

# Aufbereitung des Kondensates aus der Druckluftherzeugung

Dipl.-Ing. Michael Lyko, Unna; Dipl.-Ing. B. Wassenberg, Schwerte;  
Dr. Ing. Hildegard Lyko, Dortmund; Dip. Ing. Bernd Eckstein, Bochum

Die meisten Kompressoren sind ölgeschmiert, d. h. es geht auch ein gewisser Anteil dieses Öls in das Druckluftkondensat über. Je nach verwendeter Kompressorbauart und eingesetztem Schmiermittel befindet sich im Kondensat freies Öl oder es kommt zur Bildung von mehr oder minder stabilen Emulsionen. Das beeinflusst die Wahl des Verfahrens zur Öl-Wasser-Trennung, die notwendige Voraussetzung für die Einleitung des Wassers in ein Kanalnetz ist.

**Z**ur Erzeugung von Druckluft werden Kompressoren eingesetzt. Diese verdichten die angesaugte Luft und stellen so die benötigte Druckluft zur Verfügung. Die angesaugte Luft enthält je nach Wetterlage unterschiedlich viel Feuchtigkeit. Durch die Druckerhöhung vermindert sich die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf, so daß ihre relative Feuchte zunimmt und der Taupunkt überschritten wird.

Zudem wird für viele Anwendungen Druckluft mit geringer Feuchte benötigt, was eine Trocknung notwendig macht. Auf die dazu existierenden Verfahren soll hier nicht näher eingegangen werden. Wesentlich ist aber, daß sowohl bei der Verdichtung als auch bei der Trocknung Kondensat anfällt, das mit den in der angesaugten Luft enthaltenen Verschmutzungen beladen ist.

## Gesetze und Verordnungen

Die Betreiber öffentlicher Abwasseranlagen, in die meistens eingeleitet wird, regeln die Benutzung durch Satzungen oder Verträge. Diese müssen mindestens die gesetzlichen Vorschriften beinhalten, können diese aber auch verschärfen.

Das Einleiten gefährlicher Stoffe erfordert eine Genehmigung der zuständigen Landesbehörde. Diese ist durch das Wasserhaushaltsgesetz hierzu ermächtigt. Der § 7 a des WHG besagt unter anderem, daß ölhaltige Abwasser erst in den Vorfluter

eingeleitet werden dürfen, wenn sie nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik behandelt worden sind und somit eine Reduktion der Schadstofffracht erfolgt ist.

Außerdem wird für die Einleitung in die Kanalisation häufig das Arbeitsblatt A 115 der abwassertechnischen Vereinigung, „Einleiten von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage“, herangezogen. Darin sind unter anderem für Kohlenwasserstoffe folgende Einleitungsgrenzwerte festgelegt:

- a) direkt abscheidbar 50 mg/l
- b) gesamt 100 mg/l
- c) soweit im Einzelfall eine weitergehende Entfernung der Kohlenwasserstoffe erforderlich ist 20 mg/l.

Meist werden jedoch strengere Grenzwerte eingefordert.

## Aufbereitungsverfahren

Druckluftkondensate fallen in unterschiedlicher Form an. Wesentlichen Einfluß hat dabei die Kompressorbauart und das eingesetzte Öl. Auch die Kondensatmenge hat Einfluß auf das auszuwählende Verfahren. Dementsprechend haben sich auch verschiedene Aufbereitungsverfahren auf dem Markt etablieren können. Die verschiedenen Verfahren werden im Folgenden vorgestellt.

### Physikalische Trennverfahren

Auf diesem Sektor haben sich die Öl-Wasser-Trenner, unter anderem unter dem Namen „Drukomat“ (automatische Druckluftkondensat-Trenner), durchsetzen können (Abb. 1).

