

ADDINOL®

THE ART OF OIL · SINCE 1936



ADDINOL Schmierstoff Glossar



Inhaltsverzeichnis

1. Allgemein	3
1.1 Viskosität	3
1.2 Viskositätsindex	5
1.3 Scherstabilität	6
1.4 Farbe	6
1.5 Flammpunkt.....	6
2. Automotive	7
2.1 Niedrigtemperatur-Viskosität.....	7
2.2 Verdampfungsverlust.....	7
2.3 Basenzahl.....	8
2.4 Säurezahl	8
2.5 ipH-Wert	8
2.6 Hochtemperatur-Hochscher-Viskosität.....	9
2.7 Pourpoint	9
2.8 SAPS.....	10
3. Industrie	10
3.1 Luftabscheidevermögen	10
3.2 Demulgiervermögen	11
3.3 Wasserabscheidevermögen	11
3.4 Schaumverhalten.....	11
3.5 Korrosionswirkung auf Kupfer.....	12
3.6 Korrosionsschutzeigenschaften gegenüber Stahl	12
4. Mechanische Tests	12
4.1 Brugger Wert	12
4.2 Kegelrollenlager-Test.....	13
4.3 Dieseleinspritzdüse.....	13
4.4 Vierkugel-Apparat-Test.....	14
4.5 FZG-Test.....	14

1. Allgemein

1.1 Viskosität in mm²/s

Die Viskosität beschreibt das Fließverhalten von Flüssigkeiten. Je höher der Zahlenwert der Viskosität, desto dickflüssiger ist das Öl. Je niedriger die Viskosität ist, desto dünnflüssiger ist es. Sie ist von der Temperatur abhängig und wird daher anhand definierter Temperaturen bestimmt.

Anwendungsbereich: Motoröl

Die Einteilung von Motorenöle in SAE-Klassen (Society of Automotive Engineers) wird anhand der Viskosität bei 100 °C und der Hochscher-Hochtemperatur-Viskosität bei 150 °C vorgenommen.

Alle Öle, deren SAE-Klasse kleiner oder gleich 60 ist, sind Motorenöle.

SAE-Klasse	Niedrigtemp.-Viskosität		Grenzpump-temperatur		Viskosität bei 100 °C in mm ² /s		Hochtemperatur-Hochscher-Viskosität bei 150 °C in mPa*s
	mPa*s	°C	mPa*s	°C	min.	max.	min.
0W	6.200	-35	60.000	-40	3,8	-	-
5W	6.600	-30		-35	3,8	-	-
10W	7.000	-25		-30	4,1	-	-
15W	7.000	-20		-25	5,6	-	-
20W	9.500	-15		-20	5,6	-	-
25W	13.000	-10		-15	9,3	-	-
16	-	-	-	-	6,1	<8,2	2,3
20	-	-	-	-	5,6	<9,3	2,6
30	-	-	-	-	9,3	<12,5	2,9
40*	-	-	-	-	12,5	<16,3	3,7
40**	-	-	-	-	12,5	<16,3	3,7
50	-	-	-	-	16,3	<21,9	3,7
60	-	-	-	-	21,9	<26,1	3,7

* für 0W/5W/10W-40 ** für 15W/20W/25W-40

Tabelle 1: Motoröl Viskositätsklassen – SAE J300; eigene Darstellung nach DEKRA Betriebsstoffliste 2014

Anwendungsbereich: Kfz-Getriebeöle

Kraftfahrzeuge werden mit Schalt-, Automatik-, Verteiler- und Achsgetrieben ausgerüstet. Um eine einwandfreie Funktion der Getriebe über die gesamte Einsatzdauer zu gewährleisten, bedarf es spezieller Getriebeöle für die entsprechenden Komponenten. Eine Einteilung von Kfz-Getriebeölen findet, wie bei Motorölen in SAE-Klassen anhand der Viskosität bei verschiedenen definierten Temperaturen statt (siehe Tabelle 2). Innerhalb der SAE-Klassifikation stehen höhere Zahlenwerte für eine höhere Viskosität. Allerdings bedeutet der höhere Zahlenwert für Getriebeöl nicht, dass diese dickflüssiger sind als Motorenöl.

