Die Ermittlung der Kegelrad-Abmessungen

Berechnung und Darstellung der Drehkörper von Präzisions-Kegelrädern und kurzer Abriß der Herstellung

Tabellen
aller Abmessungen für die gebräuchlichsten Übersetzungsverhältnisse

Von

Karl Golliasch
Oberingenieur im Automobilbau

Mit 96 Abbildungen im Text

Berlin · Verlag von Julius Springer · 1923

ISBN-13: 978-3-642-89762-7 e-ISBN-13: 978-3-642-91619-9
DOI: 10.1007/978-3-642-91619-9

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.
Copyright 1923 by Julius Springer in Berlin.
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1923

Vorwort.

Mit vorliegendem Werke soll einem dringenden Bedürfnis der Gegenwart, Ersparnis an Zeit und Arbeitskräften, wo solche ohne Beeinträchtigung der Ziele möglich ist, entsprochen werden. Für die meistens vorkommenden Kegelräder wurden Tabellen aller jener Abmessungen aufgestellt, welche bei der Fabrikation gebraucht werden.

Die Berechnung von Stirnrädern ist bei dem fast ausschließlich angewandten Modulsystem sehr einfach. Die Kegelradberechnung dagegen ist infolge der verschiedenen, nur trigonometrisch zu bestimmenden Winkel und einiger davon abhängiger Maße ziemlich kompliziert und zeitraubend.

Es fehlte bisher in der Literatur auch an Bestrebungen, die Formeln auf die einfachste und für Erzielung genauer Resultate zweckmäßigste Form zu bringen.

Alle Abmessungen, die überflüssig sind, wurden weggelassen, um die Werkstätte nicht mit Ballast zu beschweren, welcher nur die Zeichnung unübersichtlich macht.

Es fehlten auch bislang Angaben, mit welchem Genauigkeitsgrad die Maße ermittelt und angegeben werden müssen, woraus sich Unklarheiten über die zu verwendenden Hilfsmittel bei der Berechnung ergaben. Nur eine genaue, fehlerfreie Rechnung schafft die brauchbaren Vorbedingungen für eine präzise Herstellung und damit des guten Laufes der Kegelräder.

Die genaue Berechnung nach den bekannten Formeln nimmt einen geübten, sicheren Rechner 2—3 Stunden in Anspruch. Die unbedingt nötige, unabhängig durchgeführte Kontrollrechnung dauert ebensolang und mit dem Vergleichen und Bestimmen der richtigen Resultate ergibt sich ein Gesamtaufwand von 8—10 Stunden. Beim Gebrauch der Tabellen kommt man mit 15—30 Minuten aus, erzielt also eine Zeitersparnis hochwertiger Arbeitskräfte von 90—95 %!

Das vorliegende Werk füllt also mehrfach Lücken der bisherigen Literatur aus und wird dazu beitragen, viele Mißhelligkeiten zwischen Büro und Betrieb zu beseitigen, den Arbeitsgang reibungsfrei zu gestalten und unnötige Kosten zu vermeiden.

Die Anschaffungskosten des Buches amortisieren sich so in allerkürzester Zeit.

Möge es also hinausgehen in die Büros der Zahnrad-, Automobil- und Maschinenfabriken, um den angestrebten Zweck zu erfüllen, um die ersparte Zeit und Geistesarbeit andern Zwecken nutzbar machen zu können.

Anregungen zur Vervollkommnung und weiteren Ausgestaltung werde ich selbstverständlich gerne folgen und bei späteren Auflagen, wenn angängig, berücksichtigen.

Berlin-Johannisthal, im Juli 1923.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Einteilung der Kegelräder 5

Einleitung 6

Kegelräder nach Bilgram:

Berechnung der Räder ohne Korrektion . . . 8

Zeichnungsschema 9

Tabellen der Räder ohne Korrektion 10

Berechnung der Räder mit Korrektion 28

Zeichnungsschema 29

Korrektions-Diagramme 30

Tabellen der Räder mit Korrektion 32

(Herstellung der Kegelräder) 32

(Gehärtete Räder) 37

(Verzahnungsmaschinen) 38

(Vorfräsmaschinen) 41

(Über das Messen und Kontrollieren) 44

Seite

(Anleitung für Einstellung von Kegelrädern bei der Montage) 48

Berechnung der Kegelräder mit Achsenwinkel $\leqslant 90^0$ 52

Zeichnungsschema 53

Tabellarische Ermittlung der Abmessungen . . 54

Kegelräder nach Gleason:

Geradzahnige Räder für 90^0 Achsenwinkel . . 56

Spiralkegelräder:

Nach Reinecker 58

Nach Beettcher 58

Nach Gleason 59

Berechnungsbeispiel 60

Vergleichstabelle der Bezeichnungen verschiedener Firmen 61

Einteilung der Kegelräder.

Man kann eine Einteilung nach verschiedenen Gesichtspunkten vornehmen:

A) **Nach der Lage der beiden zu verbindenden Wellen, d. h. nach dem Achsenwinkel.**

1) Kegelräder mit spitzem Achsenwinkel ω (Grenzfall: $\omega = 0^0$, Stirnrad).
2) Kegelräder mit 90^0 Achsenwinkel.
3) Kegelräder mit stumpfem Achsenwinkel.
   a) Außenkegelrad.
   b) Innenkegelrad.
   c) Kron- oder Plankegelrad (Grenzfall mit Teilkreiswinkel $\delta = 90^0$).

B) **Nach der Gestaltung der Zähne.**

1) Gerade Zähne. Die Zahnflanken verlaufen in geraden Linien zum Scheitelpunkt. (Bilgram, Gleason u. a.) Zahnhöhe und Zahnstärke am Außenergänzungskegel am größten (Abb. 1).
2) Schräge oder Spiralzähne. Entstehen durch Abwicklung einer geraden, nicht in den Scheitelpunkt laufenden Linie auf dem Kegelmantel. (Reinecker, Abb. 2).
   Oder in Form einer archimedischen Spirale verlaufende Zähne (Renk).
3) Bogenförmige Zähne. Die Zahnflanken entstehen durch Abwicklung von Kreisbogen auf dem Kegelmantel, deren Mittelpunkt nicht mit dem Scheitelpunkt zusammenfällt, und sehen den spiralverzahnten ähnlich.
   Die Zahnhöhe und Zahnstärke sind außen und innen gleich (Boettcher & Geßner).
   Verjüngte Zähne wie bei geradzahnigen Rädern (Gleason, Abb. 3 u. 4).

C) **Nach dem Herstellungsverfahren.**

1) Kegelräder mit rohen, gegossenen oder gepreßten Zähnen.
2) Kegelräder mit gewalzten Zähnen.
3) Kegelräder mit durch Modulfräser gefrästen Zähnen (Annäherungsverfahren).
4) Kegelräder mit gehobelten Zähnen (Gruppe B 1, 2).
5) Kegelräder mit durch Messerkopf gefrästen Zähnen (Gruppe B 3).
6) Kegelräder mit durch Fingerfräser gefrästen Zähnen (Renk).

Nur die Gruppen C 4 und 5 können als Präzisionskegelräder bezeichnet werden, sofern sie nach dem Abwälzverfahren hergestellt werden.

Abb. 1. Geradzahnige Kegelräder.

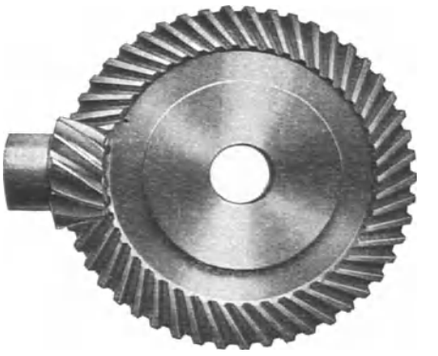


Abb. 2. Spiralkegelräder nach Reinecker.

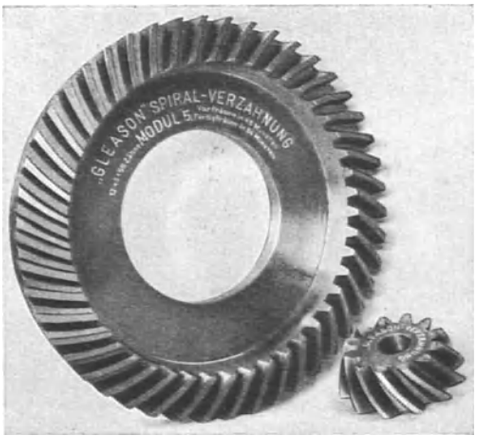


Abb. 3 u. 4. Spiralkegelräder nach Gleason.

Einleitung.

Ein kurzer Abriß über die Fabrikation der Präzisionskegelräder (Seite 32) soll die nachfolgenden Berechnungen verständlicher machen.

An Beispielen wird gezeigt, wie die Arbeitsfolge am zweckmäßigsten, die zeichnerische Darstellung am deutlichsten erfolgt. Die Berechnung der am häufigsten vorkommenden Räder, mit geraden Zähnen und 90^0 Achsenwinkel ist vorweg genommen und sind für solche Räder mit Zähnezahlen von 8 bis 60 für Rad, 8 bis 40 für Trieb die untenstehend näher erläuterten Tabellen gegeben; dieselben sind aufgestellt für die bis jetzt noch am häufigsten verwendete Kegelradhobelmaschine System Bilgram. Ebenso das darauffolgende Kapitel über Räder mit Achsenwinkel $\gtrless 90^0$. Das nächste Kapitel sind die geradzahnigen Räder nach Gleason. Auf dieses folgt das Kapitel über Spiralkegelräder von Reinecker, welches eine Fortentwicklung des Systems Bilgram darstellt. Nun folgen die Boettcher- und schließlich die Gleason-Spiralkegelräder bzw. Räder mit bogenförmigen Zähnen. Es ist beabsichtigt, in einem zweiten Band die Tabellen auf einen größeren Umfang zu erweitern und auch die Räder mit bogenförmigen Spiralzähnen rechnerisch und tabellarisch zu erfassen.

In der Praxis hat sich gezeigt, daß die gewöhnlich zur Verfügung stehenden trigonometrischen Tabellen, Logarithmen in Handbüchern, Rechenschieber usw. für die einwandfreie Berechnung von Kegelrädern nicht genügen. Die im Vorliegenden angegebenen Tabellenwerte sind mit siebenstelligen Logarithmen der natürlichen Zahlen und der trigonometrischen Funktionen aufs genaueste berechnet, mehrfach kontrolliert und dann auf den für die Werkstatt ausreichenden Stellenwert abgerundet. Wo es mit Rücksicht auf die Multiplikation mit Modul von 10 aufwärts und von Zahnbreiten über 100 mm tunlich schien, den Stellenwert so zu geben, daß auch nach der Multiplikation der für den Gebrauch nötige Stellenwert sich ergibt, machen Fußnoten darauf aufmerksam, auf wieviel Stellen das betreffende Maß in der Zeichnung anzugeben ist.

Bei Kegelrädern von weniger als 25 Zähnen und größerer Übersetzung wie 2 : 3 wird im allgemeinen zwecks Vermeidung des Unterschneidens der Triebzähne die sogenannte Höhenkorrektion angewandt. Über die Größe der Korrektion haben sich die Zahnrad- und Werkzeugmaschinenfabriken bisher nicht geeinigt. Es ist anzunehmen, daß hierin die Arbeiten an den DI-Normen die wünschenswerte Vereinfachung bringen, damit Kegelräder verschiedenen Fabrikates auswechselbar werden. Für das von mir angegebene Korrektionsdiagramm und die Tabellen der von der Korrektion beeinflußten Werte habe ich vorläufig nur das am meisten zur Anwendung kommende System Bilgram zugrunde gelegt. Die Bilgram-Kegelradhobelmaschinen (Fabrikat J. E. Reinecker A.-G., Chemnitz/Sa.) sind zur Zeit noch am zahlreichsten in den Fabriken vertreten. Sofern darin eine Wandlung eintreten sollte, werden spätere Auflagen dieses Buches darauf Rücksicht nehmen müssen. Über den Gebrauch des Höhenkorrektionsdiagramms gibt die Tabelle auf Seite 29 Aufschluß.

Neben der Höhenkorrektion wird auch noch oft die Seitenkorrektion angewandt, welche aber auf die Gestaltung der Kegelrad-Drehkörper keinen Einfluß hat.

Über die Zahnfußhöhe findet man Angaben in Taschenbüchern, welche von denen der Firma Reinecker für Methode Bilgram abweichen. Erstere geben an, daß die Zahnfußhöhe 1,166 oder auch 1,16 mal der Zahnkopfhöhe bzw. Modul zu nehmen sei, letztere 1,1236 mal. Bei den neuerdings stark in Aufnahme kommenden Gleasonmaschinen wird 1,157, neuerdings sogar 1,188 vorgeschrieben und, da die Schneidwerkzeuge mehr oder weniger diesen Koeffizienten angepaßt sind, muß man sich bei gegebener Maschinentype daran halten.

Um das Werk nicht zu umfangreich werden zu

lassen, wodurch die angestrebte Übersichtlichkeit gelitten hätte, habe ich die oben angegebenen Grenzen für die Zähnezahlen gewählt und die Abmessungen, welche vom Modul beeinflußt werden, nur für Modul 1 gegeben. Für einen anderen Modul ist der Tabellenwert nur mit dem Modul zu multiplizieren, um die gesuchte Abmessung zu erhalten. Die Zahnlänge ist in analoger Weise für Zahnbreite 1 angegeben. Siehe nachstehende Beispiele.

Beispiele.

1) Wie groß ist der Außendurchmesser eines Rades von 35 Zähnen, Modul 3,75, welches mit einem Trieb von 26 Zähnen zusammenarbeitet?

Beim Nachschlagen, Seite 10, ergibt sich zunächst, daß es sich um Räder ohne Korrektion handelt.

Auf Seite 22 findet man:

36,193 mm Außendurchmesser D_1 für Modul 1;

mal 3,75 gibt: 135,72375 mm, der gesuchte Wert, welcher in die Zeichnung

mit: **135,72** mm eingeschrieben wird.

2) Wie groß ist die Zahnfußdistanz eines Rades von 51 Zähnen, welches mit einem Trieb von 17 Zähnen, Modul 5, kämmen soll?

Auf Seite 10 ist nichts zu finden, dagegen auf Seite 32, es handelt sich also um Räder mit Korrektion.

Auf Seite 44 findet man:

26,914 mm Zahnfußdistanz E_1 für Modul 1;

mal 5 gibt: 134,570 mm, die gesuchte Abmessung, welche in die Zeichnung

mit: **134,57** mm eingeschrieben wird.

3) Wie groß ist der Außenkreisabstand eines Triebes von 22 Zähnen, Modul 10, welcher als Gegenrad ein solches von 36 Zähnen hat?

Wieder wird zunächst Seite 10 nachgeschlagen, welche ergibt, daß es sich entgegen der oben erwähnten Definition der korrigierten Räder doch um unkorrigierte handelt. Das Korrektionsdiagramm zeigt keinen Schnittpunkt der Zähnezahlen 22 und 36 und man ersieht unschwer, daß in der Nähe des gedachten Schnittpunktes der zulässige Zahnkopfwinkel dem normalen gleich wird, der Korrektionswinkel daher $= 0$ ist.

Auf Seite 25 findet man:

17,48 mm Außenkreisabstand A_2 für Modul 1;

mal 10 gibt: 174,8 mm, der gesuchte Wert, welcher in die Zeichnung

mit: **174,8** mm eingeführt wird.

Die Abmessungen, welche von der Zahnbreite abhängen, in erster Linie das Maß, welches ich mit Zahnlänge bezeichne, weil es die Abstichlänge beeinflußt und die Bezeichnung Zahnbreite, welche richtiger Zahnlänge hieße, zu sehr in den Sprachgebrauch übergegangen ist, werden gefunden, indem man den Wert der Tabelle für Zahnbreite 1 mit der gegebenen Zahnbreite, welche zweckmäßig nicht größer als $^1/_3$ der Distanz E gewählt wird, multipliziert. Aus der Formel für L ist zu ersehen, daß die Zahnlänge vom Modul unabhängig ist.

4) Wie groß ist die Zahnlänge eines Triebes von 13 Zähnen, Zahnbreite 30 mm, welcher mit einem Rad von 47 Zähnen zusammenarbeitet?

Es handelt sich, nach Seite 32, um Räder mit Korrektion.

Auf Seite 51 findet man:

0,9490 mm Zahnlänge L_2 für Zahnbreite 1;

mal 30 gibt: 28,4700 mm, die gesuchte Abmessung, welche

mit: **28,5** mm in die Zeichnung übertragen wird.

Berechnung der Normal-Kegelräder (ohne Korrektion) *).
90° Achsenwinkel, gerade Zähne.

Übersetzungsverhältnis U bzw. u. (Man spricht von Übersetzung $1:U$, wobei $U \geqq 1 \geqq u$.)

Maßbezeichnung:

Maße, welche bei Rad und Trieb gleich sind (als „Rad" bezeichnet man das größere, als „Trieb" das kleinere der beiden Kegelräder):

		Anzugeben in			Anzugeben in
m	Modul $\left(=\frac{t}{\pi}\right)$	—	β	Zahnkopfwinkel	Grad, Min. mit 1 Dez.
t	Teilung $(t = m \cdot \pi)$	mm mit 2 Dez.	γ	Zahnfußwinkel	Grad, Min. mit 1 Dez.
k	Zahnkopfhöhe	mm mit 2 Dez.	b	Zahnbreite	mm
f	Zahnfußhöhe	mm mit 2 Dez.	s	Zahnstärke	mm mit 2 Dez.
h	Zahnhöhe	mm mit 2 Dez.	E	Zahnfuß-Distanz	mm mit 2 Dez.

Maße, welche für Rad und Trieb verschieden sind (für das Rad ist Index 1, für den Trieb Index 2 gewählt):

			Anzugeben in				Anzugeben in
z_1	z_2	Zähnezahl	—	D_1	D_2	Außendurchmesser	mm mit 2 Dez.
δ_1	δ_2	Teilkreiswinkel	Grad, Min. mit 1 Dez.	A_1	A_2	Außenkreisabstand	mm mit 1 Dez.
α_1	α_2	Außenwinkel	Grad, Min. mit 1 Dez.	L_1	L_2	Zahnlänge	mm mit 1 Dez.
d_1	d_2	Teilkreisdurchmesser . .	mm mit 2 Dez.				

Gang der Rechnung:

Gegeben: m, z_1, z_2, b. Zu berechnen: $U, u, \delta_1, \delta_2, \beta, \gamma, \alpha_1, \alpha_2, k, f, h, d_1, d_2, E, D_1, D_2, A_1, A_2, L_1, L_2$.

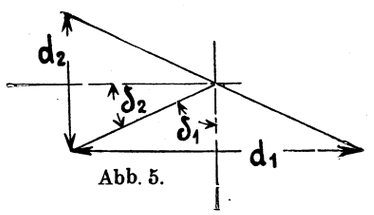


Abb. 5.

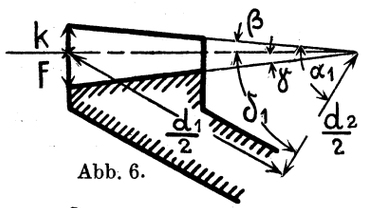


Abb. 6.

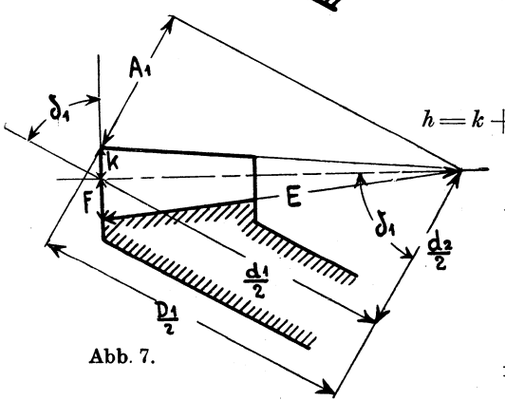


Abb. 7.

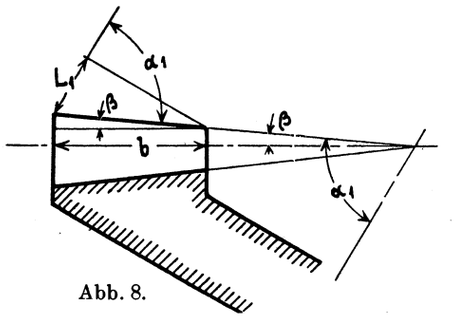


Abb. 8.

Formelableitung:

$$\operatorname{tg}\delta_1 = \frac{\frac{1}{2}d_1}{\frac{1}{2}d_2} = \frac{z_1 \cdot m}{z_2 \cdot m} = \frac{z_1}{z_2}.$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{k}{\sqrt{\frac{d_1^2}{4}+\frac{d_2^2}{4}}} = \frac{m}{\frac{1}{2}\sqrt{z_1^2 \cdot m^2 + z_2^2 m^2}} = \frac{m}{\frac{m}{2}\sqrt{z_1^2+z_2^2}} = \sqrt{\frac{4}{z_1^2+z_2^2}}.$$

$$f = 1{,}1236\, k.$$

$$h = k + f = m + 1{,}1236 \cdot m = 2{,}1236 \cdot m.$$

$$E^2 = \frac{d_1^2+d_2^2}{4} + f^2 = \frac{z_1^2 \cdot m^2 + z_2^2 \cdot m^2}{4} + 1{,}1236^2 \cdot m^2 = m^2\left(\frac{z_1^2+z_2^2}{4} + 1{,}1236^2\right).$$

$$\frac{D_1}{2} = \frac{d_1}{2} + m \cdot \cos\delta_1 = m\left(\frac{z_1}{2} + \cos\delta_1\right).$$

$$A_1 = \frac{d_2}{2} - m \cdot \sin\delta_1 = m\left(\frac{z_2}{2} - \sin\delta_1\right). = m\left(\frac{z_2}{2} - \cos\delta_2\right).$$

$$\frac{L_1}{\cos\alpha_1} = \frac{b}{\cos\beta}.$$

$$U = \frac{z_1}{z_2} \quad \text{(Seite 10).}$$

$$u = \frac{z_2}{z_1} \quad \text{(Seite 11).}$$

$$\operatorname{tg}\delta_1 = \frac{z_1}{z_2} = U \quad \text{(Seite 12).}$$

$$\operatorname{tg}\delta_2 = \frac{z_2}{z_1} = u \quad \text{(Seite 13).}$$

$$\operatorname{tg}\beta = \sqrt{\frac{4}{z_1^2+z_2^2}} \quad \text{(Seite 14).}$$

$$\operatorname{tg}\gamma = 1{,}1236 \cdot \operatorname{tg}\beta \quad \text{(Seite 15).}$$

$$\alpha_1 = \delta_1 + \beta \quad \text{(Seite 16).}$$

$$\alpha_2 = \delta_2 + \beta \quad \text{(Seite 17).}$$

$$k = m$$
$$f = 1{,}1236 \cdot m$$
$$h = 2{,}1236 \cdot m$$
$$d_1 = z_1 \cdot m$$
$$d_2 = z_2 \cdot m$$
(Seite 18/19).

$$E = m \cdot \sqrt{\frac{z_1^2+z_2^2}{4} + 1{,}262477} \quad \text{(Seite 20).}$$

$$D_1 = m\,(z_1 + 2\cos\delta_1) \quad \text{(Seite 22).}$$

$$D_2 = m\,(z_2 + 2\cos\delta_2) \quad \text{(Seite 23).}$$

$$A_1 = m\left(\frac{z_2}{2} - \cos\delta_2\right) \quad \text{(Seite 24).}$$

$$A_2 = m\left(\frac{z_1}{2} - \cos\delta_1\right) \quad \text{(Seite 25).}$$

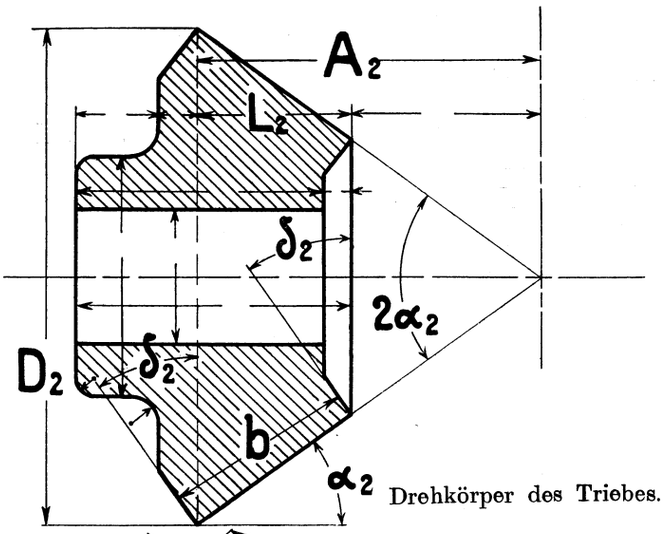
$$L_1 = b \cdot \frac{\cos\alpha_1}{\cos\beta} \quad \text{(Seite 26).}$$

$$L_2 = b \cdot \frac{\cos\alpha_2}{\cos\beta} \quad \text{(Seite 27).}$$

*) Bei kleinen Zähnezahlen ergibt sich bei dem meist verwendeten Eingriffswinkel von 15° starker Unterschnitt des Zahnfußes, welcher durch Höhenkorrektion verringert werden kann. Wenn beide Räder wenig Zähne haben, ist Korrektion nicht angängig, es ist dann die Anwendung von 20° Eingriffswinkel zu empfehlen. Es würde sonst um das, was der Trieb durch die Korrektion verbessert wird, das Rad verschlechtert werden und so der Nutzen der Korrektion illusorisch. Räder mit Korrektion siehe Seite 28.

Kegelräder ohne Korrektion (Normal-Kegelräder). 90° Achsenwinkel, gerade Zähne.

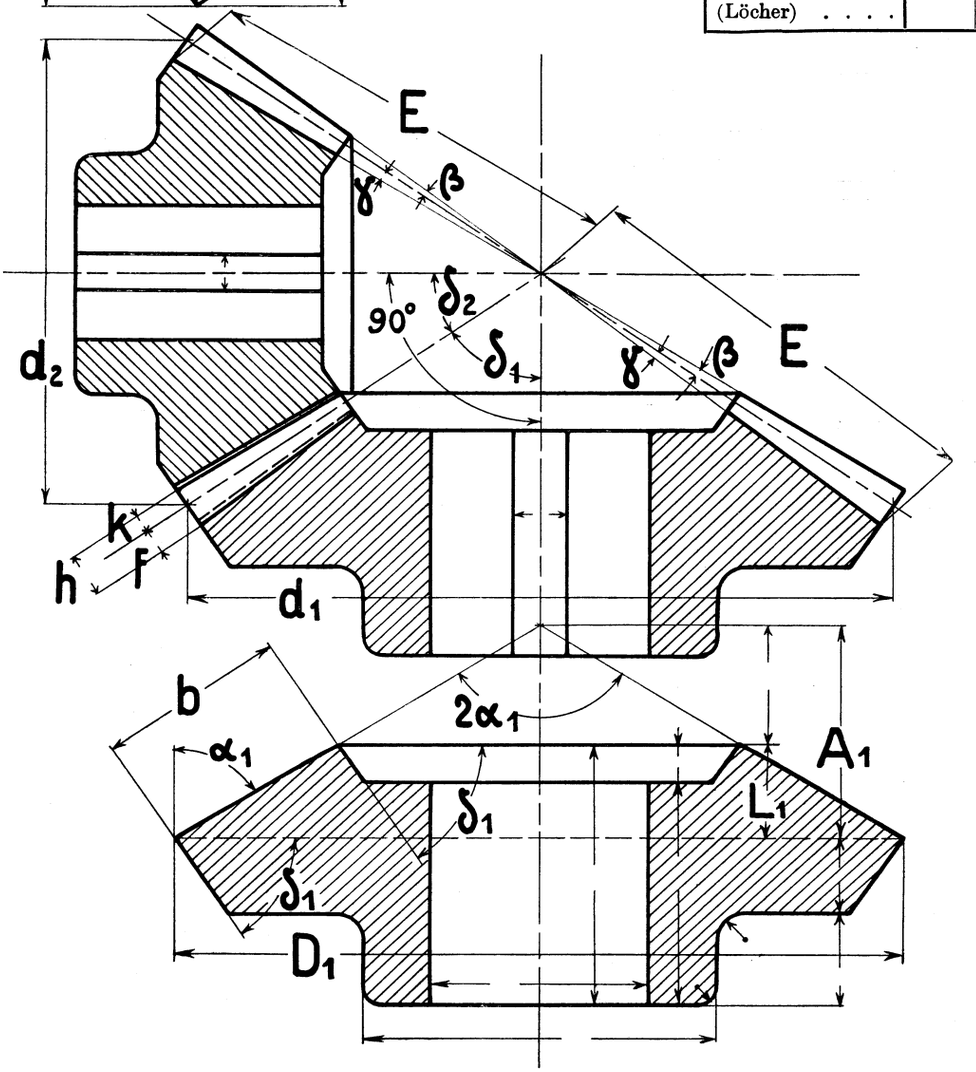
Zeichnungsschema.



Drehkörper des Triebes.

Übersetzung U bzw. u.

	Rad	Trieb
Zähnezahl . . .	z_1	z_2
Ohne Korrektion!		
Modul	m	
Teilkreis ∢ . . .	δ_1	δ_2
Zahnfuß ∢ . . .	γ	
Zahnfuß-Distanz .	E	
Zahnhöhe	h	
Außen ϕ	D_1	D_2
Verstellung . . .	Siehe Tabelle f. Zahnstärke	
(Löcher)		



Drehkörper des Rades.

Abb. 9.

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
50																	2,083	50
49																	2,042	49
48																	2,0	48
47																	1,958	47
46																	1,917	46
45																	1,875	45
44																	1,833	44
43																1,870	1,792	43
42																1,826	1,75	42
41																1,783	1,708	41
40																1,739	1,667	40
39																1,696	1,625	39
38															1,727	1,652	1,583	38
37															1,682	1,609	1,542	37
36															1,636	1,565	1,5	36
35															1,591	1,522	1,458	35
34															1,545	1,478	1,417	34
33														1,571	1,5	1,435	1,375	33
32														1,524	1,455	1,391	1,333	32
31														1,476	1,409	1,348	1,292	31
30													1,5	1,429	1,364	1,304	1,25	30
29												1,526	1,45	1,381	1,318	1,261	1,208	29
28												1,474	1,4	1,333	1,273	1,217	1,167	28
27											1,5	1,421	1,35	1,286	1,227	1,174	1,125	27
26										1,529	1,444	1,368	1,3	1,238	1,182	1,130	1,083	26
25										1,471	1,389	1,316	1,25	1,190	1,136	1,087	1,042	25
24									1,5	1,412	1,333	1,263	1,2	1,143	1,091	1,043	1,0	24
23								1,533	1,438	1,353	1,278	1,211	1,15	1,095	1,045	1,0		
22								1,467	1,375	1,294	1,222	1,158	1,1	1,048	1,0			
21							1,5	1,4	1,313	1,235	1,167	1,105	1,05	1,0				
20						1,538	1,429	1,333	1,25	1,176	1,111	1,053	1,0					
19						1,462	1,357	1,267	1,188	1,118	1,056	1,0						
18					1,5	1,385	1,286	1,2	1,125	1,059	1,0							
17				1,545	1,417	1,308	1,214	1,133	1,063	1,0								
16				1,455	1,333	1,231	1,143	1,067	1,0									
15			1,5	1,364	1,25	1,154	1,071	1,0										
14		1,556	1,4	1,273	1,167	1,077	1,0											
13		1,444	1,3	1,182	1,083	1,0												
12	1,5	1,333	1,2	1,091	1,0													
11	1,375	1,222	1,1	1,0														
10	1,25	1,111	1,0															
9	1,125	1,0																
8	1,0																	

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
60	2,4	2,308	2,222	2,143	2,069	2,0	1,935	1,875	1,818	1,765	1,714	1,667	1,622	1,579	1,538	1,5	60
59	2,36	2,269	2,185	2,107	2,034	1,967	1,903	1,844	1,788	1,735	1,686	1,639	1,595	1,553	1,513	1,475	59
58	2,32	2,231	2,148	2,071	2,0	1,933	1,871	1,813	1,758	1,706	1,657	1,611	1,568	1,526	1,487	1,45	58
57	2,28	2,192	2,111	2,036	1,966	1,9	1,839	1,781	1,727	1,676	1,629	1,583	1,541	1,5	1,462	1,425	57
56	2,24	2,154	2,074	2,0	1,931	1,867	1,806	1,75	1,697	1,647	1,6	1,556	1,514	1,474	1,436	1,4	56
55	2,2	2,115	2,037	1,964	1,897	1,833	1,774	1,719	1,667	1,618	1,571	1,528	1,486	1,447	1,410	1,375	55
54	2,16	2,077	2,0	1,929	1,862	1,8	1,742	1,688	1,636	1,588	1,543	1,5	1,459	1,421	1,385	1,35	54
53	2,12	2,038	1,963	1,893	1,828	1,767	1,710	1,656	1,606	1,559	1,514	1,472	1,432	1,395	1,359	1,325	53
52	2,08	2,0	1,926	1,857	1,793	1,733	1,677	1,625	1,576	1,529	1,486	1,444	1,405	1,368	1,333	1,3	52
51	2,04	1,962	1,889	1,821	1,759	1,7	1,645	1,594	1,545	1,5	1,457	1,417	1,378	1,342	1,308	1,275	51
50	2,0	1,923	1,852	1,786	1,724	1,667	1,613	1,563	1,515	1,471	1,429	1,389	1,351	1,316	1,282	1,25	50
49	1,96	1,885	1,815	1,75	1,690	1,633	1,581	1,531	1,485	1,441	1,4	1,361	1,324	1,289	1,256	1,225	49
48	1,92	1,846	1,778	1,714	1,655	1,6	1,548	1,5	1,455	1,412	1,371	1,333	1,297	1,263	1,231	1,2	48
47	1,88	1,808	1,741	1,679	1,621	1,567	1,516	1,469	1,424	1,382	1,343	1,306	1,270	1,237	1,205	1,175	47
46	1,84	1,769	1,704	1,643	1,586	1,533	1,484	1,438	1,394	1,353	1,314	1,278	1,243	1,211	1,179	1,15	46
45	1,8	1,731	1,667	1,607	1,552	1,5	1,452	1,406	1,364	1,324	1,286	1,25	1,216	1,184	1,154	1,125	45
44	1,76	1,692	1,630	1,571	1,517	1,467	1,419	1,375	1,333	1,294	1,257	1,222	1,189	1,158	1,128	1,1	44
43	1,72	1,654	1,593	1,536	1,483	1,433	1,387	1,344	1,303	1,265	1,229	1,194	1,162	1,132	1,103	1,075	43
42	1,68	1,615	1,556	1,5	1,448	1,4	1,355	1,313	1,273	1,235	1,2	1,167	1,135	1,105	1,077	1,05	42
41	1,64	1,577	1,519	1,464	1,414	1,367	1,323	1,281	1,241	1,206	1,171	1,139	1,108	1,079	1,051	1,025	41
40	1,6	1,538	1,481	1,429	1,379	1,333	1,290	1,25	1,212	1,176	1,143	1,111	1,081	1,053	1,026	1,0	40
39	1,56	1,5	1,444	1,393	1,345	1,3	1,258	1,218	1,182	1,147	1,114	1,083	1,054	1,026	1,0		
38	1,52	1,462	1,407	1,357	1,310	1,267	1,226	1,188	1,152	1,118	1,086	1,056	1,027	1,0			
37	1,48	1,423	1,370	1,321	1,276	1,233	1,194	1,156	1,119	1,088	1,057	1,028	1,0				
36	1,44	1,385	1,333	1,286	1,241	1,2	1,161	1,125	1,091	1,059	1,029	1,0					
35	1,4	1,346	1,296	1,25	1,207	1,167	1,129	1,094	1,061	1,029	1,0						
34	1,36	1,308	1,259	1,214	1,172	1,133	1,097	1,063	1,030	1,0							
33	1,32	1,269	1,222	1,179	1,138	1,1	1,065	1,031	1,0								
32	1,28	1,231	1,185	1,143	1,103	1,067	1,032	1,0									
31	1,24	1,192	1,148	1,107	1,069	1,033	1,0										
30	1,2	1,154	1,111	1,071	1,034	1,0											
29	1,16	1,115	1,074	1,036	1,0												
28	1,12	1,077	1,037	1,0													
27	1,08	1,038	1,0														
26	1,04	1,0															
25	1,0																

Übersetzungs-Verhältnis:

$$U = \frac{z_1}{z_2}.$$

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
50																	0,48	50
49																	0,490	49
48																	0,5	48
47																	0,511	47
46																	0,522	46
45																	0,533	45
44																	0,545	44
43																0,535	0,558	43
42																0,548	0,571	42
41																0,561	0,585	41
40																0,575	0,6	40
39																0,590	0,615	39
38															0,579	0,605	0,632	38
37															0,595	0,622	0,649	37
36															0,611	0,639	0,667	36
35															0,629	0,657	0,686	35
34															0,647	0,676	0,706	34
33														0,636	0,667	0,697	0,727	33
32														0,656	0,688	0,719	0,75	32
31														0,677	0,710	0,742	0,774	31
30													0,667	0,7	0,733	0,767	0,8	30
29												0,655	0,690	0,724	0,759	0,793	0,828	29
28												0,679	0,714	0,75	0,786	0,821	0,857	28
27											0,667	0,704	0,741	0,778	0,815	0,852	0,889	27
26										0,654	0,692	0,731	0,769	0,808	0,846	0,885	0,923	26
25										0,68	0,72	0,76	0,8	0,84	0,88	0,92	0,96	25
24									0,667	0,708	0,75	0,792	0,833	0,875	0,917	0,958	1,0	24
23								0,652	0,696	0,739	0,783	0,826	0,870	0,913	0,957	1,0		
22								0,682	0,727	0,773	0,818	0,864	0,909	0,955	1,0			
21							0,667	0,714	0,762	0,810	0,857	0,905	0,952	1,0				
20						0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0					
19						0,684	0,737	0,789	0,842	0,895	0,947	1,0						
18					0,667	0,722	0,778	0,833	0,889	0,944	1,0							
17				0,647	0,706	0,765	0,824	0,882	0,941	1,0								
16				0,688	0,75	0,813	0,875	0,938	1,0									
15			0,667	0,733	0,8	0,867	0,933	1,0										
14		0,643	0,714	0,786	0,857	0,929	1,0											
13		0,692	0,769	0,846	0,923	1,0												
12	0,667	0,75	0,833	0,917	1,0													
11	0,727	0,818	0,909	1,0														
10	0,8	0,9	1,0															
9	0,889	1,0																
8	1,0																	

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
60	0,417	0,433	0,45	0,467	0,483	0,5	0,517	0,533	0,55	0,567	0,583	0,6	0,617	0,633	0,65	0,667	60
59	0,424	0,441	0,458	0,475	0,492	0,508	0,525	0,542	0,559	0,576	0,593	0,610	0,627	0,644	0,661	0,678	59
58	0,431	0,448	0,466	0,483	0.5	0,517	0,534	0,552	0,569	0,586	0,603	0,621	0,638	0,655	0,672	0,690	58
57	0,439	0,456	0,474	0,491	0,509	0,526	0,544	0,561	0,579	0,596	0,614	0,632	0,649	0,667	0,684	0,702	57
56	0,446	0,464	0,482	0.5	0,518	0,536	0,554	0,571	0,589	0,607	0,625	0,643	0,661	0,679	0,696	0,714	56
55	0,455	0,473	0,491	0,509	0,527	0,545	0,564	0,582	0,6	0,618	0,636	0,655	0,673	0,691	0,709	0,727	55
54	0,463	0,481	0,5	0,519	0,537	0,556	0,574	0,593	0,611	0,630	0,648	0,667	0,685	0,704	0,722	0,741	54
53	0,472	0,491	0,509	0,528	0,547	0,566	0,585	0,604	0,623	0,642	0,660	0,679	0,698	0,717	0,736	0,755	53
52	0,481	0,5	0,519	0,538	0,558	0,577	0,596	0,615	0,635	0,654	0,673	0,692	0,712	0,731	0,75	0,769	52
51	0,490	0,510	0,529	0,549	0,569	0,588	0,608	0,627	0,647	0,667	0,686	0,706	0,726	0,745	0,765	0,784	51
50	0,5	0,52	0,54	0,56	0,58	0,6	0,62	0,64	0,66	0,68	0,7	0,72	0,74	0,76	0,78	0,8	50
49	0,510	0,531	0,551	0,571	0,592	0,612	0,633	0,653	0,674	0,694	0,714	0,735	0,755	0,776	0,796	0,816	49
48	0,521	0,542	0,563	0,583	0,604	0,625	0,646	0,667	0,688	0,708	0,729	0,75	0,771	0,792	0,813	0,833	48
47	0,532	0,553	0,574	0,596	0,617	0,638	0,660	0,681	0,702	0,723	0,745	0,766	0,787	0,809	0,830	0,851	47
46	0,543	0,565	0,587	0,609	0,630	0,652	0,674	0,696	0,717	0,739	0,761	0,783	0,804	0,826	0,848	0,870	46
45	0,556	0,578	0,6	0,622	0,644	0,667	0,689	0,711	0,733	0,756	0,778	0,8	0,822	0,845	0,867	0,889	45
44	0,568	0,591	0,614	0,636	0,659	0,682	0,705	0,727	0,75	0,773	0,796	0,818	0,841	0,864	0,886	0,909	44
43	0,581	0,605	0,628	0,651	0,674	0,698	0,721	0,744	0,767	0,791	0,814	0,837	0,861	0,884	0,907	0,930	43
42	0,595	0,619	0,643	0,667	0,690	0,714	0,738	0,762	0,786	0,810	0,833	0,857	0,881	0,905	0,929	0,952	42
41	0,610	0,634	0,659	0,683	0,707	0,732	0,756	0,781	0,805	0,829	0,854	0,878	0,903	0,927	0,951	0,976	41
40	0,625	0,65	0,675	0,7	0,725	0,75	0,775	0,8	0,825	0,85	0,875	0,9	0,925	0,95	0,975	1,0	40
39	0,641	0,667	0,692	0,718	0,744	0,769	0,795	0,821	0,846	0,872	0,897	0,923	0,949	0,974	1,0		
38	0,658	0,684	0,711	0,737	0,763	0,790	0,816	0,842	0,868	0,895	0,921	0,947	0,974	1,0			
37	0,676	0,703	0,730	0,757	0,784	0,811	0,838	0,865	0,892	0,919	0,946	0,973	1,0				
36	0,694	0,722	0,75	0,778	0,806	0,833	0,861	0,889	0,917	0,944	0,972	1,0					
35	0,714	0,743	0,771	0,8	0,829	0,857	0,886	0,914	0,943	0,971	1,0						
34	0,735	0,765	0,794	0,824	0,855	0,882	0,912	0,941	0,971	1,0							
33	0,758	0,788	0,818	0,849	0,879	0,909	0,939	0,970	1,0								
32	0,781	0,813	0,844	0,875	0,906	0,938	0,969	1,0									
31	0,807	0,839	0,871	0,903	0,936	0,968	1,0										
30	0,833	0,867	0,9	0,933	0,967	1,0											
29	0,862	0,897	0,931	0,966	1,0												
28	0,893	0,929	0,964	1,0													
27	0,926	0,963	1,0														
26	0,962	1,0															
25	1,0																

Übersetzungs-Verhältnis:

$$u = \frac{z_2}{z_1}.$$

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
50																	64° 21,5	50
49																	63° 54,3	49
48																	63° 26,1	48
47																	62° 57'	47
46																	62° 26,8	46
45																	61° 55,6	45
44																	61° 23,4	44
43																61° 51,5	60° 49,9	43
42																61° 17,6	60° 15,3	42
41																60° 42,5	59° 39,4	41
40																60° 6,1	59° 2,2	40
39																59° 28,2	58° 23,5	39
38															59° 55,9	58° 48,9	57° 43,5	38
37															59° 15,9	58° 8'	57° 1,8	37
36															58° 34,2	57° 25,6	56° 18,6	36
35															57° 50,9	56° 41,4	55° 33,7	35
34															57° 5,7	55° 55,4	54° 46,9	34
33														57° 31,7	56° 18,6	55° 7,5	53° 58,3	33
32														56° 43,5	55° 29,5	54° 17,6	53° 7,8	32
31														55° 53,1	54° 38,2	53° 25,6	52° 15,2	31
30													56° 18,6	55° 0,5	53° 44,8	52° 31,4	51° 20,4	30
29												56° 46,1	55° 24,5	54° 5,4	52° 48,9	51° 34,9	50° 23,4	29
28												55° 50,4	54° 27,7	53° 7,8	51° 50,6	50° 36'	49° 53,9	28
27											56° 18,6	54° 51,9	53° 28,3	52° 7,5	50° 49,6	49° 34,4	48° 22'	27
26										56° 49,3	55° 18,3	53° 50,5	52° 25,9	51° 4,3	49° 45,8	48° 30,2	47° 17,4	26
25										55° 47'	54° 14,8	52° 45,9	51° 20,4	49° 58,2	48° 39,1	47° 23,1	46° 10,4	25
24									56° 18,6	54° 41,3	53° 7,8	51° 37,9	50° 11,7	48° 48,8	47° 29,4	46° 13,1	45°	24
23								56° 52,3	55° 10,5	53° 31,8	51° 57,2	50° 26,4	48° 59,4	47° 36,1	46° 16,4	45°		
22								55° 42,8	53° 58,3	52° 18,3	50° 42,6	49° 11,1	47° 43,6	46° 19,9	45°			
21							56° 18,6	54° 27,7	52° 41,8	51° 0,5	49° 23,9	47° 51,7	46° 23,8	45°				
20						56° 58,6	55° 0,5	53° 7,8	51° 20,4	49° 38,1	48° 0,8	46° 28,1	45°					
19						55° 37,2	53° 36,9	51° 42,6	49° 53,9	48° 10,8	46° 32,9	45°						
18					56° 18,6	54° 9,7	52° 7,5	50° 11,7	48° 22'	46° 38,2	45°							
17				57° 5,7	54° 46,9	52° 35,7	50° 31,6	48° 34,6	46° 44,1	45°								
16				55° 29,5	53° 7,8	50° 54,4	48° 48,8	46° 50,8	45°									
15			56° 18,6	53° 44,8	51° 20,4	49° 5,1	46° 58,5	45°										
14		57° 15,9	54° 27,7	51° 50,6	49° 23,9	47° 7,3	45°											
13		55° 18,3	52° 25,9	49° 45,8	47° 17,4	45°												
12	56° 18,6	53° 7,8	50° 11,7	47° 29,4	45°													
11	53° 58,3	50° 42,6	47° 43,6	45°														
10	51° 20,4	48° 0,8	45°															
9	48° 22'	45°																
8	45°																	

