

Stirnradgetriebe der Feinwerktechnik

Getriebepassungsauswahl, Toleranzen, Abmaße

DIN
58 405
Blatt 2

Spur gear drives for fine mechanics; selection of fits, tolerances, permissible deviations

Engrenages cylindriques pour la mécanique de précision; sélection des ajustements, tolérances, cotes limites

Die Verweise auf die anderen Blätter dieser Norm beziehen sich auf die Ausgaben Mai 1972.

1. Getriebepassungsauswahl

1.1. Richtlinien für die Wahl einer Getriebepassung

Ausgangsgrößen für die Wahl einer Getriebepassung sind die an das Getriebe gestellten Forderungen hinsichtlich Verdrehflankenspiel (winkeltreue Übertragung bei wechselnder Drehrichtung) und Umfangsgeschwindigkeit.

In der Tabelle 1, Spalte 1, sind den verschiedenen Anwendungsgebieten in der Feinwerktechnik, siehe DIN 58 405 Blatt 1 Abschnitt 4 eine Reihe von Getriebepassungen unter Zuordnung von Verdrehflankenspiel und Umfangsgeschwindigkeit festgelegt.

Nur in Sonderfällen ist eine in dieser Tabelle nicht aufgeführte Getriebepassung zu bestimmen.

Die gewählte Getriebepassung erfordert entsprechend dem Genauigkeitsgrad der Passung und des Verdrehflankenspiels besonders in der Feinwerktechnik von den einzelnen Bestimmungsstücken der Getriebeelemente, Zahnrad, Welle, Lager und Gehäuse, bestimmte Ausführungen und Toleranzen. Als Empfehlung gilt hierfür Spalte 4 bis 20 der Tabelle 1.

Da die Wahl der richtigen Passung infolge der dabei auftretenden Faktoren vielfach recht schwierig ist, können die Angaben in der Tabelle 1 nur als allgemeine Richtlinien für die Ausführung und Tolerierung der einzelnen Getriebeelemente gelten.

Sie sollen den Konstrukteur darauf hinweisen, was er alles bei der Wahl einer Getriebepassung berücksichtigen muß.

1.2. Allgemeine Voraussetzungen für eine Getriebepassung

Außer den Ausführungen und Toleranzen in der Tabelle 1 müssen für alle Getriebepassungen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die Zahnräder müssen innerhalb des in DIN 58 405 Blatt 1 Abschnitt 2 angegebenen Geltungsbereiches liegen.
- Bei der Lagerung der Radwelle in Wälzlagern soll der Lageraußendurchmesser bei $m = 0,2$ bis 1 mm das 40fache des Moduls und bei m über 1 bis 3 mm das 50fache des Moduls nicht übersteigen.
Bei Lagerung der Radwelle in Gleitlagern soll der Wellendurchmesser das 8fache des Moduls nicht übersteigen.
- Das ISO-Toleranzfeld für den Wälzlagersitz im Gehäuse und auf der Welle ist entsprechend dem Genauigkeitsgrad der Getriebepassung nach DIN 5425 zu wählen (siehe Tabelle 1).
Bei Gehäusen aus Aluminium-Legierungen oder ähnlichen Werkstoffen sollte durch geeignete Maßnahmen, wie z.B. durch Preßpolieren, die Oberfläche der Lagerbohrung verdichtet und damit der Traganteil vergrößert werden.
- Ist das Zahnrad von mehr als 2 Lagerstellen unmittelbar abhängig, so ist sicherzustellen, daß das Gesamtlagerspiel kleiner als das kleinste Verdrehflankenspiel S_d ist.

$$S_{L_{ges}} < \frac{S_d}{2 \tan \alpha_0} \quad (30)$$

- Für Räder mit einem Modul unter 1 und einer Qualität kleiner als 7 soll die Radbohrung gleich oder größer als $1/5$ des Teilkreisdurchmessers sein.

Wird eine dieser Voraussetzungen überschritten, so sind die sich ergebenden neuen Verhältnisse hinsichtlich Spiele, Übertragungsgenauigkeit, Eingriffsverhältnisse usw. nachzuprüfen.

Fortsetzung Seite 2 bis 14

Fachnormenausschuß Feinmechanik und Optik im Deutschen Normenausschuß (DNA)
Ausschuß Verzahnungen im DNA

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses, Berlin 30, gestattet.

