

Stirnradgetriebe der Feinwerktechnik

Angaben in Zeichnungen, Berechnungsbeispiele

DIN
58 405
Blatt 3

Spur gear drives for fine mechanics; indication on drawings, examples for calculation

Engrenages pour la mécanique de précision; indications à appliquer sur les dessins, exemples pour le calcul

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

Maße in mm

1. Angaben in der Zeichnung für das Stirnrad

In der Darstellung stehen nur Angaben für den Radkörper und die Oberflächenzeichen für die Verzahnung (siehe Bild 1).

Alle Angaben für das Verzahnen werden in einer Tabelle zusammengefaßt (siehe Bild 2).

Im Schriftfeld der Zeichnung steht in der Zeile für die Benennung im allgemeinen „Geradstirnrad“ oder „Schrägstirnrad“.

1.1. Angaben für den Radkörper

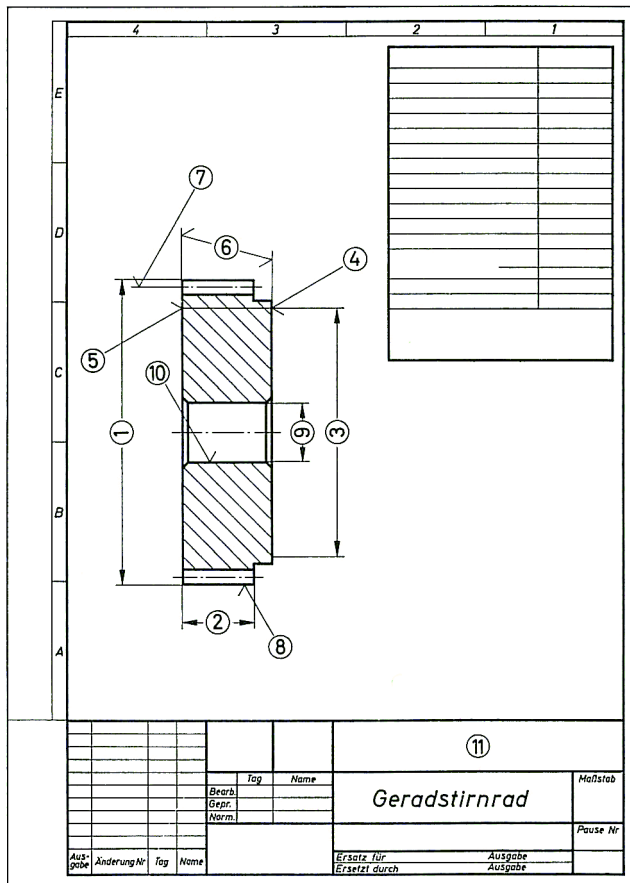


Bild 1. Zeichnung für das Stirnrad

- ① Kopfkreisdurchmesser d_k siehe DIN 58 405 Blatt 1, Abschnitt 3.1.
Toleranz nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 2.1.
Bei überschrittenen Stirnrädern ist dies nur der Außendurchmesser des Radrohlings. Bearbeitungszugabe und Toleranz siehe DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 2.1.2.
- ② Zahnbreite.
- ③ Prüfdurchmesser $d_{\text{prüf}}$ für Planlaufabweichung (siehe DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 2.3).
- ④ Zulässige Planlaufabweichung nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 2.3 (Tabelle 5), Oberflächengüte.
- ⑤ Zulässige Unparallelität statt ⑤ nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 2.3.
- ⑦ Bearbeitungsverfahren und Oberflächengüte der Zahnflanken nach DIN 58 405 Blatt 2, Tabelle 1, Spalte 5 und 6.
- ⑧ Zulässige Rundlaufabweichung zur Aufnahmebohrung nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 2.2 (Tabelle 3 oder 4). Oberflächengüte, insbesondere bei Tolerierung nach Tabelle 4.
- ⑨ Radbohrung (Aufnahmebohrung). Toleranz und Oberflächengüte nach DIN 58 405 Blatt 2, Tabelle 1, Spalten 8 und 9.
- ⑪ Werkstoff, Empfehlung nach DIN 58 405 Blatt 2, Tabelle 1, Spalte 7.