SAE-Klasse	Niedrigtemp.-Viskosität		Viskosität bei 100°C in mm ² /s	
	mPa*s	°C	min.	max.
70W	150.000	-55	4,1	-
75W		-40	4,1	-
80W		-26	7,0	-
85		-12	11,0	-
80	-	-	7,0	<11,0
85	-	-	11,0	<13,5
90	-	-	13,5	<18,5
110	-	-	18,5	<24,0
140	-	-	24,0	<32,5
190	-	-	32,5	<41,0
250	-	-	41,0	-

Tabelle 2: Getriebeöle Viskositätsklassen – SAE J306; eigene Darstellung nach DEKRA Betriebsstoffliste 2014

Anwendungsbereich: Industrieöle

Industrieöle werden nach der europäischen ISO-VG Norm 3448 in Viskositätsgrade anhand der mittleren Viskosität bei 40°C eingeteilt (siehe Tabelle 3). Anhand von Tabelle 4 können Industrieschmierstoffe und Motoren- bzw. Getriebeöle bezüglich ihrer Viskosität miteinander verglichen und zugeordnet werden.

Viskositätsgrad ISO	Mittelpunkts-Viskosität bei 40°C, mm ² /s	Grenzen der Viskosität bei 40°C, mm ² /s	
		min.	max.
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,00
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

Tabelle 3: Viskositätsgrade Industrieöl – ISO VG 3448; eigene Darstellung

SAE-Klasse Motoröl	SAE-Klasse Getriebeöl
-	-
-	-
0W	-
5W	70W
10W	75W
15W, 20W, 25W, 20	80W
30	85W
40	90
50	
-	140
-	250

Tabelle 4: Gegenüberstellung (ungefähr) Motor- und Getriebeöle; eigene Darstellung

1.2 Viskositätsindex

Der Viskositätsindex (Abkürzung VI) beschreibt das Viskositäts-Temperatur-Verhalten von Schmierstoffen. Dieser Wert wird nicht gemessen sondern mit Hilfe der Viskosität bei 40°C und 100°C rechnerisch ermittelt und ist dimensionslos. Je geringer die Änderung der Viskosität über die Temperatur ist desto größer ist der Viskositätsindex, d.h. die Viskositätsschwankungen bei verschiedenen Betriebstemperaturen fallen weniger stark aus. Dies wird besonders dann gefordert, wenn das einzusetzende Öl sowohl einen einwandfreien Kaltstart als auch ein ausreichendes Tragevermögen des Schmierfilms bei hohen Temperaturen garantieren soll.

Anhand des Viskositätsindex lässt sich das Verhalten der Viskosität unterschiedlicher Schmierstoffe über die Temperatur miteinander vergleichen. Denn selbst Öle mit identischer Viskosität bei 40°C können sich bei einer Temperatur von 100°C vollkommen unterschiedlich verhalten. Dieser Zusammenhang lässt sich in einem Viskositäts-Temperatur-Diagramm veranschaulichen (siehe Abbildung 1). Je größer der Zahlenwert des Viskositätsindex je flacher ist der Kurvenverlauf.

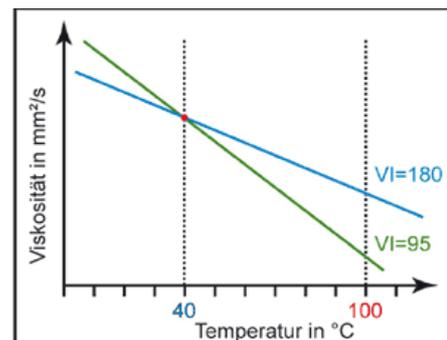


Abbildung 1:
Viskositäts-Temperatur-Diagramm

Im Allgemeinen ist das Viskositäts-Temperatur-Verhalten von synthetischen Produkten besser als das mineralischer Grundöle, der Viskositätsindex ist höher. Die nachfolgende Tabelle zeigt die mögliche Variation beispielhaft anhand verschiedener Grundöle. Durch die Auswahl der Grundöle und der Additive kann das Viskositäts-Temperatur-Verhalten von Schmierstoffen verbessert, der VI angehoben werden.

Grundöltyp		Gruppe	Viskositätsindex
Mineralöl	Raffinat	Gruppe I	~ 95 - 105
	Raffinat	Gruppe II	~ 95 - 120
Syntheseöl	HC-Öl (HC = Hydrocrack)	Gruppe III	~ 120 - 140
	PAO-Öl (PAO = Polyalphaolefine)	Gruppe IV	~ > 140
	Ester	Gruppe V	typisch > 140
	Glykol		~ > 180

Tabelle 5: Viskositätsindex verschiedener Grundöle; eigene Darstellung

1.3 Scherstabilität

Der Viskositätsindex von Schmierstoffen kann durch den Einsatz besonderer Additive, der sogenannten VI-Verbesserer, erhöht werden. Dieser soll die Auswirkungen der Temperatur auf die Viskosität verringern (siehe Viskositätsindex 1.2). Bei steigender Temperatur gleichen die Moleküle des VI-Verbesserers die abnehmende Viskosität des Grundöles aus, so dass auch bei hohen Temperaturen ein ausreichend stabiler Schmierfilm gebildet wird. Die langkettigen Moleküle des Additivs können allerdings bei hoher Beanspruchung des Schmierstoffes zum Teil stark geschert werden, was einen Viskositätsverlust zur Folge hat. Zudem ist der Viskositätsverlust irreversibel. Die Scherstabilität wird daher im Wesentlichen durch die Qualität des VI-Verbesserers bestimmt.

