



FLENDER
SERVICE

Dipl.- Chem. Mark Zundel

FLENDER AG Service International

Condition Monitoring am Maschinenelement Getriebeöl

EasyFairs INSTANDHALTUNG

14. Und 15. Februar 2007



Inhalt

FLENDER
SERVICE

- Ø Vorstellung FLENDER Service*
- Ø Anforderungen an Hochleistungsgetriebeöle*
- Ø Zusammensetzung*
- Ø Möglichkeiten der Qualitätsüberwachung*
- Ø Grenzen*
- Ø Neue Meßmethode durch Überwachung des Dampfraumes*
- Ø Serviceerfahrungen mit der neuen Methode*
- Ø Zusammenfassung*



WE
MOVE
THE
WORLD

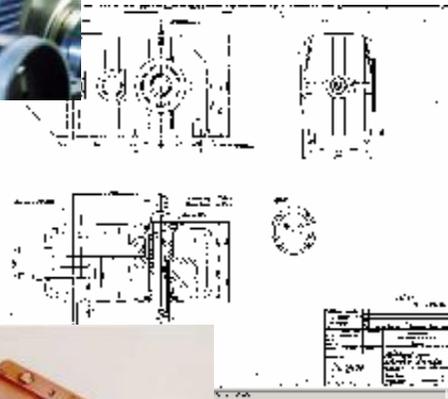
Leistungsprofil FLENDER Service

FLENDER SERVICE



*Instandsetzung /
Modernisierung*

Warmbehandlung

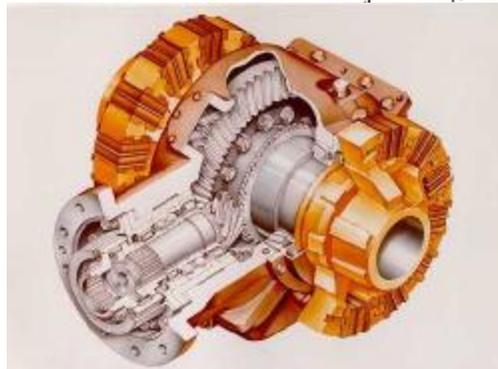


Ersatzteile

Lohnarbeit



Inspektion



Neu- / Ersatzgetriebe

Condition Monitoring



Mark Zundel: Condition Monitoring an Getriebeölen

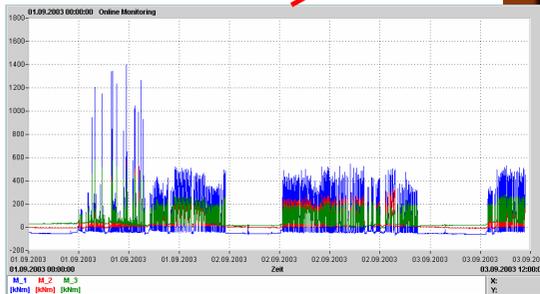
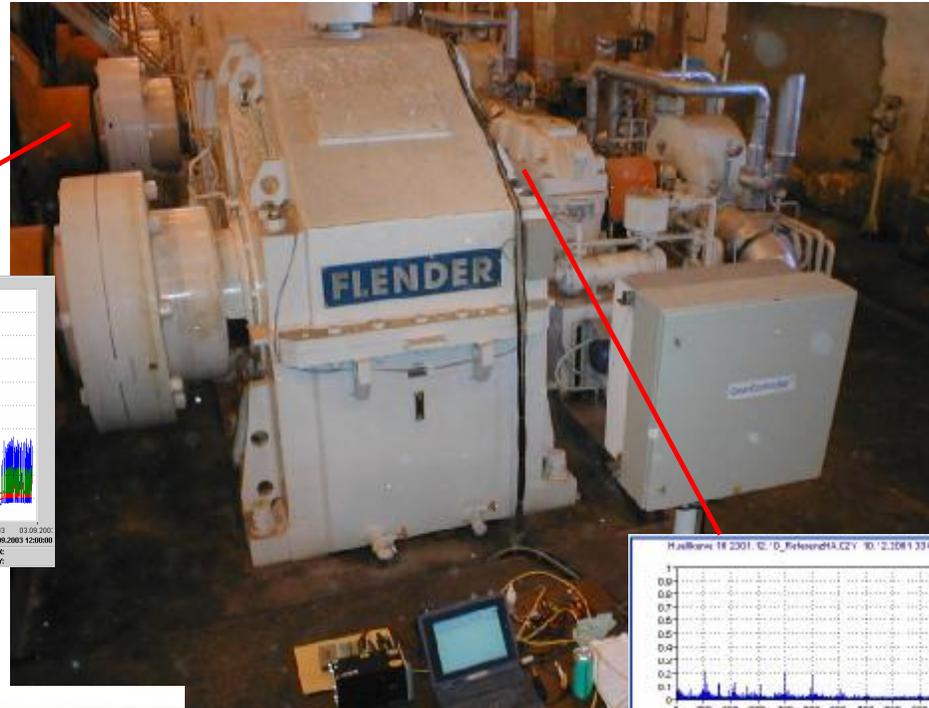
® FLENDER AG GB Service International



WE
MOVE
THE
WORLD

Condition Monitoring

FLENDER SERVICE

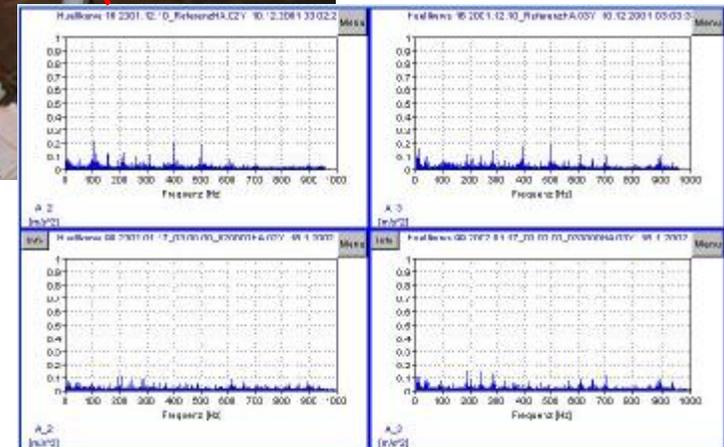


Drehmomentmessungen

Visual effects of water in oil.



...aber: Wie ist die Ölqualität ?



Hüllkurvenanalyse zur Lagerdiagnose



Festlegung von Ölwechselintervallen

FLENDER
SERVICE

Die Festlegung von Ölwechselintervallen hängt sehr stark von den Betriebsbedingungen insbesondere von der Ölsumpftemperatur und der Art des verwendeten Schmieröles ab.

Eingesetztes Öl	Temperatur 80 °C	Temperatur 90°C	Temperatur 100°C	Temperatur 120°C
Industriegetriebeöl mineralisch CLP	5.000 Bh	3.000 Bh	2.000 Bh	500 Bh
Industriegetriebeöl synthetisch CLP	10.000 Bh	6.000 Bh	3.000 Bh	1.000 Bh
niedrig legiertes Öl	3.000 Bh	1.500 Bh	1.200 Bh	-

Regelmäßige Analyse und Überwachung des Ölzustandes ist notwendig, um jede Ölfüllung solange wie möglich nutzen zu können.



Anforderungen an Additive Hochleistungsgetriebeöle (Auswahl)

**FLENDER
SERVICE**

- ∅ Verschleißminderung und Herabsetzung des Reibungskoeffizienten
- ∅ Freßtragfähigkeit durch Aufbau eines Filmes zur Verhinderung von Metall/Metallkontakten
- ∅ Graufleckentragfähigkeit



Quelle: Exxon Mobil

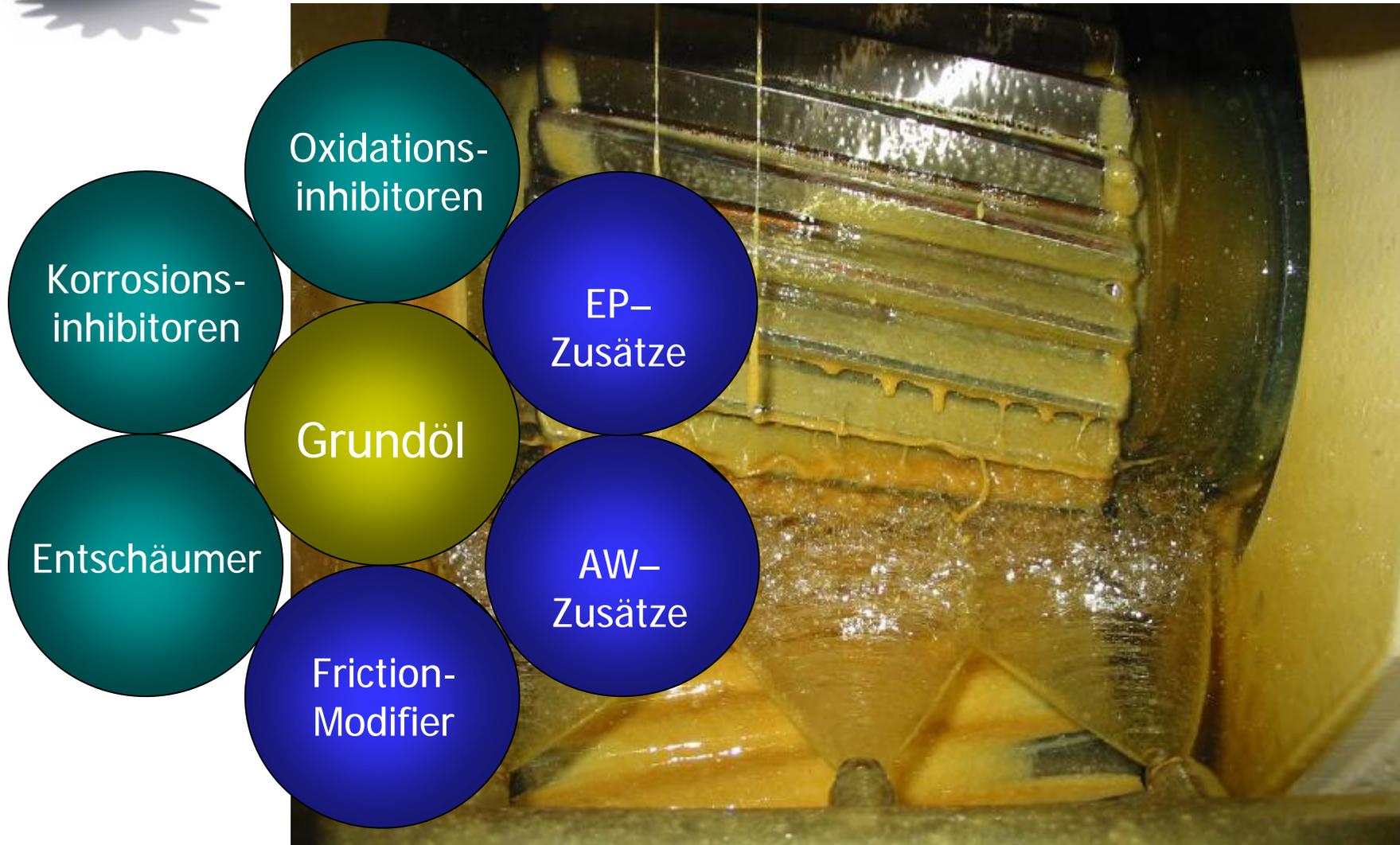
*Grundöle alleine erfüllen diese Anforderungen
nicht, sie müssen durch entsprechende
Additivierung verändert werden*