Dabei wird das Kondensat 1 über eine Druckentlastungskammer 2, in der die beigemengte Druckluft freigesetzt wird, dem Trennapparat 3 zugeführt. In diesem wird nun das freie Öl abgeskimmt 4. Um eine gute Abtrennleistung zu erreichen, muß die Größe des Gerätes auf den Kondensat-anfall abgestimmt werden, denn dem Kondensat muß innerhalb des Behälters genügend Verweilzeit zur Verfügung stehen, damit es zu einer vollständigen Öl-

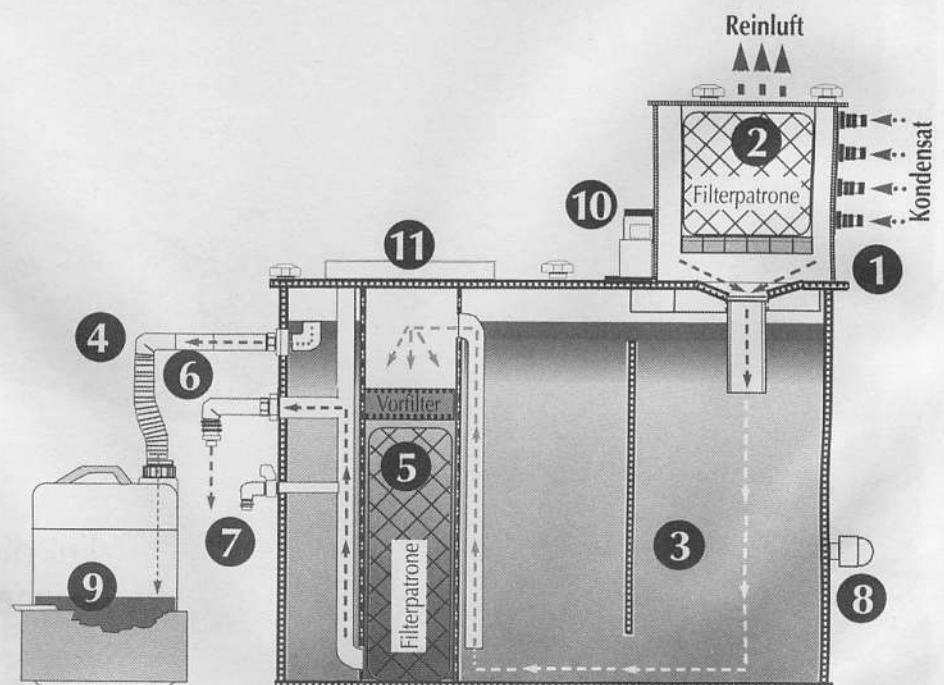


Abb. 1: Schnittbild Drukomat

### Keywords

- Abwasser
- Druckluft
- Öl-Wassertrennung
- Recht
- Kosten

Wasser-Trennung kommt. Unterstützt wird dies durch verschiedene Einbauten, die den Kondensatstrom gezielt umlenken und die Trennwirkung unterstützen.

Außerdem ist es bei diesem Verfahren möglich, durch Koalizenpakete die Tröpfchenbildung zu erleichtern. Dies ist jedoch in aller Regel nicht notwendig und zum Teil wird sogar der Trennprozeß behindert.

Das abfließende Wasser wird noch einer Schlußreinigung mit Aktivkohle 5 unterzogen und dann über den Ablauf 6 in die Kanalisation eingeleitet. Diese muß in regelmäßigen Abständen erneuert werden. Zur Kontrolle muß ein Probenahmehahn 7 am Gerät vorhanden sein. Sollte das Gerät im Freien eingesetzt werden, kann auch noch eine Heizung 8 vor Frost schützen.

Das Öl wird in einem Kanister 9 gesammelt und kann getrennt entsorgt werden. Die Entsorgung von wasserfreiem Öl ist natürlich aufgrund der Volumenreduktion besonders günstig.

Bei der Anschaffung derartiger Geräte ist darauf zu achten, daß sie baumustergeprüft sind und der DIN 1999 entsprechend. Dies gibt dem Anwender die nötige Betriebssicherheit.

