

Auswahl von Schmierstoffen für Zahnradgetriebe Schmieröle

DIN
51 509
Teil 1

Selection of lubricants for gears; gear lubricating oils
Sélection de lubrifiants pour engrenages; huiles à engrenages

Ersatz für DIN 51 509

1 Anwendungsbereich

DIN 51 509 Teil 1 erfaßt Schmieröle ohne und mit verschleißverringenden Wirkstoffen.

Der Schwerpunkt dieser Norm liegt nicht in der Auswahl von Ölen für Kraftfahrzeuggetriebe.

Synthetische Schmierstoffe werden von dieser Norm nicht erfaßt.

Ein Folgeteil zu DIN 51 509 Teil 1 mit einer Auswahl von Getriebefetten und Haftschnierstoffen ist z. Z. in Vorbereitung.

2 Zweck

Diese Norm gibt Richtwerte, Kriterien und Hinweise zur Auswahl von Schmierstoffen für Wälzgetriebe (Stirnradgetriebe, Kegelradgetriebe ohne Achsversetzung) und Schraubwälzgetriebe (Schneckengetriebe und achsversetzte Kegelradgetriebe, z. B. Hypoidradgetriebe, Schraubengetriebe), siehe DIN 868¹⁾.

3 Abgrenzung der Anwendungsbereiche für Schmieröle, Getriebefette und Haftschnierstoffe

3.1 Grundsätzliches

Entscheidend für die Wahl der Schmierstoffart sind die Umfangsgeschwindigkeit der Getrieberäder, übertragene Leistung, Konstruktion sowie Konzeption (z. B. ausgelegt auf Zeit- oder Dauerfestigkeit) des Getriebes. Bei zweistufigen Getrieben sind die Betriebsverhältnisse der Endstufe zugrunde zu legen. Bei dreistufigen Getrieben ist ein Mittelwert der für die zweite und dritte Stufe erforderlichen kinematischen Nennviskosität zu bilden. Bei mehrstufigen Getrieben ist entsprechend zu verfahren.

Ein flüssiger Schmierstoff ist vorzuziehen.

Nur bei bestimmten konstruktiven Gegebenheiten wie etwa offenen Getrieben oder geschlossenen, aber nicht öldichten Getrieben sind unter Beachtung der unten angegebenen Richtwerte für die Umfangsgeschwindigkeit Getriebefette oder Haftschnierstoffe einzusetzen.

3.2 Richtwerte für den Einsatz verschiedener Schmierstoffarten in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit

Die folgenden genannten Richtwerte können bei Anwendung besonderer Maßnahmen überschritten werden. Hierzu gehören z. B. Kühlvorrichtungen und zweckmäßige Gehäusegestaltungen.

3.2.1 Stirnradgetriebe und Kegelradgetriebe ohne Achsversetzung

Umfangsgeschwindigkeit bis 1 m/s:

Haftschnierstoffe (Sprüh- oder Auftragsschnierung)

Umfangsgeschwindigkeit bis 4 m/s:

Getriebefette (Tauchschnierung) und Haftschnierstoffe (Sprühschnierung)

Umfangsgeschwindigkeit bis 15 m/s:

Schnieröle (Tauchschnierung)

Umfangsgeschwindigkeit über 15 m/s:

Schnieröle (Spritzschnierung)

3.2.2 Schneckengetriebe

3.2.2.1 Schnecke eintauchend

Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke bis 4 m/s:

Getriebefette (Tauchschnierung)

Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke bis 10 m/s:

Schnieröle (Tauchschnierung)

Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke über 10 m/s:

Schnieröle (Spritzschnierung in Eingriffsrichtung)

3.2.2.2 Nur Schneckenrad eintauchend

Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke bis 1 m/s:

Getriebefette (Tauchschnierung)

Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke bis 4 m/s:

Schnieröle (Tauchschnierung)

Umfangsgeschwindigkeit der Schnecke über 4 m/s:

Schnieröle (Spritzschnierung in Eingriffsrichtung)

