

# Teil 11

### 11.0 Kondensataufbereitung

Kompressoren dienen der Erzeugung von Druckluft. Dabei fällt als Nebenprodukt, je nach Luftfeuchte und Temperatur, eine mehr oder weniger große Menge Kondensat an. Um dieses Kondensat aus der Druckluft zu entfernen, wird ein hoher technischer Aufwand betrieben. Nachkühler, Abscheider, Filter und Adsorptionstrockner dienen nur einem Zweck, das Erreichen einer definierten Druckluftqualität und damit zwangsläufig dem Abscheiden von Kondensat.

Bei diesem Kondensat handelt es sich um ein Produkt aus angesaugten Schadstoffen der Atmosphäre, die von Wasseraerosolen gebunden werden. Alle Bestandteile der Ansaugluft wie Kohlenwasserstoffe aus dem Schmieröl des Kompressors, Abgasemissionen<sup>1</sup>, Lösungsmitteldämpfe sowie verschiedene Mikrostäube bilden, in Verbindung mit der ausgeschiedenen Feuchte und dem Ölanteil je nach verwendetem Kompressortyp, ein öliges und schmieriges oder höchst aggressives Kondensat.

Ölfreies Kondensat gleicht destilliertem Wasser und nimmt daher begierig Mineralstoffe auf. Atmosphärische Luft enthält große Mengen saurer Bestandteile, die bei Verbrennung fossiler Stoffe frei werden. Durch Aufkonzentrierung wird der pH-Wert des Kondensats bis ca. 4 reduziert. Bei ölgeschmierten Verdichtern ist der Aufkonzentrationsfaktor des Kondensats mit Ölanteilen bis zum 300-fachen höher als in der Luft. Durch die Verdichteröle wird der Kondensat-pH-Wert teilweise neutralisiert. Zumeist fallen Kondensate von pH 4 - pH 6 an.

Die Problematik der Kondensataufbereitung gewinnt mit wachsendem Umweltbewußtsein und verschärften Gesetzaufgaben immer mehr an Bedeutung. Vor allem ölhaltige Verdichterkondensate müssen vor Einleitung in die Kanalisation aufbereitet werden.

---

<sup>1</sup>z.B. Schwefeldioxyd

Nach § 7a Wasserhaushaltsgesetz sind Betreiber von ölgeschmierten Kompressoren verpflichtet, das ölhaltige Kondensat dem Stand der Technik entsprechend zu beseitigen. Da es sich hierbei immer um Wasser handelt, das Öl enthält, in disperser<sup>2</sup> oder emulgierter<sup>3</sup> Form, bestehen zwei Möglichkeiten:

- Sammeln in Tanks und Entsorgung durch Fachfirmen oder besser
- Aufbereiten mit Kondensatableiter, Öl-/Wasser-Trenner und Emulsionstrennanlagen

Für chemisch erzeugte Emulsionen werden Emulgatoren eingesetzt. Emulgatoren sind Stoffe, die eine homogene Emulsion bewirken und eine Entmischung in zwei Phasen verhindern. Durch sie können unpolare Substanzen wie Öle, Fette, Kohlenwasserstoffe oder Lösungsmittel, Benzine, Mineralöle in polare Flüssigkeiten wie Wasser mehr oder minder stabil eingebunden werden. Damit man solche Abfälle oder Wasser reinigen kann, ist es oft erforderlich, den Emulgator unwirksam zu machen, d.h. die Emulsion zu spalten. Kompressorenkondensate sind mechanisch erzeugte Emulsionen.

Durch Zusatz von Flockungsmittel werden feinst emulgierte Öltröpfchen an eine vom Flockungsmittel erzeugte Mikroflocke adsorptiv gebunden. Zur weiteren Verbesserung der Flockung werden zusätzlich zu den Flockungsmitteln Flockungshilfsmittel eingesetzt, die durch Einlagerung in die sich bildenden Mikro- und die daraus resultierenden Makroflocken deren Sedimentationsprozeß erhöhen bzw. die Floatierbarkeit verbessern.

Durch ein weiteres Verfahren, der Ultrafiltration<sup>4</sup> lassen sich Emulsionen ebenfalls trennen. Dieses Verfahren erfordert keine zusätzlichen Flockungsmittel. Die Anlage ist relativ preiswert und man erhält ein Filtrat von hohem Reinheitsgrad<sup>5</sup>. Vor allem zur Entfernung von größeren Molekülen und Makromolekülen ist die Ultrafiltration geeignet. Bei einer Pressung von 2,5 - 4 bar<sup>6</sup> können kleinere Moleküle die Membrane passieren, größere Teilchen werden zurückgehalten. Die Ultrafiltration eignet sich deshalb auch für den weiten Bereich der Abwasserreinigung.

Spaltanlagen werden in diesem Teil nicht weiter erläutert, da der Einsatzbereich weit über die Kondensataufbereitung hinaus möglich ist.

