

Erfahrungen mit Schmierstoffen für Verdichter

Dr. W. A. Schmid, Wedel

Einleitung

Luftverdichter sind Arbeitsmaschinen, die Luft auf einen höheren Druck verdichten (Abbildung 1). Entsprechend dem angewandten Arbeitsprinzip wird zwischen Verdränger- und Turboverdichter unterschieden. Bei Verdrängerverdichtern wird die Luft mit Hilfe eines sich bewegenden Teiles, z.B. Kolben oder Schraube angesaugt, komprimiert und durch Überschreiten des Ventilgedrucks ausgeschoben / 14 /.

In Turboverdichtern wird die Luft mit Hilfe von Laufrädern auf eine hohe Geschwindigkeit gebracht und anschließend abgebremst. In beiden Fällen erhöht sich dabei die Temperatur des Gases, beim Kolbenverdichter mehr als beim Schrauben- und Turboverdichter.

Betrachtet man die unterschiedlichen Verdichtungsbauarten (Abbildung 2), so wird sich bei der Darstellung der Praxisbeispiele zeigen, daß synthetische Produkte im wesentlichen auf den Einsatz bei Hubkolben-, Schrauben- und Vielzellen-Verdichter beschränkt sind.

Bei diesen Verdichterarten treten die höchsten oxidativen Belastungen für den Schmierstoff auf; bei Hubkolbenverdichtern (Abbildung 3) können bei einem Enddruck von 7 bar 260 °C in Einzelfällen gemessen werden.

Der dem Zylinder zugeführte und auf den Zylinderwänden verteilte Schmierstoff kann unter den herrschenden Temperaturen seine leichten Anteile verdampfen. Daneben wird Öl in Nebel- oder Tröpfchenform durch die vorbeistreichende Druckluft mitgerissen, vergrößert seine Oberfläche und ist Temperaturen bis zu 220 °C oder mehr bei erhöhtem Sauerstoffangebot ausgesetzt. Dies kann zu Rückstandsbildung an Kolbenringnuten, Druckventil und in der Überströmleitung führen. Verkockte Druckventile schließen schlechter und ermöglichen ein Zurückströmen der erhitzten Druckluft, verringern somit den volumetrischen Wirkungsgrad und führen zusätzlich zu einer Vorerwärmung der angesaugten Luft. Im Endeffekt zeigt sich eine höhere Verdichtungstemperatur mit beschleunigter Alterung des Öles.

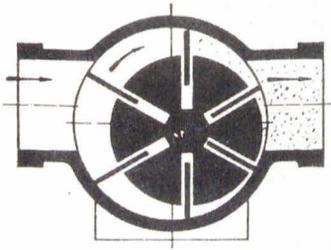


Abbildung 4: Rotationsverdichter

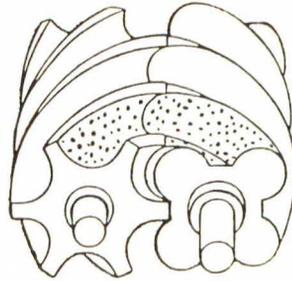


Abbildung 5: Schraubenverdichter

Öleingespritzte Rotations- und Schraubenverdichter (Abbildung 4,5) erzeugen eine intensive Mischung von Öl und Luft während des Verdichtungsprozesses. Daraus erhebt sich die Forderung nach einem äußerst oxidationsbeständigen Öl. Diese Forderung ist umso wichtiger, da während der Verdichtung durch Komprimierung einzelner im Öl eingeschlossener Luftblasen örtlich wesentlich höhere Temperaturen auftreten als durch das Thermometer am Druckrohr angezeigt werden.

Eigenschaften von Luftverdichterölen

In DIN 51 506 / 1 /, der Anforderungsnorm für Schmieröle für Luftverdichter mit ölgeschmierten Druckräumen, sind die Eigenschaften von Luftverdichterölen festgelegt. VGB 16, Abschnitt 19 / 2 / legt fest, daß geeignete Schmiermittel einzusetzen sind. Die Norm gilt nur für Mineralöle, ist aber bei der Entwicklung synthetischer Produkte eine Richtschnur für deren Eigenschaften und den Prüfungsumfang.

Andere Testmethoden, speziell für öleingespritzte Schrauben- und Rotationsverdichter, werden z.Zt. in ISO TC 28/ SC 4/WG 2 entwickelt. Die Überprüfung der Wiederhol- und Vergleichbarkeit bestehender Alterungsteste wird ebenfalls in dieser Arbeitsgruppe z.Zt. durchgeführt.

Die wesentlichste Eigenschaft von Luftverdichterölen ist ihre Oxidationsstabilität, um den hohen Anforderungen im Kompressor gerecht zu werden / 3 /.

Aus diesem Grunde wurde in die Anforderungsnorm für Schmieröle für Luftverdichter mit ölgeschmierten Druckräumen DIN 51 506 für die Gruppen VCL und VDL ein entsprechender Test aufgenommen.

Für VCL-Öle wird das Alterungsverhalten durch Bestimmung des Koksrückstandes nach Durchleiten von Luft bei 200 °C über zweimal 6 Stunden bestimmt.

