

Restölgehalt im Arbeitsmedium

Dipl.-Ing. **H. Schuster**, Haan

Zusammenfassung

Es wird eine Methode zur Bestimmung des Flüssigölgehaltes von Druckluft vorgestellt, bei der mit einer speziellen Sonde eine repräsentative Teilluftmenge isokinetisch dem Hauptstrom entnommen und durch ein Mikrofaserfilter geleitet wird, das praktisch alle Flüssigölanteile bis herab zu 0,01 Mikron zurückhält.

Das gesamte Probenahmesystem wird nach der Probenahme mit einem geeigneten Lösungsmittel gespült und der Extrakt wird dann infrarotspektroskopisch ausgewertet. Es werden einige charakteristische Daten des Arbeitsmediums "Druckluft" vorgestellt, wie z.B. Restölgehalt, Öldampfgehalt und Partikelgrößenverteilung. Aufbereitungsmöglichkeiten der Druckluft im Hinblick auf die Pneurop-Empfehlungen werden diskutiert.

Summary

A method to determine liquid oil in compressed air is presented. This method is basically using a sampling system with a special probe and a microfibre filter, which is able to remove aerosols down to 0,01 microns.

At defined sampling points in the compressed air system a representative sample is taken under isokinetic conditions. The complete sampling system is extracted with a suitable solvent. The extract is then analyzed by infrared spectroscopy and the oil content calculated.

Introduction of some characteristic data for compressed air like the rest oil content, oil vapour and distribution of particle sizes. Discussion of purification possibilities regarding the Pneurop Recommendations.

Einleitung

Übliche Leistungsangaben von Hochleistungsölausscheider-elementen liegen bei einem Wirkungsgrad von 99,99999 % bezogen auf eine Partikelgröße von 0,01 Mikron bzw. bei einem erzielbaren Restölgehalt von 0,01-0,003 mg/m³.

Hierbei stellt sich dem Anwender oft die Frage, ob er diese Angaben einfach glauben muß oder ob objektive Nachweismöglichkeiten existieren.

Der folgende Beitrag stellt eine Meßanordnung vor, die es erlaubt, sowohl labormäßig als auch im Druckluftnetz des Anwenders genaue und reproduzierbare Restölgehalte zu ermitteln /1/. Diese Testmethode ist geeignet für den Nachweis von Flüssigölanteilen in Luft und Gasen, sowohl unter komprimierten wie auch atmosphärischen Betriebsbedingungen bei Temperaturen von 0 °C bis 100 °C.

Das Verfahren hat eine Genauigkeit von ca. 10% in einem Nachweisbereich, der außerordentlich weit gestreckt ist.

Beschreibung der Meßmethode

Die Gesamtanlage besteht aus drei Komponenten, **Bild 1:**

1. Filterhalter und Probennahmesonde als Proben-nahmesystem
2. Druck-, Temperatur- und Volumenstrommeßgeräte als Definitionssysteme.
3. Infrarot-Zweistrahlspektrometer, Extraktionsgerät und Trichlortrifluorethan zur Analyse.

Dem Druckluftstrom wird eine definierte Menge Luft im komprimierten Zustand entnommen.

Der Luftstrom wird durch eine spezielle Probensonde, **Bild 2, /2/** unter isokinetischen Bedingungen dem Filterhalter zugeführt. Das mitgeführte Öl in Form von Tröpfchen oder Aerosolen wird bis herab zu 0,01 Mikron in den Proben-
nahmesystemen aufgefangen. Im Filterhalter befinden sich 15 Lagen eines Filtermaterials aus mikrofeinen Glasfasern. Die Durchlässigkeit beträgt nach der DOP-Methode weniger als 0,0001 % und hat nach der Partikelprüfmethode im Bereich von 0 - 100 % der Nennleistung einen Nulldurchgang an Partikeln bis herab zu 0,1 Mikron.

Die nachfolgende Analyse wird infrarot-spektroskopisch durchgeführt; hierzu muß das Öl durch Extraktion aus dem Prüffilter und der Probennahmesonde ausgewaschen werden. Dazu wird das gesamte Prüfgerät mit einem Lösungsmittel, hier Trichlortrifluorethan, durchgespült. Die Spülung dauert so lange, bis alle Ölbestandteile gelöst worden sind. Von dem Extrakt wird ein Infrarotspektrogramm angefertigt.