---

<sup>2</sup>verstreuter

<sup>3</sup>unlöslicher

<sup>4</sup>siehe Abs. 11.3

<sup>5</sup>kleiner als 1 mg/l

<sup>6</sup>Umkehrosrose dagegen p = 20 - 80 bar

Die für die Kondensataufbereitung weitaus interessanteren Einheiten wie Öl-/Wasser-Trenner und Emulsionstrennanlagen<sup>7</sup> sind das Thema der weiteren Abschnitte.

### 11.1 Kondensatarten

Öl-/Wasser-Gemische als Kompressorkondensate liegen in unterschiedlichen Formen vor. Drei typische Formen sind zu nennen:

- Grob disperse Gemische
- Fein disperse Gemische
- Emulsionen

Bei den grob dispersen Gemischen sind einzelne Öltröpfchen im Kondensat groß genug, um aufgrund der Dichtedifferenz zum Wasser in einer Beruhigungszone mit geringer Strömungsgeschwindigkeit an die Wasseroberfläche zu steigen. Diese grob dispersen Gemische, als ölhaltiges Kompressorkondensat in der Praxis zum großen Teil anzutreffen, werden durch Schwerkrafttrennung mit nachgeschalteter selektiver Adsorption an Aktivkohle mit Öl-/Wasser-Trenner aufbereitet.

Fein disperse Gemische trennen sich nur noch in Grenzen durch Schwerkraft. Sie lassen sich allerdings teilweise, bei entsprechender Anströmfläche, mit Koaleszenzfiltern koalieren, wobei hier auf eine gute Vorsedimentation<sup>8</sup> geachtet werden muß. Die in diesen Gemischen vorhandenen Restölanteile werden anschließend selektiv an Aktivkohle gebunden.

Emulsionen unterscheiden sich erheblich von dispersen Gemischen. Zum Verständnis soll auf die chemische Struktur der Kompressoröle näher eingegangen werden.

Öl besteht aus langkettigen Kohlenwasserstoffen ohne polares Zentrum. Da Wasser teilpolar ist, gibt es keine nennenswerten Wech

---

<sup>7</sup>Ultrafiltration

<sup>8</sup>Stoffabsetzung

selwirkungen zwischen den Öl- und Wassermolekülen. Öl verhält sich grundsätzlich hydrophob<sup>9</sup>.

Eine Teilaufgabe des Kompressoröls besteht darin, entstehendes Kondenswasser zu binden. Dazu werden dem Öl Additive mit polaren Gruppen zur Wasserbindung zugegeben oder langkettige, unpolare Molekülgruppen, die dann im Öl löslich sind. Solche Eigenschaften erfüllen Aminverbindungen oder Natriumsalze der Fettsäure. Diese Substanzen fördern die Bildung stabiler Emulsionen mit dem Öl über die langkettigen Anteile. Im Gegensatz dazu bilden polare Anteile Brücken zu den Wassermolekülen.

Emulsionen entstehen durch wasserbindende Additive oder durch Eintragung mechanischer Energie. Bei Kompressorkondensaten treten beide Formen auf, wobei der Hauptanteil der Emulsionen auf die mechanisch erzeugten zurückzuführen ist. Diese Emulsionen beinhalten in der Wasserphase sehr fein verteilte Öltröpfchen mit Durchmessern unter 50 Mikron. Diese Öltröpfchen sind gleichnamig elektrisch geladen, was eine Koaleszenz der Tropfen verhindert. Eine Vorreinigung durch Schwerkraft und Koaleszenzfilter ist damit ausgeschlossen, eine Reinigungsstufe mit Aktivkohle unwirtschaftlich. Der Energieeintrag geschieht nicht nur während der Kompression der Druckluft, auch die Ableitung des Kondensats trägt erheblich Energie in das Kondensat ein.

So werden z.B. zeitgetaktete Kondensatablasventile in der Praxis mit einem Sicherheitsbeiwert so eingestellt, daß die maximal mögliche Kondensatmenge mit einem Druckluftschub ausgeschleust wird. Bei geringerer Kondensatmenge und konstanter Zeiteinstellung erhöht sich proportional und unnötigerweise der Druckluftschub.

Öffnet das zeitgetaktete Kondensatablasventil, wird zunächst die Kondensatmenge ins Kondensat-Rohrleitungssystem gedrückt und es entstehen durch geringe Querschnitte hochturbulente Strömungen. Beim Aufprall werden Öltröpfchen mikrodispers zerschlagen, da die mit hoher kinetischer Energie aus dem Magnetventil ausströmende Druckluft die Tröpfchen extrem beschleunigt.

Reibung an den Rohrwandungen und in der Luft bilden zusätzlich elektrostatische Ladungen auf den Öltröpfchen. Das Ergebnis ist eine äußerst stabile Emulsion. Die Verteilungsform der kleinsten Öltröpfchen in der Kondensatphase steht dafür, ob eine Emulsion entsteht oder nicht. Bei einem Öltröpfchendurchmesser von 100 Mikron oder kleiner ist der

---

<sup>9</sup>wasserabweisend

Grenzwert erreicht, bei dem keine Phasentrennung auf rein physikalischem Wege mehr möglich ist.