VDL-Öle werden nach Zugabe von Eisen-(III)-oxid als Katalysator und unter Einleiten von Luft bei 200 °C 24 Stunden gealtert. Von den gealterten Proben wird der Koksrückstand nach Conradson bestimmt.

Zusätzlich werden VDL-Öle einer Vakuumsdestillation unterzogen; am 20 % Destillationsrückstand wird sowohl die Koksbildung nach Conradson wie auch die Viskosität bei 40 °C bestimmt.

Dieses Verfahren soll sicherstellen, daß zur Viskositätseinstellung nur benachbarte Kernfraktionen verwendet werden und nicht niedrig-viskose mit hochviskosen Fraktionen (Brightstock) gemischt werden.

Tabelle 1: DIN 51506 (auszugsweise)

	Mineralöl		Diester		SHF/Polyolester
K.Visk. 40 °C	27.6	86.3	28.2	87	28.3
100 °C	5	10	5.3	8.2	5.5
Flpkt. COC °C	213	252	246	235	230
Pourpoint °C	- 13	- 13	- 54	- 37	- 57
△ CCR nach Oxid. %	1.5	0.9	0.05	0.1	-
CCR nach Oxid. mit + Eisenoxid %	1.3	1.7	0.2	0.3	0.4
Dest. 20% Rest CCR %	0.1	0.2	0.16	0.05	0.2
K.Visk. 40 °C	62	175	29	90	47

In der Tabelle 1 sind die Produkte aufgeführt, über deren Feldergebnisse im wesentlichen in diesem Vortrag berichtet werden soll.

Die synthetischen Schmierstoffe unterscheiden sich von den Mineralprodukten im Pourpoint, CCR, △ CCR und in den Viskositäten des 20 %-igen Destillationsrückstandes. In einigen Fällen ist der Flammpunkt synthetischer Produkte höher als bei Mineralöl. Die unterschiedliche Zusammensetzung der Produkte zeigt sich bei der oben erwähnten Viskosität. Bei Mineralöl destillieren die leichter siedenden Fraktionen ab, die höher siedenden bleiben zurück und ergeben einen Viskositätsanstieg. Diester dagegen sind eine einheitliche Verbindung mit einem definierten Siedepunkt, weshalb die Viskosität des Rückstandes der des Ausgangsproduktes entspricht. Die SHF/Ester-Mischung zeigt ebenfalls einen leichten Anstieg, der durch die unterschiedlichen Siedepunkte der Einzelkomponenten erklärt werden kann.

Außerdem findet natürlich bei jeder Destillation eine Anreicherung der Additive statt, die ebenfalls zu einem Viskositätsanstieg des Rückstandes beitragen könnten.

Synthetische Luftverdichteröle

Zwischen 1950 und 1960 wurde durch eine Reihe von Bränden und Explosionen das Interesse an synthetischen Produkten geweckt. Man erwartete durch ihre höhere Flamm- und Zündpunkte sowie durch ihren niedrigen Dampfdruck eine geringere Brandgefahr und weniger Austrag mit der verdichteten Luft. Hauptsächlich wurden Diester (Abbildung 6) und Phosphorsäure-Ester (Abbildung 7) mit Erfolg untersucht / 7, 8, 10 /.

Erst in neuerer Zeit wurden Verbindungen wie Silikone (Abbildung 8), Polyolester (Abbildung 6) und synthetische Kohlenwasserstoffe (Abbildung 9) alleine und in Kombinationen mit Estern eingesetzt / 15 /.

Alle Produkte haben sich ausgezeichnet bewährt. Sie zeigten praktisch keine oder nur geringe Koksbildung, erwiesen sich als außerordentlich oxidationsstabil, hatten aufgrund des geringen Dampfdruckes praktisch keinen Ölverlust, bzw. keinen Austrag in die nachfolgenden Leitungen und es konnte kein Verschleiß festgestellt werden.

Die Produkte unterschiedlicher Lieferanten sind heute kommerziell verfügbar. Ester haben ein gutes Preis-Standardverhältnis wie Polyolester und SHF/Ester-Mischungen. Letztere haben den Vorteil, daß sie mit Dichtungsmaterialien und Anstrichen, die normalerweise für Mineralölbetrieb vorgesehen sind, verträglich sind. Dies macht sich besonders bei Untersuchungen an Dichtungsmaterialien mit Gebrauchtölen bemerkbar, wie noch gezeigt werden wird.

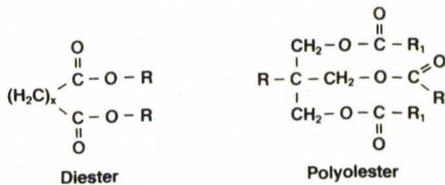
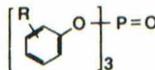


Abbildung 6: Polyolester



Phosphorsäure-Triarylester

Abbildung 7: Phosphorsäure-Triarylester

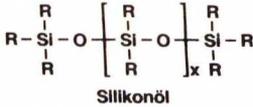
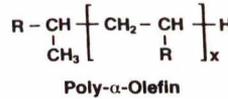


Abbildung 8: Silikonöl

Abbildung 9: Poly- α -Olefin

Die weite Verbreitung von Silikonölen wird durch deren Preis verhindert, weshalb sie nur in speziellen Fällen eingesetzt werden.