Fortsetzung Seite 2 bis 19

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

1.2. Angaben für das Verzahnen**1.2.1. Werkzeugbezugsprofil nach DIN 58 412****1.2.2. Zähnezahl z** **1.2.3. Modul m**

Bei Schrägstirnrädern ist der Normalmodul m_n anzugeben.

1.2.4. Teilkreisdurchmesser d_0 **1.2.5. Bezugsprofil**

DIN 58 400 oder DIN 867 (siehe DIN 58 405 Blatt 1, Abschnitt 2.1).

1.2.6. Profilverschiebungsfaktor x

Ist $x = 0$, wird 0 eingetragen.

1.2.7. Schrägungswinkel β_0

Beim Geradstirnrad wird 0 eingetragen.

1.2.8. Flankenrichtung

Rechts $\triangleq$ rechtssteigend

Links $\triangleq$ linkssteigend

Beim Geradstirnrad wird ein waagerechter Strich eingetragen. In einem Getriebe mit außenverzahnten Schrägstirnrädern ist immer das eine Rad rechts-, das andere linkssteigend.

1.2.9. Getriebepassung nach DIN 58 405 Blatt 2

Es ist die nach DIN 58 405 Blatt 1, Abschnitt 4, in Verbindung mit DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 1, gewählte Getriebepassung sowie das Zeichen für die vorgeschriebene Abnahmeprüfung einzutragen (z. B. 7 J/7 f S").

1.2.10. Zulässiger Wälzfehler F_i''

Entsprechend der gewählten Getriebepassung ist der für das Rad zulässige Wälzfehler nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 6, einzutragen.

Bei V-Verzahnung ist der aus Abschnitt 6 entnommene Wälzfehler F_i'' gegebenenfalls mit dem Faktor L nach Gleichung (51) Blatt 2 zu multiplizieren.

1.2.11. Zulässiger Wälzsprung f_i''

Entsprechend der gewählten Getriebepassung ist der für das Rad zulässige Wälzsprung nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 6, einzutragen.

Bei V-Verzahnung ist der aus Abschnitt 6 entnommene Wälzsprung f_i'' gegebenenfalls mit dem Faktor L nach Gleichung (51) Blatt 2 zu multiplizieren.

1.2.12. Zulässiger Flankenrichtungsfehler f_β

Entsprechend der gewählten Getriebepassung ist der zulässige Flankenrichtungsfehler nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 6, einzutragen.

1.2.13. Zweikegelweite N

Als Zweikegelweite wird das Nennmaß N nach DIN 58 405 Blatt 1, Abschnitt 3.5; zuzüglich des oberen Zweikegelweitenabmaßes nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 6, entsprechend der gewählten Getriebepassung eingetragen. Die Differenz zwischen dem oberen und dem unteren Zweikegelweitenabmaß wird als Minusabweichung angehängt. Beispiel:

Nennmaß der Zweikegelweite $N = 30,845$

oberes Zweikegelweitenabmaß $A_{No} = -0,038$

unteres Zweikegelweitenabmaß $A_{Nu} = -0,064$

Die einzutragende Zweikegelweite ist dann: $30,807 - 0,026$.

1.2.14. Achsabstand a'' im Zweiflankenwälzprüfgerät mit Lehrzahnrad

Obere Zeile

Es wird das Nennmaß a'' nach Gleichung (40) bzw. (41) in DIN 58 405 Blatt 2 zuzüglich des oberen Zweiflanken-

