Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Gesellschaft für Tribologie e.V., Moers, gestattet.

Inhalt

		Seite
1	**Tribotechnische Kenngrößen des Zahnrades**	3
1.1	Getriebearten und Formen des Reibkontaktes	3
1.2	Pressung und Geschwindigkeit	3
1.3	Reibung und Temperatur	5
1.4	Schmierungszustand	5
1.5	Schneckengetriebe	6
2	**Schmierstoffe**	7
2.1	Anwendungstechnische Eigenschaften	7
2.1.1	Viskosität	7
2.1.2	Physikalische Eigenschaften	13
2.1.3	Verträglichkeiten	13
2.1.4	Mischbarkeit	14
2.1.5	Hochtemperatur-Verhalten	14
2.1.6	Oxidations-/Alterungsverhalten	14
2.1.7	Schutz gegen Verschleiß und Fressen	15
2.1.8	Korrositionsschutz	16
2.2	Aufbau und Zusammensetzung von Schmierölen/Getriebeölen	16
2.2.1	Mineralöle	17
2.2.2	Synthetische Kohlenwasserstoffe	17
2.2.3	Polyalkylenglykole	18
2.2.4	Ester	18
2.2.5	Biologisch schnell abbaubare und Wasser nicht/gering gefährdende Schmierstoffe	19
2.3	Konsistente Schmierstoffe	20
2.3.1	Getriebefette	20
2.3.2	Haftschmierstoffe	20
2.4	Festschmierstoffe	21
3	**Zahnradschäden und ihre Beeinflussung durch den Schmierstoff**	22
3.1	Verschleiß	22
3.2	Fressen	22
3.3	Grauflecken	23
3.4	Grübchen	24
4	**Testverfahren**	25
4.1	Verschleißteste	25
4.2	Freßteste	25
4.3	Graufleckenteste	25
4.4	Grübchenteste	25
5	**Tribotechnische Berechnungen**	26
5.1	Reibungszahl und Verzahnungsverlustleistung	26
5.2	Massentemperatur und Kontakttemperatur	26
5.3	Elastohydrodynamische Schmierfilmdicke	26
5.3.1	Schmierfilmdicke im Zahnradeingriff	27
5.3.2	Einflußgrößen auf die Schmierfilmdicke	27
5.3.3	Bestimmung der erforderlichen Betriebsviskosität	27
5.3.4	Nennviskosität und ISO-VG	29
5.3.5	Synthetische Schmieröle	30
5.3.6	Erforderliche Viskosität für Schneckengetriebe	30
5.3.7	Zusammenfassung	31
5.3.8	Beispiele	32
6	**Konstruktive Hinweise zur Ölschmierung**	35
6.1	Tauchschmierung	35
6.2	Einspritzschmierung	37
7	**Instandhaltung**	39
7.1	Aufgaben der Instandhaltung	39
7.2	Inspektion	39
7.3	Ölveränderungen	40
7.3.1	Ölveränderung durch Betriebsbeanspruchung	40
7.3.2	Ölveränderung durch Fremdstoffe	40
7.4	Hinweise zur Inspektion und Wartung	40
7.5	Hinweise zur Gebrauchtölberwachung und -pflege	41
8	**Schrifttum**	42
8.1	Bücher und Zeitschriften	42
8.2	Normen und Arbeitsblätter	44
9	**Verzeichnisse**	45
9.1	Abkürzungen	45
9.2	Formelzeichen	46

Fortsetzung Seite 2 bis 47

Bei der Konstruktion von Zahnradgetrieben sind neben einer Vielzahl von Parametern die Geometrie der Zahnflanken, sowie die Schmierstoffe, deren Viskosität und Additivierung festzulegen. Ferner ist die Zuführung des Schmierstoffes zu den Zahnflanken und seine Dosierung, d. h. der Volumenstrom bzw. der Schmierstoffvorrat im Gehäuse im Hinblick auf die an das Getriebe gestellten Anforderungen zu optimieren. Dabei sind auch die durch den Schmierstoff bedingten, sogenannten hydraulischen Verluste, zu beachten.

Das GfT-Arbeitsblatt Nr. 5 „Zahnradschmierung" soll dem Getriebekonstrukteur Hinweise auf die Wechselbeziehungen zwischen Schmierstoff und Maschinenelement geben und ihm die Berechnung eines Zahnradantriebes erleichtern. Das Arbeitsblatt beschränkt sich auf Stirnradgetriebe, Schneckengetriebe und einige Sonderformen. Fahrzeuggetriebe sowie Lager und Lagerschmierung werden nicht behandelt, sondern bleiben einem späteren Arbeitsblatt vorbehalten.

Das Arbeitsblatt wurde erarbeitet von den GfT-Mitgliedern

Dipl.-Ing. P. Hainke, Köln

Dipl.-Ing. F. Hohlbaum, Hagen

Dr. F. J. Joachim, Friedrichshafen

Prof. Dr.-Ing. K. Langenbeck, Stuttgart

Dipl.-Ing. E. M. Laukotka, Hamburg

Dr.-Ing. K. Michaelis, München

Dr.-Ing. H. Rodermund, Schwedelbach

Dr.-Ing. G. Schmidt, Weilerbach

Dr.-Ing. M. Spilker, Eschweiler

Dr.rer.nat. F. Wunsch, München

1. Tribotechnische Kenngrößen des Zahnrades

1.1 Getriebearten und Formen des Reibkontaktes

Die wesentlichen tribologischen Anforderungen eines Zahnradkontaktes können am Beispiel der am häufigsten vertretenen Bauform, den Stirnrädern, aufgezeigt werden. Auf die Darstellung von Kegel- und Hypoidrädern sowie Schraubrädern wird hier verzichtet.