Tabelle 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Ge- triebe- passung	Verdreh- flankenspiel S_d ³⁾ i. Winkelmaß (i. Bogenmaß)	Umfangs- geschwin- digkeit Richtwerte m/s	Verzah- nung ²⁾	Zahnrad ¹⁾					
					Zahnflanken		Werk- stoff ¹¹⁾ ¹⁶⁾	Bohrung ⁷⁾		
					Bearbeitungs- verfahren z. B.	Oberfläche ¹³⁾ zul. Rauhtiefe			ISO- 12) Qualität (Toleranz- feld)	Oberfläche ¹³⁾ zul. Rauhtiefe
a	5 J/5 f	über 2' bis 8' (1 bis 5 T_{sm})	20	Schr	feinstgeschliffen und evtl. geläpft	1 μm 	Nr I	5 (H5)	1 μm 	
			0,5	Ger	feinstgefräst		Nr III			
b	6 J/6 f	über 3' bis 12' (1 bis 5 T_{sm})	5	Schr	feinstgefräst oder feingeschliffen	2,5 μm 	Nr II	6 (H6)	¹⁵⁾ 4 μm 	
			0,5	Ger			Nr III oder IV			
c	7 J/7 f	über 4' bis 16' (1 bis 5 T_{sm})	0,5	Ger	feingefräst	4 μm 	Nr III oder IV	6 (H6)	4 μm 	
d	8 J/8 f	über 6' bis 24' (1 bis 5 T_{sm})	0,05	Ger	feingefräst	4 μm 	Nr III oder IV	7 (H7)	4 μm 	
e	6 J/6 e	über 6' bis 14' (2 bis 6 T_{sm})	10	Schr Ger	feinstgefräst Rad 1 möglichst geschliffen und geschabt	2,5 μm 	Rad 1 Nr I oder II Rad 2 Nr V ⁹⁾	6 (H6)	¹⁵⁾ 4 μm 	
f	7 J/7 dc	über 8' bis 30' (3 bis 9 T_{sm})	1,5							
g	8 J/8 dc	über 10' bis 42' (3 bis 9 T_{sm})			feingefräst	4 μm 	Nr III; IV; V oder VI ⁹⁾	7 (H7)	4 μm 	
h	9 J/9 ed ⁴⁾	über 6' bis 1° 4' (1 bis 5 T_{sm})	1	Ger	gefräst	16 μm 	Nr VI oder VII	8 (H8)	16 μm 	
i	10 J/10 e ⁴⁾	über 8' bis 1° 18' (2 bis 7 T_{sm})	0,5		gefräst, gestantzt oder gespritzt	16 μm 	Nr VI oder VII	9 (H9)	16 μm 	

1) Siehe Hinweis zu Beiblatt 2 in DIN 58 405 Blatt 1, Seite 2.

2) Schr = Schrägverzahnung (Axialschübe und Durchbiegung des Radkörpers beachten); Ger = Geradverzahnung.

3) Die angegebenen Winkelwerte sind Richtwerte und gelten für Getriebe nach DIN 58 405 Blatt 1 Abschnitt 2, und zwar bei Übersetzungen für i zwischen 2 und 6, Zähnezahlen $z > 20$ und $m = 0,6$ mm. Die Winkelwerte sind auf das große Rad bezogen. Das genaue Verdrehflankenspiel in Getrieben siehe DIN 58 405 Blatt 1 Abschnitt 3.6.4) Nur für Moduln $m \geq 0,3$ mm ohne Profilverschiebung. Es wird empfohlen, bei Moduln ≤ 1 mm eine positive Profilverschiebung bei beiden Rädern von $x = +0,5$ anzuwenden.

5) Kennzeichnung siehe DIN 58 405 Blatt 3 Abschnitt 3.

6) Bei Wälzlager. Wenn Gleitlager, dann Maß- und Formgenauigkeit sinngemäß mit den entsprechenden Größen der Wälzlager nach DIN 620.

7) Siehe Abschnitt 1.2. e

8) Wärmeausdehnung des Gehäuses beachten.

9) Es müssen die physikalischen Eigenschaften des verwendeten Schichtpreßstoffes, des Preßstoffes oder des Thermoplastes überprüft werden.

10) Bei Verwendung von Wälzlager Qualitätswahl nach DIN 5425 beachten.

11) Mindestanforderung, bezogen auf Ausdehnung und Festigkeit.

12) Das in Klammern angegebene ISO-Toleranzfeld ist vorzugsweise für die Zahnradbohrungen zu verwenden (einheitliche Aufnahmedorne für Fräsmaschine und Prüfgeräte). Zulässige Unrundheit und Abweichung vom Bezugszylinder der Bohrung 1/2 IT der jeweiligen Qualität der Bohrung.