74		25
Werkzeugbezugsprofil		DIN 58 412
Zähnezahl	z	
Modul	m	
Teilkreisdurchmesser	d_0	
Bezugsprofil		DIN
Profilverschiebungsfaktor	x	
Schrägungswinkel	β_0	
Flankenrichtung		
Getriebe-Passung nach DIN 58405		
zul. Wälzfehler	F_i''	
zul. Wälzsprung	f_i''	
zul. Flankenrichtungsfehler	f_β	
Zweikegelweite		
Achsabstand im Zweiflankenwälzprüfgerät mit Lehrzahnrad		
Nr des Gegenrades		
Achsabstand im Gehäuse	a A_a	
Zahnweite =		
a) gemessen über $z' =$		Zähne
b) gemessen indirekt über Kopfkreis		

Bild 2. Tabelle für das Verzahnen

wälzabstands-Abmaßes nach Gleichung (42) bzw. (44) aus Abschnitt 4.1 oder Gleichung (47) bzw. (49) aus Abschnitt 4.2 eingetragen. Die Differenz zwischen dem oberen und unteren Zweiflankenwälzabstands-Abmaß wird als Minusabweichung angehängt. Beispiel sinngemäß wie in Abschnitt 1.2.13.

Untere Zeile

Bezeichnung des Lehrzahnrades.

1.2.15. Nummer des Gegenrades

Es wird die Zeichnungsnummer des Gegenrades eingetragen. Soll das Stirnrad mit mehreren verschiedenen Gegenrädern gepaart werden, ist dabei zu beachten, daß die Gegenräder auch die gleichen Toleranzfelder und Qualitäten aufweisen wie das Stirnrad.

1.2.16. Achsabstand im Gehäuse a

Es ist der Achsabstand a nach Gleichung (5) in DIN 58 405 Blatt 1, und die Abmaße A_{ao} und A_{au} nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 6, entsprechend der gewählten Getriebepassung einzutragen.

1.2.17. Zahnweite W

Als Zahnweite wird das Nennmaß W nach DIN 58 405 Blatt 1, Abschnitt 3.4, zuzüglich des oberen Zahnweitenabmaßes nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 6, entsprechend der gewählten Getriebepassung eingetragen. Die Differenz zwischen dem oberen und unteren Zahnweitenabmaß wird als Minusabweichung angehängt.

Beispiel sinngemäß wie in Abschnitt 1.2.13.

Die Zähnezahl z' , über die die Zahnweite gemessen wird, ist aus den Tabellen in DIN 58 405 Blatt 4 zu entnehmen. Soll die Zahnweite bei überschrittenen Stirnrädern (Werkzeugbezugsprofile U1 oder U) nach DIN 58 412 indirekt

über den Kopfkreis gemessen werden, so ist das Maß nach Gleichung (34) in DIN 58 405 Blatt 1 in die letzte Zeile der Tabelle einzutragen.

Es darf jedoch bei einem Stirnrad nur die Angabe für das direkte oder das indirekte Meßverfahren aufgenommen werden.

2. Angaben in der Zeichnung für das Gehäuse

In die Darstellung wird das nach Gleichung (5) in DIN 58 405 Blatt 1 errechnete Nennmaß a mit den Abmaßen A_{a0} und A_{a1} nach DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 6, entsprechend der gewählten Getriebepassung eingetragen (siehe Bild 3).

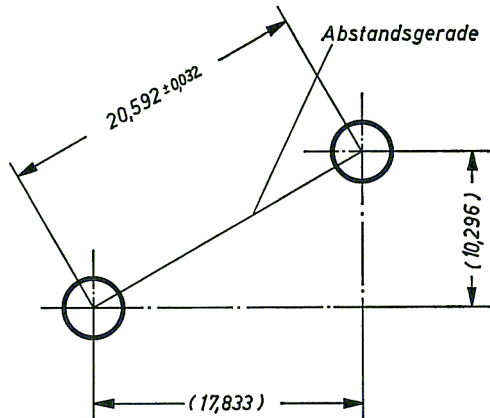


Bild 3. Eintragungsbeispiel im Zeichnungsfeld

Verringerung der Toleranz T_a für den Bohrungsabstand bei Verwendung von Wälzlager, siehe DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 5.1.

