

Syntheseschmierstoffe in Schraubenverdichtern

K. B. Willuweit und J. J. Wits, Bremen

Zusammenfassung

Synthetische Schmierstoffe stellen durch eine Vielzahl steigender technischer und kommerzieller Anforderungen in heutiger Zeit eine immer wichtiger werdende Alternative zu Mineralölen und -fetten dar. Sie können so formuliert werden, daß ihre Eigenschaften genau den vorgesehenen Anwendungen entsprechen. Dieser Beitrag stellt die wichtigsten Grundölartern in Theorie und Praxis gegenüber und bespricht einige schwierige Anwendungen in Schraubenverdichtern.

Summary

Synthetic lubricants represent an alternative to mineral oils and greases, that becomes more and more important today, because of a multitude of increasingly severe technical and commercial requirements. They can be designed exactly in accordance to the application in question. The following contribution will compare the most important base fluids in theory and practice and discuss some severe applications in screw compressors.

1. Syntheseschmierstoffe und Mineralöl

1.1 Mineralöl

Vor etwa 100 Jahren begann mit der Destillation von Rohöl das Zeitalter des Mineralöls, womit gleichzeitig pflanzliche und tierische Schmierstoffe mehr und mehr verdrängt wurden.

Mineralöl ist ein Gemisch unterschiedlich langer Kohlenwasserstoffketten, von denen die kürzeren einen niedrigeren Siedepunkt und damit eine höhere Flüchtigkeit besitzen.

Durch die Raffinationsverfahren, die im Laufe der Zeit verbessert wurden, erhält man verschiedene Fraktionen, z. B. - nicht zuletzt - hochsiedende Kohlenwasserstoffketten, zu denen auch die Basisflüssigkeiten für Schmieröle gehören.

Durch Zusetzen von Additiven werden bestehende günstige Eigenschaften des Mineralöls verbessert oder Eigenschaften hinzugefügt.

Die Raffination von Mineralöl bis hin zu einer einheitlichen Molekularstruktur ist grundsätzlich möglich, jedoch wären die Kosten enorm hoch. Daher bestehen Mineral-Grundöle nach wie vor aus einem Gemisch unterschiedlicher Kohlenwasserstoffketten mit allen damit zusammenhängenden Nachteilen (Abb. 1).

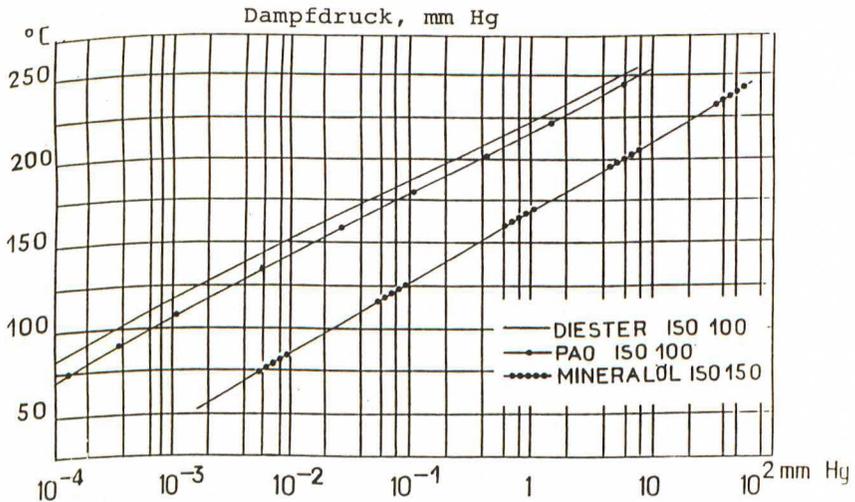


Abb. 1

Sobald an die Schmierung Anforderungen gestellt werden, die mit Mineralöl nicht oder nur unzureichend abgedeckt werden können, bietet sich zwangsläufig der Einsatz synthetischer Schmierstoffe an.

1.2 Was versteht man unter dem Begriff "SYNTHETISCHE SCHMIERSTOFFE"

Synthetische Schmierstoffe sind Flüssigkeiten, die durch chemische Reaktion niedrigmolekularer Komponenten hergestellt werden. Diese Flüssigkeiten werden zum Teil mit ausgesuchten Additiven versetzt. Da synthetische Schmierstoffe unter kontrollierten Bedingungen hergestellt werden, bestehen sie gewöhnlich aus reinen oder aus einem Gemenge reiner

Substanzen.

Glauht man alles, was man über synthetische Schmierstoffe hört, so handelt es sich um eine Klasse von nichtmineralischen Ölen und Fetten, die dadurch charakterisiert sind, daß sie eine hohe Resistenz gegenüber Einflüssen hoher und niedriger Temperaturen haben, wozu ihre hohen Flamm- und Selbstentzündungstemperaturen sowie eine Unmenge anderer äußerst wichtiger, wünschenswerter Eigenschaften kommen. Tatsächlich ist vieles davon wahr, aber manches basiert auf mangelnder Aufklärung bzw. auf einem Mißverständnis über das was synthetische Schmierstoffe eigentlich sind. In den meisten Fällen stammen die Rohmaterialien für synthetische Schmierstoffe aus der Petro-Chemie. Aber das gilt natürlich für die meisten heute verfügbaren Chemikalien.

