

Filtration technischer Gase

– Teil I –

Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von technischen Gasen lassen ahnen, wie mannigfaltig die Problemstellungen sind, die bei der Aufbereitung dieser Medien auftreten können. Um in anschaulicher Weise auf diese Problemstellungen eingehen zu können, beschränkt sich der Autor im Teil I dieses Beitrages auf das Medium Druckluft.

Technische Gase und Luft werden in vielfältiger Weise in der Industrie eingesetzt. In vielen Fällen handelt es sich um komprimierte Gase, die entweder als Energie- oder als Prozeßmedium zur Anwendung kommen. Grob kann man unterscheiden zwischen:

- Technische Gase, die in sich eine Energie darstellen. Hier kennen wir die Druckluft, die beispielsweise in der Pneumatik als Arbeitsenergie eingesetzt wird.
- Technische Gase, die einen Prozeß auslösen/fördern oder Produkt eines Prozesses sind. Hier kennen wir die Druckluft, die zum Beispiel bei der Fermentation einen Prozeß begünstigt oder aber das Ammoniakgas, das bei der Ammoniaksynthese gewonnen wird und in sich ein Produkt darstellt.

Die Ursache

Verunreinigungen in der Luft/Druckluft treten in verschiedenen Formen und Zuständen auf:

- als Feststoffe (Staub, Abrieb, Mikroorganismen usw.)
- als Flüssigkeit in der fließfähigen Phase (Wasser, Wasserkondensat, Wassernebel, Öltröpfen, Ölnebel und Aerosole und andere Nebel)
- als Gas in der dampfförmigen Phase (Wasserdampf, Geruchsstoffe, Öldampf und andere Gase)

Feststoffe bezeichnet man im allgemeinen als Staub. Eine sinnvolle Klassifizierung der Feststoffe in drei Klassen nach ihrer Größe sieht wie folgt aus:

- Grobstäube mit einer Partikelgröße von mehr als 10 Mikron,
- Feinstäube, deren Partikelgröße zwischen 10 und 1 Mikron liegen,
- Feinststäube, die kleiner als 1 Mikron sind (Schwebstoffe).

Besondere Aufmerksamkeit gilt bei der Gruppe der Feststoffe den Mikroorganismen. Wir unterscheiden bei den Mikroorganismen Bakterien, Bakteriophagen, Viren, Hefe, Schimmelpilze usw. Bild 1 und Tafel 2 geben dem Praktiker Hinweise über Menge, Teilchengröße und Teilchenzahl von Verunreinigungen in atmosphärischer Luft. Gleichzeitig wird in Bild 1 eine Klassifizierung über den wirtschaftlichen Einsatz von Filtern gemacht.

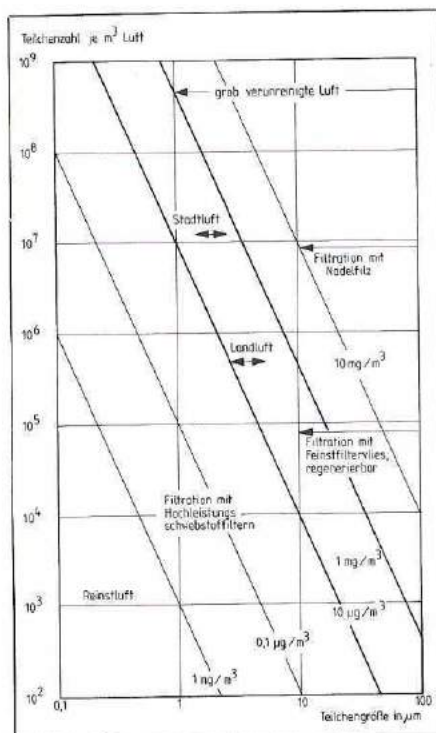


Bild 1 Reinheitsgrad der Luft im Verteilungsdiagramm

Bild 3 Beziehung zwischen Betriebstemperatur und Öldampfanteil in verdichteter Luft

Ähnlich wie bei den Feststoffen gibt es auch bei den Flüssigkeiten eine Klassifizierung hinsichtlich der Größe. Man unterscheidet hier Sprühregen mit Tröpfchen von 100 Mikron und mehr, feinen Sprühregen mit Tröpfchen die größer sind als 50 Mikron, Nebel mit Tröpfchen zwischen 0,5 und 50 Mikron sowie Feindunst mit Tröpfchen von 0,01 bis 1 Mikron. Wasser in flüssiger Form tritt in Druckluftsystemen aufgrund der Verdichtung feuchtigkeitsbeladener atmosphärischer Luft auf. Jeder Kubikmeter Luft kann in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur eine gewisse Menge Wasserdampf tragen. Wird die Menge überschritten, „kondensiert“ der überschüssige Wasserdampf und man erhält Wasser in flüssiger Form. Öle und Ölnebel gelangen durch Fertigungsprozesse als Schmiermittel bei schnelllaufenden Maschinen oder zum Beispiel durch Auspuffluft in die Atmosphäre. Die so verunreinigte Luft wird vom Verdichter angesaugt und auf Betriebsdruck komprimiert. Je nach Art des Kompressors werden hier wiederum Öle zur Schmierung eingesetzt.