1.4 Farbe

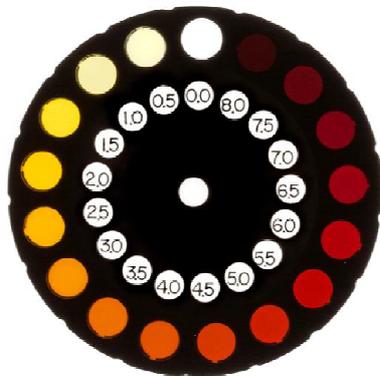


Abbildung 2:
 Farbkarte zur Bestimmung der
 Farbzahl nach ASTM 1500

Die Farbe eines Schmierstoffes sagt nichts über dessen Qualität oder über die Qualität des verwendeten Grundöles und der Additive aus! Die Farbe von Schmierstoffen ist abhängig von der Auswahl der Basisöle und der verwendeten Additive. Moderne LKW Schmieröle sind beispielsweise grundsätzlich höher additiviert und weisen damit meist eine dunklere Färbung auf. Die Farbe von Schmierstoffen wird anhand der ASTM-Farbzahl bestimmt. Die Skala reicht von 0,5 (hell) bis 8,0 (dunkel). Im Betrieb kann die Dunkelfärbung gegenüber dem Frischöl durch Verschmutzung beispielsweise Rußeinwirkungen und Ölalterung (Oxidation) hervorgerufen werden.

1.5 Flammpunkt in °C

Ein Sicherheitskriterium von brennbaren Flüssigkeiten, so auch von Schmieröl, ist der Flammpunkt. Mit dem Flammpunkt wird die niedrigste Temperatur bestimmt bei der das über der Oberfläche einer erwärmten Ölprobe befindliche Luft-Öldampf-Gemisch kurz aufflammt und wieder erlischt. Anhand des Flammpunkts werden brennbare Flüssigkeiten in verschiedene Gefahrenklassen eingeteilt.

2. Automotive

2.1 Niedrigtemperatur-Viskosität in mPa*s

Die Kälteviskosität wird mit dem Cold Cranking Simulator (CCS) bestimmt. Dabei wird das Durchdrehen eines Motors mit Anlasserdrehzahl bei sehr niedrigen Temperaturen (-30 °C bis -5 °C) simuliert, um das Tieftemperaturverhalten bei geringer Scherung zu testen.

Anwendungsbereich: Motoröle

Aus fachlicher Sicht ist die Niedrigtemperatur-Viskosität einer der wichtigsten analytische Kennwerte für ein Motoröl, da jeder Start des Fahrzeuges für den Motor ein Kaltstart bedeutet. Alle Schmierstellen müssen so schnell wie möglich mit dem Motoröl versorgt werden, um Reibung und Verschleiß so gering wie möglich zu halten. Die Niedrigtemperatur-Viskosität ist die Basis für die Einstufung eines Motoröls in die entsprechende Tieftemperatur-SAE-Klasse (0W, 5W, 10W etc.; siehe Tabelle 1). Der zusätzliche Buchstabe „W“ neben dem Zahlenwert kennzeichnet die Wintereignung des Motoröls.

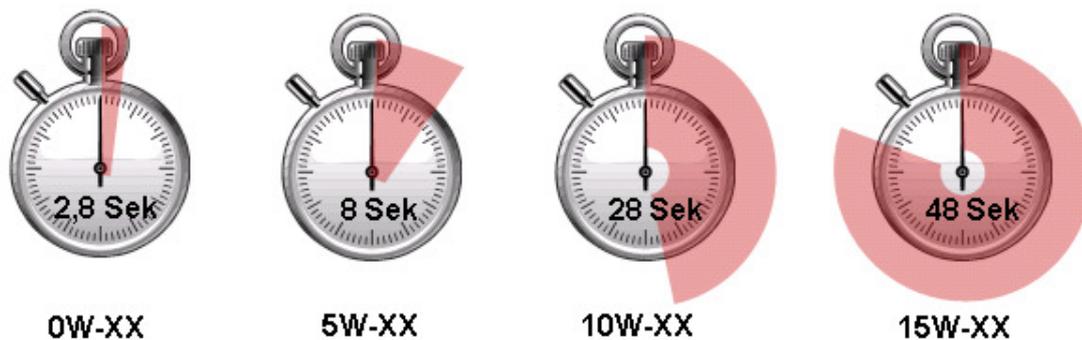


Abbildung 3: Durchdrehzeit eines Modellmotors bis zur letzten Schmierstelle bei 0°C; eigene Darstellung

