

Allgemeine Grundlagen für Stirnzahnräder

Durch Stirnzahnräder wird eine schlupffreie Kraftübertragung zwischen zwei parallel geführten Wellen ermöglicht. Die im Katalog verzeichneten Stirnzahnräder haben eine Evolventenverzahnung mit 20° Eingriffswinkel.

Es ist zu beachten, dass bei Zähnezahlen < 17 die Räder herstellungsbedingt unterschritten sind (ein Grund hierfür ist u.a. die einfache Ermittlung des Achsabstands). Die Achsabstands-Toleranzen sind abhängig von der Verzahnungsqualität nach DIN 3964. Die im Katalog verwendeten Module für Stirnzahnräder sind DIN 780 Reihe 1 entnommen.

Nachstehende Formeln gelten für geradverzahnte bzw. schrägverzahnte Stirnzahnräder für übliche Verzahnungswerkzeuge (siehe Tabelle) und für Profilverschiebung 0 für Ritzel und Rad (sogenannte V-Null-Verzahnung).

Verzahnung gerade

zu suchen	bekannte Einheit	Formel
Zähnezahl = z	Teilkreis-Ø und Modul	$\frac{d}{m}$
	Kopf-Kreis-Ø und Modul	$\frac{d_a - 2m}{m}$
Modul = m in mm	Teilung p	$\frac{p}{\pi}$
	Kopfkreis-Ø und Zähnezahl	$\frac{d_a}{z + 2}$
	Teilkreis-Ø und Zähnezahl	$\frac{d}{z}$
Teilkreis-Ø = d in mm	Zähnezahl und Modul	$z \cdot m$
	Zähnezahl und Kopfkreis-Ø	$\frac{z \cdot d_a}{z + 2}$
	Kopfkreis-Ø und Modul	$d_a - 2m$
Kopfkreis-Ø = d _a in mm	Zähnezahl und Modul	$(z + 2) \cdot m$
	Zähnezahl und Teilkreis-Ø	$d + \frac{2d}{z}$
	Teilkreis-Ø und Modul	$d + 2 \cdot m$
Achsabstand = a in mm	Zähnezahl und Modul	$\left(\frac{z_1 + z_2}{2}\right) \cdot m$
	Teilkreis-Ø und Teilkreis-Ø	$\frac{d_1 + d_2}{2}$
Untersetzungs- verhältnis = i	Zähnezahl und Zähnezahl	$\frac{z_2}{z_1}$
	Drehzahl und Drehzahl	$\frac{n_1}{n_2}$
Drehmoment = Md in Nm	Leistung und Drehzahl [kW] [min ⁻¹]	$9550 \cdot \frac{P}{n}$
Umfangsgeschwindigkeit = V in m/sec.	Teilkreis-Ø und Drehzahl [mm] [min ⁻¹]	$\frac{\pi \cdot d \cdot n}{60000}$

Werkstoffqualitäten:
Angaben hierüber bei den einzelnen Zahnradgruppen.

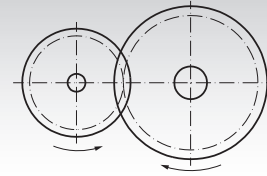
Modul-Reihe 1

Modul 0,3	Modul 0,5	Modul 0,7	Modul 1,0	Modul 1,25	Modul 1,5
Modul 2,0	Modul 2,5	Modul 3,0	Modul 4,0	Modul 5,0	Modul 6,0
Modul 8,0					