4 Ermittlung der erforderlichen Viskosität bei der Anwendung von Schnierölen

Bei der Wahl der erforderlichen Getriebeölviskosität ist zwischen Stirnrad- und Kegelradgetrieben einerseits sowie Schneckengetrieben andererseits zu unterscheiden. Richtwerte für die kinematische Nennviskosität in mm²/s bei 40°C (bzw. 50°C) in Abhängigkeit von einem Kraft-Geschwindigkeits-Faktor geben Bild 1 und Bild 2, die auf praktischen Erfahrungen beruhen. Sie gelten für eine angenommene Umgebungstemperatur von etwa 20°C.

¹⁾ Beabsichtigte Neufassung

Fortsetzung Seite 2 bis 5
Erläuterungen Seite 5 und 6

Fachnormenausschuß Materialprüfung (FNM) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Fachausschuß Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des FNM
Ausschuß Verzahnung (AV) im DIN

Documents

4.1 Höhere Werte für die kinematische Nennviskosität werden unter den folgenden Bedingungen erforderlich:

- Wenn die Umgebungstemperatur ständig über 25 °C liegt.
Die erforderliche Viskositätserhöhung beträgt etwa 10 % je 10 °C Temperaturerhöhung.
- Stoßbeanspruchungen und kurzzeitige Überbeanspruchungen sind bei der Berechnung der Stribeckschen Wälzpressung zu berücksichtigen.
- Wenn die Zahnradpaarungen aus ähnlich zusammengesetzten Stählen oder aus Cr-Ni-Stahl (eine Ausnahme machen hier oberflächengehärtete oder nitrierte Stähle) bestehen, ist die kinematische Nennviskosität um 35 % zu erhöhen.
- Bei freibempefindlichen Zahnradpaarungen (geringe oder fehlende elastohydrodynamische Tragdruckbildung), wenn keine Schmierstoffe mit verschleißverringenden Wirkstoffen eingesetzt werden können.

4.2 Niedrigere Werte für die kinematische Nennviskosität können in folgenden Fällen erforderlich sein bzw. ermöglicht werden:

- Wenn die Umgebungstemperatur ständig unter 10 °C liegt. Die Viskositätssenkung beträgt etwa 10 % je 3 °C.
- Wenn die Zahnflanken phosphatiert, sulfuriert oder verkupfert sind, ist eine Viskositätssenkung bis zu 25 % möglich.

4.3 Berechnungsbeispiele

(Siehe auch DIN 3990)

4.3.1 Ermittlung der kinematischen Nennviskosität für ein Stirnradgetriebe

Zahnbreite $b = 20 \text{ mm}$
 (Wälz-)Teilkreisdurchmesser $d_1 = 73 \text{ mm}$
 (Nenn-)Umfangskraft $F_t = 2800 \text{ N}$
 Umfangsgeschwindigkeit am Teilkreis $v = 8,3 \text{ m/s}$
 Zähnezahlnverhältnis z_2/z_1 $u = 1,5$

Stribecksche Wälzpressung: $k_s = \frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \cdot Z_H^2 \cdot Z_e^2$

Für diese überschlägige Berechnung der Stribeckschen Wälzpressung ist das Produkt der Quadrate des Flankenformfaktors Z_H und des Überdeckungsfaktors Z_e $Z_H^2 \cdot Z_e^2 = 3$ zu setzen.

$$k_s = \frac{2800}{20 \cdot 73} \cdot \frac{1,5+1}{1,5} \cdot 3 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm} \cdot \text{mm}} = 9,59 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kraft-Geschwindigkeits-Faktor:

$$\frac{k_s}{v} = \frac{9,59}{8,3} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{mm}^2 \cdot \text{m}} = 1,16 \text{ MPa s m}^{-1/2}$$

Mit dem errechneten Kraft-Geschwindigkeits-Faktor läßt sich aus Bild 1 die erforderliche kinematische Nennviskosität ermitteln. Für dieses Beispiel beträgt die kinematische Nennviskosität 206 mm²/s bei 40 °C.

