

Begriffe und Bestimmungsgrößen für Kegelräder und Kegelradpaare

DIN
3971

Definitions on bevel gears and bevel gear pairs
Définitions pour roues et engrenages coniques

Mitgeltende Normen

- | | |
|-----------------|---|
| DIN 868 | Allgemeine Begriffe und Bestimmungsgrößen für Zahnräder, Zahnradpaare und Zahnradgetriebe |
| DIN 3998 Teil 3 | Benennungen an Zahnrädern und Zahnradpaaren; Kegelräder und Kegelradpaare, Hypoidräder und Hypoidradpaare |
| DIN 3999 | Kurzzeichen für Verzahnungen |
| DIN 7182 Teil 1 | Toleranzen und Passungen; Grundbegriffe |

Diese Norm enthält die Begriffe und Zeichen, die für Kegelräder und Kegelradpaare mit sich schneidenden Radachsen zur Anwendung kommen, und die Definitionen für die entsprechenden Bestimmungsgrößen.

Außerdem werden in den Abschnitten 5 und 8 einige Begriffe für Hypoidradpaare erläutert.

Die in DIN 868 enthaltenen Begriffe und Bestimmungsgrößen allgemeiner Art, die auch für Kegelräder und Kegelradpaare gelten, sind nur dann erläutert, wenn es im Hinblick auf einen geschlossenen Aufbau dieser Norm notwendig erscheint.

Neben den Begriffen und Bestimmungsgrößen für außenverzahnte Geradzahn-Kegelräder sind auch die entsprechenden Größen für Schrägzahn- und Bogenzahn-Kegelräder angegeben, wobei allerdings auf die besonderen Gegebenheiten der verschiedenen Herstellverfahren nicht eingegangen wird.

Fortsetzung Seite 2 bis 23
Erläuterungen Seite 24

Normenausschuß Antriebstechnik (NAN) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Zeichen, Benennungen, Einheiten . . .	3	4.2.1 Stirnzahndicke s_t , Normalzahndicke s_n	12
1.1 Zeichen und Benennungen	3	4.2.2 Lückenweite e_t	12
1.2 Zusätzliche Indizes	3	4.2.3 Zahndickensehne $\bar{s}_t$	12
1.3 Einheiten	4	4.2.4 Höhe $\bar{h}_a$ über der Sehne $\bar{s}_t$	13
2 Begriffe und Bestimmungsgrößen am Teilkegel	4	4.3 Bestimmungsgrößen für Zahnkopf und Zahnfuß	13
2.1 Teilkegel, Teilkegelwinkel δ	4	4.3.1 Zahnkopfhöhe h_a , Zahnfußhöhe h_f	13
2.2 Teilkreis, Teilkreisdurchmesser d	4	4.3.2 Kopfkreis, Kopfkreisdurchmesser d_a	13
2.3 Teilkreisebene	4	4.3.3 Fußkreis, Fußkreisdurchmesser d_f	13
2.4 Spitzenabstand R_y , Teilkegellänge R	4	4.4 Bestimmungsgrößen am Ergänzungskegel	13
2.4.1 Äußere Teilkegellänge R_e	6	4.4.1 Ergänzungskegel	13
2.4.2 Innere Teilkegellänge R_i	6	4.4.2 Rückenkegel	13
2.4.3 Mittlere Teilkegellänge R_m	6	4.4.3 Ersatz-Stirnradsverzahnung	13
2.5 Teilungswinkel und Teilungen	6	4.5 Bezugs-Stirnflächen	13
2.5.1 Stirn-Teilungswinkel τ	6	4.5.1 Einbaumaß t_B	13
2.5.2 Teilkreisteilung (Stirnteilung) p_t	6	4.5.2 Kopfkreisabstand t_E	14
2.5.3 Normalteilung p_n	6	4.5.3 Hilfsebenenabstand t_H	14
3 Begriffe und Bestimmungsgrößen am Bezugs-Planrad	7	5 Besondere Begriffe und Bestimmungsgrößen für ein Kegelradpaar (Hypoidradpaar)	14
3.1 Bezugs-Planrad, Gegenplanrad; Planrad-Teilebene	7	5.1 Achsenwinkel Σ	14
3.2 Planrad-Zähnezahl z_P	7	5.2 Achsversetzung a	14
3.3 Modul m	7	5.3 Stirnplanradpaar, Kronenrad	14
3.4 Bezugsprofil, Profilbezugslinie	7	5.4 Zugflanke, Schubflanke	15
3.4.1 Üblicherweise verwendetes Bezugsprofil	8	6 Abweichungen der Bestimmungsgrößen einer Kegelradverzahnung	15
3.4.2 Bezugsprofil mit Zahndickenänderung, Zahndickenänderungsfaktor x_s	8	6.1 Kreisteilungsabweichungen	15
3.4.3 Bezugsprofil mit Zahnhöhenänderung	8	6.1.1 Teilungs-Einzelabweichungen f_p	16
3.4.4 Profilverschiebung, Profilverschiebungsfaktor x_h	8	6.1.2 Teilungs-Spannenabweichungen (Teilungs-Summenabweichungen) F_{pk}	16
3.5 Größen in der Planrad-Teilebene	10	6.1.3 Teilungs-Gesamtabweichung F_p	16
3.5.1 Planrad-Teilkreis, Planrad-Halbmesser R_P	10	6.1.4 Teilungsschwankung R_p	16
3.5.2 Planrad-Teilungswinkel τ_P	10	6.1.5 Teilungssprung f_u	16
3.5.3 Zahndicken-Halbwinkel ψ_P (bei einem Geradzahn-Kegelrad)	10	6.2 Flankenabweichungen	16
3.5.4 Zahnlücken-Halbwinkel η_P (bei einem Geradzahn-Kegelrad)	11	6.2.1 Abweichungen des Stirnprofils	16
3.5.5 Bezugsflankenlinien, Teilflankenlinien	11	6.2.2 Abweichungen der Flankenlinien	16
3.5.6 Schrägungswinkel (Spiralwinkel) β , rechtssteigende und linkssteigende Verzahnung	11	6.3 Rundlaufabweichung F_r , Taumeln der Verzahnung	17
3.5.7 Zahnbreite b	11	6.4 Zahndickenschwankung R_s	18
3.6 Kopfmantelfläche und Fußmantelfläche, Kopfkegel und Fußkegel	11	6.5 Flankenspielschwankung R_j	18
3.6.1 Kopfkegelwinkel δ_a , Kopfwinkel ϑ_a	11	7 Wälzabweichungen	18
3.6.2 Fußkegelwinkel δ_f , Fußwinkel ϑ_f	11	7.1 Einflanken-Wälzabweichung F'_i	19
3.6.3 Kegelräder mit sich verjüngender Zahnhöhe	11	7.2 Wälz-Summenteilungsabweichung F'_p	19
3.6.4 Kegelräder mit konstanter Zahnhöhe	12	7.3 Wälz-Einzelabweichung f'_p	19
4 Zusätzliche Begriffe und Bestimmungsgrößen an einem Kegelrad	12	7.4 Einflanken-Wälzsprung f'_i	19
4.1 Bestimmungsgrößen für das Zahnprofil	12	8 Lageabweichungen und Abmaße für ein Radpaar	19
4.1.1 Profilwinkel α_y	12	8.1 Achsenwinkelabweichung f_Σ , Achsenwinkelabmaß A_Σ	20
4.1.2 Eingriffswinkel α	12	8.2 Achsenschnittpunktabweichung (Achsversetzungsabweichung) f_a , Achsenschnittpunktabmaß (Achsversetzungsabmaß) A_a	20
4.2 Bestimmungsgrößen für den Zahnflankenabstand	12	8.3 Tragbild	20
		Stichwortverzeichnis	22