Wenn infolge punktförmiger hoher thermischer Belastung Öle verdampfen (vercracken), wird das Öl aggressiv. In der nachfolgenden Rohrleitung kondensiert der Dampf und bildet Nebel mit einem Kornspektrum von kleiner als 1 Mikron bis herab zu 0,01 Mikron. Ölnebel entstehen auch durch Scherung an Zylindern, Drehteilen usw. Das so zerstäubte Öl liegt in den Grö-

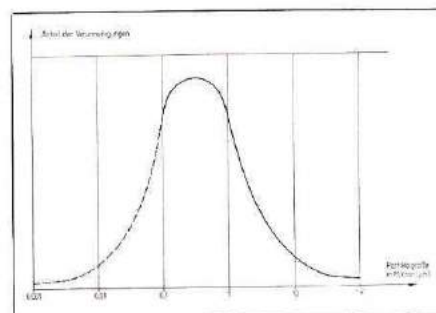
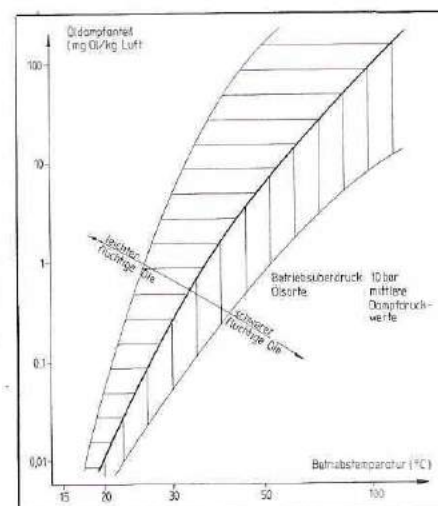


Bild 2 Verteilungskurve von kondensiertem Verdichteröl



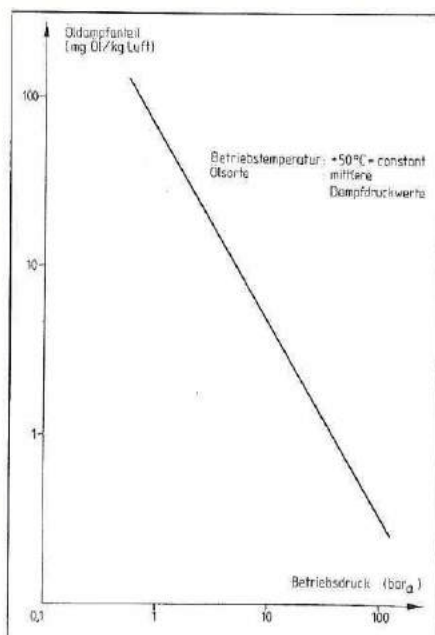


Bild 4 Beziehung zwischen absolutem Betriebsdruck und Öldampfanteil in verdichteter Luft



Bild 5 Auswirkungen von verunreinigter Druckluft an Werkzeugen und Maschinen

Ben von 0,1 bis 50 Mikron vor. Bild 2 und Tafel 1 geben Auskunft über Größe und Menge von Ölen in flüssiger Form in der Druckluft. Die Menge an Öl, die in Dampf-form in der komprimierten Luft enthalten ist, ist abhängig von der Gaskonstante des Öls, dem Dampfdruck des Öls und dem Betriebsdruck der Druckluft. Der Dampfdruck des Öls selbst ist im wesentlichen abhängig von der Ölsorte und der Betriebstemperatur der Druckluft. Die Menge an Öldampf in mg Öldampf/kg Luft läßt sich näherungsweise berechnen. Bild 3 und Bild 4 zeigen die Abhängigkeiten von der Betriebstemperatur und dem Betriebsdruck.

Darüber hinaus kann die Luft noch gas-förmige Bestandteile enthalten. Dies sind beispielsweise Kohlenmonoxyd (CO), Stickstoffdioxid (NO₂), Stickstoffmonoxyd (NO), Ammoniak (NH₃), Schwefelwasserstoff (H₂S), Schwefeldioxyd (SO₂).