Stabile Emulsionen sind unter Umständen maschinenspezifisch. Frischölgeschmierte Rotationskompressoren älterer Bauart, vom Aufbau her zuverlässig und robust, werden in der Praxis überwiegend mit Motoröl geschmiert. In Verbindung mit auch stellenweise hohen Verdichtungsendtemperaturen ist eine konventionelle Öl-/Wasser-Trennung praktisch ausgeschlossen.

Fast gleichwertig sind große luftgekühlte Kolbenkompressoren sowie Anlagen für hohe Druckbereiche einzustufen, da starke thermische Einflüsse die Demulgiereigenschaften auch hochwertiger Kompressorenöle negativ beeinflussen. Öle mit starker Emulsionsneigung sind grundsätzlich alle mit der Klassifikation HD oder SAE beschriebenen Motorenöle, da die Emulsionsneigung für die ureigensten Einsatzgebiete dieser Öle überaus wichtig ist. Auch gut demulgierfähige Öle können HD-Öl-ähnliches Verhalten aufweisen. Ursächlich steht dafür:

- Zu lange Standzeiten des Öls im Kompressor mit der Folge einer zu hohen mechanischen Beanspruchung bei intensiver Beeinträchtigung durch Luftsauerstoff und Alterung. Antioxydationsbestandteile, Schaumhemmer und Demulgatoren verlieren ihre Eigenschaften. Es bilden sich innerhalb von Stunden stabile Emulsionen.
- Beeinflussung des Öls durch angesaugte Emulsionsbildner, wobei dieses Symptom unter bestimmten Voraussetzungen schon nach kurzer Ölstandzeit auftreten kann. Es ist zu prüfen, ob mit der Ansaugluft emulsionsfördernde Substanzen angesaugt werden, welche die Charakteristik der Kompressorenöle negieren wie z.B. Emissionen einer Verbrennungsanlage<sup>10</sup> oder PVC-Verarbeitung<sup>11</sup>.

Dagegen besitzen Kompressorenöle nach DIN 51506 (VBL-, VCL- und VDL-Öle) ein recht gutes Demulgierverhalten. Diese Öle haben zwar Zusätze gegen Oxydation und Korrosion, jedoch beinhalten sie keine Detergenzien<sup>12</sup>, die Wasser und Schmutzstoffe in Öl binden sollen. Diese Öle werden vorwiegend in Rotations- und Schraubenkompressoren eingesetzt. Die Demulgiereigenschaften verschlechtern sich jedoch um so mehr, je höher die Anforderung an das Kompressoröl ist.

---

<sup>10</sup>katalytische Wirkung

<sup>11</sup>Bildung von Salzsäure

<sup>12</sup>Wasserentspanner

So zeigen beispielsweise Kondensate aus ein- und zweistufigen Kolbenkompressoren ein sehr gutes Demulgierverhalten, während das gleiche Öl in einem vierstufigen Kolbenkompressor fast zwangsläufig zur Bildung von Kondensatemulsion führt. Die hohe Verdichtungsendtemperatur und der hohe Enddruck der Luft führen also zu einer negativen Beeinflussung des Demulgierverhaltens.

Der Einfluß von Turbinenöl und synthetischem Öl als Kompressorschmierstoff gewährleistet in den überwiegenden Fällen, daß das anfallende Kondensat keine Kondensatemulsion bildet. Gerade Turbinenöl hat ein exzellentes Wasserabscheideverhalten, da diese Öle für die Umlaufschmierung und hydraulische Regelung der Turbinen eingesetzt wird. Hierbei muß verhindert werden, daß sich Emulsionen bilden. Die positive Eigenschaft des Turbinenöls kommt daher beim Einsatz in Kompressoren voll zum Tragen.

Synthetisches Öl besitzt ebenfalls ein gutes Demulgierverhalten und enthält eine auf schweren Luftkompressorbetrieb ausgerichtete Wirkstoffkombination. Im Vergleich zu mineralischem Öl ist vor allem die Oxydations- und Temperaturstabilität hervorzuheben.

Unsicherheit wird bei Beschreibung der Kondensate immer wieder deutlich. Die entscheidende Fragestellung lautet: Handelt es sich lediglich um ein Öl-/Wasser-Gemisch oder um eine echte Emulsion? Diese Frage kann jederzeit mit Hilfe eines simplen Tests beantwortet werden. Ein sauberes Glas wird mit Kondensat gefüllt. Nach Beruhigung der Flüssigkeit wird nach einiger Zeit eine Öl-/Wasser-Trennung im Glas sichtbar. An der Oberfläche schwimmt eine abgesetzte Ölschicht und darunter hat sich eine fast klare Wasserphase gebildet. Für dieses klar definierte disperse Gemisch reicht mit Sicherheit ein einfacher Öl-/Wasser-Trenner zur Aufbereitung aus.