1 Zeichen, Benennungen, Einheiten

In dieser Norm werden die folgenden Zeichen und Benennungen bzw. Indizes benutzt:

1.1 Zeichen und Benennungen

a	Achsversetzung
b	Zahnbreite
c	Kopfspiel
d	Teilkreisdurchmesser
d_a	Kopfkreisdurchmesser
d_f	Fußkreisdurchmesser
d_v	Teilkreisdurchmesser der Ersatz-Stirnradverzahnung
d_{va}	Kopfkreisdurchmesser der Ersatz-Stirnradverzahnung
d_{vb}	Grundkreisdurchmesser der Ersatz-Stirnradverzahnung
d_{vf}	Fußkreisdurchmesser der Ersatz-Stirnradverzahnung
e_t	Lückenweite auf dem Teilkreis
f_a	Achsenschnittpunktabweichung
f_f	Profil-Formabweichung
f'_i	Einflanken-Wälzsprung
f_p	Teilungs-Einzelabweichung
f'_p	Wälz-Einzelabweichung
f_u	Teilungssprung
$f_{H\alpha}$	Profil-Winkelabweichung
$f_{H\beta}$	Flankenlinien-Winkelabweichung
f_α	Eingriffswinkelabweichung
f_β	Schrägungswinkelabweichung (Spiralwinkelabweichung)
$f_{\beta f}$	Flankenlinien-Formabweichung
f_Σ	Achsenwinkelabweichung
h	Zahnhöhe (zwischen Kopflinie und Fußlinie)
h_a	Zahnkopfhöhe
h_f	Zahnfußhöhe
$\bar{h}_a$	Höhe über der Zahndickensehne $\bar{s}_t$
k	Nummer oder Anzahl der Zähne oder Teilungen in einem Bereich
m	Modul
p	Teilung
r_v	Länge der Mantellinien des Ergänzungskegels bzw. Rückenkegels
s_n	Normalzahndicke
s_t	Stirnzahndicke
$\bar{s}_t$	Zahndickensehne
t_B	Einbaumaß
t_E	Kopfkreisabstand
t_H	Hilfsebenenabstand
u	Zähnezahlnverhältnis
x_h	Profilverschiebungsfaktor
x_s	Zahndickenänderungsfaktor
z	Zähnezahl
z_g	Grenzzähnezahl
z_v	Zähnezahl der Ersatz-Stirnradverzahnung