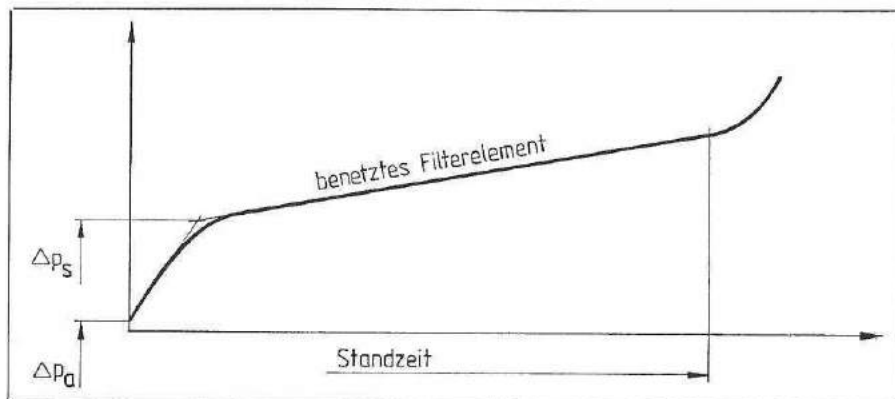


Bild 6 Abscheidung von flüssigen Phasen aus gasförmigen Medien

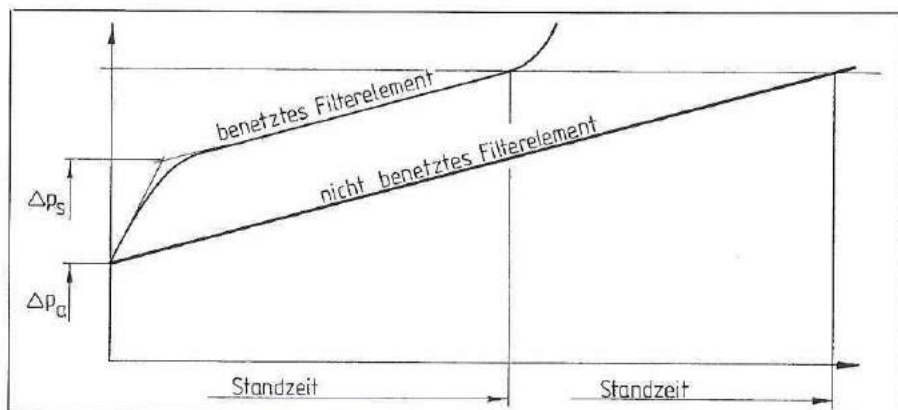


Bild 7 Abscheidung von festen Phasen aus gasförmigen Medien

Die Wirkung

Feststoffe aller Art sind zum Beispiel in Pneumatikanlagen besonders schädlich. Verschleißerscheinungen an sich bewegenden Teilen sind die Folge. Tritt Schmieröl oder Schmierfett noch dazu, bildet sich eine „Schmiergelpaste“. Metallische Stäube können insbesondere unter Einwirkung von Kondensat sogenannte Katalysatorwirkung haben. Spezielle backende Stäube bilden in Verbindung mit Flüssigkeiten Verkrustungen. Es gibt aber darüber hinaus noch Feststoffe, die toxische, explosive und chemisch aggressive Wirkung haben.

Wasser in Form von Kondensat, Nebel oder Wasserdampf (bei hoher relativer Feuchte) bedeutet vor allem Korrosionsgefahr. In Verbindung mit Chemikalien/Dämpfe, die vom Verdichter mit angesaugt werden, kann ein hoch aggressives Kondensat in der Druckluftleitung entstehen. Wird der Luft Öl oder Fett zur Schmierung bewegter Teile zugeführt, kann das Wasserkondensat den sich bildenden Schmierfilm auswaschen.

Öl in der Druckluft kommt vom Verdichter. Es ist in erster Linie ein Verdichteröl und für diesen speziellen Einsatz konzipiert. Mineralische Öle enthalten gewisse Mengen an Schwefel, Wasserstoff usw. Zur Erzielung definierter Eigenschaften werden dem Öl teilweise Additive zugesetzt. Insbesondere unter der Einwirkung eines vielfach erhöhten Sauerstoffgehaltes (bei 7 bar Überdruck

= Wirkung der achtfachen Konzentration auf Ölaerosole etc.) und einer hohen Verdichtertemperatur wird das Öl stark beansprucht und aggressiv. In Verbindung mit Wasser kann sich mit zunehmender Alterung des Kompressoröles eine stabile Öl-Wasser-Emulsion bilden.

Es ist bekannt, daß sich Partikel mit einer Größe von 1 µ und kleiner in der Luft schwebend halten. Mehr als 90 % aller Verunreinigungen in der Druckluft liegen in diesem Bereich. Öl, Wasser und Schmutz gelangen so an jede Verbrauchsstelle. Korrosionserscheinungen und Verstopfungen mit seinen weitreichenden Auswirkungen sind die Folge (Bild 5).

Der betriebliche Nutzen der Druckluftaufbereitung liegt also in der Kostenersparnis durch weniger Verschleiß, weniger Produktionsausfall, weniger Reparaturkosten, höherer Produktivität und Betriebssicherheit. Eine Ermittlung von einzusparenden Kosten ist möglich, wenn der spezifische Bedarfsfall mit allen Kriterien bekannt ist.

Die Betriebscharakteristik

Man unterscheidet in der Hochleistungsfiltration drei Arten: die trockene Gasfiltration (Feststoffabscheidung), die nasse Gasfiltration (Flüssigkeits- und Feststoffabscheidung) und die Adsorption (Adsorption von Dämpfen/Gasen aus dem Trägergas).