Anschließend wird die Infrarotlichtabsorption bei den Wellenzahlen 2960 cm^{-1} , 2925 cm^{-1} und 2870 cm^{-1} ausgemessen. Dies sind die für Kohlenwasserstoffgruppen charakteristischen Absorptionsbereiche.

Die Höhen der in den Spektrogrammen erscheinenden Ausschläge sind proportional zu den Konzentrationen der Kohlenwasserstoffe in Trichlortrifluorethan. Bei bekanntem Lösungsmittelvolumen läßt sich der Absolutgehalt an Kohlenwasserstoffen quantitativ bestimmen.

Um Eigenabsorption des Lösungsmittels weitestgehend auszuschließen, sollte ein Zweistrahlspektrometer verwendet werden, in dessen Referenzkanal reines $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ eingebracht wird. Damit lassen sich auch Schwankungen der IR-Intensität ausgleichen.

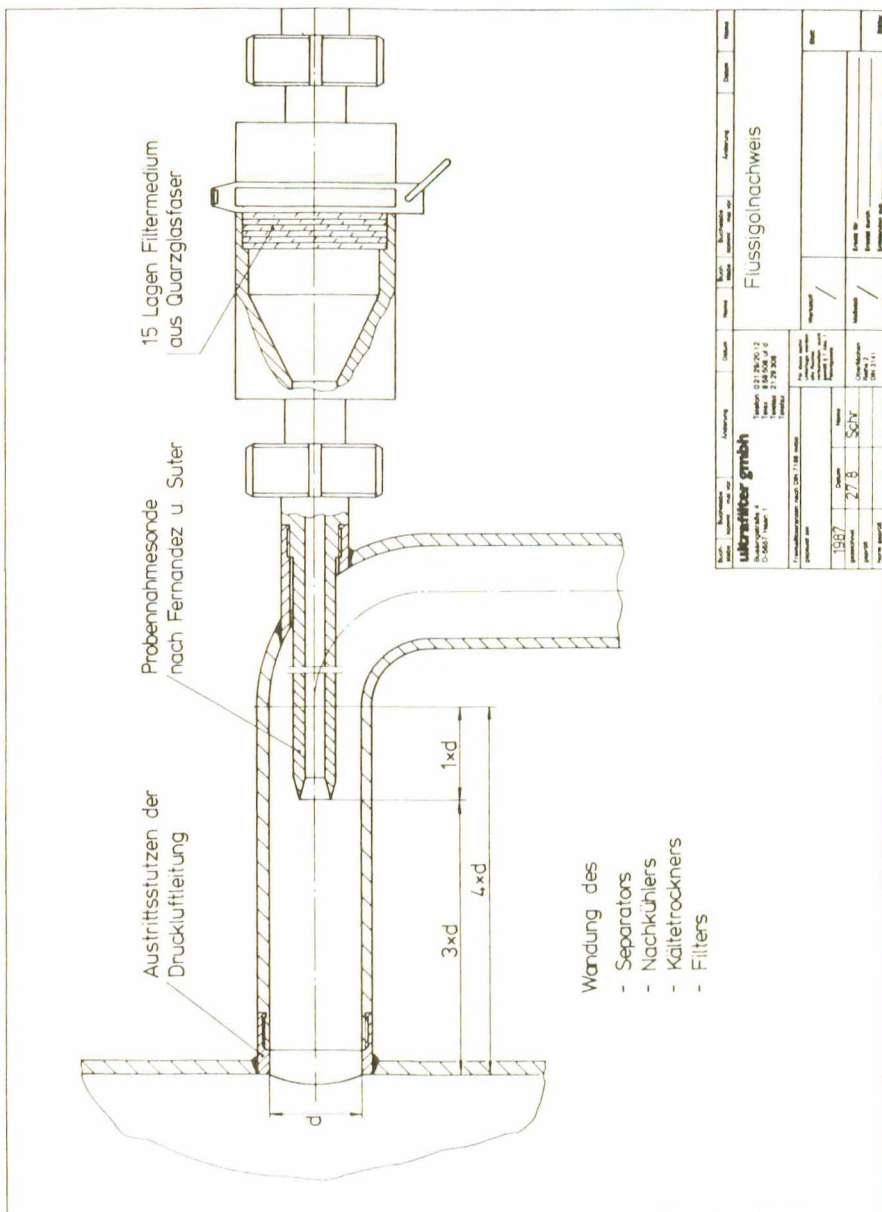


Bild 2: Probennahmesystem zur Restölmessung
sampling equipment for the measurement of oil carry over

Versuchsdurchführung

Die Messgenauigkeit wird hauptsächlich beeinflusst von exakter isokinetischer Probennahme und der Extraktion aller aufgefangenen Verunreinigungen im Probennahmesystem.