Materialverträglichkeit

Diester, Polyolester, SHF und SHF/Ester-Mischungen sind mit Mineralöl mischbar und verträglich; Silikone und Phosphorsäure-Ester dagegen nicht. Bei der Umstellung muß deshalb auf den Typ des synthetischen Produktes geachtet werden.

Beständige Dichtungsmaterialien (Tabelle 2) für Diester, Phosphorsäure-Ester, SHF und Silikone sind Fluorkautschuk, PTFE und Fluorsilikon-Kautschuk, allerdings darf der Einfluß der Additive nicht gänzlich unberücksichtigt bleiben, wie Veröffentlichungen in letzter Zeit zeigten / 9 /. Die Werte für Standard-Referenz-Elastomer NBR 1 sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Als Anstrichmittel sollten generell Epoxyharze und 2-Komponentenlacke auf Urethan-Basis verwendet werden.

Tabelle 2: Dichtungsverträglichkeit

ISO R 1629	Min.-Öl	SHF	Ester	Phosphor-S.-Ester	Silikon-Öl
NBR	+	+	(+)		+
ACM	+	+			
MFQ	+	+	+	+	
FPM	+	+	+	+	+
PTFE	+	+	+	+	+

+ verträglich
(+) Acrylnitrilgehalt über 30%

Tabelle 3: Verhalten gegen SRE - NBR 1
DIN 53538/1 (Entwurf) 168 Std./100 °C

	Δ Härte/IRHD	Δ Volumen%
Mineralöl	- 2	7.2
Diester	- 9	20
SHF	+ 1	-1
SHF/Ester	- 2	7.6
Phosphorsäure-Ester	-19	4.5

Tabelle 4: Hubkolbenverdichter 3-stufig

Druck	bar	120
Drehzahl	min.-1	970
Auslaßtemperatur		
1./2./3. Stufe	°C	200/195/210
Ventiltemperatur	°C	240
Testablauf	min.	40 Last
	min.	20 Stop
		24 Std./Tag
Ölvolumen	Liter	4
Bewertung der Ventile nach 450-500 Std.		

Ölstandssichtgläser am Verdichter und Wartungseinheiten wie Öler und Filter in der Druckluftstrecke sollten nicht aus Polycarbonat gefertigt sein, da dieser Kunststoff bei Einsatz von Estern oder esterhaltigen Produkten zur Ribildung und zum Platzen neigen.

Vor Einführung eines synthetischen Öles in eine Kompressoranlage sollten die Rückstände, die vom vorher eingesetzten Mineralöl gebildet wurden, entfernt werden.

Ergebnisse im Luftverdichter

Die tatsächliche Eignung eines Schmierstoffes für einen bestimmten Anwendungsfall kann immer nur in der Maschine selbst ermittelt werden. Deshalb sollen im folgenden Einzelergebnisse vom Kompressorresten gezeigt werden, die stellvertretend für eine weitere Vielzahl nicht nicherwähnter Versuche stehen sollen.

In Tabelle 4 sind die Daten eines 3-stufigen Hubkolbenverdichters aufgeführt, der durch die Ventilbeurteilung nach 450 - 500 Betriebsstunden die Eignung des Schmierstoffes vermittelt.

Abbildung 10 und 11 zeigen die Ventile dieses Verdichters nach etwa 450 Stunden, betrieben mit 2 unterschiedlich viskosen Esterölen. Da dieser Verdichter nur zu Testzwecken benutzt wird und die Testbedingungen weit über dem Normalbetrieb liegen, sind Ergebnisse wie in Abbildung 10 und 11 gut für mehr als 1000 Stunden Normalbetrieb, was auch durch einen 1400-Stunden Feldtest bestätigt wurde.

Ein weiterer Kolbenverdichter (Abbildung 12) ist in Tabelle 5 dargestellt. Die Testkriterien (Tabelle 6) sind die quantitative Erfassung der gesamten Rückstände, der Ölverbrauch, eine Gebrauchtolanalyse und das Ansprechen der Übertemperaturkontrolle des Ventils. Die Ventile nach 250 Stunden Mineralöl- und 500 Stunden Diesterbetrieb sind auf Abbildung 13 zu sehen. Da dieser Kompressor zur Bewertung neuer Ölformulierungen benutzt wird, existieren eine Anzahl von Daten, die auszugsweise in Abbildung 14 dargestellt sind.

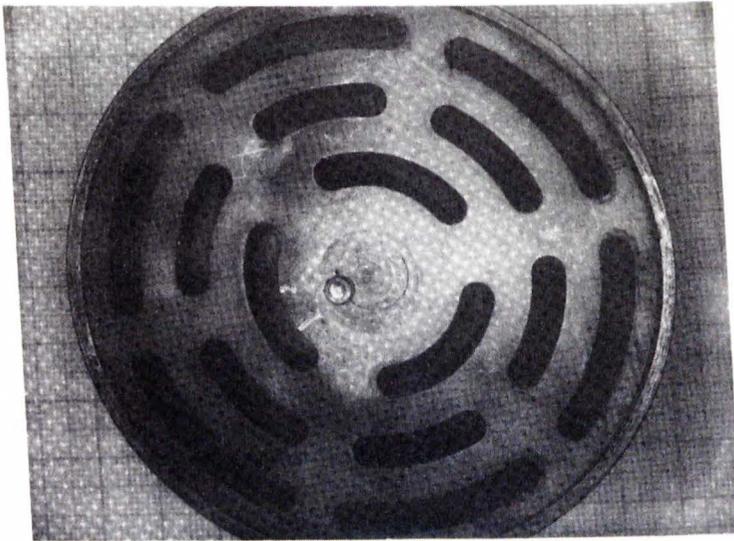


Abbildung 10: Ventil aus Kolbenverdichter, 3-stufig, 120 bar, 450 Stunden
Diester ISO VG 100