Für die Berechnung der Hertzschen Pressung gilt für die Materialpaarung Stahl/Stahl:

$$\sigma_H = 268,4 \cdot \sqrt{k_s}$$

4.3.2 Ermittlung der kinematischen Nennviskosität für ein Schneckengetriebe

Ausgangsdrehmoment $M_2 = 1000 \text{ Nm}$
 Achsabstand $a = 0,125 \text{ m}$
 Schneckendrehzahl $n_s = 1000 \text{ min}^{-1}$

Kraft-Geschwindigkeits-Faktor:

$$\frac{k_s}{v} = \frac{M_2}{a^3 \cdot n_s} = \frac{1000}{0,125^3 \cdot 1000} \frac{\text{N m}}{\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}} = 512 \frac{\text{N} \cdot \text{min}}{\text{m}^2}$$

Mit dem errechneten Kraft-Geschwindigkeits-Faktor ergibt sich aus Bild 2 für die erforderliche kinematische Nennviskosität ein Wert von 362 mm²/s bei 40 °C.

5 Abgrenzung der Anwendungsbereiche für Schmieröle ohne und mit verschleißverringenden Wirkstoffen

Da alle Getriebe entsprechend den unterschiedlichen Beanspruchungskenngrößen³⁾ und den Betriebsfaktoren⁴⁾ auf Dauer- oder auf Zeitfestigkeit ausgelegt werden, ist es unzulässig, nur die Zahnkräfte bzw. die Stribeckschen Wälzpressungen – etwa oberhalb ihrer jeweiligen Grenzwerte für die Zahnfuß- und Wälzfestigkeit⁵⁾ – sowie die Freß-Tragfähigkeit⁶⁾ als alleiniges Kriterium für die Schmierstoffauswahl anzusehen.

Vor allem bei dauerfesten und definiert überlastbaren Verzahnungen sind die Anforderungen an das Getriebeöl weitgehend von der Konstruktion (außer durch die Verzahnungsdaten und damit durch das Verhältnis von maximaler Gleitgeschwindigkeit zu Wälzgeschwindigkeit definiert), von der Fertigungsgüte und von zusätzlichen Betriebseinflüssen, z. B. von dem mit dem gleichen Schmierstoff zu versorgenden Reibkupplungen, abhängig.

5.1 Wälzgetriebe (Stirnradgetriebe und Kegelradgetriebe ohne Achsversetzung)

5.1.1 Schmieröle ohne verschleißverringende Wirkstoffe für alle vergüteten, auf Dauerfestigkeit ausgelegten Verzahnungen mit einer Stribeckschen Wälzpressung von unter 7,5 MPa im Bereich nachfolgender Kenndaten:

Verzahnungsqualität nach DIN 3962 = 8

Eingriffswinkel

im Normalschnitt am Teilzylinder $\alpha_n = 20^\circ$

Profilüberdeckung $\varepsilon_\alpha = 1,3$

Profilverschiebungsfaktor:

x_1, x_2 nur positiv, möglichst $x_1 = x_2$.
 Wälzpunkt Mitte Eingriffsstrecke.
 Bei $x_1 \neq x_2$ können Schmieröle mit verschleißverringenden Zusätzen erforderlich werden.

Kopfrücknahme:

vorhanden

Sprungüberdeckung

$\varepsilon_\beta \geq 1,0$ (Schräg- oder Pfeilverzahnung)

Übersetzung je Stufe

$i < 8$

Verhältnis

maximale Gleitgeschwindigkeit zu Wälzgeschwindigkeit

$v_g/v < 0,3$

Flankenspiel, Richtungsfehler:

kleinste erreichbare Werte

2) SI-Einheit für Druck: N/m², Pascal (Pa); 1 N/m² = 1 Pa; 1 MPa = 1 N/mm²

3) Siehe auch DIN 3990.

4) Siehe auch VDI 2151 Teil 1 und Teil 2 (z. Z. noch Entwürfe).