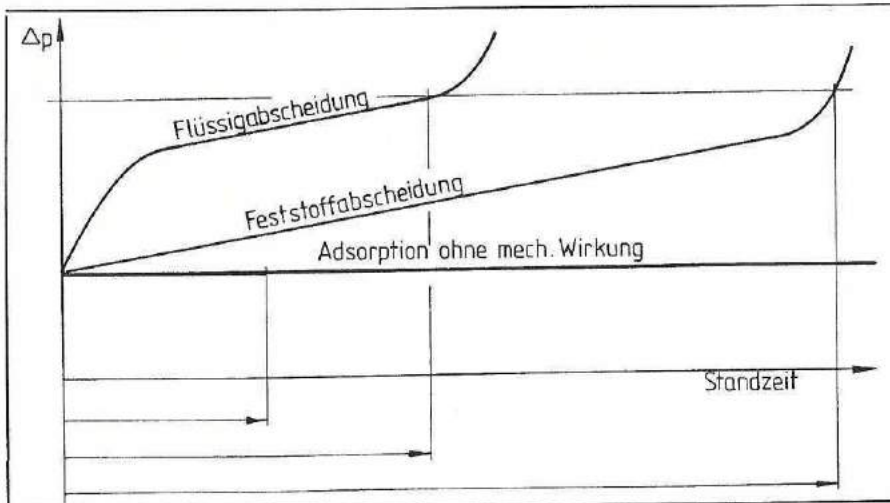


Bild 8 Adsorption von dampfförmigen Phasen aus gasförmigen Medien

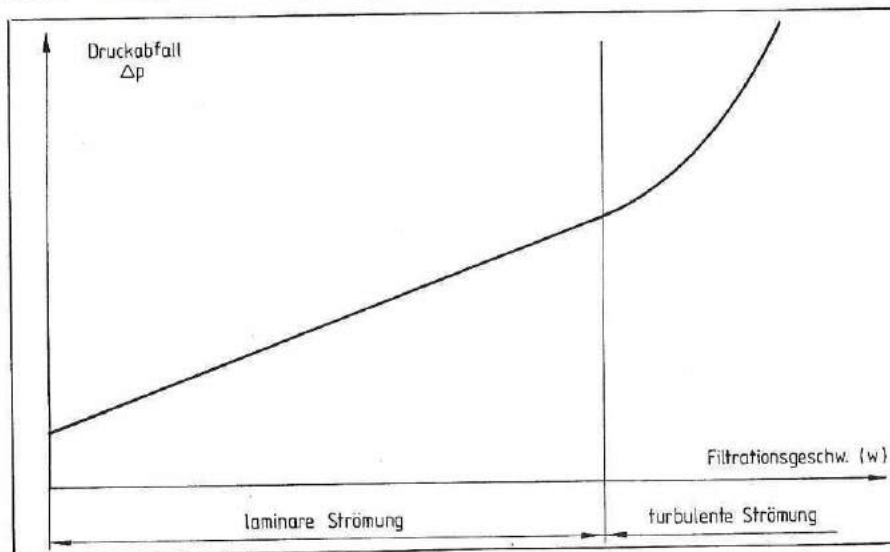


Bild 9 Abhängigkeit des Filterwiderstandes von der Filtrationsgeschwindigkeit

Tafel 1 Richtwerte für den Ölgehalt von Druckluft (ölgeschmierte Kompressoren)

Verdichtertyp	Ansaugfilter	Separator	Restölgehalt im Neuzustand mg/m ³ *	Ölfeinst-dunstanteil
Kolbenverdichter	ja	nein	20– 50**	mittel
Schraubenverdichter	ja	ja	5– 15**	hoch
Rotationsverdichter	ja	ja	5– 15**	mittel/hoch
Rotverdichter mit Verlustschmierung	ja	nein	100–500**	gering

* m³ = bezogen auf 1 bar absolut, 20 °C
 ** = variiert je nach Bauart und Fabrikat sowie Separatorleistung mehr oder weniger stark.

Tafel 2 Typische Grenzwerte für den Staubgehalt atmosphärischer Luft

Meßstelle	Grenzwert [g/100 m ³]	Durchschnittswert [g/100 m ³]
Land	0,5–5	1,5
Stadt	1–10	3
Industriegebiet	2–50	10
Werkсанlage	5–90	20

Die nasse Gasfiltration

Bei der Separation von Flüssigkeiten aus Gasen innerhalb der Hochleistungsfiltration mit absoluten Wirkungsgraden ist die Durchströmrichtung von innen nach außen. Feststoffe bleiben fest im Filtermedium hängen. Alle Flüssigkeiten und fließfähigen Stoffe werden aus dem Filterelement selbstrege-

nerativ ausgeschieden. Das Filtermedium wird durch die mitgeführte Flüssigkeit benetzt, so daß der Druckabfall innerhalb kurzer Zeit auf den „Benetzungsdruckverlust“ ansteigt. Anschließend steigt der Widerstand langsam durch Feststoffverunreinigungen an (Bild 6).

Die trockene Gasfiltration

Bei der Separation von Feststoffen aus Gasen wird oft die Durchströmrichtung von außen nach innen bevorzugt. Man verwendet dieses Prinzip auch bei der Vorfiltration von Hochleistungsfiltern. Feststoffe bleiben im Filtermedium unverrückbar an den Fasern hängen. Bei der Abscheidung von Feststoffen aus Gasen zeigt der Druckabfall innerhalb der laminaren Strömungsgeschwindigkeit eine lineare Charakteristik (Bild 7). In der Praxis werden deshalb Filterelemente für eine Feststoffabscheidung kleiner ausgelegt.

Die Adsorption

Adsorption ist die Bindung von Gas- oder Dampfmolekülen an der Oberfläche eines Adsorptionsmittels. Die Bindung erfolgt durch molekulare Kraft. Hierbei wird Kondensations- und Bindungswärme frei. Mit Hilfe der Adsorption kann man in der Technik verschiedenste Prozesse bewirken, wie beispielsweise Reduzierung des Wasserdampfgehaltes, Reduzierung von Geruchsstoffen, Reduzierung von diversen Gasen (CO₂), Reduzierung von Dämpfen (zum Beispiel Öldampf) aus Luft/Druckluft oder Gasen. Der Druckverlust von Adsorptions-Filtern ohne mechanische Wirkung ist nahezu konstant. Die Standzeit ist abhängig von der Adsorptionskapazität und der Belastung (Bild 8). Mit Aktivkohlefiltern und nachgeschalteten Mikrofiltern können Öldämpfe, Gerüche und Geschmacksstoffe aus der Druckluft adsorbiert werden. Die so gereinigte Luft übertrifft in der Qualität Atemluft nach DIN 3188. Die Grundlage dafür bilden zweistufige Aktivkohlefilter. In der ersten Stufe wird in der sternförmigen Anordnung schwerer, ungebundener Aktivkohle-Granulate eine Verwirbelung des Luftstromes erreicht. Das bedeutet eine hohe Verweildauer zur wirkungsvollen Adsorption. Die zweite Stufe mit feinstgemahlenem Aktivkohlestaub auf einer großen Filterfläche gewährleistet extrem lange Kontaktzeiten für die Endadsorption.