WE
MOVE
THE
WORLD

Zusammensetzung von Hochleistungsgetriebeölen

FLENDER
SERVICE





WE
MOVE
THE
WORLD

Typischer Ölanalysebericht

FLENDER
SERVICE

Maschinentyp N 54
 Hersteller Flender
 Probe aus Industriegetriebe Ölvolumen
 Ölbezeichnung Tribol 1100/320
 Ölmenge

Laborwerte: aktuelle Probe

WC-Nummer 146967
 Untersuchungsdatum 27.11.2003
 Probenentnahmedatum 10.11.2003
 Bhkm insgesamt -
 Bhkm seit dem Ölwechsel -

Laborwerte: frühere Untersuchungen

185745
 17.04.2003
 01.04.2003
 -
 -

VERSCHLEISS

Eisen	Fe	mg/kg	1	0
Chrom	Cr	mg/kg	0	0
Zinn	Sn	mg/kg	40	51
Aluminium	Al	mg/kg	8	8
Nickel	Ni	mg/kg	0	0
Kupfer	Cu	mg/kg	1	1
Blei	Pb	mg/kg	0	0
Molybdän	Mo	mg/kg	2073	1775
PQ-Index	-	-	33	38

Verschleiss

VERUNREINIGUNG

Silizium, Staub	Si	mg/kg	4	3
Kalium	K	mg/kg	10	5
Natrium	Na	mg/kg	1	1

Verunreinigung

Wasser

Wasser	-	-	<0.1%	<0.1%
--------	---	---	-------	-------

ÖLZUSTAND

Viskosität 40°C	mm²/s	317.96	324.91
Viskosität 100°C	mm²/s	23.99	24.23
Viskositätsindex	-	96	96
Oxidation	A/cm	4	3
Aussehen	-	dunkelbraun	braun

Ölzustand

ADDITIVE

Kalzium	Ca	mg/kg	140	121
Magnesium	Mg	mg/kg	0	0
Bor	B	mg/kg	0	0
Zink	Zn	mg/kg	1260	1105
Phosphor	P	mg/kg	3394	2607
Barium	Ba	mg/kg	15	15

Additive

ZUSATZTESTE

Reinheitsklasse	ISO 4406 (1987)	18/16/13	16/13/11
>2µ (ISO)	Anzahl/100ml	149240	43003
>5µ (ISO)	Anzahl/100ml	32790	7790
>15µ (ISO)	Anzahl/100ml	5537	1056
Reinheitsklasse	NAS	8	8
5µ-15µ	Anzahl/100ml	27262	6734
15µ-25µ	Anzahl/100ml	4190	832
25µ-50µ	Anzahl/100ml	1095	122
50µ-100µ	Anzahl/100ml	203	61
>100µ	Anzahl/100ml	40	41

Ölreinheit



WE
MOVE
THE
WORLD

Verschleißmetalle

FLENDER
SERVICE



Nachweismethoden:

***Atomabsorptionsspektroskopie
(AAS)***

***Atomemissionsspektroskopie
(AES)***

***Jedes Element absorbiert /
emittiert Strahlung („Licht“) einer
bestimmten, charakteristischen
Wellenlänge und ist so
identifizierbar***

***Damit lassen sich z.B. Eisen, Chrom, Zinn, Aluminium, Nickel und
Kupfer erfassen***



WE
MOVE
THE
WORLD

Grenzwerte

FLENDER
SERVICE

Metall	Mögliches Vorkommen in Getrieben	Grenzwerte in mg/kg (ppm) für		
		Mobile Industriegetriebe	Stationäre Industriegetriebe	Schneckengetriebe
Eisen (Fe)	Zahnräder, Wälzlager, Ölpumpe, Führungen, Gussgehäuse, Rohrleitungen, Schweißrückstände	15 - 850	50 - 1500	10 - 220
Chrom (Cr)	Wälzlager, Lamellenkupplungen, Legierungsbestandteil (hochfeste Zahnräder)	2 - 40	4 - 60	2 - 35
Aluminium (Al)	Schneckenräder (Alubronze), Kupplungen, Ölpumpen, Reibbelag von Kupplungen oder Bremsen	5 - 250	8 - 300	5 - 600
Kupfer (Cu)	Schneckenräder (Bronze), Gleitlager, Wälzlagerkäfig, Kupplungsbeläge, Rohrleitungen, Ölkühler, Synchronringe, Dichtringe	10 - 180	5 - 360	5 - 600
Blei (Pb)	Gleitlager-Laufschicht, Bronzeabrieb, Synchronringe, bei alten Ölen selten auch EP-Additiv	3 - 80	6 - 145	15 - 90
Zinn (Sn)	Gleitlager, Beschichtungen, Lötstellen, bei Esterölen Ölbestandteil	2 - 40	2 - 60	2 - 35
Nickel (Ni)	Zahnräder, Legierungsbestandteil von Spezialstahl, hochfeste Zahnräder	2 - 25	2 - 35	2 - 15
Molybdän (Mo)	Synchronringe, EP-, AW-Zusätze auf molybdänorganischer Basis, MoS ₂ Zusätze, Sonderstähle	3 - 500	10 - 500	5 - 25
Zink (Zn)	Stützkern von Filtern, verzinkte Rohrleitungen, Farbanstriche, Additive auf zinkorganischer Basis	15 - 400	18 - 450	40 - 600

Quelle: WearCheck



Grenzwerte

FLENDER
SERVICE

Die zulässigen Werte sind umso kleiner, je

- *größer die Ölfüllmenge,*
- *niedriger die Drehzahl und*
- *niedriger die Betriebsstundenzahl ist*

Ein Eisenwert von 200 mg/kg (ppm) bei einer Ölfüllung von 5 Litern ist absolut in Ordnung. Bei einer Ölfüllung von 500 Litern hingegen entspricht dieser Wert ‚einer Hand voll reinem Eisenabrieb‘, ein Getriebe mit einatzgehärteten Verzahnungen wäre sofort still zu setzen.



PQ - Index

FLENDER
SERVICE

Um die Eisenkonzentration besser einordnen zu können, wird mit Hilfe des PQ-Indexes der magnetisierbare Eisenanteil bestimmt.

Ein hoher PQ-Index läßt, unabhängig vom Eisenwert in mg/kg, immer auf akute Verschleißvorgänge schließen

Ein hoher PQ-Index bei gleichzeitig hohem Eisenwert in mg/kg ist typisch für Materialermüdung und für "normalen" Verschleiß

Ein hoher PQ-Index bei niedrigem Eisenwert in mg/ kg zeigt akute Pittings, Fresser und Materialausbrüche

Ein niedriger PQ-Index in Kombination mit hohem "Eisen" in mg / kg ist ein Hinweis auf Rost



Verunreinigungen

FLENDER
SERVICE

Verunreinigungen in Form von Staub (Silizium), Natrium oder Kalium werden ebenfalls mit der AAS bestimmt.

*Der Wassergehalt wird über die so genannte Karl- Fischer Titration bestimmt.
Er sollte 0,15 % nicht übersteigen*





Ölreinheitsklassen

FLENDER
SERVICE

Versicherungsgesellschaften haben für Getriebeöle Mindestreinheitsklassen vorgeschrieben. Diese orientieren sich an den Lebensdauerberechnungen der Lagerhersteller.

Die Partikelzählung bestimmt pro 100 ml die Anzahl pro Größenklasse der Partikel. Gemessen wird mit einem Lasersensor, bei dem jeder Partikel einen Schatten auf eine Diode wirft.

Man unterscheidet die Reinheitsklassen nach ISO 4406 und NAS



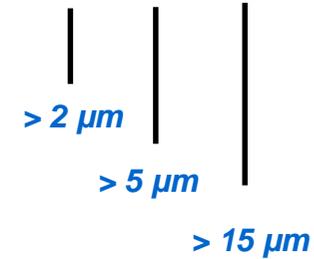
WE
MOVE
THE
WORLD

Ölreinheitsklassen

FLENDER
SERVICE



z. B. Reinheitsklasse 16 / 13 / 11



Reinheitsklasse Code-number	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Anzahl der Partikel Quantity of particles	0,3	0,6	1,3	2,5	5	10	20	40	80	160	320	640	1300	2500	5000	10000	20000	40000	80000	160000	320000
bis einschliesslich up to inclusive	0,6	1,3	2,5	5	10	20	40	80	160	320	640	1300	2500	5000	10000	20000	40000	80000	160000	320000	640000

Anzahl der Partikel pro 1ml - quantity of particles per ml



Möglichkeiten der Ölqualitätsüberwachung

FLENDER
SERVICE



Ø Viskosität

Ø Neutralisationszahl NZ nach DIN 51 558

Ø Verseifungszahl VZ nach DIN 51 559

Ø Wassergehalt nach DIN 51 777
(Karl-Fischer-Bestimmung)

Ø Gehalt an Additivmetallen und Zusätzen

Ø Oxidation über Infrarotspektroskopie

*Alle Untersuchungsmethoden erfordern eine Ölprobe mit
anschließender Laboruntersuchung*



