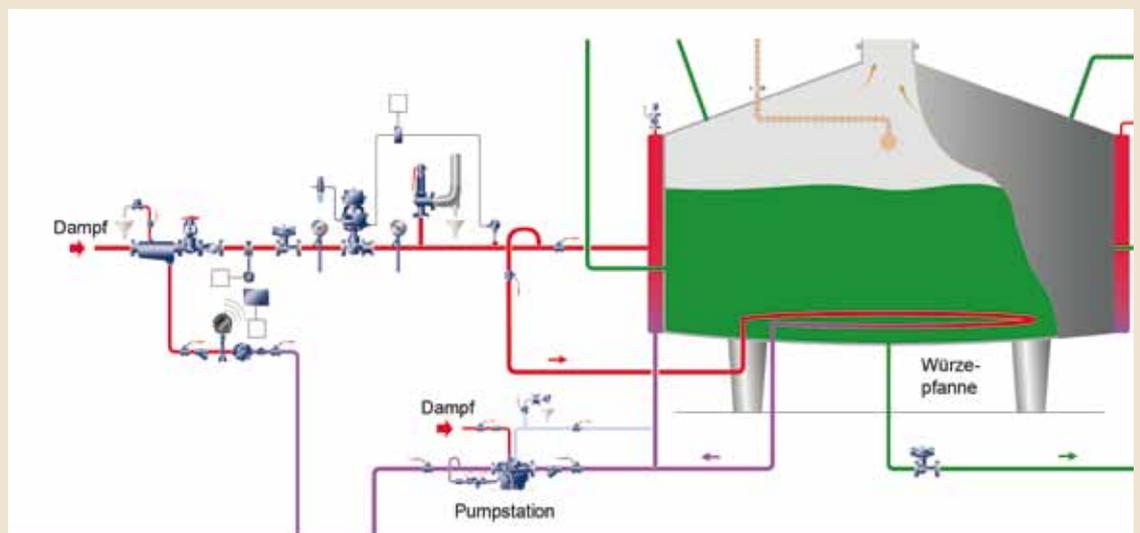


Abb. 5 Dampfanlage mit aktivem Pump-Kondensatableiter