Doch leider ist es mit diesem sehr preiswerten und einfachen Verfahren nur möglich, freie Öle abzutrennen. Sollte aber ein Kondensat anfallen, in dem Öl in emulgierter Form vorliegt, muß ein anderes Verfahren eingesetzt werden. Dies bedingt dann immer aber auch höhere Investitions- und Betriebskosten, da bei den Öl-Wasser-Trennern der Wartungsaufwand extrem gering ausfällt.

**Chemisch-physikalische Verfahren**

Die chemisch-physikalischen Verfahren gehören zu den Methoden, mit denen stabile Öl-in-Wasser-Emulsionen aufgebrochen werden können. In diesen Emulsionen liegt das Öl in Form von fein verteilten Tröpfchen im Wasser vor. Diese Öltröpfchen sind an ihrer Oberfläche negativ geladen, so daß die daraus resultierenden Abstoßungskräfte zwischen benachbarten Tröpfchen eine Koagulation mit nachfolgender Abscheidung verhindern.

Mit Hilfe geeigneter Zusatzstoffe werden die Oberflächenladungen neutralisiert und das Öl kann abgeschieden werden. Je nach der Klasse der eingesetzten Hilfschemikalien unterscheidet man zwischen Bentonit-, Säure- und Salzsplattung, Splattung mittels ausgeflockter Hydroxyde und organischer Splalter.

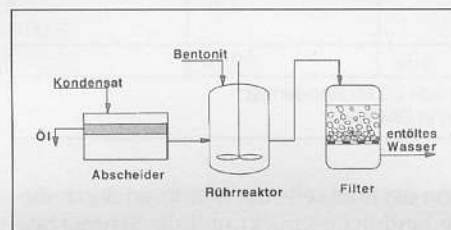
Unter den aufgeführten Verfahren hat die Bentonitsplattung für die Aufbereitung von Druckluftkondensat die größte Bedeutung erlangt, da es ein seit längerer Zeit erprobtes und angewendetes Verfahren ist.

Bentonit ist ein Tonerdemineral, das in der Lage ist, die Oberflächenladungen der

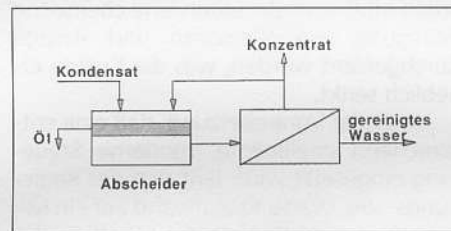
Öltröpfchen zu überwinden und sie so zu größeren Flocken zusammenzuführen. Dabei werden die Ölpartikel vernetzt und dauerhaft im Bentonit eingebunden. Das Prinzip der Bentonitsplattung ist in Abb. 2 schematisch dargestellt.

Nachdem freies Öl aus dem Kondensat abgeschieden worden ist, tritt die Emulsion in einen Rührreaktor ein, in dem das Bentonit zugesetzt wird. Die Abtrennung des Wassers von den Bentonit-Öl-Flocken erfolgt mechanisch durch einen Filter.

Bei der Säuresplattung wird die negative Oberflächenladung der Öltröpfchen durch die H<sup>+</sup>-Ionen neutralisiert, so daß die Tröpfchen sich zu größeren zusammenlagern können. Das führt aber



**Abb. 2: Bentonit-Splattung**



**Abb. 3: Fließbild Membrantrennverfahren für die Kondensatentölung**

zwangsläufig zu einer unerwünschten Erniedrigung des pH-Wertes, die durch Zugabe einer Lauge reguliert werden muß. Die Folge ist eine relativ hohe Salzkonzentration im entölten Kondensat.

Bei der Salzsplattung wird die Neutralisation der Oberflächenladung der Öltröpfchen durch mehrwertige Metallkationen, wie z. B. dreiwertiges Eisen aus Eisen-III-Chlorid, bewirkt. Die Splattung mittels ausgeflockter Hydroxyde ist geeignet zur Restentölung eines mit Salzen behandelten Kondensates. Dabei wird im salzbeladenen Kondensat mittels einer Lauge ein pH-Wert eingestellt, bei dem das Metallhydroxyd als Flocken ausfällt. Diese adsorbieren das noch im Wasser enthaltene Restöl.