Viskosität

FLENDER
SERVICE



Die Änderung der Viskosität ist ein Maß für die Alterung des Öles

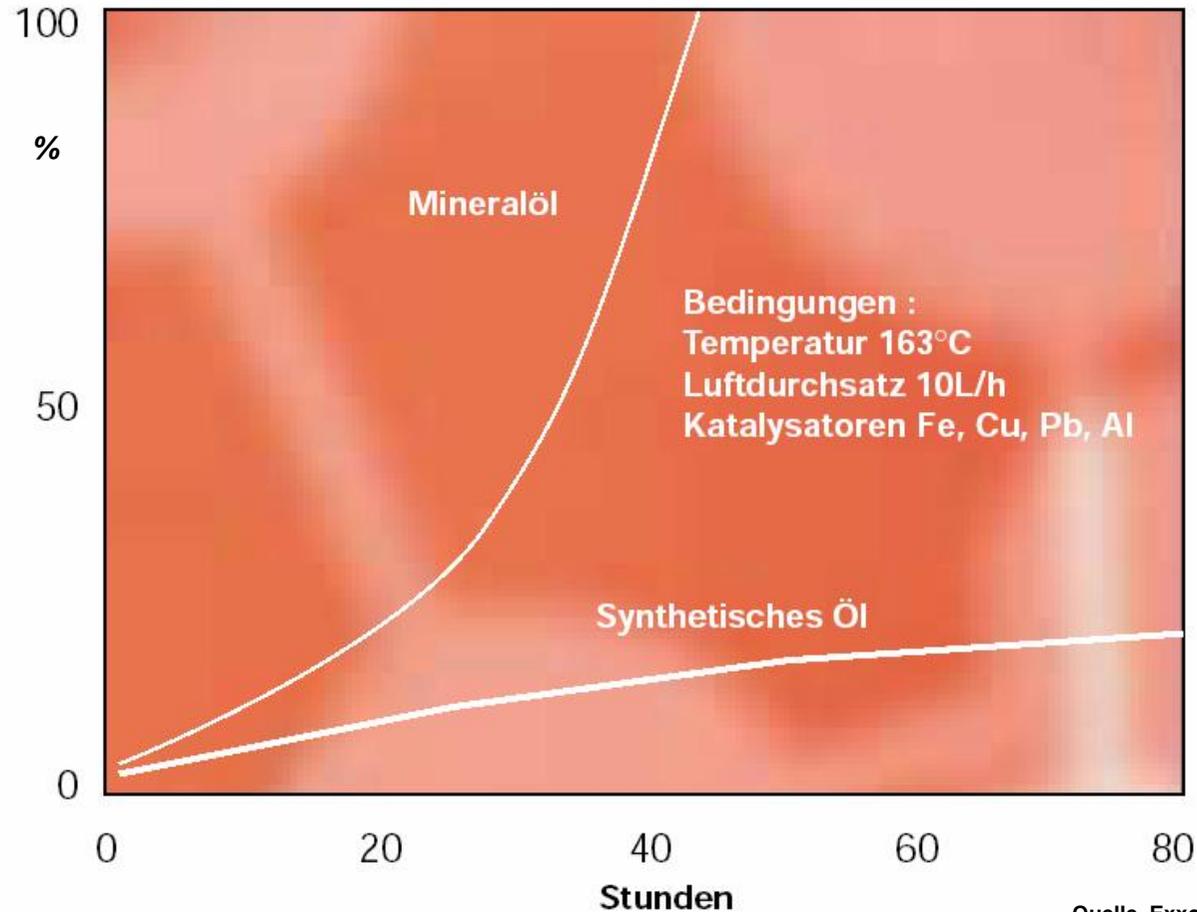
Die Viskosität des Gebrauchtöles sollte den Bereich von $\pm 15\%$ des Wertes des Neuöles nicht überschreiten



WE
MOVE
THE
WORLD

Viskositätssteigerung

FLENDER
SERVICE



Quelle. Exxon Mobil

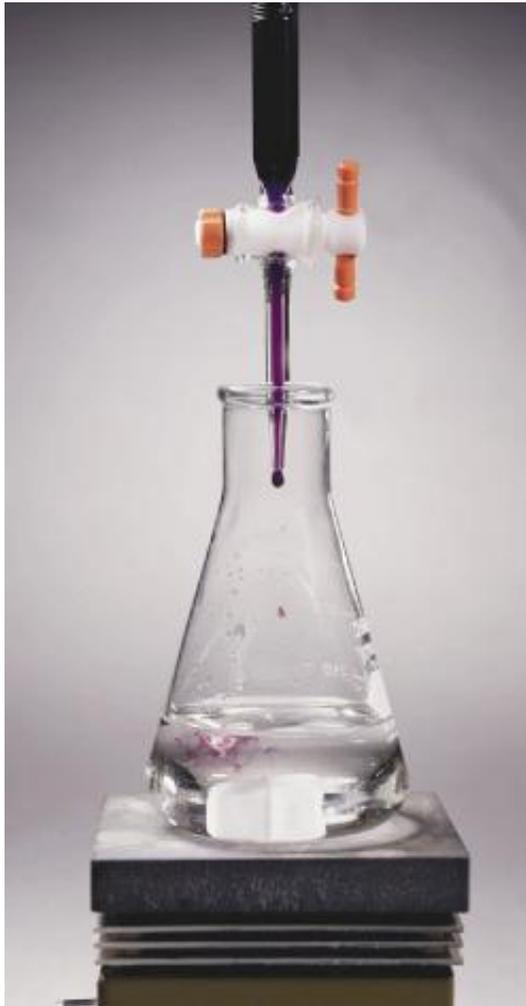
Verschärfte Testbedingungen zeigen den Zusammenhang zwischen Alterung und Viskositätsanstieg



WE
MOVE
THE
WORLD

Neutralisations- und Verseifungszahl

FLENDER
SERVICE



Die Neutralisationszahl NZ ist bei Ölen ein Maß für die enthaltenen sauren oder alkalischen Bestandteile. Die Bestimmung erfolgt durch Titration und wird in mg KOH/g angegeben.

Grenzwert: max. + 3 mg KOH / g im Vergleich zum Frischöl

Die Verseifungszahl VZ ist ein Maß für die im Öl enthaltenen freien und gebundenen organischen Säuren. Auch sie wird in mg KOH/g angegeben.

Grenzwert: max. + 5 mg KOH / g im Vergleich zum Frischöl

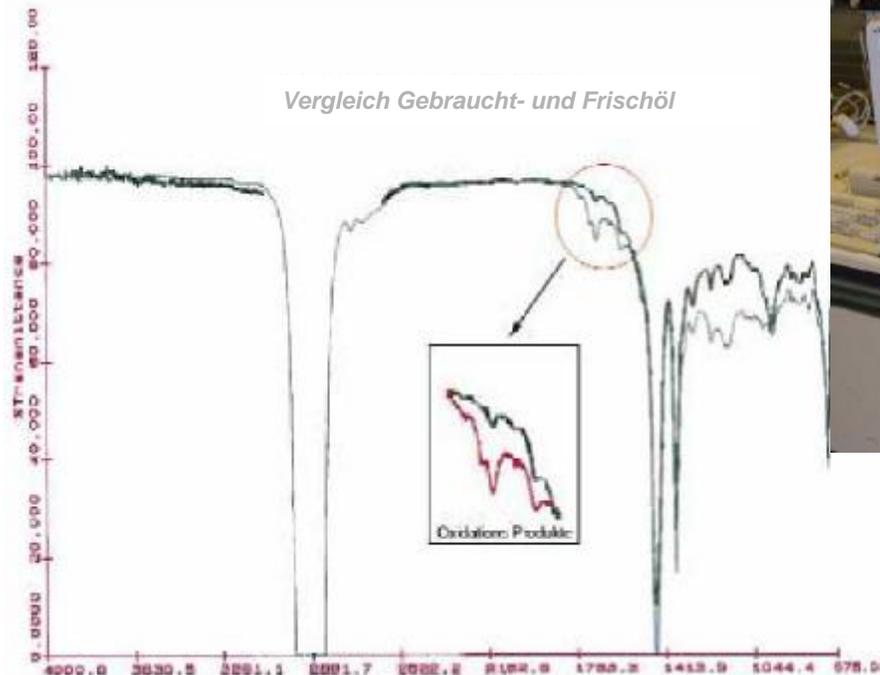


WE
MOVE
THE
WORLD

Oxidation über FT-IR Spektroskopie

FLENDER
SERVICE

Die Oxidationszahl wird im Vergleich zum Frischöl bestimmt. Ein steigender Wert ist ein Zeichen für eine zu lange Einsatzzeit ohne Ölwechsel, zu hohe Öltemperatur oder aber für eine Vermischung eines Mineralöles mit einem Synthetiköl.





Grenzwerte für Alterungsparameter

FLENDER
SERVICE

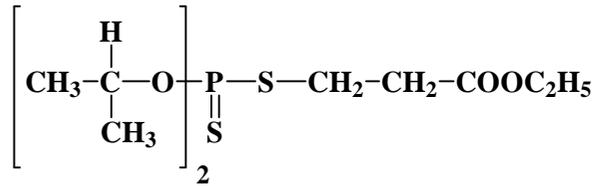
Parameter	Grenzwert
Viskosität	max. ± 15 % des Ausgangswertes
Abfall des Viskositätsindex	max. 20 % des Ausgangswertes
Verseifungszahl VZ	max. 5 mg KOH / g
Neutralisationszahl NZ	max. 3 mg KOH / g
Additivelemente aus Tabelle 2	max. ± 20 %
Verschleißmetalle	siehe Tabelle 1
Wassergehalt	max. 0,2 %



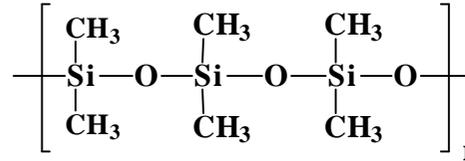
WE
MOVE
THE
WORLD

Die Bestimmung von Additiven ist entscheidend

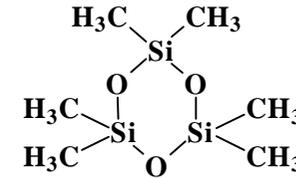
FLENDER
SERVICE



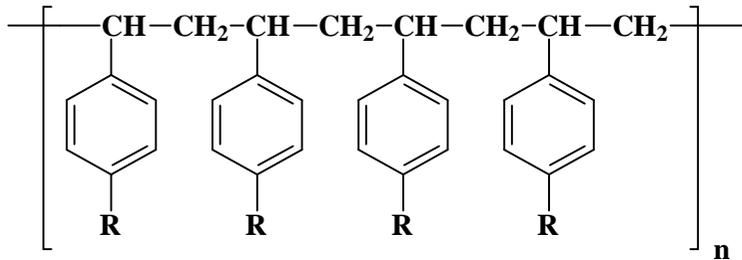
Dithiophosphat (ADTP) (EP/AW Zusatz)



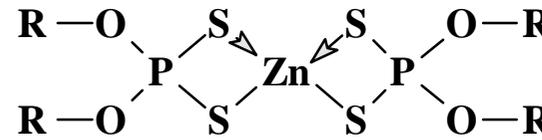
Polymethylsiloxan (Entschäumer)



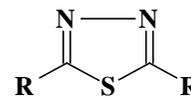
cyclisches Methylsiloxan



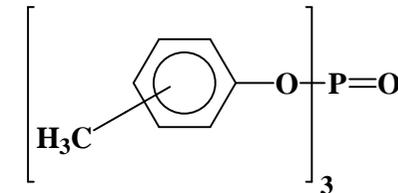
alkylierter Polystyrole (Pour Point Verbesserer)



Grundstruktur der Zink-Dialkyldithiophosphate (EP/AW Zusatz)



substituiertes 1,3,4-Thiadiazol (EP/AW Zusatz)



Tricresylphosphat (TCP) (EP/AW Zusatz)