Sind zur Herstellung der Bohrungen Koordinatenmaße erforderlich (wenn die Abstandsgerade nicht parallel zur Bezugsebene des Gehäuses ist), so werden diese nach dem Nennmaß ausgerechnet und ohne zul. Abweichungen eingetragen. Koordinatenmaße sind Hilfsmaße für die Fertigung und werden in der Zeichnung eingeklammert. Sie gelten nicht für die Kontrolle.

Sitzen auf zwei Radwellen zwei Räderpaare mit zwei verschiedenen Qualitäten, so sind die Achsabstandsabmaße nach der feineren Qualität zu bestimmen und einzutragen.

In dem Schriftfeld (siehe Bild 4), welches rechts oben im Zeichnungsfeld anzubringen ist, steht:

Achsabstand a	Toleranzfeld nach DIN 58 405 Blatt 2 und Achsabstandsab- maße	zulässiger Achs- parallelitätsfehler f_p bezogen auf 100mm Achslänge
20,592	8 J $\pm 0,032$	0,028

Bild 4. Schriftfeld für Gehäusezeichnung

2.1. Achsabstand a

Es wird das Nennmaß des Achsabstandes eingetragen.

2.2. Qualität und Toleranzfeld nach DIN 58 405 Blatt 2 und Achsabstandsabmaß

Es wird das Kurzzeichen für die Abmaße des Achsabstandes entsprechend der gewählten Getriebepassung (z. B. 8 J) angegeben, sowie der Zahlenwert der Abmaße unter Berücksichtigung der etwa erforderlichen Verringerung der Toleranz bei Verwendung von Wälzlager (siehe DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 5.1).

2.3. Zulässiger Achsparallelitätsfehler f_p

Es ist der aus DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 6, entnommene Wert einzutragen.

3. Angaben in der Zeichnung für die Radwelle

Es sind die zul. Rundlaufabweichung f_{rw} zwischen den Lagersitzen und dem Aufnahmesitz des Rades entsprechend der gewählten Getriebepassung nach DIN 58 405 Blatt 2, Tabelle 1, Spalte 10, sowie die ISO-Qualität und Oberflächengüte für die Aufnahmesitze von Rad und Lager einzutragen (siehe Bild 5 und 6).

Es ist zu beachten, daß, abgesehen vom Rad, alle umlaufenden Teile zur Welle gehören (siehe Fußnote 14 zur Tabelle 1 in DIN 58 405 Blatt 2), d. h., daß die Summe der Rundlaufabweichungen von den einzelnen Teilen nicht größer als die zul. Rundlaufabweichung f_{rw} sein darf, z. B. $f_{rw} = 0,020$