z_{vn}	Zähnezahl im Normalschnitt der Ersatz-Stirnradverzahnung
A	Abmaß
A_a	Achsenschnittpunktsabmaß
A_s	Zahndickenabmaß
A_Σ	Achsenwinkelabmaß
F_f	Profil-Gesamtabweichung
F'_i	Einflanken-Wälzabweichung
F_p	Teilungs-Gesamtabweichung
F_{pk}	Teilungs-Spannenabweichung, Teilungs-Summenabweichung
F'_p	Wälz-Summenteilungsabweichung
F_r	Rundlaufabweichung
R	Spitzenabstand, Teilkegellänge, Halbmesser
R	Schwankung
R_e	Äußere Teilkegellänge
R_i	Innere Teilkegellänge
R_j	Flankenspielschwankung
R_m	Mittlere Teilkegellänge
R_p	Teilungsschwankung
R_s	Zahndickenschwankung
R_P	Plastrad-Halbmesser
Y	Beliebiger Punkt auf der Zahnflanke
α	Eingriffswinkel, Profilwinkel
α_y	Profilwinkel am beliebigen Punkt Y
β	Schrägungswinkel (Spiralwinkel)
δ	Teilkegelwinkel
δ_a	Kopfkegelwinkel
δ_f	Fußkegelwinkel
δ_v	Ergänzungskegelwinkel
η	Zahnlücken-Halbwinkel
ϑ_a	Kopfwinkel
ϑ_f	Fußwinkel
ϱ	Krümmungsradius, Rundungsradius
τ	Stirn-Teilungswinkel
ψ	Zahndicken-Halbwinkel
Σ	Achsenwinkel

Weitere Kurzzeichen für Verzahnungen siehe DIN 3999.

Außerdem bestehen u. a. folgende Normen über Zeichen:

- DIN 1302 Mathematische Zeichen
- DIN 1304 Allgemeine Formelzeichen
- DIN 1313 Physikalische Größen und Gleichungen; Begriffe, Schreibweisen
- DIN 66 030 (z. Z. noch Entwurf) Darstellungen der Einheitenamen in Systemen mit beschränktem Schriftzeichenvorrat

1.2 Zusätzliche Indizes

Zu den im Abschnitt 1.1 genannten Zeichen können die folgenden zusätzlichen Indizes treten:

- a für den Zahnkopf bzw. Kopfkreis oder für den Achsabstand

- b für den Grundkreis einer Evolventenverzahnung
- e für die obere (äußere) Grenze einer Größe, für Größen am Rückenkegel (an der äußeren Teilkreis Kegellänge)
- f für den Zahnfuß bzw. Fußkreis
- i für die untere (innere) Grenze einer Größe, für Größen an der inneren Teilkreis Kegellänge
- m für einen Mittelwert, für Größen an der mittleren Teilkreis Kegellänge
- n für Größen an einem Normalschnitt
- t für Größen in einem Stirnschnitt oder in Tangentialrichtung
- v für ein virtuelles Ersatzstirnrad oder einen Ergänzungskegel
- y für einen beliebigen Flankenpunkt oder Spitzenabstand
- P für das Planrad oder Bezugsprofil
- 0 für Größen am erzeugenden Werkzeug
- 1 für Größen am kleineren Rad eines Radpaares
- 2 für Größen am größeren Rad eines Radpaares
- * zur Bezeichnung eines Faktors, mit dem eine Größe in Teilen oder Vielfachen des Normalmoduls oder der Zähnezahl ausgedrückt wird, oder eines Abmaßfaktors

1.3 Einheiten

Die folgenden Normen bzw. Richtlinien sind zu beachten:

DIN 1301 Teil 1 Einheiten; Einheitenennamen, Einheitenzeichen

DIN 1315 Winkel; Begriffe, Einheiten

VDE/VDI 2605 Kreisteilungen und ebene Winkel; Grundbegriffe für Winkelmaße, Winkelabmessungen, Winkelnormale und deren Fehler

Danach ist es zweckmäßig, die in dieser Norm behandelten Größen in den folgenden Einheiten anzugeben:

Modul und alle Längen in Millimeter (mm),
Längen-Abweichungen, -Abmaße und -Toleranzen in Mikrometer (μm),

Winkel, die zur Größenangabe dienen, in Grad ($^\circ$); dabei ist für das Rechnen mit Rechenanlage die dezimale Unterteilung des Grades vorteilhaft,

Winkel, die in Größengleichungen einzusetzen sind oder die sich aus solchen Gleichungen ergeben, in Radiant (rad),
Winkelabweichungen in Milliradian (mrad) oder in Mikroradian (μrad),

Winkelgeschwindigkeiten in Radiant durch Sekunde (rad/s),

Drehzahlen (Drehfrequenzen) in Eins durch Sekunde (1/s) (anstelle der bisher vorwiegend gebräuchlichen Einheit 1/min wird jetzt die Einheit 1/s benutzt, siehe DIN 1301 Teil 2).