2.2. Verdampfungsverlust in Ma-%

Unter Verdampfungsverlust versteht man den unerwünschten Masseverlust eines Schmieröls bei höheren Temperaturen (bis zu 350 °C). Ermittelt wird der Verdampfungsverlust bei 250°C nach NOACK. Dieser wird in Masse-% (% m/m) angegeben.

Anwendungsbereich: Motorenöle

Dieser kann gleichbedeutend mit einem gesteigerten Ölverbrauch sein, durch den der Ölstand unverhältnismäßig schnell absinkt und zu einer Änderung der Öleigenschaft führen kann. Er spielt insbesondere bei der Motoren- und Zylinderschmierung eine Rolle. Verdampfungsverluste leichtsiedender Motorenölanteile können durch hohe Temperaturen, z. B. an den Kolbenringen und am Kolbenunterboden auftreten und zu Ölkohleablagerungen auf Kolben und Einlassventilen führen. Aufgrund der Verdampfung leichter Motorölbestandteile ändert sich die ursprünglich eingesetzte Viskosität des Motorenöls. Die Viskosität nimmt zu, das Motorenöl wird dickflüssiger

und damit schlechter pumpfähig vor allem bei niedrigeren Temperaturen. Erhöhte Reibung und Verschleiß führen zu Motorschäden.

2.3 Basenzahl in mg KOH/g

Die alkalische Reserve eines Öls, angegeben als Basenzahl (engl. Total Base Number (TBN)), ist ein Maß für die Fähigkeit der Säureneutralisation. Die Basenzahl spiegelt die Menge aller Basen in einem Gramm Schmieröl wieder und gibt Aufschluss darüber, wie viele im Öl enthaltene saure Bestandteile neutralisiert und unschädlich gemacht werden können.

Anwendungsbereich: Motoröle

Saure Bestandteile können in erster Linie aus der Verbrennung von schwefelhaltigem Kraftstoff aber auch beispielsweise durch Stickoxide in das Motoröl gelangen. Je höher der Schwefelanteil im Kraftstoff ist, umso schneller sind die alkalischen Reserven des Öls verbraucht und desto früher muss das Motoröl gewechselt werden. Bei gebrauchtem Motoröl kann über den Vergleich der TBN mit dem Frischöl eine wesentliche Aussage über die Öleinsatzdauer gemacht werden.

Saure Bestandteile im Motorenöl bedeuten eine hohe Korrosionsgefahr für den Motor.

2.4 Säurezahl in mg KOH/g

Die Säurezahl (engl. Total Acid Number = TAN), wie auch die Basenzahl (siehe 2.3), ist ein wichtiges Kriterium für den Versäuerungsgrad von Schmierstoffen während des Betriebes. Die Säurezahl wird anhand der Menge an Kaliumhydroxid (KOH) gemessen, die nötig ist, um die vorhandenen sauren Bestandteile in einem Gramm Öl zu neutralisieren. Säuren im Öl beschleunigen die Öloxidation, was meistens mit einem Anstieg der Viskosität einhergeht. Die Viskositätserhöhung kann soweit gehen, dass der Schmierstoff nicht mehr ausreichend an die jeweiligen Schmierstellen transportiert wird. Freie Säuren fördern außerdem den korrosiven Verschleiß im ölführenden System. Vor allem Buntmetalle wie zum Beispiel Kupfer aber auch Kunststoffe und Dichtungsmaterialien sind davon betroffen.

2.5 i-pH-Wert

Die Basenzahl (siehe 2.3) gibt das Neutralisationsvermögen eines Schmierstoffes, vorrangig für starke, meist schwefelhaltige Säuren an, die durch den Verbrennungsprozess im Motor entstehen. Säuren, die zum Beispiel während des Betriebes von Gasmotoren mit Deponie- oder Klärgas entstehen werden über die basische Reserve nur unzureichend abgebildet.

