

Schmierstoffversorgung und Schmierstoffpflege bei Gleitlagern

von C. Recker*)

Kurzfassung

Gleitlager werden häufig mit Schmieröl und Schmierfett geschmiert, auch wenn es mittlerweile eine Vielzahl von wartungsfreien und selbstschmierenden, trocken laufenden Gleitlagern gibt. Dieser Beitrag betrachtet die Nachschmierung und Schmierstoff-Überwachung von ölgeschmierten, hydrodynamischen Weißmetall-Gleitlagern und von fettgeschmierten Bronzegleitlagern, die vorrangig unter Mischreibungsbedingungen betrieben werden.

Schlüsselwörter: Gleitlager, Schmieröl, Schmierfett, Zentralschmieranlage, Fettpresse, Gebrauchtl- Analytik, Ölwechsel

1 Einleitung

Das Gleitlager ist ein Maschinenelement, das je nach Bauart und Maschine sowohl mit Öl oder Fließfett über Zentralschmieranlagen als auch mit Fett über die Fettpresse oder einen automatischen Schmierstoffgeber versorgt werden kann.

Die Auswahl des passenden Schmierstoffes in Zusammenhang mit der optimalen Schmierstoffmenge und der richtigen Zuführung ist eine wichtige Voraussetzung, um Lagerschäden zu vermeiden und somit eine lange Lebensdauer der Bauteile und der gesamten Maschine zu gewährleisten. Die vorausschauende Instandhaltung berücksichtigt die optimale Schmierstoffversorgung und vermindert damit ungeplante Produktionsstillstände und teure Investitionen in Ersatzteile oder neue Komponenten und trägt somit zur Prozessoptimierung und Effizienzsteigerung bei. Die Hersteller von Maschinen und Anlagen erstellen Betriebsschmierpläne, die wichtiger Bestandteil der technischen Dokumentation der Anlage sind und häufig auch der Garantie- und Gewährleistung der Maschine. Das bedeutet, wenn sich der Maschinenbetreiber nicht an die Schmieranleitung hält, verfallen die Garantieansprüche und die Gewährleistung bei auftretenden Schäden, die nachweislich durch falsche Schmierung verursacht werden.

Damit ist auch ein wichtiger Industriebereich entstanden, der sich auf die Zustandskontrolle und die Gebrauchtschmierstoffanalytik konzentriert. [1]

2 Öl- oder Fettschmierung?

Die Frage, ob mit Öl oder Fett geschmiert werden soll, stellt sich schon zu Beginn der Konstruktion der Anlage und hat somit auch Einfluss auf das Design und die Auslegung des Gleitlagers. **Bild 1** zeigt die Auswahl des Schmierstoffes nach Lagertyp.

Prinzipiell gilt: je flüssiger der Schmierstoff, desto besser kann er in die Reibstellen fließen, was aber wiederum eine gute Abdichtung der Reibstelle erfordert, damit der Schmierstoff auch an der Reibstelle bleibt. Der konstruktive Aufwand für eine Ölschmierung ist meistens höher. Hydrodynamische Gleitlager sind typische Vertreter für Ölschmierung über Ölsumpf- und Ölumlaufrschmierung. Hier sind die Geschwindigkeiten so hoch, dass der Einfluss der inneren Reibung des Schmierstoffes über die Schmierölviskosität (Stribeckkurve) zu berücksichtigen ist. Jeglicher Verdicker vom Schmierfett würde die Reibung erhöhen und hätte wenig Nutzen.

Bei einer Gleitgeschwindigkeit von ca. 1m/s trennen sich die Gleitpartner vollständig bei Ölschmierung und es entsteht Hydrodynamik.

Häufige Start/ Stopps der Gleitlager verhindern den verschleißfreien, hydrodynamischen Betrieb. Bei Ölschmierung wird deshalb bei großen Gleitlagern das Öl zwischen Lager und Welle gepumpt. Durch den Druckaufbau kommt es zur Trennung der Reibflächen, bevor sich die Welle dreht (Hydrostatik).

Solche Anlagen für Hydrostatik sind konstruktiv aufwändig, aber unerlässlich bei großen hydrodynamischen Gleitlagern, um Lagerschäden zu vermeiden. Bei Außenanlagen mit niedrigen Umgebungstemperaturen müssen solche Anlagen auch noch das Schmieröl

Abstract

Plain bearings are often lubricated by lubricating oil or lubricating grease, even if there are meanwhile a lot of maintenance free and self and dry lubricating plain bearings on the market. This article regards to re-lubrication and lubrication control of oil lubricated hydrodynamic white metal plain bearings and grease lubricated bronze plain bearings, which often running under mixed friction conditions.

vorheizen, damit zum Anlaufen des Gleitlagers die Betriebsviskosität des Öles und somit die Startreibung verringert wird.

Klassische Vertreter für Ölschmierung sind auch die Sinterlager, wo über die Kapillarkwirkung bei Rotation das Öl aus den Poren des Sinterlagers in die Schmierstelle gelangt. Bei Sinterlagern wird das Porendepot genutzt, um das Sinterlager über die gesamte Bauteillebensdauer mit Schmierstoff zu versorgen. Eine Nachschmierung ist häufig nicht vorgesehen.

Je langsamer die Geschwindigkeiten und je höher die Flächenpressungen werden, desto eher kann Fettschmierung die optimale Lösung sein. Im Mischreibungsgebiet hält der Verdicker im Fett das Schmieröl wie ein Schwamm in der Schmierstelle. Das Schmierfett dient hier nicht nur zur Reduzierung der Gleitreibung und des Verschleißes im Lager, sondern kann auch seine Eigenschaft als Dichtfett ausspielen. Bei Bewegung bildet sich an den Stirnseiten des Gleitlagers ein sogenannter Fettkragen, der je