Modul-Reihe 2

Modul 0,75	Modul 3,5	Modul 7,0
------------	-----------	-----------

Drehsinn je
Zahnradstufe
wechselseitig



Verzahnung schräg

zu suchen	bekannte Einheit	Formel
Zähnezahl	Teilkreis-Ø, Normalmodul und Schrägungswinkel	$\frac{d \cdot \cos \beta}{m_n}$
	Kopfkreis-Ø, Normalmodul und Schrägungswinkel	$\frac{(d_a - 2 m_n) \cdot \cos \beta}{m_n}$
Normal- Modul	Normalteilung p _{n0}	$\frac{p_{n0}}{\pi}$
	Teilkreis-Ø, Zähnezahl und Schrägungswinkel	$\frac{d \cdot \cos \beta}{z}$
Stirnmodul	Kopfkreis-Ø, Zähnezahl und Schrägungswinkel	$\frac{d_a}{\frac{z}{\cos \beta} + 2}$
	Stirnteilung p _s	$\frac{p_s}{\pi}$
Teilkreis-Ø	Normalmodul und Schrägungswinkel	$\frac{m_n}{\cos \beta}$
	Teilkreis-Ø und Zähnezahl	$\frac{d}{z}$
Zähnezahl, Normalmodul und Schrägungswinkel	Zähnezahl, Normalmodul und Schrägungswinkel	$\frac{z \cdot m_n}{\cos \beta}$
	Zähnezahl, Kopfkreis-Ø und Schrägungswinkel	$\frac{z \cdot d_a}{z + 2 \cdot \cos \beta}$
Kopfkreis-Ø	Kopfkreis-Ø und Normalmodul	$d_a - 2 \cdot m_n$
	Zähnezahl, Normalmodul und Schrägungswinkel	$\left(\frac{z}{\cos \beta} + 2\right) m_n$
Achsabstand	Teilkreis-Ø und Normalmodul	$d + 2m_n$
	Teilkreis-Ø, Zähnezahl und Schrägungswinkel	$d + \frac{2d \cdot \cos \beta}{z}$
Schrägungswinkel	Zähnezahl, Normalmodul und Schrägungswinkel	$\left(\frac{z_1 + z_2}{2}\right) \frac{m_n}{\cos \beta}$
	Teilkreis-Ø und Teilkreis-Ø	$\frac{d_1 + d_2}{2}$
Normalmodul u. Stirnmodul	Normalmodul u. Stirnmodul	$\frac{m_n}{m_s} = \cos \beta$
	Normalmodul, Zähnezahl und Teilkreis-Ø	$\frac{z \cdot m_n}{d} = \cos \beta$

Empfehlungen für die Schmierung von Stirnzahnradgetrieben

Umfangsgeschwindigkeit	Schmierungsart	Schmierstoff
bis 1 m/s	Auftragschmierung	Haftschmierstoff
bis 4 m/s	Tauchschröpfung/Sprühsmierung	Fett/Haftschröpfung
bis 15 m/s	Tauchschröpfung	Öl
über 15 m/s	Druckumlauf- oder Spritzschmierung	Öl

Hinweise zu den Drehmomentangaben im Katalog

Die Drehmomentangaben zu Zahnrädern (in den Maßtabellen, zul. MD in Nm bzw. Ncm) beziehen sich nur auf die Verzahnung, ohne Berücksichtigung von Wellendurchmesser und Passfedergröße.

Die Tragfähigkeitsberechnungen basieren auf den Grundlagen der Grübchentragsfähigkeit (Pittings) der Zahnflanken sowie der auftretenden Zahnfußspannung. Berechnungsgrundlage ist DIN 3990 (Methode B). Es wurden folgende Berechnungsannahmen gemacht:

Berechnungsfaktor/Einflussgröße	Abkürzung	Wert	Bemerkung
Berechnungsverfahren	-	-	DIN 3990, Methode B
DIN Qualität	-	8	-
Zähnezahlverhältnis	U	1	Ist $U > 1$, so steigt für V-Null-Verzahnungen die Flankensicherheit an, die Fußsicherheit sinkt. Überprüfen Sie bei anderen Zähnezahlverhältnissen jeweils Ritzel und Rad getrennt voneinander!
Herstellungswerkzeug: Kopfhöhe/Fußhöhe/ Kopfabrundung	$h_{aP0}/h_{fP0}/r_{ho_{aP0}}$	1,25/1/0,25	Wälzfräser
Flankensicherheit	S_H	1,0	Dauerfest 10.000 h (bei Stahlwerkstoffen)
Zahnfußsicherheit	S_F	1,5	Dauerfest 10.000 h (bei Stahlwerkstoffen)
Anwendungsfaktor	K_A	1,25	Industriegetriebe, gleichmäßige, leichte Stöße.
Dynamikfaktor	K_V	1,0	Im Regelfall ohne großen Einfluss.
Breitenlastverteilung	$K_{H\beta}$	1	Idealisiert, setzt präzise, steife und symmetrische Lagerung voraus.
Schmierstoff/Rauheit Geschwindigkeitsfaktor	$Z_L * Z_V * Z_R$	1	<ul style="list-style-type: none"> • ausreichende Ölschmierung • relative Rauheit $R_{Z100} = 10$ • Umfangsgeschwindigkeit 10 m/s
Lebensdauerfaktor	Z_N	1	Dauerfestigkeit 10.000 h (Bei Stahlwerkstoffen)
Betriebstemperatur für Kunststoffzahnäder	T_{Betr}	bis 60°C	die Werkstoffkennwerte von Kunststoffzahnädern sind stark temperaturabhängig

Die Tragfähigkeit eines Zahnrades hängt von vielen Faktoren ab. Die angegebenen Drehmomente stellen Richtwerte dar, um die Auswahl zu erleichtern. Bei Bedarf ist für den jeweiligen Anwendungsfall eine spezifische Festigkeits- und Tragfähigkeitsberechnung durchzuführen.

