

FORSCHUNGSBERICHTE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Nr. 2242

**Herausgegeben im Auftrage des Ministerpräsidenten Heinz Kühn
vom Minister für Wissenschaft und Forschung Johannes Rau**

**Prof. Dr. -Ing. Dres. h. c. Herwart Opitz
Dr. -Ing. Dieter Wiener**

Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre
an der Rhein. -Westf. -Techn. Hochschule Aachen

**Lebensdaueruntersuchungen
an Kegelradgetrieben**



Westdeutscher Verlag Opladen 1972

ISBN-13: 978-3-531-02242-0 e-ISBN-13: 978-3-322-88319-3

DOI: 10.1007/978-3-322-88319-3

©1972 by Westdeutscher Verlag, Opladen

Gesamtherstellung: Westdeutscher Verlag

Inhalt

Verwendete Kurzzeichen	5
1. Einführung	9
2. Flankentragfähigkeit nichtballiger Kegelräder	10
2.1 Beschreibung des Verspannungsprüfstandes für Kegelräder	10
2.2 Versuchsdurchführung und -auswertung	12
2.3 Tragfähigkeitsuntersuchungen an nichtballigen Kegelrädern	14
2.4 Einfluß ungleichmäßiger Lastverteilung	15
3. Flankentragfähigkeit breitenballiger Kegelräder	18
3.1 Maximale Hertz'sche Pressung als Kennwert für die Tragfähigkeit von Kegelrädern	19
3.2 Ermittlung der Krümmungsradien von Kegelradzahn- flanken senkrecht zur Eingriffsfläche	22
3.3 Krümmungsradien in der Eingriffsfläche	25
3.3.1 Geradverzahnung	25
3.3.2 Schrägverzahnung	26
3.3.3 Kreisbogenverzahnung	27
3.3.4 Bogenverzahnung mit Epizykloiden als Flankenlinien ..	28
3.3.5 Bogenverzahnung mit Evolventen als Flankenlinien	31
3.4 Ermittlung der Tragbildbreiten	33
3.4.1 Berechnung der Tragbildbreiten	33
3.4.2 Experimentelle Ermittlung der Tragbildbreiten und Vergleich der berechneten und gemessenen Werte	35
3.5 Tragfähigkeit balliger Kegelräder	36
3.5.1 Einfluß der Breitenballigkeit auf die Flankentrag- fähigkeit und die Tragbildbreite	37
3.5.2 Einfluß des Schrägungswinkels auf die Flankentrag- fähigkeit von Kegelrädern	39
3.6 Lastaufteilung auf mehrere Zahnpaare bei balligen Kegelrädern	40
3.7 Rechnerische Bestimmung optimaler Breitenballig- keiten	42
3.7.1 Auslegung nach maximal zulässiger Hertz'scher Pressung	42
3.7.2 Bestimmung von Richtwerten für die Breiten- balligkeit	44
4. Zusammenfassung	49
Literaturverzeichnis	52
Abbildungen	53

Verwendete Kurzzeichen

a	Große Halbachse der Berührungsellipse	mm
\bar{a}	Kleine Halbachse der Berührungsellipse	mm
b	Verzahnungsbreite	mm
b_x	Tragbildbreite	mm
c	Kleinste Steifigkeit eines Zahnpaars bezogen auf die Radbreite	$\frac{kp}{mm}$ μm
C	Hilfsgröße zur Berechnung der Hertz'schen Pressung	
c_F	Hilfsfaktor zur Bestimmung des Lastverteilungsfaktors	
c_H	Hilfsgröße für die Hertz'schen Gleichungen	
d_o	Teilkreisdurchmesser	mm
d_{oE}	Teilkreisdurchmesser des Ersatzstirnrades	mm
d_{om}	Durchmesser des Teilkegels auf Verzahnungsmittle	mm
e	Verlagerung der Tragbildmitte aus der Zahnmitte	mm
E	Elliptisches Integral	
E_m	mittlerer Elastizitätsmodul	kp/mm^2
Ex	Balligkeitsexzentrizität bei der Zylo-Palloid-Verzahnung	mm
F	Flankenoberfläche	mm^2
f_A	Achsenschnittpunktsfehler	μm
f_H	Umfangskraft pro Radbreite im Teilkreis	kp/mm
f_a	Eingriffswinkelfehler	
f_β	Schrägungswinkelfehler	
g	Grundkreishalbmesser der Epizykloide	mm
g_{Ev}	Grundkreishalbmesser der Evolvente	mm
R	Teilkegellänge	mm
R_a	Äußere Teilkegellänge	mm
R_i	Innere Teilkegellänge	mm
R_m	Mittlere Teilkegellänge	mm
R_{tm}	Mittlere Rauhtiefe	μm
R_w	Werkzeugradius	mm