Bei der Emulsionssplattung mit Hilfe organischer Splattprodukte handelt es sich um ein relativ junges Verfahren, bei dem die Neutralisation der Oberflächenladung der Öltröpfchen durch entgegengesetzt geladene aktive Gruppen an synthetischen, hochpolymeren Molekülen erfolgt. Das Problem der pH-Wert-Verschiebung oder einer Aufsalzung des Wassers besteht hierbei nicht. Dafür besteht bei einer Über-

dosierung des Splattmittels die Gefahr einer unerwünschten Emulsionsstabilisierung.

Bei der chemischen Emulsionssplattung entstehen eine nahezu kohlenwasserstofffreie Wasserphase und eine häufig fremdstoffbehaftete Ölphase, die mechanisch abzutrennen ist. In der Praxis werden Anlagen verwendet, in denen die Zugabe von Splatt- und Flockungshilfsmitteln mit einer Druckentspannungsflotation kombiniert wird. Dabei wird das Druckluftkondensat zusammen mit der zur Flotation benötigten Luft und dem Splattmittel in den Flotationskessel gepumpt.

Durch die Druckerhöhung ist die Lösungsfähigkeit des Kondensates für die Luft erhöht, so daß bei der anschließenden Entspannung in der Flotationskammer eine ausreichende Menge ausgasen kann.

Durch Zugabe des Emulsionssplattmittels in den Saugstrom wird die vollständige Vermischung von Kondensat und Splattmittel von der durch die Pumpeneinbauten hervorgerufenen Turbulenz unterstützt. Eventuell benötigte Flockungshilfsmittel können auf der Druckseite der Pumpe zudosiert werden.

Der Flotatschaum wird in einem dem Flotationsbehälter nachgeschalteten Filter noch weiter entwässert, wobei das anfallende Filtrat in den Pumpensumpf der Ölabscheideanlage zurückgeführt wird.

Die Nachteile einer chemisch-physikalischen Emulsionssplattung ergeben sich aus der Zugabe der zur Trennung erforderlichen Hilfsstoffe. Das Öl liegt häufig als fremdstoffbehafteter Schlamm vor, der als Sondermüll zu entsorgen ist. Auch das vom Öl befreite Kondensatwasser ist mit zusätzlichen, u. U. unerwünschten, Salzen befrachtet, die die Möglichkeiten der Direktreinleitung oder der betrieblichen Verwendung einschränken und eine zusätzliche Aufbereitung, z. B. durch ein Membrantrennverfahren, erforderlich machen können.

**Membrantrennverfahren**

Eine weitere Möglichkeit, stabile Emulsionen aufzusplatten, bieten die Membrantrenntechniken. Als Trennverfahren kommen die Ultrafiltration und die Mikrofiltration in Frage. Dabei wird das Kondensat entlang der Membran geleitet und gereinigtes und einleitbares Wasser tritt durch diese hindurch. Dadurch wird das restliche Kondensat aufkonzentriert und die Ölkonzentration nimmt zu (Abb. 3).

Dabei darf freies Öl die Membran nicht benetzen, da es sonst zu einer Verblockung der Poren kommt und die Membran vor einer weiteren Benutzung erst gereinigt werden muß. Deshalb wird bei dem Einsatz von Membrantrennanlagen auch das freie Öl erst abgeskimmt. Es empfiehlt sich, auch bei der Trennung von Emulsionen durch die Membrantrenntechni-