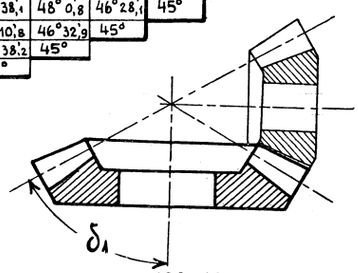


Abb. 10.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
60	67° 22,8	66° 34,3	65° 46,3	64° 59'	64° 12,2	63° 26,1	62° 40,6	61° 55,6	61° 11,3	60° 27,7	59° 44,6	59° 2,2	58° 20,3	57° 39,1	56° 58,6	56° 18,6	60
59	67° 2,2	66° 13,1	65° 24,6	64° 36,7	63° 49,5	63° 2,9	62° 16,9	61° 31,5	60° 46,8	60° 2,8	59° 19,4	58° 36,6	57° 54,4	57° 12,9	56° 32,1	55° 51,8	59
58	66° 40,9	65° 51,3	65° 2,2	64° 13,8	63° 26,1	62° 39'	61° 52,6	61° 6,8	60° 21,7	59° 37,2	58° 53,5	58° 10,3	57° 27,9	56° 46,1	56° 4,9	55° 24,5	58
57	66° 19,1	65° 28,8	64° 39,2	63° 50,3	63° 2'	62° 14,5	61° 27,6	60° 41,4	59° 55,9	59° 11'	58° 26,9	57° 43,5	57° 0,7	56° 18,6	55° 37,2	54° 56,4	57
56	65° 56,6	65° 5,7	64° 15,5	63° 26,1	62° 37,3	61° 49,3	61° 1,9	60° 15,3	59° 29,4	58° 44,2	57° 59,7	57° 15,9	56° 32,8	55° 50,4	55° 8,7	54° 27,7	56
55	65° 33,4	64° 41,9	63° 51,2	63° 1,2	62° 11,9	61° 23,4	60° 35,6	59° 48,5	59° 2,2	58° 16,6	57° 31,7	56° 47,6	56° 4,2	55° 21,5	54° 39,6	53° 58,3	55
54	65° 9,4	64° 17,4	63° 26,1	62° 35,5	61° 45,7	60° 56,7	60° 8,5	59° 21'	58° 34,2	57° 48,2	57° 3'	56° 18,6	55° 34,9	54° 51,9	54° 9,7	53° 28,3	54
53	64° 44,8	63° 52,1	63° 0,2	62° 9,1	61° 18,8	60° 29,3	59° 40,6	58° 52,6	58° 5,5	57° 19,2	56° 33,6	55° 48,8	55° 4,8	54° 21,6	53° 39,1	52° 57,4	53
52	64° 19,8	63° 26,1	62° 33,6	61° 41,9	60° 51,1	60° 1,1	59° 11,9	58° 23,5	57° 36'	56° 49,3	56° 3,4	55° 18,5	54° 34'	53° 50,5	53° 7,8	52° 25,9	52
51	63° 53,2	62° 59,2	62° 6,2	61° 13,9	60° 22,1	59° 32,1	58° 42,4	57° 53,6	57° 5,7	56° 18,6	55° 32,3	54° 46,9	54° 2,4	53° 18,6	52° 35,7	51° 53,5	51
50	63° 26,1	62° 31,5	61° 37,8	60° 45,1	59° 53,1	59° 2,1	58° 12,1	57° 22,8	56° 34,1	55° 47'	55° 0,5	54° 14,8	53° 29,9	52° 45,9	52° 2,7	51° 20,4	50
49	62° 58,1	62° 2,9	61° 8,7	60° 15,3	59° 22,9	58° 31,4	57° 40,8	56° 51,2	56° 2,5	55° 14,6	54° 27,2	53° 41,7	52° 56,6	52° 12,4	51° 29'	50° 46,5	49
48	62° 29,3	61° 33,4	60° 38,5	59° 44,6	58° 51,7	57° 59,7	57° 8,6	56° 18,6	55° 29,5	54° 41,3	53° 54,1	53° 7,8	52° 22,4	51° 37,9	50° 54,4	50° 11,7	48
47	61° 59,4	61° 2,9	60° 7,4	59° 12,9	58° 19,5	57° 27'	56° 35,5	55° 45,1	54° 55,6	54° 7,1	53° 19,5	52° 33'	51° 47,3	51° 2,6	50° 18,9	49° 36'	47
46	61° 28,6	60° 31,4	59° 35,3	58° 40,3	57° 46,3	56° 53,3	56° 1,4	55° 10,2	54° 20,2	53° 31,8	52° 44'	51° 57,2	51° 11,3	50° 26,4	49° 42,5	48° 59,1	46
45	60° 56,7	59° 58,9	59° 2,2	58° 6,5	57° 12'	56° 18,6	55° 26,2	54° 35'	53° 44,8	52° 55,6	52° 7,5	51° 20,4	50° 34,3	49° 49,2	49° 5,1	48° 22'	45
44	60° 23,7	59° 25,2	58° 27,9	57° 31,7	56° 36,7	55° 42,8	54° 50'	53° 58,3	53° 7,8	52° 18,3	51° 30'	50° 42,6	49° 56,3	49° 11,1	48° 26,8	47° 43,6	44
43	59° 49,6	58° 50,4	57° 52,5	56° 55,8	56° 0,2	55° 5,8	54° 12,3	53° 20,6	52° 29,7	51° 40'	50° 51,4	50° 3,8	49° 17,3	48° 31,9	47° 47,6	47° 4,2	43
42	59° 14,2	58° 14,4	57° 15,9	56° 18,6	55° 22,5	54° 27,7	53° 34,1	52° 41,8	51° 50,6	51° 0,5	50° 11,7	49° 23,9	48° 37,3	47° 51,7	47° 7,3	46° 23,8	42
41	58° 37,6	57° 37,2	56° 38'	55° 40,2	54° 43,6	53° 48,4	52° 54,4	52° 1,7	51° 10,2	50° 19,9	49° 30,8	48° 42,9	47° 56,1	47° 10,5	46° 25,9	45° 42,4	41
40	57° 59,7	56° 58,6	55° 58,8	55° 0,5	54° 3,5	53° 7,8	52° 13,5	51° 20,4	50° 28,6	49° 38,1	48° 48,8	48° 0,8	47° 13,9	46° 28,1	45° 43,5	45°	40
39	57° 20,3	56° 18,6	55° 18,3	54° 19,6	53° 21,9	52° 25,9	51° 31,2	50° 37,8	49° 45,8	48° 55,1	48° 5,6	47° 17,4	46° 30,4	45° 44,6	45°		
38	56° 39,8	55° 37,2	54° 36,3	53° 36,9	52° 39'	51° 42,6	50° 47,6	49° 53,9	49° 1,7	48° 10,8	47° 21,1	46° 32,9	45° 45,8	45°				
37	55° 57,2	54° 54,2	53° 52,8	52° 53'	51° 54,7	50° 57,9	50° 2,5	49° 8,7	48° 16,2	47° 25,2	46° 35,5	45° 47,1	45°					
36	55° 13,3	54° 9,1	53° 7,8	52° 7,5	51° 8,8	50° 11,2	49° 16,1	48° 22'	47° 29,4	46° 38,2	45° 48,4	45°						
35	54° 27,7	53° 23,6	52° 21,1	51° 20,4	50° 21,3	49° 23,9	48° 28,1	47° 33,8	46° 41,1	45° 49,3	45°							
34	53° 40,4	52° 35,7	51° 32,8	50° 31,6	49° 32,3	48° 34,6	47° 38,5	46° 44,1	45° 51,3	45°								
33	52° 51,2	51° 46'	50° 42,6	49° 41,1	48° 41,5	47° 43,6	46° 47,3	45° 52,9	45°									
32	52° 0,1	50° 54,4	49° 50,6	48° 48,8	47° 48,9	46° 50,8	45° 54,6	45°										
31	51° 6,9	50° 0,8	48° 56,7	47° 54,6	46° 54,5	45° 56,3	45°											
30	50° 11,7	49° 5,1	48° 0,8	46° 58,5	45° 58,3	45°												
29	49° 14,2	48° 7,3	47° 2,2	46° 0,3	45°													
28	48° 14,4	47° 7,3	46° 2,5	45°														
27	47° 12,1	46° 4,8	45°															
26	46° 7,4	45°																
25	45°																	

Tangens Teilkreiswinkel des Rades:

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}.$$

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
50																	25°38,5	50
49																	26° 5,7	49
48																	26° 33,9	48
47																	27° 3'	47
46																	27° 33,2	46
45																	28° 4,4	45
44																	28° 36,6	44
43																28° 8,5	29° 10,1	43
42																28° 42,4	29° 44,7	42
41																29° 17,5	30° 20,6	41
40																29° 53,9	30° 57,8	40
39																30° 31,8	31° 36,5	39
38															30° 4,4	31° 11,1	32° 16,5	38
37															30° 44,1	31° 52'	32° 58,2	37
36															31° 25,8	32° 34,5	33° 41,4	36
35															32° 9,1	33° 18,6	34° 26,3	35
34															32° 54,3	34° 4,6	35° 13,1	34
33														32° 28,3	33° 41,8	34° 52,5	36° 1,7	33
32														33° 16,5	34° 30,5	35° 42,4	36° 52,2	32
31														34° 6,9	35° 21,8	36° 34,4	37° 44,8	31
30													33° 41,4	34° 59,5	36° 15,2	37° 28,6	38° 39,6	30
29												33° 13,9	34° 35,5	35° 54,6	37° 11,1	38° 25,1	39° 36,6	29
28												34° 9,6	35° 32,3	36° 52,2	38° 9,4	39° 24'	40° 36,1	28
27											33° 41,4	35° 8,1	36° 31,7	37° 52,6	39° 10,4	40° 25,6	41° 38'	27
26										33° 10,7	34° 41,7	36° 9,5	37° 34,1	38° 55,7	40° 14,2	41° 29,8	42° 42,6	26
25										34° 13'	35° 45,2	37° 14,1	38° 39,6	40° 1,8	41° 20,9	42° 36,9	43° 49,9	25
24									33° 41,4	35° 18,7	36° 52,2	38° 22,1	39° 48,3	41° 11,2	42° 30,6	43° 46,9	45°	24
23								33° 6,7	34° 49,5	36° 28,2	38° 2,8	39° 33,6	41° 0,6	42° 23,9	43° 43,6	45°		
22								34° 17,2	36° 1,7	37° 41,7	39° 17,8	40° 48,9	42° 16,4	43° 40,1	45°			
21							33° 41,4	35° 32,3	37° 18,2	38° 59,5	40° 36,1	42° 8,3	43° 36,1	45°				
20						33° 1,4	34° 59,5	36° 52,2	38° 39,6	40° 21,9	41° 59,2	43° 31,9	45°					
19						34° 22,8	36° 23,1	38° 17,4	40° 6,1	41° 49,2	43° 27,1	45°						
18					33° 41,4	35° 50,3	37° 52,5	39° 48,3	41° 38'	43° 21,8	45°							
17				32° 54,3	35° 13,1	37° 24,3	39° 28,4	41° 25,4	43° 15,9	45°								
16				34° 30,5	36° 52,2	39° 5,6	41° 11,2	43° 9,2	45°									
15			33° 41,4	36° 15,2	38° 39,6	40° 54,9	43° 1,5	45°										
14		32° 44,1	35° 32,3	38° 9,4	40° 36,1	42° 52,7	45°											
13		34° 41,7	37° 34,1	40° 14,2	42° 42,6	45°												
12	33° 41,4	36° 52,2	39° 48,3	42° 30,6	45°													
11	36° 1,7	39° 17,4	42° 16,4	45°														
10	38° 39,6	41° 59,2	45°															
9	41° 38'	45°																
8	45°																	

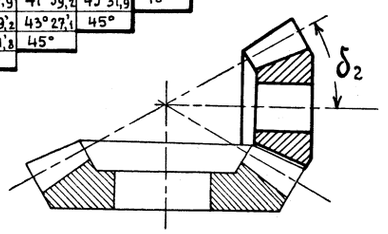


Abb. 11.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
60	22°37,2	23° 25,7	24° 13,7	25° 1'	25° 47,8	26° 33,9	27° 19,4	28° 4,4	28° 48,7	29° 32,3	30° 15,4	30° 57,8	31° 39,7	32° 20,9	33° 1,4	33° 41,4	60
59	22° 57,8	23° 46,9	24° 35,4	25° 23,3	26° 10,5	26° 57,1	27° 43,1	28° 28,5	29° 13,2	29° 57,2	30° 40,6	31° 23,4	32° 5,6	32° 47,1	33° 27,9	34° 8,2	59
58	23° 19,1	24° 8,7	24° 57,8	25° 46,2	26° 33,9	27° 21'	28° 7,4	28° 53,2	29° 38,3	30° 22,8	31° 6,5	31° 49,7	32° 32,1	33° 13,9	33° 55,1	34° 35,5	58
57	23° 40,9	24° 31,2	25° 20,8	26° 9,7	26° 58'	27° 45,5	28° 32,4	29° 18,6	30° 4,1	30° 49'	31° 33,1	32° 16,5	32° 59,3	33° 41,4	34° 22,8	35° 3,6	57
56	24° 3,4	24° 54,3	25° 44,5	26° 33,9	27° 22,7	28° 10,7	28° 58,1	29° 44,7	30° 30,6	31° 15,8	32° 0,3	32° 44,1	33° 27,2	34° 9,6	34° 51,3	35° 32,3	56
55	24° 26,6	25° 18,1	26° 8,8	26° 58,8	27° 48,1	28° 36,6	29° 24,4	30° 11,5	30° 57,8	31° 43,4	32° 28,3	33° 12,4	33° 55,8	34° 38,5	35° 20,4	36° 1,7	55
54	24° 50,6	25° 42,6	26° 33,9	27° 24,5	28° 14,3	29° 3,3	29° 51,5	30° 39'	31° 25,8	32° 11,8	32° 57'	33° 41,4	34° 25,1	35° 8,1	35° 50,3	36° 31,7	54
53	25° 15,2	26° 7,9	26° 59,8	27° 50,9	28° 41,2	29° 30,7	30° 19,3	31° 7,4	31° 54,5	32° 40,8	33° 26,4	34° 11,2	34° 55,2	35° 38,4	36° 20,9	37° 2,6	53
52	25° 40,6	26° 33,9	27° 26,4	28° 18,1	29° 8,9	29° 58,9	30° 48,1	31° 36,5	32° 24'	33° 10,7	33° 56,6	34° 41,7	35° 26'	36° 9,5	36° 52,2	37° 34,1	52
51	26° 6,8	27° 0,8	27° 53,8	28° 46,1	29° 37,4	30° 27,9	31° 17,6	32° 6,4	32° 54,3	33° 41,4	34° 27,7	35° 13,1	35° 57,6	36° 41,4	37° 24,1	38° 6,5	51
50	26° 33,9	27° 28,5	28° 22,2	29° 14,9	30° 6,8	30° 57,8	31° 47,9	32° 37,2	33° 25,5	34° 13'	34° 59,5	35° 45,2	36° 30,1	37° 14,1	37° 57,3	38° 39,6	50
49	27° 1,9	27° 57,1	28° 51,3	29° 44,7	30° 37,1	31° 28,6	32° 19,2	33° 8,8	33° 57,5	34° 45,4	35° 32,3	36° 18,3	37° 3,4	37° 47,6	38° 31'	39° 13,5	49
48	27° 30,7	28° 26,6	29° 21,5	30° 15,4	31° 8,3	32° 0,3	32° 51,4	33° 41,4	34° 30,5	35° 18,7	36° 5,9	36° 52,2	37° 37,6	38° 22,1	39° 5,6	39° 48,3	48
47	28° 0,6	28° 57,1	29° 52,6	30° 47,1	31° 40,5	32° 33'	33° 24,5	34° 14,9	35° 4,4	35° 52,9	36° 40,5	37° 27'	38° 12,7	38° 57,4	39° 41,1	40° 24'	47
46	28° 31,4	29° 28,6	30° 24,7	31° 19,7	32° 13,7	33° 6,7	33° 58,6	34° 49,5	35° 39,3	36° 28,2	37° 16'	38° 2,8	38° 48,7	39° 33,6	40° 17,5	41° 0,6	46
45	29° 3,3	30° 1,1	30° 57,8	31° 53,5	32° 48'	33° 41,4	34° 33,8	35° 25'	36° 15,2	37° 4,4	37° 52,5	38° 39,6	39° 25,7	40° 10,8	40° 54,9	41° 38'	45
44	29° 36,3	30° 34,8	31° 32,1	32° 28,3	33° 23,3	34° 17,2	35° 10'	36° 1,7	36° 52,2	37° 41,7	38° 30'	39° 17,4	40° 3,7	40° 48,9	41° 33,2	42° 16,4	44
43	30° 10,4	31° 9,6	32° 7,5	33° 4,2	33° 59,8	34° 54,2	35° 47,3	36° 39,4	37° 30,3	38° 20'	39° 8,6	39° 56,2	40° 42,7	41° 28,1	42° 12,6	42° 55,8	43
42	30° 45,8	31° 45,6	32° 44,1	33° 41,4	34° 37,5	35° 32,2	36° 25,9	37° 18,2	38° 9,4	38° 59,5	39° 48,3	40° 36,1	41° 22,2	42° 8,3	42° 52,7	43° 36,2	42
41	31° 22,4	32° 22,8	33° 22'	34° 19,8	35° 16,2	36° 11,6	37° 5,6	37° 58,3	38° 49,8	39° 40,1	40° 29,2	41° 17,1	42° 3,9	42° 49,5	43° 34,1	44° 17,6	41
40	32° 0,3	33° 1,4	34° 1,2	34° 59,5	35° 56,5	36° 52,2	37° 46,5	38° 39,6	39° 31,4	40° 21,9	41° 11,2	41° 59,2	42° 46,1	43° 31,9	44° 16,5	45°	40
39	32° 39,7	33° 41,4	34° 41,7	35° 40,6	36° 38,1	37° 34,1	38° 28,8	39° 22,2	40° 14,2	41° 4,9	41° 54,4	42° 42,6	43° 29,6	44° 15,4	45°		
38	33° 20,5	34° 22,8	35° 23,7	36° 23,1	37° 21'	38° 17,4	39° 12,4	40° 6,1	40° 58,3	41° 49,2	42° 38,8	43° 27,1	44° 14,2	45°			
37	34° 2,8	35° 5,8	36° 7,2	37° 7'	38° 5,3	39° 2,1	39° 57,5	40° 51,3	41° 43,8	42° 34,8	43° 24,5	44° 12,9	45°				
36	34° 46,7	35° 50,3	36° 52,2	37° 52,5	38° 51,2	39° 48,3	40° 43,9	41° 38'	42° 30,6	43° 21,8	44° 11,6	45°					
35	35° 32,3	36° 36,4	37° 38,9	38° 39,6	39° 38,7	40° 36,1	41° 31,9	42° 26,4	43° 18,9	44° 10,2	45°						
34	36° 19,6	37° 24,3	38° 27,2	39° 28,4	40° 27,7	41° 25,4	42° 21,5	43° 15,9	44° 8,7	45°							
33	37° 8,8	38° 14'	39° 17,4	40° 18,9	41° 18,5	42° 16,4	43° 12,6	44° 7,1	45°								
32	37° 59,9	39° 5,6	40° 9,4	41° 11,2	42° 11,1	43° 9,2	44° 5,4	45°									
31	38° 53,1	39° 59,2	41° 3,3	42° 5,4	43° 5,5	44° 3,7	45°										
30	39° 48,3	40° 54,9	41° 59,2	43° 1,5	44° 1,7	45°											
29	40° 45,8	41° 52,7	42° 57,3	43° 59,7	45°												
28	41° 45,6	42° 52,7	43° 57,6	45°													
27	42° 47,9	43° 55,2	45°														
26	43° 52,6	45°															
25	45°																

Tangens Teilkreis-Durchmesser des Triebes:

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{z_2}{z_1}.$$

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
50																	2° 3,9	50
49																	2° 6'	49
48																	2° 8,1	48
47																	2° 10,2	47
46																	2° 12,5	46
45																	2° 14,8	45
44																	2° 17,1	44
43																2° 20,9	2° 19,6	43
42																2° 23,5	2° 22,1	42
41																2° 26,2	2° 24,6	41
40																2° 28,9	2° 27,3	40
39																2° 31,8	2° 30,1	39
38															2° 36,5	2° 34,7	2° 32,9	38
37															2° 39,6	2° 37,7	2° 35,8	37
36															2° 42,9	2° 40,8	2° 38,8	36
35															2° 46,2	2° 44,1	2° 41,9	35
34															2° 49,6	2° 47,4	2° 45,1	34
33														2° 55,6	2° 53,2	2° 50,8	2° 48,4	33
32														2° 59,5	2° 56,9	2° 54,3	2° 51,8	32
31														3° 3,5	3° 0,7	2° 58'	2° 55,2	31
30													3° 10,5	3° 7,6	3° 4,6	3° 1,7	2° 58,8	30
29												3° 18,1	3° 15'	3° 11,8	3° 8,7	3° 5,6	3° 2,5	29
28												3° 23'	3° 19,6	3° 16,2	3° 12,9	3° 9,6	3° 6,3	28
27											3° 31,6	3° 28'	3° 24,4	3° 20,8	3° 17,2	3° 13,7	3° 10,1	27
26										3° 41'	3° 37,1	3° 33,2	3° 29,4	3° 25,5	3° 21,6	3° 17,9	3° 14,1	26
25										3° 47,1	3° 42,9	3° 38,7	3° 34,5	3° 30,3	3° 26,2	3° 22,2	3° 18,2	25
24									3° 58'	3° 53,4	3° 48,9	3° 44,3	3° 39,8	3° 35,3	3° 30,9	3° 26,6	3° 22,3	24
23								4° 10'	4° 5'	4°	3° 55,1	3° 50,1	3° 45,3	3° 40,5	3° 35,7	3° 31,1		23
22								4° 17,7	4° 12,3	4° 6,9	4° 1,5	3° 56,2	3° 50,9	3° 45,7	3° 40,7			22
21							4° 31,9	4° 25,9	4° 19,9	4° 14'	4° 8,2	4° 2,4	3° 56,7	3° 51,2				21
20						4° 47,6	4° 41'	4° 34,4	4° 27,9	4° 21,4	4° 15,1	4° 8,8	4° 2,7					20
19						4° 57,9	4° 50,6	4° 43,4	4° 36,2	4° 29,1	4° 22,1	4° 15,4						19
18					5° 16,9	5° 8,8	5° 0,7	4° 52,7	4° 44,8	4° 37,1	4° 29,5							18
17				5° 38,5	5° 29,4	5° 20,3	5° 11,4	5° 2,5	4° 53,8	4° 45,1								17
16				5° 52,9	5° 42,6	5° 32,5	5° 22,5	5° 12,6	5° 3,1									16
15			6° 19,8	6° 8,2	5° 56,6	5° 45,3	5° 34'	5° 23,2										15
14		6° 51,1	6° 37,9	6° 24,6	6° 11,4	5° 58,6	5° 46,1											14
13		7° 12,6	6° 57,2	6° 41,9	6° 27'	6° 12,5												13
12	7° 53,7	7° 35,7	7° 17,8	7° 0,3	6° 43,3													12
11	8° 21,9	8° 0,6	7° 39,7	7° 19,6														11
10	8° 52,6	8° 27,3	8° 3'															10
9	9° 25,8	8° 55,8																9
8	10° 1,5																	8

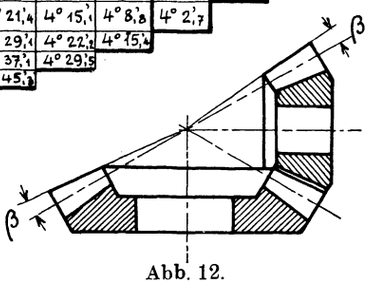


Abb. 12.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	z_1
60	1° 45,8	1° 45,1	1° 44,5	1° 43,8	1° 43,1	1° 42,5	1° 41,8	1° 41,1	1° 40,4	1° 39,7	1° 39'	1° 38,2	1° 37,5	1° 36,8	1° 36,1	1° 35,3	60
59	1° 47,3	1° 46,6	1° 45,9	1° 45,3	1° 44,6	1° 43,9	1° 43,1	1° 42,4	1° 41,7	1° 40,9	1° 40,2	1° 39,5	1° 38,7	1° 38'	1° 37,2	1° 36,4	59
58	1° 48,8	1° 48,1	1° 47,4	1° 46,7	1° 46'	1° 45,3	1° 44,5	1° 43,8	1° 43'	1° 42,2	1° 41,5	1° 40,7	1° 39,9	1° 39,1	1° 38,4	1° 37,6	58
57	1° 50,4	1° 49,7	1° 49'	1° 48,2	1° 47,5	1° 46,7	1° 45,9	1° 45,2	1° 44,4	1° 43,6	1° 42,8	1° 42'	1° 41,2	1° 40,5	1° 39,5	1° 38,7	57
56	1° 52,1	1° 51,3	1° 50,6	1° 49,8	1° 49'	1° 48,2	1° 47,4	1° 46,6	1° 45,8	1° 44,9	1° 44,1	1° 43,3	1° 42,4	1° 41,6	1° 40,7	1° 39,9	56
55	1° 53,8	1° 53'	1° 52,2	1° 51,4	1° 50,5	1° 49,7	1° 48,9	1° 48'	1° 47,2	1° 46,3	1° 45,4	1° 44,6	1° 43,7	1° 42,8	1° 42'	1° 41,1	55
54	1° 55,5	1° 54,7	1° 53,8	1° 53'	1° 52,1	1° 51,3	1° 50,4	1° 49,5	1° 48,6	1° 47,7	1° 46,8	1° 45,9	1° 45'	1° 44,1	1° 43,2	1° 42,3	54
53	1° 57,3	1° 56,4	1° 55,6	1° 54,7	1° 53,8	1° 52,9	1° 51,9	1° 51'	1° 50,1	1° 49,2	1° 48,2	1° 47,3	1° 46,3	1° 45,4	1° 44,5	1° 43,5	53
52	1° 59,1	1° 58,2	1° 57,3	1° 56,4	1° 55,4	1° 54,5	1° 53,5	1° 52,6	1° 51,6	1° 50,6	1° 49,7	1° 48,7	1° 47,7	1° 46,7	1° 45,8	1° 44,8	52
51	2° 1'	2° 0,1	1° 59,1	1° 58,1	1° 57,2	1° 56,2	1° 55,2	1° 54,2	1° 53,2	1° 52,1	1° 51,1	1° 50,1	1° 49,1	1° 48,1	1° 47,1	1° 46,1	51
50	2° 2,9	2° 2'	2° 1'	1° 59,9	1° 58,9	1° 57,9	1° 56,8	1° 55,8	1° 54,7	1° 53,7	1° 52,6	1° 51,6	1° 50,5	1° 49,5	1° 48,4	1° 47,4	50
49	2° 4,9	2° 3,9	2° 2,9	2° 1,8	2° 0,7	1° 59,6	1° 58,5	1° 57,4	1° 56,3	1° 55,2	1° 54,1	1° 53'	1° 51,9	1° 50,9	1° 49,8	1° 48,7	49
48	2° 7'	2° 5,9	2° 4,8	2° 3,7	2° 2,6	2° 1,4	2° 0,3	1° 59,1	1° 58'	1° 56,9	1° 55,7	1° 54,6	1° 53,4	1° 52,3	1° 51,1	1° 50'	48
47	2° 9,1	2° 8'	2° 6,8	2° 5,6	2° 4,4	2° 3,3	2° 2,1	2° 0,9	1° 59,7	1° 58,5	1° 57,3	1° 56,1	1° 54,9	1° 53,7	1° 52,5	1° 51,4	47
46	2° 11,3	2° 10,1	2° 8,9	2° 7,6	2° 6,4	2° 5,1	2° 3,9	2° 2,7	2° 1,4	2° 0,2	1° 58,9	1° 57,7	1° 56,4	1° 55,2	1° 54'	1° 52,8	46
45	2° 13,5	2° 12,2	2° 11'	2° 9,7	2° 8,4	2° 7,1	2° 5,8	2° 4,5	2° 3,2	2° 1,9	2° 0,6	1° 59,3	1° 58'	1° 56,7	1° 55,4	1° 54,2	45
44	2° 15,8	2° 14,5	2° 13,1	2° 11,8	2° 10,4	2° 9,1	2° 7,7	2° 6,3	2° 5'	2° 3,6	2° 2,2	2° 0,9	1° 59,6	1° 58,2	1° 56,9	1° 55,6	44
43	2° 18,2	2° 16,8	2° 15,4	2° 13,9	2° 12,5	2° 11,1	2° 9,7	2° 8,2	2° 6,8	2° 5,4	2° 4'	2° 2,6	2° 1,2	1° 59,8	1° 58,4	1° 57'	43
42	2° 20,6	2° 19,1	2° 17,6	2° 16,1	2° 14,6	2° 13,2	2° 11,7	2° 10,2	2° 8,7	2° 7,2	2° 5,7	2° 4,2	2° 2,8	2° 1,3	1° 59,9	1° 58,5	42
41	2° 23,1	2° 21,5	2° 20'	2° 18,4	2° 16,8	2° 15,3	2° 13,7	2° 12,1	2° 10,6	2° 9'	2° 7,5	2° 6'	2° 4,4	2° 2,9	2° 1,5	2° 0'	41
40	2° 25,7	2° 24'	2° 22,4	2° 20,7	2° 19,1	2° 17,4	2° 15,8	2° 14,2	2° 12,5	2° 10,9	2° 9,3	2° 7,7	2° 6,1	2° 4,6	2° 3'	2° 1,5	40
39	2° 28,3	2° 26,6	2° 24,9	2° 23,1	2° 21,4	2° 19,7	2° 17,9	2° 16,2	2° 14,5	2° 12,8	2° 11,2	2° 9,5	2° 7,8	2° 6,2	2° 4,6		39
38	2° 31,1	2° 29,2	2° 27,4	2° 25,6	2° 23,8	2° 21,9	2° 20,1	2° 18,3	2° 16,5	2° 14,8	2° 13'	2° 11,3	2° 9,6	2° 7,9			38
37	2° 33,9	2° 31,9	2° 30'	2° 28,1	2° 26,2	2° 24,3	2° 22,4	2° 20,5	2° 18,6	2° 16,8	2° 14,9	2° 13,1	2° 11,3				37
36	2° 36,8	2° 34,7	2° 32,7	2° 30,7	2° 28,6	2° 26,6	2° 24,6	2° 22,7	2° 20,7	2° 18,8	2° 16,9	2° 15'					36
35	2° 39,7	2° 37,6	2° 35,4	2° 33,3	2° 31,2	2° 29,1	2° 27'	2° 24,9	2° 22,9	2° 20,8	2° 18,8						35
34	2° 42,8	2° 40,5	2° 38,3	2° 36'	2° 33,8	2° 31,5	2° 29,3	2° 27,2	2° 25'	2° 22,9							34
33	2° 46'	2° 43,5	2° 41,1	2° 38,8	2° 36,4	2° 34,1	2° 31,8	2° 29,5	2° 27,2								33
32	2° 49,2	2° 46,6	2° 44,1	2° 41,6	2° 39,1	2° 36,6	2° 34,2	2° 31,8									32
31	2° 52,5	2° 49,8	2° 47,1	2° 44,5	2° 41,9	2° 39,3	2° 36,7										31
30	2° 55,9	2° 53,1	2° 50,2	2° 47,4	2° 44,7	2° 41,9											30
29	2° 59,4	2° 56,4	2° 53,4	2° 50,4	2° 47,5												29
28	3° 3'	2° 59,8	2° 56,6	2° 53,5													28
27	3° 6,7	3° 3,3	2° 59,9														27
26	3° 10,4	3° 6,8															26
25	3° 14,3																25

Tangens Zahnkopfwinkel:

$$\operatorname{tg} \beta = \sqrt{\frac{4}{z_1^2 + z_2^2}}.$$

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
50																	2°19,2	50
49																	2° 21,5	49
48																	2° 23,9	48
47																	2° 26,3	47
46																	2° 28,8	46
45																	2°31,4	45
44																	2°34'	44
43																2°38,3	2° 36,8	43
42																2° 41,2	2° 39,6	42
41																2° 44,2	2° 42,5	41
40																2° 47,3	2° 45,5	40
39																2° 50,5	2° 48,6	39
38															2°55,8	2° 53,8	2° 51,8	38
37															2° 59,3	2° 57,2	2°55'	37
36															3° 2,9	3° 0,7	2°58,4	36
35															3° 6,7	3° 4,3	3° 1,9	35
34															3° 10,6	3° 8'	3° 5,5	34
33														3°17,3	3° 14,6	3° 11,9	3° 9,1	33
32														3° 21,6	3° 18,7	3° 15,8	3° 12,9	32
31														3° 26,1	3° 23'	3° 19,9	3°16,8	31
30													3°34'	3° 30,7	3° 27,4	3° 24,1	3°20,9	30
29												3° 42,5	3° 39'	3° 35,5	3° 32'	3° 28,5	3° 25'	29
28												3° 48'	3° 44,2	3° 40,4	3° 36,7	3° 32,9	3° 29,2	28
27											3° 57,7	3° 53,6	3° 49,6	3° 45,5	3° 41,5	3° 37,5	3° 33,6	27
26										4° 8,3	4° 3,9	3° 59,5	3° 55,2	3° 50,8	3° 46,5	3° 42,2	3° 38'	26
25										4° 15,1	4° 10,3	4° 5,6	4° 0,9	3° 56,2	3° 51,6	3° 47,1	3° 42,6	25
24									4° 27,3	4° 22,2	4° 17'	4° 11,9	4° 6,9	4° 1,9	3° 56,9	3° 52,1	3° 47,3	24
23								4°40,7	4° 35,1	4° 29,6	4° 24'	4° 18,5	4° 13'	4° 7,6	4° 2,3	3° 57,1		23
22								4° 49,5	4° 43,4	4° 37,3	4° 31,2	4° 25,2	4° 19,3	4° 13,6	4° 7,9			22
21							5° 5,3	4° 58,6	4° 51,9	4° 45,3	4° 38,7	4° 32,2	4° 25,9	4° 19,6				21
20						5° 22,9	5° 15,6	5° 8,2	5° 0,9	4° 53,6	4° 46,5	4° 39,4	4° 32,6					20
19						5° 34,5	5° 26,4	5° 18,2	5° 10,2	5° 2,2	4° 54,5	4° 46,8						19
18					5° 55,8	5° 46,8	5° 37,7	5° 28,7	5° 19,9	5° 11,2	5° 2,7							18
17				6° 20'	6° 9,8	5° 59,7	5° 49,6	5° 39,6	5° 29,9	5° 20,4								17
16				6° 36,1	6° 24,7	6° 13,3	6° 2'	5° 51'	5° 40,3									16
15			7° 6,3	6° 53,3	6° 40,4	6° 27,6	6° 15'	6° 2,8										15
14		7° 41,4	7° 26,5	7° 11,6	6° 56,9	6° 42,5	6°28,5											14
13		8° 5,3	7° 48,1	7° 31'	7° 14,3	6° 58,1												13
12	8° 51,4	8° 34,2	8° 11,2	7° 51,6	7° 32,6													12
11	9° 22,9	8° 59,1	8° 35,8	8° 13,2														11
10	9° 57,2	9° 29'	9° 1,7															10
9	10° 34,3	10° 0,8																9
8	11° 14,1																	8

z_1 = Zähnezahl des Rades.

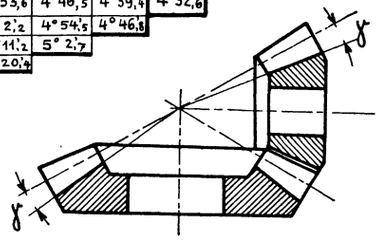


Abb. 13.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	z_1
60	1° 58,8	1° 58,1	1°57,4	1°56,6	1°55,9	1°55,1	1°54,4	1°53,6	1°52,8	1°52'	1° 51,2	1°50,4	1°49,6	1°48,7	1°47,9	1°47,1	60
59	2° 0,5	1° 59,8	1°59'	1° 58,3	1°57,5	1°56,7	1°55,9	1°55,1	1°54,2	1°53,4	1°52,6	1° 51,7	1°50,9	1° 50,1	1°49,2	1°48,4	59
58	2° 2,3	2° 1,5	2° 0,7	1° 59,9	1°59,1	1° 58,3	1° 57,4	1°56,6	1°55,7	1°54,9	1°54'	1° 53,1	1°52,3	1° 51,4	1°50,5	1°49,6	58
57	2° 4,1	2° 3,3	2° 2,4	2° 1,6	2° 0,8	1° 59,9	1° 59'	1°58,1	1°57,3	1°56,4	1°55,5	1° 54,6	1°53,6	1°52,7	1°51,8	1°50,9	57
56	2° 5,9	2° 5,1	2° 4,2	2° 3,3	2° 2,5	2° 1,6	2° 0,7	1°59,7	1°58,8	1°57,9	1°56,9	1°56'	1°55,1	1°54,1	1°53,2	1°52,2	56
55	2° 7,8	2° 6,9	2° 6'	2° 5,1	2° 4,2	2° 3,3	2° 2,3	2° 1,4	2° 0,4	1°59,4	1°58,5	1°57,5	1°56,5	1°55,5	1°54,5	1°53,6	55
54	2° 9,8	2° 8,8	2° 7,9	2° 7'	2° 6'	2° 5'	2° 4'	2° 3'	2° 2'	2° 1'	2° 0'	1° 59'	1° 58'	1° 57'	1°55,9	1°54,9	54
53	2° 11,8	2° 10,8	2° 9,8	2° 8,8	2° 7,8	2° 6,8	2° 5,8	2° 4,7	2° 3,7	2° 2,6	2° 1,6	2° 0,5	1° 59,5	1° 58,4	1°57,4	1°56,3	53
52	2° 13,8	2° 12,8	2° 11,8	2° 10,8	2° 9,7	2° 8,6	2° 7,6	2° 6,5	2° 5,4	2° 4,3	2° 3,2	2° 2,1	2° 1'	1° 59,9	1°58,8	1°57,7	52
51	2° 16'	2° 14,9	2° 13,8	2° 12,7	2° 11,6	2° 10,5	2° 9,4	2° 8,3	2° 7,1	2° 6'	2° 4,8	2° 3,7	2° 2,6	2° 1,4	2° 0,3	1°59,2	51
50	2° 18,1	2° 17'	2° 15,9	2° 14,7	2° 13,6	2° 12,4	2° 11,3	2° 10,1	2° 8,9	2° 7,7	2° 6,5	2° 5,3	2° 4,2	2° 3'	2°1,8	2° 0,6	50
49	2° 20,3	2° 19,2	2° 18'	2° 16,8	2°15,6	2° 14,4	2° 13,2	2°11,9	2°10,7	2° 9,5	2° 8,2	2° 7'	2° 5,8	2° 4,5	2° 3,3	2° 2,1	49
48	2° 22,7	2° 21,4	2° 20,2	2° 19'	2° 17,7	2° 16,4	2° 15,1	2° 13,9	2° 12,6	2° 11,3	2° 10'	2° 8,7	2° 7,4	2° 6,1	2° 4,9	2° 3,6	48
47	2° 25'	2° 23,8	2° 22,5	2° 21,1	2° 19,8	2° 18,5	2° 17,1	2° 15,8	2°14,5	2° 13,1	2° 11,8	2° 10,4	2° 9,1	2° 7,8	2° 6,4	2° 5,1	47
46	2° 27,5	2° 26,1	2° 24,8	2° 23,4	2° 22'	2° 20,6	2° 19,2	2° 17,8	2° 16,4	2° 15'	2° 13,6	2° 12,2	2° 10,8	2° 9,4	2° 8'	2° 6,7	46
45	2° 30'	2° 28,6	2° 27,1	2° 25,7	2° 24,2	2° 22,8	2° 21,3	2° 19,8	2° 18,4	2° 16,9	2° 15,4	2° 14'	2° 12,5	2° 11,1	2° 9,7	2° 8,3	45
44	2° 32,6	2° 31,1	2° 29,6	2° 28'	2° 26,5	2° 25'	2° 23,5	2° 21,9	2° 20,4	2° 18,9	2° 17,3	2° 15,8	2° 14,3	2° 12,8	2° 11,3	2° 9,9	44
43	2° 35,2	2° 33,6	2° 32,1	2° 30,5	2° 28,9	2° 27,3	2° 25,7	2° 24,1	2° 22,5	2° 20,9	2° 19,3	2° 17,7	2° 16,1	2° 14,6	2° 13'	2° 11,5	43
42	2° 38'	2° 36,3	2° 34,6	2° 33'	2° 31,3	2° 29,6	2° 27,9	2° 26,2	2° 24,6	2° 22,9	2° 21,2	2° 19,6	2° 18'	2° 16,3	2° 14,7	2° 13,1	42
41	2° 40,8	2° 39'	2° 37,3	2° 35,5	2° 33,7	2° 32'	2° 30,2	2° 28,5	2° 26,7	2° 25'	2° 23,2	2° 21,5	2° 19,8	2° 18,1	2° 16,5	2° 14,8	41
40	2° 43,7	2° 41,8	2° 40'	2° 38,1	2° 36,3	2° 34,4	2° 32,6	2° 30,7	2° 28,9	2° 27,1	2° 25,3	2° 23,5	2° 21,7	2° 20'	2° 18,2	2° 16,5	40
39	2° 46,6	2° 44,7	2° 42,8	2° 40,8	2° 38,9	2° 36,9	2° 35'	2° 33,1	2° 31,1	2° 29,2	2° 27,3	2° 25,5	2° 23,6	2° 21,8	2° 20'		39
38	2° 49,7	2° 47,7	2° 45,6	2° 43,6	2° 41,5	2° 39,6	2° 37,4	2° 35,4	2° 33,4	2° 31,4	2° 29,4	2° 27,5	2° 25,6	2° 23,7			38
37	2° 52,9	2° 50,7	2° 48,5	2° 46,4	2° 44,2	2° 42,1	2° 39,9	2° 37,8	2° 35,7	2° 33,6	2° 31,6	2° 29,6	2° 27,6				37
36	2° 56,1	2° 53,8	2° 51,5	2° 49,3	2° 47'	2° 44,7	2° 42,5	2° 40,3	2° 38,1	2° 35,9	2° 33,8	2° 31,6					36
35	2° 59,5	2° 57'	2° 54,6	2° 52,2	2° 49,8	2° 47,5	2° 45,1	2° 42,8	2° 40,5	2° 38,2	2° 36'						35
34	3° 2,9	3° 0,3	2° 57,8	2° 55,3	2° 52,7	2° 50,2	2° 47,8	2° 45,3	2° 42,9	2° 40,6							34
33	3° 6,4	3° 3,7	3° 1'	2° 58,4	2° 55,7	2° 53,1	2° 50,5	2° 47,9	2° 45,4								33
32	3° 10,1	3° 7,2	3° 4,3	3° 1,5	2° 58,7	2° 56'	2° 53,3	2° 50,6									32
31	3° 13,8	3° 10,7	3° 7,7	3° 4,8	3° 1,8	2° 58,9	2° 56,1										31
30	3° 17,6	3° 14,4	3° 11,2	3° 8,1	3° 5'	3° 1,9											30
29	3° 21,5	3° 18,1	3° 14,8	3° 11,5	3° 8,2												29
28	3° 25,6	3° 22'	3° 18,4	3° 14,9													28
27	3° 29,7	3° 25,9	3° 22,1														27
26	3° 33,9	3° 29,1															26
25	3° 38,2																25

z_1 = Zähnezahl des Rades.