1. Hauptluftstrom

Um repräsentativ alle Verunreinigungen in strömenden Gasen nachzuweisen, ist es erforderlich, daß die Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Hauptkanal mit der Strömungsgeschwindigkeit im Meßkanal identisch ist.

Die Geschwindigkeit der Druckluft kann z.B. mit einem geraden Pitot-Rohr, ermittelt werden, das in die Probennahmemuffe der Hauptleitung eingeschraubt wird.

2. Probenluftstrom

Entsprechend der Strömungsgeschwindigkeit des Hauptvolumenstromes wird die Probennahmemenge rechnerisch proportional ermittelt. Ein Massendurchflußmesser wird auf die erforderliche Probenmenge eingestellt.

Die zu analysierende Luft, die mind. den Filterhalter passieren muß, ist abhängig von der Ölkonzentration in der Druckluft, der Nachweisbarkeitsgrenze im Spektrometer und der Extraktionsmittelmenge.

3. Filter

Für die mechanische Filtration aller Flüssigölanteile empfiehlt sich ein Spezialfilter mit bindemittelfreiem Glasfaservlies höchster Reinheit. Die Filtrationswirkung muß bis herab zu 0,01 Mikron mit einem Wirkungsgrad von besser als 99,99 % sein. Alle Bestandteile des Absolutfilters dürfen nur aus lösemittelbeständigen Materialien bestehen und keine extrahierbaren Komponenten enthalten.

Versuchsauswertung

Die Auswertung erfolgt in einem Infrarotphotospektrometer. Dabei nutzt man die Eigenschaft des Öls, die Intensität des Infrarotlichtes in einem Wellenzahlenbereich von 2980 bis 2930 zu mindern.

Nach Aufnahme einer Eichkurve, d.h. der Analyse des verwendeten Kompressoröls mit bekannter Konzentration in dem Lösemittel, kann man durch Vergleich der Extinktionen (Durchlässigkeiten) eine quantitative Analyse vornehmen.

Zur Messung empfiehlt sich ein Zweistrahlspektrometer, so daß Schwankungen der Lichtintensität und der Qualität des Lösemittels ausgeglichen werden.

Reale Druckluftzustände

Von den zahlreichen Möglichkeiten der Druckluftverunreinigung - wie Wasser, Öl, Staub, Bakterien und Viren - soll im folgenden nur auf den Flüssigölgehalt und den Öldampfgehalt eingegangen werden.

1. Restölgehalt und Partikelgrößenverteilung

Die gängigen Verdichterbauarten weisen folgende Ölgehaltsbereiche auf (Gesamtölmenge)

- ölfreie Schraubenkompressoren	0,001 -	0,01	mg/m ³
- öleingespritzte "	2	- 15	mg/m ³
- geschmierte Kolbenkompressoren	2	- 10	mg/m ³
- ölfreie "	0,001 -	0,01	mg/m ³
- Rotationskompressoren	10	- 100	mg/m ³

Bild 4 zeigt beispielhaft die Partikelgrößenverteilung von Kompressoröl³ in Druckluft, hier bei einem Ölgehalt von 13,88 mg/m³ /4/.