Anwendungsbereich Gasmotorenöl:

So können sich bereits Säuren im Gasmotorenöl angereichert haben ohne dass die alkalische Reserve bereits verbraucht ist. Daher wird zur Beurteilung des Versäuerungsgrades von

Gasmotorenöl zusätzlich der ipH-Wert herangezogen. Bereits eine kleine Menge an starken und aggressiven Säuren führt zu einem messbaren Absinken des ipH-Wertes.

2.6 Hochtemperatur-Hochscher-Viskosität in mPa*s

Die Hochtemperatur-Hochscher-Viskosität (HTHS-Viskosität) beschreibt das Verhalten des Schmierstoffes unter Betriebsbedingungen. Sie wird bei einer Temperatur von 150°C und einem hohen Schergefälle (hohe Drehzahl) (10^6 s^{-1}) gemessen.

Anwendungsbereich: Motoröl

Die HTHS-Viskosität bildet mit der Viskosität bei 100°C die Grundlage für die Klassifizierung in die SAE-Klassen im Hochtemperaturbereich (siehe Tabelle 1). Die nach SAE J300 geforderten Minimumwerte für die HTHS-Viskosität stellen sicher, dass die Mehrbereichsöle auch bei hohen Temperaturen und hoher Drehzahl einen stabilen Schmierfilm bilden und somit optimalen Verschleißschutz auch unter kritischen Bedingungen bieten.

Senkt man im Hochtemperaturbereich die Viskosität des Motoröles, sinkt gleichzeitig der Reibungsverlust im Motor. Es wird weniger Energie durch Reibung in Wärme umgewandelt, der Wirkungsgrad des Motors steigt und der Kraftstoffverbrauch bei gleicher abgeforderter Leistung sinkt.



Es ist dabei jedoch zu beachten, dass Motoren für den Einsatz von Motorölen mit abgesenkter HTHS-Viskosität konstruktiv speziell ausgelegt sein müssen! Der Einsatz von Motorölen mit abgesenkter HTHS-Viskosität in konstruktiv dafür nicht ausgelegten Motoren führt verschleißbedingt zu Motorschäden! Dagegen ist der Einsatz von Motorölen ohne abgesenkte HTHS-Viskosität problemlos auch in Motoren möglich, die für die Nutzung von Ölen mit abgesenkter HTHS-Viskosität ausgelegt wurden. Eine Kraftstoffeinsparung ist dann jedoch nicht mehr erzielbar.

2.7 Pourpoint in °C

Bei tiefen Temperaturen kann Öl fest werden. Die Beförderung des Schmierstoffes und die Schmierung der Motorkomponenten sind dann nicht mehr gewährleistet. Der Pourpoint ist ein Kennwert für die physikalische Eigenschaft eines Schmierstoffes gemessen bei tiefen Temperaturen und gibt die niedrigste Temperatur an, bei dem das Öl gerade noch fließt.

Anwendungsbereich: Motoröl

Der Pourpoint spielt vor allem beim Kaltstart im Winter eine große Rolle. Weist das Motoröl einen niedrigen Pourpoint auf, ist somit bei tiefen Temperaturen noch fließfähig, kann eine schnelle Durchölung des Motors auch beim Kaltstart im Winter gewährleistet werden. Die schnelle Schmierfilmbildung führt zur Minimierung von Reibungsverschleiß im Grenzreibungsgebiet, verbunden mit kalten klimatischen Bedingungen.

2.8 SAPS

Die Abkürzung steht für **S**ulfatasche, **P**hosphor und **S**chwefel.

Anwendungsbereich: Motoröle

Fahrzeuge, die mit modernsten Abgasnachbehandlungssystemen (z.B. Dieselpartikelfilter, AdBlue oder Katalysatoren) ausgerüstet sind, erfordern ein spezielles Motorenöl, welches die störungsfreie Funktion dieser Komponenten gewährleistet. Denn beim Verbrennen von Motorenöl bilden sich Rückstände bzw. Ascheablagerungen, die die Poren des Partikelfilters verstopfen. Als Folge einer solchen „Verstopfung“ des Dieselpartikelfilters erhöht sich der Druck im Motor und der Kraftstoffverbrauch steigt an. Desweiteren neutralisieren die im Motorenöl enthaltenen schwefel- und phosphorhaltigen Additive die Oberfläche von Katalysatoren und verhindern dadurch eine Abgasnachbehandlung.

Abhängig vom zulässigen Anteil an Sulfatasche, Phosphor und Schwefel werden Motorenöle nach den Vorgaben der Vereinigung der europäischen Motorenhersteller (ACEA = Association des Constructeurs Europeens de l'Automobile) spezifiziert und unterteilt in: High-SAPS Öle (ACEA A/B), Low-SAPS Öle (ACEA C1, C3, C4) und Mid-SAPS Öle (ACEA C2). Aufgrund der niedrigen Neigung zur Aschebildung werden die Low-SAPS Öle auch als low-ash Öle bezeichnet.