Die Verschleißlebensdauer wird je nach Betriebsbedingungen durch entsprechende Fett/Ölschmierung beeinflusst. Beachten Sie weiterhin, dass es bei unzureichender Schmierung zum Fressen der Zahnradflanken kommen kann.

WICHTIG

Bitte überprüfen Sie das zulässige Moment immer getrennt sowohl für die Ritzel- als auch für die Radseite!
Für Kunststoffstirnzahnäder wird aufgrund der größeren

Elastizität mit einem $K_{H\beta}$ von 1 gerechnet. Für Messing und Zink-Druckguss wird ebenfalls ein $K_{H\beta}$ von 1 angesetzt, da für diese Werkstoffe ein gutes Einlaufverhalten vorausgesetzt wird.

Für die verwendeten Werkstoffe werden folgende Kennwerte zugrunde gelegt:

Werkstoff	zulässige Biegeschwefestigkeit s_{bw} in N/mm ²	Zulässige Flankenpressung s_{Hlim} in N/mm ²
POM	28 (VDI-2545)	40 (VDI-2545)
Polyacetal	28 (VDI-2545)	40 (VDI-2545)
PA12G	40	48
ZnAl4Cu1	60	150
Ms58 (2.0401)	100	250
11SMnPb30+SH (1.0718)	150	350
C45 normalisiert	200	590
42CrMo4 gehärtet	350	1360
16MnCr5 einsatzgehärtet	400	1630
X10CrNiS18 9 (1.4305, rostfrei, austenitisch)	200	400

Natürliche Größe der Modulverzahnung nach DIN 867 BP II (Zahnhöhe = 2,25 x Modul)

Modul 0,3



Modul 0,5



Modul 0,7



Modul 1



Modul 1,25



Modul 1,5



Modul 1,59 (Teilung 5 mm)



Modul 2



Modul 2,5



Modul 3



Modul 3,18 (Teilung 10 mm)



Modul 4



Modul 5



Modul 6



Modul 8

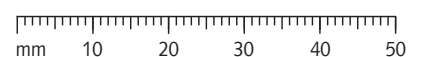


Modul 10



Hinweis

Die Größe wird im Printkatalog richtig dargestellt. Beim Ausdruck auf einem Bürodrucker ist die Ausgabe meistens verkleinert. Die Darstellung der Größe auf dem Bildschirm ist abhängig vom Monitor und vom eingestellten Zoom-Faktor.



Modul / Diametral Pitch / Circular Pitch - Umrechnungen und Vergleichstabelle

Der Modul (m) in mm ist die Durchmessererteilung und entspricht dem Teilkreisdurchmesser in mm geteilt durch die Zähnezahl z.

Diametral Pitch und Circular Pitch werden im angloamerikanischen Maßsystem verwendet.

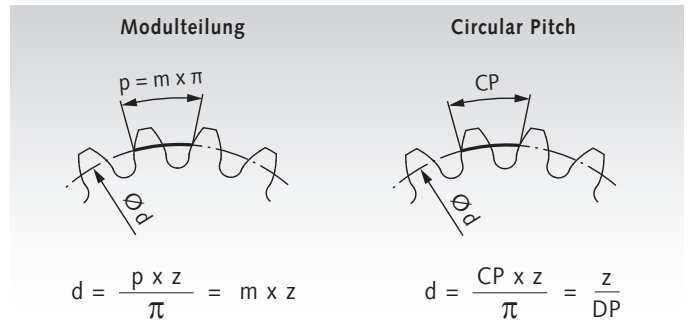
Diametral Pitch (DP) in 1/Zoll ist die Anzahl Zähne geteilt durch den Teilkreisdurchmesser in Zoll.

Circular Pitch (CP) in Zoll ist die Teilung, also der Abstand von Zahn zu Zahn, als Bogenmaß auf dem Teilkreis.

$$m = \frac{d}{z} = \frac{p}{\pi} = \frac{25,4}{DP}$$

$$DP = \frac{z}{d} = \frac{\pi}{CP} = \frac{25,4}{m}$$

$$CP = \frac{d \times \pi}{z} = \frac{\pi}{DP} = \frac{p}{25,4}$$



m [mm] = Modul
 d [mm] = Teilkreisdurchmesser für Modulberechnung
 d [Zoll] = Teilkreisdurchmesser für Berechnung von DP und CP
 z = Zähnezahl
 p [mm] = Teilung (metrisch)
 π = Kreiszahl = 3,141592654...
 DP [1/Zoll] = Diametral Pitch
 CP [Zoll] = Circular Pitch (Teilung zöllig)

In der Vergleichstabelle ist der Standardwert als Ausgangswert fettgedruckt.