5) Berechnung siehe: Niemann, G.: Maschinenelemente, Bd. 2 Getriebe, Berlin

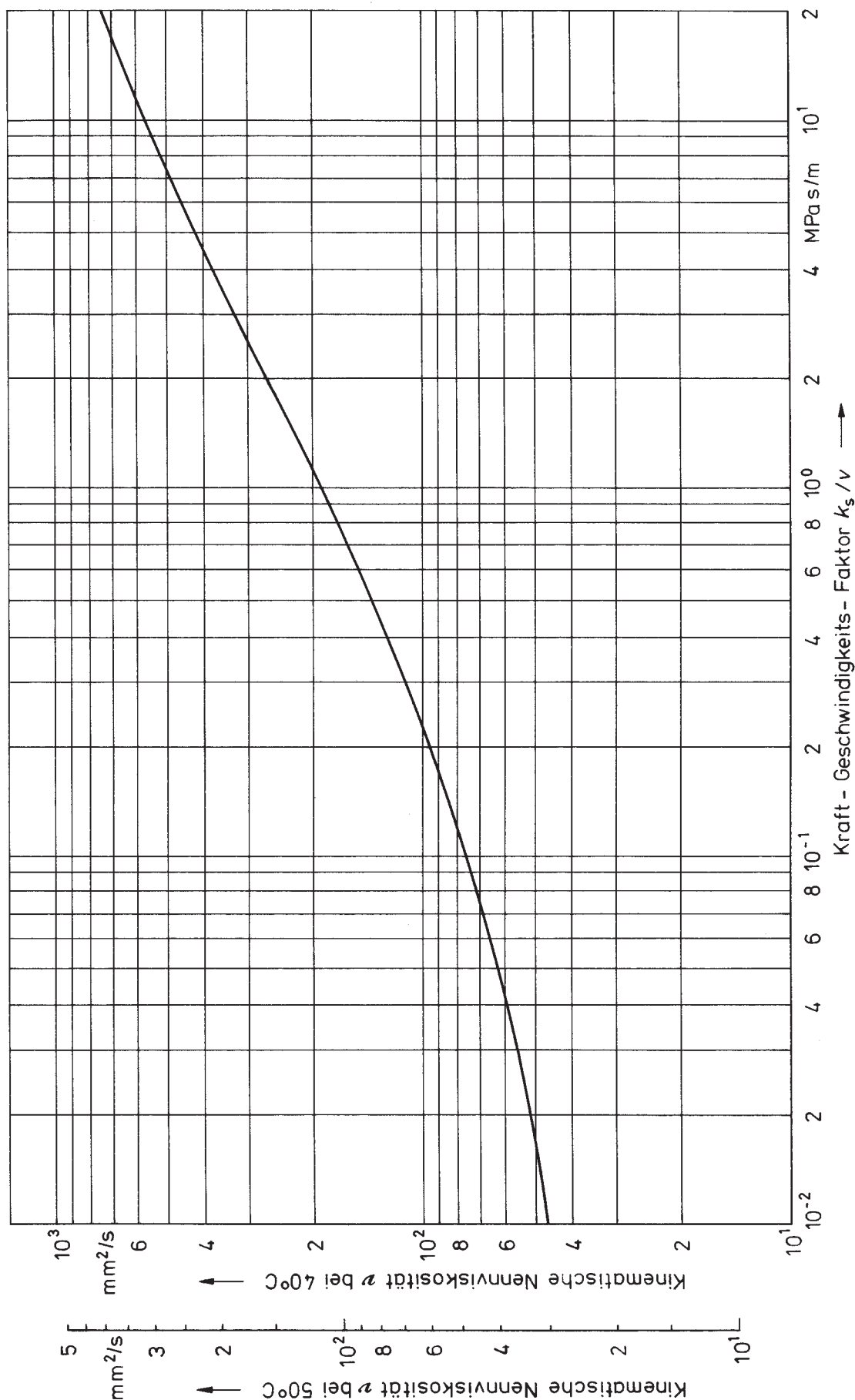


Bild1. Viskositätsauswahl für Kegelrad- und Stirnradgetriebe