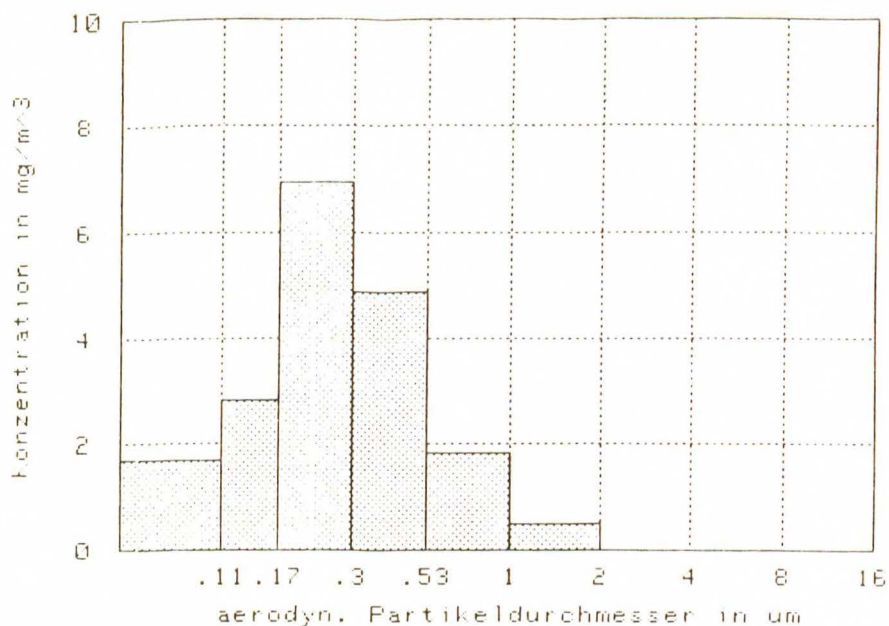


Bild 4: Partikelgrößenverteilung des Öls in der Druckluft eines Kompressors

Oil particle distribution in compressed air

2. Öldampfgehalt

Die oben beschriebene Meßmethode kann vom Gesamtölgehalt des Druckluftstromes nur den Flüssigölanteil erfassen. Dies genügt meistens auch dann, wenn es darum geht, die Druckluftqualität hinter einem Aufbereitungssystem zu bestimmen. Hier sind die Drucklufttemperaturen in der Regel so niedrig, daß der Öldampfanteil vernachlässigt werden kann. Muß aber mit Temperaturen oberhalb von $30 - 40^\circ\text{C}$ gerechnet werden, so spielt der Öldampfanteil keine untergeordnete Rolle mehr, wie das Berechnungsbeispiel für eine Ölsorte zeigt (Betriebsdruck: 8 bar absolut):

Temperatur °C	Dampfdruck mbar	Dampfgehalt mg Öl / kg Luft
0	3,2 10 ⁻⁷	0,00064
50	7,0 10 ⁻⁵	0,14
80	8,7 10 ⁻⁴	1,73
100	3,7 10 ⁻³	7,34
120	13,8 10 ⁻³	27,39

Pneurop-Richtlinie 6611/1984 Teil 1

Druckluftqualitätsklassen

Mit dieser Richtlinie wird dem Anwender erstmals eine Qualitätsnorm für Druckluft zur Verfügung gestellt. Sie beinhaltet eine Klasseneinteilung für Feststoff-, Öl- und Wasserbeladung.

Klasse	Teilchengröße Mikron	Teilchendichte mg/m ³
1	0,1	0,1
2	1	1
3	5	5
4	40	nicht spezifiziert

Tabelle 1: Maximale Teilchengröße und -dichte

Maximum particle size and concentration

Klasse	Taupunkt °C
1	-40
2	-20
3	+2
4	+10
5	nicht spez.

Klasse	mg/m ³
1	0,01
2	0,1
3	1
4	5
5	25

Tabelle 2: Drucktaupunkt

Pressure dew point

Tabelle 3: max. Ölgehalt

max oil content

Außer dieser Klasseneinteilung gibt die Pneurop auch konkrete Anwendungsempfehlungen für die Güteklassen, Tabelle 4

Anwendung	Güteklassen		
	Feststoffe	Wasser	Öl
Rührluft	3	5	3
Lagerluft	2	2	3
Meßluft	2	3	3
Schwere Luftmotoren	4	4-1	5
Kleinluftmotoren	3	3-1	3
Luftturbinen	2	2	3
Maschinen für Schuhe u. Stiefel	4	4	5
Maschinen für Steine u. Glas	4	4	5
Reinigung von Maschinenteilen	4	4	4
Bauwesen	4	5	5
Förderung von körnigen Stoffen	3	4	3
Förderung von pulverigen Stoffen	2	3	2
Leistungskreise in der Fluidik	4	4	4
Fühler in der Fluidik	2	2-1	2
Gießereimaschinen	4	4	5
Förderung von Lebensmitteln und Getränken	2	3	1
Handgeräte in der Industrie	4	5-4	5-4
Werkzeugmaschinen	4	3	5
Bergbau	4	5	5
Verpackungs- u. Textilmaschinen	4	3	3
Photographische Filmverarbeitung	1	1	1
Druckluftzylinder	3	3	5
Feinstdruckpapier	3	2	3
Geräte für Verfahrenssteuerung	2	2	3
Bohrhämmer	4	5-2	5
Sandstrahlanlagen	-	3	3
Spritzpistolen	3	3-2	3
Schweißmaschinen	4	4	5
Allgemeine Werkluft	4	4	5

Tabelle 4 : Empfohlene Güteklassen nach Verwendungszweck
Quality class recommendations for some
typical applications

Druckluftaufbereitung

Bild 5 zeigt eine Anzahl von Aufbereitungsvarianten mit den dazugehörigen Anwendungsbereichen. Anhand der Kombinationsmöglichkeiten ist ersichtlich, daß keine generell gültige Univerallösung angeboten werden kann. Schon die Frage, ob eine zentrale und/oder dezentrale Aufbereitung angebracht ist, muß individuell beantwortet werden.