Tangens Zahnfußwinkel:

$$\operatorname{tg} \gamma = 1{,}1236 \cdot \operatorname{tg} \beta.$$

Kegelräder ohne Korrektion.
90⁰ Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
50																	66°25,5	50
49																	66° 0,2	49
48																	65°34,2	48
47																	65° 7,2	47
46																	64°39,3	46
45																	64°10,4	45
44																	63°40,5	44
43																64°12,4	63° 9,5	43
42																63°41,2	62°37,4	42
41																63° 8,7	62° 4'	41
40																62°35'	61°29,5	40
39																62° 0'	60°53,6	39
38															62°32,4	61°23,6	60°16,4	38
37															61°55,5	60°45,7	59°37,6	37
36															61°17,1	60° 6,4	58°57,4	36
35															60°37,1	59°25,4	58°15,6	35
34															59°55,3	58°42,7	57°32'	34
33														60°27,4	59°11,8	57°58,3	56°46,7	33
32														59°43'	58°26,4	57°11,9	55°59,6	32
31														58°56,6	57°39°	56°23,6	55°10,4	31
30													59°29,1	58° 8,1	56°49,4	55°33,2	54°19,2	30
29												60° 4,2	58°39,4	57° 17,3	55°57,6	54°40,5	53°25,9	29
28												59°13,4	57°47,3	56°24'	55°3,5	53°45,5	52°30,2	28
27											59°50,2	58°20'	56°52,7	55°28,3	54°6,8	52°48,1	51°32,1	27
26										60°30,3	58°55,6	57°23,8	55°55,2	54°29,8	53° 7,5	51°48,1	50°31,5	26
25										59°34,1	57°57,6	56°24,6	54°54,9	53°28,5	52° 5,4	50°45,3	49°28,3	25
24									60°16,6	58°34,8	56°56,7	55°22,3	53°51,5	52°24,2	51° 0,3	49°39,7	48°22,3	24
23								61° 3,3	59°15,5	57°31,9	55°52,2	54°16,5	52°44,7	51°16,6	49°52,1	48°31,1		
22								60° 0,5	58°10,7	56°25,2	54°44,1	53° 7,3	51°34,5	50° 5,7	48°40,7			
21							60°50,5	58°53,8	57° 1,7	55°14,6	53°32,1	51°54,1	50°20,6	48°51,2				
20						61°46,1	59°41,5	57°42,2	55°48,3	53°59,6	52°15,8	50°36,9	49° 2,7					
19						60°35,1	58°27,6	56°26'	54° 30,2	52°39,9	50° 55,1	49°15,4						
18					61°35,5	59°18,6	57° 8,2	55° 4,4	53° 6,8	51°15,3	49°29,5							
17				62°44,2	60°16,4	57°56'	55°43'	53°37,1	51°38'	49° 45,3								
16				61°22,4	58°50,4	56°26,8	54°11,3	52° 3,5	50° 3,1									
15			62°38,4	59°53'	57°17,1	54°50,4	52°32,5	50°23,2										
14		64° 7'	61° 5,6	58°15,1	55°35,3	53° 5,8	50°46,1											
13		62°30,8	59° 2,3	56°27,7	53°44,4	51° 12,5												
12	64°12,3	60°43,5	57°29,5	54°29,6	51°43,3													
11	62°20,3	58°43,2	55°23,3	52°19,6														
10	60°13'	56°28,1	53°3'															
9	57°47,8	53°55,8																
8	55° 1,5																	

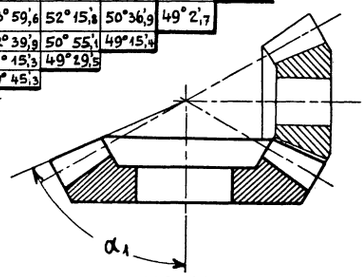


Abb. 14.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	z_1
60	69° 8,6	68°19,4	67°30,8	66°42,8	65°55,4	65° 8,6	64°22,4	63°36,7	62°51,7	62° 7,5	61°23,6	60°40,4	59°57,9	59° 15,9	58°34,6	57°53,9	60
59	68°49,6	67°59,7	67°10,5	66°22'	65°34'	64°46,7	64° 0'	63°14'	62°28,5	61°43,7	60°59,6	60°16'	59°33,2	58°50,8	58° 9,3	57°28,3	59
58	68°29,8	67°39,4	66°49,7	66° 0,6	65°12,1	64°24,3	63°37,1	62°50,6	62° 4,7	61°19,5	60°34,9	59° 51'	59° 7,8	58°25,2	57°43,3	57° 2'	58
57	68° 9,5	67°18,5	66°28,2	65°38,5	64°49,5	64° 1,2	63°13,5	62°26,6	61°40,2	60°54,6	60° 9,7	59°25,4	58°41,8	57°58,9	57°16,7	56°35,2	57
56	67°48,6	66° 57'	66° 6,1	65°15,9	64°26,3	63°37,5	62°49,3	62° 1,9	61°15,1	60°29,1	59°43,8	58°59,1	58°15,2	57° 32'	56°49,5	56° 7,6	56
55	67° 27,1	66°34,9	65°43,4	64°52,6	64° 2,5	63°13,1	62°24,4	61°36,5	60°49,3	60° 2,9	59°17,2	58°32,2	57°47,9	57° 4,4	56°21,6	55°39,8	55
54	67° 5'	66°12,1	65°19,9	64°28,5	63°37,9	62°48'	61°58,9	61°10,5	60°22,8	59° 36'	58°49,9	58° 4,5	57°19,9	56°36,1	55°52,9	55°10,6	54
53	66°42,1	65°48,6	64°55,8	64° 3,8	63°12,6	62°22,2	61°32,5	60°43,7	59°55,6	59° 8,3	58°21,8	57°36,1	56°51,2	56° 7'	55°23,6	54°41'	53
52	66°18,5	65°24,3	64°30,9	63°38,3	62°46,6	61°55,6	61° 5,5	60°16,1	59°27,6	58°39,9	57°53'	57° 7'	56°21,7	55°37,2	54°53,6	54°10,7	52
51	65°54,2	64°59,3	64° 5,3	63°12,1	62°19,7	61°28,2	60°37,6	59°47,8	58°58,8	58°10,7	57°23,5	56°37,1	55°51,5	55° 6,7	54°22,7	53°39,6	51
50	65°29'	64°33,5	63°38,8	62° 45'	61°52,1	61° 0'	60° 8,9	59°18,6	58°29,2	57°40,7	56°53,1	56° 6,3	55° 20,4	54° 35,4	53°51,1	53° 7,8	50
49	65° 3,1	64° 6,9	63°11,5	62°17,1	61°23,6	60°31'	59°39,4	58°48,6	57°58,8	57° 9,9	56°21,9	55°34,8	54°48,5	54° 3,2	53°18,7	52°35,1	49
48	64°36,3	63°39,3	62°43,3	61°48,3	60°54,2	60° 1,1	59° 8,9	58°17,7	57°27,5	56°38,2	55°49,8	55° 2,4	54°15,8	53°30,2	52°45,5	52° 1,7	48
47	64° 8,6	63°10,9	62°14,2	61°18,6	60°23,9	59°30,3	58°37,6	57°45,9	56°55,3	56° 5,6	55°16,8	54°29,1	53°42,1	52°56,4	52°11,6	51°27,8	47
46	63°39,9	62°41,5	61°44,2	60°47,9	59°52,7	58°58,5	58° 5,3	57°13,2	56°22,1	55° 32'	54°42,9	53°54,9	53° 7,7	52°21,6	51°36,4	50°52,2	46
45	63°10,2	62°11,1	61°13,4	60°16,2	59°20,4	58°25,7	57°32'	56°39,4	55°47,9	54°57,5	54° 8,1	53°19,7	52°32,3	51°45,9	51° 0,6	50°16,1	45
44	62° 39,5	61°39,7	60° 41'	59°43,5	58°47,1	57°51,8	56°57,7	56° 4,7	55°12,8	54°22'	53°32,4	52°43,5	51°55,9	51° 9,3	50°23,8	49°39,2	44
43	62° 7,7	61° 7,2	60° 7,9	59° 9,7	58°12,7	57°16,9	56°22,3	55°28,9	54°36,5	53°45,4	52°55,3	52° 6,4	51° 18,5	50°31,7	49°46'	49° 1,2	43
42	61°34,8	60°33,6	59°33,5	58°34,7	57°37,2	56°40,9	55°45,8	54°51,9	53°59,2	53° 7,7	52°17,4	51°28,2	50°40,1	49°53,3	49° 7,2	48°22,3	42
41	61° 0,7	59°58,7	58°58'	57°58,4	57° 0,3	56° 3,7	55° 8,1	54°13,8	53°20,8	52°29'	51°38,3	50°48,9	50° 0,6	49°13,4	48°27,0	47°42,0	41
40	60° 25,4	59°22,6	58°21,2	57°21,2	56°22,6	55°25,2	54°29,3	53°34,6	52° 41,2	51°49'	50°58,2	50° 8,5	49° 20'	48°32,7	47°46,5	47° 1,5	40
39	59°48,7	58°45,2	57°43,2	56°42,4	55°43,3	54°45,6	53°49,1	52°54,1	52° 0,3	51° 7,9	50°16,8	49°26,9	48°38,3	47°50,9	47° 4,6		39
38	59°10,6	58° 6,4	57° 3,7	56° 2,5	55° 2,8	54° 4,5	53° 7,9	52°12,3	51°18,2	50°25,6	49°34,2	48°44,2	47°55,4	47° 7,9			38
37	58°31,1	57°26,2	56°22,9	55°21,1	54°20,8	53°22,1	52°24,9	51°29,2	50° 34,8	49°41,9	48°50,4	48° 0,2	47°11,3				37
36	57°50,1	56°44,3	55°40,5	54°38,2	53°37,4	52°38,3	51°40,7	50°44,7	49° 50,1	48°57'	48° 5,3	47°15'					36
35	57° 7,5	56° 1,2	54°56,6	53°53,7	52°52,5	51°53'	50°55,1	49°58,7	49° 3,9	48°10,7	47°18,8						35
34	56°23,8	55°16,2	54°11'	53° 7,7	52° 6'	51° 6,1	50° 7,9	49° 11,3	48°16,3	47°22,9							34
33	55°37,2	54°29,5	53°23,9	52°19,9	51°17,9	50°17,7	49°19,2	48°22,4	47°27,2								33
32	54°49,3	53°41'	52°34,7	51°30,4	50°28'	49°27,5	48°28,8	47°31,6									32
31	53°59,4	52°50,6	51°43,8	50° 39,1	49°36,4	48°35,6	47°36,7										31
30	53° 7,6	51°58,2	50°51'	49°45,9	48°42,3	47°41,9											30
29	52°13,6	51° 3,7	49°56,1	48°50,7	47°47,5												29
28	51°17,4	50° 7,1	48°59,1	47°53,5													28
27	50°18,8	49° 8,1	47°59,9														27
26	49°17,8	48° 6,8															26
25	48°14,3																25

Außenwinkel des Rades:

$$\sphericalangle \alpha_1 = \sphericalangle \delta_1 + \sphericalangle \beta.$$

Kegelräder ohne Korrektion.
90⁰ Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
50																	27°42,4	50
49																	28°11,7	49
48																	28°42'	48
47																	29°13,3	47
46																	29°45,6	46
45																	30°19,1	45
44																	30°53,8	44
43																30°29,4	31°29,6	43
42																31° 5,9	32° 6,8	42
41																31°43,7	32°45,2	41
40																32°22,9	33°25,1	40
39																33° 3,5	34° 6,5	39
38															32°40,6	33°45,8	34°49,4	38
37															33°23,7	34°29,7	35°34'	37
36															34° 8,6	35°15,3	36°20,2	36
35															34°55,3	36° 2,7	37° 8,2	35
34															35°44'	36°52'	37°58,1	34
33														35°23,9	36°34,6	37°43,3	38°50'	33
32														36°16'	37°27,4	38°36,7	39°44'	32
31														37°10,3	38°22,5	39°32,4	40°40'	31
30													36°51,9	38° 7,1	39°19,9	40°30,3	41°38,4	30
29												36°32'	37°50,5	39° 6,4	40°19,8	41°30,7	42°39,1	29
28												37°32,5	38°51,9	40° 8,4	41°22,3	42°33,6	43°42,3	28
27											37°13'	38°36,1	39°56,1	41°13,3	42°27,6	43°39,2	44°48,2	27
26										36°51,7	38°18,9	39°42,7	41° 3,5	42°21,1	43°35,8	44°47,6	45°56,7	26
25										38° 0'	39°28,1	40°52,8	42°14,1	43°32,1	44°47,1	45°59'	47° 8'	25
24									37°39,4	39°12,1	40°41,1	42° 6,4	43°28,1	44°46,5	46° 1,6	47°13,5	48°22,3	24
23								37°46,6	38°54,5	40°28,2	41°57,9	43°23,7	44°45,8	46° 4,3	47°19,9	48°31,1		
22								38°35'	40° 14'	41°48,5	43°18,9	44°45,1	46° 7,3	47°25,8	48°40,7			
21							38°13,3	39°58,2	41°38,2	43°13,5	44°44,2	46°10,6	47°32,9	48°51,2				
20						37°49'	39°40,5	41°26,6	43° 7,5	44°43,3	46°14,3	47°40,7	49° 2,7					
19						39°20,7	41° 13,7	43° 0,8	44°42,3	46°18,9	47°49,3	49°15,4						
18					38°58,3	40°59,4	42°53,2	44°41,1	46° 22,9	47°58,9	49°29,3							
17				38°32,8	40°42,5	42°44,7	44°39,7	46°27,9	48° 9,7	49°45,3								
16				40°23,4	42°34,8	44°38,1	46°33,6	48°21,8	50° 3,1									
15			40° 1,2	42°23,5	44°36,2	46°40,2	48°35,5	50°23,2										
14		39°35,3	42° 10,1	44° 34'	46°47,5	48°51,3	50°46,1											
13		41°54,3	44°31,3	46°56,1	49° 9,6	51°12,5												
12	41°35,1	44°27,9	47° 6,1	49°30,9	51°43,3													
11	44°23,6	47°18'	49°56,2	52°19,6														
10	47°32,2	50°26,6	53° 3'															
9	51° 3,8	53°55,8																
8	55° 1,5																	

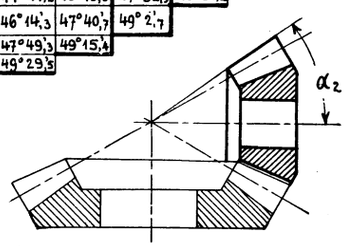


Abb. 15.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	z_1
60	24°22,9	25°10,8	25°58,1	26°44,8	27°30,9	28°16,4	29° 1,2	29°45,4	30°29'	31°12'	31°54,3	32°36,1	33°17,2	33°57,6	34°37,5	35°16,7	60
59	24°45,1	25°33,5	26°21,3	27° 8,5	27°55,1	28°41'	29°26,3	30°10,9	30°54,8	31°38,2	32°20,8	33° 2,9	33°44,3	34°25'	35° 5,1	35°44,6	59
58	25° 7,9	25°56,9	26°45,2	27°32,9	28°19,9	29° 6,3	29°51,9	30°37'	31°21,3	32° 5'	32°48'	33°30,3	34° 12'	34°53'	35°33,4	36°13,1	58
57	25°31,4	26° 20,9	27° 9,7	27°57,9	28°45,4	29°32,2	30°18,3	31° 3,8	31°48,5	32°32,5	33°15,9	33°58,5	34° 40,5	35°21,7	36° 2,3	36°42,3	57
56	25°55,5	26°45,6	27° 35'	28°23,7	29°11,7	29°58,9	30°45,5	31°31,3	32°16,4	33° 0,7	33°44,4	34°27,4	35° 9,6	35°51,2	36° 32'	37°12,2	56
55	26°20,4	27°11,1	28° 1'	28°50,2	29°38,6	30°26,3	31°13,3	31°59,5	32°45'	33°29,7	34°13,7	34°57'	35°39,5	36°21,3	37° 2,0	37°42,7	55
54	26°46,1	27°37,3	28°27,7	29°17,4	30° 6,4	30°54,6	31°41,9	32°28,5	33°14,4	33° 59,5	34°43,8	35°27,5	36°10,1	36°52,2	37°33,5	38°14'	54
53	27°12,5	28° 4,3	28°55,3	29°45,5	30°34,9	31°23,5	32°11,4	32°58,4	33°44,6	34°30'	35°14,6	35°58,5	36°41,5	37°23,8	38° 5,3	38°46,1	53
52	27°39,7	28°32,1	29°23,7	30°14,4	31° 4,3	31°53,4	32°41,6	33°29'	34°15,6	35° 1,4	35°46,3	36°30,4	37° 13,7	37°56,2	38°38'	39°18,9	52
51	28° 7,8	29° 0,8	29°52,9	30°44,2	31°34,6	32°24,1	33°12,7	34° 0,5	34°47,5	35°33,5	36°18,8	37° 3,2	37°46,7	38°29,6	39°11,4	39°52,5	51
50	28°36,8	29° 30,4	30°23,1	31°14,9	32° 5,7	32°55,7	33°44,8	34°32,9	35°20,2	36° 6,6	36°52,1	37°36,8	38°20,6	39° 3,5	39°45,6	40°26,9	50
49	29° 6,8	30° 1'	30°54,2	31°46,5	32°37,8	33°28,2	34°17,7	35° 6,3	35°53,9	36°40,6	37°26,4	38°11,3	38°55,3	39°38,5	40°20,8	41° 2,2	49
48	29°37,7	30°32,5	31°26,3	32°19,1	33°10,9	34° 1,7	34°51,6	35°40,5	36°28,5	37°15,5	38° 1,6	38°46,8	39°31'	40°14,3	40°56,8	41°38,3	48
47	30° 9,7	31° 5'	31°59,4	32°52,7	33°45'	34°36,3	35°26,5	36°15,8	37° 4,1	37°51,4	38°37,8	39°23,1	40° 7,6	40°51,1	41°33,7	42°15,4	47
46	30°42,7	31°38,6	32°33,5	33°27,3	34°20,1	35° 11,8	36° 2,5	36°52,1	37°40,7	38°28,3	39°14,9	40°0,5	40°45,1	41°28,8	42°11,5	42°53,3	46
45	31°16,8	32°13,3	33° 8,8	34° 3,1	34°56,3	35°48,5	36°39,5	37°29,5	38°18,4	39° 6,2	39°53,1	40°38,9	41°23,6	42° 7,4	42°50,3	43°32,2	45
44	31°52,1	32°49,2	33°45,2	34° 40'	35°33,7	36°26,3	37°17,7	38° 8'	38°57,2	39°45,3	40°32,3	41°18,3	42° 3,2	42°47,1	43°30,1	44°12'	44
43	32°28,6	33°26,3	34°22,9	35°18,2	36°12,3	37° 5,2	37°57'	38°47,6	39°37'	40°25,6	41°12,6	41°58,7	42°43,8	43°27,8	44°10,8	44°52,8	43
42	33° 6,4	34° 4,7	35° 1,8	35°57,5	36°52,1	37°45,4	38°37,5	39°28,4	40°18,1	41° 6,7	41°54'	42°40,3	43°25,5	44° 9,6	44°52,7	45°34,7	42
41	33°45,5	34°44,4	35° 42'	36°38,2	37°33,2	38°26,9	39°19,3	40°10,4	41° 0,4	41°49,1	42°36,7	43°23'	44° 8,3	44°52,5	45°35,5	46°17,6	41
40	34°26'	35°25,5	36°23,6	37°20,3	38°15,6	39° 9,6	40° 2,3	40°53,7	41° 43,9	42°32,8	43°20,5	44° 6,9	44°52,3	45°36,4	46°19,5	47° 1,5	40
39	35° 8'	36° 8'	37° 6,6	38° 3,7	38°59,4	39°53,8	40°46,8	41°38,4	42°28,7	43°17,7	44° 5,5	44°52,1	45°37,4	46°21,6	47° 4,6		
38	35°51,5	36°52,1	37° 51,1	38°48,6	39°44,7	40°39,6	41°32,6	42°24,4	43°14,8	44° 4'	44°51,8	45°38,4	46°23,7	47° 7,9			
37	36°36,4	37°37,7	38°37,2	39°35,1	40° 31,5	41°26,4	42°19,8	43°11,8	44° 2,4	44°51,6	45°39,5	46°26'	47°11,3				
36	37°23,4	38°25'	39°24,9	40°23,2	41°19,8	42°15'	43° 8,6	44° 0,7	44°51,3	45° 40,6	46°28,5	47°15'					
35	38°12'	39°14'	40°14,3	41°12,9	42° 9,8	43° 5,1	43°58,9	44°51,1	45°41,8	46°31'	47°18,8						
34	39° 2,4	40° 4,8	41° 5,5	42° 4,8	43° 1,5	43°57'	44°50,8	45°43'	46°33,7	47° 22,9							
33	39°54,8	40°57,6	41°58,5	42°57,6	43°54,9	44°50,5	45°44,4	46°36,6	47°27,2								
32	40°49,1	41°52,3	42°53,5	43°52,7	44°50,2	45° 45,8	46°39,7	47°31,8									
31	41°45,6	42°49'	43°50,4	44°49,8	45°47,3	46°42,3	47°36,7										
30	42°44,3	43°47,9	44°49,5	45°48,9	46°46,4	47°41,9											
29	43°45,2	44°49'	45°50,7	46°50,1	47°47,5												
28	44°48,6	45°52,5	46°54,1	47°53,5													
27	45°54,5	46°58,4	47°58,9														
26	47° 3'	48° 6,8															
25	48°14,3																

Außenwinkel des Triebes:

$$\sphericalangle \alpha_2 = \sphericalangle \delta_2 + \sphericalangle \beta.$$

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

	m = Modul.																
m	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25*	4,5	4,75*	5	
	t = Teilung.																	
t	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,07	7,85	8,64	9,42	10,21	11,0	11,78	12,57	13,35	14,14	14,92	15,71	m/m
	s = Zahnstärke.																	
s	1,57	1,96	2,36	2,75	3,14	3,53	3,93	4,32	4,71	5,11	5,5	5,89	6,28	6,68	7,07	7,46	7,85	m/m
	k = Zahnkopfhöhe.																	
k	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0	4,25	4,5	4,75	5,0	m/m
	F = Zahnfusshöhe.																	
F	1,12	1,40	1,69	1,96	2,25	2,53	2,81	3,09	3,37	3,65	3,93	4,21	4,49	4,77	5,06	5,33	5,62	m/m
	h = Zahnhöhe.																	
h	2,12	2,65	3,19	3,71	4,25	4,78	5,31	5,84	6,37	6,9	7,43	7,96	8,49	9,02	9,56	10,08	10,62	m/m

Zahn-Abmessungen: $t = \pi \cdot m = 3{,}1416 \cdot m.$ $= m.$ $f = 1{,}1236 \cdot k.$

$s = \frac{t}{2} = 1{,}5708 \cdot m$ $h = k + f = 2{,}1236 \cdot k.$

Teilkreis-Durchmesser $\begin{cases} \text{des Rades: } d_1 = z_1 \cdot m. \\ \text{des Triebes: } d_2 = z_2 \cdot m. \end{cases}$

	z_2 = Zähnezahl des Triebes.																	
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25*	4,5	4,75*	5	
60	60,0	75,0	90,0	105,0	120,0	135,0	150,0	165,0	180,0	195,0	210,0	225,0	240,0	255,0	270,0	285,0	300,0	60
59	59,0	73,75	88,5	103,25	118,0	132,75	147,5	162,25	177,0	191,75	206,5	221,25	236,0	250,75	265,5	280,25	295,0	59
58	58,0	72,5	87,0	101,5	116,0	130,5	145,0	159,5	174,0	188,5	203,0	217,5	232,0	246,5	261,0	275,5	290,0	58
57	57,0	71,25	85,5	99,75	114,0	128,25	142,5	156,75	171,0	185,25	199,5	213,75	228,0	242,25	256,5	270,75	285,0	57
56	56,0	70,0	84,0	98,0	112,0	126,0	140,0	154,0	168,0	182,0	196,0	210,0	224,0	238,0	252,0	266,0	280,0	56
55	55,0	68,75	82,5	96,25	110,0	123,75	137,5	151,25	165,0	178,75	192,5	206,25	220,0	233,75	247,5	261,25	275,0	55
54	54,0	67,5	81,0	94,5	108,0	121,5	135,0	148,5	162,0	175,5	189,0	202,5	216,0	229,5	243,0	256,5	270,0	54
53	53,0	66,25	79,5	92,75	106,0	119,25	132,5	145,75	159,0	172,25	185,5	198,75	212,0	225,25	238,5	251,75	265,0	53
52	52,0	65,0	78,0	91,0	104,0	117,0	130,0	143,0	156,0	169,0	182,0	195,0	208,0	221,0	234,0	247,0	260,0	52
51	51,0	63,75	76,5	89,25	102,0	114,75	127,5	140,25	153,0	165,75	178,5	191,25	204,0	216,75	229,5	242,25	255,0	51
50	50,0	62,5	75,0	87,5	100,0	112,5	125,0	137,5	150,0	162,5	175,0	187,5	200,0	212,5	225,0	237,5	250,0	50
49	49,0	61,25	73,5	85,75	98,0	110,25	122,5	134,75	147,0	159,25	171,5	183,75	196,0	208,25	220,5	232,75	245,0	49
48	48,0	60,0	72,0	84,0	96,0	108,0	120,0	132,0	144,0	156,0	168,0	180,0	192,0	204,0	216,0	228,0	240,0	48
47	47,0	58,75	70,5	82,25	94,0	105,75	117,5	129,25	141,0	152,75	164,5	176,25	188,0	199,75	211,5	223,25	235,0	47
46	46,0	57,5	69,0	80,5	92,0	103,5	115,0	126,5	138,0	149,5	161,0	172,5	184,0	195,5	207,0	218,5	230,0	46
45	45,0	56,25	67,5	78,75	90,0	101,25	112,5	123,75	135,0	146,25	157,5	168,75	180,0	191,25	202,5	213,75	225,0	45
44	44,0	55,0	66,0	77,0	88,0	99,0	110,0	121,0	132,0	143,0	154,0	165,0	176,0	187,0	198,0	209,0	220,0	44
43	43,0	53,75	64,5	75,25	86,0	96,75	107,5	118,25	129,0	139,75	150,5	161,25	172,0	182,75	193,5	204,25	215,0	43
42	42,0	52,5	63,0	73,5	84,0	94,5	105,0	115,5	126,0	136,5	147,0	157,5	168,0	178,5	189,0	199,5	210,0	42
41	41,0	51,25	61,5	71,75	82,0	92,25	102,5	112,75	123,0	133,25	143,5	153,75	164,0	174,25	184,5	194,75	205,0	41
40	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	190,0	200,0	40
39	39,0	48,75	58,5	68,25	78,0	87,75	97,5	107,25	117,0	126,75	136,5	146,25	156,0	165,75	175,5	185,25	195,0	39
38	38,0	47,5	57,0	66,5	76,0	85,5	95,0	104,5	114,0	123,5	133,0	142,5	152,0	161,5	171,0	180,5	190,0	38
37	37,0	46,25	55,5	64,75	74,0	83,25	92,5	101,75	111,0	120,25	129,5	138,75	148,0	157,25	166,5	175,75	185,0	37
36	36,0	45,0	54,0	63,0	72,0	81,0	90,0	99,0	108,0	117,0	126,0	135,0	144,0	153,0	162,0	171,0	180,0	36
35	35,0	43,75	52,5	61,25	70,0	78,75	87,5	96,25	105,0	113,75	122,5	131,25	140,0	148,75	157,5	166,25	175,0	35
34	34,0	42,5	51,0	59,5	68,0	76,5	85,0	93,5	102,0	110,5	119,0	127,5	136,0	144,5	153,0	161,5	170,0	34
33	33,0	41,25	49,5	57,75	66,0	74,25	82,5	90,75	99,0	107,25	115,5	123,75	132,0	140,25	148,5	156,75	165,0	33
32	32,0	40,0	48,0	56,0	64,0	72,0	80,0	88,0	96,0	104,0	112,0	120,0	128,0	136,0	144,0	152,0	160,0	32
31	31,0	38,75	46,5	54,25	62,0	69,75	77,5	85,25	93,0	100,75	108,5	116,25	124,0	131,75	139,5	147,25	155,0	31
30	30,0	37,5	45,0	52,5	60,0	67,5	75,0	82,5	90,0	97,5	105,0	112,5	120,0	127,5	135,0	142,5	150,0	30
29	29,0	36,25	43,5	50,75	58,0	65,25	72,5	79,75	87,0	94,25	101,5	108,75	116,0	123,25	130,5	137,75	145,0	29
28	28,0	35,0	42,0	49,0	56,0	63,0	70,0	77,0	84,0	91,0	98,0	105,0	112,0	119,0	126,0	133,0	140,0	28
27	27,0	33,75	40,5	47,25	54,0	60,75	67,5	74,25	81,0	87,75	94,5	101,25	108,0	114,75	121,5	128,25	135,0	27
26	26,0	32,5	39,0	45,5	52,0	58,5	65,0	71,5	78,0	84,5	91,0	97,5	104,0	110,5	117,0	123,5	130,0	26
25	25,0	31,25	37,5	43,75	50,0	56,25	62,5	68,75	75,0	81,25	87,5	93,75	100,0	106,25	112,5	118,75	125,0	25
24	24,0	30,0	36,0	42,0	48,0	54,0	60,0	66,0	72,0	78,0	84,0	90,0	96,0	102,0	108,0	114,0	120,0	24
23	23,0	28,75	34,5	40,25	46,0	51,75	57,5	63,25	69,0	74,75	80,5	86,25	92,0	97,75	103,5	109,25	115,0	23
22	22,0	27,5	33,0	38,5	44,0	49,5	55,0	60,5	66,0	71,5	77,0	82,5	88,0	93,5	99,0	104,5	110,0	22
21	21,0	26,25	31,5	36,75	42,0	47,25	52,5	57,75	63,0	68,25	73,5	78,75	84,0	89,25	94,5	99,75	105,0	21
20	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	95,0	100,0	20
19	19,0	23,75	28,5	33,25	38,0	42,75	47,5	52,25	57,0	61,75	66,5	71,25	76,0	80,75	85,5	90,25	95,0	19
18	18,0	22,5	27,0	31,5	36,0	40,5	45,0	49,5	54,0	58,5	63,0	67,5	72,0	76,5	81,0	85,5	90,0	18
17	17,0	21,25	25,5	29,75	34,0	38,25	42,5	46,75	51,0	55,25	59,5	63,75	68,0	72,25	76,5	80,75	85,0	17
16	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0	44,0	48,0	52,0	56,0	60,0	64,0	68,0	72,0	76,0	80,0	16
15	15,0	18,75	22,5	26,25	30,0	33,75	37,5	41,25	45,0	48,75	52,5	56,25	60,0	63,75	67,5	71,25	75,0	15
14	14,0	17,5	21,0	24,5	28,0	31,5	35,0	38,5	42,0	45,5	49,0	52,5	56,0	59,5	63,0	66,5	70,0	14
13	13,0	16,25	19,5	22,75	26,0	29,25	32,5	35,75	39,0	42,25	45,5	48,75	52,0	55,25	58,5	61,75	65,0	13
12	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	48,0	51,0	54,0	57,0	60,0	12
11	11,0	13,75	16,5	19,25	22,0	24,75	27,5	30,25	33,0	35,75	38,5	41,25	44,0	46,75	49,5	52,25	55,0	11
10	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	45,0	47,5	50,0	10
9	9,0	11,25	13,5	15,75	18,0	20,25	22,5	24,75	27,0	29,25	31,5	33,75	36,0	38,25	40,5	42,75	45,0	9
8	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0	8

*) Laut DINorm nicht mehr anzuwenden!

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

	m = Modul.																	
m	5,25*	5,5	5,75*	6	6,25*	6,5	6,75*	7	7,5*	8	9	10	11	12	13	14	15	
	t = Teilung.																	
t	16,49	17,28	18,06	18,85	19,63	20,42	21,21	21,99	23,56	25,13	28,27	31,42	34,56	37,70	40,84	43,98	47,12	m/m
	s = Zahnstärke.																	
s	8,25	8,64	9,03	9,43	9,82	10,21	10,60	11,00	11,78	12,57	14,14	15,71	17,28	18,85	20,42	21,99	23,56	m/m
	k = Zahnkopfhöhe.																	
k	5,25	5,5	5,75	6,0	6,25	6,5	6,75	7,0	7,5	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	m/m
	f = Zahnfusshöhe.																	
f	5,9	6,18	6,46	6,74	7,02	7,3	7,58	7,87	8,43	8,99	10,11	11,24	12,36	13,48	14,61	15,73	16,85	m/m
	h = Zahnhöhe.																	
h	11,15	11,68	12,21	12,74	13,27	13,8	14,33	14,87	15,93	16,99	19,11	21,24	23,36	25,48	27,61	29,73	31,85	m/m

Zahn-Abmessungen: $t = \pi \cdot m = 3{,}1416 \cdot m$. $\quad k = m$. $\quad f = 1{,}1236 \cdot k$.
$s = \frac{t}{2} = 1{,}5708 \cdot m$. $\quad h = k + f = 2{,}1236 \cdot k$.

Teilkreis-Durchmesser { des Rades: $d_1 = z_1 \cdot m$. / des Triebes: $d_2 = z_2 \cdot m$.

z_1, z_2 = Zähnezahl.	m = Modul.																		z_1, z_2 = Zähnezahl.
	5,25*	5,5	5,75*	6	6,25*	6,5	6,75*	7	7,5*	8	9	10	11	12	13	14	15		
60	315,0	330,0	345,0	360,0	375,0	390,0	405,0	420,0	450,0	480,0	540,0	600,0	660,0	720,0	780,0	840,0	900,0	60	60
59	309,75	324,5	339,25	354,0	368,75	383,5	398,25	413,0	442,5	472,0	531,0	590,0	649,0	708,0	767,0	826,0	885,0	59	59
58	304,5	319,0	333,5	348,0	362,5	377,0	391,5	406,0	435,0	464,0	522,0	580,0	638,0	696,0	754,0	812,0	870,0	58	58
57	299,25	313,5	327,75	342,0	356,25	370,5	384,75	399,0	427,5	456,0	513,0	570,0	627,0	684,0	741,0	798,0	855,0	57	57
56	294,0	308,0	322,0	336,0	350,0	364,0	378,0	392,0	420,0	448,0	504,0	560,0	616,0	672,0	728,0	784,0	840,0	56	56
55	288,75	302,5	316,25	330,0	343,75	357,5	371,25	385,0	412,5	440,0	495,0	550,0	605,0	660,0	715,0	770,0	825,0	55	55
54	283,5	297,0	310,5	324,0	337,5	351,0	364,5	378,0	405,0	432,0	486,0	540,0	594,0	648,0	702,0	756,0	810,0	54	54
53	278,25	291,5	304,75	318,0	331,25	344,5	357,75	371,0	397,5	424,0	477,0	530,0	583,0	636,0	689,0	742,0	795,0	53	53
52	273,0	286,0	299,0	312,0	325,0	338,0	351,0	364,0	390,0	416,0	468,0	520,0	572,0	624,0	676,0	728,0	780,0	52	52
51	267,75	280,5	293,25	306,0	318,75	331,5	344,25	357,0	382,5	408,0	459,0	510,0	561,0	612,0	663,0	714,0	765,0	51	51
50	262,5	275,0	287,5	300,0	312,5	325,0	337,5	350,0	375,0	400,0	450,0	500,0	550,0	600,0	650,0	700,0	750,0	50	50
49	257,25	269,5	281,75	294,0	306,25	318,5	330,75	343,0	367,5	392,0	441,0	490,0	539,0	588,0	637,0	686,0	735,0	49	49
48	252,0	264,0	276,0	288,0	300,0	312,0	324,0	336,0	360,0	384,0	432,0	480,0	528,0	576,0	624,0	672,0	720,0	48	48
47	246,75	258,5	270,25	282,0	293,75	305,5	317,25	329,0	352,5	376,0	423,0	470,0	517,0	564,0	611,0	658,0	705,0	47	47
46	241,5	253,0	264,5	276,0	287,5	299,0	310,5	322,0	345,0	368,0	414,0	460,0	506,0	552,0	598,0	644,0	690,0	46	46
45	236,25	247,5	258,75	270,0	281,25	292,5	303,75	315,0	337,5	360,0	405,0	450,0	495,0	540,0	585,0	630,0	675,0	45	45
44	231,0	242,0	253,0	264,0	275,0	286,0	297,0	308,0	330,0	352,0	396,0	440,0	484,0	528,0	572,0	616,0	660,0	44	44
43	225,75	236,5	247,25	258,0	268,75	279,5	290,25	301,0	322,5	344,0	387,0	430,0	473,0	516,0	559,0	602,0	645,0	43	43
42	220,5	231,0	241,5	252,0	262,5	273,0	283,5	294,0	315,0	336,0	378,0	420,0	462,0	504,0	546,0	588,0	630,0	42	42
41	215,25	225,5	235,75	246,0	256,25	266,5	276,75	287,0	307,5	328,0	369,0	410,0	451,0	492,0	533,0	574,0	615,0	41	41
40	210,0	220,0	230,0	240,0	250,0	260,0	270,0	280,0	300,0	320,0	360,0	400,0	440,0	480,0	520,0	560,0	600,0	40	40
39	204,75	214,5	224,25	234,0	243,75	253,5	263,25	273,0	292,5	312,0	351,0	390,0	429,0	468,0	507,0	546,0	585,0	39	39
38	199,5	209,0	218,5	228,0	237,5	247,0	256,5	266,0	285,0	304,0	342,0	380,0	418,0	456,0	494,0	532,0	570,0	38	38
37	194,25	203,5	212,75	222,0	231,25	240,5	249,75	259,0	277,5	296,0	333,0	370,0	407,0	444,0	481,0	518,0	555,0	37	37
36	189,0	198,0	207,0	216,0	225,0	234,0	243,0	252,0	270,0	288,0	324,0	360,0	396,0	432,0	468,0	504,0	540,0	36	36
35	183,75	192,5	201,25	210,0	218,75	227,5	236,25	245,0	262,5	280,0	315,0	350,0	385,0	420,0	455,0	490,0	525,0	35	35
34	178,5	187,0	195,5	204,0	212,5	221,0	229,5	238,0	255,0	272,0	306,0	340,0	374,0	408,0	442,0	476,0	510,0	34	34
33	173,25	181,5	189,75	198,0	206,25	214,5	222,75	231,0	247,5	264,0	297,0	330,0	363,0	396,0	429,0	462,0	495,0	33	33
32	168,0	176,0	184,0	192,0	200,0	208,0	216,0	224,0	240,0	256,0	288,0	320,0	352,0	384,0	416,0	448,0	480,0	32	32
31	162,75	170,5	178,25	186,0	193,75	201,5	209,25	217,0	232,5	248,0	279,0	310,0	341,0	372,0	403,0	434,0	465,0	31	31
30	157,5	165,0	172,5	180,0	187,5	195,0	202,5	210,0	225,0	240,0	270,0	300,0	330,0	360,0	390,0	420,0	450,0	30	30
29	152,25	159,5	166,75	174,0	181,25	188,5	195,75	203,0	217,5	232,0	261,0	290,0	319,0	348,0	377,0	406,0	435,0	29	29
28	147,0	154,0	161,0	168,0	175,0	182,0	189,0	196,0	210,0	224,0	252,0	280,0	308,0	336,0	364,0	392,0	420,0	28	28
27	141,75	148,5	155,25	162,0	168,75	175,5	182,25	189,0	202,5	216,0	243,0	270,0	297,0	324,0	351,0	378,0	405,0	27	27
26	136,5	143,0	149,5	156,0	162,5	169,0	175,5	182,0	195,0	208,0	234,0	260,0	286,0	312,0	338,0	364,0	390,0	26	26
25	131,25	137,5	143,75	150,0	156,25	162,5	168,75	175,0	187,5	200,0	225,0	250,0	275,0	300,0	325,0	350,0	375,0	25	25
24	126,0	132,0	138,0	144,0	150,0	156,0	162,0	168,0	180,0	192,0	216,0	240,0	264,0	288,0	312,0	336,0	360,0	24	24
23	120,75	126,5	132,25	138,0	143,75	149,5	155,25	161,0	172,5	184,0	207,0	230,0	253,0	276,0	299,0	322,0	345,0	23	23
22	115,5	121,0	126,5	132,0	137,5	143,0	148,5	154,0	165,0	176,0	198,0	220,0	242,0	264,0	286,0	308,0	330,0	22	22
21	110,25	115,5	120,75	126,0	131,25	136,5	141,75	147,0	157,5	168,0	189,0	210,0	231,0	252,0	273,0	294,0	315,0	21	21
20	105,0	110,0	115,0	120,0	125,0	130,0	135,0	140,0	150,0	160,0	180,0	200,0	220,0	240,0	260,0	280,0	300,0	20	20
19	99,75	104,5	109,25	114,0	118,75	123,5	128,25	133,0	142,5	152,0	171,0	190,0	209,0	228,0	247,0	266,0	285,0	19	19
18	94,5	99,0	103,5	108,0	112,5	117,0	121,5	126,0	135,0	144,0	162,0	180,0	198,0	216,0	234,0	252,0	270,0	18	18
17	89,25	93,5	97,75	102,0	106,25	110,5	114,75	119,0	127,5	136,0	153,0	170,0	187,0	204,0	221,0	238,0	255,0	17	17
16	84,0	88,0	92,0	96,0	100,0	104,0	108,0	112,0	120,0	128,0	144,0	160,0	176,0	192,0	208,0	224,0	240,0	16	16
15	78,75	82,5	86,25	90,0	93,75	97,5	101,25	105,0	112,5	120,0	135,0	150,0	165,0	180,0	195,0	210,0	225,0	15	15
14	73,5	77,0	80,5	84,0	87,5	91,0	94,5	98,0	105,0	112,0	126,0	140,0	154,0	168,0	182,0	196,0	210,0	14	14
13	68,25	71,5	74,75	78,0	81,25	84,5	87,75	91,0	97,5	104,0	117,0	130,0	143,0	156,0	169,0	182,0	195,0	13	13
12	63,0	66,0	69,0	72,0	75,0	78,0	81,0	84,0	90,0	96,0	108,0	120,0	132,0	144,0	156,0	168,0	180,0	12	12
11	57,75	60,5	63,25	66,0	68,75	71,5	74,25	77,0	82,5	88,0	99,0	110,0	121,0	132,0	143,0	154,0	165,0	11	11
10	52,5	55,0	57,5	60,0	62,5	65,0	67,5	70,0	75,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	10	10
9	47,25	49,5	51,75	54,0	56,25	58,5	60,75	63,0	67,5	72,0	81,0	90,0	99,0	108,0	117,0	126,0	135,0	9	9
8	42,0	44,0	46,0	48,0	50,0	52,0	54,0	56,0	60,0	64,0	72,0	80,0	88,0	96,0	104,0	112,0	120,0	8	8

*) Laut DINorm nicht mehr anzuwenden!

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes :

z_1 = Zähnezahl des Rades :	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
50																	27,754	50
49																	27,304	49
48																	26,856	48
47																	26,411	47
46																	25,967	46
45																	25,5247	45
44																	25,0851	44
43																24,408	24,648	43
42																23,969	24,213	42
41																23,532	23,781	41
40																23,098	23,351	40
39																22,666	22,924	39
38															21,983	22,238	22,500	38
37															21,553	21,812	22,080	37
36															21,1249	21,390	21,663	36
35															20,701	20,971	21,249	35
34															20,280	20,5551	20,839	34
33														19,590	19,862	20,144	20,433	33
32														19,171	19,449	19,736	20,032	32
31														18,7552	19,040	19,333	19,6345	31
30													18,063	18,344	18,6350	18,934	19,242	30
29												17,371	17,650	17,938	18,2340	18,541	18,8550	29
28												16,956	17,241	17,536	17,840	18,152	18,473	28
27											16,264	16,546	16,838	17,140	17,450	17,770	18,097	27
26										15,573	15,851	16,140	16,440	16,749	17,066	17,393	17,728	26
25										15,158	15,444	15,741	16,047	16,363	16,689	17,022	17,364	25
24									14,466	14,748	15,042	15,346	15,661	15,9848	16,318	16,659	17,008	24
23								13,7751	14,054	14,344	14,646	14,959	15,281	15,613	15,953	16,302		
22								13,361	13,648	13,947	14,257	14,578	14,909	15,248	15,597			
21							12,669	12,952	13,248	13,556	13,8749	14,204	14,544	14,892				
20						11,980	12,258	12,550	12,856	13,172	13,501	13,839	14,187					
19						11,566	11,854	12,156	12,471	12,797	13,134	13,482						
18					10,8749	11,159	11,457	11,769	12,094	12,430	12,777							
17				10,186	10,4648	10,759	11,069	11,391	11,727	12,073								
16				9,773	10,063	10,369	10,689	11,023	11,369									
15			9,084	9,368	9,670	9,988	10,320	10,666										
14		8,397	8,6754	8,973	9,288	9,618	9,963											
13		7,9851	8,247	8,589	8,917	9,261												
12	7,298	7,584	7,891	8,217	8,559													
11	6,893	7,1946	7,517	7,859														
10	6,501	6,820	7,160															
9	6,1247	6,462																
8	5,767																	

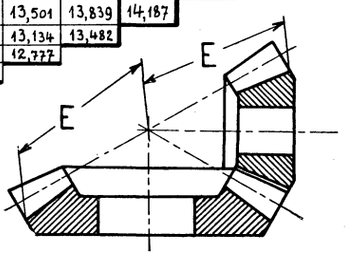


Abb. 16.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes

z_1 = Zähnezahl des Rades.	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
60	32,519	32,7149	32,917	33,1250	33,339	33,560	33,786	34,019	34,257	34,500	34,749	35,004	35,263	35,528	35,798	36,073	60
59	32,059	32,257	32,462	32,673	32,890	33,114	33,343	33,578	33,820	34,066	34,319	34,576	34,839	35,107	35,380	35,658	59
58	31,599	31,800	32,008	32,222	32,443	32,669	32,902	33,140	33,384	33,634	33,890	34,151	34,417	34,688	34,964	35,246	58
57	31,141	31,3451	31,556	31,773	31,996	32,226	32,462	32,703	32,951	33,204	33,463	33,727	33,996	34,271	34,551	34,836	57
56	30,684	30,891	31,1049	34,3251	31,552	31,7846	32,024	32,269	32,519	32,776	33,038	33,306	33,578	33,857	34,140	34,428	56
55	30,229	30,439	30,656	30,879	31,109	31,3451	31,587	31,836	32,090	32,350	32,6154	32,886	33,163	33,444	33,731	34,022	55
54	29,774	29,988	30,208	30,4346	30,668	30,907	31,153	31,4048	31,663	31,926	32,1949	32,470	32,749	33,034	33,324	33,619	54
53	29,322	29,538	29,762	29,992	30,229	30,472	30,721	30,976	31,237	31,504	34,777	32,0548	32,338	32,627	32,921	33,219	53
52	28,871	29,091	29,317	29,551	29,791	30,038	30,291	30,549	30,814	31,0848	31,361	31,643	31,930	32,222	32,519	32,822	52
51	28,421	28,6446	28,8749	29,112	29,356	29,606	29,862	30,1249	30,394	30,668	30,948	31,233	31,524	31,820	32,121	32,427	51
50	27,973	28,200	28,434	28,6751	28,923	29,176	29,437	29,703	29,9752	30,253	30,537	30,826	31,124	31,421	31,726	32,0351	50
49	27,528	27,758	27,996	28,240	28,491	28,749	29,013	29,283	29,560	29,842	30,129	30,422	30,721	31,024	31,333	31,647	49
48	27,083	27,318	27,559	27,808	28,063	28,324	28,592	28,866	29,146	29,432	29,724	30,021	30,324	30,631	30,944	31,261	48
47	26,641	26,880	27,1249	27,377	27,636	27,902	28,174	28,452	28,736	29,026	29,322	29,623	29,929	30,241	30,558	30,879	47
46	26,201	26,444	26,693	26,949	27,212	27,482	27,758	28,040	28,329	28,623	28,923	29,228	29,538	29,854	30,1747	30,500	46
45	25,764	26,010	26,263	26,524	26,791	27,0650	27,3452	27,632	27,924	28,223	28,527	28,836	29,151	29,471	29,7953	30,1249	45
44	25,328	25,579	25,836	26,101	26,373	26,651	26,9353	27,226	27,523	27,826	28,134	28,448	28,767	29,091	29,420	29,753	44
43	24,8950	25,150	25,412	25,681	25,957	26,240	26,529	26,824	27,1249	27,432	27,7446	28,063	28,386	28,714	29,048	29,386	43
42	24,464	24,724	24,990	25,264	25,544	25,831	26,1249	26,4247	26,730	27,042	27,359	27,681	28,009	28,342	28,680	29,022	42
41	24,037	24,301	24,572	24,850	25,1349	25,427	25,7247	26,029	26,339	26,656	26,977	27,304	27,636	27,973	28,3154	28,662	41
40	23,612	23,880	24,156	24,439	24,729	25,0251	25,328	25,637	25,952	26,273	26,599	26,931	27,267	27,609	27,956	28,307	40
39	23,190	23,463	23,744	24,032	24,326	24,628	24,9391	25,249	25,569	25,894	26,2252	26,562	26,903	27,249	27,600		
38	22,771	23,049	23,3348	23,628	23,927	24,234	24,546	24,8649	25,190	25,520	25,856	26,197	26,543	26,894			
37	22,3554	22,639	22,930	23,227	23,532	23,844	24,161	24,4847	24,8146	25,150	25,490	25,836	26,187				
36	21,943	22,232	22,528	22,831	23,141	23,458	23,781	24,109	24,444	24,784	25,130	25,481					
35	21,5351	21,829	22,131	22,439	22,754	23,076	23,404	23,738	24,078	24,424	24,774						
34	21,131	21,430	21,737	22,051	22,372	22,699	23,033	23,372	23,718	24,068							
33	20,731	21,036	21,349	21,668	21,9946	22,327	22,666	23,011	23,362								
32	20,3350	20,646	20,9645	21,290	21,622	21,961	22,3050	22,6553									
31	19,944	20,261	20,586	20,917	21,2547	21,599	21,949										
30	19,558	19,881	20,212	20,549	20,893	21,243											
29	19,177	19,507	19,844	20,187	20,537												
28	18,802	19,138	19,481	19,831													
27	18,433	18,7753	19,1249														
26	18,070	18,419															
25	17,713																

Zahnfuß-Distanz:

$$E = m \cdot \sqrt{\frac{z_1^2 + z_2^2}{4}} + 1{,}262477.$$

Der Wert E ist in der Zeichnung bis auf Hundertstel-Millimeter abzurunden!