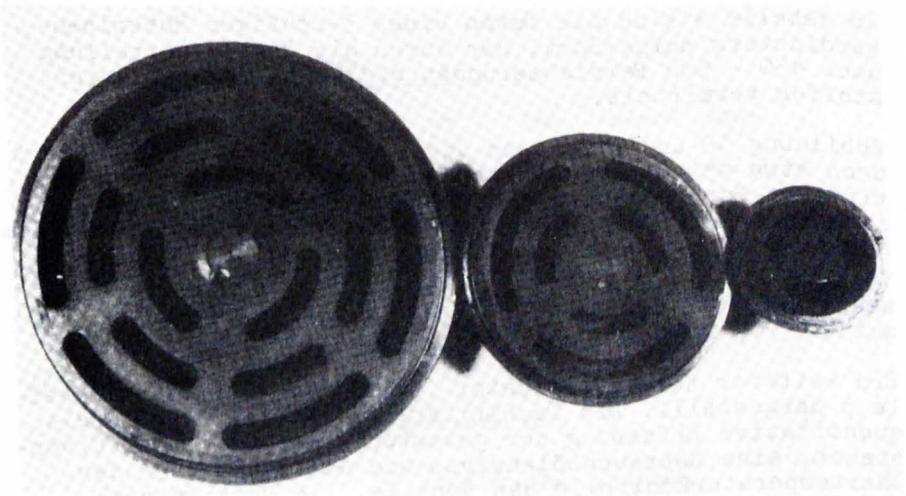


Abbildung 11: Ventile aus Kolbenverdichter, 3-stufig, 120 bar, 448 Stunden
Diester ISO VG 150

Tabelle 5: Kolbenverdichter (Mod.)

Leistung	kw	15
Volumen	m ³ /Std.	23
Druck	bar	8
Ölvolumen	Liter	6
Ölkühlung		Luft
Testbedingung	Stunden	4.5 Betrieb
	Stunden	0.5 Stop
Nachfüllung nach 100/200 Stunden		

Tabelle 6: Testkriterien

Quant. Erfassung der Rückstände
(Ventilklappe und Glocke, Zylinderkopf)
Temperatur (Stop bei Ventilttemperatur von 320 °C)
Ölverbrauch
Gebrauchtöl-Analyse

Die aufgeführten Produkte zeigen je nach Typ unterschiedliche Rückstandsbildung bei gleichem Verbrauch, wobei Diester bei einer Laufzeit von 500 Stunden wesentlich weniger Rückstände zeigen. Weniger gut raffinierte Grundöle versagen schon nach der Hälfte der Testzeit, nach 130 Stunden.