Für die Winkleinheiten gelten folgende Beziehungen:

$$2\pi \text{ rad} = 360^\circ$$

$$1 \text{ rad} = 1 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

$$1 \text{ mrad} = 1 \frac{\text{mm}}{\text{m}} = 1 \frac{\mu\text{m}}{\text{mm}}$$

$$1 \mu\text{rad} = 1 \frac{\mu\text{m}}{\text{m}}$$

$$1 \text{ mrad} \approx 3,437 7' \approx 206,26'' \approx 200''$$

$$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad} \approx 1/57,295 780 \text{ rad} \approx 0,017 453 \text{ rad}$$

$$1' \approx 0,291 \text{ mrad} \approx 0,3 \text{ mrad}$$

$$1'' \approx 4,85 \mu\text{rad} \approx 5 \mu\text{rad}$$

$$0,001^\circ = 3,6'' \approx 17,45 \mu\text{rad}$$

Für Umrechnungen gilt:

$$\alpha \text{ in Grad} = \frac{180}{\pi} \cdot (\alpha \text{ in Radiant}) \approx 57,295 780 \cdot (\alpha \text{ in Radiant}).$$

In Systemen mit beschränktem Schriftzeichenvorrat (Fernschreiber, Datenverarbeitung) kann es vorkommen, daß bei Winkelangaben die Einheitenzeichen für Grad, Minute und Sekunde nicht durch die hochgesetzten Zeichen $^\circ$, $'$, $''$ wiedergegeben werden können. Für solche Fälle sind nach DIN 66 030 die folgenden Darstellungen der Einheitennamen vorgesehen:

deg oder DEG für Grad (Winkel)

mnt oder MNT für Minute (Winkel).

sec oder SEC für Sekunde (Winkel).

Als weitergehende Abkürzungen der Einheitenamen werden d, m, und s empfohlen, z. B. 17d27m27s.

2 Begriffe und Bestimmungsgrößen am Teilkegel

Alle Definitionen dieses Abschnittes beziehen sich auf das von Abmaßen und Abweichungen freie Kegelrad. Die Gleichungen gelten somit für die Nennmaße der Verzahnung.

Die Nennmaße einer Kegelradverzahnung sind eindeutig festgelegt durch
den Teilkegel und
die Verzahnung des Bezugs-Planrades,
gegebenenfalls die Profilverschiebung.

2.1 Teilkegel, Teilkegelwinkel δ

Der Teilkegel ist die Bezugsfläche (Teilfläche) für ein Kegelrad, siehe DIN 868. Seine Achse ist zugleich Führungsachse des Rades (Radachse).

Der Winkel zwischen der Radachse und einer Teilkegel-Mantellinie ist der Teilkegelwinkel δ . Sein Betrag errechnet sich nach Abschnitt 5.1.

2.2 Teilkreis, Teilkreisdurchmesser d

Teilkreis ist jeder zur Radachse senkrechte Schnitt durch den Teilkegelmantel. Sein Umfang ist gleich dem Produkt aus der Zähnezahl z und der Stirnteilung p_t , oder sein Durchmesser ist gleich dem Produkt aus der Zähnezahl z und dem Stirnmodul m_t :

$$d = z \cdot m_t \quad (1)$$

Der Betrag ändert sich mit dem Abstand von der Teilkegelspitze.

Für die Auslegung eines Kegelrades sind wichtig:

der äußere Teilkreisdurchmesser $d_e = z \cdot m_{te}$ (2)
in der Kegelrad-Stirnebene, die der Teilkegelspitze abgewandt ist;

der innere Teilkreisdurchmesser $d_i = z \cdot m_{ti}$ (3)
in der Kegelrad-Stirnebene, die der Teilkegelspitze zugewandt ist;

der mittlere Teilkreisdurchmesser $d_m = z \cdot m_{tm}$ (4)
in der mittleren Stirnebene des Kegelrades.

2.3 Teilkreisebene

Eine Teilkreisebene ist die durch einen Teilkreis bestimmte Ebene. Sie steht senkrecht zur Radachse, siehe Bilder 1 und 2.

2.4 Spitzenabstand R_y , Teilkegellänge R

Der Spitzenabstand R_y eines beliebigen Punktes einer Kegelradverzahnung ist sein Abstand von der Teilkegelspitze.