Es gibt keinen "typischen" synthetischen Schmierstoff! Jede der wichtigsten Klassen unterscheidet sich so stark von den anderen, wie sie sich wahrscheinlich von mineralischen Schmierstoffen unterscheiden. Bevor wir allerdings hierauf eingehen, zunächst ein Rückblick.

1.3 Historische Hintergründe

Syntheschmierstoffe wurden anfänglich in erster Linie aufgrund von Trends und Zwängen entwickelt: Die Entdeckung der Schmierfähigkeit nichtmineralischer Flüssigkeiten, die steigenden Anforderungen, denen Mineralöle nicht gewachsen waren, und - nicht zuletzt - die Mineralölnapppheit während des 2. Weltkrieges.

Zur Identifizierung der für die Schmierfähigkeit von Mineralöl verantwortlichen Komponenten wurde ein großer Forschungsaufwand betrieben. Das führte im Jahre 1934 zur Herstellung synthetischer Kohlenwasserstoffe für Schmierzwecke. In Deutschland wurde weitere Forschungsarbeit auf diesem Gebiet im Bereich der Schmierstoffe auf Esterbasis vor und während des 2. Weltkrieges geleistet, um der Mineralölverknappung entgegenzuwirken. Insbesondere bestand Bedarf an Hochleistungsschmierstoffen für die Luftfahrt und an Tieftemperaturölen für Fahrzeuge und Waffen im Wintereinsatz.

In Großbritannien und den Vereinigten Staaten wurden nach dem Kriege umfangreiche Entwicklungsarbeiten an Schmierstoffen auf Esterbasis für Düsen- und Turboprop-Triebwerke durchgeführt.

Anfänglich wurden alle Syntheseschmierstoffe schon aufgrund ihrer vergleichsweise hohen Kosten lediglich als Problemlöser für Anwendungen betrachtet, in denen herkömmliche Öle und Fette versagten. Dies trifft sicherlich in einigen Fällen immer noch zu, insbesondere wenn der Schmierstoff sehr hohen Temperaturen, extremen Umweltbedingungen, starken Oxidationsmitteln oder Radioaktivität ausgesetzt ist. Zunehmend verstärkt sich jedoch das Bewußtsein, daß - trotz zunächst höheren Aufwandes - der Einsatz von Syntheseschmierstoffen ökonomisch sinnvoll ist. In vielen klassischen Maschinenanwendungen erhöhen sich zwar die Beschaffungskosten geringfügig, zahlen sich aber für den Betreiber durch Senkung der Betriebskosten und für den Maschinenhersteller durch weniger Garantieleistungen aus.

1.4 Syntheseschmierstoffe und Mineralöl im Vergleich

Die gebräuchlichsten Typen synthetischer Schmierstoffe und ihre vergleichbaren Eigenschaften können aus **Tabelle 1** ersehen werden. Eine kurze Betrachtung soll eine Idee von den relativen Stärken und Schwächen der verschiedenen Arten insgesamt geben. Individuelle Produkte der einzelnen Klassen können allerdings von der allgemeinen Charakteristik der jeweiligen Klasse abweichen.

Tabelle 1

Vergleich der Eigenschaften verschiedener Schmierstofftypen

Schmierstoffgruppe	Fließverhalten	Viskositätsindex	Alterungsstabilität	Fläch-tig-keit	Ent-flamm-bar-keit	Add.-Lös-lich-keit	Schmier-fähig-keit EP ² /**	Verträglich-keit mit Min.-Öl	Verträglich-keit mit Masch.-Bauteilen	Kosten (Mineral-öl = 1)
Mineralöle	5	5	5	5	6	3	3	1	2	1
synth. Kohlenwasserstoffe	3	3	3	3	7	3	3	1	3	3-5
organische Ester	2	2	3	3	4	2	2	2	5	3-8
Silikonöle	1	1	3	3	5	7	7	5	3	7-10
Polyäther/Polyglykole	3	2	5	5	5	3	3	6	5	2-3
Phosphat-ester	5	5	4 ³	4	2	3	4	3	5	3-5
perfluorier- te Polyäther	5	7	1	4	1	7	3	7	3	50-70
Polyaromaten	7	7	3	3	5	5	5	3	5	4-15

1 = ausgezeichnet, 2 = sehr gut, 3 = gut, 4 = noch gut, 5 = ausreichend, 6 = ziemlich schlecht, 7 = schlecht

** = Verschleißschutz

² = für Metallpaarungen, spez. Stahl/Stahl

³ = Abbauprodukte sind stark korrosiv

1.4.1 Phosphatester Abb. 2)

bieten einen Vorteil, der in den Tabellen nicht dargestellt ist, nämlich ihren hohen Flammpunkt, wodurch sie sich z. B. hervorragend als Hydraulikflüssigkeiten eignen, wesentlicher Nachteil ist jedoch die Korrosivität der Zerfallsprodukte.