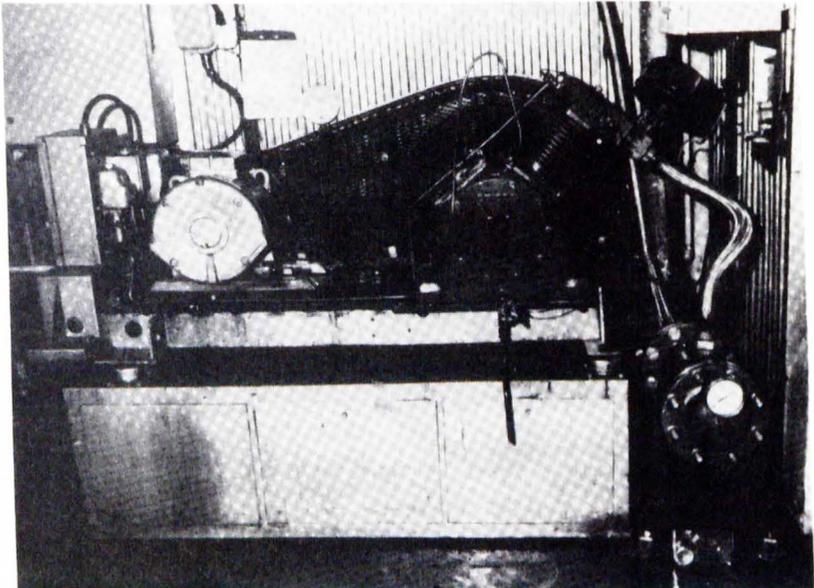


Abbildung 12: Demag-Spiros Z8 A27 R 1-stufig

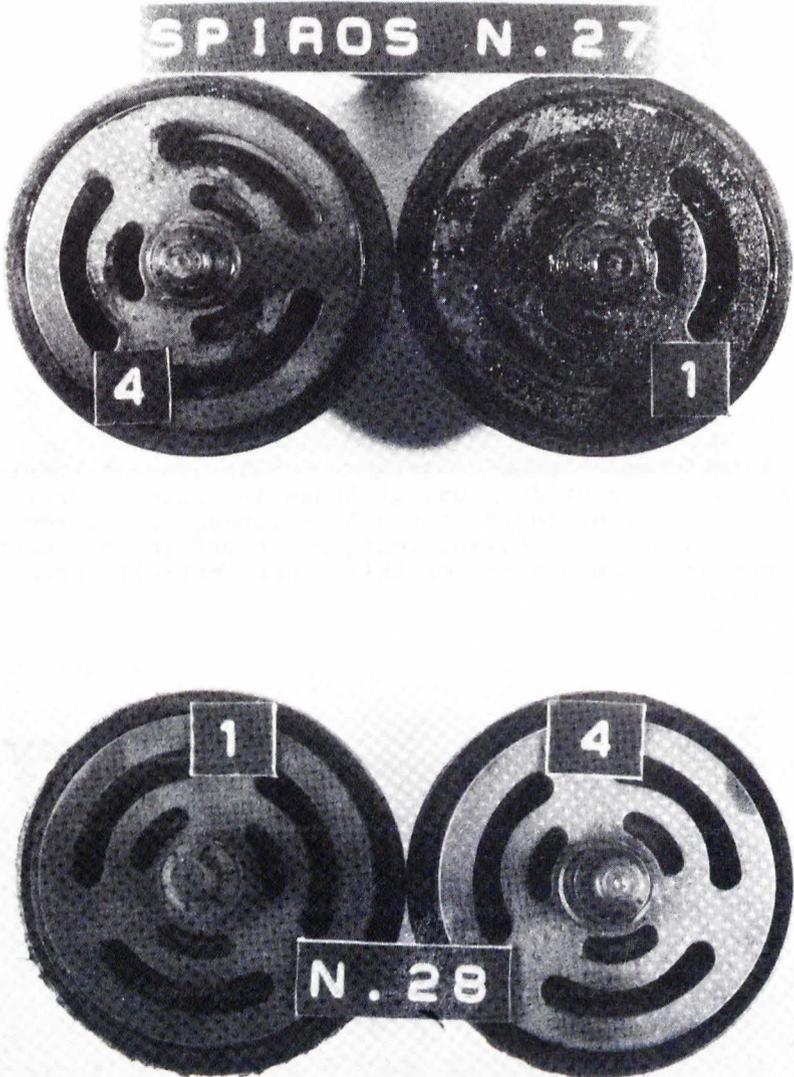


Abbildung 13: Ventile aus Demag-Spiros-Test
oben: Mineralöl 250 Stunden, unten: Diester 500 Stunden

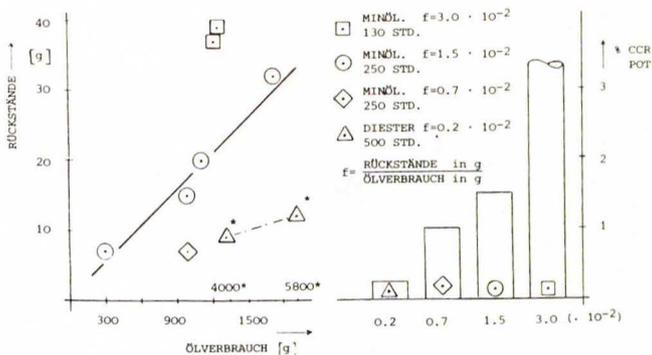


Abbildung 14: Rückstand/Verbrauch vs % CCR (POT)

Der Faktor aus Rückstand pro Ölverbrauch ergibt Werte, die mit den Werten des Conradson-Koksrückstandes nach Alterung mit Luft in Gegenwart von Eisenoxid in eine gewisse Korrelation gebracht werden können. Diese Korrelation gilt sicher nur für diesen Verdichter; es wäre interessant, andere Verdichter vergleichbarer Bauart auf diese Art zu bewerten, um so den Schwierigkeitsgrad des Verdichters für ein Standardöl festzustellen.

Wie schon erwähnt, sind neben den Kolbenverdichtern Schraubenverdichter aufgrund ihrer Beanspruchung des Öles ein bevorzugtes Einsatzgebiet von synthetischen Luftverdichtertölen.

Tabelle 7: Schraubenverdichter A/A' öleinspritzgekühlt, 1-stufig

Leistung	kwS	75
Volumen	m ³ /min.	9.2
Druck	bar	10
Endtemperatur	°C	100 ¹⁾
Ölvolumen	Liter	50
Ölkühlung		Luft

1) nach VBG 16 höchstzulässige Endtemperatur

In Tabelle 7 sind die Daten zweier Schraubenverdichter aufgeführt, die im gleichen Zeitraum in einer Verdichterstation unter vergleichbaren Bedingungen mit Mineralöl und einer SHF/Polyolester-Mischung liefen. Durch unterschiedliche Einschaltzeiten ergaben sich bei Versuchsende verschiedene Betriebsstunden. Der Versuch wurde durch die hohe Neutralisationszahl von 1,7 mg KOH/g Öl des Mineralöles abgebrochen, was normalerweise eine nicht akzeptable NZ für Mineralöle ist. Die Auswirkung der Oxidationsprodukte ist in Abbildung 15, den Ölstopventilen der Verdichter zu sehen. Die Membran, die mit dem gealterten Mineralöl in Kontakt war, löst sich vom Textiluntergrund, während die aus der SHF/Polyolester-Mischung nahezu unverändert ist.