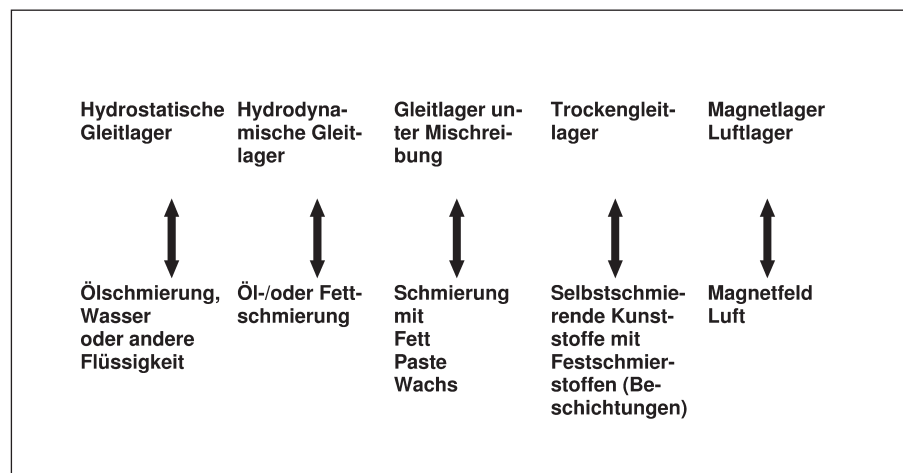


Bild 1: Öl- oder Fettschmierung nach Lagertyp

*) Dipl.-Ing. Cornelia Recker, Klüber Lubrication München KG, 81379 München

nach Verdickertyp und Anteil das Innere des Gleitlagers vor Wasser und aggressiven Medien schützt und somit zum Teil der zusätzliche Einbau von Dichtungen nicht erforderlich ist.

Bild 2 kann helfen, die Wahl der Schmierstoffart zu erleichtern, wenn die Gleitgeschwindigkeit als Auswahlkriterium herangezogen wird.

Ein wichtiges Auswahlkriterium zur Schmierstoffart ist aber auch die Nachschmiermöglichkeit. Wenn die Erstbefüllung mit Schmierstoff nicht ausreichend ist für die erforderliche Lebensdauer des Gleitlagers, muss nachgeschmiert werden. Nun stellt sich die Frage: Wie kann ich die ausreichende Versorgung gewährleisten? Die Auswahl der Nachschmiereinrichtung bestimmt auch die Auswahl des passenden Schmierstoffes. Für Zentralschmieranlagen sind Öle und meistens auch Fließfette förderbar. Für die Nachschmierung mit Fett eignen sich eher kurze Schmierleitungen und Schmiernippel am Gleitlager, die mit Fettpresse versorgt werden, oder automatische Schmierstoffgeber.

3 Genormte Schmierstoffe

Es gibt eine Vielzahl von Schmierstoffen. Die Zusammensetzung ist entscheidend für die Funktion des Gleitlagers. Die Auswahl des Schmieröles oder Schmierfettes erfolgt über die eingehende Betrachtung der Betriebsbedingungen und Umgebungseinflüsse. Daraus hat sich wiederum eine Vielzahl von Anforderungen entwickelt, die in Normen zusammengefasst werden und somit dem Anwender eine gewisse Sicherheit bieten, dass der richtige Schmierstoff in der speziellen Anwendung auch möglichst reibungslos und verschleißfrei funktioniert.

Normen und Spezifikationen sind für die Wirtschaft aus Kostengründen erforderlich. Deshalb engagieren sich Firmenvertreter in Normausschüssen, um den Wissenstransfer zu unterstützen und Überregulierung zu vermeiden. [2]

Hier einige Beispiele zu Normungsaktivitäten in Deutschland.

3.1 NA 118 Normenausschuss Wälz- und Gleitlager (NAWGL)

[8] www.nawgl.din.de
 Der Normenausschuss Wälz- und Gleitlager (NAWGL) im DIN ist aus dem Zusammenschluss des 1917 gegründeten Normenausschusses Gleitlager (NGL) mit dem ebenfalls 1917 gegründeten selbständigen Arbeitsausschuss Wälzlager (AWL) hervorgegangen. Der Fachbereich 1 „Wälzlager“ befasst sich mit der Normung von Wälzlagern und Wälzlagerzubehör aller Art, Gelenklagern und Gelenkköpfen sowie Linearlagern. Der Fachbereich 2 „Gleitlager“ befasst sich mit der Normung von dünnwandigen und dickwandigen Gleitlagern. Die Normungsarbeiten werden

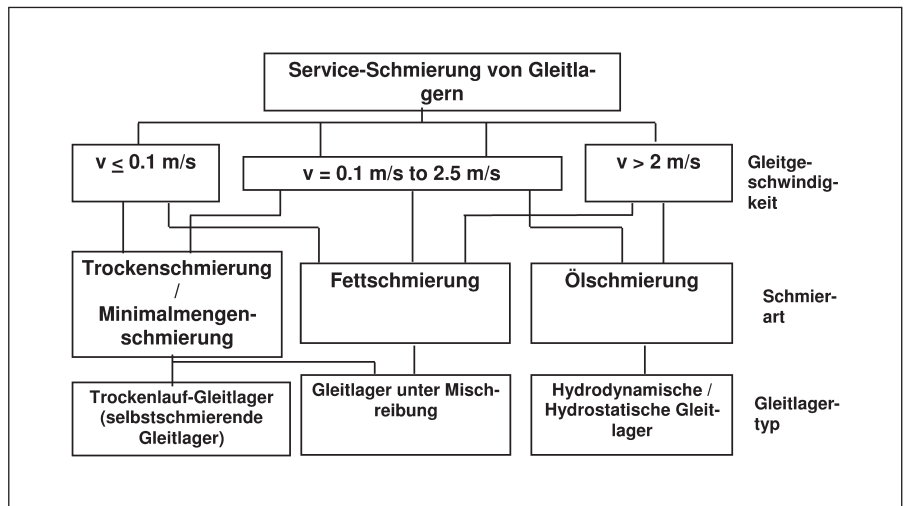


Bild 2: Öl oder Fettschmierung? Einfluss Gleitgeschwindigkeit

auf nationaler Ebene in den zuständigen Arbeitsgremien des Fachbereichs und auf internationaler Ebene in ISO/TC 123 „Plain bearings“ durchgeführt. Die Normungsarbeit auf dem Gebiet der Gleitlager beinhaltet u. a. auch den Themenbereich Anforderungen an Werkstoffe und Schmierstoffe.