Kegelräder mit 90° Achsenwinkel.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes

z_1 = Zähnezahl des Rades:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	z_1
60	30,266	30,336	30,414	30,500	30,594	30,696	30,806	30,923	31,048	31,181	31,321	31,468	31,623	31,784	31,953	32,129	32,311	32,500	32,696	32,898	33,106	60
59	29,770	29,841	29,921	30,008	30,104	30,208	30,319	30,438	30,566	30,700	30,842	30,992	31,149	31,313	31,484	31,662	31,847	32,039	32,237	32,442	32,653	59
58	29,2746	29,347	29,428	29,517	29,614	29,720	29,833	29,954	30,083	30,220	30,364	30,516	30,676	30,842	31,046	31,197	31,3847	31,579	31,780	31,988	32,202	58
57	28,779	28,853	28,9353	29,026	29,1247	29,232	29,347	29,470	29,602	29,741	29,887	30,042	30,203	30,373	30,549	30,733	30,923	31,121	31,3249	31,536	31,753	57
56	28,284	28,359	28,443	28,535	28,636	28,7446	28,862	28,987	29,120	29,262	29,411	29,568	29,732	29,904	30,083	30,270	30,463	30,663	30,871	31,0846	31,3050	56
55	27,789	27,866	27,951	28,0446	28,147	28,258	28,377	28,504	28,640	28,784	28,9353	29,0947	29,262	29,436	29,618	29,808	30,004	30,208	30,418	30,6356	30,859	55
54	27,2947	27,372	27,459	27,5545	27,659	27,771	27,893	28,022	28,160	28,306	28,461	28,623	28,792	28,970	29,1548	29,347	29,547	29,753	29,967	30,187	30,414	54
53	26,800	26,879	26,968	27,0647	27,171	27,286	27,409	27,541	27,681	27,830	27,987	28,151	28,324	28,504	28,692	28,888	29,090	29,300	29,517	29,741	29,971	53
52	26,306	26,387	26,476	26,5754	26,683	26,800	26,926	27,060	27,203	27,354	27,514	27,681	27,857	28,040	28,231	28,430	28,636	28,849	29,069	29,296	29,530	52
51	25,812	25,894	25,986	26,086	26,196	26,3154	26,443	26,580	26,7255	26,879	27,042	27,212	27,391	27,577	27,771	27,973	28,182	28,399	28,623	28,853	29,090	51
50	25,318	25,402	25,4951	25,598	25,710	25,831	25,962	26,101	26,249	26,4055	26,571	26,744	26,926	27,116	27,313	27,518	27,731	27,951	28,178	28,412	28,653	50
49	24,824	24,910	25,0056	25,110	25,224	25,348	25,480	25,622	25,773	25,933	26,101	26,277	26,462	26,6552	26,856	27,0647	27,281	27,5045	27,735	27,973	28,218	49
48	24,331	24,418	24,5153	24,622	24,739	24,8646	25,000	25,1446	25,298	25,461	25,632	25,812	26,000	26,196	26,401	26,613	26,833	27,060	27,1947	27,536	27,7849	48
47	23,838	23,927	24,026	24,135	24,254	24,382	24,520	24,668	24,824	24,990	25,164	25,348	25,539	25,739	25,947	26,163	26,387	26,618	26,856	27,102	27,354	47
46	23,3452	23,436	23,537	23,648	23,770	23,901	24,042	24,192	24,352	24,520	24,698	24,8847	25,080	25,283	25,4951	25,7148	25,942	26,177	26,420	26,669	26,926	46
45	22,853	22,946	23,049	23,162	23,286	23,420	23,564	23,717	23,880	24,052	24,233	24,423	24,622	24,829	25,0456	25,269	25,500	25,739	25,986	26,239	26,500	45
44	22,361	22,456	22,561	22,677	22,804	22,940	23,087	23,243	23,409	23,585	23,770	23,964	24,166	24,377	24,597	24,824	25,060	25,303	25,554	25,812	26,077	44
43	21,869	21,966	22,074	22,192	22,322	22,461	22,611	22,771	22,940	23,119	23,308	23,505	23,712	23,927	24,151	24,382	24,622	24,870	25,1247	25,387	25,656	43
42	21,378	21,477	21,587	21,708	21,840	21,983	22,136	22,299	22,472	22,655	22,847	23,049	23,259	23,479	23,707	23,943	24,187	24,439	24,698	24,9654	25,239	42
41	20,887	20,988	21,101	21,2258	21,360	21,506	21,662	21,829	22,006	22,192	22,389	22,594	22,809	23,033	23,2648	23,5053	23,754	24,010	24,2745	24,546	24,824	41
40	20,396	20,500	20,616	20,742	20,881	21,030	21,190	21,360	21,541	21,731	21,932	22,142	22,361	22,589	22,8254	23,071	23,324	23,5850	23,854	24,130	24,413	40
39	19,906	20,013	20,131	20,261	20,402	20,5548	20,718	20,893	21,077	21,272	21,477	21,691	21,9146	22,147	22,389	22,638	22,897	23,162	23,436	23,747	24,0052	39
38	19,417	19,526	19,647	19,780	19,9249	20,081	20,249	20,427	20,616	20,8147	21,024	21,243	21,471	21,708	21,9548	22,209	22,472	22,743	23,022	23,308	23,601	38
37	18,928	19,039	19,164	19,300	19,449	19,609	19,780	19,962	20,156	20,359	20,573	20,797	21,030	21,272	21,523	21,783	22,051	22,327	22,611	22,902	23,200	37
36	18,439	18,554	18,682	18,822	18,974	19,138	19,313	19,500	19,698	19,906	20,1246	20,353	20,591	20,839	21,0950	21,360	21,633	21,9146	22,204	22,500	22,804	36
35	17,951	18,069	18,200	18,344	18,500	18,668	18,848	19,039	19,242	19,4554	19,679	19,912	20,156	20,408	20,670	20,940	21,219	21,506	21,800	22,102	22,411	35
34	17,464	17,586	17,720	17,868	18,028	18,200	18,3848	18,581	18,788	19,007	19,2354	19,474	19,723	19,981	20,248	20,524	20,809	21,101	21,401	21,708	22,023	34
33	16,978	17,103	17,241	17,393	17,557	17,734	17,923	18,1246	18,337	18,561	18,7949	19,039	19,294	19,558	19,831	20,112	20,402	20,700	21,006	21,319	21,639	33
32	16,492	16,621	16,763	16,919	17,088	17,270	17,464	17,671	17,889	18,118	18,358	18,608	18,868	19,138	19,416	19,704	20,000	20,304	20,616	20,934	21,260	32
31	16,008	16,140	16,287	16,447	16,621	16,808	17,007	17,219	17,443	17,678	17,923	18,180	18,446	18,722	19,007	19,300	19,602	19,912	20,230	20,5548	20,887	31
30	15,5245	15,661	15,811	15,977	16,156	16,348	16,553	16,771	17,00	17,241	17,493	17,7553	18,028	18,310	18,601	18,901	19,209	19,526	19,849	20,180	20,518	30
29	15,042	15,182	15,338	15,508	15,692	15,890	16,101	16,3245	16,560	16,808	17,066	17,3349	17,614	17,903	18,200	18,507	18,822	19,144	19,474	19,812	20,156	29
28	14,560	14,705	14,866	15,042	15,232	15,4354	15,653	15,882	16,1245	16,378	16,643	16,919	17,2047	17,500	17,804	18,118	18,439	18,768	19,1050	19,449	19,799	28
27	14,080	14,230	14,396	14,577	14,773	14,983	15,207	15,443	15,692	15,953	16,2250	16,508	16,800	17,103	17,414	17,734	18,062	18,398	18,742	19,092		27
26	13,602	13,757	13,928	14,116	14,318	14,534	14,7648	15,008	15,264	15,532	15,811	16,101	16,401	16,711	17,029	17,357	17,692	18,0347	18,3848			26
25	13,124	13,285	13,463	13,657	13,8654	14,089	14,327	14,577	14,841	15,116	15,403	15,700	16,008	16,3248	16,651	16,9853	17,328	17,678				25
24	12,649	12,816	13,000	13,200	13,416	13,647	13,892	14,151	14,422	14,7054	15,000	15,3052	15,621	15,9452	16,279	16,621	16,971					24
23	12,176	12,349	12,540	12,748	12,971	13,210	13,463	13,730	14,009	14,300	14,603	14,916	15,240	15,572	15,914	16,263						23
22	11,7047	11,8849	12,083	12,298	12,530	12,777	13,038	13,314	13,601	13,901	14,213	14,534	14,866	15,207	15,556							22
21	11,236	11,424	11,630	11,853	12,093	12,349	12,619	12,903	13,200	13,509	13,829	14,160	14,500	14,849								21
20	10,770	10,966	11,180	11,413	11,662	11,927	12,207	12,500	12,806	13,124	13,454	13,793	14,142									20
19	10,308	10,512	10,7355	10,977	11,236	11,511	11,800	12,104	12,420	12,748	13,086	13,4350										19
18	9,849	10,062	10,296	10,548	10,817	11,102	11,402	11,7154	12,042	12,379	12,728											18
17	9,394	9,618	9,862	10,124	10,404	10,701	11,011	11,336	11,673	12,021												17
16	8,944	9,179	9,434	9,708	10,000	10,308	10,630	10,966	11,314													16
15	8,500	8,746	9,014	9,301	9,6047	9,9247	10,259	10,607														15
14	8,062	8,322	8,602	8,902	9,220	9,552	9,899															14
13	7,632	7,906	8,201	8,5147	8,846	9,192																13
12	7,211	7,500	7,810	8,139	8,4853																	12
11	6,801	7,106	7,433	7,778																		11
10	6,403	6,727	7,071																			10
9	6,021	6,364																				9
8	5,657																					8

Teilkreis-Distanz:

$$e = m \cdot \sqrt{\frac{z_1^2 + z_2^2}{4}}.$$

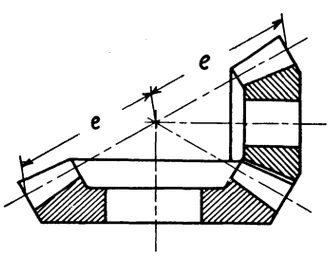


Abb. 17.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1 = Zähnezahl des Rades:	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	z_1
60	33,320	33,541	33,768	34,000	34,238	34,482	34,731	34,986	35,246	35,511	35,781	36,056	60
59	32,874	33,0946	33,324	33,560	33,801	34,048	34,300	34,558	34,821	35,089	35,362	35,641	59
58	32,423	32,650	32,882	33,121	33,3654	33,6155	33,871	34,132	34,398	34,670	34,946	35,228	58
57	31,977	32,206	32,442	32,684	32,932	33,1851	33,444	33,708	33,978	34,253	34,533	34,817	57
56	31,532	31,7648	32,004	32,249	32,500	32,757	33,019	33,287	33,560	33,838	34,121	34,409	56
55	31,089	31,3249	31,567	31,816	32,070	32,330	32,596	32,867	33,144	33,4254	33,712	34,004	55
54	30,647	30,887	31,133	31,3847	31,643	31,906	32,1753	32,450	32,730	33,0152	33,3053	33,601	54
53	30,208	30,451	30,700	30,956	31,217	31,484	31,757	32,035	32,319	32,608	32,904	33,200	53
52	29,770	30,017	30,270	30,529	30,794	31,064	31,341	31,623	31,910	32,203	32,500	32,802	52
51	29,334	29,5846	29,841	30,104	30,373	30,647	30,927	31,213	31,504	31,800	32,101	32,408	51
50	28,901	29,1548	29,415	29,682	29,954	30,232	30,516	30,806	31,101	31,401	31,706	32,016	50
49	28,469	28,727	28,991	29,262	29,538	29,820	30,108	30,402	30,700	31,004	31,313	31,627	49
48	28,040	28,302	28,570	28,8445	29,1247	29,411	29,703	30,000	30,303	30,610	30,923	31,241	48
47	27,613	27,879	28,151	28,430	28,714	29,004	29,300	29,602	29,908	30,220	30,537	30,858	47
46	27,189	27,459	27,7353	28,018	28,306	28,601	28,901	29,206	29,517	29,833	30,154	30,479	46
45	26,768	27,042	27,322	27,609	27,902	28,200	28,504	28,814	29,129	29,449	29,774	30,104	45
44	26,349	26,627	26,912	27,203	27,500	27,803	28,111	28,4253	28,7445	29,069	29,398	29,732	44
43	25,933	26,2154	26,5048	26,800	27,102	27,409	27,722	28,040	28,364	28,692	29,026	29,364	43
42	25,520	25,807	26,101	26,401	26,707	27,018	27,336	27,659	27,987	28,320	28,657	29,000	42
41	25,110	25,402	25,700	26,0048	26,3154	26,632	26,954	27,281	27,613	27,951	28,293	28,640	41
40	24,703	25,000	25,303	25,613	25,928	26,249	26,5754	26,907	27,244	27,586	27,933	28,284	40
39	24,300	24,602	24,910	25,224	25,544	25,870	26,201	26,538	26,879	27,226	27,577		39
38	23,901	24,207	24,520	24,840	25,1645	25,4950	25,831	26,172	26,519	26,870			38
37	23,5053	23,847	24,1351	24,459	24,789	25,1247	25,466	25,812	26,163				37
36	23,114	23,431	23,754	24,083	24,418	24,759	25,1048	25,456					36
35	22,727	23,049	23,377	23,712	24,052	24,398	24,749						35
34	22,344	22,672	23,0054	23,3452	23,691	24,042							34
33	21,966	22,299	22,639	22,984	23,3345								33
32	21,593	21,932	22,277	22,627									32
31	21,2258	21,570	21,920										31
30	20,863	21,213											30
29	20,506												29

Der Wert e wird zur Fabrikation nicht gebraucht, er kann für die Berechnung der Räder mit Spiralzähnen verwendet werden.

Kegelräder ohne Korrektion.
90⁰ Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
50																	50,8655	50
49																	49,880	49
48																	48,894	48
47																	47,910	47
46																	46,9251	46
45																	45,941	45
44																	44,958	44
43																43,943	43,9747	43
42																42,961	42,992	42
41																41,979	42,010	41
40																40,997	41,029	40
39																40,016	40,048	39
38															39,002	39,036	39,068	38
37															38,022	38,056	38,088	37
36															37,043	37,077	37,109	36
35															36,064	36,098	36,131	35
34															35,087	35,121	35,153	34
33														34,074	34,109	34,144	34,176	33
32														33,097	33,133	33,167	33,200	32
31														32,122	32,157	32,192	32,224	31
30													31,109	31,147	31,183	31,217	31,249	30
29												30,096	30,1355	30,173	30,209	30,243	30,2751	29
28												29,123	29,162	29,200	29,236	29,269	29,302	28
27											28,109	28,151	28,190	28,228	28,263	28,297	28,329	27
26										27,0945	27,138	27,180	27,219	27,257	27,292	27,3252	27,357	26
25									26,1246	26,169	26,211	26,249	26,286	26,321	26,354	26,3851	**25**	
24								25,109	25,156	25,200	25,241	25,280	25,317	25,351	25,384	25,414	24	
23							24,093	24,142	24,189	24,233	24,274	24,312	24,349	24,382	24,414			
22							23,127	23,176	23,223	23,266	23,307	23,3454	23,381	23,414				
21						22,109	22,162	22,212	22,258	22,302	22,342	22,379	22,414					
20					21,090	21,147	21,200	21,249	21,2952	21,338	21,377	21,414						
19					20,129	20,186	20,239	20,288	20,334	20,3755	20,414							
18				19,109	19,171	19,228	19,280	19,329	19,373	19,414								
17				18,087	18,153	18,2149	18,271	18,323	18,371	18,414								
16				17,133	17,200	17,261	17,317	17,368	17,414									
15			16,109	16,183	16,249	16,310	16,3646	16,414										
14		15,082	15,162	15,236	15,302	15,361	15,414											
13		14,138	14,219	14,292	14,357	14,414												
12	13,109	13,200	13,280	13,351	13,414													
11	12,176	12,266	12,3454	12,414														
10	11,249	11,338	11,414															
9	10,329	10,414																
8	9,414																	

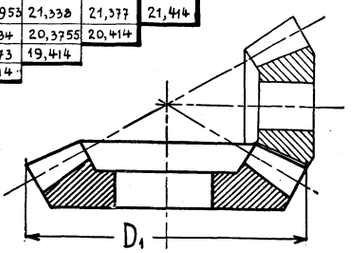


Abb. 18.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	z_1
60	60,769	60,7952	60,821	60,846	60,870	60,894	60,918	60,941	60,964	60,986	61,008	61,029	61,050	61,070	61,090	61,109	60
59	59,780	59,807	59,832	59,857	59,882	59,906	59,930	59,954	59,976	59,999	60,020	60,042	60,063	60,083	60,103	60,122	59
58	58,792	58,818	58,844	58,870	58,894	58,919	58,943	58,966	58,989	59,011	59,033	59,0547	59,076	59,096	59,116	59,1355	58
57	57,803	57,830	57,856	57,882	57,907	57,931	57,9555	57,979	58,002	58,0246	58,047	58,068	58,089	58,109	58,129	58,149	57
56	56,8153	56,842	56,869	56,894	56,920	56,944	56,969	56,992	57,0154	57,038	57,060	57,082	57,103	57,123	57,143	57,162	56
55	55,828	55,8547	55,881	55,907	55,933	55,958	55,982	56,006	56,029	56,052	56,074	56,0953	56,116	56,137	56,157	56,176	55
54	54,840	54,868	54,894	54,921	54,946	54,971	54,996	55,020	55,043	55,066	55,088	55,109	55,130	55,151	55,171	55,190	54
53	53,853	53,881	53,908	53,934	53,960	53,9852	54,010	54,034	54,057	54,080	54,102	54,124	54,1448	54,1654	54,1854	54,2048	53
52	52,867	52,894	52,922	52,948	52,974	52,999	53,024	53,048	53,072	53,0945	53,117	53,138	53,160	53,180	53,200	53,219	52
51	51,880	51,908	51,936	51,963	51,989	52,014	52,039	52,063	52,087	52,109	52,132	52,153	52,174	52,1950	52,2149	52,234	51
50	50,894	50,923	50,950	50,977	51,003	51,029	51,054	51,078	51,102	51,1246	51,147	51,169	51,190	51,210	51,230	51,249	50
49	49,909	49,937	49,9652	49,992	50,019	50,044	50,069	50,094	50,117	50,140	50,162	50,184	50,2052	50,226	50,2455	50,2648	49
48	48,924	48,953	48,981	49,008	49,034	49,060	49,0851	49,109	49,133	49,156	49,178	49,200	49,221	49,241	49,261	49,280	48
47	47,939	47,968	47,996	48,024	48,050	48,076	48,101	48,126	48,149	48,172	48,1945	48,216	48,237	48,257	48,277	48,296	47
46	46,9550	46,984	47,012	47,040	47,067	47,093	47,118	47,142	47,166	47,189	47,211	47,233	47,254	47,274	47,293	47,312	46
45	45,971	46,001	46,029	46,057	46,083	46,109	46,1346	46,159	46,183	46,206	46,228	46,249	46,270	46,290	46,310	46,329	45
44	44,988	45,017	45,046	45,074	45,101	45,127	45,152	45,176	45,200	45,223	45,2451	45,266	45,287	45,307	45,327	45,3453	44
43	44,0052	44,0348	44,064	44,091	44,118	44,144	44,170	44,194	44,218	44,240	44,263	44,284	44,304	44,324	44,344	44,362	43
42	43,023	43,053	43,082	43,109	43,136	43,162	43,188	43,212	43,236	43,258	43,280	43,302	43,322	43,342	43,361	43,379	42
41	42,041	42,071	42,100	42,128	42,1549	42,181	42,206	42,231	42,255	42,277	42,299	42,320	42,340	42,360	42,378	42,397	41
40	41,060	41,090	41,119	41,147	41,174	41,200	41,2251	41,249	41,273	41,2953	41,317	41,338	41,358	41,377	41,396	41,414	40
39	40,079	40,109	40,138	40,166	40,193	40,219	40,244	40,269	40,292	40,314	40,336	40,357	40,377	40,396	40,414		
38	39,099	39,129	39,158	39,186	39,213	39,239	39,264	39,288	39,311	39,334	39,3550	39,3755	39,3952	39,414			
37	38,120	38,150	38,179	38,207	38,234	38,260	38,284	38,308	38,331	38,353	38,374	38,3947	38,414				
36	37,141	37,171	37,200	37,228	37,2547	37,280	37,3051	37,329	37,351	37,373	37,394	37,414					
35	36,162	36,193	36,222	36,249	36,276	36,302	36,326	36,350	36,372	36,394	36,414						
34	35,1848	35,2149	35,244	35,271	35,298	35,325	35,348	35,371	35,393	35,414							
33	34,208	34,238	34,266	34,294	34,320	34,3455	34,369	34,392	34,414								
32	33,231	33,261	33,290	33,317	33,343	33,368	33,392	33,414									
31	32,256	32,2852	32,314	32,341	32,366	32,391	32,414										
30	31,280	31,310	31,338	31,3646	31,390	31,414											
29	30,306	30,3351	30,363	30,389	30,414												
28	29,332	29,361	29,388	29,414													
27	28,359	28,387	28,414														
26	27,386	27,414															
25	26,414																

Außendurchmesser des Rades:

$$D_1 = m \cdot (z_1 + 2 \cdot \cos \delta_1).$$

Die Werte D_1 sind in der Zeichnung bis auf Hundertstel-Millimeter abzurunden!

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_1 = Zähnezahl des Rades; z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
50																	25,803	50
49																	25,796	49
48																	25,789	48
47																	25,781	47
46																	25,773	46
45																	25,7647	45
44																	25,756	44
43																24,764	25,746	43
42																24,754	25,736	42
41																24,744	25,726	41
40																24,734	25,7150	40
39																24,723	25,703	39
38															23,731	24,711	25,691	38
37															23,719	24,699	25,678	37
36															23,707	24,6854	25,664	36
35															23,693	24,671	25,649	35
34															23,679	24,657	25,634	34
33														22,687	23,664	24,641	25,617	33
32														22,672	23,648	24,624	25,600	32
31														22,656	23,631	24,606	25,581	31
30													21,664	22,638	23,613	24,587	25,562	30
29												20,673	21,646	22,620	23,593	24,567	25,541	29
28												20,6550	21,627	22,600	23,573	24,5455	25,519	28
27											19,664	20,636	21,607	22,579	23,550	24,522	25,4948	27
26										18,674	19,644	20,6148	21,5853	22,556	23,527	24,498	25,470	26
25										18,654	19,623	20,592	21,562	22,531	23,501	24,472	25,443	25
24									17,664	18,632	19,600	20,568	21,536	22,5052	23,474	24,444	25,414	24
23								16,6752	17,642	18,608	19,5750	20,542	21,509	22,477	23,4453	24,414		23
22								16,652	17,617	18,583	19,548	20,514	21,480	22,447	23,414			22
21							15,664	16,627	17,591	18,554	19,519	20,483	21,448	22,414				21
20						14,677	15,638	16,600	17,562	18,524	19,487	20,450	21,414					20
19						14,651	15,610	16,570	17,530	18,490	19,452	20,414						19
18					13,664	14,621	15,579	16,536	17,4948	18,454	19,414							18
17				12,679	13,634	14,589	15,544	16,500	17,456	18,414								17
16				12,648	13,600	14,552	15,5052	16,459	17,414									16
15			11,664	12,613	13,562	14,511	15,462	16,414										15
14		10,682	11,627	12,573	13,519	14,466	15,414											14
13		10,644	11,5853	12,527	13,470	14,414												13
12	9,664	10,600	11,536	12,474	13,414													12
11	9,617	10,548	11,480	12,414														11
10	9,562	10,487	11,414															10
9	9,4948	10,414																9
8	9,414																	8

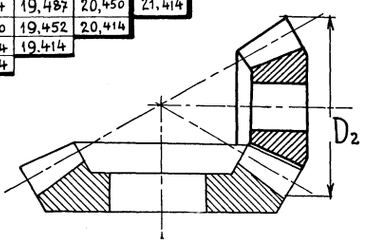


Abb. 19.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	z_1
60	26,846	27,8351	28,824	29,812	30,801	31,789	32,777	33,7647	34,752	35,740	36,728	37,7150	38,702	39,690	40,677	41,664	60
59	26,842	27,830	28,819	29,807	30,7949	31,783	32,770	33,758	34,746	35,733	36,720	37,707	38,694	39,681	40,668	41,6554	59
58	26,837	27,8250	28,813	29,801	30,789	31,776	32,764	33,751	34,738	35,7254	36,712	37,699	38,686	39,673	40,660	41,646	58
57	26,832	27,820	28,807	29,7951	30,783	31,770	32,757	33,744	34,731	35,718	36,704	37,691	38,678	39,664	40,651	41,637	57
56	26,826	27,814	28,802	29,789	30,776	31,763	32,750	33,736	34,723	35,710	36,696	37,682	38,669	39,6550	40,641	41,627	56
55	26,821	27,808	28,7953	29,782	30,769	31,756	32,742	33,729	34,7150	35,701	36,687	37,673	38,659	39,6455	40,631	41,617	55
54	26,8149	27,802	28,789	29,776	30,762	31,748	32,7345	33,721	34,707	35,692	36,678	37,664	38,650	39,636	40,621	41,607	54
53	26,809	27,796	28,782	29,768	30,7545	31,741	32,726	33,712	34,698	35,683	36,669	37,654	38,640	39,6254	40,611	41,596	53
52	26,803	27,789	28,7750	29,761	30,747	31,732	32,718	33,703	34,689	35,674	36,659	37,644	38,630	39,6148	40,600	41,5852	52
51	26,796	27,782	28,768	29,753	30,739	31,724	32,709	33,694	34,679	35,664	36,649	37,634	38,619	39,604	40,589	41,574	51
50	26,789	27,774	28,760	29,7450	30,730	31,7150	32,700	33,6845	34,669	35,654	36,638	37,623	38,608	39,592	40,577	41,562	50
49	26,782	27,767	28,752	29,736	30,721	31,706	32,690	33,6745	34,659	35,643	36,627	37,612	38,596	39,580	40,5648	41,549	49
48	26,774	27,759	28,743	29,728	30,712	31,696	32,680	33,664	34,648	35,632	36,616	37,600	38,584	39,568	40,552	41,536	48
47	26,766	27,750	28,734	29,718	30,702	31,686	32,670	33,653	34,637	35,620	36,604	37,588	38,571	39,5553	40,539	41,523	47
46	26,757	27,741	28,7248	29,708	30,692	31,6752	32,659	33,642	34,6251	35,608	36,592	37,5750	38,558	39,542	40,526	41,509	46
45	26,748	27,732	28,7150	29,698	30,681	31,664	32,647	33,630	34,613	35,596	36,579	37,562	38,5449	39,528	40,511	41,4948	45
44	26,739	27,722	28,7046	29,687	30,670	31,652	32,6350	33,617	34,600	35,583	36,5652	37,548	38,531	39,514	40,497	41,480	44
43	26,729	27,711	28,694	29,676	30,658	31,640	32,622	33,604	34,587	35,569	36,551	37,534	38,516	39,499	40,481	41,464	43
42	26,719	27,701	28,682	29,664	30,646	31,627	32,609	33,591	34,573	35,554	36,536	37,519	38,501	39,483	40,466	41,448	42
41	26,708	27,689	28,670	29,652	30,633	31,614	32,5953	33,577	34,558	35,540	36,521	37,503	38,4848	39,467	40,449	41,432	41
40	26,696	27,677	28,658	29,638	30,619	31,600	32,581	33,562	34,543	35,524	36,5052	37,487	38,468	39,450	40,432	41,414	40
39	26,684	27,664	28,644	29,6246	30,6049	31,5852	32,566	33,546	34,527	35,508	36,488	37,470	38,451	39,432	40,414		39
38	26,671	27,651	28,630	29,610	30,590	31,570	32,550	33,530	34,510	35,490	36,471	37,452	38,433	39,414			38
37	26,657	27,636	28,616	29,5948	30,574	31,554	32,533	33,513	34,493	35,473	36,453	37,433	38,414				37
36	26,643	27,621	28,600	29,579	30,558	31,536	32,516	33,4948	34,474	35,454	36,434	37,414					36
35	26,627	27,6055	28,584	29,562	30,540	31,519	32,497	33,476	34,4552	35,4346	36,414						35
34	26,611	27,589	28,566	29,544	30,522	31,500	32,478	33,456	34,4352	35,414							34
33	26,594	27,571	28,548	29,5250	30,502	31,480	32,458	33,436	34,414								33
32	26,576	27,552	28,529	29,5052	30,482	31,459	32,436	33,414									32
31	26,557	27,532	28,508	29,484	30,461	31,437	32,414										31
30	26,536	27,511	28,487	29,462	30,438	31,414											30
29	26,5148	27,489	28,464	29,439	30,414												29
28	26,492	27,466	28,440	29,414													28
27	26,468	27,441	28,414														27
26	26,442	27,414															26
25	26,414																25

Außendurchmesser des Triebes:

$$D_2 = m \cdot (z_2 + 2 \cdot \cos \delta_2).$$

Die Werte D_2 sind in der Zeichnung bis auf Hundertstel-Millimeter abzurunden!

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes :

z_1 = Zähnezahl des Rades :	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
50																	11,10	50
49																	11,10	49
48																	11,11	48
47																	11,11	47
46																	11,11	46
45																	11,12	45
44																	11,12	44
43																10,62	11,13	43
42																10,62	11,13	42
41																10,63	11,14	41
40																10,63	11,14	40
39																10,64	11,148	39
38															10,13	10,64	11,154	38
37															10,14	10,651	11,16	37
36															10,147	10,66	11,17	36
35															10,153	10,66	11,18	35
34															10,16	10,67	11,18	34
33														9,66	10,17	10,68	11,19	33
32														9,66	10,18	10,69	11,20	32
31														9,67	10,18	10,70	11,21	31
30													9,17	9,68	10,19	10,71	11,22	30
29												8,66	9,18	9,69	10,20	10,72	11,23	29
28												8,67	9,19	9,70	10,21	10,73	11,24	28
27											8,17	8,68	9,20	9,71	10,22	10,74	11,253	27
26										7,66	8,18	8,69	9,21	9,72	10,24	10,751	11,27	26
25										7,67	8,19	8,70	9,22	9,73	10,249	10,76	11,28	25
24									7,17	7,68	8,20	8,72	9,23	9,747	10,26	10,78	11,29	24
23								6,66	7,18	7,70	8,21	8,73	9,245	9,76	10,28	10,79		
22								6,67	7,19	7,71	8,23	8,74	9,26	9,78	10,29			
21							6,17	6,69	7,20	7,72	8,24	8,76	9,28	9,79				
20						5,66	6,18	6,70	7,22	7,74	8,26	8,77	9,29					
19						5,67	6,19	6,72	7,24	7,755	8,27	8,79						
18					5,17	5,69	6,21	6,73	7,253	7,77	8,29							
17				4,66	5,18	5,71	6,23	6,750	7,27	7,79								
16				4,68	5,20	5,72	6,247	6,77	7,29									
15			4,17	4,69	5,22	5,74	6,27	6,79										
14		3,66	4,19	4,71	5,24	5,77	6,29											
13		3,68	4,21	4,74	5,27	5,79												
12	3,17	3,70	4,23	4,76	5,29													
11	3,19	3,73	4,26	4,79														
10	3,22	3,76	4,29															
9	3,253	3,79																
8	3,29																	

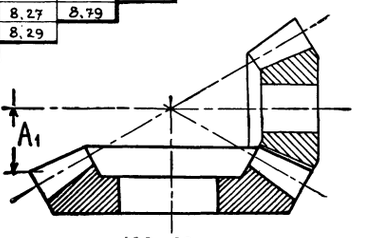


Abb. 20.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
60	11,58	12,08	12,59	13,09	13,60	14,11	14,61	15,12	15,62	16,13	16,64	17,14	17,649	18,16	18,66	19,17	60
59	11,58	12,08	12,59	13,10	13,60	14,11	14,61	15,12	15,63	16,13	16,64	17,146	17,653	18,16	18,67	19,17	59
58	11,58	12,09	12,59	13,10	13,61	14,11	14,62	15,12	15,63	16,14	16,64	17,150	17,66	18,16	18,67	19,18	58
57	11,58	12,09	12,60	13,10	13,61	14,12	14,62	15,13	15,63	16,14	16,648	17,155	17,66	18,17	18,67	19,18	57
56	11,59	12,09	12,60	13,11	13,61	14,12	14,63	15,13	15,64	16,145	16,652	17,16	17,67	18,17	18,68	19,19	56
55	11,59	12,10	12,60	13,11	13,62	14,12	14,63	15,14	15,64	16,149	16,66	17,16	17,67	18,18	18,68	19,19	55
54	11,59	12,10	12,61	13,11	13,62	14,13	14,63	15,14	15,647	16,154	16,66	17,17	17,68	18,18	18,69	19,20	54
53	11,60	12,10	12,61	13,12	13,62	14,13	14,64	15,14	15,651	16,16	16,67	17,17	17,68	18,19	18,69	19,20	53
52	11,60	12,11	12,61	13,12	13,63	14,13	14,64	15,148	15,66	16,16	16,67	17,18	17,69	18,19	18,70	19,21	52
51	11,60	12,11	12,62	13,12	13,63	14,14	14,646	15,153	15,66	16,17	16,68	17,18	17,69	18,20	18,71	19,21	51
50	11,61	12,11	12,62	13,13	13,64	14,14	14,650	15,16	15,67	16,17	16,68	17,19	17,70	18,20	18,71	19,22	50
49	11,61	12,12	12,62	13,13	13,64	14,147	14,655	15,16	15,67	16,18	16,69	17,19	17,70	18,21	18,72	19,23	49
48	11,61	12,12	12,63	13,14	13,64	14,152	14,66	15,17	15,68	16,18	16,69	17,20	17,71	18,22	18,72	19,23	48
47	11,62	12,13	12,63	13,14	13,649	14,16	14,67	15,17	15,68	16,19	16,70	17,21	17,71	18,22	18,73	19,24	47
46	11,62	12,13	12,64	13,146	13,654	14,16	14,67	15,18	15,69	16,20	16,70	17,21	17,72	18,23	18,74	19,245	46
45	11,63	12,13	12,64	13,151	13,66	14,17	14,68	15,19	15,69	16,20	16,71	17,22	17,73	18,24	18,74	19,253	45
44	11,63	12,14	12,648	13,16	13,67	14,17	14,68	15,19	15,70	16,21	16,72	17,23	17,73	18,24	18,751	19,26	44
43	11,64	12,14	12,653	13,16	13,67	14,18	14,69	15,20	15,71	16,22	16,72	17,23	17,74	18,251	18,76	19,27	43
42	11,64	12,150	12,66	13,17	13,68	14,19	14,70	15,20	15,71	16,22	16,73	17,24	17,750	18,26	18,77	19,28	42
41	11,646	12,16	12,66	13,17	13,68	14,19	14,70	15,21	15,72	16,23	16,74	17,249	17,76	18,27	18,78	19,28	41
40	11,652	12,16	12,67	13,18	13,69	14,20	14,71	15,22	15,73	16,24	16,747	17,26	17,77	18,28	18,78	19,29	40
39	11,66	12,17	12,68	13,19	13,70	14,21	14,72	15,23	15,74	16,246	16,76	17,27	17,77	18,28	18,79		
38	11,66	12,17	12,68	13,19	13,71	14,22	14,73	15,24	15,74	16,255	16,76	17,27	17,78	18,29			
37	11,67	12,18	12,69	13,20	13,71	14,22	14,73	15,24	15,754	16,26	16,77	17,28	17,79				
36	11,68	12,19	12,70	13,21	13,72	14,23	14,74	15,253	15,76	16,27	16,78	17,29					
35	11,69	12,20	12,71	13,22	13,73	14,24	14,751	15,26	15,77	16,28	16,79						
34	11,69	12,21	12,72	13,23	13,74	14,250	14,76	15,27	15,78	16,29							
33	11,70	12,21	12,73	13,24	13,749	14,26	14,77	15,28	15,79								
32	11,71	12,22	12,74	13,247	13,76	14,27	14,78	15,29									
31	11,72	12,23	12,746	13,26	13,77	14,28	14,79										
30	11,73	12,24	12,76	13,27	13,78	14,29											
29	11,74	12,26	12,77	13,28	13,79												
28	11,754	12,27	12,78	13,29													
27	11,77	12,28	12,79														
26	11,78	12,29															
25	11,79																

Außenkreisabstand des Rades:

$$A_1 = m \cdot \left(\frac{z_2}{2} - \cos \delta_2 \right).$$

Die Werte A_1 sind in der Zeichnung bis auf Zehntel-Millimeter abzurunden!

Kegelräder ohne Korrektion.
90^0 Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_1 = Zähnezahl des Rades:	z_2 = Zähnezahl des Triebes: 8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
50																	24,57	50
49																	24,06	49
48																	23,553	48
47																	23,045	47
46																	22,54	46
45																	22,03	45
44																	21,52	44
43																21,03	21,01	43
42																20,52	20,50	42
41																20,01	19,99	41
40																19,50	19,49	40
39																18,99	18,98	39
38															18,50	18,48	18,47	38
37															17,99	17,97	17,96	37
36															17,48	17,46	17,445	36
35															16,97	16,951	16,93	35
34															16,46	16,44	16,42	34
33														15,96	15,945	15,93	15,91	33
32														15,451	15,43	15,42	15,40	32
31														14,94	14,92	14,90	14,89	31
30													14,445	14,43	14,41	14,39	14,38	30
29												13,952	13,93	13,91	13,90	13,88	13,86	29
28												13,44	13,42	13,40	13,38	13,37	13,349	28
27											12,945	12,92	12,90	12,89	12,87	12,852	12,84	27
26										12,453	12,43	12,41	12,39	12,37	12,354	12,34	12,32	26
25									11,94	11,92	11,89	11,88	11,86	11,84	11,82	11,81		25
24								11,445	11,42	11,40	11,38	11,36	11,34	11,32	11,31	11,29		24
23							10,954	10,93	10,91	10,88	10,86	10,84	10,83	10,81	10,79			23
22							10,44	10,41	10,39	10,37	10,346	10,33	10,31	10,29				22
21						9,945	9,92	9,89	9,87	9,849	9,83	9,81	9,79					21
20					9,46	9,43	9,40	9,38	9,352	9,33	9,31	9,29						20
19					8,94	8,91	8,88	8,86	8,83	8,81	8,79							19
18				8,445	8,41	8,39	8,36	8,34	8,31	8,29								18
17			7,96	7,92	7,89	7,86	7,84	7,81	7,79									17
16			7,43	7,40	7,37	7,34	7,32	7,29										16
15		6,945	6,91	6,88	6,845	6,82	6,79											15
14	6,46	6,42	6,38	6,349	6,32	6,29												14
13	5,93	5,89	5,854	5,82	5,79													13
12	5,445	5,40	5,36	5,32	5,29													12
11	4,91	4,87	4,83	4,79														11
10	4,38	4,33	4,29															10
9	3,84	3,79																9
8	3,29																	8

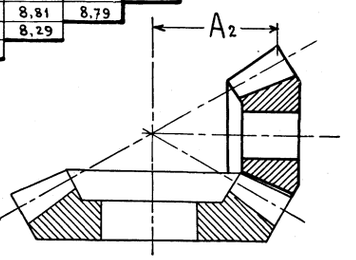


Abb. 21.

Modul 1.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	z_2 = Zähnezahl des Triebes. 25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
60	29,62	29,60	29,59	29,58	29,56	29,553	29,54	29,53	29,52	29,51	29,50	29,49	29,48	29,46	29,46	29,446	60
59	29,11	29,10	29,08	29,07	29,06	29,047	29,03	29,02	29,01	29,00	28,99	28,98	28,97	28,96	28,949	28,94	59
58	28,60	28,59	28,58	28,57	28,553	28,54	28,53	28,52	28,51	28,49	28,48	28,47	28,46	28,452	28,44	28,43	58
57	28,10	28,09	28,07	28,06	28,047	28,03	28,02	28,01	28,00	27,99	27,98	27,97	27,96	27,945	27,94	27,93	57
56	27,59	27,58	27,57	27,553	27,54	27,53	27,52	27,50	27,49	27,48	27,47	27,46	27,449	27,44	27,43	27,42	56
55	27,09	27,07	27,06	27,046	27,03	27,02	27,01	27,00	26,99	26,97	26,96	26,952	26,94	26,93	26,92	26,91	55
54	26,58	26,57	26,553	26,54	26,53	26,51	26,50	26,49	26,48	26,47	26,46	26,445	26,43	26,42	26,41	26,40	54
53	26,07	26,06	26,046	26,03	26,02	26,01	26,00	25,98	25,97	25,96	25,949	25,94	25,93	25,92	25,91	25,90	53
52	25,57	25,553	25,54	25,53	25,51	25,50	25,49	25,48	25,46	25,453	25,44	25,43	25,42	25,41	25,40	25,39	52
51	25,06	25,046	25,03	25,02	25,01	24,99	24,98	24,97	24,96	24,945	24,93	24,92	24,91	24,90	24,89	24,88	51
50	24,553	24,54	24,52	24,51	24,50	24,49	24,47	24,46	24,449	24,44	24,43	24,42	24,41	24,39	24,39	24,38	50
49	24,046	24,03	24,02	24,00	23,99	23,98	23,97	23,953	23,94	23,93	23,92	23,91	23,90	23,89	23,88	23,87	49
48	23,54	23,52	23,51	23,50	23,48	23,47	23,46	23,445	23,43	23,42	23,41	23,40	23,39	23,38	23,37	23,36	48
47	23,03	23,02	23,00	22,99	22,97	22,96	22,949	22,94	22,93	22,91	22,90	22,89	22,88	22,87	22,86	22,852	47
46	22,52	22,51	22,49	22,48	22,47	22,454	22,44	22,43	22,42	22,41	22,39	22,38	22,37	22,36	22,353	22,34	46
45	22,01	22,00	21,99	21,97	21,96	21,945	21,93	21,92	21,91	21,90	21,89	21,88	21,86	21,855	21,845	21,84	45
44	21,51	21,49	21,48	21,46	21,450	21,44	21,42	21,41	21,40	21,39	21,38	21,37	21,36	21,346	21,34	21,33	44
43	21,00	20,98	20,97	20,954	20,94	20,93	20,92	20,90	20,89	20,88	20,87	20,86	20,848	20,84	20,83	20,82	43
42	20,49	20,47	20,46	20,445	20,43	20,42	20,41	20,39	20,38	20,37	20,36	20,349	20,34	20,33	20,32	20,31	42
41	19,98	19,96	19,950	19,94	19,92	19,91	19,90	19,88	19,87	19,86	19,851	19,84	19,83	19,82	19,81	19,80	41
40	19,47	19,46	19,44	19,43	19,41	19,40	19,39	19,38	19,36	19,353	19,34	19,33	19,32	19,31	19,30	19,29	40
39	18,96	18,945	18,93	18,92	18,90	18,89	18,88	18,87	18,854	18,84	18,83	18,82	18,81	18,80	18,79		39
38	18,450	18,44	18,42	18,41	18,39	18,38	18,37	18,36	18,34	18,33	18,32	18,31	18,30	18,29			38
37	17,94	17,93	17,91	17,90	17,88	17,87	17,86	17,846	17,83	17,82	17,81	17,80	17,79				37
36	17,43	17,41	17,40	17,39	17,37	17,36	17,347	17,34	17,32	17,31	17,30	17,29					36
35	16,92	16,90	16,89	16,88	16,86	16,849	16,84	16,83	16,81	16,80	16,79						35
34	16,41	16,39	16,38	16,36	16,351	16,34	16,33	16,31	16,30	16,29							34
33	15,90	15,88	15,87	15,853	15,84	15,83	15,82	15,80	15,79								33
32	15,38	15,37	15,36	15,34	15,33	15,32	15,30	15,29									32
31	14,87	14,86	14,84	14,83	14,82	14,80	14,79										31
30	14,36	14,345	14,33	14,32	14,31	14,29											30
29	13,847	13,83	13,82	13,81	13,79												29
28	13,33	13,32	13,31	13,29													28
27	12,82	12,81	12,79														27
26	12,31	12,29															26
25	11,79																25

Außenkreisabstand des Triebes:

$$A_2 = m \cdot \left(\frac{z_1}{2} - \cos \delta_1 \right).$$

Die Werte A_2 sind in der Zeichnung bis auf Zehntel-Millimeter abzurunden!

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Zahnbreite 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
50																	0,4002	50
49																	0,4070	49
48																	0,4139	48
47																	0,4210	47
46																	0,4284	46
45																	0,4360	45
44																	0,4438	44
43																0,4355	0,4519	43
42																0,4437	0,4602	42
41																0,4521	0,4689	41
40																0,4609	0,4777	40
39																0,4699	0,4869	39
38															0,4616	0,4793	0,4964	38
37															0,4711	0,4889	0,5061	37
36															0,4810	0,4989	0,5162	36
35															0,4912	0,5093	0,5267	35
34															0,5018	0,5200	0,5374	34
33														0,4937	0,5127	0,5310	0,5485	33
32														0,5050	0,5241	0,5424	0,5600	32
31														0,5166	0,5358	0,5542	0,5718	31
30													0,5085	0,5287	0,5480	0,5664	0,5840	30
29												0,4998	0,5210	0,5413	0,5606	0,5791	0,5966	29
28												0,5126	0,5339	0,5543	0,5737	0,5921	0,6096	28
27											0,5034	0,5260	0,5474	0,5678	0,5872	0,6055	0,6230	27
26										0,4934	0,5172	0,5399	0,5614	0,5818	0,6011	0,6194	0,6367	26
25										0,5076	0,5316	0,5544	0,5759	0,5963	0,6155	0,6337	0,6509	25
24									0,4970	0,5225	0,5467	0,5695	0,5910	0,6113	0,6304	0,6485	0,6654	24
23								0,4853	0,5125	0,5382	0,5624	0,5852	0,6067	0,6268	0,6458	0,6636		23
22								0,5013	0,5287	0,5545	0,5788	0,6015	0,6229	0,6429	0,6617			22
21							0,4888	0,5182	0,5458	0,5717	0,5959	0,6185	0,6397	0,6595				21
20						0,4747	0,5063	0,5360	0,5637	0,5896	0,6137	0,6362	0,6571					20
19						0,4930	0,5250	0,5548	0,5825	0,6083	0,6323	0,6545						19
18					0,4778	0,5125	0,5447	0,5746	0,6023	0,6279	0,6516							18
17				0,4603	0,4982	0,5332	0,5656	0,5955	0,6230	0,6483								17
16				0,4816	0,5200	0,5553	0,5877	0,6174	0,6446									16
15			0,4624	0,5047	0,5434	0,5788	0,6111	0,6404										15
14		0,4397	0,4866	0,5295	0,5684	0,6037	0,6357											14
13		0,4652	0,5131	0,5563	0,5952	0,6302												13
12	0,4393	0,4933	0,5418	0,5852	0,6238													12
11	0,4693	0,5243	0,5731	0,6162														11
10	0,5027	0,5585	0,6071															10
9	0,5402	0,5960																9
8	0,5821																	8

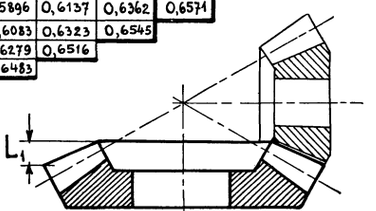


Abb. 22.