Der Gehalt an Additivelementen lässt sich zwar, wie der Gehalt an Fremdstoffen, über spektroskopische Methoden bestimmen, es lassen sich aber keine Aussagen über die Wirksamkeit der Additivierung machen



Bestimmung von Additivelementen

FLENDER
SERVICE

Eine Veränderung der Konzentration im Vergleich zum Frischöl lässt Rückschlüsse auf den Ölzustand zu

Additivelement in ppm	Vorkommen
Molybdän (Mo) bis 2000	Öllösliche Extreme-Pressure Zusätze oder Festschmierstoff als MoS ₂
Phosphor (P) bis 2500	Gebräuchlichster EP-Zusatz in Verbindung mit Schwefel und Zink
Zink (Zn) bis 2000	Anti-Wear Zusatz (z.B. Zinkdithiophosphat)

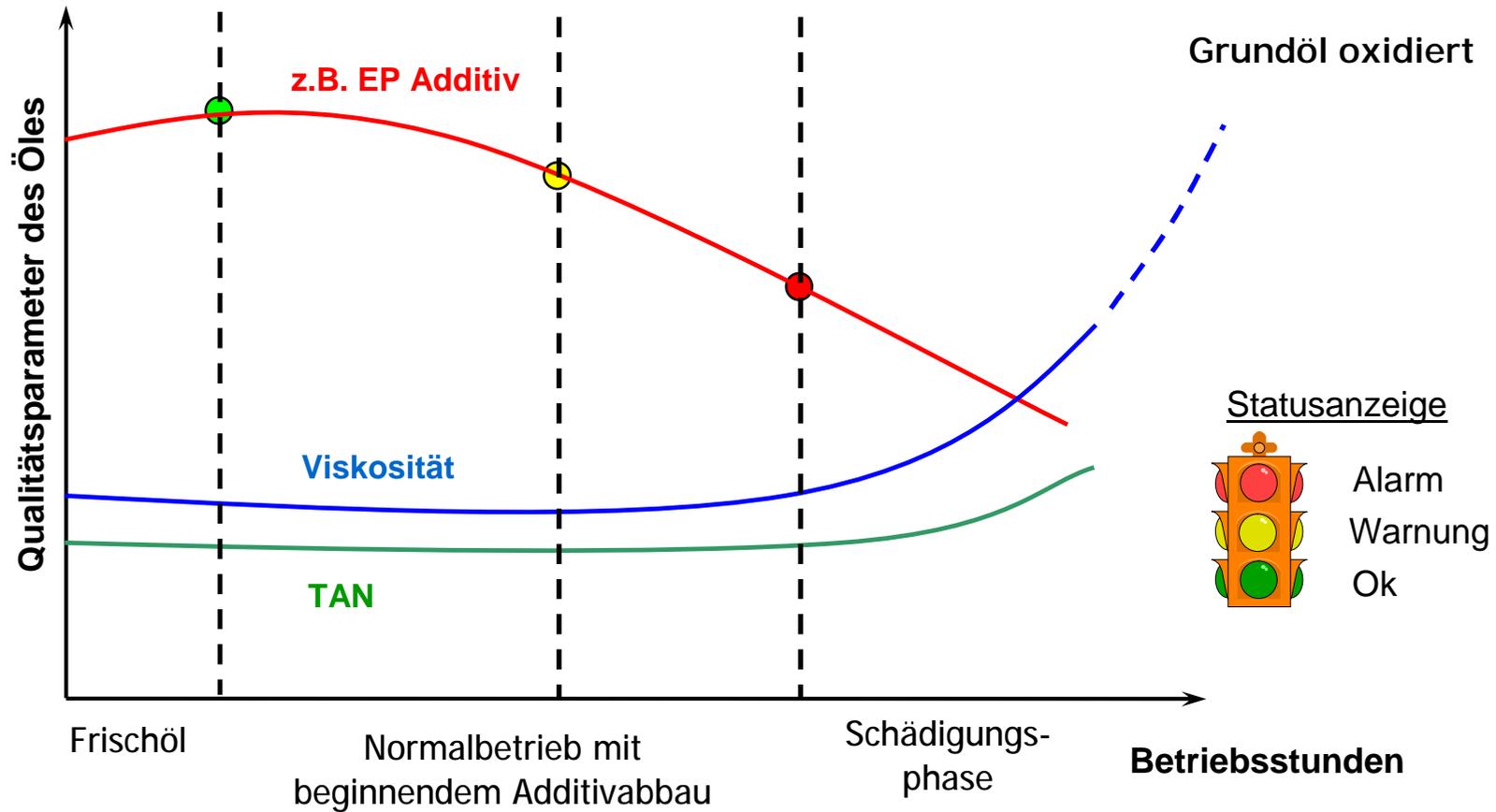
Veränderungen können im Bereich von $\pm 10 - 20 \%$ toleriert werden



WE
MOVE
THE
WORLD

Qualitativer Verlauf von Ölparametern

FLENDER
SERVICE





WE
MOVE
THE
WORLD

Bestimmung der Frische durch Riechen

FLENDER
SERVICE

***Der Geruch von Getriebeölen verändert sich mit der Zeit –
altes Öl riecht anders als Frischöl***



*Was man riechen kann, kann
man auch messen !*

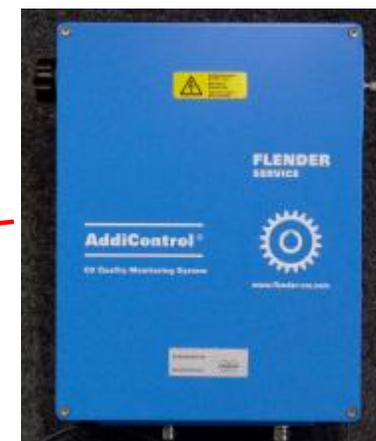
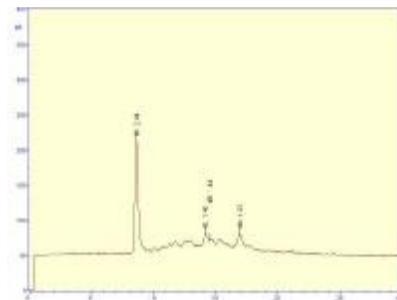
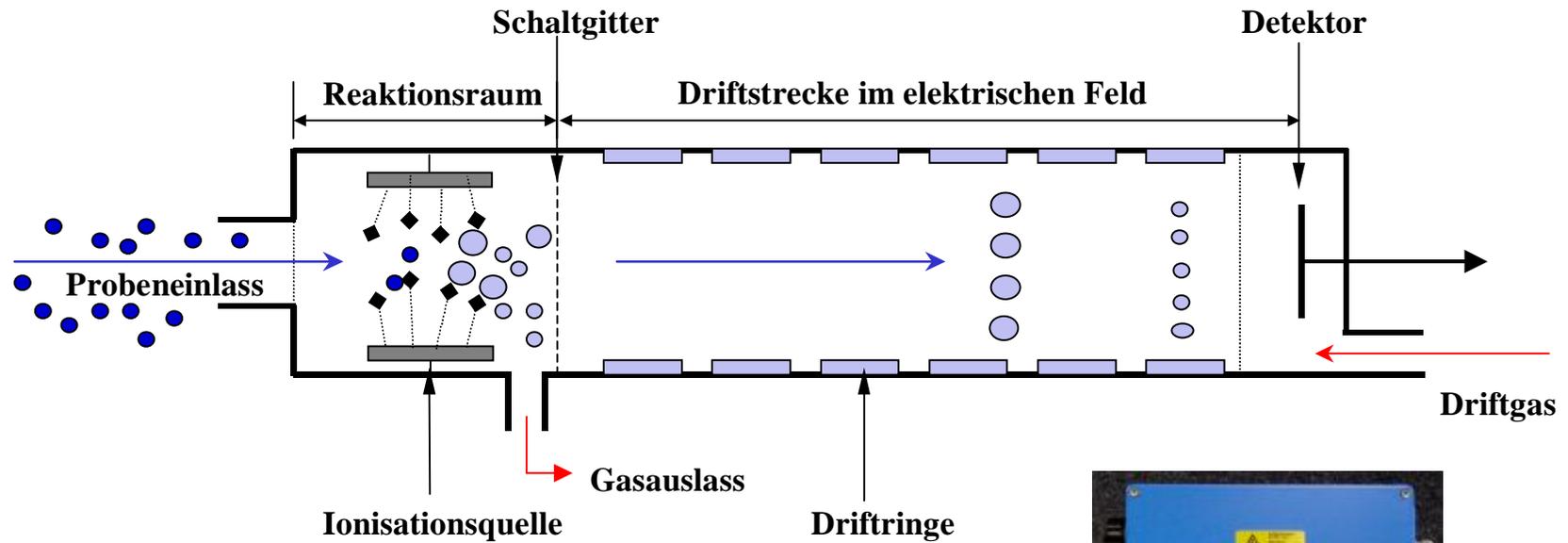




WE
MOVE
THE
WORLD

Ionenmobilitätsspektrometrie (IMS)