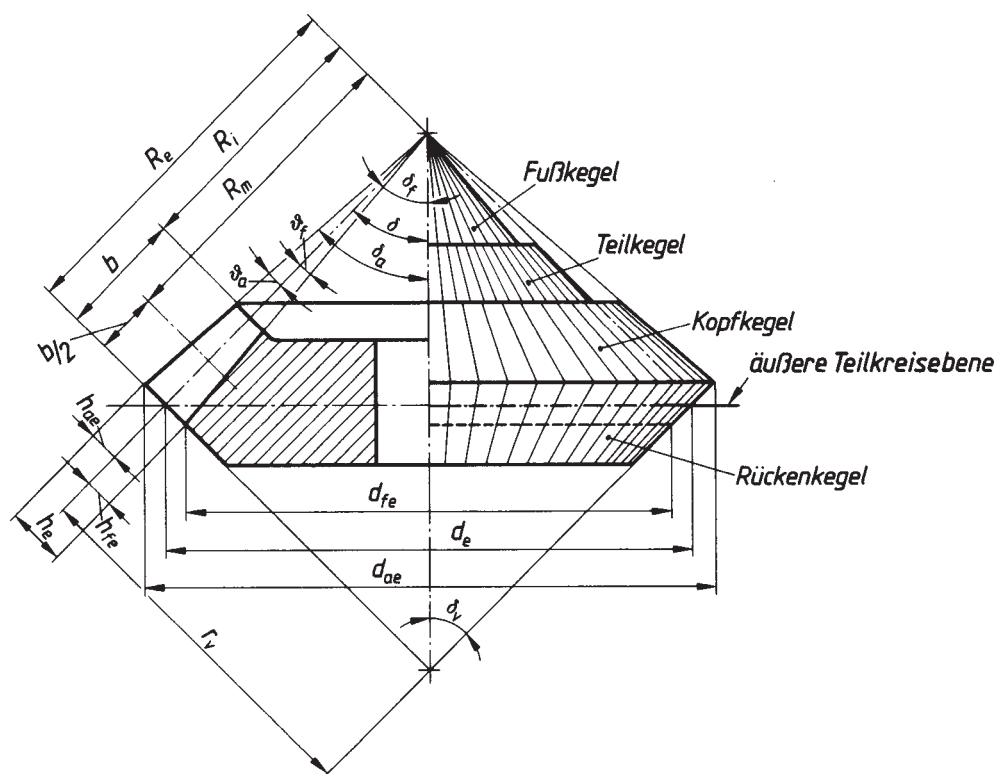


Bild 1. Bestimmungsgrößen am Fußkegel, Teilkegel, Kopfkegel und Rückenkegel, wenn Teilkegelspitze, Kopfkegelspitze und Fußkegelspitze zusammenfallen.

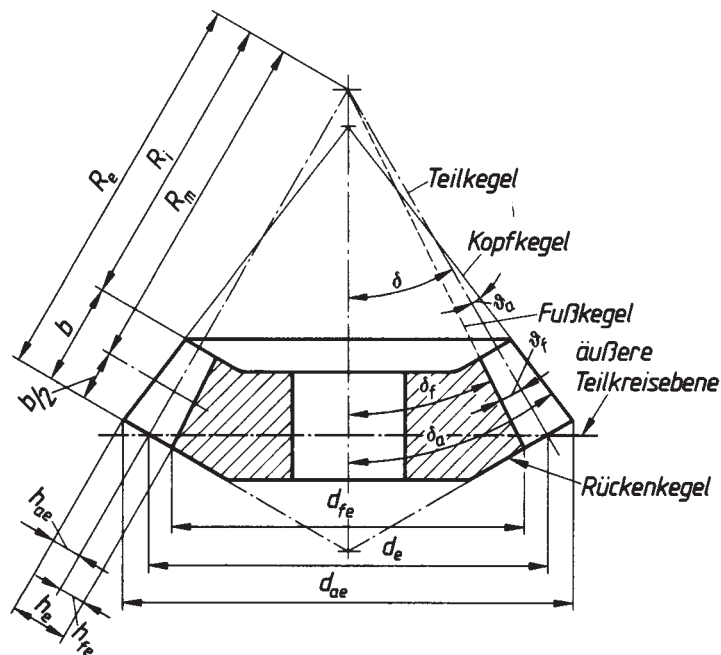


Bild 2. Bestimmungsgrößen am Fußkegel, Teilkegel, Kopfkegel und Rückenkegel, wenn die Kopfkegelspitze nicht mit der Teilkegelspitze und der Fußkegelspitze zusammenfällt.

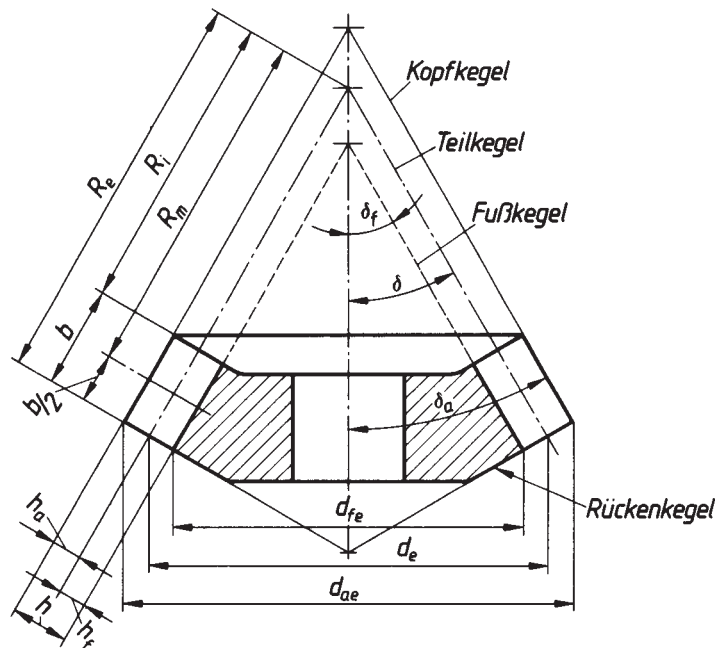


Bild 3. Bestimmungsgrößen am Fußkegel, Teilkegel, Kopfkegel und Rückenkegel, wenn in einem Axialschnitt die Mantellinien von Fuß-, Teil- und Kopfkegel parallel sind.