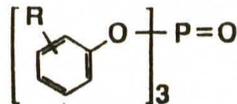


Abb. 2 Phosphorsäure-Triarylester

1.4.2 Polyglykole (Abb. 3)

sind eigentlich Spezialschmierstoffe, die hauptsächlich als Hydraulik-, Getriebe- und Wärmeübertragungsflüssigkeiten in geschlossenen Systemen eingesetzt werden, wo Dampfdruck und Oxidationsstabilität keine Rolle spielen. Sie besitzen ein gutes Lasttrageverhalten und einen hohen Viskositätsindex.

Polyglycol



Abb. 3 Polyalkylenoxid

1.4.3 Silikonöle (Abb. 4)

bieten einige außergewöhnliche Eigenschaften wie Fließverhalten und chemische Passivität, wodurch sie sich für einige spezielle Anwendungen besonders eignen. Ihre Schmiereigenschaften sind jedoch mäßig.

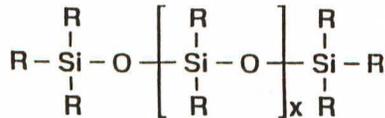
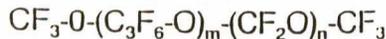


Abb. 4 Silikonöl

1.4.4 Perfluorierte Polyäther und Polymere des Chlortrifluoräthylens (Abb. 5)

werden schon aufgrund ihres Preises nur in besonderen Anwendungen eingesetzt. Sie sind beständig gegenüber aggressiven Medien wie z. B. O₂, Halogen bzw. Halogenwasserstoffen, Schwefelhexafluorid, starken Oxidationsmitteln und anderen hochreaktiven Medien.



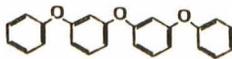
perfluorierter Polyäther



Abb. 5 Polymer des Chlortrifluoräthylens

1.4.5 Polyaromaten (Abb. 6)

Dabei handelt es sich um Polyphenyläther, die als Hochtemperaturschmierstoffe bei hoher Oxidations- oder Strahlenbelastung eingesetzt werden können. Sie besitzen allerdings relativ hohe Schmelzpunkte, die bei technisch interessanten Produkten über 50 °C liegen, wodurch eine Vorwärmung erforderlich wird. Außerdem sind ihre Preise verhältnismäßig hoch.



Bis-(meta-Phenoxy-Phenyläther)

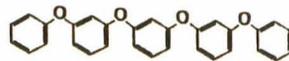
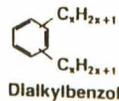


Abb. 6

meta-bis-(meta-Phenoxyphenoxy) Benzol

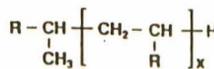
1.4.6 Synthetische Kohlenwasserstoffe (SHC) (Abb. 7)

einschließlich Polyalphaolefinen (PAO) und Dialkylbenzol, besitzen - im Vergleich zu Mineralöl - ein besseres Viskositäts-Temperatur-Verhalten, höhere Oxidationsstabilität und geringere Flüchtigkeit sowie gute Elastomer-Verträglichkeit. In den letzten Jahren gelang ihnen der Durchbruch in der Automobilindustrie, wo sie sich durch Reduzierung des Treibstoffverbrauchs und gutes Kaltstartverhalten auszeichnen. Sie werden auch in der Industrie, z. B. in Getrieben und Rotationsverdichtern, eingesetzt.



Dialkylbenzol

Abb. 7



Poly- α -Olefin

1.4.7 Organische Ester (Abb. 8)

zu denen Diester und Polyolester gehören, weisen eine ausgezeichnete Ausgewogenheit von Eigenschaften auf, z. B. breiten Betriebstemperaturbereich, gute Oxidationsstabilität, niedrigen Dampfdruck, hohe Flamm- und Selbstentzündungstemperaturen. Sie verfügen außerdem über sehr gute Additivaufnahme, hohe Schmierfähigkeit, ausgezeichnetes Detergier-/Dispergierverhalten und Mischbarkeit mit Mineralöl. Die Elastomer-Verträglichkeit ist im allgemeinen gut, erfordert aber mehr Aufmerksamkeit als mit Mineralöl.

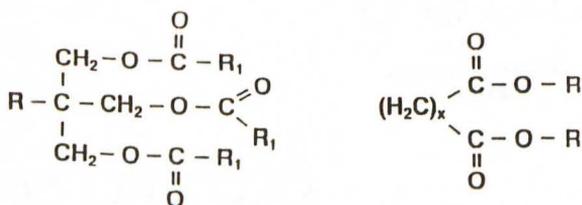


Abb. 8 Polyolester

Diester

2. Verhalten von Diestern und Polyalphaolefinen in Rotationsverdichtern

Bereits in den 60er Jahren stellten wir in Zusammenarbeit mit führenden Verdichter-Herstellern übereinstimmend fest, daß die ausschließliche Benutzung von Verdichterölen auf Mineralölbasis die wesentliche Ursache von Verdichterstillstandszeiten und Verlust an Druckluft-Produktionskapazität war. Als Ergebnis dieser Untersuchung wurde eine Liste von Zielen erstellt und ein kooperatives Entwicklungsprogramm mit führenden Verdichterherstellern und uns erarbeitet. Einige der wesentlichen Ziele waren:

1. Erhebliche Reduzierung von Verdichter-Stillstandszeiten, Inspektionen und Reinigungsarbeiten,
2. Verlängerung der Ölwechselintervalle,
3. Verringerung des Ölverbrauchs.