Sollte allerdings unter der Ölschicht eine recht trübe Wasserphase verblieben sein, handelt es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um eine echte Emulsion. Hier kann auf Dauer als langfristig sinnvolle Lösung nur eine Emulsionstrennanlage zum Einsatz kommen. Selbst eine optimale Kondensatableitung und Einleitung in einen Öl-/Wasser-Trenner führt nicht zur Spaltung von echten Emulsionen.

Im Kondensat enthaltene Mineralöle sind biologisch sehr schwer abbaubar und gefährden das Leben in stehenden und fließenden Gewässern, beeinträchtigen den Betrieb von Kläranlagen und behindern den Sauerstoffeintrag sowie die Schlammfäulung. Deshalb verlangt der Gesetzgeber eine entsprechende Aufbereitung des ölhaltigen Wassers,

wobei der maximale Grenzwert für Kohlenwasserstoffe<sup>13</sup> bei < 20 mg/l liegt<sup>14</sup>. Da nach dem Wasserhaushaltsgesetz eine Verdünnung zur Verminderung der Schädlichkeit nicht zulässig ist, müssen die Stoffe Öl und Wasser getrennt werden.

Leichtflüssigkeitsabscheider nach DIN 1999, die meist in der Kanalisation eingesetzt werden oder einfache Absetzbecken mit einigen Umlenkblechen sind für die Aufbereitung von Luftverdichter-Kondensat nicht geeignet. Das ausfließende Wasser enthält nach diesen Geräten meist einen unzulässig hohen Restölgehalt von etwa 30 - 200 mg/l.

## 11.2 Öl-/Wasser-Trenner

Öl-/Wasser-Trenner mit integriertem Aktivkohlefilter trennen kontinuierlich ölhaltige Kondensate aus Druckluftanlagen in Öl und Wasser. Der Restölgehalt des ablaufenden Wassers liegt nur dann während einer genügend langen Standzeit sicher unter dem Grenzwert von 20 mg/l, wenn das eingeleitete Kondensat ein Gemisch aus Öl und Wasser ist. Öl-/Wasser-Trenner eignen sich nicht für die Einleitung von stabilen Emulsionen.

Dem Öl-/Wasser-Trenner wird das Kondensat zugeführt aus dem Druckluftsystem über niveaugesteuerte Kondensatableiter<sup>15</sup>. Blasende Ableiter wie Schwimmerableiter oder auch Magnetventile als Ableiter in der Zuleitung zum Öl-/Wasser-Trenner können nur bedingt eingesetzt werden unter der Voraussetzung, daß große Querschnitte eine hochturbulente Strömung ausschließen und Öltröpfchen beim Aufprall nicht mikrodispers zerschlagen werden.

Öl-/Wasser-Trenner finden ihren optimalen Einsatz bei Öl-/Wasser-Gemischen, die sich schon allein durch die Schwerkraft trennen lassen. Die mit dem Luftverdichtungsprozeß angesaugten Inhaltsstoffe (z.B. Stäube, Lösemitteldämpfe, Pollen etc.) können das Trennverhalten zwischen Öl- und Wasserphase so beeinflussen, daß Kondensat-

---

<sup>13</sup>Stand 1994

<sup>14</sup>in einigen Gemeinden bei 5 - 10 mg/l

<sup>15</sup>siehe Bild 4.10.1.2

Trennsysteme dieses Kondensat nur unbefriedigend in Öl und Wasser trennen können. Das bedeutet, daß dann die Schwerkraftabscheidung kaum noch funktioniert.

Die Kondensatzuführung zum Öl-/Wasser-Trenner (Bild 11.2.1) verläuft unter Druck. Der Druckabbau erfolgt in einem Expansions- und Entlüftungsdom (Pos. 1). Durch die hydropneumatische Wirkung wird eine stets optimal beruhigte Wasseroberfläche im Separationsbehälter erreicht. Die entweichende Luft wird durch die im Expansions- und Entlüftungsdom eingesetzte Adsorptionsmittelschicht<sup>16</sup> (Pos. 2) neutralisiert. Über ein um 180 ° gekrümmtes Tauchrohr (Pos. 4) werden die im Kondensat enthaltenen Ölanteile bereits in der ersten Separationskammer (Pos. 5) besonders effektiv zur Wasseroberfläche geleitet. Mitgeführte Schmutzpartikel lagern sich im herausnehmbaren und leicht zu reinigenden Sieb (Pos. 6) ab.

Das nach der zweiten Separationskammer (Pos. 7) weitgehend gereinigte Kondensat durchfließt anschließend zwei in Reihe geschaltete Aktivkohlefilter (Pos. 8). Dabei werden auch feinste Öltröpfchen zurückgehalten. Sehr lange Verweilzeiten garantieren die besonders hohe Effizienz und den hohen Wirkungsgrad der Öl-/Wasser-Trenner. Die Standzeit der Aktivkohle hängt vom Emulgierungsgrad des Öls im Wasser ab.