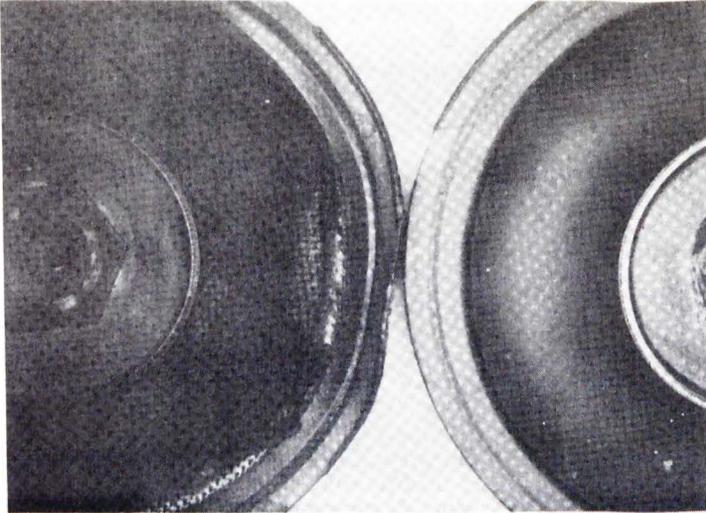


Abbildung 15: Ölstopventil
Mineralöl

Schraubenverdichter A/A
SHF/Ester

Tabelle 8: Gebrauchtolanalyse Schraubenverdichter A/A'

	Mineralöl		SHF/Ester	
	0	3991	0	3276
K. Visk. 40 °C	30.2	35.5	34.0	30.3
100 °C	5.3	5.88	5.84	5.72
N.Z.	0.15	1.7	0.23	1.35
Toluol-Unl.	-	0.05	-	0.05

Tabelle 9: Schraubenverdichter B, 2-stufig, öleinspritzgekühlt

Leistung	kW	200
Volumen	m ³ /min.	19.4
Druck	bar	5.7/20
Endtemperatur	°C	120
Ölvolumen	Liter	100
Ölumlauftrate	l/min.	300
Ölkühlung		Luft

Tabelle 10: Gebrauchtolanalyse Schraubenverdichter B

	Diester		SHF/Ester	
	0	4000	0	4100
K. Visk. 40 °C	29.6	32.5	31.3	40.2
100 °C	5.4	5.9	5.6	6.6
N.Z.	0.11	10.6	0.56	1.96
Pentan-Unl.	0.05	0.15	0.05	0.05
Nachfüllmenge	-	72	-	-

Mineralöle VDL 22 versagen nach 400/500 Betr.-Std.
wegen zu schneller Alterung

Diese deutliche Überlegenheit der SHF/Ester-Mischung zeigt sich auch in einem Versuch in einem 2-stufigen Schraubverdichter (Tabelle 9). Mineralöl ist nach maximal 400 - 500 Stunden so stark oxidiert, daß es gewechselt werden muß. Diester griffen im Versuch die Schlauchmaterialien stark an, daß sie gegen flexible Stahlschläuche ausgetauscht werden mußten.

Nach vergleichbarer Testzeit zeigten Diester eine ungewöhnlich hohe NZ (Tabelle 10), die allerdings vom vorherbenutzten Schlauchmaterial beeinflusst sein kann. Die SHF/Ester-Mischung dagegen war für diese schwere Anwendung in einem ausgezeichneten Zustand und zeigte keinen Einfluß auf das Schlauchmaterial.

Erfahrungen im Kälteverdichter bzw. Wärmepumpe

Die Anforderungen an Kältemaschinenöle, sowie deren physikalisches Verhalten in Kältemaschinen oder Wärmepumpen stellt einen eigenen Vortrag dar und soll nicht Gegenstand dieses Vortrags sein.

Aufgrund der positiven Eigenschaften von Poly- α -Olefinen und Polyglykolen in Labortesten in Gegenwart von Kältemitteln wurden diese Produktklassen näher für den Einsatz in der Kältemittelverdichtung untersucht.

In Tabelle 11 sind die untersuchten Produkte kodiert aufgeführt. Der hohe Viskositätsindex zeigt bei den SHF-Produkten die paraffinbasierte Natur der eingesetzten Fluids. Dieser paraffinische Charakter ist für das relativ schlechte Lösungsverhalten von Kältemittel R 22 und R 114 verantwortlich.