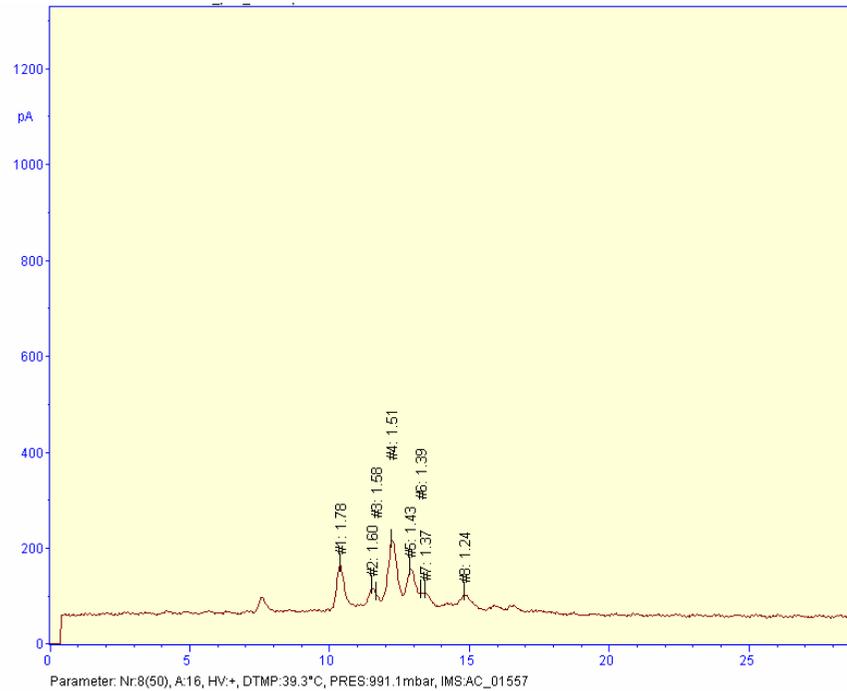
FLENDER
SERVICE



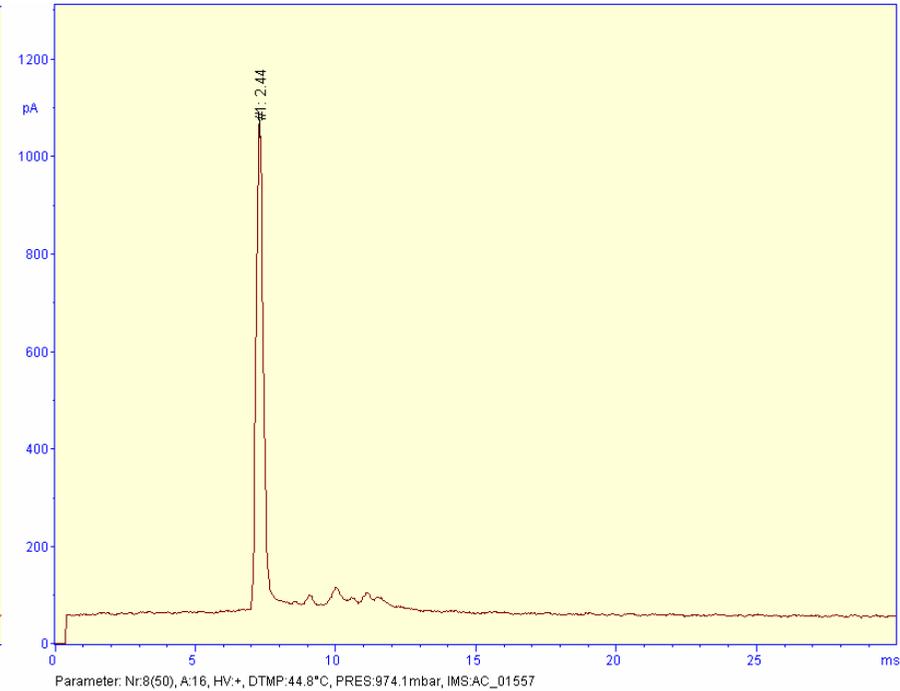


Qualität des Grundöles

FLENDER
SERVICE



Spektrum eines Zweit raffinates

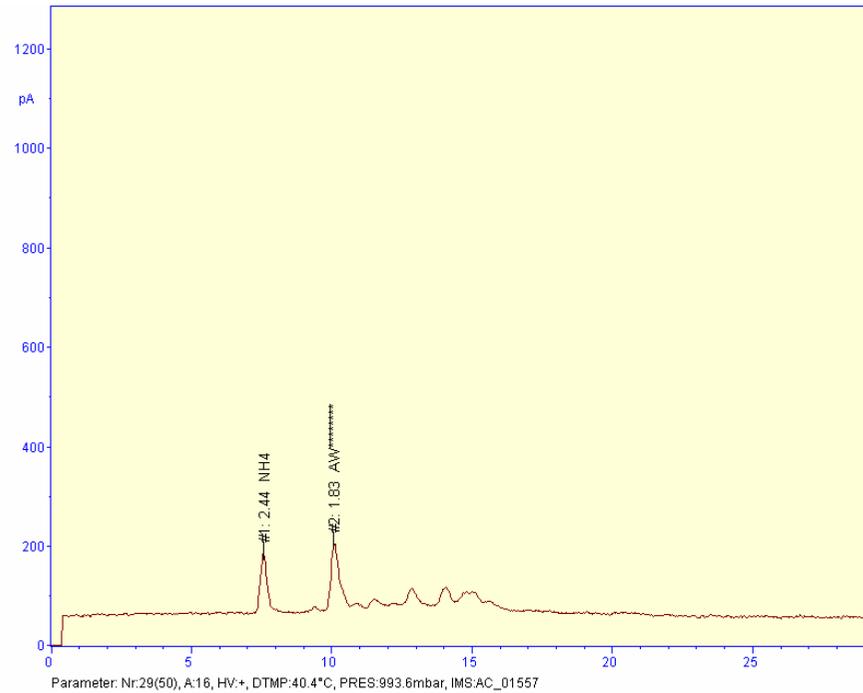


Spektrum eines reinen PAO Grundöles

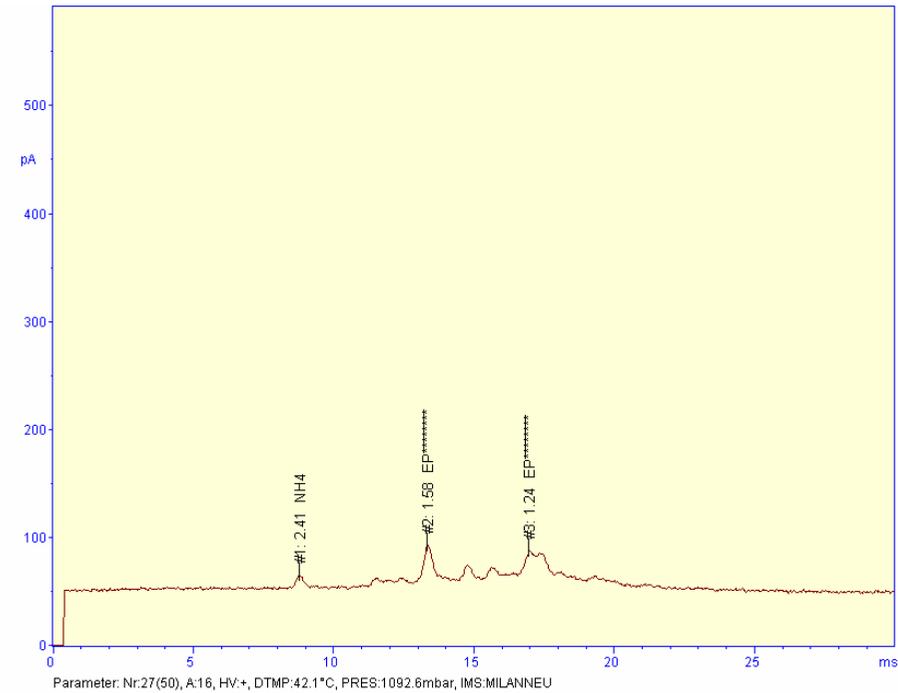


Spektren reiner Additive

FLENDER
SERVICE



Spektrum eines typischen AW Additives



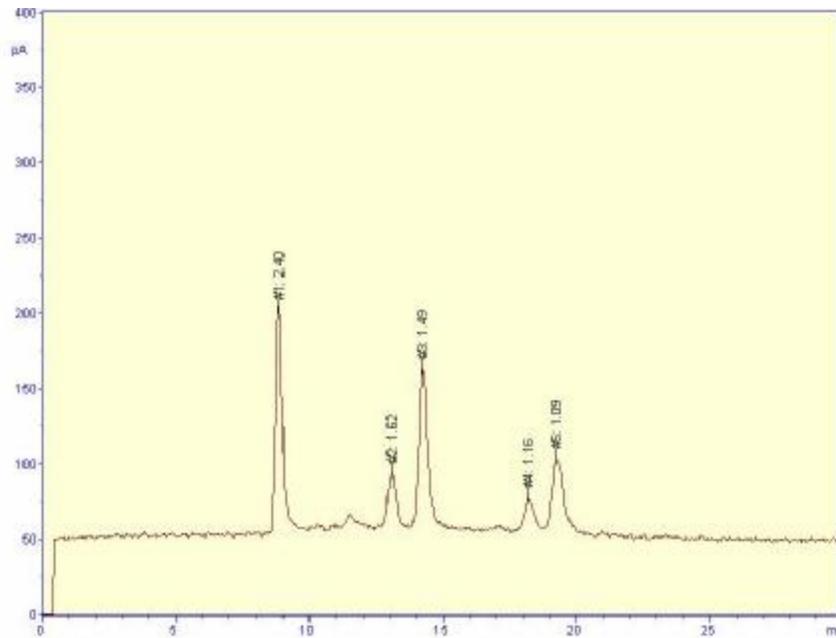
Spektrum eines typischen P/S EP Additives