3.2 Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Geschäftsstelle Hamburg

[9] www.fam-hamburg.de/dgmk/
 Der FAM ist in Deutschland verantwortlich für die Normung im Mineralölbereich. Er ist sowohl national (DIN), europäisch (CEN), als auch international (ISO) tätig. Zu seinen Hauptaufgaben gehört die Erstellung, Überarbeitung und Pflege von Anforderungsnormen und Prüfnormen für die Produkte im Mineralölbereich, also von Flüssiggas über Kraft- und Brennstoffe sowie Schmierstoffe bis hin zu Bitumen. Zunehmend gehören auch nicht mineralölstämmige Produkte, Additive oder Komponenten in diesen Aufgabenbereich, soweit sie für den Einsatz in Kraftstoffen, Brennstoffen oder Schmierstoffen wesentlich sind, wie z. B. Phosphat-Ester in schwer entflammaren Druckflüssigkeiten oder Fettsäure-Methylester („FAME“) im Einsatz als Biodiesel. Der FAM ist als externer Fachausschuss beim DIN in den Normausschuss Materialprüfung (NMP) eingegliedert und arbeitet nach den Normungsregeln des DIN. Die organisatorische Anbindung der FAM-Geschäftsstelle an die DG MK in Hamburg hat sich nun seit Jahrzehnten allerbestens bewährt! Die Arbeit des FAM erfolgt in vielen verschiedenen permanenten Arbeitskreisen, Arbeitsausschüssen und Unterausschüssen, mit ehrenamtlich an der Normung mitarbeitenden Personen aus Wirtschaft, Behörden und Verbänden. Zunehmend werden zur schnellstmöglichen Lösung aktueller, kurzfristiger Fragestellungen auch temporär aufgestellte Arbeitsgruppen eingesetzt.

Ein Unterausschuß des FAM beschäftigt sich auch mit dem Thema:

Tribologische Prüfung von Schmierstoffen FAM-UA 661.3 und 662.3 [3]

Hier wird die Normung von mechanisch dynamischen Prüfungen durchgeführt wie zum Beispiel:

DIN 51347, Prüfungen mit dem Prüfgerät nach Brugger

DIN 51350 Teil 1 bis Teil 3, Prüfung von flüssigen Schmierstoffen mit dem Shell Vierkugel-Apparat

DIN 51350 Teil 4 bis Teil 5, Prüfung von konsistenten Schmierstoffen mit dem Shell Vierkugel-Apparat

DIN 51350 Teil 6, Prüfung mit dem Shell Vierkugel-Apparat Bestimmung der Scherstabilität polymerhaltiger Schmieröle

3.3 Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. www.DGMK.de [10]

Die DGMK ist ein gemeinnütziger, eingetragener Verein mit Sitz in Hamburg. Zweck der Gesellschaft ist die Förderung von Wissenschaft, Forschung, Technik und Weiterbildung auf den Arbeitsgebieten ihrer Fachbereiche:

- Aufsuchung, Gewinnung und Speicherung von Erdöl und Erdgas
- Verarbeitung und Anwendung von Mineralöl, Erdgas und ihren Folgeprodukten
- Petrochemie
- Kohlenveredlung und Weiterverarbeitung von Produkten

Aufgaben der DGMK

- Informations- und Erfahrungsaustausch, Fachtagungen: Termine!

- Gemeinschaftsforschung: Neue Forschungsberichte!
- Zusammenarbeit mit dem DIN Deutsches Institut für Normung e.V. bei der Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM)
- Deutsches National-Komitee des Welt-Erdöl-Rates DNK

3.4 Beuth Verlag

Alle Normen sind im Beuth Verlag erhältlich unter www.beuth.de. Der Vertrieb von Normen und auch VDI-Richtlinien erfolgt ausschließlich durch den Beuth Verlag, Berlin. Kopien oder Darstellung der Inhalte sind deshalb nicht erlaubt.

„Der Beuth Verlag ist eine Tochtergesellschaft des DIN und für den Vertrieb der Normen zuständig. Im Webshop unter www.beuth.de sind bereits heute mehr als 300.000 Dokumente recherchierbar; mehr als die Hälfte davon ist auch im Download erhältlich und kann vom Anwender innerhalb weniger Minuten am PC eingesehen und eingesetzt werden. Über 80.000 Kunden nutzen diesen Service, der seit neun Jahren besteht und vom Beuth Verlag konsequent um weitere Regelwerke aus aller Welt ergänzt und zum «one-stop-shop» ausgebaut wird.“ [11]

3.5 Relevante Normen zur Kennzeichnung bzw. Klassifizierung von Schmierstoffen

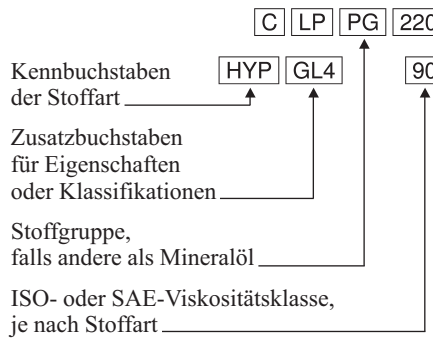
DIN 51502 Kurzbezeichnung der Schmierstoffe und Kennzeichnung der Schmierstoffbehälter, Schmiergeräte und Schmierstellen ISO 6743 Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L) – Klassifikation

3.5.1 Aufbau und Inhalt von DIN 51502 [4]

DIN 51502 definiert Kurzbezeichnungen von mineralölbasischen, synthetischen und teilsynthetischen Schmierstoffen. Sie gilt für vier Stoffgruppen mit Untergruppen je nach Anwendung oder Zusammensetzung. Die Anforderungen an die Schmierstoffe sind in weiterführenden Normen festgelegt. Stoffgruppen:

- Schmieröle und Sonderöle mit 22 Stoffarten nach Anwendung, z. B. Hydrauliköle oder Wärmeträgeröle
- schwer entflammable Hydraulikflüssigkeiten mit 4 Stoffarten nach Zusammensetzung, z. B. Öl-in-Wasser-Emulsionen
- Synthese- und Teilsyntheseflüssigkeiten mit 7 Stoffarten nach chemischem Aufbau, z. B. Polyglykolöle
- Schmierfette mit 4 Arten nach Anwendung, z. B. für offene oder geschlossene Getriebe

Die Kennzeichnung von **Ölen** setzt sich zusammen aus:

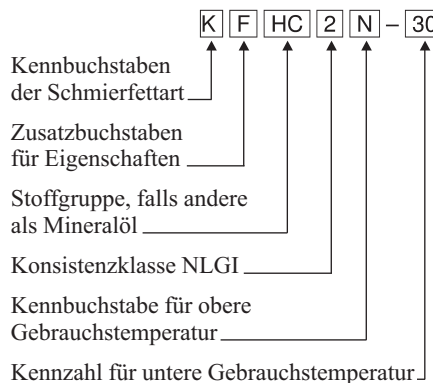


Beispiele:

CLP PG 220 → Schmieröl (C) auf Polyglykolölbasis (PG) mit Additiven zur Erhöhung des Korrosionsschutzes und der Alterungsbeständigkeit (L) sowie zum Herabsetzen von Reibung und Verschleiß und zur Erhöhung der Belastbarkeit (P) mit der ISO VG 220.