Eine zentrale Aufbereitung, die Installation des Aufbereitungssystems direkt hinter der Druckluftherzeugung ist sicherlich angebracht, wenn im gesamten Druckluftnetz eine mehr oder weniger gleiche Druckluftqualität verlangt wird, das heißt, die Anforderungen der Endverbraucher nahezu identisch sind. Dies gilt jedoch im wesentlichen für niedrige und mittlere Anforderungen an die Druckluftqualität. Soll die Druckluft an ihren Endstellen bzw. Gebrauchs- oder Verbrauchsstellen höchsten Anforderungen gerecht werden, so wird eine zusätzliche dezentrale Filtration, wenn auch mit vermindertem Aufwand, unumgänglich. Partikel, die sich von der Rohrleitung ablösen oder im Verlauf der Rohrleitung eingebracht werden, Viren, Phagen o.ä. können nur über diese zusätzliche dezentrale Filtration erfaßt werden. Grundsätzlich kann gesagt werden, daß eine Sterilfiltration so nah wie möglich am Verbraucher durchzuführen ist und für die meisten Anwendungen eine zentrale Aufbereitung hinsichtlich Trockenheit sowie Staubabscheidung ausreichen kann.

Durch die Einführung der Pneurop-Empfehlung kann der Anwender erstmals Filter für die Aufbereitung genau definierter "Qualitätsluft" verlangen, ohne sich um mehr oder weniger spezifizierte 99,99998 %ige Leistungsangaben kümmern zu müssen. Möglichkeiten zur Kontrolle dieser Qualitätsanforderungen existieren ebenfalls, Sie müssen nur wahrgenommen werden.

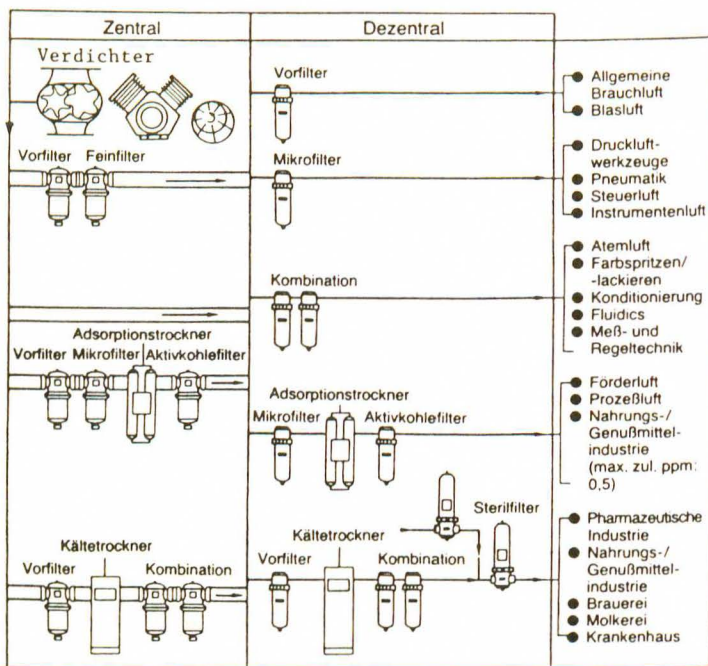


Bild 5: Aufbereitungssysteme und Einsatzbereiche
Purification systems and applications

Literatur

- /1/ Prüfverfahren für den Nachweis von Flüssigölanteilen in komprimierten Gasen
Ulrich Verhoefen, Normentwurf ISO/TC 118/SC 4
- /2/ Absaugsonden für Gas/Partikelsuspension ohne Störung der Zuströmung
E. Fernandez, P. Suter
- /3/ Filtration technischer Gase, Teil 1
Pneumatik digest, April 1982, S. 27-33
- /4/ Messung der Partikelgrößenverteilung in der Druckluft eines Kompressors
Gerd Morawitz, Fraunhofer Institut für Toxikologie und Aerosolforschung
- /5/ Pneurop 6611: Qualitätsnorm für Druckluft
Drucklufttechnik, Juni 86 S. 34-36