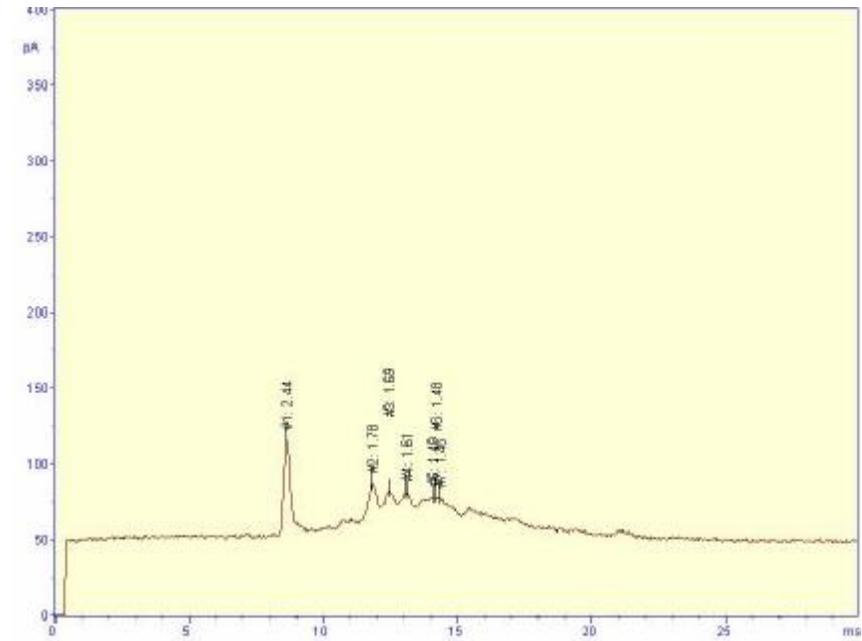
WE
MOVE
THE
WORLD

Verschiedene Neuöle verschiedener Hersteller

FLENDER
SERVICE



Poly-alpha-Olefin Hersteller A



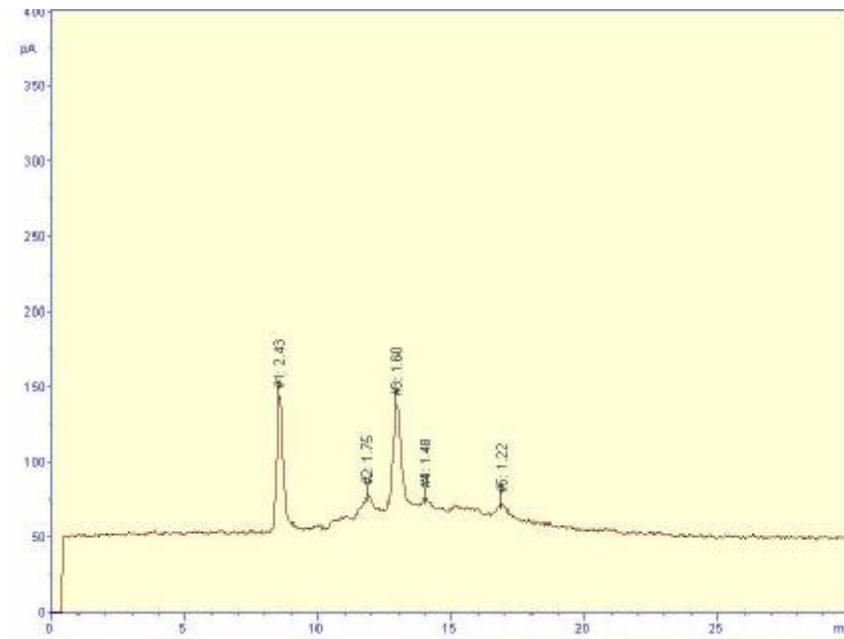
Poly-alpha-Olefin, Hersteller B



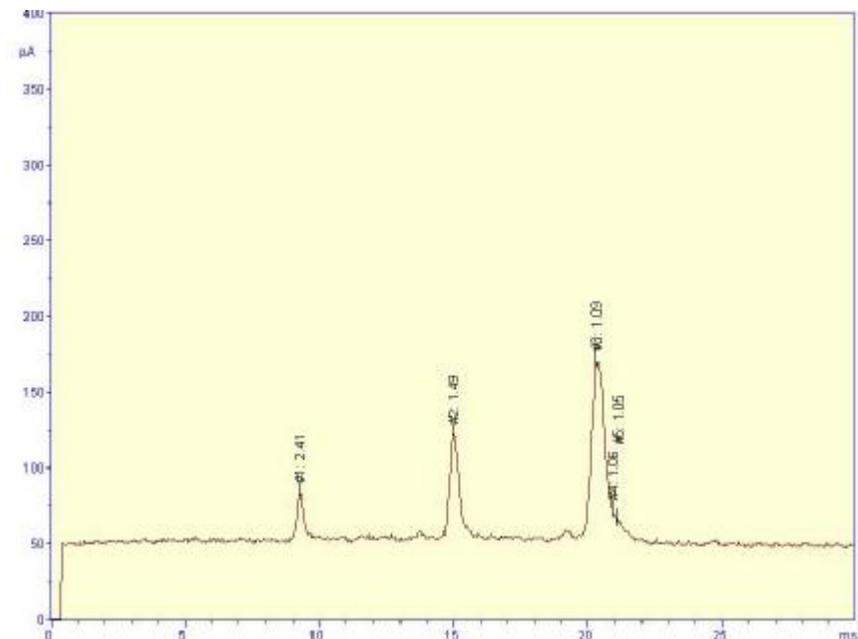
WE
MOVE
THE
WORLD

Verschiedene Neuöle verschiedener Hersteller

FLENDER
SERVICE



Mineralisch, Hersteller A



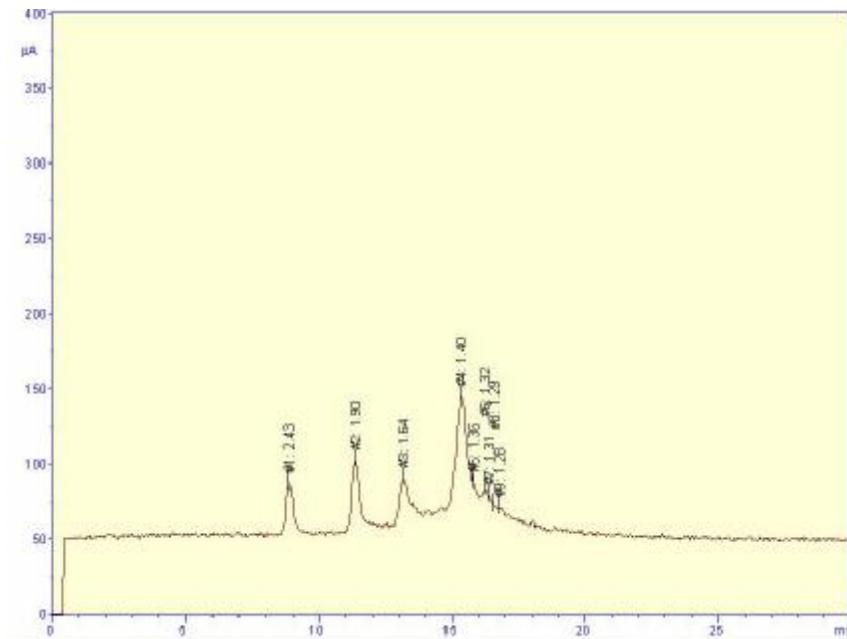
Mineralisch, Hersteller B



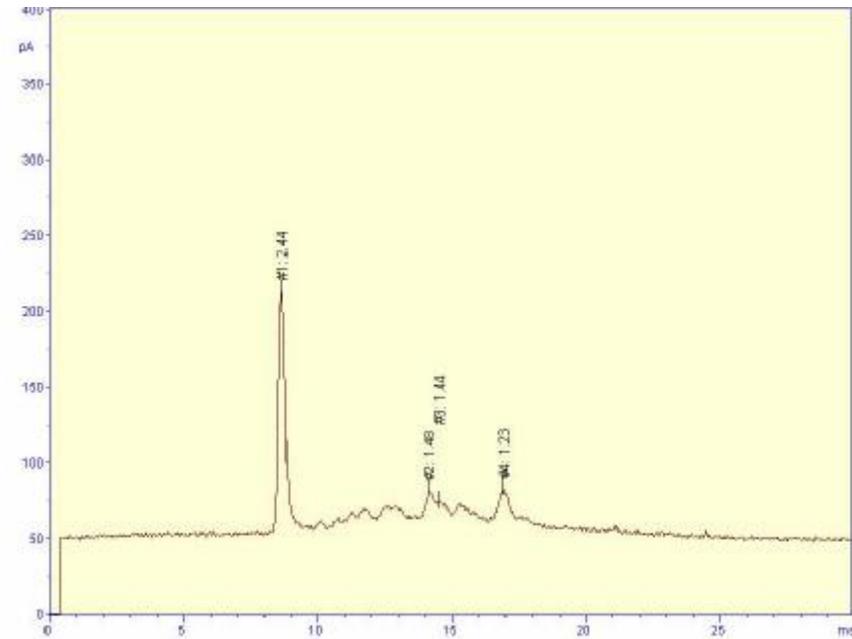
WE
MOVE
THE
WORLD

Verschiedene Neuöle verschiedener Hersteller

FLENDER
SERVICE



Mineralisch, Hersteller C



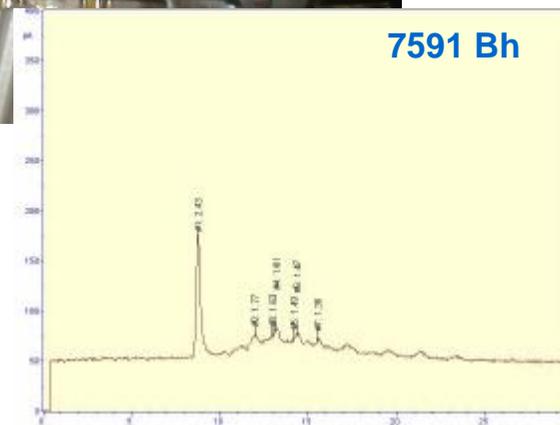
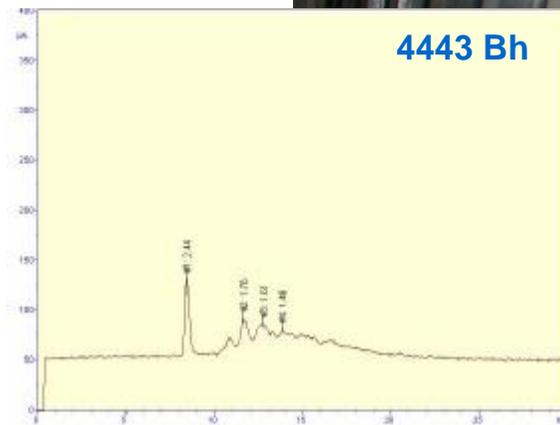
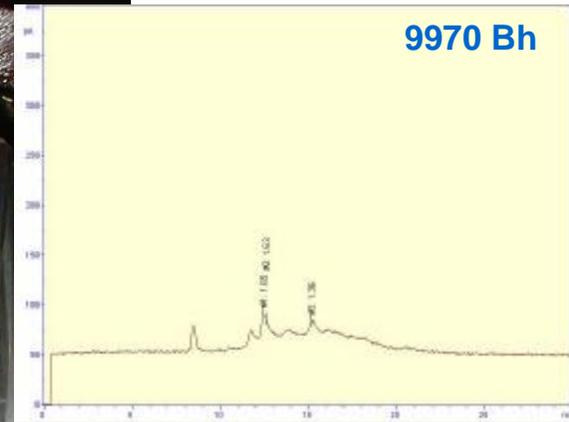
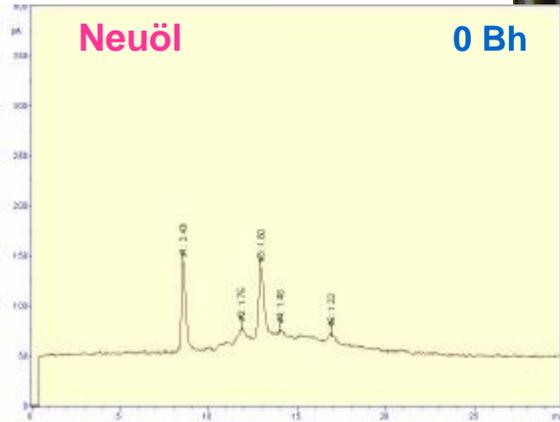
biol. Abbaubares Grundöl