HYP GL4 90 → Kraftfahrzeug-Getriebeöl (HYP) der API-Klassifikation GL-4 mit der SAE-Viskositätsklasse 90.

Die Kennzeichnung von **Fetten** setzt sich zusammen aus:



Beispiel:

KF HC 2 N-30 → Schmierfett für Wälzlager, Gleitlager und Gleitflächen (K) mit Festschmierstoffen (F), Grundöl auf Basis synthetischer Kohlenwasserstoffe (HC), NLGI-Klasse 2, mit einem Gebrauchstemperaturbereich von -30 °C bis +140 °C (N).

3.5.2 Aufbau und Inhalt von DIN ISO 6743 Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L), Klassifikation DIN ISO 6743 Teil 0 (bzw.99) bis Teil 15

Diese Norm besteht aus mehreren Teilen und klassifiziert die Schmierstoffe nach den Anwendungsgebieten. Es bestehen Parallelen zur DIN 51502, die in der DIN ISO 6743 Teil 0 bzw. neu Teil 99 gegenübergestellt werden. Zum Beispiel dient in der DIN ISO 6743 der Kennbuchstabe T zur Kennzeichnung von Turbinenschmierstoffen und bei DIN 51502 ist es der Kennbuchstabe TD. Der Kennbuchstabe C dient zur Kennzeichnung von Getriebeölen in beiden Normen.

Übersicht über die Teile der DIN ISO 6743, die auch über den Beuth Verlag bestellt werden können:

DIN ISO 6743-99, 2002-08
Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Produkte (Klasse L) – Klassifikation – Teil 99: Allgemeines

DIN ISO 6743-1, 2002-09
Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Produkte (Klasse L) – Klassifikation – Teil 1: Familie A (Durchlaufsysteme)

DIN ISO 6743-2, 1981-10
Schmiermittel, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L); Klassifikation; Teil 2: Familie F (Spindellager, Lager und zugehörige Kupplungen)

DIN ISO 6743-3, 2003-10
Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L) – Klassifizierung – Teil 3: Familie D (Kompressoren)

DIN ISO 6743-4, 1999-10
Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Produkte (Klasse L) – Klassifikation – Teil 4: Familie H (Hydraulische Systeme)
Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L) – Klassifizierung – Teil 4: Familie H (Hydraulische Systeme) (ISO 6743-4:1999); Deutsche Fassung EN ISO 6743-4:2001

DIN ISO 6743-5, 2006-08
Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Produkte (Klasse L) – Klassifikation – Teil 5: Familie T (Turbinen)

DIN ISO 6743-6, 1990-11
Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Produkte (Klasse L); Klassifikation; Teil 6: Familie C (Getriebe)

DIN ISO 6743-7, 1986-11
Schmierstoffe, technische Öle und verwandte Produkte (Klasse L); Klassifikation; Teil 7: Familie M (Metallbearbeitung)

DIN ISO 6743-8, 1987-04
Schmierstoffe, technische Öle und verwandte Produkte (Klasse L); Klassifikation; Teil 8: Familie R (Zeitweiliger Korrosionsschutz)

DIN ISO 6743-9, 2003-04
Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L) – Klassifikation – Teil 9: Familie X (Fette)

DIN ISO 6743-10, 1989-07
Schmierstoffe, technische Öle und verwandte Produkte (Klasse L); Klassifikation; Teil 10: Familie Y (Verschiedenes)

DIN ISO 6743-11, 1990-02
Schmierstoffe, technische Öle und verwandte Produkte (Klasse L); Klassifikation; Teil 11: Familie P (Druckluftwerkzeuge)

DIN ISO 6743-12, 1989-11
Schmierstoffe, technische Öle und verwandte

te Produkte (Klasse L); Klassifikation; Teil 12: Familie Q (Wärmeübertragungsfluide)

DIN ISO 6743-13, 2002-09

Schmierstoffe, technische Öle und verwandte Produkte (Klasse L) – Klassifikation – Teil 13: Familie G (Gleitbahnen)

DIN ISO 6743-14, 1994-04

Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L); Klassifikation; Teil 14: Familie U (Wärmebehandlungsöle)

DIN ISO 6743-15, 2007-11

Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Produkte (Klasse L) – Klassifikation – Teil 15: Familie E (Schmieröle für Verbrennungsmotoren)

4 Schmieranlagen

Kontinuierliche Nachschmierung trägt zur langen Gleitlager- Lebensdauer und Funktionalität bei. Auf dem Markt sind je nach Anforderung unterschiedliche Systeme erhältlich. Im Vordergrund stehen bei der Auswahl des Nachschmiersystems der möglichst geringere Instandhaltungsaufwand, die einfache Nachrüstung und die optimale Versorgung der Schmierstelle mit Schmierstoff.

4.1 Manuelle Nachschmierung mit Fett-nippel + Fettpresse + Schmierplan

Vorteile:

- Niedrigste Kosten bei der Erstausrüstung
- Einfache Schmiergeräte
- Hoher Druckaufbau zur Schmierung möglich
- Kleinste und größte Mengen zur Schmierung

Nachteile:

- Unsicherste Art der Instandhaltung
- Fettvertauschungsgefahr
- Unsichere Nachschmiermengen
- Schmutzeinbringung möglich
- Personalintensive Instandhaltung

4.2 Einzelpunktschmierung über Tropföler, Schmierstoffspender, Fettpresse, Ölkanne,

Siehe **Bild 3** Einzelpunktschmierung

4.3 Zentrale Schmieranlagen

Durch automatische Nachschmierung können schmiertechnisch bedingte Ausfälle vermieden werden. Damit entsteht auch ein planbarer Instandhaltungsaufwand. Sauberkeit, Nachschmierung bei laufendem Betrieb und

| | Methode | Geräteaufwand | | | Sicherheit | | | Schmiermenge | | | Kühlung | |
|------|---------------------------|---------------|--------|------|------------|--------|------|--------------|--------|------|---------|------|
| | | gering | mittel | hoch | gering | mittel | hoch | gering | mittel | hoch | ja | nein |
| FETT | „for life“ | + | | | | + | | + | | | | + |
| | Fettpresse Handschmierung | + | | | + | | | ○ | + | | | + |
| | Einzelpunktschmierung | | + | | | | + | + | + | | | + |
| | Zentrale Schmieranlage | | | + | | | + | | + | + | | + |
| ÖL | Ölsumpf | + | | | | ○ | + | | + | | | + |
| | Tropföler, EPS | | + | | | | + | + | | | | + |
| | Ölnebel | | + | + | | | + | + | | | | + |
| | Ölumlaufl | | | + | | | + | | + | + | + | |
| | Öleinspritzschmierung | | | + | | | + | | | + | + | |

Bild 3: Einzelpunktschmierung

mehr Sicherheit sind weitere Vorteile einer Zentralschmierung.