**Tabelle 1: Kosten der Verfahren**

	mech. Trenner	Fällung	Membrantrenner
Investitionskosten	2000,00	8000,00	7500,00
- Abschreibung linear 5 Jahre	3,20	12,80	12,00
- Verzinsung 7 %	1,12	4,48	4,20
Betriebskosten			
Entsorgung freier Öle (ca. 1 l)	0,55	0,55	0,55
Entsorgung von:			
- Aktivkohle	0,21		
- Schlamm		4,10	
- Konzentrat (5 l)			2,75
Betriebsstoffe			
- Fällungsmittel		4,80	
- Reinigungsmittel			0,50
Energie		0,45	0,77
Wartung			
- Aktivkohle	3,04		
- Filter		2,10	
- Membran			2,60
Gesamt	8,12	29,28	23,37

Alle Angaben beziehen sich auf eine Anlagenleistung von 20 l/h Kondensat.  
(Jahresleistung: 125 m<sup>3</sup>/h). Die Kosten sind Angaben in DM/m<sup>3</sup>.

nik einen Öl-Wasser-Trenner vorzuschalten.

Wählt man diese recht preiswerten Geräte entsprechend groß, so kann man das an der Membran vorkonzentrierte Kondensat wieder in den Trenner zurückführen und erreicht damit eine höhere Aufkonzentrierung und dementsprechend werden auch die Entsorgungskosten gesenkt.

Je nach verwendetem Öl und den durch die Luft aufgenommenen Verschmutzungen muß in bestimmten Zeitabständen eine Reinigung des Moduls durchgeführt werden. Bei entsprechender Membranwahl kann sie zu diesem Zweck rückgespült werden. Dabei wird sauberes Wasser

von der Rückseite der Membran durch diese hindurchgedrückt und die Schmutzablagerungen (Fouling) werden von der Membran abgehoben und entfernt. Dadurch muß nur sehr selten eine chemische Reinigung von Membran und Anlage durchgeführt werden, was die Kosten erheblich senkt.

Unter der Voraussetzung, daß eine entsprechend intelligente, moderne Steuerung eingesetzt wird, läßt sich der Bedienung- und Wartungsaufwand auf ein Minimum senken. Damit steht ein effizienter und wirkungsvoller Anlagenaufbau für den Betriebsalltag zur Spaltung von Öl-Wasser-Emulsionen aus der Drucklufterzeugung zur Verfügung.

## Aufbereitungskosten

Dem Betreiber einer Druckluftanlage bleiben außer der Fremdentsorgung somit im wesentlichen die folgenden Möglichkeiten, das daraus anfallende Kondensat zu behandeln:

Einsatz eines Öl-Wasser-Trenners  
die Bentonit-Spaltung

Einsatz einer Membrantrennanlage.

Für diese vier Möglichkeiten sind in Tabelle 1 die anfallenden Kosten aufgeführt. Die anderen chemisch-physikalischen Verfahren sind so komplex aufgebaut, daß sie erst ab einer Anlagengröße interessant werden, wie sie bei der Entölung von Druckluftkondensat nicht erreicht wird.

Bei der Abgabe des gesamten Kondensates an ein Entsorgungsunternehmen fallen dagegen Kosten in Höhe von ca. 200 DM/m<sup>3</sup> an. Diese Entsorgungsmöglichkeit scheidet aufgrund der schlechten Ökonomie aus.

## Zusammenfassung

Die mechanischen Öl-Wasser-Trenner stellen die mit Abstand kostengünstigste Alternative dar. Sie sollten also immer dann eingesetzt werden, wenn das Kondensat keine Emulsionen bildet und die geforderten Grenzwerte eingehalten werden können.

Für die anderen Fälle stellen die Membranverfahren die preiswerteste Lösung dar. Sie sind auch technisch den Fällungsverfahren vorzuziehen, weil keine Zuschlagsstoffe, die als Abfall entsorgt werden müssen, eingesetzt werden.

Grundsätzlich müssen die Kondensate aus der Drucklufterzeugung aber aufbereitet werden.

EP

Sonderdruck aus "Entsorgungs Praxis" 05/1995

überreicht durch:

**Wortmann**  
Druckluft GmbH

Drucklufttechnik  
Kondensattechnik

Postfach 14  
D-58724 Fröndenberg

Telefon 0 23 78 / 40 24  
Telefax 0 23 78 / 35 69