Rundlaufabweichung des Wälzlagerinnenringes = 0,007

Rundlaufabweichung zwischen den Aufnahmesitzen von Rad und Lager = 0,013

= 0,020

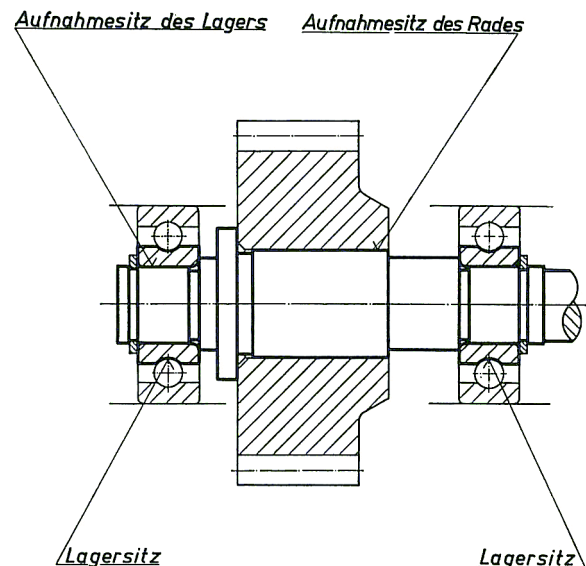


Bild 5. Radwelle mit Wälzlager

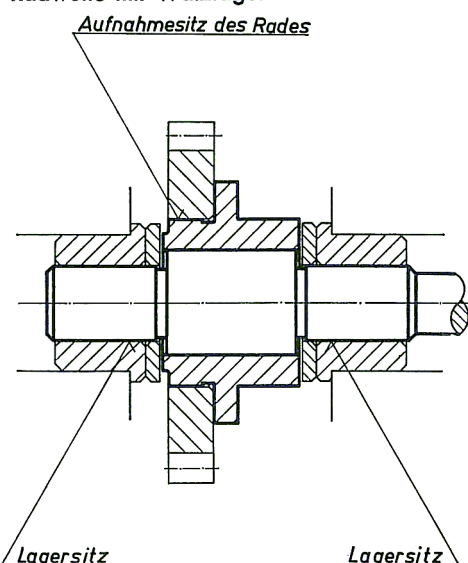


Bild 6. Radwelle mit Gleitlager und Zwischenbuchse

4. Einzelfehler

Weitere Einzelfehler, deren Werte begrenzt werden sollen, sind mit ihren Kurzzeichen und ihren zulässigen Grenzwerten zusätzlich in den Zeichnungen aufzuführen.

5. Berechnungsbeispiele

In den folgenden Beispielen ist der Rechenvordruck nach DIN 58 405 Beiblatt 1 benutzt worden.

Angaben, die die Beispiele betreffen, sind zur besseren Unterscheidung in rot ausgeführt.

5.1. Berechnung eines Einstellgetriebes für das Zählwerk eines elektromechanischen Gerätes

1. Gegeben

von Rad 1

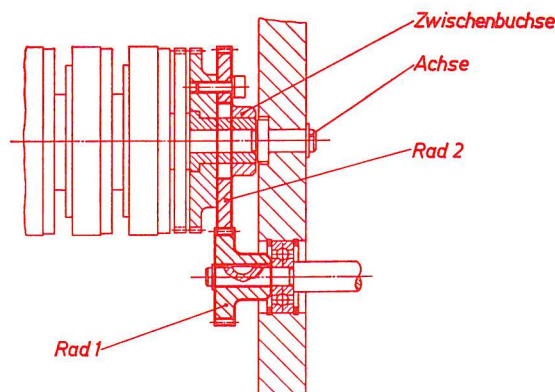
1.1. Drehzahl n_1 = 40 U/min

1.2. Übersetzung i = 2

1.3. mittleres Verdrehflankenspiel S_{dm} = $0^\circ 15'$
bezogen auf das große Rad

1.4. größtes Verdrehflankenspiel S_{dmax} = —
bezogen auf das große Rad

1.5. vorhandener Achsabstand a = —



2. Gewählt

		DIN 58 405		Gleichung oder Bemerkung	Ergebnis		Ein- heit
		Blatt/ Tabelle	Blatt/ Abschnitt		Rad 1	Rad 2	
2.1.	Zähnezahl z	—	1/2.5		48	96	—
2.2.	Modul m	—	1/2.2		0,5		mm
2.3.	Getriebepassung	2/1	—	aus n_1 und S_{dmax} nach Abschnitt 1.1 und 1.3	8 J/8 f		—
2.4.	Flankenrichtung	—	3/1.2.8		—	—	—
2.4.1.	Schrägungswinkel β_0	—	1/2.4		0		°
2.5.	Werkzeugbezugsprofil nach DIN 58 412	—	—	U = überschneidend N = nicht überschneidend	N	N	—
2.6.	Werkstoff	2/1	—		St 37-3	AlMg 5 F 26	—
2.7.	Zahnbreite b	—	1/2.7		5	4	mm
2.8.	Bezugsprofil	—	1/2.1		DIN 58 400		—