Die erste Phase dieses Programms war die Entwicklung eines Schmierstoffs speziell für Mehrzellen- und Schraubenverdichter mit verlängerter Lebensdauer. Innerhalb von 6 Monaten formulierte das Labor einen neuen Diesterschmierstoff, der so zugeschnitten war, daß er den hohen Anforderungen eines

Rotationsverdichters entsprach. Laboruntersuchungen zeigten, daß er gegenüber den mehr als 30 existierenden Diesterölen oder anderen entsprechenden synthetischen Schmierstoffen die höchste Oxidationsstabilität besaß.

Gemeinsame mehrjährige Feldversuche wurden durchgeführt, die die regelmäßige Beobachtung der Verdichterleistung und den Zustand des Diester-Schmierstoffs in einer großen Anzahl von Mehrzellen- und Schraubenverdichtern beinhalteten. Alle in diesen Feldversuchen eingesetzten Maschinen bestätigten, daß das Ziel der verlängerten Ölwechselintervalle erreicht war: Von 500 auf 4.000 Stunden in Mehrzellenverdichtern und von 1.000 auf 8.000 Stunden in Schraubenverdichtern - alles ohne schmierstoffabhängige Probleme. Einige Schraubenverdichter wurden sogar 13.000 Stunden lang beobachtet und einige Mehrzellenverdichter 10.000 Stunden.

Weitere Vorteile lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Um bis zu 70 % reduzierter Ölverbrauch und geringere Ölaerosolbildung. Ein führender Schraubenverdichthersteller hebt hervor, daß mit dem Einsatz von Syntheseöl der Rest-Ölgehalt auf 3 ppm von 6 bis 8 ppm mit HD-Mineralölen reduziert wird.
2. Erhöhte Sicherheit durch 30-60 °C höhere Flamm- und Selbstentzündungstemperaturen, dadurch - auch in Verbindung mit den natürlichen Detergier-/Dispergiereigenschaften von Syntheseschmierstoffen auf Basis von Diestern bzw. PAO/Ester-Gemischen - geringere Neigung zu Rückstandsbildung in Form von Lack, Kohle und/oder Schlamm.
3. Verlängerte Lebensdauer der Bauteile aufgrund des niedrigeren Reibungskoeffizienten und der hohen Filmfestigkeit der Grundöle.
4. Niedrigere Öltemperaturen und bessere Wärmeabfuhr durch etwa 15 % bessere thermische Leitfähigkeit und 5-10 % höhere spezifische Wärmekapazität.

(Abb. 9, 9a, 9b)

<u>Spezifische Wärme cal/(g · °C)</u>		
37,8 °C (100 °F)	.....	0,47
93 °C (200 °F)	.....	0,51
149 °C (300 °F)	.....	0,55
204 °C (400 °F)	.....	0,59
<u>Wärmeleitfähigkeit 37,8 bis 204 °C</u>		
cal/(cm · h · °C)	.....	1,29

Abb. 9

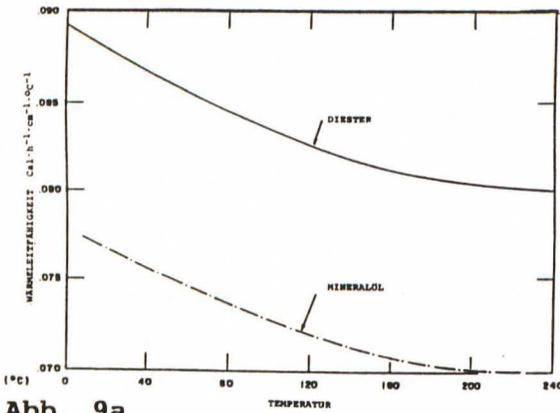


Abb. 9a

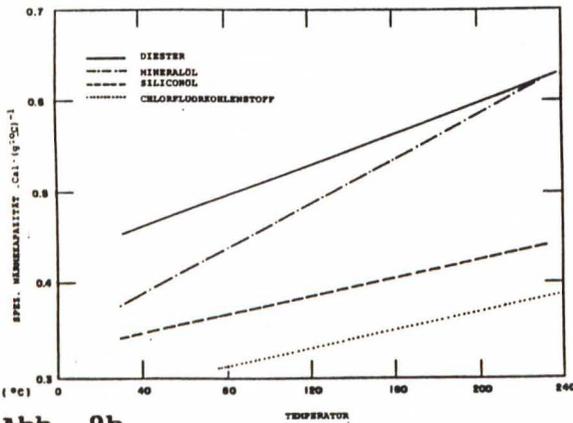


Abb. 9b

5. Hervorragendes Demulgierverhalten und damit Beseitigung von Emulsionsproblemen (Abb. 10)

Kondensatabscheidung (Demulgierverhalten)	
Mineralöl	relativ schlecht
Polyalphaolefin	gut
organische Ester	sehr gut
Polyglykol	schlecht
Silikonöl	schlecht

Abb. 10

6. Geringere Umweltbelastung durch längere Standzeiten und damit kleinere Entsorgungsmengen, weniger Ölaerosol- und Emulsionsbildung.