3. Industrie

3.1 Luftabscheidevermögen in Minuten

Unter dem Luftabscheidevermögen (LAV) eines Schmierstoffes versteht man seine Fähigkeit, eingeblasene oder dispergierte Luft wieder abzugeben. Zur Bestimmung des Luftabscheidevermögens wird die Zeit gemessen, die benötigt wird, bis sich die unter Prüfbedingungen in das Öl eingeblasene Luft bis auf 0,2 Volumenanteile wieder reduziert hat. Eine Aussage über den absoluten Luftgehalt des Öls liefert dieser Wert jedoch nicht. Er kann nur Auskunft über das mögliche Verhalten eines Schmieröls im relativen Vergleich zu anderen geben. Das Luftabscheidevermögen ist von der Viskosität des Öles und der Bläschengröße abhängig und kann z.B. durch Verunreinigung verschlechtert werden. Im Gegensatz zum Schaumverhalten kann das Luftabscheidevermögen nicht durch Additive verbessert sondern nur verschlechtert werden. Dispergierte Luftblasen im Öl können zum Beispiel die Kompressibilität beeinflussen und somit Störungen in Hydrauliksystemen hervorrufen.

Anwendungsbereich: Hydraulikflüssigkeiten

Frisches Hydrauliköl enthält bis zu neun Prozent Luft in gelöster Form. Diese stoffbedingte gelöste Luft hat zumeist keine Auswirkungen auf den Betrieb. Anders jedoch, wenn verstärkt Luft von Außen in das Öl eingetragen und im Öl in Lösung gehalten wird. Unter Betrieb erhöht sich im Hydrauliksystem der Druck auf die Luftblasen, die in Folge implodieren. Dabei treten partiell

kurzzeitig extrem hohe Beschleunigungen, Temperaturen und Drücke auf, die Kavitation verursachen und den Wirkungsgrad der Anlage reduzieren können.

3.2 Demulgiervermögen in Minuten

Das Demulgiervermögen kennzeichnet nach ISO 6614 das Verhalten von Schmierölen und Hydraulikflüssigkeiten gegenüber eingedrungenem Wasser. Ein hohes Demulgiervermögen ermöglicht ein rasches Abscheiden von Wasser. Verunreinigungen können die Trennung von Öl und Wasser beeinträchtigen.

Anwendungsbereich: Hydraulikflüssigkeiten

Für Hydraulikflüssigkeiten vom TYP HLP sieht die Norm DIN 51524 für das Demulgiervermögen einen Wert von maximal 30 Minuten vor. Innerhalb dieser vorgegebenen Zeit müssen sich Wasser und Öl in zwei Phasen voneinander trennen.



Im Gegensatz dazu gib es Anwendungen, bei denen ein demulgierendes Öl nicht erwünscht ist. Wasserteile sollen sich nicht vom Öl trennen, stattdessen vom Öl in Schwebelage gehalten werden, bis sie über Filter oder beim nächsten Ölwechsel aus dem ölführenden System entfernt werden. Hydraulikflüssigkeiten des Typs HLPD, welches zum Beispiel in mobilen Hydraulikanlagen Verwendung findet, soll dispergierend und detergierend wirken. Es muss alle Verschmutzungen im Öl in Schwebelage halten.

3.3 Wasserabscheidevermögen

Die Eigenschaft, Wasser abzuscheiden wird für Dampfturbinenöle nach DIN 51589 bestimmt.

Anwendungsbereich: Turbinenöle

Bei der Schmierung von Gleitlagern in Wasser- oder Dampfturbinen kann viel Wasser in den eingesetzten Schmierstoff eingetragen werden, so dass dieser ein gutes Wasserabscheidevermögen aufweisen sollte. Denn zur Vermeidung von Schäden muss sich das Wasser schnell vom Öl trennen und beispielsweise durch Vorrichtungen separiert werden.

3.4 Schaumverhalten

Das Schaumverhalten eines Schmierstoffes beschreibt die Neigung, Oberflächenschaum zu bilden. Schaum entsteht, wenn Luft- oder Gasblasen aus dem Inneren eines Öles an die Oberfläche aufschwimmen und nicht zerfallen. Zur Verbesserung des Schaumverhaltens werden sogenannte Schaum-Inhibitoren bei der Rezeptur von Schmierstoffen eingesetzt. Die Schaumneigung von Schmierölen ist abhängig von der Qualität der Basisöle, von Art und Menge der Additive und den Betriebsbedingungen.