Die Teilkegellänge R ist der Spitzenabstand auf dem Teilkegel. Die einem gegebenen Teilkreis entsprechende Teilkegellänge ergibt sich aus

$$R = \frac{d}{2 \cdot \sin \delta} \quad (5)$$

Für Konstruktion und Fertigung sind folgende Teilkegellängen von Bedeutung:

2.4.1 Äußere Teilkegellänge R_e

Die äußere Teilkegellänge R_e ist die Länge der Mantellinien des vom äußeren Teilkreis begrenzten Teilkegels, siehe Bilder 1 bis 3.

$$R_e = \frac{d_e}{2 \cdot \sin \delta} = \frac{z \cdot m_{te}}{2 \cdot \sin \delta} \quad (6)$$

2.4.2 Innere Teilkegellänge R_i

Die innere Teilkegellänge R_i ist die Länge der Mantellinien des vom inneren Teilkreis begrenzten Teilkegels oder die um die Zahnbreite b verminderte äußere Teilkegellänge, siehe Bilder 1 bis 3.

$$R_i = \frac{d_i}{2 \cdot \sin \delta} = R_e - b \quad (7)$$

Zahnbreite b siehe Abschnitt 3.5.7.

2.4.3 Mittlere Teilkegellänge R_m

Die mittlere Teilkegellänge R_m ist die Länge der Mantellinien des vom mittleren Teilkreis begrenzten Teilkegels oder die um die halbe Zahnbreite b verminderte äußere Teilkegellänge, siehe Bilder 1 bis 3.

$$R_m = \frac{d_m}{2 \cdot \sin \delta} = \frac{z \cdot m_{mm}}{2 \cdot \sin \delta \cdot \cos \beta_m} = R_e - \frac{b}{2} \quad (8)$$

Schrägungswinkel (Spiralwinkel) β_m siehe Abschnitt 3.5.6.

2.5 Teilungswinkel und Teilungen

2.5.1 Stirn-Teilungswinkel τ

Der Stirn-Teilungswinkel τ ist der in einer beliebigen Teilkreisebene eines Kegelrades liegende Winkel, der aus der Teilung eines vollen Kreisumfangs in z gleiche Teile hervorgeht:

$$\tau = \frac{2 \cdot \pi}{z} \text{ in Radiant,} \quad (9)$$

$$\tau = \frac{360}{z} \text{ in Grad.} \quad (10)$$

2.5.2 Teilkreisteilung (Stirnteilung) p_t

Die Teilkreisteilung (Stirnteilung) p_t ist der Teilkreisbogen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Rechts- oder Linksflanken im Spitzenabstand R . Ihr Nennmaß ist

$$p_t = \frac{d}{2} \cdot \tau = \frac{d \cdot \pi}{z} = m_t \cdot \pi = \frac{m_n \cdot \pi}{\cos \beta}, \quad (11)$$

wobei der jeweilige Spitzenabstand R bzw. der Teilkreisdurchmesser d und der Schrägungswinkel β mit seinem Index anzugeben sind.

Schrägungswinkel (Spiralwinkel) β siehe Abschnitt 3.5.6.

2.5.3 Normalteilung p_n

Die Normalteilung p_n ist die Bogenlänge zwischen zwei aufeinanderfolgenden Rechts- oder Linksflanken auf dem Teilkegel im Normalschnitt der Verzahnung; sie wird so angegeben, daß der Spitzenabstand R in der Mitte der Teilung vorhanden ist.

$$p_n = p_t \cdot \cos \beta = m_n \cdot \pi \quad (12)$$

3 Begriffe und Bestimmungsgrößen am Bezugs-Planrad

Alle Definitionen dieses Abschnittes beziehen sich auf das von Abmaßen und Abweichungen freie Bezugs-Planrad. Die Gleichungen gelten somit für die Nennmaße der Verzahnung.

3.1 Bezugs-Planrad, Gegenplanrad; Planrad-Teilebene

Das Bezugs-Planrad ist das Kegelplanrad (siehe DIN 868), das bei der Paarung mit einem Gegenrad anstelle des betrachteten Kegelrades treten könnte.

Dasjenige Kegelradpaar, das mit dem betrachteten Kegelrad ein Außenradpaar (siehe DIN 868) ergibt, ist das Gegenplanrad.

Das Bezugs-Planrad entsteht aus der Kegelradverzahnung dadurch, daß der Teilkegelwinkel auf $\delta_P = 90^\circ$ anwächst, siehe Bild 4.

Der Teilkegel des Kegelrades geht dabei in die zur Radachse senkrechte Planrad-Teilebene über. Dadurch vereinfacht sich die Kegelradverzahnung. Im allgemeinen hat dann jeder Normalschnitt durch einen Planradzahn gerade Flanken.

Das Bezugs-Planrad ist gekennzeichnet durch die Planrad-Zähnezahl z_P , den Modul m_P , das Bezugsprofil, die Größen in der Planrad-Teilebene und die Kopf- und Fußmantelfläche.

3.2 Planrad-Zähnezahl z_P

Die Planrad-Zähnezahl z_P ergibt sich aus der Zähnezahl z und dem Teilkegelwinkel δ des Kegelrades nach der Gleichung

$$z_P = \frac{z}{\sin \delta} \quad (13)$$

Sie ist eine Rechengröße und im allgemeinen nicht ganzzahlig.