Zahnbreite 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	z_1
60	0,3562	0,3695	0,3826	0,3955	0,4082	0,4205	0,4327	0,4446	0,4563	0,4678	0,4790	0,4900	0,5007	0,5113	0,5216	0,5316	60
59	0,3614	0,3749	0,3881	0,4011	0,4138	0,4263	0,4386	0,4506	0,4623	0,4739	0,4851	0,4962	0,5070	0,5175	0,5278	0,5379	59
58	0,3668	0,3803	0,3937	0,4068	0,4196	0,4322	0,4446	0,4566	0,4685	0,4801	0,4914	0,5025	0,5133	0,5239	0,5343	0,5444	58
57	0,3722	0,3860	0,3994	0,4126	0,4256	0,4383	0,4507	0,4629	0,4748	0,4864	0,4978	0,5089	0,5198	0,5304	0,5408	0,5509	57
56	0,3779	0,3917	0,4053	0,4186	0,4317	0,4445	0,4570	0,4692	0,4812	0,4929	0,5043	0,5155	0,5264	0,5370	0,5474	0,5576	56
55	0,3837	0,3977	0,4114	0,4248	0,4380	0,4508	0,4634	0,4757	0,4878	0,4995	0,5110	0,5222	0,5331	0,5438	0,5542	0,5644	55
54	0,3896	0,4037	0,4176	0,4311	0,4444	0,4573	0,4700	0,4824	0,4945	0,5063	0,5178	0,5291	0,5400	0,5507	0,5612	0,5713	54
53	0,3957	0,4100	0,4240	0,4376	0,4510	0,4640	0,4768	0,4892	0,5014	0,5132	0,5248	0,5361	0,5471	0,5578	0,5682	0,5784	53
52	0,4021	0,4164	0,4305	0,4443	0,4577	0,4709	0,4837	0,4962	0,5084	0,5203	0,5319	0,5432	0,5542	0,5649	0,5754	0,5855	52
51	0,4085	0,4231	0,4373	0,4511	0,4647	0,4779	0,4908	0,5034	0,5156	0,5275	0,5392	0,5505	0,5615	0,5723	0,5827	0,5929	51
50	0,4152	0,4299	0,4442	0,4582	0,4718	0,4851	0,4980	0,5107	0,5230	0,5350	0,5466	0,5580	0,5690	0,5797	0,5902	0,6003	50
49	0,4221	0,4369	0,4513	0,4654	0,4791	0,4925	0,5055	0,5182	0,5305	0,5425	0,5542	0,5656	0,5766	0,5873	0,5978	0,6079	49
48	0,4292	0,4441	0,4586	0,4728	0,4866	0,5000	0,5131	0,5259	0,5382	0,5503	0,5620	0,5733	0,5844	0,5951	0,6055	0,6156	48
47	0,4364	0,4515	0,4661	0,4804	0,4943	0,5078	0,5209	0,5337	0,5461	0,5582	0,5699	0,5813	0,5923	0,6030	0,6134	0,6234	47
46	0,4439	0,4591	0,4739	0,4882	0,5022	0,5158	0,5290	0,5418	0,5542	0,5663	0,5780	0,5893	0,6004	0,6110	0,6214	0,6314	46
45	0,4517	0,4670	0,4818	0,4963	0,5103	0,5239	0,5372	0,5500	0,5625	0,5745	0,5863	0,5976	0,6086	0,6192	0,6296	0,6395	45
44	0,4596	0,4750	0,4900	0,5045	0,5186	0,5323	0,5456	0,5584	0,5709	0,5830	0,5947	0,6060	0,6170	0,6276	0,6378	0,6478	44
43	0,4679	0,4834	0,4984	0,5130	0,5272	0,5409	0,5542	0,5671	0,5795	0,5916	0,6033	0,6146	0,6255	0,6361	0,6463	0,6562	43
42	0,4763	0,4919	0,5071	0,5217	0,5359	0,5497	0,5630	0,5759	0,5884	0,6004	0,6121	0,6233	0,6342	0,6447	0,6549	0,6647	42
41	0,4850	0,5008	0,5160	0,5307	0,5450	0,5587	0,5721	0,5850	0,5974	0,6094	0,6210	0,6323	0,6431	0,6535	0,6636	0,6733	41
40	0,4940	0,5098	0,5251	0,5399	0,5542	0,5680	0,5813	0,5942	0,6066	0,6186	0,6302	0,6413	0,6521	0,6625	0,6725	0,6821	40
39	0,5033	0,5192	0,5345	0,5494	0,5637	0,5775	0,5908	0,6037	0,6161	0,6280	0,6395	0,6506	0,6613	0,6716	0,6815		39
38	0,5129	0,5288	0,5442	0,5591	0,5734	0,5872	0,6005	0,6133	0,6257	0,6376	0,6490	0,6600	0,6706	0,6808			38
37	0,5227	0,5388	0,5542	0,5691	0,5834	0,5972	0,6105	0,6232	0,6355	0,6473	0,6587	0,6696	0,6801				37
36	0,5329	0,5490	0,5644	0,5793	0,5936	0,6074	0,6206	0,6333	0,6455	0,6573	0,6685	0,6793					36
35	0,5434	0,5595	0,5750	0,5898	0,6041	0,6179	0,6310	0,6436	0,6558	0,6674	0,6785						35
34	0,5542	0,5703	0,5858	0,6007	0,6149	0,6285	0,6416	0,6542	0,6662	0,6777							34
33	0,5654	0,5815	0,5969	0,6117	0,6259	0,6395	0,6525	0,6649	0,6768								33
32	0,5768	0,5929	0,6084	0,6231	0,6372	0,6507	0,6636	0,6759									32
31	0,5887	0,6047	0,6201	0,6348	0,6488	0,6621	0,6748										31
30	0,6008	0,6169	0,6321	0,6467	0,6606	0,6738											30
29	0,6134	0,6293	0,6445	0,6589	0,6726												29
28	0,6263	0,6421	0,6571	0,6714													28
27	0,6395	0,6552	0,6701														27
26	0,6531	0,6686															26
25	0,6671																25

Zahnlänge des Rades:

$$L_1 = b \cdot \frac{\cos \alpha_1}{\cos \beta}.$$

Die Werte L_1 sind in der Zeichnung bis auf Zehntel-Millimeter abzurunden!

Kegelräder ohne Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne

Zahnbreite 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
50																	0,8859	50
49																	0,8819	49
48																	0,8778	48
47																	0,8734	47
46																	0,8688	46
45																	0,8639	45
44																	0,8588	44
43																0,8624	0,8534	43
42																0,8570	0,8477	42
41																0,8513	0,8417	41
40																0,8453	0,8354	40
39																0,8389	0,8288	39
38															0,8426	0,8322	0,8217	38
37															0,8358	0,8250	0,8143	37
36															0,8286	0,8175	0,8064	36
35															0,8209	0,8095	0,7981	35
34															0,8127	0,8010	0,7893	34
33														0,8162	0,8041	0,7920	0,7799	33
32														0,8074	0,7949	0,7824	0,7700	32
31														0,7980	0,7851	0,7722	0,7595	31
30													0,8013	0,7879	0,7746	0,7614	0,7484	30
29												0,8048	0,7910	0,7772	0,7635	0,7499	0,7365	29
28												0,7943	0,7800	0,7657	0,7516	0,7377	0,7240	28
27											0,7979	0,7829	0,7681	0,7535	0,7390	0,7247	0,7106	27
26										0,8017	0,7862	0,7707	0,7554	0,7403	0,7255	0,7108	0,6965	26
25										0,7897	0,7736	0,7576	0,7418	0,7263	0,7110	0,6961	0,6814	25
24									0,7936	0,7767	0,7600	0,7435	0,7272	0,7113	0,6956	0,6804	0,6654	24
23								0,7978	0,7801	0,7626	0,7453	0,7283	0,7115	0,6952	0,6792	0,6636		23
22								0,7839	0,7655	0,7473	0,7294	0,7119	0,6947	0,6780	0,6617			22
21							0,7881	0,7687	0,7495	0,7307	0,7122	0,6942	0,6766	0,6595				21
20						0,7927	0,7723	0,7520	0,7321	0,7126	0,6936	0,6751	0,6571					20
19						0,7763	0,7548	0,7337	0,7130	0,6929	0,6734	0,6545						19
18					0,7808	0,7579	0,7355	0,7136	0,6922	0,6715	0,6516							18
17				0,7859	0,7616	0,7376	0,7142	0,6915	0,6695	0,6483								17
16				0,7657	0,7400	0,7149	0,6906	0,6672	0,6446									16
15			0,7705	0,7428	0,7158	0,6897	0,6645	0,6404										15
14		0,7762	0,7462	0,7169	0,6887	0,6616	0,6357											14
13		0,7502	0,7183	0,6875	0,6581	0,6302												13
12	0,7551	0,7200	0,6863	0,6541	0,6238													12
11	0,7222	0,6848	0,6494	0,6162														11
10	0,6833	0,6438	0,6071															10
9	0,6371	0,5960																9
8	0,5821																	8

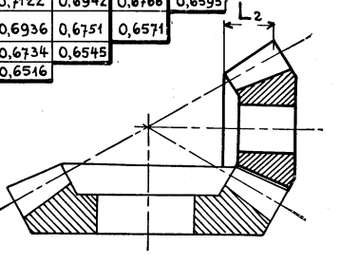


Abb. 23.

Zahnbreite 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	z_1
60	0,9112	0,9054	0,8994	0,8934	0,8873	0,8811	0,8748	0,8685	0,8621	0,8557	0,8493	0,8428	0,8363	0,8298	0,8232	0,8167	60
59	0,9086	0,9026	0,8965	0,8903	0,8840	0,8777	0,8713	0,8648	0,8583	0,8518	0,8452	0,8386	0,8319	0,8253	0,8186	0,8120	59
58	0,9058	0,8996	0,8934	0,8870	0,8806	0,8741	0,8676	0,8610	0,8543	0,8477	0,8409	0,8342	0,8274	0,8207	0,8139	0,8071	58
57	0,9029	0,8966	0,8902	0,8837	0,8771	0,8705	0,8638	0,8570	0,8502	0,8434	0,8365	0,8296	0,8228	0,8159	0,8090	0,8021	57
56	0,8998	0,8934	0,8868	0,8801	0,8734	0,8665	0,8598	0,8529	0,8459	0,8389	0,8319	0,8249	0,8179	0,8109	0,8039	0,7968	56
55	0,8967	0,8900	0,8833	0,8765	0,8696	0,8626	0,8556	0,8485	0,8414	0,8343	0,8272	0,8200	0,8129	0,8057	0,7986	0,7914	55
54	0,8933	0,8865	0,8796	0,8726	0,8656	0,8584	0,8513	0,8440	0,8368	0,8295	0,8222	0,8150	0,8077	0,8004	0,7931	0,7858	54
53	0,8899	0,8829	0,8758	0,8686	0,8614	0,8541	0,8467	0,8394	0,8320	0,8245	0,8171	0,8097	0,8022	0,7948	0,7874	0,7800	53
52	0,8862	0,8790	0,8718	0,8644	0,8570	0,8495	0,8420	0,8345	0,8269	0,8194	0,8118	0,8042	0,7966	0,7891	0,7815	0,7740	52
51	0,8824	0,8750	0,8676	0,8600	0,8524	0,8448	0,8371	0,8294	0,8217	0,8140	0,8062	0,7985	0,7908	0,7831	0,7754	0,7678	51
50	0,8784	0,8708	0,8632	0,8555	0,8477	0,8398	0,8320	0,8241	0,8162	0,8083	0,8004	0,7926	0,7847	0,7769	0,7691	0,7614	50
49	0,8742	0,8664	0,8586	0,8507	0,8427	0,8347	0,8266	0,8186	0,8105	0,8025	0,7944	0,7864	0,7784	0,7705	0,7625	0,7547	49
48	0,8698	0,8618	0,8538	0,8456	0,8375	0,8293	0,8210	0,8128	0,8046	0,7964	0,7882	0,7800	0,7719	0,7638	0,7557	0,7477	48
47	0,8652	0,8570	0,8487	0,8404	0,8320	0,8236	0,8152	0,8068	0,7984	0,7900	0,7817	0,7733	0,7651	0,7568	0,7487	0,7405	47
46	0,8604	0,8519	0,8434	0,8349	0,8263	0,8177	0,8091	0,8005	0,7919	0,7834	0,7749	0,7664	0,7580	0,7496	0,7413	0,7331	46
45	0,8553	0,8466	0,8379	0,8291	0,8203	0,8115	0,8027	0,7940	0,7852	0,7765	0,7678	0,7592	0,7506	0,7421	0,7337	0,7253	45
44	0,8499	0,8410	0,8321	0,8231	0,8141	0,8051	0,7961	0,7871	0,7782	0,7693	0,7605	0,7517	0,7430	0,7343	0,7258	0,7173	44
43	0,8443	0,8351	0,8259	0,8167	0,8075	0,7983	0,7891	0,7800	0,7708	0,7618	0,7528	0,7439	0,7350	0,7262	0,7176	0,7090	43
42	0,8384	0,8290	0,8195	0,8101	0,8006	0,7912	0,7818	0,7725	0,7632	0,7540	0,7448	0,7357	0,7267	0,7178	0,7090	0,7004	42
41	0,8321	0,8224	0,8128	0,8031	0,7934	0,7838	0,7742	0,7647	0,7552	0,7458	0,7365	0,7273	0,7181	0,7091	0,7002	0,6914	41
40	0,8255	0,8156	0,8057	0,7957	0,7858	0,7760	0,7662	0,7565	0,7468	0,7373	0,7278	0,7184	0,7092	0,7000	0,6910	0,6821	40
39	0,8186	0,8084	0,7982	0,7880	0,7779	0,7678	0,7578	0,7479	0,7381	0,7284	0,7188	0,7092	0,6999	0,6906	0,6815		39
38	0,8113	0,8008	0,7903	0,7799	0,7696	0,7593	0,7491	0,7390	0,7290	0,7191	0,7093	0,6997	0,6902	0,6808			38
37	0,8035	0,7928	0,7821	0,7714	0,7608	0,7503	0,7399	0,7296	0,7194	0,7094	0,6995	0,6897	0,6801				37
36	0,7953	0,7843	0,7733	0,7624	0,7516	0,7409	0,7303	0,7198	0,7095	0,6993	0,6892	0,6793					36
35	0,7867	0,7754	0,7641	0,7530	0,7419	0,7310	0,7202	0,7096	0,6991	0,6887	0,6785						35
34	0,7776	0,7660	0,7545	0,7431	0,7318	0,7207	0,7097	0,6988	0,6882	0,6777							34
33	0,7679	0,7560	0,7443	0,7326	0,7211	0,7098	0,6986	0,6876	0,6768								33
32	0,7577	0,7455	0,7335	0,7216	0,7099	0,6984	0,6870	0,6759									32
31	0,7469	0,7344	0,7221	0,7100	0,6981	0,6864	0,6748										31
30	0,7354	0,7227	0,7101	0,6978	0,6857	0,6738											30
29	0,7233	0,7103	0,6975	0,6849	0,6726												29
28	0,7105	0,6972	0,6842	0,6714													28
27	0,6968	0,6833	0,6701														27
26	0,6824	0,6686															26
25	0,6671																25

Zahnlänge des Triebes:

$$L_2 = b \cdot \frac{\cos \alpha_2}{\cos \beta}.$$

Die Werte L_2 sind in der Zeichnung bis auf Zehntel-Millimeter abzurunden!

Berechnung der Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel, gerade Zähne.

Übersetzungsverhältnis U bzw. u (man spricht von Übersetzung $1:U$, wobei $U \geqq 1 \geqq u$).

Maßbezeichnung:

Maße, welche bei Rad und Trieb gleich sind:
(„Rad" heißt das größere, „Trieb" das kleinere Rad)

		Anzugeben in
m	Modul $\left(=\frac{t}{\pi}\right)$	—
t	Teilung $(=m\cdot\pi)$	mm mit 2 Dez.
b	Zahnbreite	mm
h	Zahnhöhe	mm mit 2 Dez.

Hilfsgrößen für die Rechnung:
(In der Zeichnung nicht anzugeben!)

		Anzugeben in
e	Teilkreis-Distanz	—
β	Normaler Zahnkopfwinkel	—
γ	Normaler Zahnfußwinkel	—
ε	Korrektionswinkel	—

Maße, welche für Rad und Trieb verschieden sind (für das Rad ist Index 1, für den Trieb Index 2 gewählt):

			Anzugeben in
z_1	z_2	Zähnezahl	—
d_1	d_2	Teilkreisdurchmesser . .	mm mit 2 Dez.
δ_1	δ_2	Teilkreiswinkel	Grad, Min. mit 1 Dez.
β_1	β_2	Zahnkopfwinkel	Grad, Min. mit 1 Dez.
α_1	α_2	Außenwinkel	Grad, Min. mit 1 Dez.
D_1	D_2	Außendurchmesser . . .	mm mit 2 Dez.
E_1	E_2	Zahnfuß-Distanz	mm mit 2 Dez.

			Anzugeben in
γ_1	γ_2	Zahnfußwinkel	Grad, Min. mit 1 Dez.
k_1	k_2	Zahnkopfhöhe	mm mit 2 Dez.
A_1	A_2	Außenkreisabstand . . .	mm mit 1 Dez.
L_1	L_2	Zahnlänge	mm mit 1 Dez.
s_1	s_2	Zahnstärke im Teilkreis (als Sehne)	mm mit 2 Dez.

Gang der Rechnung:

Gegeben ist: $m,\ z_1,\ z_2,\ b$.

Zu berechnen ist:
$U,\ \delta_1,\ \beta,\ \beta_1,\ \gamma_1,\ \alpha_1,\ k_1,\ d_1,\ E_1,\ D_1,\ A_1,\ L_1.$
$\varepsilon,\ h,\ e,$
$u,\ \delta_2,\ \gamma,\ \beta_2,\ \gamma_2,\ \alpha_2,\ k_2,\ d_2,\ E_2,\ D_2,\ A_2,\ L_2.$

$U=\frac{z_1}{z_2}$ (Seite 32)

$u=\frac{z_2}{z_1}$ (Seite 33)

$\left.\begin{aligned}\operatorname{tg}\delta_1&=U\\ \operatorname{tg}\delta_2&=u\end{aligned}\right\}(\delta_1+\delta_2=90^0)$ (Seite 34) (Seite 35)

$\operatorname{tg}\beta=\sqrt{\frac{4}{z_1^2+z_2^2}}\qquad e=m\cdot\frac{1}{\operatorname{tg}\beta}$

$\operatorname{tg}\gamma=1{,}1236\cdot\operatorname{tg}\beta$

ε aus Korrekt.-Diagramm (Seite 30/31)

$\beta_1=\beta-\varepsilon$ (Seite 36)

$\beta_2=\beta+\varepsilon$ (Seite 37)

$\gamma_1=\gamma+\varepsilon$ (Seite 38)

$\gamma_2=\gamma-\varepsilon$ (Seite 39)

$\alpha_1=\delta_1+\beta_1$ (Seite 40)

$\alpha_2=\delta_2+\beta_2$ (Seite 41)

$k_1=e\cdot\operatorname{tg}\beta_1$ (Seite 42)

$k_2=e\cdot\operatorname{tg}\beta_2$ (Seite 43)

$\left.\begin{aligned}h&=2{,}1236\cdot m\\ d_1&=z_1\cdot m\\ d_2&=z_2\cdot m\end{aligned}\right\}$ (Seite 18/19)

$E_1=\frac{e}{\cos\gamma_1}$ (Seite 44)

$E_2=\frac{e}{\cos\gamma_2}$ (Seite 45)

$D_1=m\cdot(z_1+z_2\cdot\operatorname{tg}\beta_1)$ (Seite 46)

$D_2=m\cdot(z_2+z_1\cdot\operatorname{tg}\beta_2)$ (Seite 47)

$A_1=\frac{D_1}{2\cdot\operatorname{tg}\alpha_1}$ (Seite 48)

$A_2=\frac{D_2}{2\cdot\operatorname{tg}\alpha_2}$ (Seite 49)

$L_1=b\cdot\frac{\cos\alpha_1}{\cos\beta_1}$ (Seite 50)

$L_2=b\cdot\frac{\cos\alpha_2}{\cos\beta_2}$ (Seite 51)

Formelableitung:

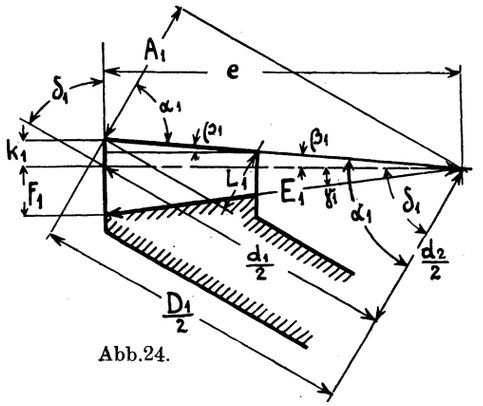


Abb.24.

$\frac{D_1}{2}=\frac{d_1}{2}+e\cdot\operatorname{tg}\beta_1\cdot\cos\delta_1.$

$e=\frac{d_1}{2\cdot\sin\delta_1}.$

$D_1=d_1+\frac{2\cdot d_1\cdot\operatorname{tg}\beta_1\cdot\cos\delta_1}{2\cdot\sin\delta_1}$

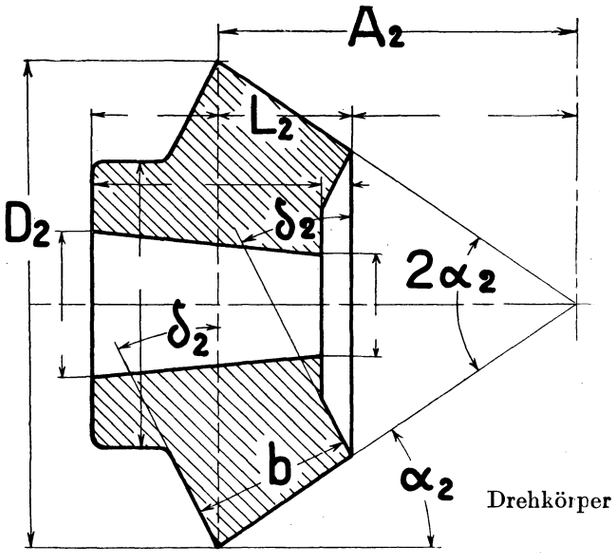
$=d_1(1+\operatorname{tg}\beta_1\cdot\operatorname{ctg}\delta_1)$

$=z_1\cdot m+\operatorname{tg}\beta_1\cdot\frac{z_2}{z_1}\cdot z_1\cdot m$

$=m(z_1+z_2\cdot\operatorname{tg}\beta_1).$

Mit Korrektion. 90° Achsenwinkel, gerade Zähne.

Zeichnungsschema.



Drehkörper des Triebes.

Übersetzung U bzw. u.

	Rad	Trieb
Zähnezahl	z_1	z_2
Mit Korrektion!		
Modul	m	
Teilkreis ∢ . . .	δ_1	δ_2
Zahnfuß ∢ . . .	γ_1	γ_2
Zahnfuß-Distanz .	E_1	E_2
Zahnhöhe	h	
Außen ϕ	D_1	D_2
Verstellung . . .	Siehe Tabelle f. Zahnstärken	
(Löcher)		

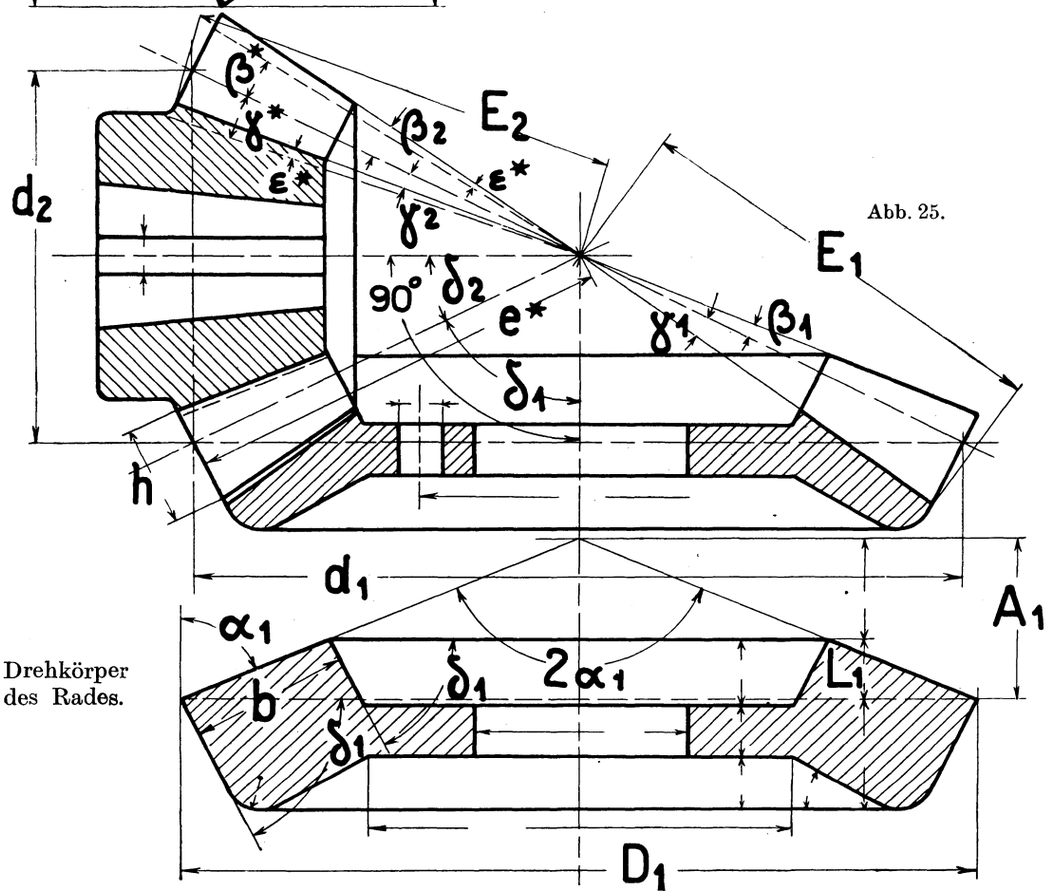


Abb. 25.

Drehkörper des Rades.

Bestimmung des Korrektionswinkels ε:

Zahnhöhenkorrektion wird angewandt zur Vermeidung des Unterschneidens der Zähne des Triebes, wenn derselbe weniger als 25 Zähne hat und die Übersetzung größer wie 1 : 1,5 ist**). Zu diesem Zweck wird der Zahnkopf des Triebes erhöht, der Zahnfuß erniedrigt; beim Rad findet das Umgekehrte statt, so daß Zahnhöhe und Grundspielraum gleich bleiben. Aus dem Diagramm wird der zulässige Zahnkopfwinkel entnommen und vom normalen Zahnkopfwinkel subtrahiert. $\frac{2}{3}$ der Differenz werden als Korrektionswinkel ε in Rechnung gesetzt.

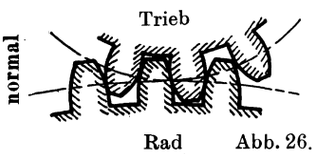


Abb. 26.

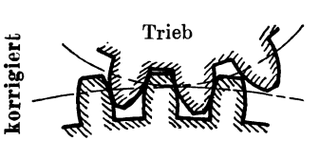


Abb. 27.

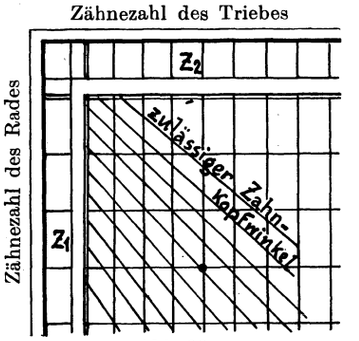


Abb. 28.

*) Hilfsgrößen für die Berechnung; in der Zeichnung wegzulassen!

**) Diese Regel ist nicht streng durchführbar, da es sowohl Räder mit weniger als 25 Zähnen und über 1 : 1,5 Übersetzung gibt, die nicht korrigiert werden, als auch Räder von mehr als 25 Zähnen und über 1 : 1,5 Übers., die korrigiert werden (siehe Korr.-Diagr.).

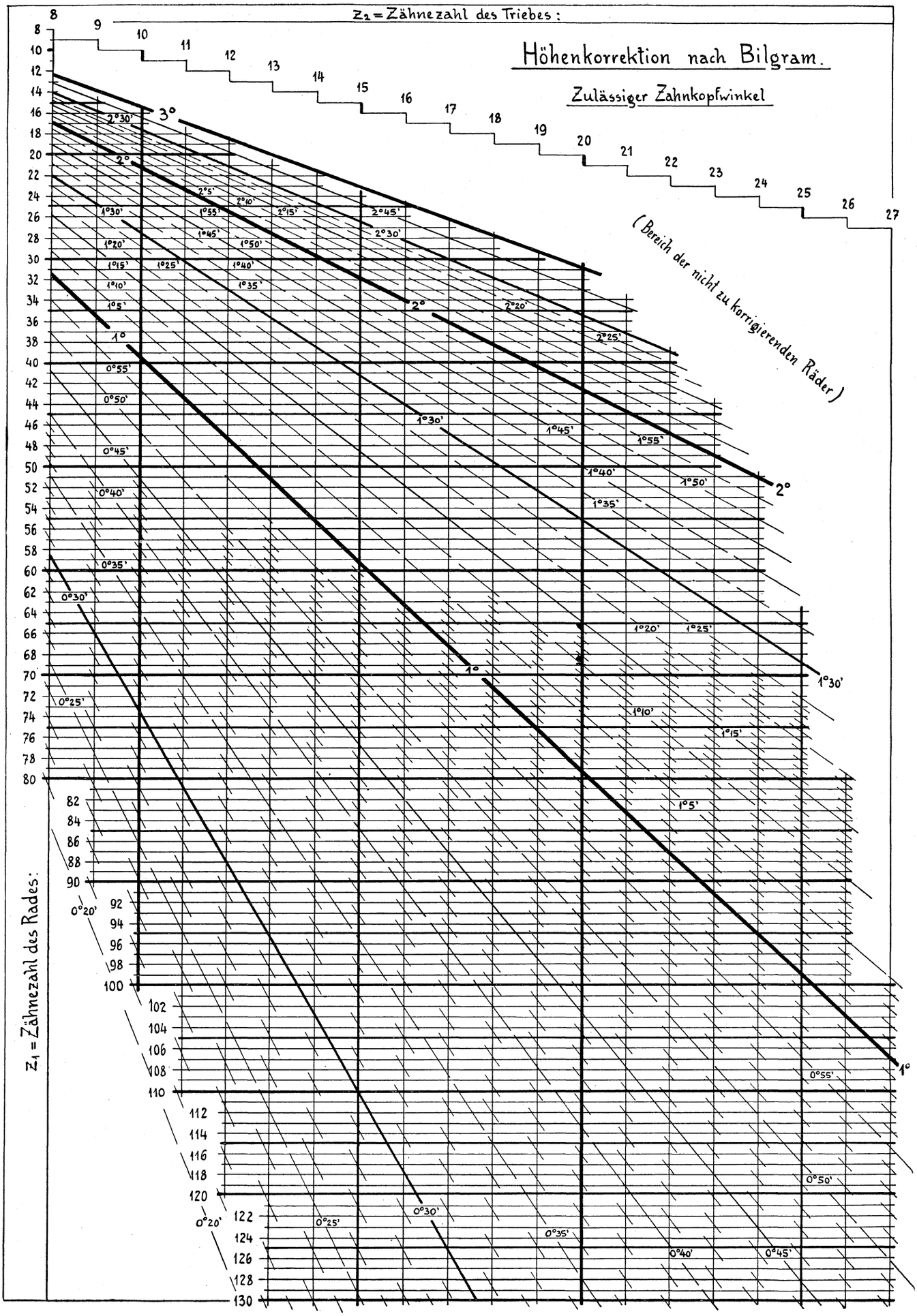
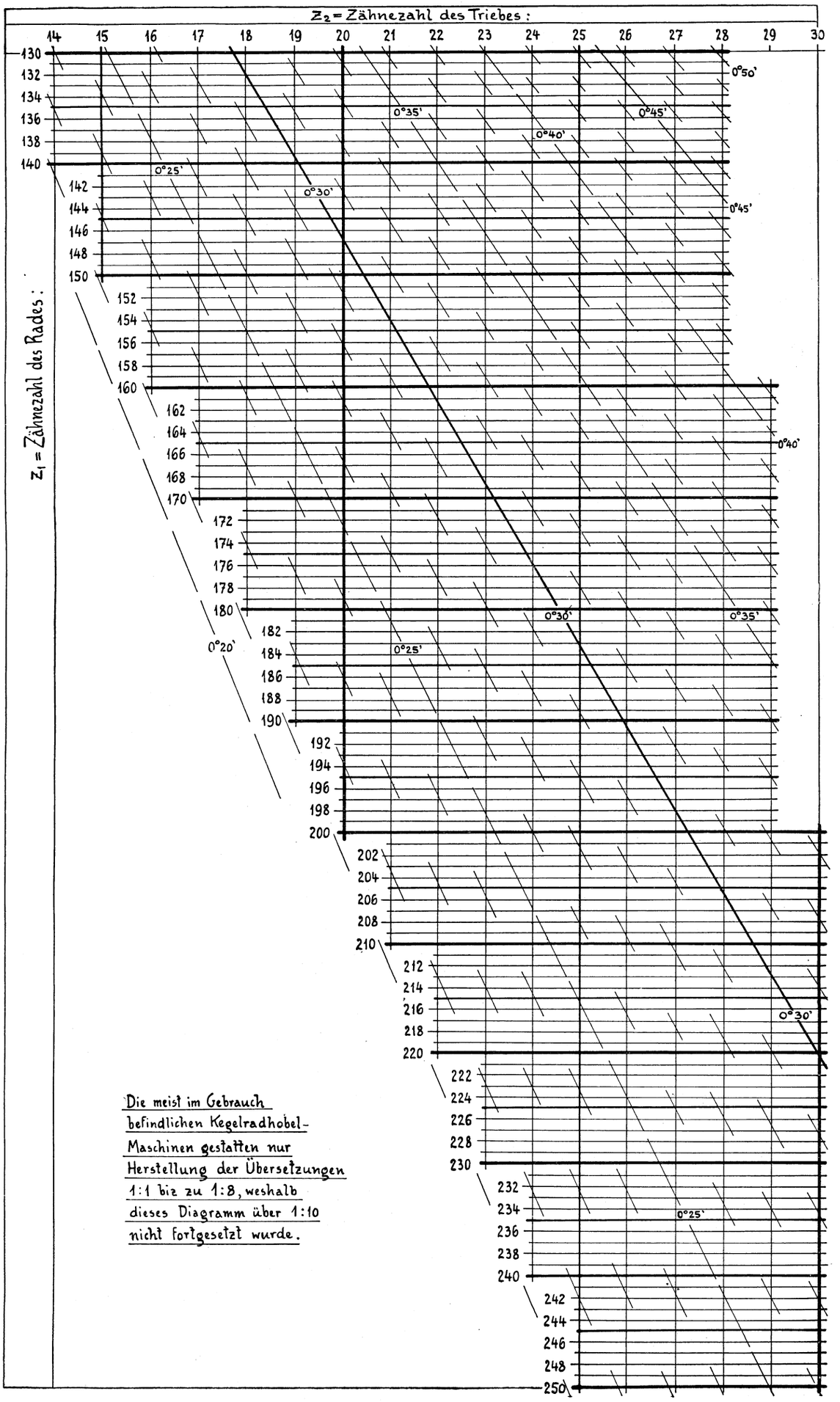

Höhenkorrektion nach Bilgram.
Zulässiger Zahnkopfwinkel
z_2 = Zähnezahl des Triebes:
z_1 = Zähnezahl des Rades:
(Bereich der nicht zu korrigierenden Räder)
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27
3°
2°30'
2°
2°5'
2°10'
2°15'
2°45'
2°30'
2°20'
2°25'
1°30'
1°55'
1°45'
1°40'
1°50'
1°35'
2°
1°30'
1°20'
1°25'
1°
1°10'
1°15'
1°5'
0°55'
0°50'
0°45'
0°40'
0°35'
0°30'
0°25'
0°20'
0°55'
0°50'
0°45'
0°40'
0°35'
0°30'
0°25'
0°20'
1°
8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86 88 90 92 94 96 98 100 102 104 106 108 110 112 114 116 118 120 122 124 126 128 130

Abb. 29.



Höhenkorrektion nach Bilgram.

Zulässiger Zahnkopfwinkel.

Abb. 30.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Z_2 = Zähnezahl des Triebes

Z_1 = Zähnezahl des Rades.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	7,5	6,667	6,0	5,455	5,0	4,615	4,286	4,0	3,75	3,529	3,333	3,158	3,0	2,857	2,727	2,609	2,5	60
59	7,375	6,556	5,9	5,364	4,917	4,538	4,214	3,933	3,688	3,471	3,278	3,105	2,95	2,810	2,682	2,565	2,458	59
58	7,25	6,444	5,8	5,273	4,833	4,462	4,143	3,867	3,625	3,412	3,222	3,053	2,9	2,762	2,636	2,522	2,417	58
57	7,125	6,333	5,7	5,182	4,75	4,385	4,071	3,8	3,563	3,353	3,167	3,0	2,85	2,714	2,591	2,478	2,375	57
56	7,0	6,222	5,6	5,091	4,667	4,308	4,0	3,733	3,5	3,294	3,111	2,947	2,8	2,667	2,545	2,435	2,333	56
55	6,875	6,111	5,5	5,0	4,583	4,231	3,929	3,667	3,438	3,235	3,056	2,895	2,75	2,619	2,5	2,391	2,292	55
54	6,75	6,0	5,4	4,909	4,5	4,154	3,857	3,6	3,375	3,176	3,0	2,842	2,7	2,571	2,455	2,348	2,25	54
53	6,625	5,889	5,3	4,818	4,417	4,077	3,786	3,533	3,313	3,118	2,944	2,789	2,65	2,524	2,409	2,304	2,208	53
52	6,5	5,778	5,2	4,727	4,333	4,0	3,714	3,467	3,25	3,059	2,889	2,737	2,6	2,476	2,364	2,261	2,167	52
51	6,375	5,667	5,1	4,636	4,25	3,923	3,643	3,4	3,188	3,0	2,833	2,684	2,55	2,429	2,318	2,217	2,125	51
50	6,25	5,556	5,0	4,545	4,167	3,846	3,571	3,333	3,125	2,941	2,778	2,632	2,5	2,381	2,273	2,174		
49	6,125	5,444	4,9	4,455	4,083	3,769	3,5	3,267	3,063	2,882	2,722	2,579	2,45	2,333	2,227	2,130		
48	6,0	5,333	4,8	4,364	4,0	3,692	3,429	3,2	3,0	2,824	2,667	2,526	2,4	2,286	2,182	2,087		
47	5,875	5,222	4,7	4,273	3,917	3,615	3,357	3,133	2,938	2,765	2,611	2,474	2,35	2,238	2,136	2,043		
46	5,75	5,111	4,6	4,182	3,833	3,538	3,286	3,067	2,875	2,706	2,556	2,421	2,3	2,190	2,091	2,0		
45	5,625	5,0	4,5	4,091	3,75	3,462	3,214	3,0	2,813	2,647	2,5	2,368	2,25	2,143	2,045	1,957		
44	5,5	4,889	4,4	4,0	3,667	3,385	3,143	2,933	2,75	2,588	2,444	2,316	2,2	2,095	2,0	1,913		
43	5,375	4,778	4,3	3,909	3,583	3,308	3,071	2,867	2,688	2,529	2,389	2,263	2,15	2,048	1,955			
42	5,25	4,667	4,2	3,818	3,5	3,231	3,0	2,8	2,625	2,471	2,333	2,211	2,1	2,0	1,909			
41	5,125	4,556	4,1	3,727	3,417	3,154	2,929	2,733	2,563	2,412	2,278	2,158	2,05	1,952	1,864			
40	5,0	4,444	4,0	3,636	3,333	3,077	2,857	2,667	2,5	2,353	2,222	2,105	2,0	1,905	1,818			
39	4,875	4,333	3,9	3,545	3,25	3,0	2,786	2,6	2,438	2,294	2,167	2,053	1,95	1,857	1,773			
38	4,75	4,222	3,8	3,455	3,167	2,923	2,714	2,533	2,375	2,235	2,111	2,0	1,9	1,810				
37	4,625	4,111	3,7	3,364	3,083	2,846	2,643	2,467	2,313	2,176	2,056	1,947	1,85	1,762				
36	4,5	4,0	3,6	3,273	3,0	2,769	2,571	2,4	2,25	2,118	2,0	1,895	1,8	1,714				
35	4,375	3,889	3,5	3,182	2,917	2,692	2,5	2,333	2,188	2,059	1,944	1,842	1,75	1,667				
34	4,25	3,778	3,4	3,091	2,833	2,615	2,429	2,267	2,125	2,0	1,889	1,789	1,7	1,619				
33	4,125	3,667	3,3	3,0	2,75	2,538	2,357	2,2	2,063	1,941	1,833	1,737	1,65					
32	4,0	3,556	3,2	2,909	2,667	2,462	2,286	2,133	2,0	1,882	1,778	1,684	1,6					
31	3,875	3,444	3,1	2,818	2,583	2,385	2,214	2,067	1,938	1,824	1,722	1,632	1,55					
30	3,75	3,333	3,0	2,727	2,5	2,308	2,143	2,0	1,875	1,765	1,667	1,579						
29	3,625	3,222	2,9	2,636	2,417	2,231	2,071	1,933	1,813	1,706	1,611							
28	3,5	3,111	2,8	2,545	2,333	2,154	2,0	1,867	1,75	1,647	1,556							
27	3,375	3,0	2,7	2,455	2,25	2,077	1,929	1,8	1,688	1,588								
26	3,25	2,889	2,6	2,364	2,167	2,0	1,857	1,733	1,625									
25	3,125	2,778	2,5	2,273	2,083	1,923	1,786	1,667	1,563									
24	3,0	2,667	2,4	2,182	2,0	1,846	1,714	1,6										
23	2,875	2,556	2,3	2,091	1,917	1,769	1,643											
22	2,75	2,444	2,2	2,0	1,833	1,692	1,571											
21	2,625	2,333	2,1	1,909	1,75	1,615												
20	2,5	2,222	2,0	1,818	1,667													
19	2,375	2,111	1,9	1,727	1,583													
18	2,25	2,0	1,8	1,636														
17	2,125	1,889	1,7															
16	2,0	1,778	1,6															
15	1,875	1,667																
14	1,75																	
13	1,625																	

Übersetzungs-Verhältnis:

$$U = \frac{z_1}{z_2}.$$

Die Herstellung der Präzisions-Kegelräder.

Genauigkeitsgrad:

Zur Erzielung einer einwandfreien Verzahnung ist eine der Vorbedingungen der genaue Drehkörper. Die Toleranzen bewegen sich bei einigen Maßen desselben in Bruchteilen von $^1/_{10}$, bei anderen in Bruchteilen von $^1/_{100}$ mm, bzw. in Bruchteilen von 1 Minute bei den Winkeln. Hierüber sind nähere Angaben gemacht bei den Aufstellungen der Berechnungsformeln und als Fußnoten bei den Tabellen.

Arbeitsfolge:

Der Arbeitsgang selbst hängt von der Anzahl der in einem Zuge anzufertigenden Stücke ab. Für die

Einzelfertigung

hat sich die Reihenfolge der Arbeitsoperationen, die sog. Arbeitsfolge, in langjähriger Praxis so als die rationellste ergeben, wie in den Abb. 31 bis 39 dargestellt ist. Abb. 31 bis 36 behandeln die Herstellung aus Vollmaterial, 37 bis 39 jene aus durch thermische Behandlung vorgeformten Stücken. Beides für Räder, welche keiner Wärmebehandlung mehr unterzogen werden. Hierbei kommt in erster Linie die Spitzendrehbank in Frage, weil bei dieser die Einrichtezeit am kürzesten ist und mit Universalwerkzeugen gearbeitet wird.

Bearbeitungsfolge für aus dem Vollen gedrehte Kegelräder.

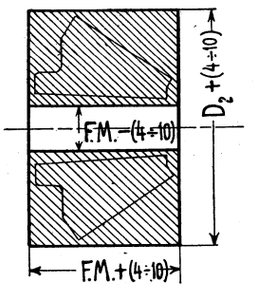


Abb. 31.

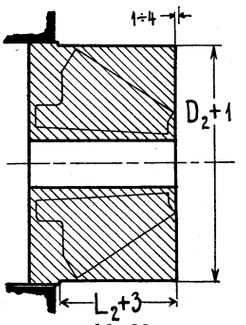


Abb. 32.

1. Abstechen.

(Von rundgeschmiedeten Stangen, da Walzmaterial wegen Quetschfalten am Umfang nicht zu empfehlen ist.)