In halber Höhe der zweiten Aktivkohlestufe ist eine einfache Kontrolle des Sättigungsgrades der Aktivkohle mittels Referenztrübungsmessung durchzuführen. Dazu kann das Testventil (Pos. 11) auch während des Betriebes geöffnet und eine Wasserprobe entnommen werden.

---

<sup>16</sup>Aktivkohle

---

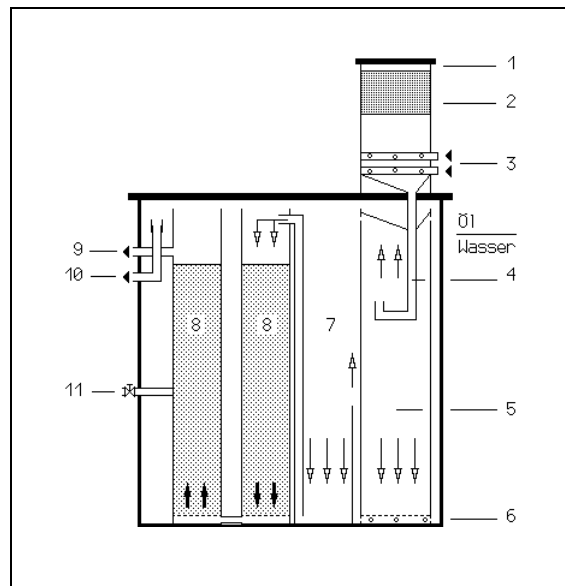


Bild 11.2.1

Da das spezifische Gewicht des Öls geringer ist als das des Wassers, schwimmt das Öl auf der Wasseroberfläche. Der höhenverstellbare Öl-Abfluss (Pos. 10) liegt 0,5 - 1 cm über dem Wasserniveau. Sobald genügend Öl auf der Wasseroberfläche abgesetzt ist, fließt dieses automatisch aus dem Öl-/Wasser-Trenner in einen Öl-Auffangbehälter.

Das gereinigte Wasser kann über den Wasserablauf (Pos. 9) direkt in die Kanalisation eingeleitet werden. Der Öl-Restwert des abfließenden Wassers ist kleiner als 10 mg/l. Der maximale Kondensatdurchsatz, der Restölgehalt sowie die Standzeit der Aktivkohlefilter werden im wesentlichen durch die Kompressorbauart und verwendeten Schmierölsorten bestimmt.

Wie dem Diagramm 11.2.1 zu entnehmen ist, sind Kondensate von Kolbenverdichtern wegen der höheren Verdichterendtemperatur problematischer als solche von Rotations- oder Schraubenkompressoren. Kompressoröle, die zur Emulsionsbildung neigen, führen nur dann zu akzeptablen Ergebnissen, wenn der Kondensatdurchsatz erheblich reduziert wird.

Für Öl-/Wasser-Trenner, die nach dem Prinzip der Schwerkraft arbeiten, ist das Behältervolumen und die daraus resultierende Verweilzeit ein wesentlicher verfahrenstechnischer Parameter. Für die Trennwirkung ebenfalls entscheidend ist die Zahl der Umlenkungen innerhalb des Systems. Diese beiden Positionen grenzen die konstruktive Größe

des Öl-/Wasser-Trenners ein. Aktivkohle als Material zur Öl-/Wasser-Trennung hat letztlich nur eine Einsatzberechtigung bei Öl-/Wasser-Gemischen, die sich schon allein durch Schwerkraft gut trennen lassen. Die Entsorgungskosten der Aktivkohle setzen diesem Prinzip wirtschaftliche Grenzen.