Zentralschmieranlagen werden nach Ihrer Funktion und Art der Schmierstoffverteilung eingeteilt.

Die Umlaufschmierung wird mit Öl versorgt, zur Verbrauchsschmierung kann auch Fett verwendet werden: [5]

- Drosselanlagen: nur Öl
- Einleitungsanlagen für Öl/ Fett
- Zweileitungsanlagen für Öl/ Fett
- Mehrleitungsanlagen für Öl/ Fett
- Progressivanlagen für Öl/ Fett

Siehe hierzu auch [5] und Prospekthinweis SKF 1-9201-DE Schmierstoffe fördern mit Zentralschmieranlagen sowie DIN 24271 Norm, 1982-04 Zentralschmieranlagen; Begriffe, Einteilung oder Norm-Entwurf, 2007-11 Zentralschmiertechnik – Begriffe – Teil 1: Einteilung

5 Ölprüfung/ Gebrauchtolanalytik

Alle Schmierstoffe unterliegen den Wechselwirkungen mit dem Bauteil bei Betrieb. Das Sprichwort „Wo gehobelt wird, fallen Späne“ trifft es genau. Zum einen unterliegt der Schmierstoff den Umgebungseinflüssen. Zum Beispiel kann Wasser aufgenommen werden und die Schmierfähigkeit negativ beeinträchtigen. Hohe Temperaturen über lange Laufzeiten lassen den Schmierstoff altern. Alterung bedeutet Oxidation des Öles, was wiederum zu Reaktionen mit Gleitlagerwerkstoffen führt. Auch völlig verschleißfreier Betrieb lässt sich häufig nicht erreichen. Die Verschleißpartikel werden mit dem Öl vermischt und lagern sich im besten Fall bei Ölumlauflschmierung im Ölsumpf ab, so dass

sie über die Filter nicht mehr an die Schmierstelle gelangen. Wenn der Anteil an festen Fremdstoffen ein gewisses Maß überschreitet, ist die Schmierfähigkeit des Öles so stark herabgesetzt, dass eine Nachschmierung oder ein Austausch des Schmierstoffes erforderlich ist.

Durch die unterschiedlichen Anwendungsparameter gibt es keine festen Nachschmierintervalle. Eine Gebrauchtschmierstoffanalyse kann helfen die Schmierfähigkeit des Öles oder Fettes besser einzuschätzen und somit eine Aussage ermöglichen, ob dieser Schmierstoff noch über einen weiteren definierten Zeitraum verwendbar ist.

Die Gebrauchtolanalytik ist eine Serviceleistung von Schmierstoffherstellern oder auch Spezialfirmen die das Schmieröl untersuchen, um Informationen zum Zustand des Schmierstoffes und somit der Maschine zu erhalten.

Wichtige Kriterien sind:

- Ölalterung
- Verunreinigungen des Öles
- Serviceintervalle
- Verschleiß von Maschinenelementen
- Früherkennung von Maschinenschäden

Die wichtigsten Prüfmethode in der Gebrauchtolanalytik sind

5.1 Viskosimetrie

- Veränderung des Öls durch Alterungseinflüsse
- Alterung des Grundöls
- Abbau von VI-Verbessernern
- Fremdöl
- Partikel

5.2 IR-Spektroskopie (Bild 4)

Das ist ein spektroskopisches Verfahren, bei dem die Bindungen in Molekülen durch Infrarotstrahlung zu Schwingungen angeregt werden. Im Spektrum wird die Absorption der Strahlungsenergie bei verschiedenen Wellenlängen aufgezeichnet. Die Kenntnis einzelner Bandenlagen ermöglicht es, funktionelle Gruppen im Molekül zu erkennen. Über den Vergleich mit einem Referenzspektrum kann die Probe identifiziert werden.

Folgende Aussagen können durch ein IR-Spektrum getroffen werden:

- Identität des Öles
- Abbau von Additiven
- Oxidation des Öles
- Ölvermischung
- Identifikation von nicht-metallischem Abrieb (z. B. Kunststoff, organische Substanzen allgemein)
- Metallpartikel können im IR-Spektrum nicht identifiziert werden. Sie führen nur zu einer Streustrahlung, die sich in einem Absinken der Basislinie zeigt.

5.3 Elementanalyse

Sie dient zur Bestimmung von metallischen und nichtmetallischen Elementen in Schmierölen.

Zur Gebrauchtolanalyse eingesetzte Verfahren sind:

- Atomemissionspektroskopie
- Funkenemission (Rotrode-Verfahren)
- Induktiv-gekoppeltes Plasma (ICP-OES)
- Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Achtung! Die Inhomogenität der Probe (speziell Partikel) hat bei der Elementanalyse Einfluss auf die gefundenen Elementgehalte. Ergebnisse von partikelhaltigen Proben, die mit verschiedenen Methoden bestimmt wurden, sind nur bedingt vergleichbar. Zur exakten Interpretation der gefundenen Elementwerte sind in der Regel genaue Kenntnisse der Zusammensetzung des Schmierstoffes und des Umfeldes der Schmierstelle erforderlich.

5.4 Wasserbestimmung nach Karl-Fischer

Kontamination von Schmierölen mit Wasser kann zu vielen negativen Folgen führen wie Korrosion von Maschinenelementen, chemische Veränderung des Öls und von Additiven (z.B Hydrolyse) und Verdampfen des Wasser bei Temperaturen über 100°C, was zu starkem Schäumen führt.