1.2 Pressung und Geschwindigkeit

Die tribologisch maßgeblichen Kenngrößen des Zahnradkontaktes sind die Belastung, die Roll- und die Gleitgeschwindigkeit. Für eine nicht profilkorrigierte Geradverzahnung kann man von einer statischen Lastverteilung entlang der Eingriffsstrecke entsprechend **Bild 1** ausgehen. Im Einzeleingriffsgebiet wird die volle Last über ein Zahnpaar übertragen, im Doppeleingriffsgebiet über zwei Zahnpaare. Der Übergang erfolgt auf-

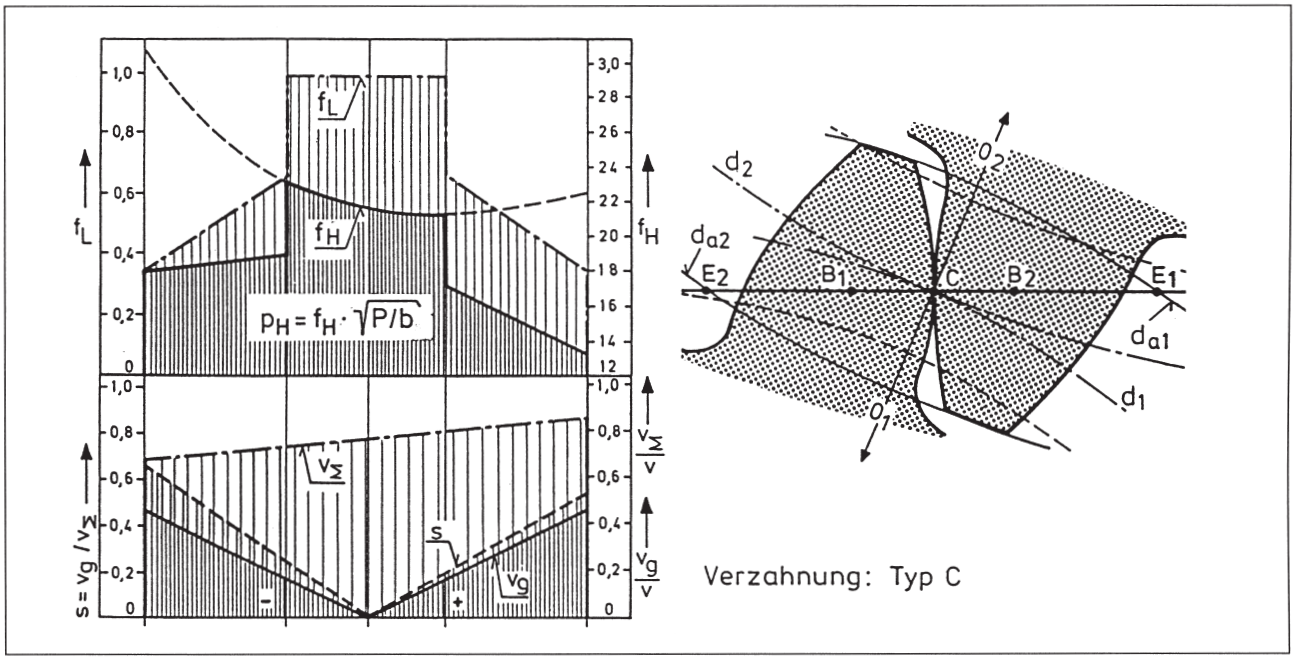


Bild 1: Last- und Geschwindigkeitsverteilung

grund der Elastizität der Zähne nicht sprunghaft. Für Schrägverzahnungen und für Verzahnungen mit Profilkorrekturen ergeben sich die entsprechenden Lastverteilungen über den Berührlinien. Der Zahneingriff stellt ein schwingungsfähiges System dar, das je nach Betriebsbereich eine von der statischen Lastverteilung abweichende dynamische Lastverteilung zeigt (**Bild 2**). Mit der örtlichen Last und dem örtlichen Ersatzkrümmungsradius

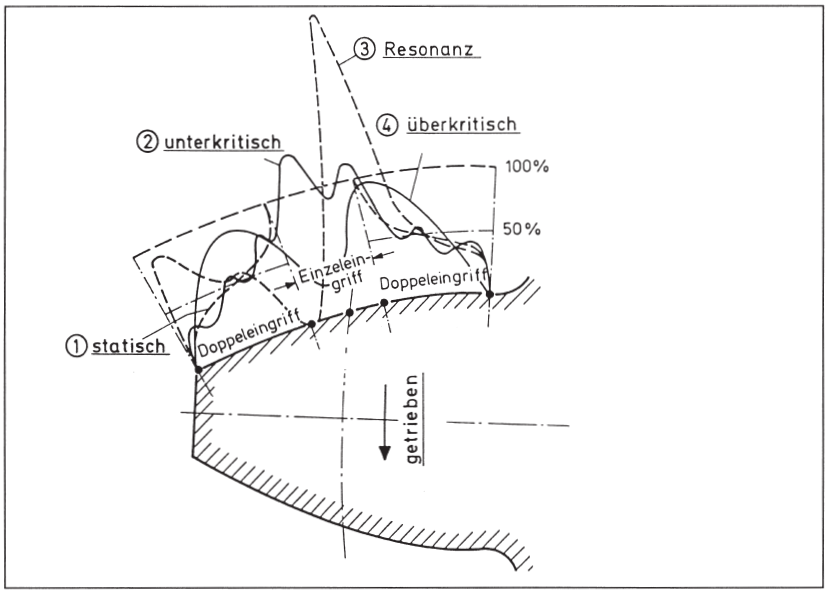


Bild 2:
Lastverteilung über dem Eingriff.