3. Berechnet

3.1.	Teilkreisdurchmesser d_0	—	1/2.6	$d_0 = \frac{z \cdot m_n}{\cos \beta_0}$	24	48	mm
3.2.	Profilverschiebung $x \cdot m_n$	—	1/3.2.1		—	—	mm
3.2.1.	um Unterschnitt zu vermeiden	1/Bild 4 u. 5	1/3.2.3	$x = (y_w + \Delta y_w) \frac{z_g T - z}{z_g T}$	—	—	—
3.2.2.	um vorhandenen Achs- abstand a nach 1.5 zu erreichen	—	1/Glei- chungen (5) bis (9)	$x_1 + x_2 = (ev \alpha_{bs} - ev \alpha_{0s}) \times \frac{z_1 + z_2}{2 \tan \alpha_{0n}}$ $\alpha_{bs} \text{ aus:}$ $\cos \alpha_{bs} = \frac{m_n}{\cos \beta_0} \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} \times \frac{\cos \alpha_{0s}}{a}$ $\alpha_{0s} \text{ aus:}$ $\tan \alpha_{0s} = \frac{\tan \alpha_{0n}}{\cos \beta_0}$ dabei beachten, daß kein Unter- schnitt erzeugt wird	—	—	—

		DIN 58 405		Gleichung oder Bemerkung	Ergebnis		Ein- heit
		Blatt/ Tabelle	Blatt/ Abschnitt		Rad 1	Rad 2	
3.3.	Kopfkreisdurchmesser d_k (evtl. bei Profilverschiebung nach 3.2 erforderliche Kopfkürzung)	—	1/3.1	$d_k = d_0 + 2 m_n (x + y) - 2 k m_n$	25,1	49,1	mm
		—	1/3.1.1				
3.4.	Achsabstand a	—	1/Glei- chung (5)	$a = \frac{m_n}{\cos \beta_0} \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \frac{\cos \alpha_{0s}}{\cos \alpha_{bs}}$ Bei x_1 und $x_2 = 0$ ist $\frac{\cos \alpha_{0s}}{\cos \alpha_{bs}} = 1$ Für $\frac{\cos \alpha_{0s}}{\cos \alpha_{bs}}$ siehe DIN 58 405 Blatt 4, Abschnitt 2	36		mm
3.5.	Zahnweite W	4/1	1/3.4	$W = w' + \Delta W$ $\Delta W = 2 x \cdot m_n \sin \alpha_{0n}$	8,454	16,171	mm
3.5.1.	gemessen über z'	4/1	—		6	11	—
3.6.	Zweikegelweite N	—	1/3.5	$N = d_0 + 2 x \cdot m - 2 h_{kM}$	—	—	mm

4. Toleranzen

4.1.	Stirnrad						
4.1.1.	Kopfkreisdurchmesser	—	2/2.1	nur für Radrohling			mm
	ISO-Toleranzfeld (nicht überschritten)	—	2/2.1.1		h9	h9	—
	Toleranz (überschnitten)	2/2	2/2.1.2	nur für Radrohling	—	—	mm
	Zulässige Rundlaufabweichung T_{rk}	2/3 u. 4	2/2.2	Kopfkreis wird nicht zum Ausrichten benutzt	56	56	µm
4.1.2.	Zulässige Planlaufabweichung der Stirnflächen T_{sa}	2/5	2/2.3	$d_{\text{prüf1}} = \text{—}$ $d_{\text{prüf2}} = 46 \text{ mm}$	—	20	µm
4.1.3.	ISO-Toleranzfeld für Aufnahmebohrung	2/1	—	Beachte DIN 58 405 Blatt 2, Ab- schnitt 1.2 e und Fußnote 12)	H7	H7	—
4.1.4.	Zulässiger Wälzfehler F_i''	2/ aus Abschnitt 6	2/4.3		32	36	µm
4.1.5.	Zulässiger Wälzsprung f_i''	2/ aus Abschnitt 6	2/4.4		11	12	µm
4.1.6.	Zulässiger Flanken- richtungsfehler f_β	2/ aus Abschnitt 6	2/4.5		9	9	µm
4.1.7.	Zahnweitenabmaße $\frac{A_{W_o}}{A_{W_u}}$	2/ aus Abschnitt 6	2/4.1	in die Zeichnung ist die Zahn- weite oder Zweikegelweite nach DIN 58 405 Blatt 3, Abschnitt 1.2.17 bzw. 1.2.13, einzutragen	— 21	— 23	µm
					— 41	— 47	µm
4.1.8.	Zweikegelweiten- abmaße $\frac{A_{N_o}}{A_{N_u}}$	2/ aus Abschnitt 6	2/4.2		—	—	µm
					—	—	µm
4.1.9.	Abmaße A_{dk} des Kopf- kreisdurchmessers bei indirekter Zahnweiten- messung (nur bei über- schnittenen Stirnrädern)	—	2/3.1	$A_{dko} = \frac{A_{W_o}}{\sin \alpha_{0n}}$ $A_{dku} = \frac{A_{W_u}}{\sin \alpha_{0n}} + \frac{f_{sw}}{\tan \alpha_{0n}}$ in die Zeichnung ist der Kopf- kreisdurchmesser d'_k nach Glei- chung (34) einzutragen	—	—	µm
					—	—	µm