Die Wasserbestimmung nach Karl-Fischer ist ein sehr genaues Verfahren, um Wasser – auch in Spuren – nachzuweisen. Dabei wird ein jodhaltiges Reagenz mit Wasser zur Reaktion gebracht. Anhand des verbrauchten Jods kann

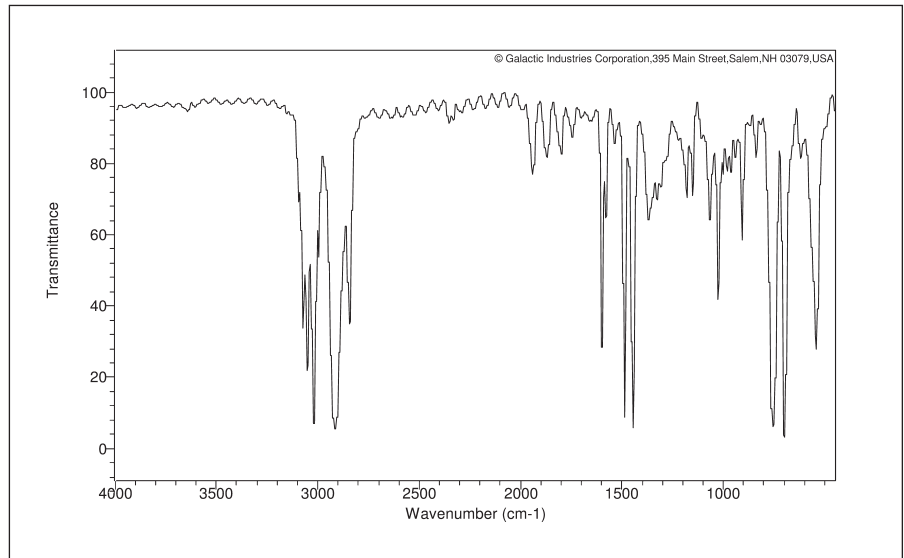


Bild 4: Beispiel: IR-Spektrum von Polystyrol

die Wassermenge in der Probe bestimmt werden. Das Ergebnis gibt den Wassergehalt in % oder ppm an.

5.5 Neutralisationszahl

Die TAN (Total Acid Number) gibt an, welches Äquivalent an mg Kaliumhydroxyd erforderlich ist, um die in einem Schmierstoff enthaltenen Säuren zu neutralisieren.

Während des Gebrauchs eines Schmierstoffes steigt die TAN normalerweise kontinuierlich an. Hauptursache für diesen Anstieg ist die Bildung von organischen Säuren durch Oxidation des Öls.

Zur Beurteilung des Zustandes eines im Einsatz befindlichen Öles ist der Vergleich zur TAN des Originalöles erforderlich.

5.6 Methoden zur Partikelbestimmung

- Filtration, feste Fremdstoffe in Gewichtsprozent und über Mikroskop
- Partikelzählung mit Klasseneinteilung ISO 4406 [X]
- Anteil magnetisch abscheidbarer Partikel in Gewichtsprozent und über Mikroskop

Um eine aussagekräftige Diagnose des Schmierstoffes und seines Umfeldes erstellen zu können, müssen die Ergebnisse verschiedener Analysemethoden kombiniert werden. Hier ist es ratsam, sich mit den Experten und den Schmierstofflieferanten in Verbindung zu setzen.

6 Ölreinigung

Nicht alle Partikel im Schmieröl verursachen Verschleiß. Die Härte und die Größe der Partikel spielt hier eine entscheidende Rolle. Zu beachten ist auch, dass einige Schmieröle Festschmierstoffe enthalten. Diese Partikel tragen zu längerer Gebrauchsdauer und verschleißreduziertem Betrieb der Lager bei,

könnten aber durch Ölreinigung über Filter herausgelöst werden und somit die Schmiereigenschaften des Öles verschlechtern und gleichzeitig die Filter zusetzen.

Filtration und Reinheitsklasse :

Die Reinheit einer Hydraulikflüssigkeit wird durch die Anzahl der Feststoffpartikel pro ml Flüssigkeit definiert. Die Anzahl der Partikel wird üblicherweise mit einem automatischen Partikelzähler gemessen. Aus der Anzahl der Partikel unterschiedlicher Partikelgrößen wird der Reinheitsklassencode ermittelt. Die Partikelzählung sowie die Codierung der Reinheitsklasse für Hydrauliköle sind in der Norm ISO 4406:1999 (E) „Hydraulic fluid power- Fluids-Methods for coding the level of contamination by solid particles“ beschrieben. Die drei aufgeführten Zahlen (Klassen) im Code stehen für die Anzahl der Partikel, die eine bestimmte Partikelgröße von 4µm/ 6µm/ 14µm im automatischen Partikelzähler nicht übersteigen. Für die Klasse 2 dürfen nach ISO 4406 zwischen > 0,02 und ≤ 0,04 Partikel/ml enthalten sein. Siehe **Bild 5**.

7 Gebrauchsdauer des Schmierstoffes

Die Gebrauchsdauer eines Schmierstoffes ist abhängig von der Anwendung und wird durch äußere Einflüsse wesentlich beeinträchtigt. Folgende Faktoren verringern die Gebrauchsdauer des Schmierstoffes und erfordern eine kontinuierliche Nachschmierung:

- Hohe Last
- Hohe Drehzahl
- Hohe Temperatur
- Medieneinflüsse – Staub, Wasser, Säure, Laugen ...
- Stöße, Vibration
- Häufige Start/ Stopps im Mischreibungsgebiet