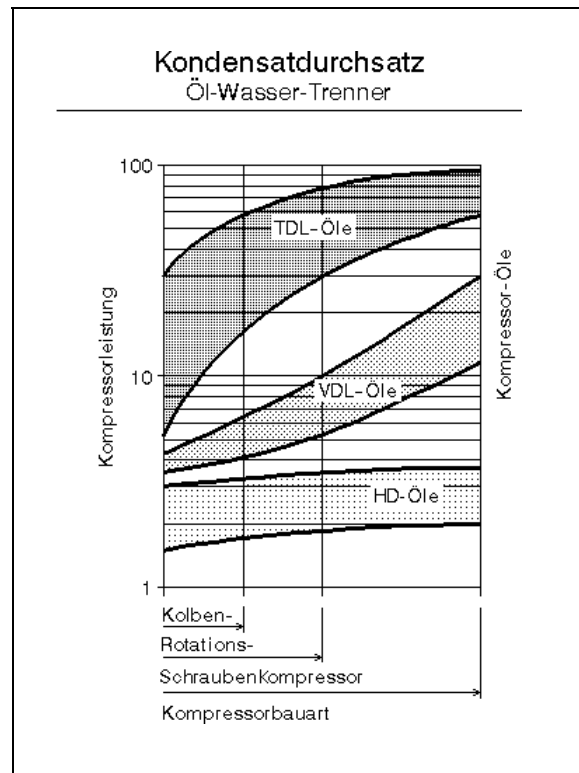


Diagramm 11.2.1

Beim Einsatz der Öl-/Wasser-Trenner für Emulsionen müsste die Aufgabe der Ölabscheidung zwangsläufig von den Aktivkohlefiltern übernommen werden. Die Aufgabenverschiebung von der nicht mehr vorhandenen Schwerkraftabscheidung zur Aktivkohleabsorption bedarf häufigen Aktivkohlefilterwechsel und damit Mehrkosten der Gerätewartung und den extrem hohen Entsorgungskosten.

Aktuelle Zahlen belegen, daß die Entsorgung von 1 Tonne verbrauchter Aktivkohle ca. 2.000 DM kostet zuzüglich Begleitscheinerstellung, Deklarationsanalyse und Bearbeitung des Entsorgungsnachweises. Die Verschiebung des Prinzips der Öl-/Wasser-Trenner hin zu einer Aktivkohleabsorption bei kritischen Kondensaten kann nicht als Lösung der Probleme angesehen werden.



Abb. 11.2.1

## 11.3 Ultrafiltrationsanlagen

Die Trennung der Emulsion von Kompressorkondensat in Öl und Wasser erfolgt nach dem Filtrationsprinzip im Cross-Flow-Verfahren. Dieser rein physikalische Prozeß der Trennung erfolgt selektiv ohne Zugabe von Hilfsmitteln. Eine Membrane selektiert dabei die größeren Ölmoleküle von den kleineren Wassermolekülen.

Durch unterschiedliche und erfolgreiche Anwendungen belegt die Membrantechnologie einen festen Platz in der Abwasseraufbereitung. Extreme Anwendungen zeigen, wie widerstandsfähig die eingesetzten Membranen aus Siliciumcarbid sind.

Entgegen landläufigen Behauptungen kommt es nicht zur "Einnistung" von Mikroorganismen in dem Membrankörper und der damit verbundenen Verblockung der Membranen. Die unter Druck stehende Emulsion fließt mit hoher Geschwindigkeit parallel zur Filtrationsoberfläche der Membrane, wodurch eine rasche Verschmutzung der feinen Membranporen weitgehend vermieden wird.

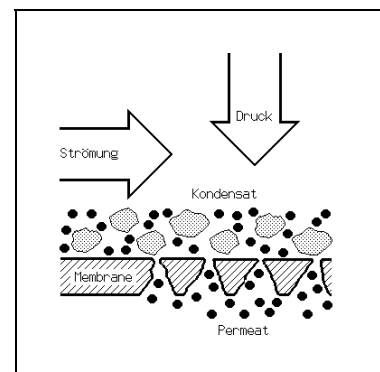


Bild 11.3.1

Die Aufbereitung von Kondensatemulsionen aus Druckluftverdichtungsanlagen stellt für die Membrantechnik daher keine außerordentliche Herausforderung dar. Die Aufgabe des Anlagenbauers besteht darin, die nötige Anlagenperipherie den rauen Einsatzbedingungen und Bedürfnissen anzupassen. Hierzu zählen in erster Linie:

- Keramik-Membranen

Der robuste Werkstoff Siliciumcarbid ist Garant für hohe Filtrationsleistung bei gleichbleibender Filtrationsqualität und langer Membranlebensdauer.

- Zyklische Druckluftrückspülung

Durch zyklische Umkehr der Fließrichtung des gereinigten Kondensates durch die Membranen wird die Filtrationsoberfläche effektiv gereinigt und somit die Filtrationsleistung über lange Zeit auf einem hohen Niveau gehalten.

- Serienmäßige Membran-Spüleinrichtung

Membranen regenerieren sich nach Aufbereitung vorher definierter Kondensatmengen selbständig.

- Integrierte Ölabscheider mit Koaleszenzstufe

Die aus der Verdichterstation mitgeführten freien Öle werden hier sicher und zuverlässig abgeschieden. Die nachfolgende Membran-filtration wird dadurch erheblich entlastet und die Filtrationsleistung erhöht.

- Vollautomatische Programmsteuerung

Alle nötigen Funktionen der Anlage werden vollautomatisch ausgeführt und die wichtigsten Parameter überwacht. Voraussetzung für diesen Betrieb ist der Einsatz einer speicherprogrammierbaren Steuerung.

Der Membranporendurchmesser der eingesetzten keramischen Membranen ist so bemessen, daß selbst feinst emulgierte Öltröpfchen zurückgehalten werden, während Wasser die Membrane durchdringt und als Reinwasser abfließen kann.