Die vermehrte Schaumbildung eines eingesetzten Schmierstoffes kann vielzählige Ursachen haben. Verunreinigung, wie zum Beispiel mit Staub- und Wasserpartikeln, Rückstände von Abdichtmassen oder Schmierfetten, oder Luft, die mit der Ölpumpe angesaugt wird kann Schaum verursachen. Aber auch die Unverträglichkeit mit anderen Öltypen und deren Vermischung kann zu einer stärkeren Neigung, Schaum zu bilden führen. Unter Betriebsbedingungen wird immer Luft in das eingesetzte Öl eingetragen. Ein gewisses Schaumverhalten ist daher nicht ganz zu vermeiden. Sollte sich ein stabiler Schaumfilm bilden oder sogar durch Öffnungen des ölführenden Systems Schaum austreten, ist Ölverlust und damit verbunden ein Absinken des Ölstandes die Folge.

3.5 Korrosionswirkung auf Kupfer

Sauer wirkende Bestandteile von Schmierstoffen reagieren mit metallischen Werkstoffen, insbesondere Kupfer und verursachen Korrosion. Vor allem der im Mineralöl enthaltene Schwefel übt einen korrosiven Einfluss aus. Mittels eines Kupferteststreifens wird die Korrosionswirkung auf Kupfer insbesondere bei Hydraulik-, Turbinen-, und Getriebeölen unter festgelegten Prüfbedingungen getestet. Das Ausmaß der Korrosion wird anhand eines standardisierten Vergleichsstreifens visuell beurteilt und einem von vier Korrosionsgraden, von „leichte Anlauffarben“ (Korrosionsgrad 1) bis „Korrosion“ (Korrosionsgrad 4), zugeordnet.

3.6 Korrosionsschutzeigenschaften gegenüber Stahl

Bei Dampfturbinen- und Hydraulikölen wird die korrosive Wirkung auf Werkstoffe aus Stahl in Verbindung mit Wasser gemessen. Dabei werden unter Prüfbedingungen eingesetzte Stahlstäbe visuell auf korrosive Veränderungen beurteilt. Der Test gilt als bestanden, wenn keiner der beiden Stäbe Rostspuren aufzeigt. Das Verfahren wird je nach Spezifikation mit destilliertem Wasser (Prüfmethode A) oder unter verschärften Bedingungen mit künstlichem Meerwasser (Prüfmethode B) durchgeführt.

4. Mechanische Tests

4.1 Bruggerwert in N/mm²

Der Bruggerwert gibt die Belastbarkeit eines Schmierstoffes im Mischreibungsgebiet an. Mischreibung liegt vor, wenn stellenweise eine metallische Berührung der Reibpartner und eine hydrodynamische Schmierung zwischen diesen auftritt. Dies kann der Fall sein, wenn zu Beginn einer Bewegung der Schmierstoff noch nicht an allen Schmierstellen ausreichend vorhanden ist oder der eingesetzte Schmierstoff für die Belastungen der Anlage nicht ausgelegt ist. Um die Leistungsfähigkeit eines Schmierstoffes unter EP-Bedingungen (Extreme Pressure) und damit seine Einsatzfähigkeit beurteilen zu können wird der jeweilige Schmierstoff nach festgelegter Prüfmethode mit dem Brugger Apparat getestet. Unter Verwendung des zu prüfenden Öles wird ein Testzylinder mit einer definierten Last

gegen einen rotierenden Reibring gedrückt. Nach Ablauf der Prüfdauer wird die durch die Reibung zwischen den Prüfkörpern (Testzylinder und Ring) entstandene Verschleißkalotte auf dem Testzylinder begutachtet. Der Brugger-Wert errechnet sich dann aus dem Verhältnis von Prüfkraft (N = Einheit der physikalischen Größe Kraft) und erzeugter Verschleißfläche (in mm^2). Je kleiner die Verschleißkalotte, desto höher ist die Belastbarkeit und damit die EP-Performance des untersuchten Schmierstoffs. Der Brugger-Wert ist vor allem für Schmierstoffe in Anwendungen mit hohen Oberflächenbelastungen, wie zum Beispiel Getriebeölen von großer Bedeutung.