13) Zuordnung der Rauhtiefen nach DIN 3141 Reihe 3 außer der Rauhtiefe der Zahnflanke bei 6 J/6 f; 6 J/6 e und 7 J/7 dc, die nach Reihe 4 festgelegt wurden.

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Rundlaufabweichung	Welle ¹⁾ ¹⁴⁾		Lager ¹⁾		Gehäuse ¹⁾			Schmierung		Wälzfräserqualität (Güteklasse) bis $m = 1$ mm nach DIN 58411 über $m = 1$ mm nach DIN 3968
	Aufnahmesitze für Rad u. Lager	Oberfläche ¹³⁾ zul. Rauhtiefe	Radialspiel S_L ¹⁷⁾	Maß-, Form- u. Laufgenauigkeit ⁶⁾	Lagerbohrungen ISO-Qualität ¹⁰⁾ (Toleranzfeld)	Oberfläche ¹³⁾ zul. Rauhtiefe	Ausführung	Art	° E bei 50 °C	
Rundlaufabweichung f_{rw} zwischen den Lagersitzen ⁵⁾ und dem Aufnahmesitz ⁵⁾ des Rades kleiner als der doppelte Wälzsprung f_z des Zahnrades.	5	1 µm 	bei $a < 40$: < 5 µm bei $a > 40$: < 8 µm	P 42	6	2,5 µm 	stabil und öldicht ⁸⁾ staubgeschützt ⁸⁾	Tauchschiemierung —	3 bis 4 —	— 5 (AA)
	5	1 µm 	bei $a < 40$: < 7 µm bei $a > 40$: < 10 µm	P 52	6	4 µm 	stabil und öldicht ⁸⁾ staubgeschützt ⁸⁾	Tauchschiemierung —	3 bis 4 —	5 (AA)
	6	4 µm 	bei $a < 40$: < 10 µm bei $a > 40$: < 14 µm	P 62	6	4 µm 	staubgeschützt	—	—	7 (A)
	6	4 µm 	< 13 µm	P 02	7	4 µm 	staubgeschützt	—	—	7 (A)
	5	1 µm 	< 10 µm	P 52	6	4 µm 	stabil und öldicht	Tauchschiemierung	3 bis 4	5 (AA)
	6	4 µm 	< 13 µm	P 62	6	4 µm 	staubgeschützt	Fett	—	7 (A)
	7	4 µm 	< 25 µm	—	7	4 µm 	—	—	—	7 (A)
	7	16 µm 	< 25 µm	—	8 (H8)	16 µm 	—	—	—	9 (B)
	8	16 µm 	< 25 µm	—	9 (H9)	16 µm 	—	—	—	9 (B)

¹⁴⁾ Zur Welle gehören alle umlaufenden Teile außer dem Zahnrad, z. B. Zwischenbuchsen und Wälzlagerinnenring. Ist die Welle und das Zahnrad aus einem Stück gefertigt, dann ist die Rundlaufabweichung zwischen der Aufnahme in der Fräsmaschine (z. B. Zentrierbohrungen) und den Lagersitzen anzugeben.

¹⁵⁾ Evtl. aus fertigungstechnischen Gründen 2,5 µm.

Nr	Benennung	Kurzname — Beispiele
I	Durchgehärteter Stahl Einsatzgehärteter Stahl Nitrierstahl	100 Cr 6; 16 MnCr 5; C 15
II	Vergütungsstahl	37 MnSi 5 V; C 45
III	Ungehärteter Stahl	St 37-3; X 12 CrMoS 17
IV	Leichtmetall	AlMg 5 F26; AlCuMg 2 F44
V	Schichtpreßstoff	Hgw 2083
VI	Preßstoff und Thermoplast	Polyamide
VII	Buntmetalle	Ms 58

¹⁷⁾ Bei Wälzlager radialer Lagerluft. Die radiale Lagerluft ist nach DIN 620 Blatt 4 das Maß, um das sich ein Rollbahnring gegenüber dem anderen in radialer Richtung ohne Meßbelastung von einer Grenzstellung bis zur diametral gegenüberliegenden verschieben läßt. Die angegebenen Werte beziehen sich auf das eingebaute Lager. Es wird empfohlen, bei Meßgetrieben, insbesondere bei einseitiger Lagerung, Wälzlager mit vergrößerter Radialluft zu verwenden und zu verspannen.