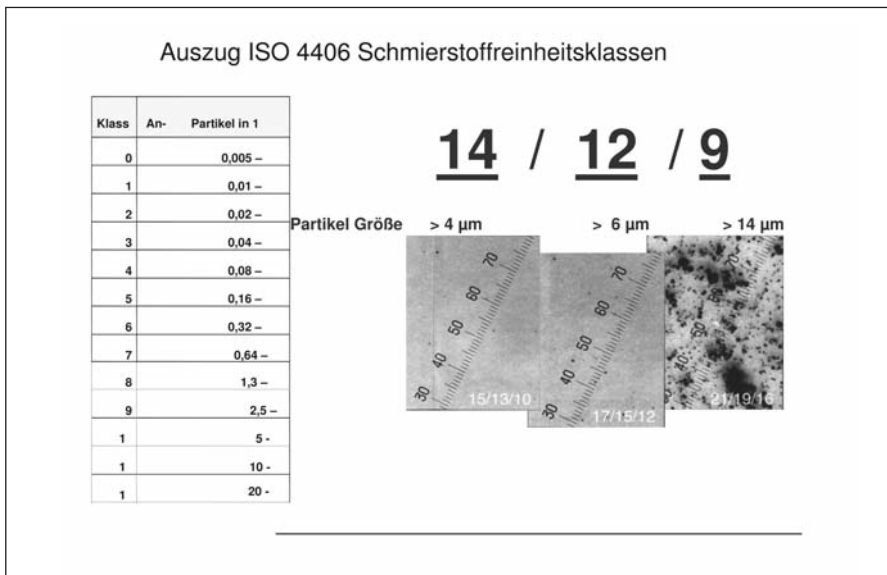


Bild 5: Auszug ISO 4406 Schmierstoffreinheitsklassen

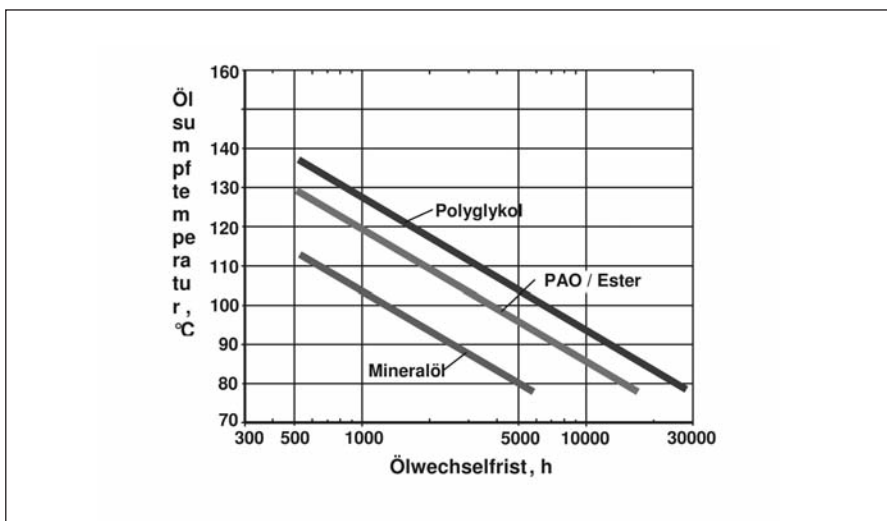


Bild 6: Richtwerte Öllebensdauer: Mögliche Ölwechselfristen in Abhängigkeit der Temperatur

Neben dem Anstieg der Reibung und des Verschleißes wird die Gebrauchsdauer durch die Alterung des Schmierstoffes vermindert und wirkt sich somit auf die Nachschmierintervalle und die Lebensdauer und Funktion der Gleitlager aus.

Typische Nachschmier- und Wechselintervalle für Öle sind zum Beispiel:
 Ölwechsel PKW: 300 - 500 h mit Durchschnittsgeschwindigkeit 50 km/h
 Industriegetriebe: 5.000 - 30.000 h

Eine Übersicht zur Einschätzung der Leistungsfähigkeit und Ölgebrauchsdauer von synthetischen Getriebeölen im Vergleich zu Mineralölen zeigt **Bild 6**

Das **FVA Vorhaben Nr.: 362 „Gleitlager-Öllebensdauer“** beschäftigte sich mit der Entwicklung experimenteller Grundlagen zur Bestimmung der Öllebensdauer unter gleitlagerspezifischen Bedingungen.
 „Für die Schmierstoffauswahl im Gleitlager

spielt aus technischen und auch wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Alterungsstabilität eines Schmierstoffes eine entscheidende Rolle. Das Forschungsvorhaben hatte deshalb zum Ziel, eine Prüf- und Berechnungsmethode zu entwickeln, die den Schmierstoff hinsichtlich seiner Gebrauchsdauer im Gleitlager zu einem „berechenbaren“ Maschinenelement machen. Dazu wurden verschiedene Schmierstofftypen (Mineralöl, Ester, Polyalphaolefin, Polyglykol) in einem Axialgleitlager praxisnah gealtert und die Prüfbedingungen gezielt variiert. Die Auswertung der Versuche erfolgte mittels eines Öllebensdauermodells, das in der Lage ist, auch in der Praxis abweichende Temperatur- und Ölolumenverhältnisse mit zu berücksichtigen. Neben den Versuchsdaten können so auch möglichst viele im Betrieb gesammelte Messdaten einfließen. Schwierig erwies sich hierbei allerdings die Bewertung der Ölalterung mittels der etablierten Ölalterungskennzahlen Viskositäts- und Neutralisationszahländerung. Es sollte deshalb vermehrt nach

Alternativen Ausschau gehalten werden. Viel versprechend erwiesen sich in diesem Zusammenhang Kenngrößen des IR-Spektrums. Neben den Versuchsdaten können so auch möglichst viele im Betrieb gesammelte Messdaten einfließen. Die im Vorhaben ermittelten Öllebensdauern gelten allerdings nur für die untersuchten Schmierstoffe. Für jeden neuen Schmierstoff kann sich die Öllebensdauer unter gleitlagerspezifischen Bedingungen grundlegend ändern und muss deshalb praxisnah ermittelt werden. Insbesondere wenn sehr leistungsfähige, aber meist deutlich teurere synthetische Schmierstoffe zum Einsatz kommen sollen, lohnt eine aufwändige experimentelle Ermittlung der Öllebensdauer im Gleitlager bzw. der zu erwartenden Öllebensdauersteigerung gegenüber einem herkömmlichen Produkt.“ [6]

8 Ölwechsel/ Altöleentsorgung

„Jährlich werden in Deutschland ca. 1,1 Mio t Frischöl eingesetzt. Knapp die Hälfte davon geht durch Schmierung, Oxidationsprozesse und Leckagen verloren. Etwa 600.000 t fallen als Altöl an. Es enthält neben Ölanteilen auch Lösungsmittel, Schwermetall-Verbindungen und Abrieb. Altöl ist schon in geringsten Mengen wasserschädigend. Bereits ein Tropfen kann viele hundert Liter Trinkwasser unbrauchbar machen. Altöl muss beim Verkäufer (z. B. Tankstelle) oder bei Altsölsammelstellen, die zur Rücknahme verpflichtet sind, abgegeben und von dort aus entsorgt werden (Altöleentsorgung). Gering verunreinigte Altöle werden in Altsölraffinerien wiederaufbereitet oder in Zementwerken als Ersatzbrennstoff eingesetzt (Altölverwertung). Stärker verunreinigte Öle müssen als Sondermüll entsorgt werden.“ [7]

Bei der Umstellung des Schmierstoffes sollten die Schmierstellen möglichst von Altschmierstoff befreit werden. Die Schmierstoffmengen bei Erst- und weiterer Nachschmierung sowie die Nachschmierintervalle, die im Schmierplan angegeben sind, sollten eingehalten werden. Austretender Schmierstoff ist sofort zu entfernen, um die Schmierstellen sauber zu halten.