2.1 Ursachen für das Verkleben von Ölabscheideelementen

Es kommt gelegentlich vor, daß die Ölabscheideelemente verkleben, wenn der Betreiber seinen Rotationsverdichter auf einen synthetischen Schmierstoff umstellt.

Grundsätzlich können in erster Linie folgende Ursachen ein Blockieren von Ölabscheideelementen hervorrufen:

- angesaugte Feststoffpartikel in relativ großen Mengen, deren Partikelgröße unter $5\ \mu\text{m}$, aber über $1\ \mu\text{m}$ liegt; diese Feststoffe werden vom Ölfilter nicht absorbiert, verbleiben aber im Abscheider als feinstem Filterelement eines Schrauben- oder Vielzellenkompressores,
- stabile Emulsionen, die u. a. auch auf dem Weg von der Stufe zum Abscheider durch Unterschreiten des Taupunktes entstehen können,
- durch chemische Einflüsse verharzter Schmierstoffe sowie
- durch thermisch und/oder oxidativ vercrackten Schmierstoff und Additivschlamm, der übrigens häufig aus dem Bereich des Ölkühlers stammt.

Die nachfolgende Betrachtung befaßt sich mit den aus dem letzten Punkt resultierenden Störungen des Kompressorbe-

betriebs, die durch gealtertes Mineralöl und seine hohe Additivierung hervorgerufen werden. Die Folge für den Betreiber ist der Zwang, in gewissen Abständen die Ölkühler zu reinigen oder gar auszutauschen.

Dagegen besitzen die heute bei der Kompressorschmierung eingesetzten synthetischen Grundöle eine mehr oder weniger starke Detergier-/Dispergierwirkung, die es ermöglicht, sogar stark verschmutzte Maschinen zu reinigen. Da es sich dabei um eine natürliche Eigenschaft handelt, braucht das Endprodukt nicht so hoch additiviert zu werden. Dies gilt im übrigen hinsichtlich der Gesamtadditivierung synthetischer Kompressorenöle, wenn die Grundöle so ausgewählt werden, daß sie ein gewisses Anforderungsprofil von vorn herein erfüllen.

2.1.1 Rückstände durch hohe Temperaturen

Obwohl in vielen Ländern eine Begrenzung der Verdichtungs-Endtemperatur besteht, wird beim Einsatz von Mineralöl ein starker Aufbau von thermisch und oxidativ bedingten Rückständen (z. B. Lack, Ablagerungen) in Rotationskompressoren festgestellt. Dies bedeutet, daß das Mineralöl in Schraubekompressoren Temperaturen ausgesetzt wird, die bei den bzw. oberhalb der thermischen Cracktemperaturen liegen. Synthetische Kompressorschmierstoffe reinigen aufgrund ihrer natürlichen Detergiereigenschaften Rotationskompressoren von Ablagerungen und Lack. Dies kann bei zu starker Verschmutzung der Ölkühler mit Mineralölcrackprodukten zum Verkleben der Abscheiderpatronen führen, weil sie das feinste Filterelement im Kompressor sind. Unsere Versuche im Test nach DIN 51392 haben ergeben, daß die Rückstandsbildung von PAO/Estergemischen mit zunehmendem Esteranteil sinkt.

2.1.2 Versuch

In den letzten Jahren hat man des öfteren Verklebungen von Separatoren innerhalb unterschiedlicher Zeiträume nach Umstellung auf synthetische Kompressorenöle festgestellt. Wir führten daher eine Versuchsreihe durch.

Die Versuchsanlage bestand aus drei Schraubenkompressoren mit einer Gesamtlaufzeit bei Versuchsbeginn von jeweils 3.500 Betriebsstunden und einer zu erwartenden Jahresleistung von jeweils 5.000 bis 6.000 Betriebsstunden. Der Betreiber schmierte die Kompressorenanlagen, die keiner außergewöhnlichen Belastung unterworfen waren, mit einem für diese Anwendung vorwiegend eingesetzten Mineralöl der ISO VG 46. Dieses Kompressorenöl ist im Prinzip wie ein Motorenöl additiviert. Die Umstellung auf synthetische Schmierstoffe geschah, weil im nachgeschalteten Öl-Wasser-Trenner keine zufriedenstellende Abscheidung des Öls vom Kondensat stattfand, so daß die zulässigen Grenzwerte für den Restölgehalt im Kondensat überschritten worden waren.