Einflußfaktoren Druckverlust

Damit der Anwender einen besseren Einblick in die komplexe Hochleistungsfiltration innerhalb der Naßgasfiltration erhält, soll hier noch weiter in die Thematik eingedrungen werden. Die Widerstandswerte sind abhängig von Art und Struktur des Filtermaterials, beispielsweise:

- Faserfilter
- Sinterfilter
- Membranfilter
- Siebfilter

von der Art des Werkstoffes, wie:

Aufbereitung

Tafel 3 Industrie- bzw. Anwendungsbereiche, gesplittet nach Arbeitsluft und Prozeßluft

Arbeitsluft		Prozeßluft	
INDUSTRIE	ANWENDUNG	INDUSTRIE	ANWENDUNG
Grundstoff Chemie Petrochemie Film Elektronik Kraftwerk EVU Bergbau Stahl Automobil Glas Hüttenwerke Technische Gase Galvanik Offshore Papier	Absorbervorfilter Instrumentenluft Steuerluft Konditionierung Fluidics Messen/Regeln Werkzeuge Pneumatik Farbspritzen Sandstrahlen Atemluft	Nahrung Genußmittel Brauerei Milch Wein Chemie Biochemie Pharmazie Toilettartikel Elektronik Dental Krankenhaus	Be-/Entlüften Fördern Fermentieren Vorspannen Einblasen Umdrücken Trockenblasen Abfüllen Verpacken Reinigen Beatmen Ablüften Autoklavieren

- verschiedene Kunststoffe: Nylon, Teflon, Polypropylen, Polyäthylen
 - Metalle: Bronze, Edelstahl
 - sonstige: Glas, Keramik
- von der Porösität und Feinheit des Filtermaterials, beispielsweise:

- 0,1 Mikron, 10 Mikron, 100 Mikron usw.
 - 50 % Porösität, 90 % Hohlvolumen etc.
- Bei Hochleistungsfiltern zum Ausscheiden von Flüssigkeiten bzw. fließfähigen Stoffen ist der Druckabfall des Filters im wesentlichen abhängig von den Faktoren:
- Strömungsgeschwindigkeit des Gases,
 - dynamische Viskosität der abzuschneidenden Flüssigkeiten und andere charakteristische Kennwerte und
 - dynamische Viskosität und Dichte des Gases.

Berechnung Druckverlust

In verschiedenen Druckschriften werden die Druckverlustberechnungen für kompressible Medien wie folgt beschrieben:

$$\Delta p \left(1 - \frac{\Delta p}{2 \cdot p} \right) = w \cdot s \cdot \left(\underbrace{\xi_L \cdot \eta}_1 + \underbrace{\xi_T \cdot w^2}_2 \right)$$

Δp = Druckabfall
 p = absoluter Betriebsdruck
 w = Strömungsgeschwindigkeit des Gases
 s = Filterdicke
 ξ_L, ξ_T = Widerstandsbeiwerte
 η = dynamische Zähigkeit des Gases

Für geringe Strömungsgeschwindigkeiten, beispielsweise im Laminarbereich, ist der Teil 2 der Formel zu vernachlässigen. Bild 9 zeigt den Verlauf von Druckverlust in Abhängigkeit der Durchflußleistung für Filterelemente im trockenen Zustand. Wird das Filtermedium durch Flüssigkeit benetzt, steigt der Differenzdruck an. Wie hoch der Anfangsdruckverlust im Gebrauchszustand, das heißt im ölbenetzten Zustand ist, hängt weitgehendst von der Zähigkeit, der Oberflächenspannung und anderen charakteristischen Daten der abzuschneidenden Flüssigkeit bzw. fließfähigen Medien ab (Bild 10). Die Strömungsgeschwindigkeit des Gases ist ein weiterer Parameter (Bild 11). Der Anfangsdruckverlust im benetzten Zustand wird mit Δp_s bezeichnet und beeinflusst nachhaltig die Standzeit und die Wirtschaftlichkeit von Filterelementen. Letztlich setzt sich der Widerstand eines kompletten Filters zusammen aus dem Widerstand des Filtergehäuses und dem Widerstand des Filterelementes. Wirtschaftliche Strömungsgeschwindigkeiten von komprimierten Gasen in Rohrleitungen liegen zwischen 5 m/s und 15 m/s. Strömt das Gas in das Filtergehäuse, erfährt es einen Energieverlust durch:

- Umlenkung im Rohrbogen (Energieverlust)
- Reduzierung der Gasgeschwindigkeit (Energiegewinn)
- Umlenkung im Gehäuse
- Einschnürung und Beschleunigung der Gasgeschwindigkeit (Energieverlust)

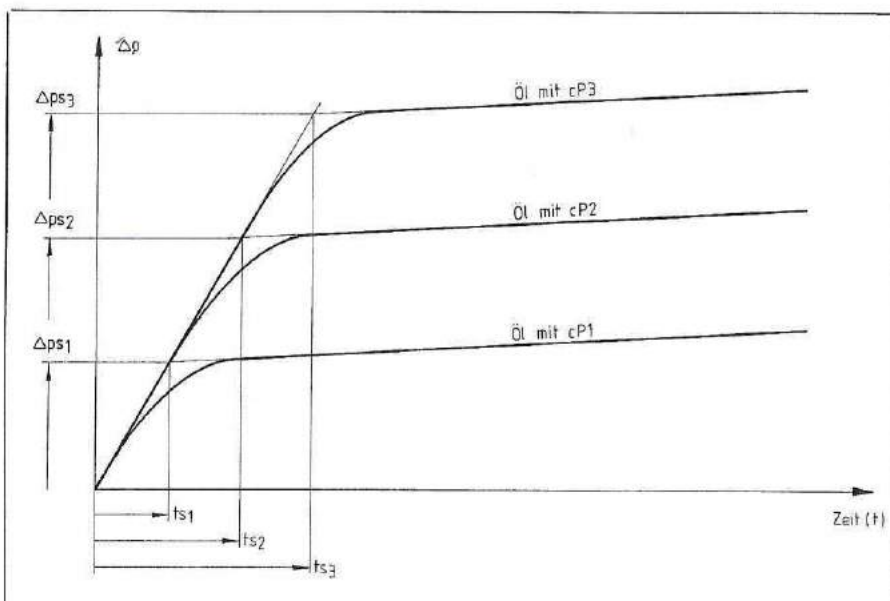


Bild 10 Abhängigkeit der Differenzdrücke von der dynamischen Viskosität der abscheidenden, fließfähigen Verunreinigungen