S 1	Summe der Hauptkrümmungen senkrecht zur Eingriffsfläche	mm^{-1}
S 2	Summe der Hauptkrümmungen in der Eingriffsfläche	mm^{-1}
u	Wälzwinkel	
v_u	Umfangsgeschwindigkeit auf Teilkegelmitte	m/sec
V_L	Verhältnis für die Lastaufteilung	
w	Krümmungshalbmesser der Zahnflanke auf der Einheitskugel	
y	Balligkeit	μm
Y_C	Wälzpunktfaktor nach DIN 3990	
Y_L	Zahnlängenfaktor nach DIN 3990	
Y_W	Werkstofffaktor nach DIN 3990	
z	Zähnezahl	
α	Erzeugungswinkel	
α'	Eingriffswinkel bei der Oktoide 1. Art	
α''	Eingriffswinkel bei der Oktoide 2. Art	
α_{on}	Eingriffswinkel im Normalschnitt	
α_{os}	Eingriffswinkel im Stirnschnitt	
β_o	Schrägungswinkel auf dem Teilkegel	
β_g	Schrägungswinkel auf dem Grundkegel	
β_m	Schrägungswinkel auf Verzahnungsmittle	
h	Große Halbachse der Schnittellipse Werkzeug-Eingriffsfläche	mm
\bar{h}	Kleine Halbachse der Schnittellipse Werkzeug-Eingriffsfläche	mm
i	Übersetzungsverhältnis	
k	Halbachsenverhältnis	
K	Elliptisches Integral	
K 10	Hilfsfaktor zur Bestimmung des Krümmungsradius bei Kreisbogenverzahnung	
l	Berührlinienlänge	mm
L_w	Lastwechselzahl	
m	Poissonsche Zahl	
m_n	Normalmodul	mm
m_s	Stirnmodul	mm
M_t	Torsionsmoment	kpm
p_c	Hertz'sche Pressung im Wälzpunkt bei nicht-balliger Verzahnung	kp/mm^2

P_N	Zahnnormalkraft	kp
P_u	Zahnkraft in Umfangsrichtung	kp
q_F	Lastverteilungsfaktor	
r	Krümmungsradius der Zahnflanke in der Eingriffsfläche	mm
r_{Ep}	Krümmungsradius einer Epizykloide	mm
r_{Ev}	Krümmungsradius einer Evolvente	mm
r_F	Krümmungsradius einer Zahnflanke senkrecht zur Eingriffsfläche	mm
r_{tc}	Krümmungshalbmesser einer Zahnflanke bei Geradverzahnung	mm
δ_C	Teilkegelwinkel	
δ_A	Achswinkel	
ϵ_P	Profilüberdeckung	
ϵ_S	Sprungüberdeckung	
ϵ_R	Überdeckungsbeiwert	
κ_F	Fußwinkel	
ν	Querzahl	
$\mu_{H^{\nu}H}$	Hilfsfaktoren nach Hertz	
$\rho_{i,k}$	Krümmungen	mm ⁻¹
σ_Z	maximale Hertz'sche Pressung bei breitenballiger Verzahnung	kp/mm ²
τ	Hilfswinkel nach Hertz	
Ψ	Winkel zwischen Berührlinie und Zahnmittellinie	
ω	Winkel zwischen zwei Hauptkrümmungsebenen	