Die Ölwechsel wurden bis zum Zeitpunkt der Umstellung nach Vorschrift des Maschinenherstellers ausgeführt. Eine außergewöhnliche Belastung des Schmierstoffs lag nicht vor. Aufgrund der guten Demulgiereigenschaften synthetischer Kompressorenöle (40/38/2 nach 10 Minuten, entsprechend DIN 51599), seines niedrigen Dampfdrucks und der damit verbundenen geringen Belastung des Folgesystems mit Ölaerosol war die Kondensatabscheidung und -trennung kein Problem mehr

(Abb. 11).

Viskositätsklasse ISO-VG	Demulgierung			
	ml Öl	Wasser	Emulsion	min
32	40	40	0	5
46	40	38	2	5
68	40	37	3	15
100	39	36	3	60
150	38	39	3	60

Abb. 11 Demulgierverhalten von Diestern

Auch während des Versuchs verklebten zu unterschiedlichen Zeitpunkten die Ölabscheidepatronen. Daraufhin wurden die einzelnen Papierlagen des Elementes auf die Ursache dieses Phänomens untersucht.

2.1.3 Untersuchungsergebnisse

Vor und nach Verkleben des Ölabscheideelementes wurde das verwendete Kompressorenöl analysiert und entsprechend den für diese Schmierstoffe gültigen Kriterien für den weiteren Gebrauch freigegeben (Tabelle 2).

Tabelle 2: Ergebnisse der Analyse des Kompressorenöls

	Frisciöl	Betriebsstunden		
		3400	4500*	5600**
Viskosität bei 40 °C, cst	46,1	52,25	53,12	52,19
Viskosität bei 100 °C, cst	7,6	8,11	8,09	8,16
Neutralisationszahl	0	0,78	0,79	0,72
Wasser, %		0,44	0,50	0,34
unlösliche Verunreinigungen, %		0,03	0,06	0,07
Silicium, ppm		< 5	< 5	< 5
Zink***, ppm		265	266	185
Verschleißmetalle, ppm				
Eisen		< 5	< 5	< 5
Aluminium		< 5	< 5	< 5
Kupfer		< 5	< 5	< 5
Blei		8	8	5
Chrom		< 5	< 5	< 5
Zinn		< 5	< 5	< 5
Nickel		< 5	< 5	< 5
* Musterentnahme sofort nach Filterverklebung				
** Zwischenzeitlich wurde Öl nachgefüllt				
*** ANDEROL synthetische Kompressorenöle enthalten kein Zink; Zink wird bekanntlich als Additiv in Kompressorenölen auf Mineralölbasis eingesetzt, weshalb Zink als zusätzlicher Indikator für das vorher verwendete Mineralöl anzusehen ist und <u>nicht</u> vom Separator stammt.				

Die Untersuchungen der einzelnen Papierlagen des Elementes ergaben nach Extraktion mit Chloroform die in **Tabelle 3** aufgelisteten Werte.

Tabelle 3: Die drei Papierlagen der Ölabscheidepatrone

	1. Lage	2. Lage	3. Lage
Viskosität bei 40 °C, cst	Schlamm	116,4	62,8
Viskosität bei 100 °C, cst	zu viskos	18,27	12,25
Neutralisationszahl	10,8	4,3	2,4
Silicium, ppm	80	40	23
Zink***, ppm	2490	1360	770
Verschleißmetalle, ppm			
Eisen	112	40	25
Aluminium	13	6	1
Kupfer	54	19	15
Blei	360	122	63
Chrom	4	2	1
Zinn	6	0	0
Nickel	5	2	1
*** siehe Tabelle 2			

In allen untersuchten Lagen wurden beträchtliche Mengen stark oxidierten (gealterten) Mineralöls mit Hilfe der Infrarot-Methode gefunden. Dies deckt sich im Übrigen mit den in den Papierlagen 1 bis 3 gefundenen Neutralisationszahlen von 10,8 über 4,2 bis 2,4 mg KOH/g. Der Filterhersteller ermittelte eine Verschmutzung der ersten, zweiten und letzten Lage von 70, 25 bzw. 5 g/m².

2.1.4 Empfehlungen für problemloses Umstellen

Will ein Betreiber seine Kompressoren auf den Betrieb mit synthetischen Schmierstoffen umstellen, sollte er die folgenden Punkte beachten:

- Ablassen des gesamten Altöls aus der Maschine, am besten im betriebswarmen Zustand;
- Öffnen des Kondensatablaßventils und Entfernen der gesamten Flüssigkeit;
- Entfernen des Verschlusses am Boden des Abscheider-/Auffangbehälters und Ablassen der gesamten Flüssigkeit;
- den Ölkühler am tiefsten Punkt ablassen;
- Reinigen oder Ersetzen der Ölfilter;
- Trennen der Ölleitungen an den Punkten, wo Öl eingeschlossen sein könnte und Reinigen dieser Leitungen;
- Wechseln der Abscheiderpatronen erst dann, wenn der Differenzdruck zu hoch wird.