3.3 Modul m

Der Modul m ist die Basisgröße für die Längenmaße einer Kegelradverzahnung. Er wird für eine bestimmte Teilke-

gellänge angegeben, gegebenenfalls unterschieden nach Stirnmodul m_t und Normalmodul m_n .

Als Nenngrößen sind gebräuchlich

der Stirnmodul m_{te} an der äußeren Teilkegellänge R_e , oder

der Normalmodul m_{nm} an der mittleren Teilkegellänge R_m .

Für Größen am Bezugs-Planrad kann anstelle eines Stirnmoduls oder eines Normalmoduls der Modul m_P des Bezugsprofils eingesetzt werden.

3.4 Bezugsprofil, Profilbezugslinie

Das Bezugsprofil einer Kegelradverzahnung ist der im Spitzenabstand R_P gelegte Schnitt durch die zugehörige Planradverzahnung. Je nach Herstellverfahren wird der ebene Normalschnitt durch einen Planradzahn oder ein zur Planradachse zylindrischer Schnitt von Halbmesser R_P zugrundegelegt, der dann in eine Ebene abgewickelt wird, siehe Abschnitte 3.6.3 und 3.6.4.

Die Maße am Bezugsprofil gehen aus dem Modul m_P hervor und werden auf die Profilbezugslinie bezogen. Auf dieser Linie werden die Teilung p_P , die Zahndicke s_P und die Lückenweite e_P des Bezugsprofils festgelegt. Die Flanken des Bezugsprofils schließen mit den Normalen zur Profilbezugslinie den Profilwinkel α_P ein.

Die geradflankigen Bezugsprofile dieser Norm ergeben Kegelräder mit Oktoidenverzahnung; diese ist nach der achtförmigen Kurve benannt, die als vollständige Eingriffslinie auf der Kugelfläche vom Halbmesser R_P entsteht; siehe Bild 5. Oktoidenverzahnungen erster Art erfüllen das Verzahnungsgesetz exakt, wenn die Teilkegel der Räder zugleich die Wälzkegel des Radpaares sind.

In den Abschnitten 3 und 4 werden daher nur solche Kegelradpaare behandelt, bei denen Teilkegel und Wälzkegel zusammenfallen.

Im Gegensatz zur Oktoidenverzahnung hat die Kugelvoluten-Verzahnung als Eingriffslinie einen Kreis auf der Kugel vom Halbmesser R_P , der mit dem Planrad-Teilkreis den Eingriffswinkel α einschließt, siehe Bild 6. Das Planrad der Kugelvoluten-Verzahnung hat im Fußteil konvexe, im Kopfteil konkave Zahnflanken.