Die danebenstehenden, umgerechneten Werte mit drei Dezimalstellen sind zum Teil irrationale Zahlen und gerundet angegeben.

Modul mm	DP 1/Zoll	CP Zoll	Modul mm	DP 1/Zoll	CP Zoll	Modul mm	DP 1/Zoll	CP Zoll
25,4	1	3,142	7,257	3 1/2	0,898	1,814	14	0,224
25,266	1,005	3 1/8	7,074	3,590	7/8	1,75	14,514	0,216
25	1,016	3,092	7	3,629	0,865	1,693	15	0,209
24,255	1,047	3	6,773	3 3/4	0,838	1,588	16	0,196
23,204	1,093	2 7/8	6,569	3,867	13/16	1,516	16,755	3/16
22,578	1 1/8	2,793	6,35	4	0,785	1,5	16,933	0,186
22,234	1,142	2 3/4	6,064	4,189	3/4	1,494	17	0,185
22	1,155	2,721	6	4,233	0,742	1,411	18	0,175
21,223	1,197	2 5/8	5,976	4 1/4	0,739	1,337	19	0,165
20,32	1 1/4	2,513	5,558	4,570	11/16	1,27	20	0,157
20,213	1,257	2 1/2	5,5	4,618	0,68	1,25	20,32	0,155
20	1,270	2,474	5,347	4 3/4	0,661	1,155	22	0,143
19,202	1,323	2 3/8	5,08	5	0,628	1,058	24	0,131
18,473	1 3/8	2,285	5,053	5,027	5/8	1,016	25	0,126
18,191	1,396	2 1/4	5	5,080	0,618	1,011	25,133	1/8
18	1,411	2,226	4,838	5 1/4	0,598	1	25,4	0,124
17,181	1,478	2 1/8	4,618	5 1/2	0,571	0,977	26	0,121
16,933	1 1/2	2,094	4,548	5,585	9/16	0,907	28	0,112
16,170	1,571	2	4,5	5,644	0,557	0,847	30	0,105
16	1,588	1,979	4,417	5 3/4	0,546	0,8	31,75	0,099
15,631	1 5/8	1,933	4,233	6	0,524	0,794	32	0,098
15,160	1,676	1 7/8	4,043	6,283	1/2	0,75	33,867	0,093
14,514	1 3/4	1,795	4	6,350	0,495	0,747	34	0,092
14,149	1,795	1 3/4	3,908	6 1/2	0,483	0,706	36	0,087
14	1,814	1,732	3,629	7	0,449	0,7	36,286	0,087
13,547	1 7/8	1,676	3,537	7,181	7/16	0,668	38	0,083
13,138	1,933	1 5/8	3,5	7,257	0,433	0,635	40	0,079
12,7	2	1,571	3,387	7 1/2	0,419	0,605	42	0,075
12,128	2,094	1 1/2	3,175	8	0,393	0,6	42,333	0,074
12	2,117	1,484	3,032	8,378	3/8	0,577	44	0,071
11,289	2 1/4	1,396	3	8,467	0,371	0,552	46	0,068
11,117	2,285	1 3/8	2,988	8 1/2	0,370	0,529	48	0,065
10,616	2,393	1 5/16	2,822	9	0,349	0,508	50	0,063
10,16	2 1/2	1,257	2,75	9,236	0,34	0,505	50,265	1/16
10,106	2,513	1 1/4	2,674	9 1/2	0,331	0,5	50,8	0,062
10	2,54	1,237	2,54	10	0,314	0,454	56	0,056
9,236	2 3/4	1,142	2,527	10,053	5/16	0,423	60	0,052
9,096	2,793	1 1/8	2,5	10,160	0,309	0,41	62	0,051
9	2,822	1,113	2,309	11	0,286	0,397	64	0,049
8,467	3	1,047	2,25	11,289	0,278	0,385	66	0,048
8,085	3,142	1	2,117	12	0,262	0,3	84,666	0,037
8	3,175	0,989	2,021	12,566	1/4	0,253	100,531	1/32
7,815	3 1/4	0,967	2	12,700	0,247			
7,58	3,351	15/16	1,954	13	0,242			