2. Toleranzen für den Radkörper

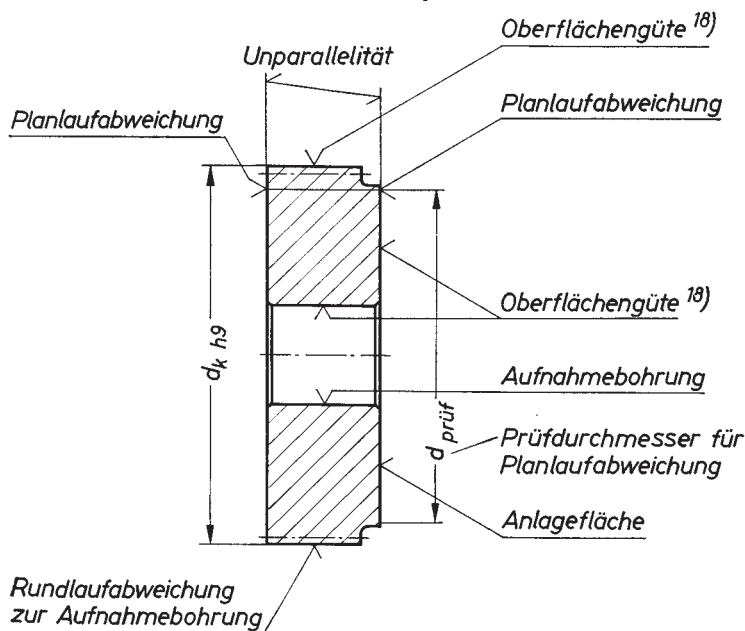


Bild 1. Radkörper für Rad mit Außenverzahnung

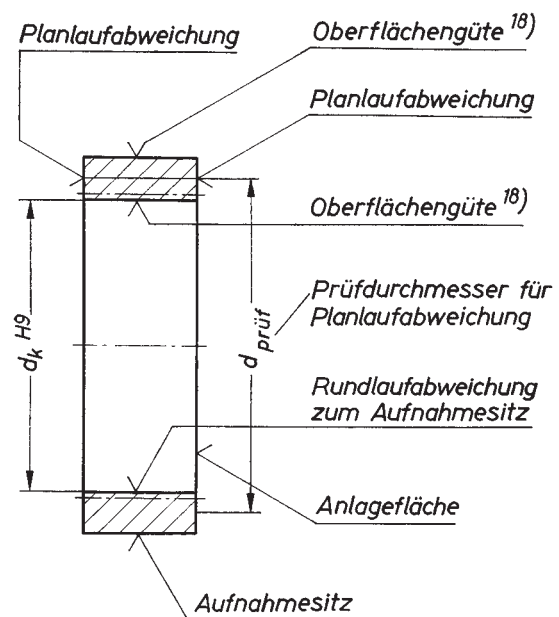


Bild 2. Radkörper für Rad mit Innenverzahnung

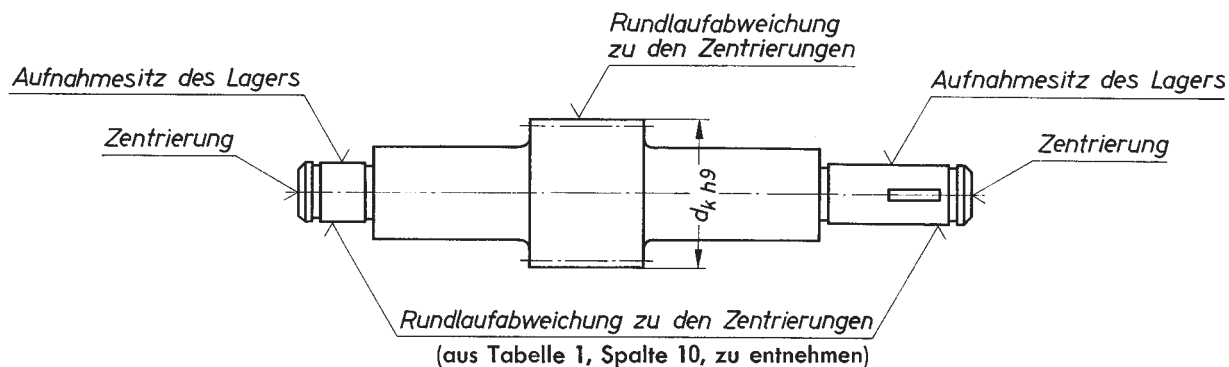


Bild 3. Radkörper für Rad mit Außenverzahnung und fester Welle

Die Qualität einer Verzahnung ist in sehr starkem Maße von der Genauigkeit der Radkörper abhängig. Deshalb sind für den Radkörper zulässige Abweichungen entsprechend der geforderten Qualität der Verzahnung festgelegt. Dabei ist besonders zu beachten, daß bei scheibenförmigen Radkörpern, bei denen die Bohrungslänge nicht zur Unterstützung des Radkörpers bei der Herstellung der Verzahnung ausreicht, die Stirnflächen bei der Herstellung der Verzahnung Anlageflächen sind und somit deren Form- und Lageabweichungen die Güte der Verzahnung bestimmen. Benennung der Anlageflächen und der jeweiligen Qualitätsmerkmale siehe Bild 1 und 2; (Kennzeichnung bei verschiedenen Radkörperformen siehe Hinweis zu Beiblatt 2 in DIN 58 405 Blatt 1, Seite 2).

2.1. Toleranzen für den Durchmesser des Kopfkreises (Kopfzylinder)

2.1.1. Radkörper für nichtüberschnittene Stirnräder

Wegen des Kopfspiels der Verzahnung wird für die in DIN 58 405 Blatt 1, Abschnitt 2 aufgeführten Zahnräder für den Durchmesser des Kopfzylinders d_k die ISO-Toleranz h9 für Räder mit Außenverzahnung H9 für Räder mit Innenverzahnung vorgeschrieben (siehe Bild 1, 2 und 3).

¹⁸⁾ Es ist die zulässige Rauhtiefe anzugeben (Oberflächengüte nach DIN 3141 und DIN 3142).