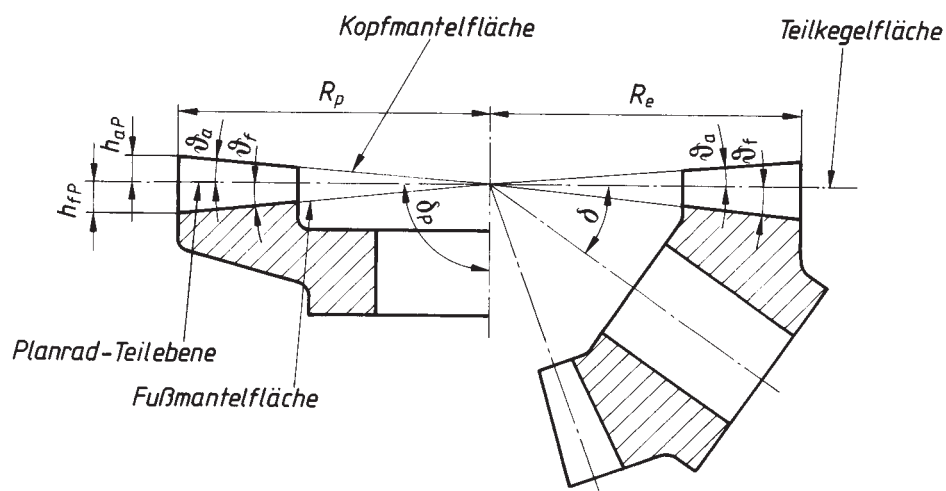


Bild 4. Kegelrad und Bezugs-Planrad

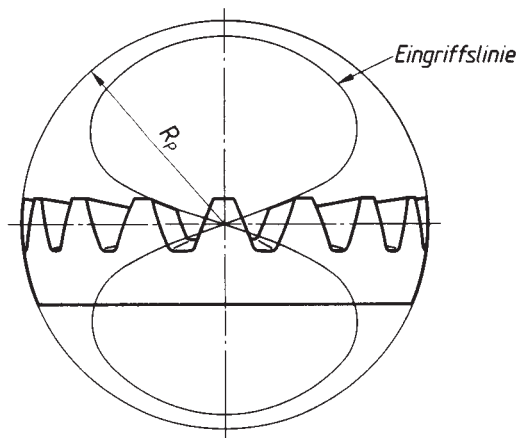


Bild 5. Planrad mit Oktoidenverzahnung

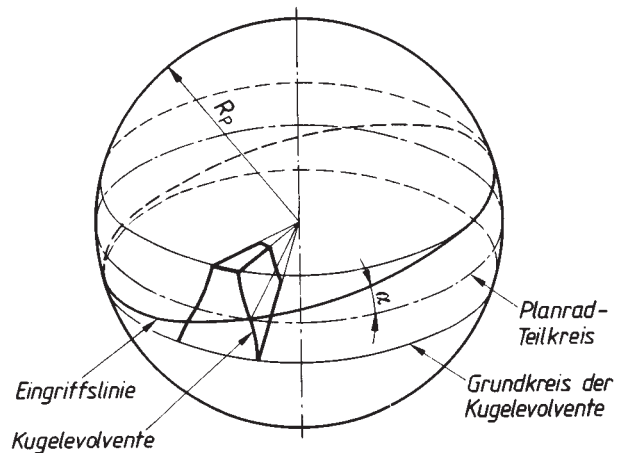


Bild 6. Kugelevolventen-Verzahnung

3.4.1 Üblicherweise verwendetes Bezugsprofil

Das üblicherweise verwendete Bezugsprofil für Kegelräder entspricht dem Bezugsprofil für Stirnräder mit Evolventenverzahnung nach DIN 867, siehe Bild 7.

Die Profilbezugslinie nach DIN 867 befindet sich in der Planrad-Teilebene, wenn keine Profilverschiebung vorliegt.

Anmerkung: Bei der Erzeugung von Kegelrädern werden bei den meisten Herstellverfahren für die Rechts- und Linksflanken getrennte Werkzeuge benutzt, die unabhängig voneinander eingestellt werden können. Solche Kegelräder brauchen daher nicht mit einem Bezugsprofil, bei dem das Nennmaß der Zahndicke gleich dem der Lückenweite gleich der halben Teilung ist, hergestellt zu werden; ihr Bezugsprofil kann Zahndicken- und/oder Zahnhöhenänderungen nach den Abschnitten 3.4.2 und 3.4.3 haben. Diese Änderungen können unabhängig voneinander festgelegt werden, siehe Bilder 8 und 9. Sie werden vorgenommen, um die Tragfähigkeit oder die Laufverhältnisse der Verzahnungen zu verbessern oder um Unterschnitt an den Zähnen von Kegelrädern mit kleiner Zähnezahl zu vermeiden.

3.4.2 Bezugsprofil mit Zahndickenänderung, Zahndickenänderungsfaktor x_s

Bei einem Bezugsprofil mit Zahndickenänderung ist die Zahndicke auf der Profilbezugslinie um den Betrag $2 \cdot x_s \cdot m_P$ größer (bei positiver Zahndickenänderung) als die Zahndicke des Bezugsprofils nach Abschnitt 3.4.1.

Die Zahndicke beträgt somit

$$s_P = \frac{m_P \cdot \pi}{2} + 2 \cdot x_s \cdot m_P \quad (14)$$

die Lückenweite

$$e_P = \frac{m_P \cdot \pi}{2} - 2 \cdot x_s \cdot m_P \quad (15)$$

siehe Bild 8. Bei den Gleichungen (14) und (15) ist das Vorzeichen des Zahndickenänderungsfaktors x_s zu beachten.

Die Zahnkopf- und Zahnfußhöhe können gleich den entsprechenden Größen nach Abschnitt 3.4.1 sein, oder sie können gemäß Abschnitt 3.4.3 festgelegt werden.

3.4.3 Bezugsprofil mit Zahnhöhenänderung

Bei einem Bezugsprofil mit Zahnhöhenänderung sind die von der Profilbezugslinie aus anzugebende Zahnkopfhöhe h_{aP} und die Zahnfußhöhe h_{fP} (unabhängig voneinander oder gemeinsam) größer oder kleiner als die entsprechenden Größen nach Abschnitt 3.4.1. Es sind

die Zahnkopfhöhe

$$h_{aP} = h_{aP}^* \cdot m_P, \quad (16)$$

die Zahnfußhöhe

$$h_{fP} = h_{fP}^* \cdot m_P \quad (17)$$

und die Zahnhöhe

$$h_P = (h_{aP}^* + h_{fP}^*) \cdot m_P, \quad (18)$$

wobei $h_{aP}^* \geq 1$ und $h_{fP}^* = h_P^* - h_{aP}^*$ ist, siehe Bild 9.

3.4.4 Profilverschiebung, Profilverschiebungsfaktor x_h

Wird ein Bezugsprofil nach DIN 867 benutzt und liegt die Profilbezugslinie nicht in der Planrad-Teilebene, dann spricht man von Profilverschiebung. Der Abstand der Profilbezugslinie von der Planrad-Teilebene ist die Profilverschiebung, deren Größe mit dem Profilverschiebungsfaktor x_h in Teilen des Moduls m_P ausgedrückt wird:

Profilverschiebung = $x_h \cdot m_P$.

Der Faktor x_h ist positiv, wenn die Profilbezugslinie oberhalb der Planrad-Teilebene (beim Kegelrad: außerhalb der Teilkegelfläche) liegt; er ist negativ, wenn sie unterhalb der Planrad-Teilebene (beim Kegelrad: innerhalb der Teilkegelfläche) liegt, siehe Bilder 10 und 11.