WE
MOVE
THE
WORLD

Serviceerfahrung: Verfolgung der Ölalterung während des Gebrauches

FLENDER
SERVICE



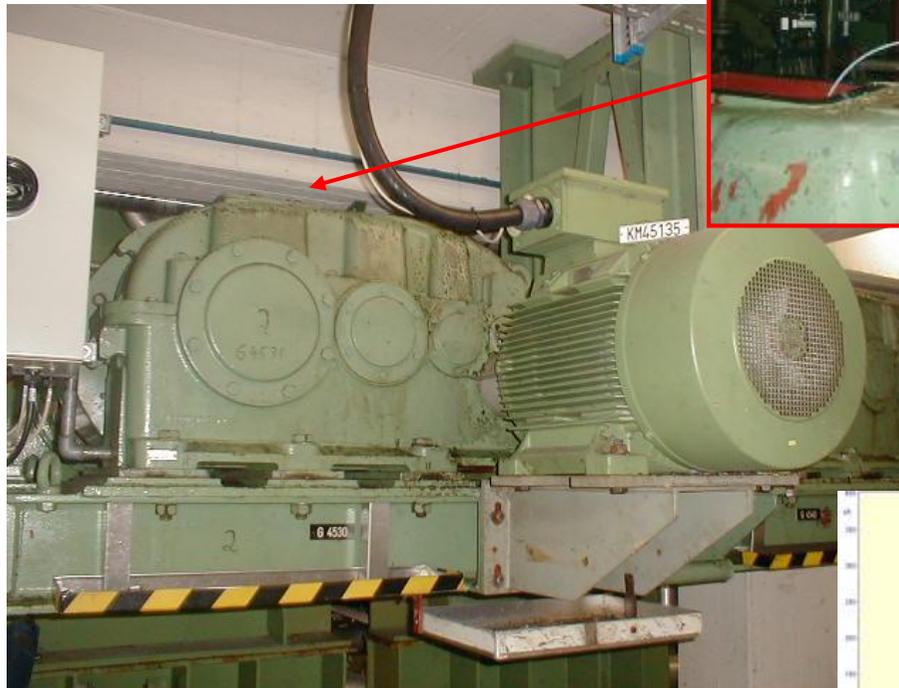


WE
MOVE
THE
WORLD

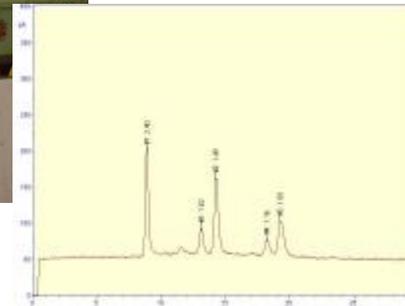
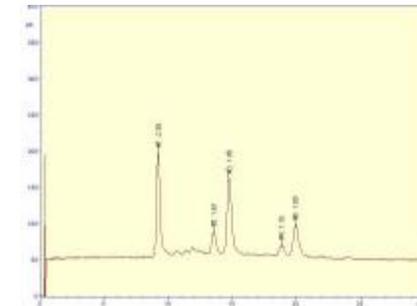
Serviceerfahrung: Identifikation von Ölen

FLENDER
SERVICE

IMS am Getriebe



Online Spektrum aus dem Getriebe



Referenzspektrum aus Datenbank

Öle lassen sich
identifizieren, wenn das
Spektrum in der
Referenzdatenbank
hinterlegt ist

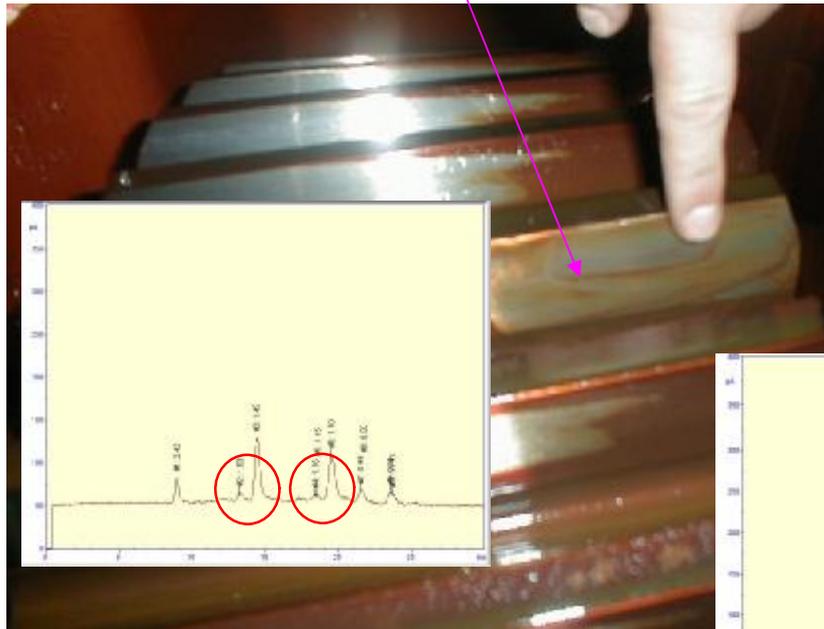


WE
MOVE
THE
WORLD

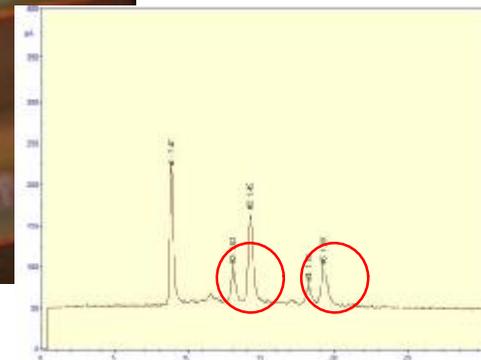
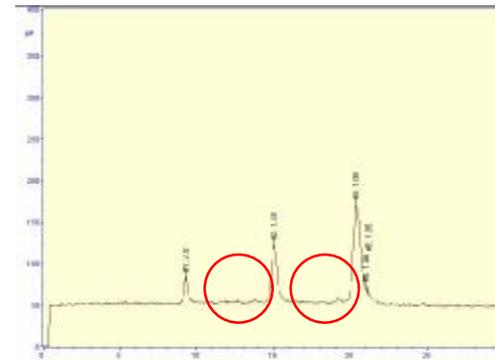
Serviceerfahrung: Vermischung zweier Ölsorten

FLENDER
SERVICE

Ablagerung lässt Ölvermischung vermuten



Spektrum des Reinöles I



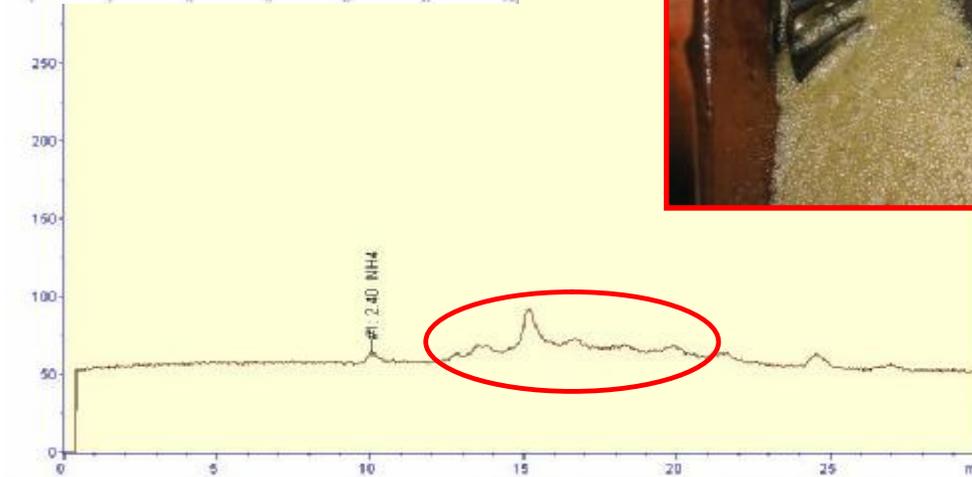
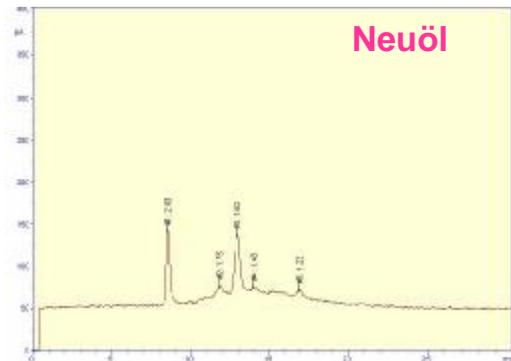
Spektrum des Reinöles II



WE
MOVE
THE
WORLD

Serviceerfahrung: Öle mit sehr langen Standzeiten

FLENDER
SERVICE



Spektrum lässt stark
geschädigtes Öl vermuten

Letzter Ölwechsel 1987 – Spektrum arm an Signalen



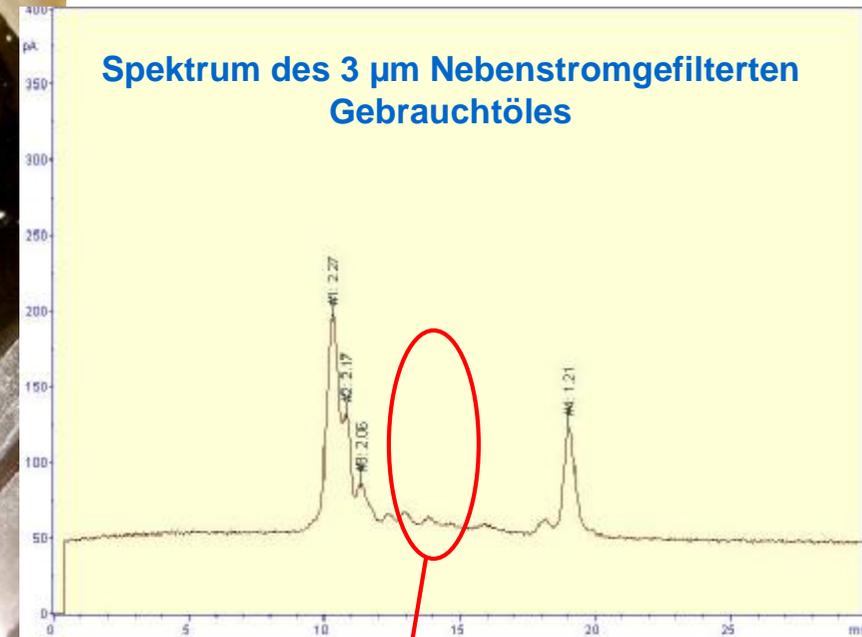
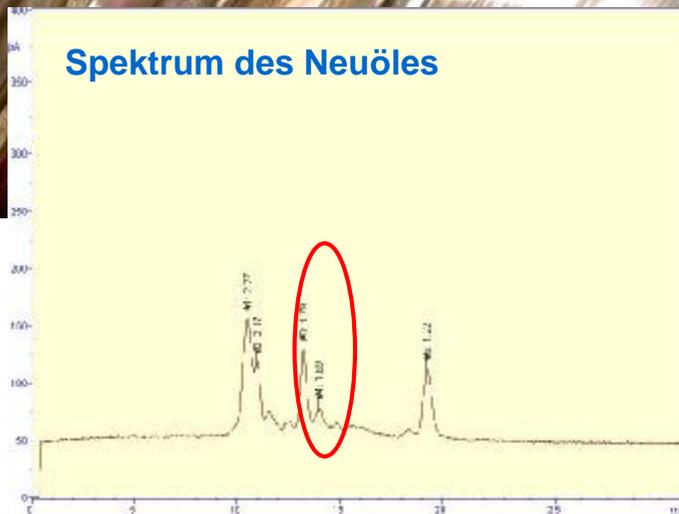
WE
MOVE
THE
WORLD