4.2 Kegelrollenlager-Test (KRL-Test) bzw. relativer Viskositätsabfall in %

Der Kugelrollenlager-Test (KRL-Test) ist eine Methode, die Veränderung der Viskosität durch die Zerstörung des VI-Verbesserers bzw. die Scherstabilität (siehe 1.3) zu erfassen. Als Antriebsgerät dient der Vierkugel-Apparat (siehe 4.4), dessen Kugeln durch ein Kegelrollenlager ersetzt werden. Das zu prüfende Öl wird bei einer Temperatur von $+60^\circ C$ und 1450 Umdrehungen pro Minute im Tauchschmierverfahren geschert. Dabei bleiben Temperatur, Drehzahl und Belastung über den Prüfzeitraum von 20, 100 oder sogar 200 Stunden unverändert. Nach der Prüfung wird die Viskosität bei $+100^\circ C$ gemessen und mit der des Frischöls, ebenfalls bei $+100^\circ C$ gemessen, ins Verhältnis gesetzt. Die Veränderung der Viskosität bzw. der relative Viskositätsabfall ist ein Maß für die Scherstabilität eines Schmierstoffes.



Foto 1: Vierkugel-Apparat als Antriebsgerät für KLR-Test



Foto 2: Kegelrollenlager



Foto 3: Test mit der Dieseleinspritzdüse

4.3 Dieseleinspritzdüse bzw. relativer Viskositätsabfall in %

Die Dieseleinspritzpumpe wird zur Bestimmung der Scherstabilität (siehe 1.3) hauptsächlich bei Motoren- und Hydraulikölen angewendet. Dabei wird eine Probe des zu untersuchenden Öls im Prüfgerät unter hohem Druck durch eine Dieseleinspritzdüse gepumpt, um eine Scherbeanspruchung zu verursachen. Nach einer bestimmten Anzahl an Durchgängen wird dann die Viskosität des beanspruchten Öles bei $+100^\circ C$ gemessen und mit der des Frischöls verglichen. Der prozentuale Verlust der Viskosität ist die Scherstabilität des Schmierstoffes.

4.4 Vierkugel-Apparat-Test (VKA) bzw. Schweißkraft in N

Schmierstoffe, die hohen Belastungen und Drücken im Mischreibungsgebiet ausgesetzt sind enthalten meistens EP-Wirkstoffe (EP = Extreme Pressure). Diese EP-Additive sollen in Motorenölen, Getriebeölen, Hypoidgetriebeölen oder Hydraulikflüssigkeiten ein höheres Lastaufnahmevermögen ermöglichen. Der Vierkugel-Apparat-Test bietet für solche Schmierstoffe eine Grundlage zur Beurteilung der Schmierfähigkeit bei hoher Druckbelastung und erlaubt Rückschlüsse auf das Leistungsvermögen der EP-Additive. Der zu prüfende Schmierstoff wird in einem Kugelsystem geprüft, das aus vier gleichen Kugeln besteht, wie der Name der Testapparatur bereits verrät. Eine rotierende Kugel (Laufkugel) gleitet unter einstellbaren Prüfkraften eine Minute auf drei fest verspannten Kugeln (Standkugeln), die sich im Schmierstoffbad befinden. Tritt kein Verschweißen der vier Kugeln auf wird der Vorgang mit neuen Kugeln, frischem Öl und gesteigerter Last wiederholt. Die bis dahin aufgebrachte Last wird als Gutlast bezeichnet. Die Schweißkraft eines Schmierstoffes ist dann diejenige Prüfkraft, die beim erstmaligen Verschweißen der vier Kugeln an dem Vierkugel-Apparat eingestellt ist. Je höher die Schweißkraft, desto besser ist die Schmierwirkung des Öles bei Druckbelastungen.



Foto 4: Vierkugel-Apparat



Foto 5: Verschweißte Testkugeln

4.5 FZG-Test

Im FZG Fresslasttest (FZG = Forschungsstelle für Zahnrad- und Getriebbau, Technische Universität München) wird auf der Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine das Tragfähigkeitsverhalten von Getriebe-, Hydraulik- und Motorenölen bestimmt. Je nach Schmierstoff werden verschiedene FZG-Tests mit unterschiedlichen Umfangsgeschwindigkeiten, Ölsumptemperaturen, Verzahnung und Drehrichtung angewandt. Im Tauch- bzw. Umlaufschmierverfahren laufen in dem zu prüfenden Schmierstoff Zahnräder bei konstanter Drehzahl und festgelegter Ausgangs-Öltemperatur. Die Belastung der Zahnflanken wird im Testverlauf stufenweise gesteigert. Nach jeder Belastungsstufe werden die Veränderungen der Zahnflanken visuell beurteilt. Tritt ein erhöhter Verschleiß (Fressen) auf wird der Test abgebrochen und die Schadenskraftstufe angegeben.