Tabelle 11: Typische Eigenschaften von Kältemaschinen-Ölen

	SNN 200	SHF			PG		
		A	B	C	D	E	F
DICHTE	0,911	0,833	0,843	0,852	1,012	1,006	1,05
FLAMMPKT., °C	208	245	266	285	280	280	280
POUR POINT, °C	-35	-55	-45	-43	-31	-30	-30
KIN. VISK.							
40 °C	55	62	205	400	161	225	470
100 °C	6,5	10,1	22,1	42,3	23,1	30,9	79,5
VI	50	148	148	150	173	181	200
CHEM./THERM. STABILITÄT	GUT			SEHR GUT			

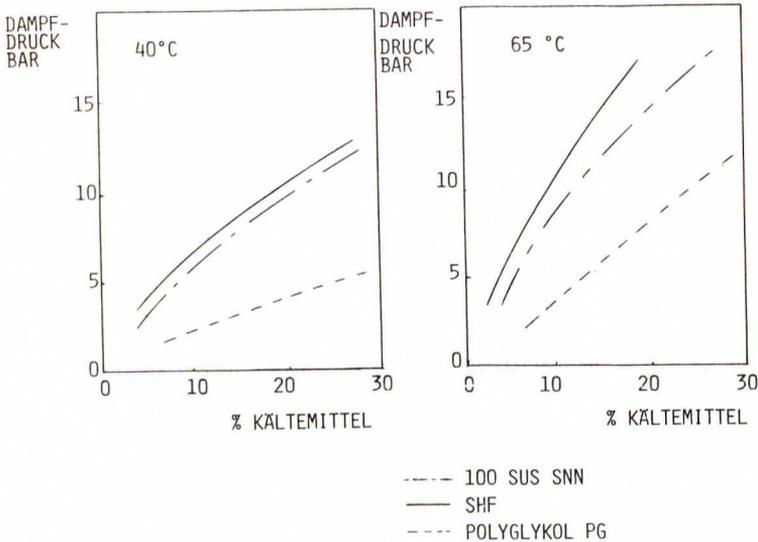


BILD 16: LÖSLICHKEIT VON R 22

Abbildung 16 stellt die Aufnahme von R 22 in den unterschiedlichen Grundflüssigkeiten dar und zeigt, daß SHF unter vergleichbaren Bedingungen am wenigsten R 22 aufnimmt. Damit nimmt auch die Viskosität in Mischung mit R 22 weniger ab und gewährleistet einen besseren Dichteffekt im Kompressor. Allerdings sollten diese Fluids nur in Verbindung mit trockenen Verdampfern eingesetzt werden. Nasse Verdampfer erfordern ein speziell konzipiertes Öl für R 22 mit eingestellter Löslichkeit (17).

Ähnliche Lösungsverhältnisse findet man wie bereits erwähnt bei R 14, jedoch kehrt sich die Reihenfolge der Löslichkeit im Falle von R 12 um.

Ein weiterer Vorteil dieser ausgewählten Produkte sind ihre hohen möglichen Viskositäten. Aus diesem Grund wurde in Frankreich SHF C für eine Wärmepumpe ausgewählt, da dieses Produkt keine Stabilitätsprobleme bei 120 °C mit R 114 ergab und bei 130 °C dieselbe Viskosität besitzt wie das naphthenbasierte Öl bei 65 °C. Ein bekannter japanischer Erbauer hat mineralölbasierte Kältemaschinenöle mit SHF-Flüssigkeiten in Gegenwart von R 12 und R 114 in großen Schraubenverdichtern verglichen. Die Poly- α -Olefine C und B hatten eine ausgezeichnete thermische/chemische Stabilität bei Ölein-spritztemperaturen, die bis zu 120 °C gesteigert werden konnten. Diese Temperaturerhöhung verbesserte gleichzeitig den Wirkungsgrad der Anlage.

Ein ähnlicher Versuch wurde von einem schwedischen Erbauer mit R 12 durchgeführt. Wie bereits beschrieben, löst sich R 12 sehr gut in Mineralöl und SHF, die Gegenwart von gelöstem Kältemittel ist aber nachteilig für den Wirkungsgrad. Durch Temperatur-Erhöhung des eingespritzten Öles wird die Löslichkeit von R 12 gesenkt und der Wirkungsgrad erhöht sich durch Absenken der notwendigen Antriebsenergie. Es muß natürlich gleichzeitig eine ausreichende Viskosität zur Kompressorschmierung bestehen bleiben und die thermischen Stabilitätsgrenzen dürfen nicht erreicht werden. Mit der Viskositätslage von SHF A wurde ein Schraubenverdichter des Zimmern-Typs zufriedenstellend bei Kondensationstemperaturen von 120 °C betrieben. Die Produkte wurden nicht nur in Haustesten, sondern auch durch Feldteste hinsichtlich ihrer Einsatzbereitschaft überprüft.

Im Beispiel 1 in Tabelle 12 handelt es sich um das Polyglykol/R 12- System einer großen Wärmepumpe, die 80 Wohneinheiten einer Gesamtfläche von 6400 m² heizt. Diese Heizeinheit arbeitet mit 2 Schraubenverdichtern, die von 2 Gasmotoren angetrieben werden. Die Verdampfer-temperatur liegt zwischen -25 und +10 °C. Die Kondensationstemperatur kann im Maximum 65 °C erreichen. Seit Ende 1980 läuft die Anlage problemlos mit heute etwa 5000 Betriebsstunden. Es wird kein Ölverlust festgestellt, das bedeutet, das Öl hat bei -25 °C noch eine ausreichende Fließfähigkeit um zum Kompressor zurückzugelangen. Andererseits wird durch die Betriebsbedingungen von 80 °C und 17 Bar das Öl bis auf 15 mm²/s verdünnt. Es ergeben sich aus den Analysen keine Anhaltspunkte auf eine thermische oder chemische Instabilität des Schmierstoffes (16).