		DIN 58 405		Gleichung oder Bemerkung	Ergebnis		Ein- heit
		Blatt/ Tabelle	Blatt/ Abschnitt		Rad 1	Rad 2	
4.1.10.	Achsabstand a'' im Zwei- flankenwlzprfgert mit Lehrzahnrad Zweiflankenwlz- abstands-Abmaße $A''_{a o}$ $A''_{a u}$	—	2/4.1 oder 4.2	Gleichung (40) oder (41)	31	43	mm
				Gleichung (42) bis (45) oder (47) bis (50)	— 37	— 39	μm
					— 66	— 75	μm
4.2.	Welle						
4.2.1.	Zulässige Rundlaufabweichung f_{rw}	2/1	3/3	falls Zwischenbuchsen und/oder Wlzlagerinnenring vorhanden, Toleranz aufteilen	12	24	μm
4.2.2.	ISO-Qualität der Auf- nahmesitze für Rad und Lager	2/1	3/3	Beachte DIN 58 405 Blatt 2, Abschnitt 1.2 c	für Rad für Lager	6 6*	—
4.3.	Lager						
4.3.1.	Zulässiges Radialspiel S_L	2/1	2/1.2 d	für Rad 2: ISO-Spielpassung H 5/g 5; ϕ 6	10	14	μm
4.3.2.	Maß-, Form- und Lauf- genauigkeit	2/1	—		P 02	—	—
4.3.3.	Zulässiger Radialschlag des Wälzlager- auenringes f_{rL}	—	—	bei Rad 2: Mittenabweichungen der Sitze auf der Achse	15	(6)	μm
4.4.	Gehäuse						
4.4.1.	Achsabstandsabmae $A_{a o}$ und $A_{a u}$	2/ aus Abschnitt 6	2/5.1	Bei Verwendung von Wlz- lagern und eingesetzten Gleit- lagern sind die Gleichungen (52) und (53) zu berücksichtigen.	± 32		μm
4.4.2.	ISO-Toleranzfeld der Lagerbohrungen	2/1	2/1.2 c	für Rad 2: ISO-Toleranzfeld der Achs- bohrung	H 7	H 7	—
4.4.3.	Zulässiger Achsparallelittsfehler f_p	2/ aus Abschnitt 6	2/5.2		28		μm

5. Kontrollrechnung

5.1.	Verdrehflankenspiel S_d	—	1/3.6	$S_{d \text{ m St}} = \frac{S_{d \text{ max}} + S_{d \text{ min}}}{2} \pm$ $\pm 0,6 \frac{S_{d \text{ max}} - S_{d \text{ min}}}{2}$ $S_{d \text{ max}}$ und $S_{d \text{ min}}$ aus Gleichung (25) und (26), bei 100%iger absoluter Toleranz- addition sind die Gleichungen (27) und (28) zu benutzen	—	μm
5.2.	berdeckungsgrad ε	—	1/3.3		—	—