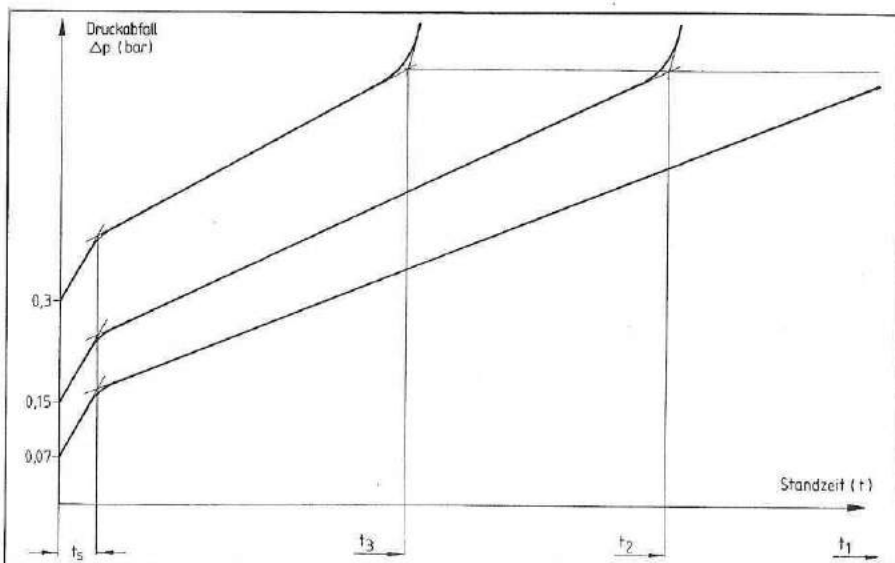


Bild 11 Abhängigkeit der Standzeit (t_1, t_2, t_3) vom Anfangsdruckverlust, Einflußfaktor Filtrationsgeschwindigkeit.

Tafel 4 Richtwerte für Qualitätsanforderungen in verschiedenen Anwendungsbereichen (Anhaltswerte aus gesammelten Praxiserfahrungen)

Anwendung	Feststoffe (maximale Partikel- größe)	Flüssigkeiten		Gase und Dämpfe		sonstige
		Öl [mg/m ³]	Wasser- kondensat	Öldampf	Wasserdampf	
Adsorbe- vorfilter	1 µ	0,01	frei	—	—	frei von schädlichen und aggressiven Gasen/Dämpfen
Instrumenten	0,1 µ	frei	frei	frei	DTP -40 C	
Steuerluft	0,5 µ	0,01	frei	—	DTP + 2 C	
Kondi- tionieren	0,5 µ	frei	frei	frei	DTP -20 C	
Fluidics	0,1 µ	frei	frei	frei	DTP -20 C	
Messen/ Regeln	0,1 µ	0,01	frei	—	DTP + 2 C	
Werkzeuge	0,5 µ	0,1	frei	—	DTP + 2 C	
Pneumatik	0,5 µ	0,1	frei	—	DTP + 2 C	
Farbspritzen	0,1 µ	frei	frei	frei	DTP -40 C	
Sandstrahlen	1 µ	0,1	frei	—	DTP +10 C	
allg. Blasluft	5 µ	1	frei	—	—	
Atemluft	0,1 µ	frei	frei	frei	DIN 3188	

Die Drucktaupunkte (DTP) müssen so gewählt werden, daß beim gesamten Arbeitsvorgang keine Kondensation von Wasserdampf erfolgt und die relative Feuchte nach der Entspannung so gering ist, daß eine Korrosion der druckluftberührten Teile nicht gegeben ist. Dabei sind insbesondere Außen- und Inneninstallationen zu berücksichtigen.



Bild 12 Erzeugung von steriler Förderluft in einem milchverarbeitenden Betrieb

Überschlägig kann der Druckverlust für Filtergehäuse wie folgt berechnet werden:

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2 \cdot 9,81}$$

ξ = Strömungswiderstand
w = Strömungsgeschwindigkeit
ρ = Dichte des Gases

Der Druckabfall des Filtergehäuses ist konstant, der Widerstand des Filterelementes steigt aber mit der Standzeit. Deshalb ist der Widerstand des Filtergehäuses im Verhältnis zum Filterelement vernachlässigbar.

Die Anwendung

Wie bereits eingangs erwähnt, sind die Problemstellungen und Applikationen bei der Aufbereitung mit Filtern sehr vielfältig. Die Aufbereitungsprobleme lassen sich in zwei Sektionen, *Reine* und *Sterile*, aufteilen. Bestimmung für den Aufbereitungsgrad ist die branchenbestimmende Anwendung (Tafel 3). So muß beispielsweise Blasluft in einem Krankenhaus oder im Pharma-Bereich andere Qualitäten haben, als in Hüttenwerken oder in der Metallindustrie. Genauso sind die Anforderungen an die Prozeßluft in der chemischen Industrie oder in der Galvanotechnik nicht gleichzusetzen mit der erforderlichen Qualitätsstufe in der Getränke- und Nahrungsmittelindustrie. Eines aber haben alle Anwendungen oft gemeinsam: aggressives Öl und aggressives Kondensat sowie Schmutzbestandteile gilt es zu entfernen. Aus Tafel 4 können Richtwerte für Qualitätsanforderungen für Druckluft entnommen werden. Diese Richtwerte basieren auf Erfahrungswerten, die in der Praxis gesammelt wurden.