Tabelle 12: FELDTTEST-ERGEBNISSE
WÄRMEPUMPE

ANLAGE	KM	ÖL-TYP	VERDICHTER	ENDTEMP. °C	KOND./VERDAMPFER TEMP. °C
1. HEIZUNG	R 12	PG E	2 SCHRAUBEN 2 x 130 kW	80	65/-25 - +10
2. HEIZUNG	R 12	PG D	3 SCRAUBEN	-	-
3. GIPSPLATTEN	R 12	SHF B	2 KOLBEN	90	65/25
4. GIPSPLATTEN	R 12	SHF B	2 KOLBEN	90	- /32
5. MOLKEREI	R 114	SHF C	KOLBEN	115	100/43
6. KOMPRESSOR ERBAUER I	R 114	SHF A	SCHRAUBE	-	120/-
	II	R 114	SHF C	125	115/60
		R 12	SHF C	120	75/30
	III	R 12	PG E	70	65/-25

Berichten aus dem Ausland können wir entnehmen, daß heute Wärmepumpen mit Kondensationstemperaturen von 120 °C kommerziell erhältlich sind, die nahezu ausnahmslos mit SHF geschmiert werden.

Zusammenfassung:

Betrachtet man die in der Literatur beschriebenen und in unserem Hause erhaltenen Ergebnisse an Schraubenverdichtern, die sowohl zur Verdichtung von Luft, als auch zur Erzeugung von Kälte bzw. Wärme eingesetzt werden, so muß man den Einsatz von synthetischen Produkten insgesamt als positiv bewerten. Global gesehen bieten sie eine Reihe von Vorteilen gegenüber Mineralöl: geringe Rückstandsbildung, geringere Wartezeit, längere Ölwechselfristen (bis über 10.000 Bh), in Gegenwart von Kältemitteln ausreichende Viskositäten um Lager, Getriebe und Schrauben ausreichend vor Verschleiß zu schützen. Die gute Fließfähigkeit in der Kälte erleichtert die Rückführung des Öles aus dem System zum Verdichter.

In normalen Anwendungsfällen führen sie zu einem sicheren, kostengünstigeren Betrieb, in anderen schwierigen Fällen, spez. bei Hochtemperatur-Wärmepumpen oder hochbelasteten Schraubenverdichtern, sind sie unentbehrlich.

Literatur

- (1) DIN Taschenbuch 20, Mineralöle und Brennstoffe 1, Beuth Verlag, 1984
- (2) VBG 16, Unfallverhütungsvorschrift, Abschnitt 19, Verdichter, 1.4.1979
- (3) K. Bauer, W. Guse, Schmierungstechnische Fragen in der Drucklufttechnik, RWTÜV-Schriftenreihe 9, Druckluftanlagen, S. 6, 1980
- (4) K.C. Kresge, H.V. Lowther, T.W. Rogers, Development and Testing of Synthetic Lubricants, 29. Juni 1981, Oran, Algerien, 2. Symp. on Arab. and Int. Lubricating Oils Industry
- (5) S.L. Meisel, The Role of Synthetic Lubricants, Tokyo, Japan Petroleum Inst., 1.11.1977
- (6) L.W. Manley, R.H. Jublot, New Developments in Synthetic Lubricants, 10. Welterdölkongreß, 9.-14.9.1979
- (7) G. Arbocus, H. Weber, Synthetic Compressor Lubricants - State of the Art, Lubrication Eng., 7/1980, S. 372
- (8) Synthetic Air Compressor Oils, Application Profile, Fluid a. Lubricant Ideas, 7/8, 1981, S. 15
- (9) A. Nersarian, The Effect of Lubricating Oil Additives on the Properties of Fluorohydrocarbon Elastomers ASLE Preprint No. 79-AH-3C-3
- (10) J. Zielinski, Synthetic Compressor Lubricants, London, 8.11.1979. Chemicals for Lubricants and Functional Fluids Symposium
- (11) K. Kauder, Einfluß der Schmierstoffviskosität auf das Betriebsverhalten von Schraubenverdichtern, Techn. Mitteilungen 72, 6/1978, S. 410
- (12) R.C. Gunderson. A.W. Hart, Synthetic Lubricants, Reinhold Publ. Corp. 1962
- (13) R. Matton, Synthetic Oils, NASA Symp. 11.-13.1.1972, Cleveland/Ohio
- (14) F. Eckhardt, Luftverdichter-Schmierung u. Wartung, Mobil Oil A.G. in Deutschland, April 1977
- (15) W. Schmid, Synthetische Industrieschmierstoffe - Neue Wege der Problemlösung, Mobil Oil A.G. in Deutschland, April 1980
- (16) G. Daniel, M.J. Anderson, W. Schmid, M. Tokumitsu, Performance of Selected Synthetic Lubricants in Industrial Heat Pumps, Int. Symposium on the Industrial Application of Heat Pumps, Warwick U.K. 24-26 March 1982
- (17) K. Mall, Messeinrichtung zur Ermittlung des Dampfdruckes von Öl-Kältemittel-Gemischen, Kältetechnik-Klimatisierung 1970, 28, 8, S. 257