2.1.2. Radkörper für überschnittene Stirnräder

Da hier der Kopfzylinder durch das Verzahnwerkzeug bearbeitet werden soll, erhält der Kopfzylinder des Radrohrlings eine Bearbeitungszugabe, die je nach Fertigungsverfahren verschieden sein kann. Als Richtlinie sollen die Werte nach Tabelle 2 dienen:

Tabelle 2.

Modul m mm	0,2 bis 0,25	über 0,25 bis 0,6	über 0,6 bis 0,75	über 0,75 bis 1	über 1 bis 1,5
Bearbeitungs- zugabe für den Durchmesser mm	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5
Zul. Abweichung mm	-0,05	-0,03	-0,1	-0,1	-0,15

2.2. Zulässige Rundlaufabweichung des Kopfkreises (Kopfzylinder)

Wegen des Kopfspiels der Verzahnung und der Folgen des unterschiedlichen Schnittdruckes beim Verzahnung muß die zulässige Rundlaufabweichung des Kopfkreises T_{rk} bei überschnittenen und nichtüberschnittenen Stirnrädern den Werten in Tabelle 3 entsprechen.

Wird der Kopfkreis (Kopfzylinder) zum Ausrichten des Radkörpers auf der Verzahnmaschine benutzt, dann ist die Rundlaufabweichung nach Tabelle 4 am Radkörper einzuhalten.

Sind Prüfbünde zum Ausrichten vorgesehen, dann gilt die zulässige Rundlaufabweichung für diese. Die zulässige Rundlaufabweichung für den Kopfkreis ist dann Tabelle 3 zu entnehmen.

Bei Qualitäten ≤ 8 wird empfohlen, den Kopfzylinder zum Ausrichten des Radkörpers zu benutzen oder Prüfbünde vorzusehen.

Die Bezugsachse für die Rundlaufabweichung ist die Achse der Aufnahmebohrung (siehe Bild 1) oder die Achse des Aufnahmesitzes (siehe Bild 2) bzw. die Achse der beiden Zentrierungen (siehe Bild 3).