Standzeit-Kriterien

In der Praxis wird der Druckabfall und die Standzeit von Ölausscheidern und Öldunstabscheidern von zusätzlichen Kriterien abhängig gemacht. Luft, angesaugt aus der Atmosphäre, enthält unterschiedlich starke Anteile an aggressiven Bestandteilen, insbesondere von Chemikalien jeglicher Art. Durch die Komprimierung der Luft auf beispielsweise 7 bar Überdruck wird nicht nur der Feststoffanteil um das 8fache erhöht, auch die mitangesaugten Chemikalien werden entsprechend konzentriert. Das durch Abkühlung kondensierte Wasser kann die erwähnten Chemikalien binden: Sie erhalten hochaggressives Wasserkondensat. Während des Verdichterprozesses wird Öl zur Kühlung in den Verdichter eingespritzt bzw. zur Schmierung benötigt. Mehr oder weniger alle handelsüblichen Verdichteröle neigen ab einer Temperatur von 60 °C zur Rückstandsbildung. Je höher die Verdichterendtemperatur bzw. die Öltemperatur, desto stärker ist der Grad der „Verkokung“, das heißt: Das Kompressorenöl kann unter bestimmten Voraussetzungen „gecrackt“ werden. Die Spaltprodukte, hochviskose Kohlenwasserstoffe oder verbranntes Öl (Ölkohle) setzen das Filtermedium zu. Die Ursachen hierfür können vielfältig sein. Hohe Verdichterendtemperaturen in Verbindung mit einer stark erhöhten Sauerstoffkonzentration, die auf die feinen Ölaerosole wirken, bieten ideale Voraussetzungen hierfür. Ursachen, die zur Rückstandsbildung führen, können vielfältig sein:

- lange Ölwechselintervalle,
- hohe Öltemperaturen,
- hohe Verdichtertemperaturen,
- hohe Umgebungtemperaturen und
- Verschleiß der Dichtung

Die meisten Ölausscheider wirken selbstregenerativ hinsichtlich der Abscheidung von flüssigen Phasen in komprimierten Gasen. Das heißt, Nebel, Aerosole und flüssige Partikel werden im Filtermedium „koaguliert“ und in Form von Tropfen abgeleitet. Feste Bestandteile oder sehr hochviskose, nicht oder nur kaum fließfähige, verstopfen das Filtermedium mit der Zeit. Das heißt: Sobald sich eine Veränderung im System ergibt, steigt die Druckdifferenz verhältnismäßig schnell an. Die Standzeit von Hochleistungsfiltern ist in solchen Fällen sehr kurz. Deshalb neigt der Verbraucher zu zwei Methoden:

- Einsatz von groben Filtern, das bedeutet, die Ölkohlepartikel werden nicht zurückgehalten.
 - Auf den Einsatz von Filtern zu verzichten.
- Hierzu muß grundsätzlich gesagt werden: Je kürzer die Standzeit eines Hochleistungsfilters, um so zwingender ist sein Einsatz erforderlich. Eine erfolgversprechende Lösung dieses Problems kann dabei wie folgt aussehen:
- Komplette Überprüfung der Verdichteranlage,
 - Installation eines Vorfilters,
 - Installation von doppelt dimensionierten Filtern.

Auswirkungen von nicht gefilterter Luft bei hohen Ölkohleanteilen sind:

- Die Partikel lagern sich in der Rohrleitung ab, erhöhter Druckverlust, Schmutz, Brandgefahr.
- Die Partikel lagern sich auf Maschinen, Werkzeugen, Instrumenten ab und beschädigen diese bzw. beeinträchtigen die Funktion.
- Explosionsgefahr.



Bild 13 Aufbereitung von Prüfluft für die Dichtigkeitsprüfung in einem Kraftwerk

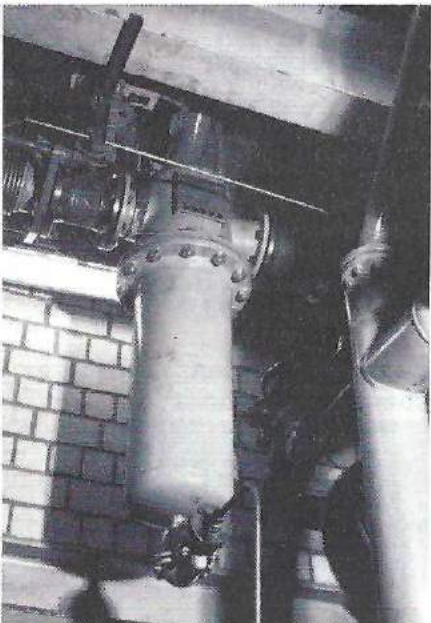


Bild 14 Aufbereitung von Steuerluft mit der Kombination Vor- und Mikrofilter

Aus der Sicht des Filterfachmannes und des Anwenders bedeutet diese Tatsache, daß in solchen Fällen besonders bewußt gefiltert und die Ursache von Rückstandsbildungen beseitigt werden muß.

Spezielle Problemstellungen

Die immer wieder auftretende Frage nach dem Filterfeinheitsgrad, kann man heute noch nicht mit Sicherheit beantworten. Grundsätzliche Problemlösungen für alle Fälle kann man nicht geben. Jeder Verdichter und jede Verdichterbauart ist herstellungsbedingt immer unterschiedlich und die Bedingungen, unter denen der Verdichter arbeiten muß, sind ebenfalls unterschiedlich. Die verschiedenen, variablen Umgebungs- und Betriebsbedingungen sind:

- Ansaugtemperatur, relative Feuchte, Schmutzanteil, Luftzusammensetzung, Ansaugdruck.
- Umgebungstemperatur, Kühlwassertemperatur, Grad der Verunreinigungen von Kühlmedien.