2.2 Prozeßgase

Aufgrund der Vorteile im Luftverdichterbetrieb werden Syntheseschmierstoffe vermehrt in der Prozeßgasverdichtung eingesetzt. Diesterschmierstoffe haben sich als chemisch verträglich mit den in Tabelle 4 aufgeführten Medien erwiesen. Verstärkter Einsatz erfolgt heute im Deponie- und Klärgasbetrieb.

Ammoniak,
Äthylen,
Äthylenoxid,
Benzol,
Butadien,
Druckluft,
Edelegase,
Helium,
Hochofengas,
Kohlendioxid (trocken),
Kohlenmonoxid,
Kohlenwasserstoffgase,
Methan,
Nitrose-Gase,
Propan,
Schwefelhexafluorid,
Schwefelwasserstoff,
Stickstoff,
Synthese-Gas und
Wasserstoff.
Tabelle 4

2.2.1 Erfahrungen mit Brüden

Wegen der Verträglichkeit mit Prozeßgasen wurde von einem Schraubenverdichter-Hersteller eines unserer Diester-Kompressorenöle zum Einsatz in einer Kohlenstaubeinblasanlage zur Hochofenbeschickung bei Krupp Rheinhausen vorgesehen. Es handelte sich um ein Pilotprojekt, bei dem zur Hochofenbefeuerung statt Heizöl S Kohlenstaub eingesetzt werden sollte.

Zur Vermeidung von Kohlenstaubexplosionen sollte ein sogenanntes Inertgas verwendet werden, wobei sich das Hochofengas anbot.

Schon nach sehr kurzer Zeit stellte sich anhand der von uns durchgeführten Ölanalysen heraus, daß die bei Planung der Anlage vorgegebenen Grenzwerte der Brüden nicht den Gegebenheiten entsprachen, insbesondere hinsichtlich des SO₂- und H₂O-Gehaltes bei Eintritt in die Verdichter. Gemessen wurden die in **Tabelle 5** aufgelisteten Werte.

	vor Verdichtung	nach Verdichtung	nach Trockner
H ₂ O	18,5 g/Nm ³	10,8 g/Nm ³	< 0,01 g/Nm ³
Cl	< 1 g/Nm ³	< 1 g/Nm ³	< 1 g/Nm ³
SO ₂	23,7 g/Nm ³	12,1 g/Nm ³	4,5 g/Nm ³
CO ₂	27,4 Vol.-%	25,8 Vol.-%	32,4 Vol.-%
O ₂	1,6 Vol.-%	2,4 Vol.-%	5,2 Vol.-%
H ₂	---	---	---
N ₂	71,0 Vol.-%	71,8 Vol.-%	62,4 Vol.-%
CO	---	---	---

Tabelle 5 Gasanalyse des Hochofengases

Aufgrund der Säurebildung und der damit verbundenen Korrosion, speziell am Ansaugfilter der Maschinen, fanden wir bei unseren Ölanalysen große Mengen Zink und Eisen, aber auch Kupfer, vermutlich aus dem Lager- und Ölkühlerbereich. Damit verbunden war natürlich ein extremer Anstieg der Säurezahl im Öl, der jedoch nicht auf Ölalterung zurückzuführen war. (Abb. 12)

Technical Service Report

ANDEROL

Synthetic Lubricants

NUDEX INC.
A Shell Company
Nuodex Colortrend BV
P.O. Box 4348 Tel. 6243 624
6202 VA Maarssele Telex 06747
NETHERLANDS

REPORT DATE October 1987

COMPRESSOR LUBRICANT EVALUATION

COMPANY Krupp ATTN: _____
LOCATION Reishagen PHONE _____ DISTRIBUTOR _____
COMPRESSOR MFG/MODEL Schraubenverdichter UNIT NUMBER _____
LUBRICANT USED Diester ISO 68 GAS _____
REASON FOR SAMPLE: ROUTINE X PROBLEM _____

SAMPLE IDENTIFICATION NO.	CS 2525/1087	CS 2527/1087
SAMPLE SOURCE	IBSD	IBSD
SAMPLE APPEARANCE		
DATE SAMPLED	09 - 10 - 1987	13 - 10 - 1987
HOURS ON LUBRICANT	300 - 1000	1999
VISCOSITY 40°C cSt	59.97	79.10
VISCOSITY 100°C cSt	7.5	7.8
TOTAL ACID NUMBER	0.44	0.68
ANALYSIS: ANDEROL	98 %	97 %
MINERAL OIL	2 %	3 %
CONTAMINANTS: WATER	3.11 %	4.27 %
SOLIDS		
SILICON	3	12
(NOTE: Analysis in % unless indicated otherwise)		
WEAR METALS: IRON	250	1260
ALUMINIUM	5	9
COPPER	50	33
LEAD	4 #	4 #
CHROMIUM	4 #	4 #
TIN	4 #	4 #
NICKEL	4 #	4 #

Abb. 12 Diesterschmierstoff im Schraubenverdichter mit Hochofengas

Da mit dieser Ölverschmutzung die geplanten Standzeiten von 1.000 Betriebsstunden zunächst nicht erreicht werden konnten, entschied sich der Betreiber auf Empfehlung eines Mineralöllieferanten, ein - wie dieser glaubte - relativ unempfindliches Motorenöl einzusetzen, mit dem Erfolg, daß innerhalb von nur 24 Stunden eine stabile Emulsion produziert wurde (Abb. 13) und die TBN völlig zusammengebrochen war.