Tabelle 3. Zulässige Rundlaufabweichung für Kopfzylinder, wenn dieser nicht zum Ausrichten benutzt wird

Kopfkreis d_k mm	Rundlaufabweichung T_{rk} in μm bei Verzahnungs-Qualität $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$					
	5	6	7	8	9	10
ab 3 bis 6	7	15	28	40	56	80
über 6 bis 12	8	16	32	44	65	88
über 12 bis 25	9	18	36	48	72	100
über 25 bis 50	10	21	40	56	80	110
über 50 bis 100	11	24	44	65	88	130
über 100 bis 200	12	28	48	72	100	145
über 200 bis 400	14	30	56	80	110	160

Tabelle 4. Zulässige Rundlaufabweichung für Kopfzylinder, wenn dieser zum Ausrichten benutzt wird

Kopfkreis d_k mm	Rundlaufabweichung T_{rk} in μm bei Verzahnungs-Qualität $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$					
	5	6	7	8	9	10
ab 3 bis 6	3	5	7	10	14	20
über 6 bis 12	4	5,5	8	11	16	22
über 12 bis 25	4,5	6	9	12	18	25
über 25 bis 50	5	7	10	14	20	28
über 50 bis 100	5,5	8	11	16	22	32
über 100 bis 200	6	9	12	18	25	36
über 200 bis 400	7	10	14	20	28	40

2.3. Zulässige Planlaufabweichung der Stirnflächen

Für die Stirnflächen des Radkörpers, die als Anlagefläche bzw. Spannfläche benutzt werden, ist eine zulässige Planlaufabweichung T_{sa} nach Tabelle 5 vorgeschrieben. Der

Prüfdurchmesser, auf den die Planlaufabweichung bezogen ist, ergibt sich aus:

$$d_{\text{prüf}} = d_0 - 4 \text{ mm} \quad \text{beim Außenrad} \quad (31)$$

$$d_{\text{prüf}} = d_0 + 4 \text{ mm} \quad \text{beim Innenrad} \quad (32)$$

Ist der Außendurchmesser der jeweiligen Stirnfläche kleiner als $d_{\text{prüf}}$, so ist ein neuer Prüfdurchmesser $d'_{\text{prüf}}$ festzulegen. Die zulässige Planlaufabweichung T'_{sa} ist dann:

$$T'_{sa} = \frac{T_{sa} \cdot d'_{\text{prüf}}}{d_{\text{prüf}}} \quad (33)$$

Die Bezugsachse (Drehachse) für die Planlaufabweichung ist die Achse der Aufnahmebohrung (siehe Bild 1) bzw. die Achse des Aufnahmesitzes (siehe Bild 2).

Sollen Zahnräder, deren Radkörper scheibenförmig sind, satzweise bearbeitet werden, so ist statt der zulässigen Planlaufabweichung der der Anlagefläche abgewandten Seite eine zulässige Unparallelität vorzuschreiben (siehe Bild 1). Diese ist dann $1/2 T_{sa}$ über $d_{\text{prüf}}$; oder $1/2 T'_{sa}$ über $d'_{\text{prüf}}$.

Tabelle 5. Zulässige Planlaufabweichung

$d_{\text{prüf}}$ mm	Planlaufabweichung T_{sa} in μm bei Verzahnungs-Qualität $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$					
	5	6	7	8	9	10
10 bis 25	6	9	12	18	28	38
über 25 bis 50	8	11	14	20	30	42
über 50 bis 100	9	12	16	24	32	48
über 100 bis 200	10	14	18	28	38	55
über 200 bis 400	12	16	20	30	42	60

3. Toleranzen für den Durchmesser des Kopfkreises bei überschrittenen Stirnrädern

3.1. Erforderliche Tolerierung bei indirekter Zahnweiten-(Zahndicken-)Messung

Soll durch das Messen des Kopfzylinders die Zahnweite (Zahndicke) ermittelt werden, so ist der Kopfzylinder wie folgt zu tolerieren:

$$d'_k = (d_k + A_{dko}) - (A_{dko} - A_{dku}) \quad (34)$$

Es wird somit das Nennmaß des Kopfzylinders minus des oberen Kopfkreisabmaßes in die Zeichnung eingetragen. Die Differenz zwischen dem oberen und dem unteren Kopfkreisabmaß wird als Minustoleranz angehängt.

Es ist

$$A_{dko} = \frac{A_{Wo}}{\sin \alpha_{0n}} \quad (35)$$

$$A_{dku} = \frac{A_{Wu}}{\sin \alpha_{0n}} + \frac{f_{sw}}{\tan \alpha_{0n}} \quad (36)$$

Da der Einfluß der Werkzeugabmaße eine Meßwertverkleinerung bedeutet, ist jeweils zu untersuchen, ob die indirekte Zahnweitenmessung über den Kopfkreis zweckmäßig ist.

3.2. Sich ergebende Toleranzen bei direkter Zahnweiten-(Zahndicken-)Messung

Soll die Zahnweite (Zahndicke) direkt gemessen werden, so ergeben sich bei Einhaltung der zulässigen Abweichung f_{sw}