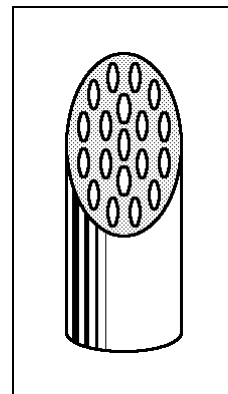


Bild 11.3.2

Ein wesentlicher Faktor ist die Standzeit der Membranen. Die Filtrationsmembranen bestehen aus dem anorganischen Material Siliciumcarbid. Dieses äußerst robuste Material zeichnet sich durch eine hohe thermische und chemische Beständigkeit sowie extreme Langlebigkeit aus. Vielfältige erfolgreiche Einsätze, wie beispielsweise die Eindickung von Biomasse oder die Vorklärung von Deponiesickerwasser belegen, daß selbst extrem biologisch belastete Abwässer sicher geklärt werden können, ohne daß die Membranen verblocken.

Für die richtige Dimensionierung der Emulsionstrennanlagen sind die Verdichterleistung, die Einschaltdauer und eventuell installierte Trock

ner mit ihren Parametern von Bedeutung. Hieraus läßt sich sehr exakt die jährliche Kondensatmenge bestimmen. Differenzierte Schwankungen sollten dabei allerdings unbedingt berücksichtigt werden. Das im Ultrafiltrationsbereich arbeitende Modul beinhaltet bis zu fünf Membranen aus Siliciumcarbid. Die Filtration erfolgt vollautomatisch über eine Programmsteuerung. Der Ablauf der Trennung wird mit Hilfe von Bild 11.3.3 verdeutlicht.

Im integrierten Ölabscheider (Pos. 1) mit Schmutzfänger werden aufschwimmende Öle aus der zulaufenden Emulsion entfernt. Ein 2-stufiger Koaleszenzfiltereinsatz verstärkt dabei die Abscheideeffizienz. Überlaufende Emulsion wird im Pufferbehälter (Pos. 2) gespeichert und chargenweise in den Prozeßbehälter (Pos. 3) gepumpt. Sobald der Prozeßbehälter bis zu einem maximalen Niveau gefüllt ist, beginnt der erste Aufkonzentrierungszyklus.

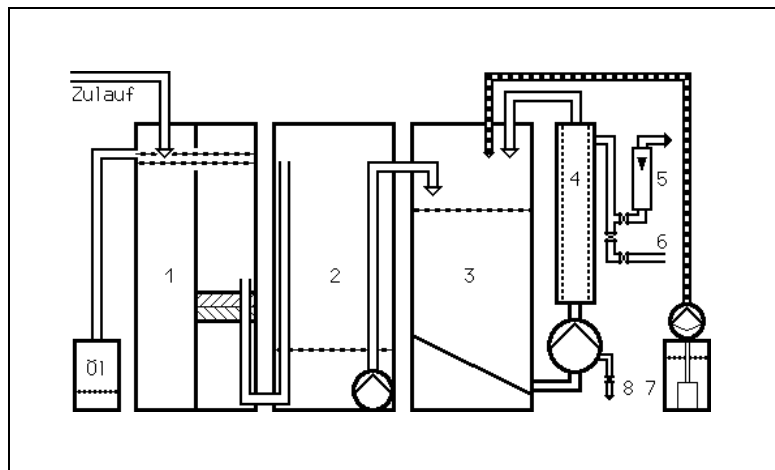


Bild 11.3.3

Die Emulsion wird im Kreislaufbetrieb durch das Filtrationsmodul (Pos. 4) gepumpt. Ein Durchflußmesser (Pos. 5) mit Minimal-Mengenkontakt überwacht die abfließende Permeatmenge<sup>17</sup>. Zur zyklischen Membranreinigung wird die Permeatfließrichtung über die Rückspüleinheit (Pos. 6) in kurzen Zeitintervallen umgekehrt. Nachdem der Inhalt des Prozeßbehälters abgearbeitet ist, schaltet die schwimmergesteuerte Prozeßpumpe ab.

<sup>17</sup>Reinwassermenge



Abb. 11.3.1

Die zwischenzeitlich im Pufferbehälter gesammelte Emulsion wird nun wieder in den Prozeßbehälter umgepumpt, der nächste Aufkonzentrierungszyklus beginnt. Eine vorgewählte Zyklenzahl legt die Auf

konzentrierung fest. Nach Erreichen dieser Zyklenzahl wird das Konzentrat in einen Sammelbehälter gepumpt.

Danach startet der Reinigungszyklus vollautomatisch. Der Prozeßbehälter wird über einen Frischwasseranschluß mit der nötigen Spülwassermenge befüllt. Über die Reiniger-Dosiereinrichtung (Pos. 7) wird der Reiniger zugeführt. Das Spülwasser reinigt die Membrane im Kreislaufbetrieb. Nach Ablauf der Spülzeit beginnt der Chargen-Aufkonzentrierungsprozeß von neuem.