Vorgehen bei Ölwechsel:

- Mischbarkeit prüfen.
- Altöl ablassen.
- Eine geringe Menge „Spülöl“ einfüllen und Maschine ganz kurze Zeit und ohne Last laufen lassen.
- „Spülöl“ ablassen und für weitere Ölwechsel aufbewahren.
- Frischöl einfüllen.

Vorgehen bei Fettwechsel:

- Mischbarkeit prüfen.
- Falls Maschinenteil geöffnet werden kann, komplett reinigen und neu fetten.

- Bei Nippelschmierung soviel nachschmieren, bis genügend Neufett austritt. In kurzen Zeitabständen nochmals 2 x kräftig nachschmieren.
- Zentralschmiersysteme (Leitungen, Verteiler) in der Regel komplett reinigen.

9 Zusammenfassung

Die kontinuierliche Versorgung der Gleitlager mit frischem Schmierstoff sorgt für niedrige Reibungszustände. Planbare Wartungsintervalle reduzieren Produktionsstillstände auf ein Minimum. Je nach technischer Anforderung ist eine Lebensdauerschmierung oder eine Nachschmierung der Gleitlager erforderlich.[1]

Literatur

- [1] Technische Schrift „Schmieren mit System“ Klübermatic Schmierstoffgeber, Klüber Lubrication München KG, B994006001 Ausgabe 02.10
- [2] Spilker, Dr. Manfred, Präsentation SET Meeting 2005, „Nationale und internationale Normung – gestern, heute, morgen“, Total, 11/2004
- [3] Laukotka, E.M., Handeloh, Protokoll Sitzung am 25. Oktober 2005 in Berlin / DIN FAM-UA 661.3

- und 662.3 Tribologische Prüfung von Schmierstoffen, März 2006
- [4] Reinhard, Angelika, Ausbildungsangebot TEDOK, Modul: Normen zur Kennzeichnung von Schmierstoffen, Klüber Lubrication München KG, 06/2003
 - [5] SKF Katalog „Zentralschmieranlagen, Systeme, Symbole“, 1-0002-E, Ausgabe 07/2009,
 - [6] Dr.-Ing. J. Loos, FVA Forschungsheft 719, Forschungsvorhaben Nr. 362, Gleitlager-Öllebensdauer, Institut für Maschinenelemente und Maschinengestaltung der RWTH Aachen (IME), 2003

Internetquellen

- [7] <http://www.umweltdatenbank.de/lexikon/altoelentsorgung>, 04/2010
- [8] http://www.nawgl.din.de/cmd?workflowname=InitCommittee&search_committee=nawgl&contextid=nawgl, 04/2010
- [9] <http://www.fam-hamburg.de/dgmk/>, 04/2010
- [10] <http://www.dgmk.de/allgemeines.html>, 04/2010
- [11] http://www.beuth.de/%DCber+uns/cn/bGV2ZWw9dHBsLXJ1YnJpayZjbxNydWJpZD04Mjk2MyZiY3J1bWJsZXZlbnD0xJmxbmdlYWdlaWQ9ZGU*.html, 04/2010

Aufgeführte Normen

- DIN 51347
Prüfungen mit dem Prüfgerät nach Brugger

- DIN 51350
Teil 1 bis Teil 3, Prüfung von flüssigen Schmierstoffen mit dem Shell Vierkugel-Apparat
- DIN 51350
Teil 4 bis Teil 5, Prüfung von konsistenten Schmierstoffen mit dem Shell Vierkugel-Apparat
- DIN 51350
Teil 6, Prüfung mit dem Shell Vierkugel-Apparat Bestimmung der Scherstabilität polymerhaltiger Schmieröle
- DIN 51502
Kurzbezeichnung der Schmierstoffe und Kennzeichnung der Schmierstoffbehälter, Schmiergeräte und Schmierstellen
- ISO 6743
Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Erzeugnisse (Klasse L) – Klassifikation
- DIN 24271
Norm, 1982-04 Zentralschmieranlagen; Begriffe, Einteilung oder Norm-Entwurf, 2007-11 Zentralschmiertechnik – Begriffe – Teil 1: Einteilung
- ISO 4406:1999 (E)
„Hydraulic fluid power- Fluids-Methods for coding the level of contamination by solid particles“

Tribologie und Schmierungstechnik

„Richtungsweisende Informationen aus Forschung und Entwicklung“

Getriebeschmierung – Motorenschmierung – Schmierfette und Schmierstoffe – Kühlschmierstoffe – Schmierung in der Umformtechnik – Tribologisches Verhalten von Werkstoffen – Minimalmengenschmierung – Gebrauchtölanalyse – Mikro- und Nanotribologie – Ökologische Aspekte der Schmierstoffe – Tribologische Prüfverfahren



Bestellcoupon

Ich möchte **Tribologie und Schmierungstechnik** näher kennen lernen.
Bitte liefern Sie mir ein **Probeabonnement** (2 Ausgaben), zum **Vorzugspreis** von € 39,- (inkl. Versandkosten).
So kann ich die Zeitschrift in Ruhe prüfen. Wenn Sie dann nichts von mir hören, möchte ich **Tribologie und Schmierungstechnik** weiter beziehen. Zum jährlichen Abo-Preis von € 179,- Inland bzw. € 189,- Ausland (inkl. Versandkosten). Die Rechnungsstellung erfolgt dann jährlich.
Das Jahresabonnement ist für ein Jahr gültig; die Kündigungsfrist beträgt sechs Wochen zum Jahresende.

Firma, Abteilung: _____ **Straße, Nr.:** _____

Name, Vorname: _____ **PLZ, Ort:** _____

Ort/Datum, Unterschrift:
(ggf. Firmenstempel)

Coupon an: expert verlag, Abonnementen-Service, Postfach 2020, 71268 Renningen
oder per Fax an: **(0 71 59) 92 65-20**