Technical Service Report

ANDEROL Synthetic Lubricants



 ABB LUBRICANTS INC.
 Nuodex Colortrend BV
 P.O. Box 4948 Tel. (043) 62
 8802 VA Meersicht Telex 66747
 NETHERLANDS

REPORT DATE November 1987

ENGINE LUBRICANT EVALUATION

COMPANY	Krupp	ATTN:	
LOCATION	Rheinhausen	PHONE	
ENGINE MFG/MODEL	Schraubenverdichter	APPLICATION	
UNIT ID	LUBRICANT Mineral-Motordl FUEL		
REASON FOR SAMPLE(S):	ROUTINE	PROBLEM	
LAB NO.	CS 2723/1187	compr. I	CS 2718/1187
SAMPLE SOURCE	fresh oil	sump	
SAMPLE APPEARANCE			
DATE SAMPLED		16 - 11 - 1987	
KM ON UNIT			
KM ON OIL	0	59,5	
VISCOSITY 40°C cSt	40,08	7,8	
VISCOSITY 100°C cSt	6,78	3,77	
TOTAL ACID NUMBER	2,91	< 20 %	
TOTAL BASE NUMBER	10,16	> 70 %	
ANALYSIS: ANDEROL %	7 %	1,8	
MINERAL OIL %			
CONTAMINANTS:			
WATER %	0,15 %	10,92 %	
INSOLUBLES %			
FUEL %			
GLYCOL %			
(NOTE: Analysis in ppm unless otherwise noted)			
SILICON	7	7	
SODIUM			
BORON			
ADDITIONS:			
ZINC	> 200	> 600	
CALCIUM			
PHOSPHORUS			
MAGNESIUM			
BARIIUM			
WEAR METALS:			
IRON	4,5	> 850	
ALUMINIUM	4,5	1,6	
COPPER	4,5	170	
LEAD	4,5	2,6	
CHROMIUM	0	4,6	
TIN	0	20	
NICKEL	4,6	4,6	

Abb. 13 Mineralöl im Schraubenverdichter mit Hochdruck

Mit Hilfe wöchentlicher Ölanalysen wurden die Standzeiten zunächst auf ca. 350 Betriebsstunden festgelegt. Es wurde erwogen, Syntheseöl nach einer gewissen Betriebsdauer zu filtrieren und erneut einzusetzen. Versuche, die bei einem Hamburger Filterhersteller durchgeführt wurden, ergaben, daß mit seiner Filtrationsmethode die Säurezahl von ca. 6,4 mg KOH/g vor auf 1,4 mg KOH/g nach der Filtration reduziert werden konnte, womit bewiesen war, daß es sich nicht um Alterungssäure handelte. Allerdings konnten die gelösten Metalle nicht beseitigt werden.

Im Zusammenhang mit den Stilllegungsabsichten bei Krupp Rheinhausen wurde die Kohleeinblasanlage im Herbst 1988

abgeschaltet, da man nicht bereit war, für dieses Verfahren weiter zu investieren, zumal man erkannt hatte, daß das wesentliche Problem bei diesem Verdichtungsprozeß das in die Maschine eingeschleppte H_2O war, das in Verbindung mit SO_2 im Ansaugbereich zu Korrosion führte. Eine Wasserabscheidung vor Maschineneintritt hätte mit Sicherheit für einen problemlosen Betrieb gesorgt.

Uns hat auch diese Anwendung bestätigt, daß Syntheschmierstoffe im Verdichterbetrieb neben den bereits erwähnten Vorteilen die Betriebsbereitschaft entschieden erhöhen.

QUELENNACHWEIS

- Abb. 9, 11: J. Ludwig, K.B. Willuweit,
"Kompressorenschmierstoffe",
DRUCKLUFTTECHNIK, Juni 1988
- Abb. 2, 3, 4, 6, 7, 8: Dr. W. Schmid, "Synthetische
Industrieschmierstoffe - Neue
Wege der Problemlösung"
- Abb. 9a, 9b: R.C. Gunderson, A.W. Hart,
"Synthetic Lubricants"
- Abb. 10: K.B. Willuweit, "Saubere
Druckluft - Eine Frage des
Schmierstoffs", DRUCKLUFT-
TECHNIK, Sept./Okt. 1989
- Tabelle 2, 3: K.B. Willuweit, "Ursachen für
das Verkleben von Ölabscheide-
elementen", DRUCKLUFTTECHNIK
Mai/Juni 1990
- Vortragspunkt 2: M.H. Knapp "Diester Compressor
Lubricants in Petroleum and
Chemical Plant Service",
Mai 1975