Serviceerfahrung: Additivauswaschung durch 3 μ m Nebenstromfilterung

FLENDER
SERVICE



Graufleckigkeit



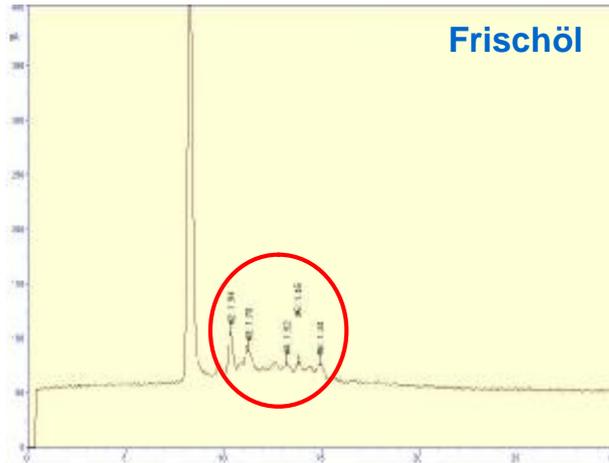
Zu feine Nebenstromfilter führen
offenbar zu Additivauswaschungen



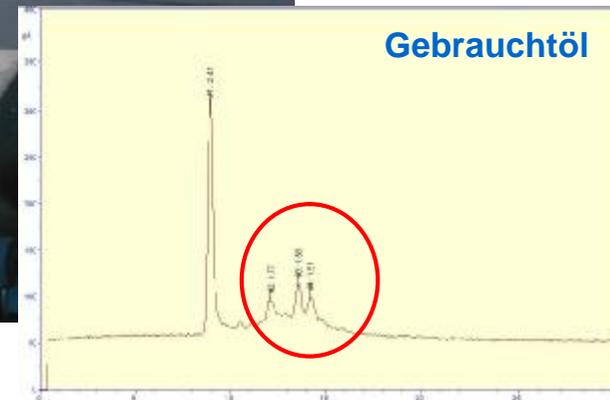
WE
MOVE
THE
WORLD

Serviceerfahrung: Starke Schaumbildung

FLENDER SERVICE



evtl.
Schaumbildung
durch
Additivversagen

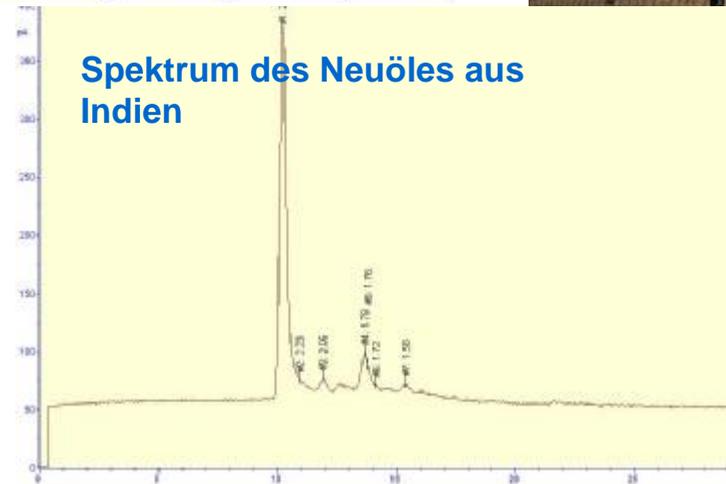
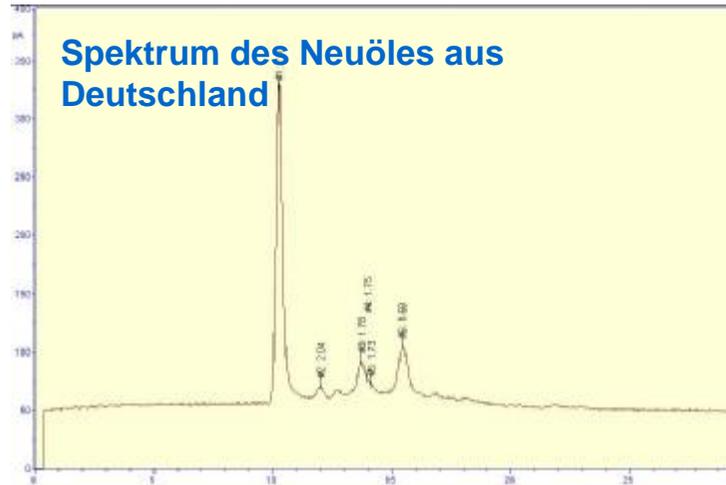




WE
MOVE
THE
WORLD

Öle unterschiedlicher Herkunft unterscheiden sich trotz gleichen Namens in den IMS-Spektren

FLENDER
SERVICE



Öle aus Indien und Öle aus Deutschland unterscheiden sich in den IMS-Spektren und ggf. auch in der Standzeit

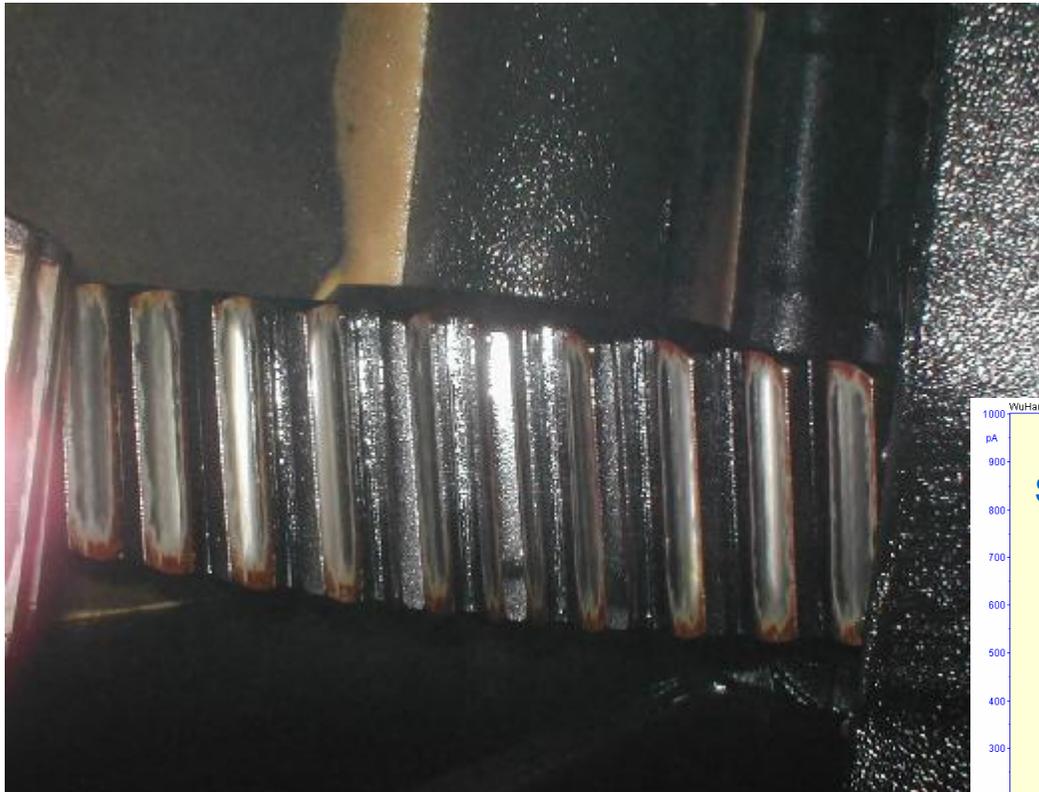


WE
MOVE
THE
WORLD

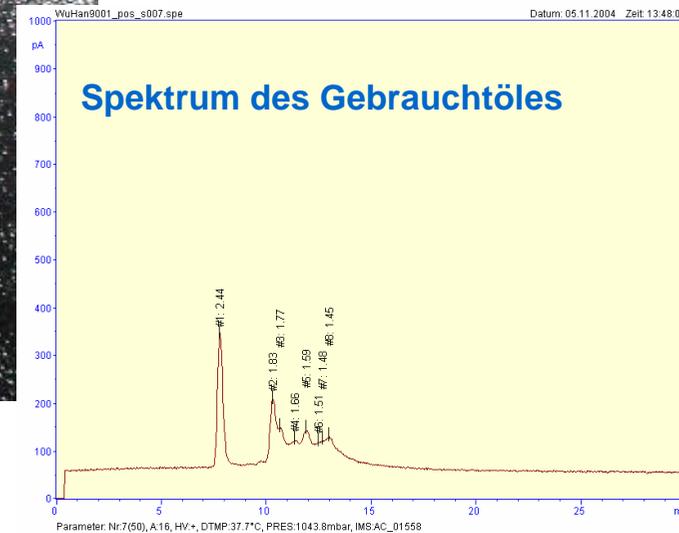
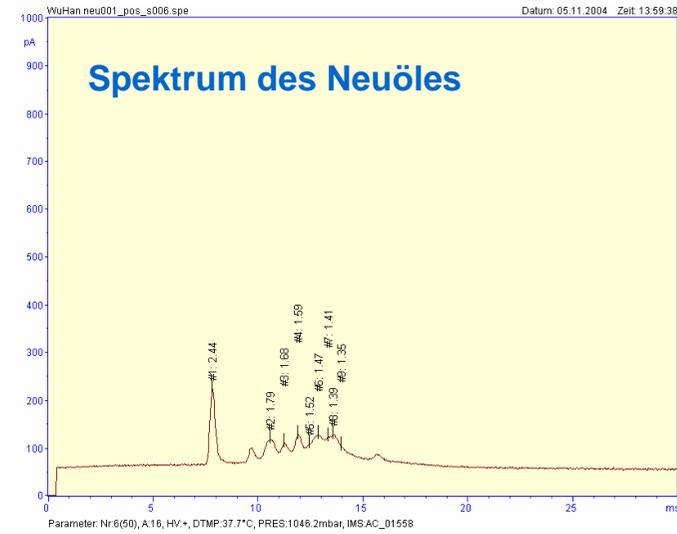
*Kontinuierliche Ölüberwachung kann
schwere Schäden verhindern*

**FLENDER
SERVICE**

Stark verbranntes Öl in einem Gießkrangetriebe



Die Ölsumpftemperatur am Messtag betrug 75°C !!





Zusammenfassung

FLENDER
SERVICE

- Ø *Hochleistungsgetriebeöle unterschiedlicher Hersteller lassen sich mit AddiControl[®] eindeutig unterscheiden.*
- Ø *Gebrauchtöle lassen sich von Neuölen und in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer unterscheiden.*
- Ø *Mit Hilfe von AddiControl[®] lassen sich Ölalterungsparameter und andere Zustandgrößen kontinuierlich und ferngesteuert bestimmen.*
- Ø *Ölwechsel lassen sich zustandsorientiert ausführen*