Bild 15 Allgemeine Brauchluft, die bei diesem Maschinenbauunternehmen zentral mit Hilfe von Kältetrockner und Hochleistungs-Ölausscheider aufbereitet wird

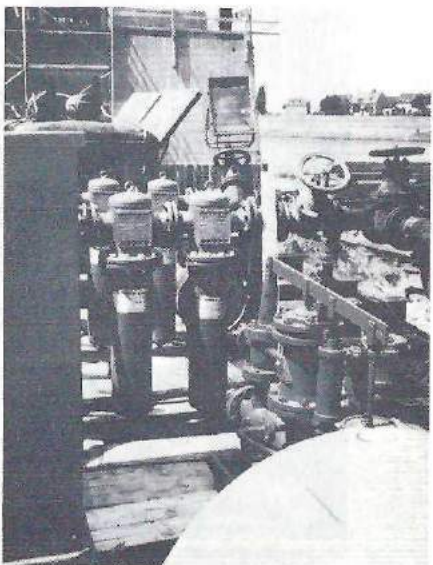


Bild 16 Filterkombination zur Erzeugung von Atemluft für Caissonarbeiten

- Kompressionsverhältnis, Verdichterendtemperatur, Verdichterenddruck, Auslastung des Verdichters.
- Dichtwerkstoffe, Zustand der Dichtungen, Kühlmedium im Verdichter, Toleranzen und Spiel der Bauteile.
- Ansaugfilteranlage, Zustand des Ansaugfilters.
- Austrittstemperatur, Betriebsdruck, Ein- und Ausschaltdruck.
- Ölart, Öltemperatur, Ölkühlung und -kühler, Ölwechselintervalle, Wartung.

Diese sind sicherlich nur wenige der möglichen Einflußfaktoren. Für ein Hochleistungsfilter zur Ölabscheidung ergeben sich daraus unterschiedliche Ölbelastungen, unterschiedliche Betriebstemperaturen, unterschiedliche Feindunstanteile und unterschiedliche Einwirkungen auf die im Verdichterraum erzeugten Ölaerosole. Deshalb kann man nur Problemlösungen für den klar definierten Bedarfsfall bieten.

Die Beispiele aus der Praxis

Zur Abrundung der bisherigen Erläuterungen sollen an dieser Stelle noch einige interessante, praktische Beispiele herangezogen werden.

Förderluft (Bild 12)

Druckluft in milchverarbeitenden Betrieben wird unter anderem verwendet um Joghurt zu transportieren. Die dazu eingesetzte Luft muß frei von Öl, Gerüchen und Mikroorganismen sein. Es wurde eine neue verschweißte Leitung (Abzweig von der alten Leitung) bis zu den Verbrauchern verlegt. Die Filter (Zentralfilter und Sterilfilter) wurden an gut zugänglicher Stelle eingebaut. Die getrocknete Luft wurde in der Zentralfilter-Kombination absolut ölfrei und geruchsneutral filtriert. Das Sterilfilter entfernt alle Mikroorganismen. Aus Sicherheitsgründen (Keimnester, schlechte Reinigungsmöglichkeiten) wurde das Sterilfilter hinter dem Reduzierventil eingebaut.

Prüfluft (Bild 13)

Die äußere Hülle eines Kernkraftwerkes wird hinsichtlich der Dichtigkeit und Festigkeit geprüft. Man benutzt in diesem Fall für eine 60 000 m³-Haube ölgeschmierte Schraubenverdichter, die mit einem Volumenstrom von 8000 m³/h den Luftdruck in dem Kernkraftwerk von Atmosphärendruck auf 4,2 bar Überdruck komprimiert. Die hierzu verwendete Luft muß völlig frei von Feststoffpartikeln und Ölaerosolen sein. Zwei parallel geschaltete Mikrofilter wurden für diese Tests eingesetzt.

Steuerluft (Bild 14)

Druckluft in der Petrochemie wird in mannigfaltiger Weise eingesetzt. Durch die Größe der Produktionsanlagen ist ein großer Teil der Rohrleitungen außerhalb verlegt. Zur Winterzeit verklebte Steuerventile, Ausfall von Produktionsanlagen, Stillstandszeiten und Reparatur von Magnetventilen, wäre ohne entsprechende Aufbereitung die Folge. Deshalb ist eine Trocknung durch Adsorber mit sehr niedrigen Drucktaupunkten erforderlich. Die von einem ölgeschmierten Kolbenverdichter mit einer Leistung von 4000 m³/h bei 7 bar erzeugte Druckluft konnte durch Einsatz eines Vor- und eines Mikrofilters vor dem Adsorber so aufbereitet werden, daß ein störungsfreier Arbeitsablauf gewährleistet ist.

Allgemeine Brauchluft (Bild 15)

Maschinenbauunternehmen haben vielfältige Einsatzgebiete für Druckluft, wie zum Beispiel Sandstrahlen, Farbspritzen, Pneumatik, Werkzeuge, Messen und Regeln. Da nach Auffassung des Anwenders eine dezentrale und auf die jeweiligen Anforderungen spezialisierte Aufbereitung der Druckluft, (Filterung und Trocknung) zu kostenintensiv wäre, entschied man sich in diesem Fall für eine zentrale Aufbereitung, um ganz allgemein eine hochwertige Druckluft-Quali-