2. Vorbohren (Abb. 31)*).

3. Einspannen (Abb. 32).

4. Planschruppen (F.M. + 3 bis 6).

5. Rundschruppen ($D_2 + 1$).

6. Konischdrehen (α_2) (Abb. 33).

7. Umspannen.

*) F.M. = Fertigmaß.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	0,133	0,15	0,167	0,183	0,2	0,217	0,233	0,25	0,267	0,283	0,3	0,317	0,333	0,35	0,367	0,383	0,4	60
59	0,136	0,153	0,169	0,186	0,203	0,220	0,237	0,254	0,271	0,288	0,305	0,322	0,339	0,356	0,373	0,390	0,407	59
58	0,138	0,155	0,172	0,19	0,207	0,224	0,241	0,259	0,276	0,293	0,310	0,328	0,345	0,362	0,379	0,397	0,414	58
57	0,140	0,158	0,175	0,193	0,211	0,228	0,246	0,263	0,281	0,298	0,316	0,333	0,351	0,368	0,386	0,404	0,421	57
56	0,143	0,161	0,179	0,196	0,214	0,232	0,25	0,268	0,286	0,304	0,321	0,339	0,357	0,375	0,393	0,411	0,429	56
55	0,145	0,164	0,182	0,2	0,218	0,236	0,255	0,273	0,291	0,309	0,327	0,345	0,364	0,382	0,4	0,418	0,436	55
54	0,148	0,167	0,185	0,204	0,222	0,241	0,259	0,278	0,296	0,315	0,333	0,352	0,370	0,389	0,407	0,426	0,444	54
53	0,151	0,170	0,189	0,208	0,226	0,245	0,264	0,283	0,302	0,321	0,340	0,358	0,377	0,396	0,415	0,434	0,453	53
52	0,154	0,173	0,192	0,212	0,231	0,25	0,269	0,288	0,308	0,327	0,346	0,365	0,385	0,404	0,423	0,442	0,462	52
51	0,157	0,176	0,196	0,216	0,235	0,255	0,275	0,294	0,314	0,333	0,353	0,373	0,392	0,412	0,431	0,451	0,471	51
50	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42	0,44	0,46		
49	0,163	0,184	0,204	0,224	0,245	0,265	0,286	0,306	0,327	0,347	0,367	0,388	0,408	0,429	0,449	0,469		
48	0,167	0,188	0,208	0,229	0,25	0,271	0,292	0,313	0,333	0,354	0,375	0,396	0,417	0,438	0,458	0,479		
47	0,170	0,191	0,213	0,234	0,255	0,277	0,298	0,319	0,340	0,362	0,383	0,404	0,426	0,447	0,468	0,489		
46	0,174	0,196	0,217	0,239	0,261	0,283	0,304	0,326	0,348	0,370	0,391	0,413	0,435	0,457	0,478	0,5		
45	0,178	0,2	0,222	0,244	0,267	0,289	0,311	0,333	0,356	0,378	0,4	0,422	0,444	0,467	0,489	0,511		
44	0,182	0,205	0,227	0,25	0,273	0,295	0,318	0,341	0,364	0,386	0,409	0,432	0,455	0,477	0,5	0,523		
43	0,186	0,209	0,233	0,256	0,279	0,302	0,326	0,349	0,372	0,395	0,419	0,442	0,465	0,488	0,512			
42	0,190	0,214	0,238	0,262	0,286	0,310	0,333	0,357	0,381	0,405	0,429	0,452	0,476	0,5	0,524			
41	0,195	0,220	0,244	0,268	0,293	0,317	0,341	0,366	0,390	0,415	0,439	0,463	0,488	0,512	0,537			
40	0,2	0,225	0,25	0,275	0,3	0,325	0,35	0,375	0,4	0,425	0,45	0,475	0,5	0,525	0,55			
39	0,205	0,231	0,256	0,282	0,308	0,333	0,359	0,385	0,410	0,436	0,462	0,487	0,513	0,538	0,564			
38	0,211	0,237	0,263	0,289	0,316	0,342	0,368	0,395	0,421	0,447	0,474	0,5	0,526	0,553				
37	0,216	0,243	0,270	0,297	0,324	0,351	0,378	0,405	0,432	0,459	0,486	0,514	0,541	0,568				
36	0,222	0,25	0,278	0,306	0,333	0,361	0,389	0,417	0,444	0,472	0,5	0,528	0,556	0,583				
35	0,229	0,257	0,286	0,314	0,343	0,371	0,4	0,429	0,457	0,486	0,514	0,543	0,571	0,6				
34	0,235	0,265	0,294	0,324	0,353	0,382	0,412	0,441	0,471	0,5	0,529	0,559	0,588	0,618				
33	0,242	0,273	0,303	0,333	0,364	0,394	0,424	0,455	0,485	0,515	0,545	0,576	0,606					
32	0,25	0,281	0,313	0,344	0,375	0,406	0,438	0,469	0,5	0,531	0,563	0,594	0,625					
31	0,258	0,290	0,323	0,355	0,387	0,419	0,452	0,484	0,516	0,548	0,581	0,613	0,645					
30	0,267	0,3	0,333	0,367	0,4	0,433	0,467	0,5	0,533	0,567	0,6	0,633						
29	0,276	0,310	0,345	0,379	0,414	0,448	0,483	0,517	0,552	0,586	0,621							
28	0,286	0,321	0,357	0,393	0,429	0,464	0,5	0,536	0,571	0,607	0,643							
27	0,296	0,333	0,370	0,407	0,444	0,481	0,519	0,556	0,593	0,630								
26	0,308	0,346	0,385	0,423	0,462	0,5	0,538	0,577	0,615									
25	0,32	0,36	0,4	0,44	0,48	0,52	0,56	0,6	0,64									
24	0,333	0,375	0,417	0,458	0,5	0,542	0,583	0,625										
23	0,348	0,391	0,435	0,478	0,522	0,565	0,609											
22	0,364	0,409	0,455	0,5	0,545	0,591	0,636											
21	0,381	0,429	0,476	0,524	0,571	0,619												
20	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6													
19	0,421	0,474	0,526	0,579	0,632													
18	0,444	0,5	0,556	0,611														
17	0,471	0,529	0,588															
16	0,5	0,563	0,625															
15	0,533	0,6																
14	0,571																	
13	0,615																	

Übersetzungs-Verhältnis:

$$u = \frac{z_1}{z_2}.$$

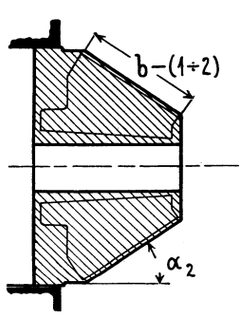


Abb. 33.

8. Plandrehen (Abb. 34).
9. Hals andrehen.
10. Bohrung vordrehen.
11. Bohrung fertig drehen (ev. reiben).
12. Ausspannen (ev. Bohrung schleifen).
13. Auf Drehdorn spannen (Abb. 35).
14. Außendurchmesser fertigdrehen (D_2).
15. Kegelmantel fertigdrehen (α_2).
16. Äußere Zahnstirn drehen (δ_2) (Abb. 36).
17. Innere Zahnstirn drehen.
18. Hals plandrehen.
19. Dornmutter lösen.
20. Aussparung fertig drehen.
21. Ausspannen.

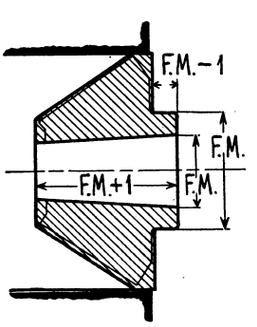


Abb. 34.

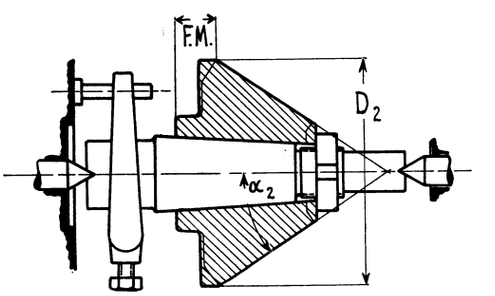


Abb. 35.

22. Zähne hobeln nach Anweisung der Werkzeugmaschinenfabrik.

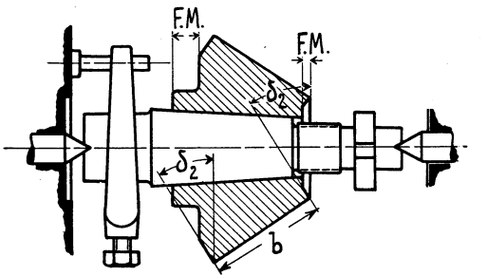


Abb. 36.

23. Keilnute stoßen.
24. Abgraten.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	82° 24,3'	81° 28,1'	80° 32,3'	79° 36,7'	78° 41,4'	77° 46,5'	76° 52'	75° 57,8'	75° 4,1'	74° 10,8'	73° 18'	72° 25,7'	71° 33,9'	70° 42,6'	69° 51,8'	69° 1,6'	68° 11,9'	60
59	82° 16,7'	81° 19,6'	80° 22,8'	79° 26,3'	78° 30,2'	77° 34,4'	76° 39,1'	75° 44,4'	74° 49,6'	73° 55,6'	73° 2'	72° 9'	71° 16,4'	70° 24,5'	69° 33'	68° 42,2'	67° 51,9'	59
58	82° 8,8'	81° 10,8'	80° 13'	79° 15,7'	78° 18,6'	77° 22'	76° 25,8'	75° 30'	74° 34,7'	73° 39,8'	72° 45,5'	71° 51,7'	70° 58,5'	70° 5,8'	69° 13,7'	68° 22,1'	67° 31,2'	58
57	82° 0,6'	81° 1,6'	80° 3'	79° 4,6'	78° 6,7'	77° 9,1'	76° 12'	75° 15,4'	74° 19,2'	73° 23,6'	72° 28,5'	71° 33,9'	70° 39,9'	69° 46,5'	68° 53,7'	68° 1,5'	67° 10'	57
56	81° 52,2'	80° 52,2'	79° 52,5'	78° 53,2'	77° 54,3'	76° 55,8'	75° 57,8'	75° 0,3'	74° 3,3'	73° 6,8'	72° 10,9'	71° 15,5'	70° 20,8'	69° 26,6'	68° 33,1'	67° 40,3'	66° 48,1'	56
55	81° 43,4'	80° 42,4'	79° 41,7'	78° 41,4'	77° 41,5'	76° 42,1'	75° 43,1'	74° 44,7'	73° 46,8'	72° 49,4'	71° 52,7'	70° 56,5'	70° 1'	69° 6,1'	68° 11,9'	67° 18,4'	66° 25,5'	55
54	81° 34,4'	80° 32,3'	79° 30,5'	78° 29,2'	77° 28,3'	76° 27,8'	75° 27,9'	74° 28,5'	73° 29,7'	72° 31,5'	71° 33,9'	70° 36,9'	69° 40,6'	68° 45'	67° 50'	66° 55,8'	66° 2,2'	54
53	81° 25'	80° 21,7'	79° 18,9'	78° 16,5'	77° 14,5'	76° 13,1'	75° 12,2'	74° 11,8'	73° 12,1'	72° 13'	71° 14,5'	70° 16,7'	69° 19,5'	68° 23,1'	67° 27,4'	66° 32,5'	65° 38,2'	53
52	81° 15,2'	80° 10,8'	79° 6,9'	78° 3,5'	77° 0,3'	75° 57,8'	74° 55,9'	73° 54,5'	72° 53,8'	71° 53,4'	70° 54,4'	69° 55,7'	68° 57,7'	68° 0,5'	67° 4,1'	66° 8,4'	65° 13,5'	52
51	81° 5,1'	79° 59,5'	78° 54,4'	77° 49,7'	76° 45,6'	75° 42'	74° 39'	73° 36,6'	72° 34,9'	71° 33,9'	70° 33,6'	69° 34'	68° 35,2'	67° 37,2'	66° 39,9'	65° 43,5'	64° 47,9'	51
50	80° 54,6'	79° 47,8'	78° 41,4'	77° 35,5'	76° 30,2'	75° 25,5'	74° 21,5'	73° 18'	72° 15,1'	71° 13,1'	70° 12,1'	69° 11,6'	68° 11,9'	67° 13'	66° 15'	65° 17,8'		50
49	80° 43,6'	79° 35,5'	78° 27,9'	77° 20,8'	76° 14,3'	75° 8,5'	74° 3,5'	72° 58,8'	71° 55'	70° 52'	69° 49,8'	68° 48,3'	67° 47,8'	66° 48,1'	65° 49,2'	64° 51,3'		49
48	80° 32,3'	79° 22,8'	78° 13,9'	77° 5,5'	75° 57,8'	74° 50,7'	73° 44,4'	72° 38,8'	71° 33,9'	70° 29,8'	69° 26,6'	68° 24,5'	67° 22,8'	66° 22,2'	65° 22,6'	64° 23,8'		48
47	80° 20,4'	79° 9,6'	77° 59,3'	76° 49,6'	75° 40,6'	74° 32,3'	73° 24,8'	72° 18'	71° 12'	70° 6,9'	69° 2,6'	67° 59,3'	66° 56,9'	65° 55,5'	64° 55'	63° 55,5'		47
46	80° 8'	78° 55,8'	77° 44,1'	76° 33,1'	75° 22,7'	74° 13,1'	73° 4,3'	71° 56,4'	70° 49,3'	69° 43'	68° 37,6'	67° 33,4'	66° 30,1'	65° 27,7'	64° 26,4'	63° 26,1'		46
45	79° 55,2'	78° 41,4'	77° 28,3'	76° 15,8'	75° 4,1'	73° 53,2'	72° 43,1'	71° 33,9'	70° 25,6'	69° 18,3'	68° 11,9'	67° 6,6'	66° 2,2'	64° 59'	63° 56,8'	62° 55,7'		45
44	79° 41,7'	78° 26,4'	77° 11,7'	75° 57,8'	74° 44,7'	73° 32,4'	72° 21'	71° 10,5'	70° 1'	68° 52,5'	67° 45,1'	66° 38,7'	65° 33,4'	64° 29,2'	63° 26,1'	62° 24,2'		44
43	79° 27,6'	78° 10,7'	76° 54,5'	75° 39'	74° 24,4'	73° 10,7'	71° 57,9'	70° 46,2'	69° 35,4'	68° 25,2'	67° 17,1'	66° 9,7'	65° 3,4'	63° 58,2'	62° 54,3'			43
42	79° 12,9'	77° 54,3'	76° 36,9'	75° 19,8'	74° 3,3'	72° 48,1'	71° 33,9'	70° 20,4'	69° 8,7'	67° 57,8'	66° 48,1'	65° 39,5'	64° 32,2'	63° 26,1'	62° 21,2'			42
41	78° 57,5'	77° 37,1'	76° 17,6'	74° 58,9'	73° 41,2'	72° 24,9'	71° 8,8'	69° 54,3'	68° 40,9'	67° 28,8'	66° 17,8'	65° 8,2'	63° 59,8'	62° 52,7'	61° 47'			41
40	78° 41,4'	77° 19,2'	75° 57,8'	74° 37,4'	73° 18'	71° 59,7'	70° 42,6'	69° 26,6'	68° 11,9'	66° 58,5'	65° 46,3'	64° 35,5'	63° 26,1'	62° 18'	61° 11,3'			40
39	78° 24,5'	77° 0,3'	75° 37,1'	74° 14,9'	72° 53,8'	71° 33,9'	70° 15,2'	68° 57,7'	67° 41,6'	66° 26,9'	65° 13,5'	64° 1,5'	62° 51'	61° 41,9'	60° 34,3'			39
38	78° 6,7'	76° 40,3'	75° 15,4'	73° 51,3'	72° 28,5'	71° 6,8'	69° 46,5'	68° 27,5'	67° 10'	65° 53,9'	64° 39,2'	63° 26,1'	62° 14,5'	61° 4,4'				38
37	77° 48'	76° 19,7'	74° 52,6'	73° 26,6'	72° 1,8'	70° 38,5'	69° 16,5'	67° 55,9'	66° 36,9'	65° 19,4'	64° 3,5'	62° 49,1'	61° 36,4'	60° 25,3'				37
36	77° 28,3'	75° 57,8'	74° 28,5'	73° 0,5'	71° 33,9'	70° 8,7'	68° 45'	67° 22,8'	66° 2,2'	64° 43,3'	63° 26,1'	62° 10,5'	60° 56,7'	59° 44,6'				36
35	77° 7,5'	75° 34,7'	74° 3,3'	72° 33,2'	71° 4,5'	69° 37,4'	68° 11,9'	66° 48,1'	65° 26'	64° 5,6'	62° 47'	61° 30,3'	60° 15,3'	59° 2,2'				35
34	76° 45,4'	75° 10,4'	73° 36,4'	72° 4,3'	70° 33,6'	69° 4,5'	67° 37,2'	66° 11,6'	64° 47,9'	63° 26,1'	62° 6,2'	60° 48,1'	59° 32,1'	58° 17,9'				34
33	76° 22,4'	74° 44,7'	73° 8,5'	71° 33,9'	70° 1'	68° 29,9'	67° 0,7'	65° 33,4'	64° 8'	62° 44,7'	61° 23,4'	60° 4,1'	58° 46,9'					33
32	75° 57,8'	74° 17,5'	72° 38,8'	71° 1,8'	69° 26,6'	67° 53,4'	66° 22,2'	64° 53,1'	63° 26,1'	62° 1,2'	60° 38,5'	59° 18'	57° 59,7'					32
31	75° 31,8'	73° 48,6'	72° 7,3'	70° 27,8'	68° 50,3'	67° 14,9'	65° 41,7'	64° 10,7'	62° 41'	61° 15,6'	59° 51,5'	58° 29,7'	57° 10,3'					31
30	75° 4,1'	73° 18'	71° 33,9'	69° 51,8'	68° 11,9'	66° 34,3'	64° 59'	63° 26,1'	61° 55,6'	60° 27,7'	59° 2,2'	57° 39,1'						30
29	74° 34,7'	72° 45,6'	70° 58,5'	69° 13,7'	67° 31,2'	65° 51,3'	64° 13,6'	62° 39'	61° 6,8'	59° 37,2'	58° 10,3'							29
28	74° 3,3'	72° 10,9'	70° 20,8'	68° 33,9'	66° 48,1'	65° 5,7'	63° 26,1'	61° 48,3'	60° 15,3'	58° 44,2'	57° 15,9'							28
27	73° 29,7'	71° 33,9'	69° 40,6'	67° 50'	66° 2,2'	64° 17,4'	62° 36,5'	60° 56,7'	59° 21'	57° 48,2'								27
26	72° 53,8'	70° 54,4'	68° 57,7'	67° 4,1'	65° 13,5'	63° 26,1'	61° 41,9'	60° 4,1'	58° 23,5'									26
25	72° 15,3'	70° 12,1'	68° 11,9'	66° 15'	64° 21,5'	62° 31,5'	60° 45,1'	59° 2,2'	57° 22,8'									25
24	71° 33,9'	69° 26,6'	67° 22,8'	65° 22,6'	63° 26,1'	61° 33,4'	59° 44,6'	57° 59,7'										24
23	70° 49,3'	68° 37,8'	66° 30,1'	64° 26,1'	62° 26,8'	60° 31,4'	58° 40,3'											23
22	70° 1'	67° 45,1'	65° 33,9'	63° 26,1'	61° 23,4'	59° 25,2'	57° 31,7'											22
21	69° 8,1'	66° 48,1'	64° 32,2'	62° 21,2'	60° 15,3'	58° 14,4'												21
20	68° 11,9'	65° 46,3'	63° 26,1'	61° 11,3'	59° 2,2'													20
19	67° 10'	64° 39,2'	62° 14,5'	59° 55,9'	57° 43,5'													19
18	66° 2,2'	63° 26,1'	60° 56,7'	58° 34,2'														18
17	64° 47,9'	62° 6,2'	59° 32,1'															17
16	63° 26,1'	60° 38,5'	57° 59,7'															16
15	61° 55,6'	59° 2,2'																15
14	60° 15,3'																	14
13	58° 23,5'																	13

Tangens-Teilkreiswinkel des Rades:

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}.$$

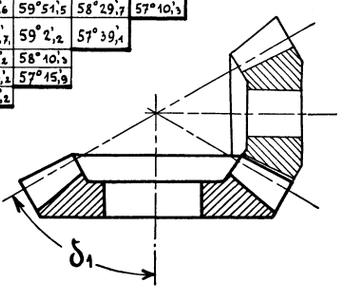


Abb. 40.

Bearbeitungsfolge für Kegelräder, welche gegossen oder im Gesenk geschmiedet werden.

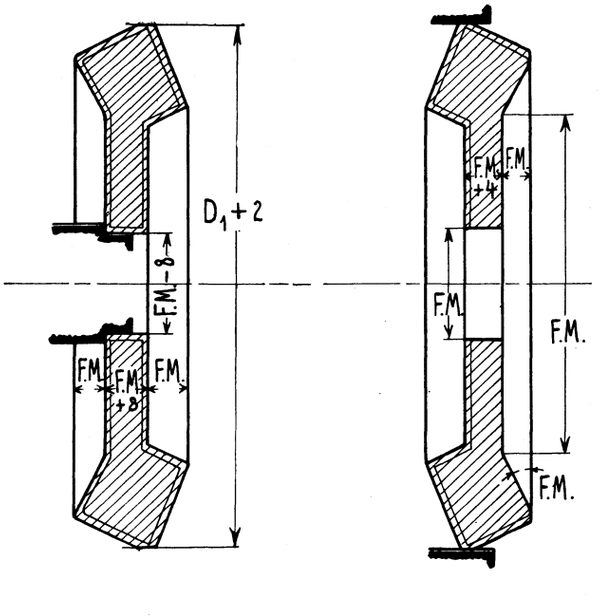


Abb. 37.

Abb. 38.

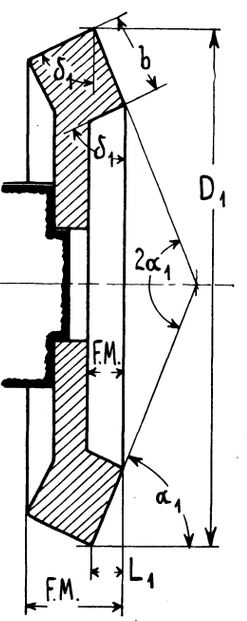


Abb. 39.

1. Einspannen (Abb. 37).
2. Vordrehen des Außendurchmessers $(D_1 + 2)$.
3. Umspannen.
4. Außen plandrehen (Abb. 38).
5. Bohrung fertigdrehen.
6. Innen plandrehen (F.M. + 4)*).
7. Fassondrehen.
8. Umspannen auf genau zentrisches Futter.
9. Außendurchmesser fertigdrehen (D_1) (Abb. 39).
10. Außen plandrehen $(L_1 + 0{,}5)$.
11. Konischdrehen (α_1 und L_1).
12. Konischdrehen der äußeren Stirnfläche (δ_1).
13. Konischdrehen der inneren Stirnfläche (δ_1).
14. Innen plandrehen (F.M.).
15. Ausspannen.
16. Zähne hobeln nach Anweisung der Werkzeugmaschinenfabrik.
17. Schraubenlöcher bohren.
18. Abgraten.

*) F.M. = Fertigmaß.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes.

z_1 = Zähnezahl des Rades.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	7°35,7'	8°31,9'	9°27,7'	10°23,3'	11°18,6'	12°13,5'	13°8'	14°2,2'	14°55,9'	15°49,2'	16°42'	17°34,3'	18°26,1'	19°17,4'	20°8,2'	20°58,4'	21°48,1'	60
59	7°43,3'	8°40,4'	9°37,2'	10°33,7'	11°29,8'	12°25,6'	13°20,9'	14°15,9'	15°10,4'	16°4,4'	16°58'	17°51'	18°43,6'	19°35,5'	20°27'	21°17,8'	22°8,1'	59
58	7°51,2'	8°49,2'	9°47'	10°44,3'	11°41,4'	12°38'	13°34,2'	14°30'	15°25,3'	16°20,2'	17°14,5'	18°8,3'	19°1,5'	19°54,2'	20°46,3'	21°37,9'	22°28,8'	58
57	7°59,4'	8°58,4'	9°57'	10°55,4'	11°53,3'	12°50,9'	13°48'	14°44,6'	15°40,8'	16°36,4'	17°31,5'	18°26,1'	19°20,1'	20°13,5'	21°6,3'	21°58,5'	22°50'	57
56	8°7,8'	9°7,8'	10°7,5'	11°6,8'	12°5,7'	13°4,2'	14°2,2'	14°59,7'	15°56,7'	16°53,2'	17°49,2'	18°44,5'	19°39,2'	20°33,4'	21°26,9'	22°19,7'	23°11,9'	56
55	8°16,6'	9°17,6'	10°18,3'	11°18,6'	12°18,5'	13°17,9'	14°16,9'	15°15,3'	16°13,2'	17°10,6'	18°7,3'	19°3,5'	19°59'	20°53,9'	21°48,1'	22°41,6'	23°34,5'	55
54	8°25,6'	9°27,7'	10°29,5'	11°30,8'	12°31,7'	13°32,2'	14°32,1'	15°31,5'	16°30,3'	17°28,5'	18°26,1'	19°23,1'	20°19,4'	21°15'	22°10'	23°4,2'	23°57,8'	54
53	8°35'	9°38,3'	10°41,1'	11°43,5'	12°45,5'	13°46,9'	14°47,8'	15°48,2'	16°47,9'	17°47'	18°45,5'	19°43,3'	20°40,5'	21°36,9'	22°32,6'	23°27,5'	24°21,8'	53
52	8°44,8'	9°49,2'	10°53,1'	11°56,7'	12°59,7'	14°2,2'	15°4,1'	16°5,5'	17°6,2'	18°6,2'	19°5,6'	20°4,3'	21°2,3'	21°59,5'	22°55,9'	23°51,6'	24°46,5'	52
51	8°54,9'	10°0,5'	11°5,6'	12°10,3'	13°14,4'	14°18'	15°21'	16°23,4'	17°25,1'	18°26,1'	19°26,4'	20°26'	21°24,8'	22°22,8'	23°20,1'	24°16,5'	25°12,1'	51
50	9°5,4'	10°12,2'	11°18,6'	12°24,5'	13°29,8'	14°34,5'	15°38,5'	16°42'	17°44,7'	18°46,7'	19°47,9'	20°48,4'	21°48,1'	22°47'	23°45'	24°42,2'		50
49	9°16,4'	10°24,5'	11°32,1'	12°39,2'	13°45,7'	14°51,5'	15°56,7'	17°1,2'	18°5'	19°8'	20°10,2'	21°11,7'	22°12,2'	23°11,9'	24°10,8'	25°8,7'		49
48	9°27,7'	10°37,2'	11°46,1'	12°54,5'	14°2,2'	15°9,2'	16°15,6'	17°21,2'	18°26,1'	19°30,2'	20°33,4'	21°35,7'	22°37,2'	23°37,8'	24°37,6'	25°36,1'		48
47	9°39,6'	10°50,4'	12°0,7'	13°10,4'	14°19,4'	15°27,7'	16°35,2'	17°42'	18°48'	19°53,1'	20°57,4'	22°0,7'	23°3,1'	24°4,5'	25°5'	26°4,5'		47
46	9°52'	11°4,2'	12°15,9'	13°26,9'	14°37,3'	15°46,9'	16°55,7'	18°3,6'	19°10,7'	20°17'	21°22,2'	22°26,6'	23°29,9'	24°32,3'	25°33,6'	26°33,9'		46
45	10°4,8'	11°18,6'	12°31,7'	13°44,2'	14°55,9'	16°6,8'	17°16,9'	18°26,1'	19°34,4'	20°41,7'	21°48,1'	22°53,4'	23°57,8'	25°1'	26°3,2'	27°4,3'		45
44	10°18,3'	11°33,6'	12°48,3'	14°2,2'	15°15,3'	16°27,6'	17°39'	18°49,5'	19°59'	21°7,5'	22°14,9'	23°21,3'	24°26,6'	25°30,8'	26°33,9'	27°35,8'		44
43	10°32,4'	11°49,3'	13°5,5'	14°21'	15°35,6'	16°49,3'	18°2,1'	19°13,8'	20°24,6'	21°34,3'	22°42,9'	23°50,3'	24°56,6'	26°1,8'	27°5,7'			43
42	10°47,1'	12°5,7'	13°23,6'	14°40,6'	15°56,7'	17°11,9'	18°26,1'	19°39,2'	20°51,3'	22°2,2'	23°11,9'	24°20,5'	25°27,8'	26°33,9'	27°38,8'			42
41	11°2,5'	12°22,9'	13°42,6'	15°1,1'	16°18,8'	17°35,6'	18°51,2'	20°5,7'	21°19,1'	22°31,2'	23°42,2'	24°51,8'	26°0,2'	27°7,5'	28°13'			41
40	11°18,6'	12°40,8'	14°2,2'	15°22,6'	16°42'	18°0,2'	19°17,4'	20°33,4'	21°48,1'	23°1,5'	24°13,7'	25°24,5'	26°33,9'	27°42'	28°48,7'			40
39	11°35,5'	12°59,7'	14°22,9'	15°45,1'	17°6,2'	18°26,1'	19°44,8'	21°2,3'	22°18,4'	23°33,1'	24°46,5'	25°58,5'	27°9'	28°18,1'	29°25,7'			39
38	11°53,3'	13°19,5'	14°44,6'	16°8,7'	17°31,5'	18°53,2'	20°13,5'	21°32,5'	22°50'	24°6,1'	25°20,8'	26°33,9'	27°45,5'	28°55,6'				38
37	12°12,1'	13°40,3'	15°7,4'	16°33,9'	17°58,2'	19°21,5'	20°43,5'	22°4,1'	23°23,1'	24°40,6'	25°56,5'	27°10,9'	28°23,6'	29°34,7'				37
36	12°31,7'	14°2,2'	15°31,5'	16°59,5'	18°26,1'	19°51,1'	21°15'	22°37,2'	23°57,8'	25°16,7'	26°33,9'	27°49,5'	29°3,5'	30°15,4'				36
35	12°52,5'	14°25,3'	15°54,7'	17°26,1'	18°55,5'	20°22,6'	21°48,1'	23°11,9'	24°34'	25°54,4'	27°13'	28°29,7'	29°44,7'	30°57,3'				35
34	13°14,4'	14°49,6'	16°23,6'	17°55,7'	19°26,4'	20°55,5'	22°22,8'	23°48,4'	25°12,1'	26°33,9'	27°53,8'	29°11,9'	30°27,9'	31°42,1'				34
33	13°37,6'	15°15,3'	16°51,5'	18°26,1'	19°59'	21°30,1'	22°59,3'	24°26,6'	25°52'	27°15,3'	28°36,6'	29°55,9'	31°13,1'					33
32	14°2,2'	15°42,5'	17°21,2'	18°58,3'	20°33,6'	22°6,6'	23°37,3'	25°6,9'	26°33,9'	27°58,8'	29°21,5'	30°42'	32°0,3'					32
31	14°28,2'	16°11,4'	17°52,7'	19°32,2'	21°9,7'	22°45,1'	24°18,3'	25°49,3'	27°18'	28°44,4'	30°8,5'	31°30,3'	32°49,7'					31
30	14°55,9'	16°41'	18°26,1'	20°8,2'	21°48,1'	23°25,7'	25°1'	26°33,9'	28°4,4'	29°32,3'	30°57,8'	32°20,9'						30
29	15°25,3'	17°14,5'	19°1,5'	20°46,3'	22°28,8'	24°8,7'	25°46,2'	27°21'	28°53,2'	30°22,8'	31°49,7'							29
28	15°56,7'	17°49,1'	19°39,2'	21°26,9'	23°11,9'	24°54,3'	26°33,9'	28°10,7'	29°44,7'	31°15,8'	32°44,1'							28
27	16°30,3'	18°26,1'	20°19,4'	22°10'	23°57,8'	25°42,6'	27°24,5'	29°3,3'	30°39'	32°11,8'								27
26	17°6,2'	19°5,6'	21°2,3'	22°55,9'	24°46,5'	26°33,9'	28°18,1'	29°58,9'	31°36,5'									26
25	17°44,7'	19°47,9'	21°48,1'	23°45'	25°38,5'	27°28,5'	29°14,9'	30°57,8'	32°37,2'									25
24	18°26,1'	20°33,4'	22°37,2'	24°37,4'	26°33,9'	28°26,6'	30°15,4'	32°0,3'										24
23	19°10,7'	21°22,2'	23°29,9'	25°33,6'	27°33,2'	29°28,6'	31°19,7'											23
22	19°59'	22°14,9'	24°26,6'	26°33,9'	28°36,6'	30°34,8'	32°28,3'											22
21	20°51,3'	23°11,9'	25°27,8'	27°38,8'	29°44,7'	31°45,6'												21
20	21°48,1'	24°13,7'	26°33,9'	28°48,7'	30°57,8'													20
19	22°50'	25°20,8'	27°45,5'	30°4,1'	32°16,5'													19
18	23°57,8'	26°33,9'	29°3,3'	31°25,8'														18
17	25°12,1'	27°53,8'	30°27,9'															17
16	26°33,9'	29°21,5'	32°0,3'															16
15	28°4,1'	30°57,8'																15
14	29°44,7'																	14
13	31°36,5'																	13

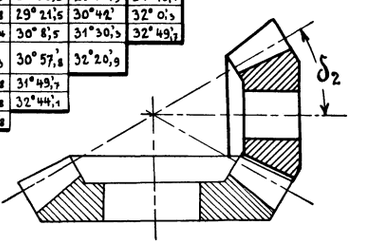


Abb. 41.

Tangens-Teilkreiswinkel des Triebes:

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{z_2}{z_1}.$$

Bei mehreren Stücken lohnt es sich, die Revolverdrehbank zu benutzen. Nach Erledigung aller Operationen einer Aufspannung wird umgebaut, falls man nicht in der Lage ist, für jede Aufspannung eine andere Bank zu benutzen. Vorteilhaft ist es dann, nicht ein und dieselbe Bank zum Vor- und Fertigdrehen zu nehmen, um größere Genauigkeit zu erzielen.

Ein anderes Beispiel von kleiner Serienfertigung:

Erste Aufspannung: 1. Einspannen, 2. Vorbohren, 3. Vordrehen der Zentrierstirnfläche, 4. Fertigdrehen derselben, 5. Umspannen.

Zweite Aufspannung (Abb. 42): 6. Vordrehen der Vorderstirnfläche und hinteren Kegelfläche (Stellung I), 7. Vordrehen der Bohrung und vorderen Kegelfläche (Stellung II), 8. Fertigdrehen der Kegelflächen und vorderen Stirnfläche (Stellung III), 9. Fertigdrehen der Bohrung und hinteren Stirnfläche (Stellung IV).

Bei **Massenfertigung** ist die Herstellung der Drehkörper auf Halbautomaten zu empfehlen: der ersten Aufspannung, welche das

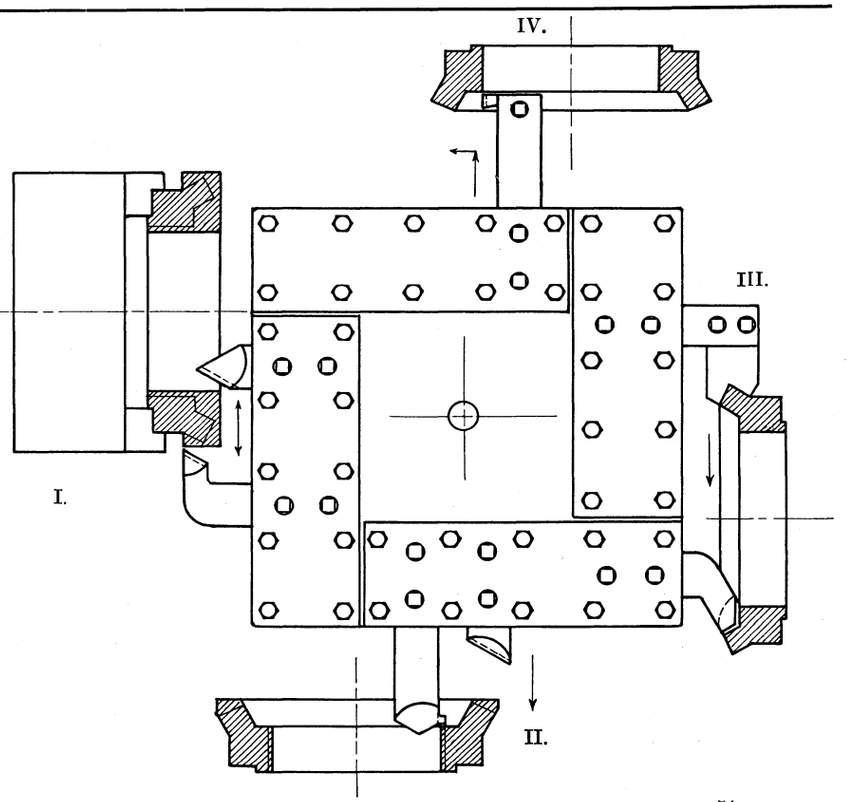


Abb. 42.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1 = Zähnezahl des Rades:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	0°58,6	1°1,3	1°4'	1°5,7	1°8,3	1°11'	1°13,6	1°16,1	1°18,7	1°22,2	1°24,7	1°28,2	1°30,7	1°33,1	1°35,6	1°38'	1°42,4	60
59	0°59,4	1°2,2	1°4,9	1°6,5	1°9,2	1°11,8	1°15,4	1°17,9	1°20,4	1°23,9	1°25,4	1°28,9	1°32,3	1°34,8	1°38,2	1°40,5	1°43,9	59
58	1°0,4	1°3,1	1°5,8	1°8,4	1°11'	1°13,6	1°16,2	1°18,7	1°22,2	1°24,7	1°27,2	1°30,6	1°33'	1°37,4	1°39,8	1°42,2	1°45,5	58
57	1°1,4	1°4,1	1°6,8	1°9,4	1°12'	1°15,6	1°18,1	1°20,6	1°23,1	1°26,6	1°29'	1°32,4	1°34,8	1°39,2	1°41,5	1°43,8	1°48,1	57
56	1°2,5	1°5,2	1°7,8	1°10,4	1°13'	1°16,6	1°19,1	1°22,6	1°25'	1°27,4	1°29,9	1°34,2	1°36,6	1°40,9	1°43,2	1°45,5	1°49,8	56
55	1°3,7	1°6,3	1°8,9	1°11,5	1°15,1	1°17,6	1°20,1	1°23,6	1°26'	1°29,4	1°31,8	1°35,1	1°38,4	1°42,7	1°45'	1°47,3	1°51,5	55
54	1°4,9	1°7,5	1°10,1	1°12,7	1°16,2	1°19,7	1°22,2	1°24,6	1°28'	1°31,4	1°33,7	1°37,1	1°40,4	1°44,6	1°46,9	1°50,1	1°53,3	54
53	1°6,2	1°8,8	1°11,4	1°14'	1°17,5	1°20,9	1°23,4	1°26,8	1°30,1	1°33,5	1°35,8	1°39,1	1°42,3	1°46,6	1°48,8	1°52'	1°55,1	53
52	1°7,6	1°10,2	1°12,8	1°15,3	1°18,8	1°22,2	1°25,6	1°28'	1°31,3	1°34,6	1°37,9	1°41,1	1°44,4	1°48,6	1°51,7	1°54,9	1°58'	52
51	1°8,1	1°11,7	1°14,2	1°17,7	1°20,2	1°23,6	1°27'	1°30,3	1°33,6	1°36,8	1°40,1	1°43,3	1°46,5	1°50,6	1°53,7	1°57,9	2°0,9	51
50	1°9,7	1°13,3	1°15,8	1°19,2	1°21,7	1°26'	1°28,4	1°31,7	1°34,9	1°39,1	1°41,3	1°45,5	1°48,6	1°52,7	1°56,8	1°59,9		
49	1°11,4	1°14,9	1°17,4	1°20,8	1°23,2	1°27,6	1°29,9	1°34,1	1°37,3	1°40,5	1°43,7	1°47,8	1°50,9	1°54,9	1°59'	2°3'		
48	1°12,2	1°16,7	1°19,2	1°22,6	1°25,9	1°29,2	1°32,4	1°35,7	1°38,8	1°43'	1°46,1	1°50,1	1°53,2	1°58,2	2°2,2	2°6,1		
47	1°14,1	1°18,6	1°21'	1°24,4	1°27,7	1°30,9	1°35,1	1°37,3	1°41,4	1°45,5	1°48,5	1°52,6	1°56,5	2°0,5	2°4,4	2°8,3		
46	1°16,2	1°20,6	1°23'	1°26,3	1°29,6	1°32,8	1°36,9	1°40'	1°44,1	1°47,1	1°51,1	1°55,1	1°59'	2°2,9	2°7,8	2°11,6		
45	1°17,3	1°21,7	1°25,1	1°28,3	1°31,5	1°34,7	1°38,8	1°41,9	1°45,9	1°49,9	1°52,8	1°58,7	2°1,6	2°6,4	2°10,2	2°14'		
44	1°19,6	1°23'	1°27,3	1°29,5	1°33,7	1°36,8	1°40,8	1°44,8	1°47,8	1°51,7	1°56,6	2°1,4	2°5,2	2°9'	2°13,7	2°17,4		
43	1°21,1	1°24,4	1°29,6	1°31,8	1°35,9	1°40'	1°42,9	1°47,9	1°50,8	1°54,6	1°59,4	2°4,2	2°7,9	2°11,6	2°17,3			
42	1°22,7	1°27'	1°32,1	1°34,3	1°37,5	1°42,3	1°46,2	1°50,1	1°53,9	1°57,7	2°2,4	2°7,1	2°10,7	2°14,3	2°20,9			
41	1°24,5	1°29,7	1°34,8	1°36,9	1°39,8	1°44,7	1°48,6	1°52,4	1°57,1	1°59,8	2°5,5	2°10,1	2°13,6	2°18,2	2°24,7			
40	1°27,4	1°31,6	1°36,6	1°39,6	1°42,5	1°47,4	1°51,4	1°55,3	1°59,5	2°3,1	2°8,6	2°13,2	2°17,6	2°22,1	2°28,5			
39	1°29,6	1°33,6	1°38,6	1°41,5	1°45,4	1°50,4	1°53,8	1°58,4	2°3'	2°7,5	2°12'	2°16,4	2°20,8	2°26,1	2°31,5			
38	1°31,9	1°35,9	1°40,8	1°44,7	1°48,4	1°53,4	1°57,6	2°2,2	2°6,6	2°11'	2°16,4	2°20,7	2°25'	2°29,3				
37	1°34,5	1°38,4	1°43,2	1°47'	1°51,6	1°56,2	2°0,7	2°5,1	2°9,4	2°14,7	2°20'	2°24,2	2°29,4	2°34,5				
36	1°37,3	1°41,1	1°45,9	1°50,5	1°55'	1°58,5	2°3,8	2°9,1	2°12,4	2°18,6	2°23,7	2°28,8	2°33,8	2°39,9				
35	1°40,3	1°44,1	1°48,7	1°53,2	1°57,7	2°2'	2°7,2	2°12,4	2°16,5	2°22,6	2°28,6	2°33,5	2°38,4	2°44,3				
34	1°42,6	1°47,3	1°51,8	1°56,2	2°0,5	2°5,7	2°10,8	2°15,8	2°20,8	2°26,7	2°32,6	2°38,4	2°44,2	2°48,9				
33	1°45,3	1°50,8	1°55,2	1°59,4	2°4,6	2°9,7	2°14,6	2°20,5	2°25,3	2°32'	2°37,7	2°43,4	2°49'					
32	1°49,2	1°54,6	1°58,8	2°4'	2°9'	2°13,8	2°18,6	2°24,3	2°31'	2°37,6	2°42,1	2°47,6	2°55'					
31	1°52,5	1°57,7	2°2,8	2°7,8	2°12,6	2°18,3	2°22,9	2°29,4	2°35,9	2°42,3	2°47,6	2°53,9	3°2,2					
30	1°56,1	2°1,2	2°7,1	2°11,9	2°17,5	2°23'	2°28,4	2°33,8	2°41'	2°48,2	2°54,3	2°59,4						
29	2°0,2	2°5,1	2°11,8	2°16,4	2°22,8	2°28,1	2°33,2	2°38,3	2°47,3	2°53,3	3°0,2							
28	2°3,7	2°9,4	2°16,9	2°21,2	2°27,4	2°33,6	2°39,3	2°44,2	2°52,9	2°59,6	3°6,3							
27	2°8,8	2°14,2	2°21,4	2°26,5	2°32,4	2°39,1	2°45,7	2°51,3	2°59,8	3°8,2								
26	2°13,3	2°19,5	2°26,4	2°32,1	2°37,7	2°45,2	2°51,5	2°58,7	3°7,9									
25	2°19,4	2°25,3	2°31,9	2°38,3	2°44,5	2°51,6	2°58,6	3°6,5	3°14,3									
24	2°25,2	2°31,7	2°37,9	2°44,9	2°51,8	2°59,5	3°6'	3°14,5										
23	2°31,7	2°37,8	2°44,6	2°52,1	2°59,5	3°6,8	3°14,9											
22	2°38'	2°44,6	2°51,9	2°58,9	3°7,8	3°15,5	3°24,2											
21	2°45,2	2°52,2	2°59,9	3°7,5	3°16,6	3°24,8												
20	2°53,3	3°0,6	3°8,7	3°16,5	3°26,1													
19	3°2,5	3°10,1	3°18,3	3°26,3	3°36,2													
18	3°11,9	3°20,5	3°29,9	3°38'														
17	3°22,6	3°32,2	3°42,4															
16	3°34,8	3°45,1	3°56,1															
15	3°48,6	3°58,4																
14	4°3,2																	
13	4°20,9																	

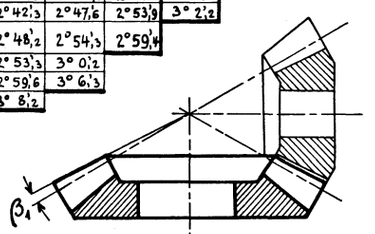


Abb. 43.

Zahnkopfwinkel des Rades:

$$\measuredangle \beta_1 = \measuredangle \beta - \measuredangle \varepsilon.$$

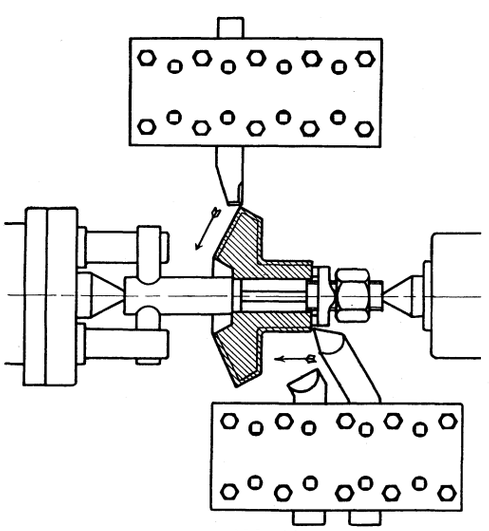


Abb. 44.

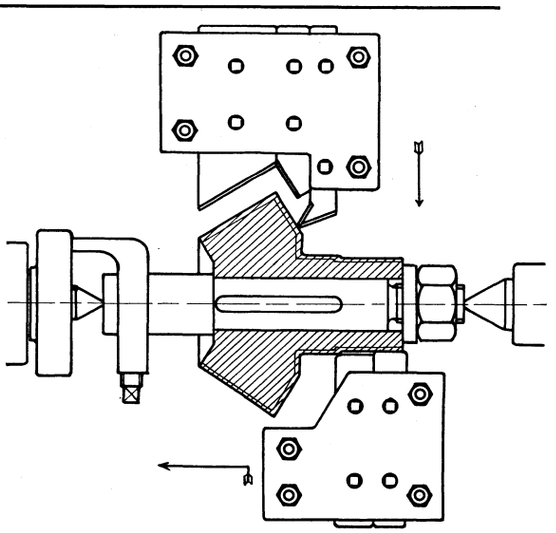


Abb. 45.

Fertigbearbeiten der Bohrung und Stirnfläche bezweckt, folgt nach der Zwischenoperation des Nutens die zweite (Dreh-) Aufspannung, bei welcher die Außenform vorgedreht wird. Bei der dritten Aufspannung wird gleichzeitig mit 2 Supporten fertiggedreht (Abb. 44).

Ähnlich ist die Methode nach Abb. 45 für ein Rad mit genauem Nabendurchmesser, z. B. als Kugellagersitz.

In weiterer Verfolgung des Zeitersparungsprinzips können bei genügend kräftigem Halbautomaten zwei Räder gleichzeitig bearbeitet werden (Abb. 46).

Dagegen ist die Methode des gleichzeitigen Vor- und Fertigdrehens auf einer Maschine und in einer Aufspannung bei höheren Genauigkeitsansprüchen zu verwerfen (Abb. 48).