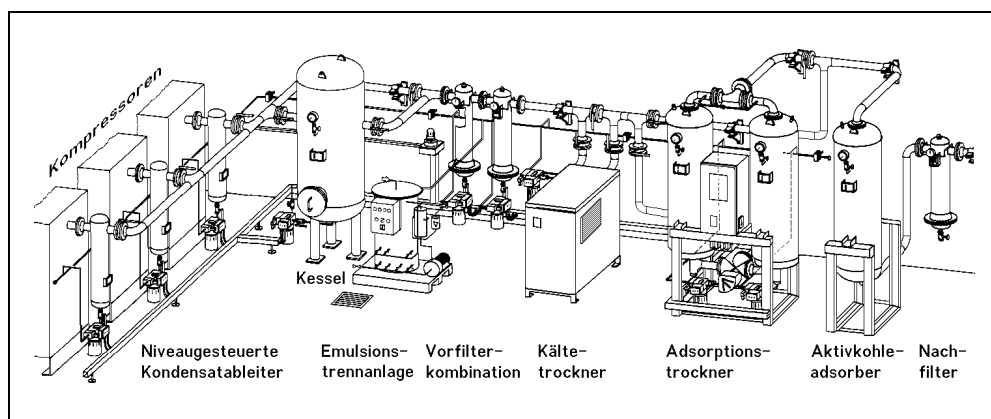


Bild 11.3.4

Die Kondensatzuführung der einzelnen Entleerungsstellen zur Emulsions-trennanlage erfolgt je nach Einsatzfall unter folgenden Prämissen.

Unter Druck:

Bei Aufstellung in Kompressorstationen (Bild 11.3.4), wobei das Kondensat mittels niveaugesteuerter Kondensatableiter der Anlage über flexible Verbindungen zugeführt wird.

Durch Pumpendruck:

Bei Nutzung eines Kondensat-Sammeltanks und dadurch bedingt tief liegenden Kondensatniveaus. Eine Tauchpumpe befüllt chargenweise die Emulsionstrennanlage in Abhängigkeit der Permeatleistung.

Drucklos:

Aus einem Kondensatsammeltank, dessen Ablauf ein größeres Höhenmaß aufweist als der Zulauf der Emulsionstrennanlage. Die zufließende Emulsionsmenge muß der abfließenden Reinwassermenge angepaßt werden.

Als Reststoff bleibt ein Emulsionskonzentrat zurück. Kompressor-kondensate erreichen einen Ölgehalt von max. 500 mg/l. Der Ölgehalt

im Konzentrat aus einer Emulsionstrennanlage erreicht etwa 30 % bzw. 300.000 mg/l. Die Volumenreduzierung mit Faktor 600 bedeutet, daß theoretisch aus 1.000 l Kondensatemulsion nur ein Restkonzentrat von 1,6 l zur Entsorgung gegeben werden muß.

Emulsionstrennanlagen führen mit Sicherheit in die zukunftsweisende Richtung. Die Weiterentwicklung der Keramikmembranen wird in naher Zukunft eine Vielzahl weiterer Anwendungen ermöglichen. Vor dem Einsatz müssen hier die Betriebsbedingungen berücksichtigt werden, um eine störungsfreie Funktion zu sichern.

Die Emulsionstrennanlagen haben im direkten Vergleich zu Spaltanlagen, die Pulver oder flüssige Mittel zur Emulsionstrennung benutzen, eine wesentlich höhere Betriebssicherheit. Die Membrane kann allein durch den natürlichen Größenunterschied Ölteilchen zurückhalten, Wasserteilchen jedoch durchlassen. Das bedeutet auch für extrem schwankende Ölkonzentrationen im Kondensat keine Verschlechterung der Reinwasserqualität.

Abwasseraufbereitungssysteme, die auf der Basis des Filtrationsprinzips arbeiten, sind verfahrenstechnisch die einzigen, die auf jeglichen Einsatz von Chemikalien, Bentonite etc. verzichten. Hierdurch bleibt das aufzubereitende Kondensat sozusagen in seinem Ursprungszustand und wird nicht chemisch verändert oder durch einen Hilfsstoff irreversibel umschlossen.

Hierdurch werden Probleme mit der Reststoffentsorgung weitgehend ausgeschlossen. Das Konzentrat bleibt pumpfähig und somit anwendungsfreundlich in der Zwischenlagerung und der späteren Entsorgung durch einen Fachbetrieb. Bei den Konzentraten aus Filtrationsanlagen besteht für den beauftragten Entsorgungsbetreiber jedoch die Möglichkeit, das anfallende Konzentrat in die Produkte Wasser und Öl bis nahezu 100 % wieder aufzutrennen und somit das Öl einem Recycling zuzuführen.

Zu bemerken ist, daß unter normalen Umständen aus 1 m<sup>3</sup> Kondensat max. 10 l Konzentrat produziert werden. Die Möglichkeit den Abfall, der bei der Kondensataufbereitung anfällt, zu recyceln anstatt ihn zu verbrennen, ist auf jeden Fall der richtige Schritt in die Zukunft.