Als Gipfelpunkt der Entwicklung sei noch der amerikanischen Arbeitsmethoden gedacht. Für die dortigen Riesenserien in der Automobilindustrie ist die Anwendung von Automaten und kontinuierlich laufenden Halbautomaten möglich. Bei letzteren durchläuft das Stück, z. B. ein Tellerrad von der Einspannstelle eine Reihe von Bearbeitungsstellen und wird ausgespannt, sobald es wieder zur Einspannstelle kommt. Es ist wohl als ein kaum noch zu überbietender Rekord anzusehen, wenn auf diese Weise das Fertigdrehen eines Chromnickeltellerrades von etwa 300 mm Durchmesser in einer Arbeitszeit von etwa 3 Minuten erfolgt.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1 = Zähnezahl des Rades:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	2°48,6	2°45,3	2°42'	2°39,1	2°36,3	2°33'	2°29,6	2°26,1	2°22,7	2° 18,2	2° 14,7	2° 10,2	2° 6,7	2° 3,1	1°59,6	1°56'	1° 50,4	60
59	2°51,4	2°48,2	2° 44,9	2° 42,5	2° 39,2	2° 35,9	2° 31,4	2° 27,9	2° 24,4	2° 19,9	2° 17,4	2° 12,9	2° 8,3	2° 4,8	2° 0,2	1° 56,5	1° 51,9	59
58	2° 54,4	2° 51,1	2° 47,8	2° 44,4	2° 41'	2° 37,6	2° 34,2	2° 30,7	2° 26,2	2° 22,7	2° 19,2	2° 14,6	2° 11'	2° 5,4	2° 1,8	1° 58,2	1° 53,5	58
57	2° 57,4	2° 54,1	2° 50,8	2° 47,4	2° 44'	2° 39,6	2° 36,1	2° 32,6	2° 29,1	2° 24,6	2° 21'	2° 16,4	2° 12,8	2° 7,2	2° 3,5	1° 59,8	1° 54,1	57
56	3° 0,5	2° 57,2	2° 53,8	2° 50,4	2° 47'	2° 42,6	2° 39,1	2° 34,6	2° 31'	2° 27,4	2° 23,9	2° 18,2	2° 14,6	2° 8,9	2° 5,2	2° 1,5	1° 55,8	56
55	3° 3,7	3° 0,3	2° 56,9	2° 53,5	2° 49,1	2° 45,6	2° 42,1	2° 37,6	2° 34'	2° 29,4	2° 25,8	2° 21,1	2° 16,4	2° 10,7	2° 7'	2° 3,3	1° 57,5	55
54	3° 6,9	3° 3,5	3° 0,1	2° 56,7	2° 52,2	2° 47,7	2° 44,2	2° 40,6	2° 36'	2° 31,4	2° 27,7	2° 23,1	2° 18,4	2° 12,6	2° 8,9	2° 4,1	1° 59,3	54
53	3° 10,2	3° 6,8	3° 3,4	3° 0'	2° 55,5	2° 50,9	2° 47,4	2° 42,8	2° 38,1	2° 33,5	2° 29,8	2° 25,1	2° 20,3	2° 14,6	2° 10,8	2° 6'	2° 1,1	53
52	3° 13,6	3° 10,2	3° 6,8	3° 3,3	2° 58,8	2° 54,2	2° 49,6	2° 46'	2° 41,3	2° 36,6	2° 31,9	2° 27,1	2° 22,4	2° 16,6	2° 11,7	2° 6,9	2° 2'	52
51	3° 18,1	3° 13,7	3° 10,2	3° 5,7	3° 2,2	2° 57,6	2° 53'	2° 48,3	2° 43,6	2° 38,8	2° 34,1	2° 29,3	2° 24,5	2° 18,6	2° 13,7	2° 7,9	2° 2,9	51
50	3° 21,7	3° 17,3	3° 13,8	3° 9,2	3° 5,7	3° 0'	2° 56,4	2° 51,7	2° 46,9	2° 41,1	2° 37,3	2° 31,5	2° 26,6	2° 20,7	2° 14,8	2° 9,9		50
49	3° 25,4	3° 20,9	3° 17,4	3° 12,8	3° 9,2	3° 3,6	2° 59,9	2° 54,1	2° 49,3	2° 44,5	2° 39,7	2° 33,8	2° 28,9	2° 22,9	2° 17'	2° 11'		49
48	3° 30,2	3° 24,7	3° 21,2	3° 16,6	3° 11,9	3° 7,2	3° 2,4	2° 57,7	2° 52,8	2° 47'	2° 42,1	2° 36,1	2° 31,2	2° 24,2	2° 18,2	2° 12,1		48
47	3° 34,1	3° 28,6	3° 25'	3° 20,4	3° 15,7	3° 10,9	3° 5,1	3° 1,3	2° 55,4	2° 49,5	2° 44,5	2° 38,6	2° 32,5	2° 26,5	2° 20,4	2° 14,3		47
46	3° 38,2	3° 32,6	3° 29'	3° 24,3	3° 19,6	3° 14,8	3° 8,9	3° 4'	2° 58,1	2° 53,4	2° 47,1	2° 41,1	2° 35'	2° 28,9	2° 21,8	2° 15,6		46
45	3° 43,3	3° 37,7	3° 33,1	3° 28,3	3° 23,5	3° 18,7	3° 12,8	3° 7,9	3° 1,9	2° 55,9	2° 50,8	2° 42,7	2° 37,6	2° 30,8	2° 24,2	2° 18'		45
44	3° 47,6	3° 43'	3° 37,3	3° 33,5	3° 27,7	3° 22,8	3° 16,8	3° 10,8	3° 5,8	2° 59,7	2° 52,6	2° 45,4	2° 39,2	2° 33'	2° 25,7	2° 19,4		44
43	3° 53,1	3° 48,4	3° 41,6	3° 37,8	3° 31,9	3° 26'	3° 20,9	3° 13,9	3° 8,8	3° 2,6	2° 55,4	2° 48,2	2° 41,9	2° 35,6	2° 27,3			43
42	3° 58,7	3° 53'	3° 46,1	3° 42,3	3° 37,3	3° 30,3	3° 24,2	3° 18,1	3° 11,9	3° 5,7	2° 58,1	2° 51,1	2° 44,7	2° 38,3	2° 28,9			42
41	4° 4,5	3° 57,7	3° 50,8	3° 46,9	3° 41,8	3° 34,7	3° 28,6	3° 22,4	3° 15,1	3° 9,8	3° 4,5	2° 54,1	2° 47,6	2° 40,2	2° 30,7			41
40	4° 9,4	4° 3,6	3° 56,6	3° 51,6	3° 46,5	3° 39,4	3° 33,1	3° 25,8	3° 19,5	3° 13,1	3° 4,6	2° 57,2	2° 49,6	2° 42,1	2° 32,5			40
39	4° 15,6	4° 9,6	4° 2,6	3° 57,5	3° 51,4	3° 44,1	3° 37,8	3° 30,4	3° 23'	3° 15,5	3° 8'	3° 0,4	2° 52,8	2° 44,1	2° 35,5			39
38	4° 21,9	4° 15,9	4° 8,8	4° 2,7	3° 56,4	3° 49,1	3° 41,6	3° 34,2	3° 26,6	3° 19'	3° 10,4	3° 2,7	2° 55'	2° 47,3				38
37	4° 28,5	4° 22,4	4° 15,2	4° 9'	4° 1,6	3° 54,2	3° 46,7	3° 39,1	3° 31,4	3° 22,7	3° 14'	3° 6,2	2° 57,4	2° 48,5				37
36	4° 35,3	4° 29,1	4° 21,9	4° 14,5	4° 7'	4° 0,5	3° 51,8	3° 43,1	3° 36,4	3° 26,6	3° 17,7	3° 8,8	2° 59,8	2° 49,9				36
35	4° 42,3	4° 36,1	4° 28,7	4° 21,2	4° 13,7	4° 6'	3° 57,2	3° 48,4	3° 40,5	3° 30,6	3° 20,6	3° 11,5	3° 2,4	2° 52,3				35
34	4° 50,6	4° 43,3	4° 35,8	4° 28,2	4° 20,5	4° 11,7	4° 2,8	3° 53,8	3° 44,8	3° 34,7	3° 24,6	3° 14,4	3° 4,2	2° 54,9				34
33	4° 59,3	4° 50,8	4° 43,2	4° 35,4	4° 26,6	4° 17,7	4° 8,6	3° 58,5	3° 49,3	3° 38'	3° 27,7	3° 17,4	3° 7'					33
32	5° 7,2	4° 58,6	4° 50,8	4° 42'	4° 33'	4° 23,8	4° 14,6	4° 4,3	3° 53'	3° 41,6	3° 32,1	3° 21,6	3° 9'					32
31	5° 16,5	5° 7,7	4° 58,8	4° 49,8	4° 40,6	4° 30,3	4° 20,9	4° 9,4	3° 57,9	3° 46,3	3° 35,6	3° 23,9	3° 10,2					31
30	5° 26,4	5° 17,2	5° 7,1	4° 57,9	4° 47,5	4° 37'	4° 26,4	4° 15,8	4° 3'	3° 50,2	3° 38,3	3° 27,4						30
29	5° 36,2	5° 27,1	5° 15,8	5° 6,4	4° 54,8	4° 44,1	4° 33,2	4° 22,3	4° 7,3	3° 55,3	3° 42,2							29
28	5° 47,7	5° 37,4	5° 24,9	5° 15,2	5° 3,4	4° 51,4	4° 39,3	4° 28,2	4° 12,9	3° 59,6	3° 46,3							28
27	5° 58,8	5° 48,2	5° 35,4	5° 24,5	5° 12,4	4° 59,1	4° 45,7	4° 33,3	4° 17,8	4° 2,2								27
26	6° 11,3	5° 59,5	5° 46,4	5° 34,1	5° 21,7	5° 7,2	4° 53,5	4° 38,7	4° 21,9									26
25	6° 23,4	6° 11,3	5° 57,9	5° 44,3	5° 30,5	5° 15,6	5° 0,6	4° 44,5	4° 28,3									25
24	6° 37,2	6° 23,7	6° 9,9	5° 54,9	5° 39,8	5° 23,5	5° 8'	4° 50,5										24
23	6° 51,7	6° 37,8	6° 22,6	6° 6,1	5° 49,6	5° 32,8	5° 14,9											23
22	7° 8'	6° 52,6	6° 35,9	6° 18,9	5° 59,8	5° 41,5	5° 22,2											22
21	7° 25,2	7° 8,2	6° 49,9	6° 31,3	6° 10,6	5° 50,8												21
20	7° 43,3	7° 24,6	7° 4,7	6° 44,5	6° 22,1													20
19	8° 2,5	7° 42,1	7° 20,3	6° 58,3	6° 34,2													19
18	8° 23,9	8° 0,5	7° 35,9	7° 2'														18
17	8° 46,6	8° 20,2	7° 52,4															17
16	9° 10,8	8° 41,1	8° 10,1															16
15	9° 36,6	9° 4,4																15
14	10° 5,2																	14
13	10° 34,9																	13

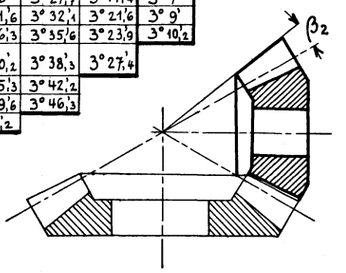


Abb. 47.

Zahnkopfwinkel des Triebes:

$$\sphericalangle \beta_2 = \sphericalangle \beta + \sphericalangle \varepsilon.$$

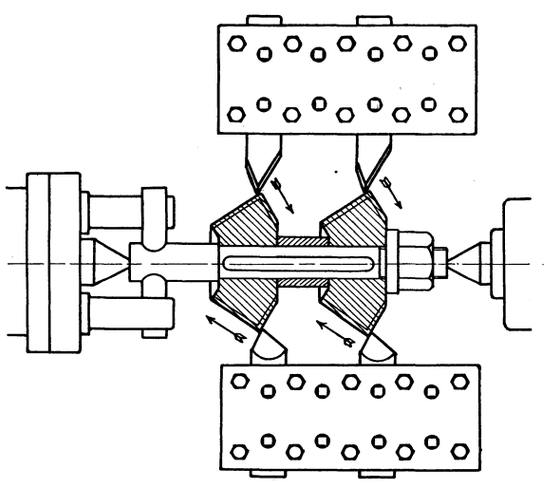


Abb. 46.

Gehärtete Räder.

Wenn, wie im Automobilbau bei den Hinterachsen üblich, die Zähne der Kegelräder einem Einsatzhärtungsprozeß unterworfen werden, muß die Behandlung etwa folgende sein:

1. Ausschruppen des Drehkörpers bis auf 1 bis 2 mm Flächenzugabe; 2. Ausglühen, zur Beseitigung der Materialspannungen (unentbehrlich bei komplizierten Formen und Tellerrädern, wo dicke Stellen an dünne ohne vollkommenen Übergang grenzen); 3. Fertigdrehen; in der Bohrung

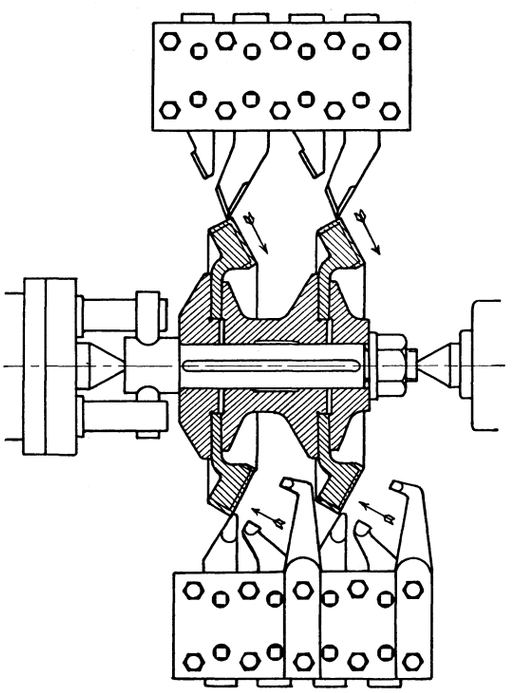


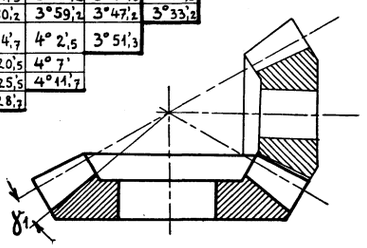
Abb. 48.

und an der Fläche für Seitenzentrierung Zugabe für Schleifen oder Ausreiben geben; 4. Verzahnen; 5. Einsetzen und Härten; 6. Schleifen der Bohrung und Seitenzentrierfläche.

Kegelräder mit Korrektion. 90° Achsenwinkel. Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1 = Zähnezahl des Rades:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	3° 2,6	2° 59,3	2° 56'	2° 53,6	2° 50,2	2° 46,8	2° 43,5	2° 39,9	2° 36,4	2° 31,8	2° 28,3	2° 23,7	2° 20,1	2° 16,5	2° 12,8	2° 9,2	2° 3,5	60
59	3° 5,7	3° 2,4	2° 59'	2° 56,7	2° 53,3	2° 49,8	2° 45,3	2° 41,9	2° 38,3	2° 33,8	2° 31,2	2° 26,6	2° 22'	2° 18,3	2° 13,6	2° 10'	2° 5,2	59
58	3° 8,9	3° 5,6	3° 2,2	2° 58,8	2° 55,4	2° 51,9	2° 48,4	2° 44,9	2° 40,3	2° 36,8	2° 33,2	2° 28,5	2° 24,9	2° 19,2	2° 15,5	2° 11,8	2° 7'	58
57	3° 12,2	3° 8,8	3° 5,4	3° 2'	2° 58,6	2° 54,1	2° 50,6	2° 47'	2° 43,4	2° 38,8	2° 35,2	2° 30,5	2° 26,8	2° 21,1	2° 17,4	2° 13,6	2° 7,9	57
56	3° 15,8	3° 12,1	3° 8,7	3° 5,3	3° 1,8	2° 57,3	2° 53,8	2° 49,2	2° 45,6	2° 41,9	2° 38,3	2° 32,6	2° 28,9	2° 23,1	2° 19,2	2° 15,6	2° 9,7	56
55	3° 18,9	3° 15,2	3° 12,1	3° 8,7	3° 4,2	3° 0,6	2° 57,1	2° 52,4	2° 48,8	2° 44,1	2° 40,4	2° 35,7	2° 30,9	2° 25,2	2° 21,4	2° 17,5	2° 11,7	55
54	3° 22,4	3° 19'	3° 15,6	3° 12,1	3° 7,6	3° 3'	2° 59,4	2° 55,8	2° 51,1	2° 46,4	2° 42,7	2° 37,9	2° 33,1	2° 27,3	2° 23,4	2° 18,6	2° 13,7	54
53	3° 26,1	3° 22,6	3° 19,2	3° 15,6	3° 11,5	3° 6,5	3° 2,9	2° 58,2	2° 53,5	2° 48,7	2° 45'	2° 40,1	2° 35,3	2° 29,4	2° 25,6	2° 20,7	2° 15,7	53
52	3° 29,8	3° 26,3	3° 22,8	3° 19,3	3° 14,7	3° 10,1	3° 5,4	3° 1,7	2° 56,9	2° 52,1	2° 47,3	2° 42,5	2° 37,6	2° 31,7	2° 26,8	2° 21,8	2° 16,8	52
51	3° 34,6	3° 30,1	3° 26,6	3° 22'	3° 18,4	3° 13,7	3° 9'	3° 4,2	2° 59,5	2° 54,6	2° 49,8	2° 44,9	2° 39,9	2° 34'	2° 29'	2° 23'	2° 18'	51
50	3° 38,5	3° 34'	3° 30,4	3° 25,8	3° 22,2	3° 16,4	3° 12,7	3° 7,9	3° 3,1	2° 57,2	2° 53,3	2° 47,4	2° 42,4	2° 36,6	2° 30,4	2° 25,3		
49	3° 42,5	3° 38'	3° 34,4	3° 29,7	3° 26'	3° 20,3	3° 16,5	3° 10,7	3° 5,8	3° 0,9	2° 55,9	2° 49,9	2° 44,9	2° 38,8	2° 32,8	2° 26,6		
48	3° 47,6	3° 42,1	3° 38,5	3° 33,8	3° 29'	3° 24,2	3° 19,4	3° 14,5	3° 9,6	3° 3,6	2° 58,6	2° 52,6	2° 47,5	2° 40,4	2° 34,2	2° 28,1		
47	3° 51,9	3° 46,3	3° 42,7	3° 37,9	3° 33,2	3° 28,3	3° 22,4	3° 18,5	3° 12,5	3° 6,5	3° 1,4	2° 55,3	2° 49,2	2° 43'	2° 36,8	2° 30,6		
46	3° 56,3	3° 50,7	3° 47'	3° 42,2	3° 37,4	3° 32,5	3° 26,6	3° 21,6	3° 15,5	3° 10,4	3° 4,3	2° 58,1	2° 51,9	2° 45,7	2° 38,4	2° 32,1		
45	4° 1,9	3° 56,2	3° 51,5	3° 46,6	3° 41,8	3° 36,8	3° 30,8	3° 25,8	3° 19,6	3° 13,5	3° 8,3	3° 0,1	2° 54,8	2° 47,5	2° 41,1	2° 34,8		
44	4° 6,6	4° 1,9	3° 56,1	3° 52,2	3° 46,3	3° 41,3	3° 35,2	3° 29,1	3° 23,8	3° 17,7	3° 10,4	3° 3,1	2° 56,7	2° 50,3	2° 42,9	2° 36,5		
43	4° 12,5	4° 7,7	4° 0,8	3° 56,9	3° 50,9	3° 44,8	3° 39,7	3° 32,5	3° 27,3	3° 21'	3° 13,6	3° 6,2	2° 59,8	2° 53,3	2° 44,8			
42	4° 18,5	4° 12,7	4° 5,8	4° 1,8	3° 56,7	3° 49,6	3° 43,4	3° 37,1	3° 30,8	3° 24,4	3° 16,9	3° 9,5	3° 2,9	2° 56,4	2° 46,8			
41	4° 24,8	4° 17,9	4° 10,9	4° 6,8	4° 1,7	3° 54,5	3° 48,2	3° 41,8	3° 34,4	3° 28,9	3° 20,4	3° 12,8	3° 6,2	2° 58,6	2° 48,9			
40	4° 30,2	4° 24,2	4° 17,2	4° 12'	4° 6,8	3° 59,5	3° 53,1	3° 45,7	3° 39,2	3° 32,6	3° 24'	3° 16,3	3° 8,6	3° 0,9	2° 51,1			
39	4° 36,8	4° 30,8	4° 23,7	4° 18,5	4° 12,1	4° 4,7	3° 58,3	3° 50,7	3° 43,1	3° 35,4	3° 27,7	3° 19,9	3° 12,1	3° 3,3	2° 54,6			
38	4° 43,7	4° 37,6	4° 30,4	4° 24,1	4° 17,7	4° 10,2	4° 2,6	3° 54,9	3° 47,2	3° 39,4	3° 30,6	3° 22,7	3° 14,7	3° 6,8				
37	4° 50,8	4° 44,6	4° 37,3	4° 30,9	4° 23,4	4° 15,8	4° 8,1	4° 0,3	3° 52,5	3° 43,5	3° 34,6	3° 26,6	3° 17,5	3° 8,4				
36	4° 58,2	4° 51,9	4° 44,5	4° 37'	4° 29,4	4° 22,6	4° 13,8	4° 4,9	3° 57,9	3° 47,8	3° 38,7	3° 29,6	3° 20,4	3° 10,2				
35	5° 5,9	4° 59,5	4° 52'	4° 44,3	4° 36,5	4° 28,7	4° 19,7	4° 10,6	4° 2,5	3° 52,3	3° 42,1	3° 32,8	3° 23,5	3° 13,1				
34	5° 14,9	5° 7,4	4° 59,7	4° 51,9	4° 44'	4° 35'	4° 25,8	4° 16,6	4° 7,4	3° 57'	3° 46,6	3° 36,1	3° 25,6	3° 16,1				
33	5° 24,2	5° 15,5	5° 7,7	4° 59,8	4° 50,7	4° 41,5	4° 32,2	4° 21,9	4° 12,4	4° 0,9	3° 50,3	3° 39,6	3° 29'					
32	5° 32,9	5° 24,1	5° 16,1	5° 7'	4° 57,7	4° 48,4	4° 38,9	4° 28,3	4° 16,7	4° 4,9	3° 55,2	3° 44,3	3° 31,5					
31	5° 42,9	5° 33,9	5° 24,8	5° 15,6	5° 6,1	4° 55,5	4° 45,8	4° 34'	4° 22,2	4° 10,2	3° 59,2	3° 47,2	3° 33,2					
30	5° 53,4	5° 44,2	5° 33,9	5° 24,4	5° 13,7	5° 2,9	4° 52'	4° 41'	4° 27,9	4° 14,7	4° 2,5	3° 51,3						
29	6° 4,3	5° 55'	5° 43,4	5° 33,6	5° 21,7	5° 10,7	4° 59,5	4° 48,2	4° 32,9	4° 20,5	4° 7'							
28	6° 16,8	6° 6,2	5° 53,3	5° 43,3	5° 31,1	5° 18,8	5° 6,4	4° 54,8	4° 39,2	4° 25,5	4° 11,7							
27	6° 28,8	6° 17,9	6° 4,8	5° 53,5	5° 41'	5° 27,3	5° 13,6	5° 0,7	4° 44,7	4° 28,7								
26	6° 42,4	6° 30,2	6° 16,7	6° 4,1	5° 51,2	5° 36,2	5° 22,1	5° 6,9	4° 49,6									
25	6° 55,6	6° 43,1	6° 29,3	6° 15,2	6° 1'	5° 45,6	5° 30,1	5° 13,5	4° 56,8									
24	7° 10,6	6° 56,6	6° 42,4	6° 26,9	6° 11,2	5° 54,4	5° 38,4	5° 20,9										
23	7° 26,4	7° 11,9	6° 56,2	6° 39,2	6° 22,1	6° 4,7	5° 46,3											
22	7° 44'	7° 28,1	7° 10,8	6° 53,2	6° 33,5	6° 14,5	5° 54,5											
21	8° 2,6	7° 45,1	7° 26,1	7° 6,9	6° 45,5	6° 24,9												
20	8° 22,4	8° 3'	7° 42,3	7° 21,4	6° 58,2													
19	8° 43,3	8° 22,1	7° 59,5	7° 36,7	7° 11,6													
18	9° 6,5	8° 42,3	8° 16,7	7° 51,8														
17	9° 31,2	9° 3,8	8° 35'															
16	9° 57,6	9° 26,7	8° 54,5															
15	10° 25,8	9° 52,2																
14	10° 57'																	
13	11° 29,5																	



Zahnfußwinkel des Rades:

$$\sphericalangle \gamma_1 = \sphericalangle \gamma + \sphericalangle \varepsilon.$$

Abb. 49.

Soll nach dem Härten an einzelnen Stellen eine weitere Bearbeitung erfolgen, für welche diese Stellen

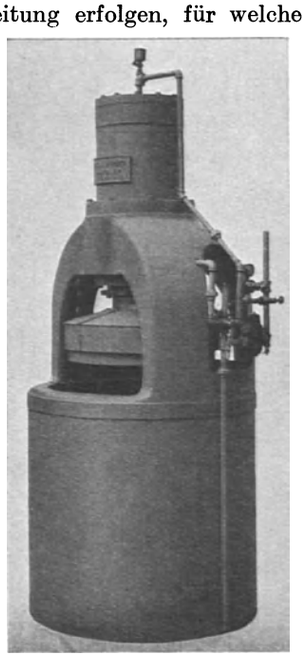


Abb. 50. Gleason-Härtemaschine.

weich bleiben sollen, so genügt meist das Einpacken in Lehm während des Einsatzes nicht. Besser ist es, an diesen Stellen eine größere Zugabe zu geben und diese nach dem Einsetzen wegzudrehen, bevor gehärtet wird, wobei noch Zugabe für die Fertigbearbeitung nach dem Härten an den erwähnten Stellen bleiben muß. Das Härten von Trieben (Ritzeln) bietet dem halbwegs geübten Härter keine Schwierigkeiten. Dagegen erfordert das Härten von großen Tellerrädern die Anwendung gewisser Kniffe. Eine erprobte Maßnahme ist die Anwendung einer Einspannvorrichtung beim Abschrecken, welche das Verziehen des Stückes nicht zuläßt. Sie besteht aus einem kräftigen Eisenring, welcher eine der Form des Tellerrades entsprechende Eindrehung und ein mittleres Grobgewindeloch besitzt. In diesen wird das aus dem Glühofen genommene Rad gelegt und so schnell als möglich mit einer Deckplatte durch eine Schnellspannschraube eingespannt. Das Ganze wird in horizontaler Lage in die Härteflüssigkeit getaucht. Es sollen dabei möglichst nur die zu härtenden Stellen freiliegen und sollen dieselben als erste in die Flüssigkeit eintauchen. Bei so behandelten Rädern ist mit geringer Mühe das Ausrichten vor dem Schleifen zu erzielen.

Dasselbe Prinzip ist in Amerika ebenfalls mit großem Raffinement zur Vollkommenheit ausgebildet worden. Ich meine die Gleason-Härtemaschine, deren Einrichtung aus Abb. 50 ersichtlich ist.

Für das

Verzahnen

gibt es verschiedene Bauarten und Arbeitssysteme. Allen, für Präzisionsräder in Betracht kommenden, gemeinsam ist das Prinzip der Entwicklung der Zahnflanke auf der Maschine durch Abwälzung des Werkzeugs auf dem zu schneidenden Rad. Das Werkzeug kann ein hin- und

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes :

z_1 = Zähnezahl des Rades ..	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	1°12'6	1°15'3	1°18'	1°19'6	1°22'2	1°24'8	1°27'3	1°29'9	1°32'4	1°35'8	1°38'3	1°41'7	1°44'1	1°46'5	1°48'8	1°51'2	1°55'5	60
59	1°13'7	1°16'4	1°19'	1°20'7	1°23'3	1°25'8	1°29'3	1°31'9	1°34'3	1°37'8	1°39'2	1°42'6	1°46'	1°48'3	1°51'6	1°54'	1°57'2	59
58	1°14'9	1°17'6	1°20'2	1°22'8	1°25'4	1°27'9	1°30'4	1°32'9	1°36'5	1°38'9	1°41'2	1°44'5	1°46'9	1°51'2	1°53'5	1°55'8	1°59'	58
57	1°16'2	1°18'8	1°21'4	1°24'	1°26'6	1°30'1	1°32'6	1°35'	1°37'4	1°40'8	1°43'2	1°46'5	1°48'8	1°53'1	1°55'4	1°57'6	2°1'9	57
56	1°17'5	1°20'1	1°22'7	1°25'3	1°27'8	1°31'3	1°33'8	1°37'2	1°39'6	1°41'9	1°44'3	1°48'6	1°50'9	1°55'1	1°57'3	1°59'6	2°3'7	56
55	1°18'9	1°21'2	1°24'1	1°26'7	1°30'2	1°32'6	1°35'1	1°38'4	1°40'8	1°44'1	1°46'4	1°49'7	1°52'9	1°57'2	1°59'4	2°1'5	2°5'7	55
54	1°20'4	1°23'	1°25'6	1°28'1	1°31'6	1°35'	1°37'4	1°39'8	1°43'1	1°46'4	1°48'7	1°51'9	1°55'1	1°59'3	2°1'4	2°4'6	2°7'7	54
53	1°22'1	1°24'6	1°27'2	1°29'6	1°33'1	1°36'5	1°38'9	1°42'2	1°45'5	1°48'7	1°51'	1°54'1	1°57'3	2°1'4	2°3'6	2°6'7	2°9'7	53
52	1°23'8	1°26'3	1°28'8	1°31'3	1°34'7	1°38'1	1°41'4	1°43'7	1°46'9	1°50'1	1°53'3	1°56'5	1°59'6	2°3'7	2°6'8	2°9'8	2°12'8	52
51	1°24'6	1°28'1	1°30'6	1°34'	1°36'4	1°39'7	1°43'	1°46'2	1°49'5	1°52'6	1°55'8	1°58'9	2°1'9	2°6'	2°9'	2°13'	2°16'	51
50	1°26'5	1°30'	1°32'4	1°35'8	1°38'2	1°42'4	1°44'7	1°47'9	1°51'1	1°55'2	1°57'3	2°1'4	2°4'4	2°8'4	2°12'4	2°15'3		
49	1°28'5	1°32'	1°34'4	1°37'7	1°40'	1°44'3	1°46'5	1°50'7	1°53'8	1°56'9	1°59'9	2°3'9	2°6'9	2°10'8	2°14'8	2°18'6		
48	1°29'6	1°34'1	1°36'5	1°39'8	1°43'	1°46'2	1°49'4	1°52'5	1°55'6	1°59'6	2°2'6	2°6'6	2°9'5	2°14'4	2°18'2	2°22'1		
47	1°31'9	1°36'3	1°38'7	1°41'9	1°45'2	1°48'3	1°52'4	1°54'5	1°58'5	2°2'5	2°5'4	2°9'3	2°13'2	2°17'	2°20'8	2°24'6		
46	1°34'3	1°38'7	1°41'	1°44'2	1°47'4	1°50'5	1°54'6	1°57'6	2°1'5	2°4'4	2°8'3	2°12'1	2°15'9	2°19'7	2°24'4	2°28'1		
45	1°35'9	1°40'2	1°43'5	1°46'6	1°49'8	1°52'8	1°56'8	1°59'8	2°3'6	2°7'5	2°10'3	2°16'1	2°18'8	2°23'5	2°27'1	2°30'8		
44	1°38'6	1°41'9	1°46'1	1°48'2	1°52'3	1°55'3	1°59'2	2°3'1	2°5'9	2°9'7	2°14'4	2°19'1	2°22'7	2°26'3	2°30'9	2°34'5		
43	1°40'5	1°43'7	1°48'8	1°50'9	1°54'9	1°58'8	2°1'7	2°6'5	2°9'3	2°13'	2°17'6	2°22'2	2°25'8	2°29'3	2°34'8			
42	1°42'5	1°46'7	1°51'8	1°53'8	1°56'7	2°1'6	2°5'4	2°9'1	2°12'8	2°16'4	2°20'9	2°25'5	2°28'9	2°32'4	2°38'8			
41	1°44'8	1°49'9	1°54'9	1°56'8	1°59'7	2°4'5	2°8'2	2°11'8	2°16'4	2°18'9	2°24'4	2°28'8	2°32'2	2°33'6	2°42'9			
40	1°48'2	1°52'2	1°57'2	2°0'	2°2'8	2°7'5	2°11'1	2°15'7	2°19'2	2°22'6	2°28'	2°32'3	2°36'6	2°40'9	2°47'1			
39	1°50'8	1°54'8	1°59'7	2°2'5	2°6'1	2°10'7	2°14'3	2°18'7	2°23'1	2°27'4	2°31'7	2°35'9	2°40'1	2°45'3	2°50'4			
38	1°53'7	1°57'6	2°2'4	2°6'1	2°9'7	2°14'2	2°18'6	2°22'9	2°27'2	2°31'4	2°36'6	2°40'7	2°44'7	2°48'8				
37	1°56'8	2°0'6	2°5'3	2°8'9	2°13'4	2°17'8	2°22'1	2°26'3	2°30'5	2°35'5	2°40'6	2°44'6	2°49'5	2°54'4				
36	2°0'2	2°3'9	2°8'5	2°13'	2°17'4	2°20'6	2°25'8	2°30'9	2°33'9	2°39'8	2°44'7	2°49'6	2°54'4	3°0'2				
35	2°3'9	2°7'5	2°12'	2°16'3	2°20'5	2°24'7	2°29'7	2°34'6	2°38'5	2°44'3	2°50'1	2°54'8	2°59'5	3°5'1				
34	2°6'9	2°11'4	2°15'7	2°19'9	2°24'	2°29'	2°33'8	2°38'6	2°43'4	2°49'	2°54'6	3°0'1	3°5'6	3°10'1				
33	2°10'2	2°15'5	2°19'7	2°23'8	2°28'7	2°33'5	2°38'2	2°43'9	2°48'4	2°54'9	3°0'3	3°5'6	3°11'					
32	2°14'9	2°20'1	2°24'1	2°29'	2°33'7	2°38'4	2°42'9	2°48'3	2°54'7	3°0'9	3°5'2	3°10'3	3°17'5					
31	2°18'9	2°23'9	2°28'8	2°33'5	2°38'1	2°43'5	2°47'8	2°54'	3°0'2	3°6'2	3°11'2	3°17'2	3°25'2					
30	2°23'4	2°28'2	2°33'9	2°38'4	2°43'7	2°48'9	2°54'	2°59'	3°5'9	3°12'7	3°18'5	3°23'3						
29	2°28'3	2°33'	2°39'4	2°43'6	2°49'7	2°54'7	2°59'5	3°4'2	3°12'9	3°18'5	3°25'							
28	2°32'8	2°38'2	2°45'3	2°49'3	2°55'1	3°0'8	3°6'4	3°10'8	3°19'2	3°25'5	3°31'7							
27	2°38'8	2°43'9	2°50'8	2°55'5	3°1'	3°7'3	3°13'6	3°18'7	3°26'7	3°34'7								
26	2°44'4	2°50'2	2°56'7	3°2'1	3°7'2	3°14'2	3°20'1	3°26'9	3°35'6									
25	2°51'6	2°57'1	3°3'3	3°9'2	3°15'	3°21'6	3°28'1	3°35'5	3°42'8									
24	2°58'6	3°4'6	3°10'4	3°16'9	3°23'2	3°30'4	3°36'4	3°44'4										
23	3°6'4	3°11'9	3°18'2	3°25'2	3°32'1	3°38'7	3°46'3											
22	3°14'	3°20'1	3°26'8	3°33'2	3°41'5	3°48'5	3°56'5											
21	3°22'6	3°29'1	3°36'1	3°42'9	3°51'5	3°58'9												
20	3°32'4	3°39'	3°46'3	3°53'4	4°2'2													
19	3°43'3	3°50'1	3°57'5	4°4'7	4°13'6													
18	3°54'8	4°2'3	4°10'7	4°17'8														
17	4°7'2	4°15'8	4°25'															
16	4°21'6	4°30'7	4°40'5															
15	4°37'8	4°46'2																
14	4°55'																	
13	5°5'5																	

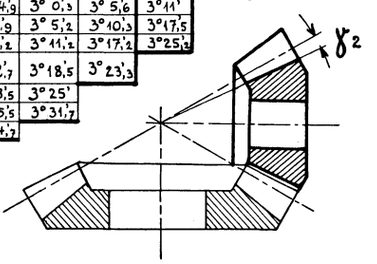


Abb. 51.

Zahnfußwinkel des Triebes:

$$\measuredangle \gamma_2 = \measuredangle \gamma - \measuredangle \varepsilon.$$

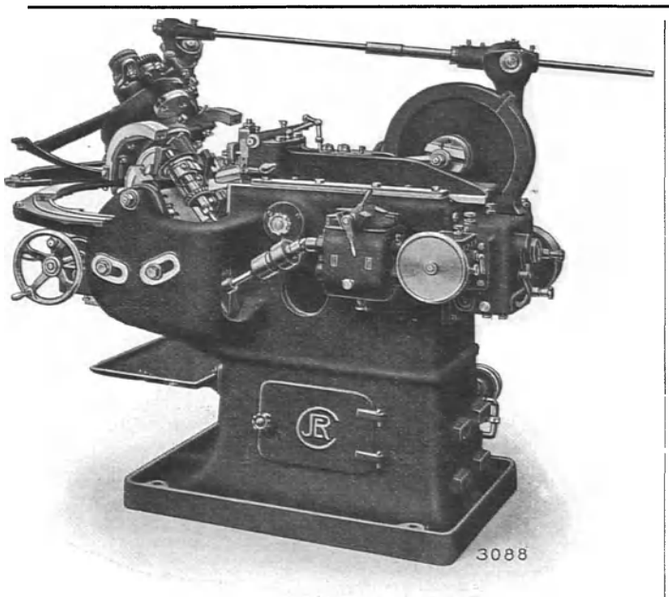


Abb. 52. Reineckers automatische Kegelrad-Hobelmaschine Nr. 1 für gerade und spiralige Zähne.

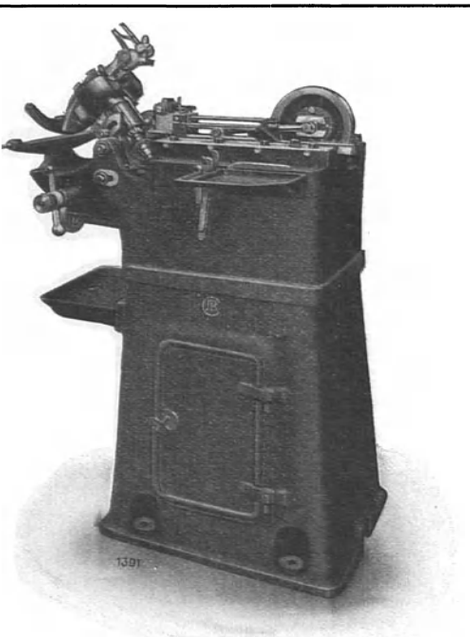


Abb. 53. Halbautomatische Kegelradhobelmaschine Nr. 0. (System Bilgram).

hergehender Hobelstahl sein (Bilgram Abb. 52, 53, Gleason Abb. 55, Oerlikon u. a.), oder ein Messerkopf, bei dem eine große Zahl Hobelstähle eine Kreisbahn beschreiben, was meines Wissens bisher nur zur Herstellung von bogenförmigen Zähnen dient (Gleason Abb. 56 und Boettcher & Geßner). Bei ersteren bedeutet der Rückgang des Hobelstahls, weil Leergang, einen gewissen Zeitverlust, die letztgenannten sind des-

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1 = Zähnezahl des Rades:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	83°22'9	82°29'4	81°36'3	80°42'3	79°49'7	78°57'5	78°5'6	77°13'9	76°22'8	75°33'1	74°42'8	73°53'9	73°4'6	72°15'7	71°27'4	70°39'6	69°54'3	60
59	83°16'1	82°24'8	81°27'7	80°32'8	79°39'4	78°46'2	77°54'4	77°2'	76°10'1	75°19'5	74°27'4	73°37'9	72°48'8	71°59'2	71°11'2	70°22'7	69°35'8	59
58	83°9'2	82°13'9	81°18'8	80°24'1	79°29'7	78°35'6	77°42'	76°48'7	75°56'9	75°4'5	74°12'7	73°22'3	72°31'5	71°43'2	70°53'5	70°4'3	69°16'7	58
57	83°2'	82°5'7	81°9'7	80°14'	79°18'7	78°24'7	77°30'4	76°36'	75°42'3	74°50'1	73°57'5	73°6'3	72°14'7	71°25'7	70°35'2	69°45'3	68°58'4	57
56	82°54'7	81°57'4	81°0'3	80°3'6	79°7'3	78°12'4	77°16'9	76°22'9	75°28'3	74°34'2	73°40'7	72°49'7	71°57'4	71°7'5	70°16'4	69°25'8	68°37'9	56
55	82°47'1	81°48'7	80°50'6	79°52'9	78°56'6	77°59'7	77°3'2	76°8'3	75°12'8	74°18'6	73°24'5	72°31'6	71°39'4	70°48'9	69°56'9	69°5'7	68°17'	55
54	82°39'3	81°39'8	80°40'6	79°41'9	78°44'5	77°47'6	76°50'1	75°53'2	74°57'8	74°2'9	73°7'6	72°14'	71°21'	70°29'6	69°36'9	68°45'9	67°55'5	54
53	82°31'2	81°30'6	80°30'3	79°30'5	78°32'	77°34'	76°35'6	75°38'6	74°42'3	73°46'5	72°50'3	71°55'7	71°1'8	70°9'7	69°16'2	68°24'4	67°33'4	53
52	82°22'8	81°21'	80°19'7	79°18'6	78°19'1	77°20'	76°21'5	75°22'5	74°25'1	73°28'4	72°32'3	71°36'8	70°42'1	69°49'1	68°55'8	68°3'3	67°11'5	52
51	82°13'2	81°11'2	80°8'6	79°7'4	78°5'7	77°5'6	76°6'7	75°6'9	74°8'5	73°10'7	72°13'7	71°17'3	70°21'7	69°27'8	68°33'7	67°41'4	66°48'9	51
50	82°4'3	81°1'	79°57'2	78°54'8	77°51'9	76°51'6	75°49'8	74°49'7	73°50'2	72°52'4	71°53'4	70°57'1	70°0'5	69°5'8	68°11'8	67°17'7		
49	81°55'1	80°50'5	79°45'3	78°41'7	77°37'6	76°36'	75°33'1	74°32'9	73°32'3	72°32'5	71°33'4	70°36'1	69°38'6	68°43'	67°48'2	66°54'3		
48	81°44'5	80°39'5	79°33'1	78°28'1	77°23'7	76°19'9	75°16'8	74°14'4	73°12'7	72°12'8	71°12'7	70°14'4	69°16'	68°20'4	67°24'7	66°30'		
47	81°34'5	80°28'2	79°20'3	78°14'	77°8'3	76°3'2	74°59'9	73°55'3	72°53'4	71°52'4	70°51'2	69°51'9	68°53'4	67°56'	66°59'4	66°3'8		
46	81°24'2	80°16'4	79°7'1	77°59'4	76°52'3	75°45'9	74°41'3	73°36'4	72°33'4	71°30'2	70°28'9	69°28'5	68°29'1	67°30'6	66°34'2	65°37'7		
45	81°12'5	80°3'1	78°53'3	77°44'1	76°35'6	75°27'9	74°21'9	73°15'8	72°11'5	71°8'2	70°4'7	69°5'3	68°3'8	67°5'4	66°7'	65°9'7		
44	81°1'3	79°49'4	78°39'	77°27'3	76°18'4	75°9'2	74°1'8	72°55'3	71°48'8	70°44'2	69°41'6	68°40'	67°38'5	66°38'1	65°39'8	64°41'6		
43	80°48'7	79°35'1	78°24'1	77°10'8	76°0'3	74°50'7	73°40'9	72°34'1	71°26'2	70°20'3	69°16'5	68°13'9	67°11'3	66°9'8	65°11'5			
42	80°35'6	79°21'3	78°8'6	76°53'7	75°40'6	74°30'4	73°20'1	72°10'8	71°2'6	69°55'5	68°50'5	67°46'6	66°42'9	65°40'4	64°42'2			
41	80°22'	79°6'8	78°52'4	76°35'8	75°21'	74°9'2	72°57'4	71°46'7	70°38'	69°28'6	68°23'3	67°18'2	66°13'4	65°10'9	64°11'7			
40	80°8'8	78°50'8	77°34'4	76°17'	75°0'6	73°47'1	72°33'7	71°22'5	70°11'4	69°1'6	67°55'	66°48'7	65°43'7	64°40'1	63°39'9			
39	79°54'	78°33'9	77°15'7	75°56'5	74°39'2	73°24'	72°9'	70°56'2	69°44'6	68°34'4	67°25'4	66°17'9	65°11'8	64°8'1	63°5'8			
38	79°38'6	78°16'4	76°56'2	75°36'	74°16'9	72°59'9	71°44'1	70°29'7	69°16'6	68°4'9	66°55'6	65°46'8	64°39'5	63°33'2				
37	79°22'5	77°58'1	76°35'8	75°13'6	73°53'4	72°34'6	71°17'1	70°1'	68°46'3	67°34'1	66°23'4	65°13'3	64°5'8	62°59'8				
36	79°5'6	77°38'9	76°14'4	74°51'	73°28'9	72°7'2	70°48'8	69°31'9	68°14'6	67°1'9	65°49'8	64°39'3	63°30'5	62°24'5				
35	78°47'8	77°18'8	75°52'	74°26'4	73°2'2	71°39'4	70°19'1	69°0'5	67°42'5	66°28'2	65°15'6	64°3'8	62°53'7	61°46'5				
34	78°28'2	76°57'7	75°28'4	74°0'5	72°34'1	71°10'2	69°48'	68°27'5	67°8'7	65°52'8	64°38'7	63°26'5	62°16'2	61°6'8				
33	78°7'6	76°35'5	75°3'7	73°33'3	72°5'6	70°39'6	69°15'3	67°53'9	66°33'3	65°16'7	64°1'1	62°47'5	61°35'9					
32	77°47'	76°12'1	74°37'6	73°5'7	71°35'6	70°7'3	68°40'9	67°17'4	65°57'1	64°38'8	63°20'6	62°5'6	60°54'7					
31	77°24'3	75°46'4	74°10'1	72°35'6	71°2'9	69°33'2	68°4'6	66°40'1	65°17'9	63°57'9	62°39'1	61°23'6	60°12'5					
30	77°0'2	75°19'3	73°41'	72°3'7	70°29'4	68°57'3	67°27'4	65°59'9	64°36'6	63°15'8	61°56'5	60°38'6						
29	76°34'9	74°50'6	73°10'3	71°30'	69°54'	68°19'3	66°47'1	65°17'3	63°54'1	62°30'8	61°10'5							
28	76°7'	74°20'3	72°37'7	70°54'3	69°15'5	67°39'1	66°5'4	65°33'5	63°8'2	61°43'8	60°22'2							
27	75°38'5	73°48'1	72°2'	70°16'5	68°34'6	66°56'5	65°21'3	63°48'	62°20'8	60°56'5								
26	75°7'1	73°13'8	71°24'1	69°36'2	67°51'2	66°11'3	64°33'4	62°59'8	61°31'4									
25	74°34'7	72°37'3	70°43'8	68°53'3	67°6'	65°23'1	63°43'6	62°8'6	60°37'1									
24	73°59'1	71°58'3	70°0'7	68°7'5	66°17'9	64°32'9	62°50'6	61°14'2										
23	73°21'	71°15'5	69°14'7	67°18'5	65°26'3	63°38'2	61°55'2											
22	72°39'	70°29'6	68°25'2	66°25'	64°31'2	62°40'8	60°55'9											
21	71°53'9	69°40'3	67°32'1	65°28'6	63°31'9	61°39'2												
20	71°5'2	68°47'	66°34'8	64°27'8	62°28'2													
19	70°12'5	67°49'3	65°32'3	63°22'2	61°19'6													
18	69°14'1	66°46'6	64°26'6	62°12'2														
17	68°10'5	65°38'3	63°14'5															
16	67°0'9	64°23'6	61°55'7															
15	65°44'2	63°0'5																
14	64°18'5																	
13	62°44'4																	

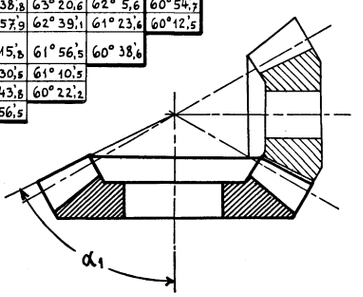


Abb. 54.

Außenwinkel des Rades:

$$\sphericalangle \alpha_1 = \sphericalangle \delta_1 + \sphericalangle \beta_1.$$

halb als erheblich leistungsfähiger anzusehen, ohne daß ich diesem Umstand die größte und an erster Stelle stehende Bedeutung zusprechen möchte.

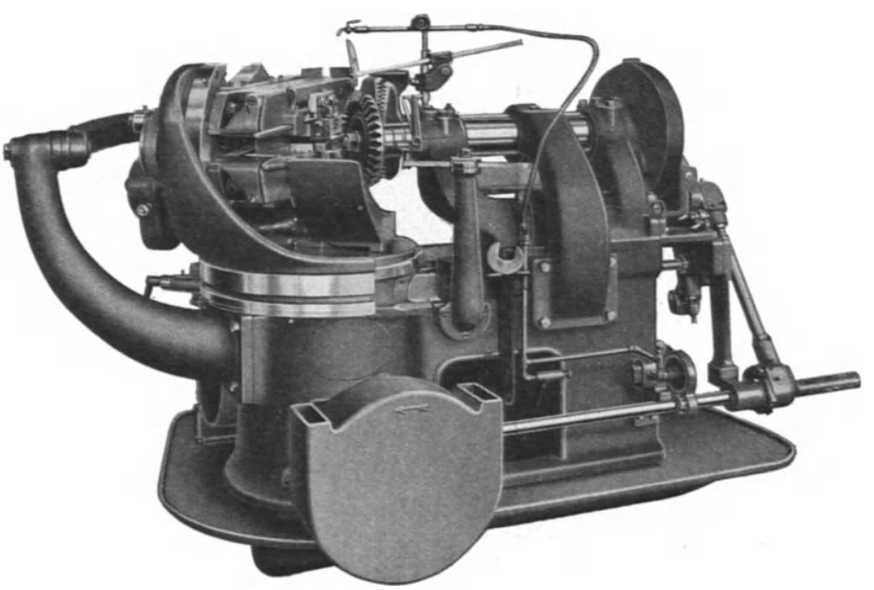


Abb. 55.
Gleason-Kegelrad-Abwälz-Hobelautomat für geradzahnige Kegelräder, mit 2 Stählen beide Zahnflanken gleichzeitig bearbeitend.

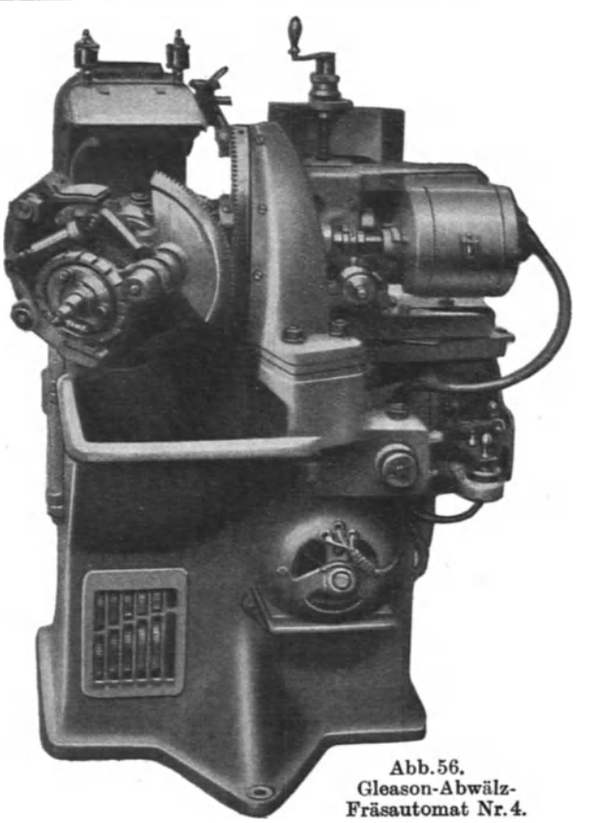


Abb. 56.
Gleason-Abwälz-Fräsautomat Nr. 4.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1 = Zähnezahl des Rades:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	10°24'12	11°17'12	12° 9'7	13° 3'	13°54'9	14°46'5	15°37'6	16°28'3	17°18'6	18° 7'4	18°56'7	19°44'5	20°32'8	21°20'5	22° 7'7	22°54'4	23°38'5	60
59	10° 34'7	11°28'5	12° 22'	13°16'2	14° 9'	15° 1'3	15°52'3	16°43'8	17°34'8	18°24'3	19°15'4	20° 3'9	20°51'9	21°40'3	22°27'1	23°14'4	24° 0'	59
58	10°45'6	11°40'3	12° 34'7	13°28'7	14°22'4	15°15'6	16° 8'4	17° 0'7	17°51'6	18°42'9	19°33'7	20°22'9	21°12'6	21°59'6	22°48'1	23°36'	24°22'3	58
57	10°56'8	11°52'5	12° 47'8	13°42'8	14°37'3	15°30'4	16°24'1	17°17'2	18° 9'9	19° 1'	19°52'5	20°42'5	21°32'9	22°20'6	23° 9'8	23°58'3	24°44'1	57
56	11° 8'3	12° 5'	13° 1'3	13°57'2	14°52'7	15°46'7	16°41'2	17°34'3	18°27'7	19°20'6	20°13'1	21° 2'7	21°53'8	22°42'3	23°32'1	24°21'2	25° 7'7	56
55	11° 20'2	12° 17'9	13° 15'2	14°12'1	15° 7'6	16° 3'5	16°59'	17°52'9	18°47'2	19°39'9	20°33'1	21°24'6	22°15'4	23° 4'6	23°55'1	24°44'9	25°32'	55
54	11° 32'5	12° 31'2	13° 29'6	14° 27'5	15° 4'	16° 19'9	17°16'3	18° 12'1	19° 6'3	19°59'9	20°53'8	21°46'1	22° 37'7	23°27'6	24°18'9	25° 8'3	25°57'1	54
53	11° 45'2	12°45'1	13° 44'5	14° 43'5	15° 40'9	16° 37'8	17° 35'2	18° 30'9	19° 26'	20° 20'5	21° 15'3	22° 8'4	23° 0'8	23°51'4	24°43'4	25°33'5	26° 22'9	53
52	11° 58'4	12° 59'4	13° 59'9	15° 0'	15° 58'5	16° 56'4	17° 53'7	18° 51'4	19° 47'5	20° 42'8	21° 37'5	22° 31'4	23° 24'6	24° 16'	25° 7'6	25° 58'5	26° 48'5	52
51	12° 13'	13° 14'2	14° 15'8	15° 16'	16° 16'6	17° 15'6	18° 14'	19° 11'6	20° 8'7	21° 4'9	22° 0'5	22° 55'2	23° 49'2	24° 41'4	25° 33'8	26° 24'3	27° 15'	51
50	12° 27'1	13° 29'5	14° 32'4	15° 33'7	16° 35'4	17° 34'5	18° 34'9	19° 33'6	20° 31'6	21° 27'8	22° 25'2	23° 19'9	24° 14'7	25° 7'7	25° 59'8	26° 52'		50
49	12° 41'8	13° 45'4	14° 49'5	15° 52'	16° 54'9	17° 55'1	18° 56'6	19° 55'3	20° 54'3	21° 52'5	22° 49'9	23° 45'4	24° 41'1	25° 34'8	26° 27'7	27° 19'7		49
48	12° 57'9	14° 1'9	15° 7'3	16° 14'	17° 14'1	18° 16'4	19° 18'	20° 18'9	21° 18'9	22° 17'1	23° 15'4	24° 11'8	25° 8'4	26° 1'9	26° 55'6	27° 48'2		48
47	13° 13'7	14° 19'	15° 25'7	16° 30'7	17° 35'	18° 38'6	19° 40'3	20° 43'3	21° 43'4	22° 42'6	23° 41'9	24° 39'2	25° 35'6	26° 31'	27° 25'4	28° 18'8		47
46	13° 30'1	14° 36'8	15° 44'9	16° 51'2	17° 56'8	19° 1'6	20° 4'6	21° 7'6	22° 8'8	23° 10'1	24° 9'3	25° 7'6	26° 4'9	27° 1'2	27° 55'8	28° 49'5		46
45	13° 48'2	14° 56'3	16° 4'8	17° 12'5	18° 19'4	19° 25'5	20° 29'7	21° 34'	22° 36'3	23° 37'6	24° 38'9	25° 36'1	26° 35'3	27° 31'4	28° 27'4	29° 22'3		45
44	14° 5'9	15° 16'6	16° 25'5	17° 35'7	18° 43'	19° 50'4	20° 55'8	22° 0'3	23° 4'8	24° 7'2	25° 7'5	26° 6'7	27° 5'8	28° 3'8	28° 59'6	29° 55'2		44
43	14° 25'4	15° 37'7	16° 47'1	17° 58'8	19° 7'5	20° 15'2	21° 23'	22° 27'7	23° 33'4	24° 36'9	25° 38'3	26° 38'5	27° 38'5	28° 37'4	29° 33'			43
42	14° 45'8	15° 58'6	17° 9'7	18° 22'8	19° 34'	20° 42'2	21° 50'3	22° 57'3	24° 3'2	25° 7'8	26° 10'3	27° 11'5	28° 12'5	29° 12'2	30° 7'7			42
41	15° 6'9	16° 20'5	17° 33'2	18° 48'	20° 0'7	21° 10'3	22° 19'8	23° 28'1	24° 34'2	25° 41'	26° 43'6	27° 45'9	28° 47'8	29° 47'5	30° 43'7			41
40	15° 28'	16° 44'4	17° 58'8	19° 14'2	20° 28'5	21° 39'6	22° 50'5	23° 59'2	25° 7'6	26° 14'6	27° 18'3	28° 21'6	29° 23'5	30° 24'1	31° 21'2			40
39	15° 51'1	17° 9'3	18° 25'5	19° 42'6	20° 57'5	22° 10'2	23° 22'6	24° 32'7	25° 41'4	26° 48'6	27° 54'5	28° 58'9	30° 1'8	31° 2'2	32° 1'1			39
38	16° 15'2	17° 35'4	18° 53'4	20° 11'3	21° 27'9	22° 42'2	23° 55'1	25° 6'6	26° 16'6	27° 25'2	28° 31'2	29° 36'6	30° 40'5	31° 42'8				38
37	16° 40'5	18° 2'7	19° 22'7	20° 42'4	21° 59'8	23° 15'7	24° 30'2	25° 43'1	26° 54'5	28° 3'3	29° 10'5	30° 17'1	31° 20'9	32° 23'2				37
36	17° 7'	18° 31'3	19° 53'3	21° 13'9	22° 33'1	23° 51'8	25° 6'9	26° 20'3	27° 34'1	28° 43'2	29° 51'6	30° 58'2	32° 3'1	33° 5'2				36
35	17° 34'8	19° 1'3	20° 25'4	21° 48'	23° 9'1	24° 28'6	25° 45'3	27° 0'3	28° 14'5	29° 24'9	30° 33'6	31° 41'2	32° 47'1	33° 50'1				35
34	18° 5'1	19° 32'9	20° 59'2	22° 23'9	23° 46'9	25° 7'2	26° 25'6	27° 42'2	28° 56'9	30° 8'6	31° 18'4	32° 26'2	33° 32'1	34° 37'				34
33	18° 36'9	20° 6'1	21° 34'7	23° 1'5	24° 25'6	25° 47'7	27° 7'9	28° 25'1	29° 41'3	30° 53'3	32° 4'4	33° 13'3	34° 20'1					33
32	19° 9'4	20° 41'1	22° 12'1	23° 40'2	25° 6'3	26° 30'4	27° 52'4	29° 11'2	30° 26'9	31° 40'3	32° 53'6	34° 3'6	35° 9'3					32
31	19° 44'7	21° 19'1	22° 51'5	24° 22'	25° 50'3	27° 15'4	28° 39'2	29° 58'7	31° 15'8	32° 30'7	33° 44'1	34° 54'2	35° 59'9					31
30	20° 22'	21° 59'2	23° 33'2	25° 6'1	26° 35'6	28° 2'7	29° 27'5	30° 49'7	32° 7'3	33° 22'5	34° 36'1	35° 48'3						30
29	21° 1'5	22° 41'6	24° 17'3	25° 52'7	27° 23'6	28° 52'8	30° 19'4	31° 43'3	33° 0'5	34° 18'1	35° 31'9							29
28	21° 44'4	23° 26'5	25° 4'1	26° 42'1	28° 15'3	29° 45'7	31° 13'2	32° 38'9	33° 57'6	35° 15'4	36° 30'4							28
27	22° 29'	24° 14'3	25° 54'8	27° 34'5	29° 10'1	30° 41'7	32° 10'2	33° 36'6	34° 56'8	36° 14'								27
26	23° 17'5	25° 5'1	26° 48'6	28° 30'1	30° 8'2	31° 41'1	33° 11'5	34° 37'6	35° 58'4									26
25	24° 8'1	25° 59'2	27° 46'	29° 29'3	31° 9'	32° 44'1	34° 15'5	35° 42'3	37° 5'5									25
24	25° 3'3	26° 57'1	28° 47'1	30° 32'3	32° 13'7	33° 50'	35° 23'4	36° 50'8										24
23	26° 2'4	28° 0'	29° 52'5	31° 39'7	33° 22'7	35° 1'3	36° 34'6											23
22	27° 7'	29° 7'5	31° 2'5	32° 52'8	34° 36'4	36° 16'3	37° 50'4											22
21	28° 16'4	30° 20'1	32° 17'7	34° 10'1	35° 55'3	37° 36'3												21
20	29° 31'4	31° 38'3	33° 38'6	35° 33'1	37° 49'9													20
19	30° 52'5	33° 2'8	35° 5'8	37° 2'4	38° 50'7													19
18	32° 21'6	34° 34'4	36° 39'2	38° 27'7														18
17	33° 58'6	36° 14'	38° 20'3															17
16	35° 44'7	38° 2'5	40° 10'4															16
15	37° 40'9	40° 2'2																15
14	39° 49'9																	14
13	42° 11'3																	13

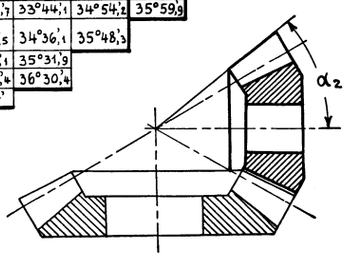


Abb. 57.

Außenwinkel des Triebes:

$$\sphericalangle \alpha_2 = \sphericalangle \delta_2 + \sphericalangle \beta_2 .$$

Zeit und Werkzeuge sparend, die Verzahnungsmaschinen schonend und dadurch genauere Arbeit erzielend ist es, wenn man die Kegelradkörper auf geeigneten Maschinen vorarbeitet, indem die Zahnlücken bis auf eine kleine Zugabe vorgefräst werden.

Nebenstehende Abb. 58 zeigt eine Maschine für diese Zwecke.

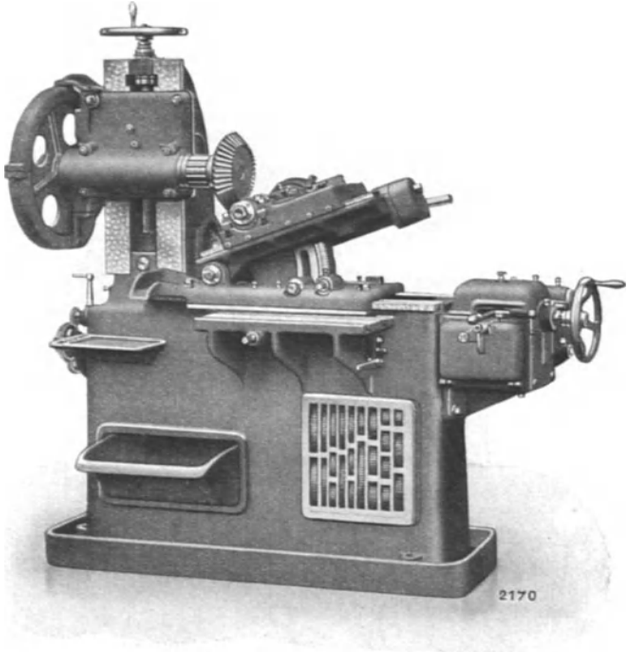


Abb. 58. Reineckers automatische Kegelrad-Vorfräsmaschine Nr. 0.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
60	0,516	0,541	0,566	0,583	0,608	0,634	0,659	0,6849	0,711	0,746	0,772	0,808	0,834	0,861	0,888	0,916	0,962	60
59	0,5147	0,540	0,564	0,581	0,606	0,631	0,6647	0,690	0,7153	0,750	0,766	0,801	0,837	0,863	0,899	0,926	0,963	59
58	0,514	0,539	0,563	0,588	0,612	0,637	0,661	0,686	0,720	0,7449	0,770	0,8046	0,830	0,874	0,901	0,927	0,963	58
57	0,514	0,538	0,562	0 586	0,610	0,643	0,667	0,691	0,716	0,749	0,774	0,808	0,833	0,876	0,902	0,928	0,973	57
56	0,514	0,538	0,561	0,5847	0,608	0,640	0,664	0,696	0,720	0,744	0,769	0,811	0,836	0,878	0,904	0,930	0,973	56
55	0,5146	0,538	0,561	0,584	0,6149	0,638	0,661	0,693	0,716	0,749	0,773	0,8052	0,838	0,880	0,9054	0,931	0,974	55
54	0,5153	0,538	0,560	0,583	0,613	0,644	0,667	0,690	0,721	0,753	0,776	0,808	0,841	0,882	0,907	0,940	0,974	54
53	0,516	0,538	0,560	0,582	0,612	0,642	0,6648	0,6953	0,726	0,757	0,780	0,811	0,843	0,884	0,908	0,941	0,9746	53
52	0,517	0,539	0,561	0,582	0,611	0,641	0,671	0,693	0,723	0,753	0,784	0,8146	0,846	0,886	0,918	0,950	0,983	52
51	0,512	0,540	0,561	0,590	0,611	0,640	0,669	0,698	0,728	0,757	0,787	0,818	0,848	0,888	0,919	0,959	0,992	51
50	0,514	0,541	0,562	0,590	0,611	0,646	0,667	0,696	0,7248	0,762	0,783	0,821	0,851	0,889	0,928	0,960		
49	0,516	0,543	0,563	0,591	0,611	0,646	0,666	0,702	0,730	0,758	0,787	0,824	0,854	0,891	0,930	0,969		
48	0,511	0,5449	0,5645	0,591	0,618	0,6452	0,672	0,700	0,727	0,763	0,791	0,827	0,856	0,901	0,938	0,977		
47	0,514	0,547	0,566	0,592	0,619	0,6450	0,679	0,698	0,732	0,767	0,7947	0,830	0,866	0,903	0,940	0,977		
46	0,517	0,550	0,568	0,594	0,619	0,6450	0,678	0,704	0,738	0,764	0,799	0,833	0,869	0,904	0,948	0,9850		
45	0,514	0,546	0,570	0,5953	0,620	0,6453	0,677	0,703	0,736	0,769	0,7953	0,844	0,871	0,913	0,949	0,9853		
44	0,518	0,542	0,573	0,591	0,621	0,646	0,677	0,709	0,734	0,766	0,806	0,846	0,880	0,9148	0,957	0,993		
43	0,516	0,539	0,576	0,593	0,623	0,653	0,677	0,7148	0,739	0,771	0,810	0,849	0,883	0,916	0,9648			
42	0,514	0,543	0,579	0,5953	0,618	0,654	0,684	0,7142	0,7447	0,776	0,814	0,852	0,8848	0,918	0,972			
41	0,513	0,548	0,582	0,598	0,620	0,6554	0,684	0,714	0,750	0,774	0,817	0,8551	0,887	0,926	0,980			
40	0,519	0,546	0,580	0,601	0,623	0,657	0,6851	0,720	0,749	0,778	0,821	0,858	0,8857	0,934	0,987			
39	0,519	0,5452	0,578	0,599	0,626	0,659	0,686	0,720	0,754	0,789	0,8247	0,861	0,898	0,942	0,987			
38	0,519	0,5449	0,576	0,602	0,628	0,661	0,693	0,726	0,760	0,794	0,8346	0,870	0,906	0,943				
37	0,520	0,5451	0,576	0,601	0,632	0,663	0,694	0,727	0,759	0,798	0,838	0,873	0,914	0,957				
36	0,522	0,546	0,5753	0,6051	0,6350	0,660	0,696	0,733	0,759	0,803	0,842	0,881	0,922	0,970				
35	0,524	0,547	0,576	0,604	0,633	0,663	0,698	0,734	0,764	0,807	0,851	0,890	0,929	0,976				
34	0,522	0,549	0,576	0,604	0,632	0,666	0,700	0,7346	0,770	0,812	0,854	0,898	0,942	0,982				
33	0,520	0,551	0,578	0,604	0,637	0,669	0,702	0,741	0,7754	0,821	0,863	0,9056	0,949					
32	0,524	0,554	0,580	0,610	0,641	0,673	0,7047	0,742	0,786	0,831	0,866	0,908	0,961					
31	0,524	0,553	0,582	0,612	0,641	0,677	0,707	0,749	0,791	0,8350	0,8745	0,920	0,978					
30	0,5246	0,552	0,5850	0,613	0,647	0,681	0,7152	0,751	0,797	0,844	0,888	0,927						
29	0,526	0,553	0,588	0,6155	0,652	0,6848	0,718	0,752	0,807	0,848	0,8954							
28	0,524	0,554	0,592	0,618	0,653	0,689	0,726	0,759	0,812	0,857	0,903							
27	0,528	0,556	0,593	0,621	0,6551	0,694	0,734	0,770	0,821	0,874								
26	0,528	0,558	0,593	0,6251	0,657	0,699	0,737	0,781	0,8351									
25	0,533	0,562	0,5952	0,629	0,664	0,704	0,7448	0,791	0,840									
24	0,5346	0,566	0,598	0,634	0,671	0,713	0,753	0,802										
23	0,538	0,567	0,601	0,639	0,678	0,718	0,764											
22	0,538	0,569	0,6046	0,641	0,6851	0,727	0,7752											
21	0,540	0,573	0,609	0,647	0,692	0,736												
20	0,543	0,577	0,614	0,653	0,700													
19	0,548	0,582	0,620	0,660	0,707													
18	0,550	0,588	0,629	0,670														
17	0,554	0,594	0,639															
16	0,560	0,602	0,649															
15	0,566	0,607																
14	0,571																	
13	0,580																	

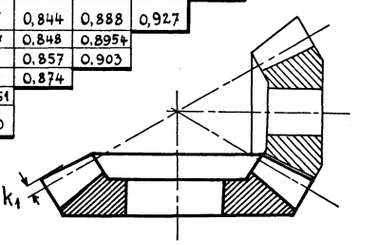


Abb. 59.

Zahnkopfhöhe des Rades:

$$k_1 = e \cdot \operatorname{tg} \beta_1 .$$

Der Wert k_1 ist in der Zeichnung bis auf Hundertstel-Millimeter abzurunden!

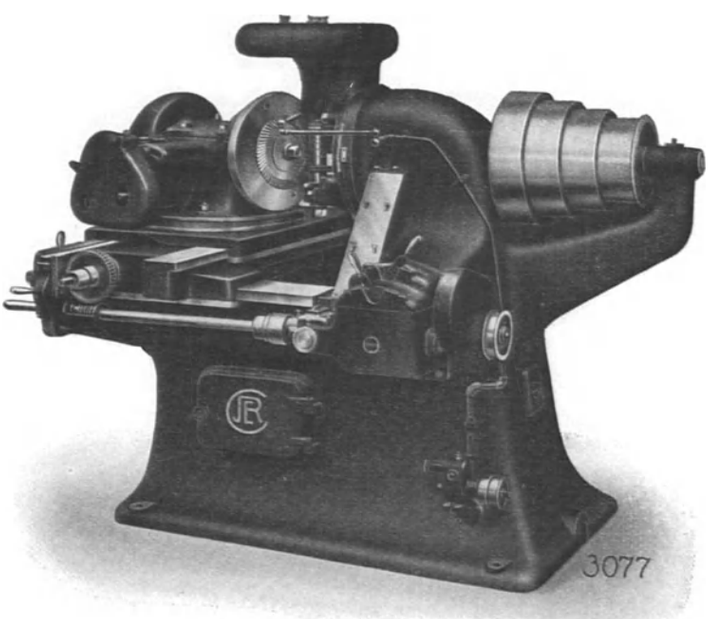


Abb. 60. Reineckers automatische Kegelrad-Vorfräsmaschine nach dem Abwälzverfahren.

Noch vorteilhafter ist die nebenstehend abgebildete automatische Kegelrad-Vorfräsmaschine der gleichen Firma (Abb. 60). Nach dem Abwälzverfahren arbeitend, ermöglicht diese ein sehr weitgehendes Vorarbeiten der Lücke, wodurch die präziser, aber naturgemäß langsamer arbeitende Abwälzhobelmaschine sehr entlastet wird.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1 = Zähnezahl des Rades:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	1,4851	1,460	1,434	1,418	1,392	1,367	1,341	1,3153	1,289	1,254	1,228	1,192	1,166	1,139	1,112	1,084	1,038	60
59	1,486	1,461	1,436	1,420	1,3947	1,370	1,336	1,310	1,2849	1,250	1,234	1,199	1,163	1,137	1,101	1,074	1,037	59
58	1,486	1,462	1,437	1,413	1,388	1,364	1,339	1,314	1,280	1,2553	1,230	1,196	1,170	1,126	1,099	1,073	1,037	58
57	1,486	1,462	1,439	1,414	1,390	1,358	1,333	1,309	1,2845	1,251	1,226	1,192	1,167	1,124	1,098	1,072	1,027	57
56	1,486	1,463	1,439	1,416	1,392	1,360	1,336	1,304	1,280	1,256	1,231	1,189	1,1646	1,122	1,096	1,071	1,027	56
55	1,486	1,463	1,440	1,417	1,3855	1,362	1,339	1,307	1,284	1,252	1,228	1,1950	1,162	1,120	1,0948	1,069	1,026	55
54	1,4854	1,463	1,440	1,418	1,387	1,356	1,333	1,310	1,279	1,247	1,224	1,192	1,159	1,118	1,093	1,060	1,026	54
53	1,484	1,462	1,440	1,418	1,388	1,358	1,3355	1,3050	1,274	1,243	1,220	1,189	1,157	1,116	1,092	1,059	1,0255	53
52	1,483	1,462	1,440	1,418	1,389	1,359	1,330	1,308	1,277	1,247	1,217	1,1855	1,154	1,114	1,082	1,050	1,017	52
51	1,489	1,461	1,439	1,411	1,389	1,360	1,331	1,302	1,273	1,243	1,213	1,182	1,152	1,112	1,081	1,041	1,008	51
50	1,487	1,459	1,439	1,410	1,390	1,354	1,333	1,304	1,2754	1,239	1,217	1,179	1,149	1,111	1,072	1,040		
49	1,4851	1,458	1,438	1,410	1,390	1,3547	1,334	1,299	1,270	1,242	1,213	1,176	1,146	1,109	1,070	1,032		
48	1,490	1,456	1,436	1,409	1,382	1,3552	1,328	1,301	1,273	1,237	1,209	1,173	1,144	1,099	1,062	1,023		
47	1,487	1,454	1,434	1,408	1,382	1,3555	1,322	1,302	1,268	1,233	1,2053	1,170	1,134	1,098	1,061	1,023		
46	1,484	1,451	1,432	1,407	1,381	1,3554	1,323	1,296	1,263	1,236	1,202	1,167	1,132	1,096	1,052	1,0150		
45	1,487	1,4552	1,430	1,4054	1,380	1,3552	1,323	1,297	1,2646	1,231	1,2049	1,157	1,129	1,087	1,051	1,0148		
44	1,483	1,459	1,428	1,410	1,379	1,3546	1,323	1,291	1,266	1,234	1,194	1,154	1,120	1,0853	1,043	1,007		
43	1,4850	1,462	1,4251	1,408	1,378	1,347	1,323	1,286	1,261	1,229	1,190	1,151	1,118	1,084	1,0352			
42	1,487	1,458	1,422	1,4054	1,382	1,346	1,316	1,286	1,256	1,2246	1,186	1,148	1,1153	1,082	1,028			
41	1,488	1,453	1,419	1,403	1,380	1,3451	1,316	1,287	1,250	1,227	1,183	1,1449	1,113	1,074	1,020			
40	1,482	1,4549	1,421	1,400	1,378	1,344	1,315	1,280	1,251	1,222	1,179	1,142	1,104	1,066	1,013			
39	1,482	1,4553	1,423	1,402	1,3752	1,342	1,314	1,280	1,246	1,211	1,1754	1,139	1,102	1,058	1,013			
38	1,482	1,456	1,4246	1,398	1,372	1,340	1,307	1,274	1,241	1,206	1,1656	1,130	1,094	1,057				
37	1,481	1,456	1,4254	1,400	1,369	1,338	1,306	1,274	1,241	1,202	1,162	1,127	1,086	1,043				
36	1,480	1,4553	1,426	1,396	1,366	1,341	1,304	1,267	1,241	1,197	1,159	1,119	1,078	1,030				
35	1,477	1,454	1,4255	1,397	1,367	1,338	1,303	1,267	1,236	1,193	1,149	1,110	1,071	1,024				
34	1,480	1,452	1,4247	1,397	1,369	1,3349	1,301	1,266	1,230	1,189	1,146	1,102	1,058	1,017				
33	1,482	1,450	1,423	1,396	1,364	1,332	1,298	1,259	1,2248	1,179	1,137	1,094	1,051					
32	1,478	1,447	1,422	1,391	1,360	1,328	1,296	1,258	1,214	1,169	1,134	1,092	1,039					
31	1,478	1,449	1,419	1,390	1,360	1,324	1,293	1,251	1,209	1,1652	1,126	1,080	1,022					
30	1,477	1,449	1,416	1,388	1,354	1,320	1,2855	1,250	1,204	1,156	1,112	1,073						
29	1,476	1,449	1,413	1,386	1,349	1,316	1,282	1,248	1,194	1,152	1,1046							
28	1,478	1,448	1,409	1,383	1,348	1,312	1,2746	1,241	1,189	1,144	1,097							
27	1,4747	1,446	1,409	1,380	1,346	1,307	1,267	1,230	1,179	1,126								
26	1,4748	1,444	1,408	1,376	1,344	1,302	1,264	1,219	1,1651									
25	1,470	1,440	1,407	1,372	1,337	1,297	1,256	1,209	1,161									
24	1,468	1,436	1,404	1,368	1,330	1,288	1,248	1,199										
23	1,4652	1,4353	1,401	1,363	1,323	1,283	1,237											
22	1,4648	1,433	1,398	1,361	1,316	1,273	1,2254											
21	1,463	1,430	1,393	1,3552	1,309	1,264												
20	1,460	1,426	1,388	1,349	1,301													
19	1,456	1,421	1,383	1,342	1,294													
18	1,454	1,416	1,373	1,332														
17	1,450	1,409	1,364															
16	1,4454	1,402	1,354															
15	1,439	1,397																
14	1,434																	
13	1,426																	

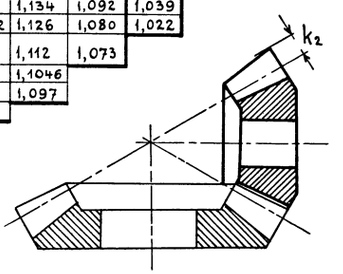


Abb. 61.

Zahnkopfhöhe des Triebes:

$$k_2 = e \cdot \operatorname{tg} \beta_2 .$$

Der Werk k_2 ist in der Zeichnung bis auf Hundertstel-Millimeter abzurunden!

Eine noch größere Leistungsfähigkeit besitzt der in Abb. 62 vorgeführte 3spindlige Gleason-Vorfräs-Automat für geradflankige Räder.

Für das Vorfräsen der Gleason-Spiralkegelräder dienen ähnliche Maschinen wie zum Fertigfräsen, dieselben sind nur ihrem Zweck entsprechend noch robuster gebaut.

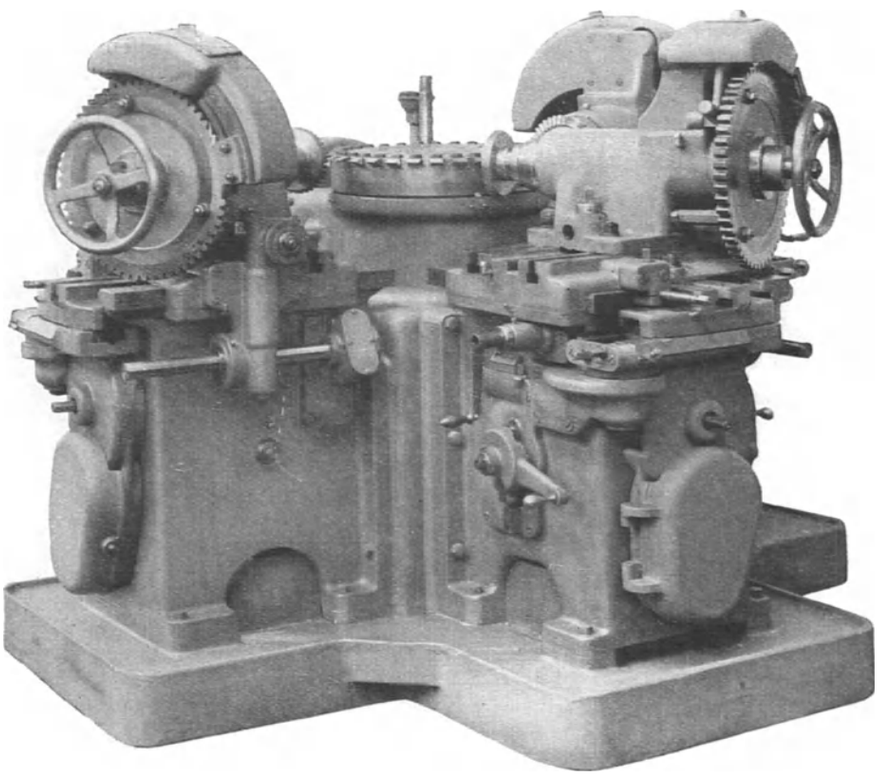


Abb. 62. Gleason-Vorfräsautomat Nr. 16 für geradflankige Kegelräder.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes :

z_1 = Zähnezahl des Rades :	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	30,308	30,377	30,454	30,539	30,632	30,732	30,841	30,957	31,081	31,211	31,350	31,496	31,649	31,809	31,977	32,151	32,332	60
59	29,813	29,883	29,961	30,048	30,142	30,2445	30,354	30,472	30,598	30,731	30,872	31,020	31,1754	31,338	31,508	31,6849	31,868	59
58	29,319	29,390	29,469	29,557	29,653	29,757	29,869	29,989	30,116	30,252	30,3946	30,5449	30,703	30,868	31,040	31,220	31,406	58
57	28,824	28,897	28,977	29,067	29,164	29,269	29,383	29,5051	29,6350	29,772	29,918	30,071	30,231	30,398	30,574	30,756	30,9447	57
56	28,330	28,404	28,486	28,577	28,676	28,783	28,899	29,022	29,154	29,294	29,442	29,597	29,760	29,930	30,108	30,293	30,4848	56
55	27,836	27,911	27,9945	28,087	28,187	28,297	28,4146	28,540	28,6746	28,817	28,967	29,1245	29,290	29,463	29,644	29,832	30,026	55
54	27,342	27,418	27,504	27,598	27,700	27,811	27,931	28,059	28,1952	28,340	28,492	28,653	28,821	28,996	29,180	29,371	29,569	54
53	26,848	26,926	27,013	27,109	27,213	27,326	27,448	27,578	27,717	27,863	28,019	28,182	28,353	28,531	28,718	28,912	29,113	53
52	26,3549	26,434	26,523	26,620	26,726	26,841	26,9650	27,098	27,239	27,389	27,546	27,712	27,886	28,068	28,257	28,454	28,658	52
51	25,862	25,942	26,033	26,132	26,240	26,357	26,483	26,618	26,762	26,914	27,0746	27,244	27,420	27,6048	27,798	27,997	28,2052	51
50	25,369	25,451	25,543	25,644	25,754	25,873	26,002	26,140	26,286	26,441	26,6045	26,776	26,956	27,144	27,339	27,543		
49	24,876	24,960	25,054	25,157	25,269	25,391	25,522	25,662	25,811	25,969	26,1350	26,310	26,493	26,684	26,883	27,089		
48	24,3845	24,469	24,5649	24,670	24,784	24,909	25,042	25,1849	25,337	25,497	25,667	25,844	26,031	26,2249	26,427	26,638		
47	23,892	23,979	24,077	24,184	24,301	24,427	24,563	24,709	24,863	25,027	25,200	25,381	25,570	25,768	25,974	26,188		
46	23,401	23,489	23,589	23,698	23,817	23,947	24,0854	24,234	24,391	24,558	24,734	24,918	25,111	25,313	25,522	25,740		
45	22,909	23,000	23,101	23,213	23,3348	23,467	23,608	23,760	23,920	24,090	24,270	24,457	24,654	24,859	25,073	25,294		
44	22,418	22,511	22,614	22,729	22,853	22,988	23,132	23,286	23,451	23,624	23,806	23,998	24,198	24,407	24,624	24,850		
43	21,928	22,023	22,128	22,2451	22,372	22,509	22,657	22,814	22,982	23,159	23,3447	23,540	23,744	23,957	24,178			
42	21,438	21,5349	21,642	21,762	21,892	22,032	22,183	22,344	22,5145	22,6954	22,8849	23,084	23,292	23,510	23,7345			
41	20,949	21,047	21,157	21,280	21,413	21,556	21,710	21,874	22,049	22,233	22,427	22,630	22,843	23,064	23,293			
40	20,459	20,561	20,673	20,798	20,9345	21,081	21,238	21,406	21,5845	21,773	21,970	22,178	22,394	22,620	22,854			
39	19,971	20,0748	20,190	20,318	20,457	20,607	20,768	20,940	21,122	21,314	21,516	21,728	21,949	22,179	22,417			
38	19,483	19,590	19,708	19,839	19,981	20,134	20,299	20,4745	20,661	20,857	21,063	21,280	21,5054	21,740				
37	18,9954	19,1049	19,226	19,360	19,506	19,663	19,832	20,011	20,202	20,402	20,613	20,834	21,0645	21,304				
36	18,509	18,621	18,746	18,883	19,032	19,194	19,366	19,550	19,7450	19,950	20,1654	20,391	20,626	20,871				
35	18,023	18,138	18,266	18,407	18,560	18,7253	18,902	19,090	19,290	19,500	19,720	19,951	20,191	20,441				
34	17,538	17,656	17,788	17,932	18,089	18,259	18,440	18,633	18,837	19,052	19,277	19,513	19,758	20,014				
33	17,054	17,1749	17,310	17,459	17,620	17,794	17,980	18,177	18,387	18,606	18,837	19,078	19,330					
32	16,570	16,6949	16,834	16,987	17,152	17,331	17,522	17,7246	17,939	18,164	18,401	18,648	18,904					
31	16,088	16,217	16,360	16,516	16,687	16,870	17,066	17,274	17,494	17,7246	17,967	18,219	18,481					
30	15,607	15,739	15,886	16,048	16,223	16,411	16,613	16,827	17,052	17,288	17,537	17,796						
29	15,126	15,264	15,4147	15,584	15,761	15,9554	16,163	16,382	16,613	16,856	17,110							
28	14,648	14,789	14,9449	15,117	15,302	15,502	15,7148	15,941	16,178	16,427	16,688							
27	14,171	14,317	14,478	14,6548	14,846	15,051	15,270	15,503	15,746	16,002								
26	13,6952	13,846	14,012	14,1951	14,393	14,604	14,830	15,068	15,319									
25	13,221	13,377	13,550	13,738	13,942	14,160	14,393	14,638	14,896									
24	12,749	12,911	13,090	13,284	13,4950	13,720	13,960	14,213										
23	12,279	12,447	12,632	12,834	13,052	13,2845	13,531											
22	11,812	11,987	12,179	12,388	12,612	12,853	13,108											
21	11,348	11,529	11,728	11,9453	12,178	12,427												
20	10,886	11,0750	11,282	11,507	11,749													
19	10,428	10,6250	10,841	11,0748	11,3253													
18	9,9746	10,180	10,404	10,648														
17	9,5253	9,739	9,973															
16	9,081	9,3049	9,549															
15	8,643	8,878																
14	8,212																	
13	7,788																	

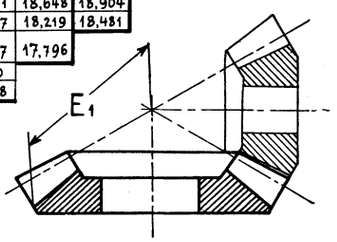


Abb. 63.

Zahnfußdistanz des Rades:

$$E_1 = \frac{e}{\cos \gamma_1}.$$

Der Wert E_1 ist in der Zeichnung bis auf Hundertstel-Millimeter abzurunden!

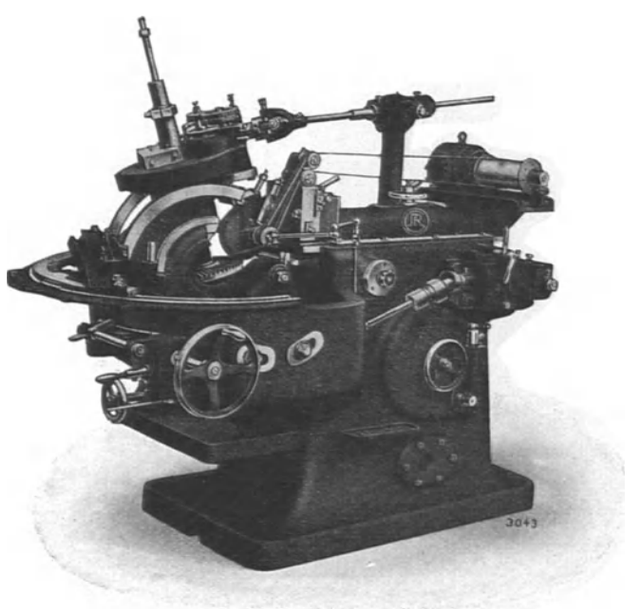


Abb. 64. Reinecker-Kegelradschleifmaschine.

Seit einigen Jahren ist auch das Problem des Schleifens der Zahnflanken gelöst worden.

Als ein Vertreter dieser Maschinen sei nachstehend die Kegelrad-Flankenschleifmaschine von J. E. Reinecker, Chemnitz, gezeigt (Abb. 64).

Selbstredend darf bei Anwendung dieser Maschine die Schleifzugabe in den Zahnflanken nicht vergessen werden.

Über das Messen und Kontrollieren der Kegelräder.

Für die Messung der Kegelraddrehkörper kommen je nach dem Genauigkeitsgrad der Durchmesser- und Längenmaße verschiedene Meßmittel zur Anwendung; gute Schublehren für die Maße in $^1/_{10}$ mm, Mikrometerlehren für die genauesten Maße, Toleranzlehren für Massenherstellung, Feinmeßwinkelmaße für die genau einzuhaltenden Winkelmaße. Auch können Fühlhebel und Hirthsche Minimeter vorteilhaft angewandt werden. Letztere sind natürlich ebensogut Kontrollmittel sowohl für genaues Rundlaufen, als auch für die Maße.

Nach dem Verzahnen kommen die Zahnstärken-schublehren und Meßmaschinen in Frage. Bei letzteren kann mit höchster Genauigkeit das Rundlaufen, die Maße der Räder, wie auch das Abrollen bei dem verlangten Achsabstand bzw. Achsenwinkel geprüft werden. Als Beispiel seien im Bild der „Parkson-Zahnräder-Prüfapparat“ (Abb. 66/67) und die Gleason-Kegelräder-Prüfmaschine gezeigt (Abb. 72)*).

*) Vertreter: Böhm & Bormann, Berlin-Tempelhof.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1 = Zähnezahl des Rades:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	30,272	30,343	30,422	30,508	30,603	30,7054	30,816	30,934	31,060	31,193	31,334	31,482	31,637	31,800	31,969	32,1455	32,329	60
59	29,777	29,849	29,929	30,017	30,113	30,217	30,329	30,449	30,577	30,713	30,8552	31,006	31,164	31,328	31,501	31,680	31,866	59
58	29,282	29,3545	29,436	29,526	29,623	29,729	29,843	29,9651	30,0950	30,233	30,378	30,531	30,691	30,858	31,033	31,2147	31,404	58
57	28,786	28,861	28,943	29,0345	29,134	29,242	29,358	29,482	29,613	29,753	29,901	30,056	30,219	30,389	30,566	30,751	30,943	57
56	28,291	28,367	28,451	28,544	28,6450	28,7547	28,872	28,999	29,133	29,2746	29,424	29,582	29,748	29,921	30,101	30,288	30,483	56
55	27,797	27,874	27,959	28,054	28,157	28,268	28,388	28,516	28,652	28,797	28,949	29,109	29,278	29,453	29,636	29,826	30,024	55
54	27,302	27,380	27,468	27,564	27,668	27,782	27,904	28,034	28,173	28,320	28,4747	28,638	28,808	28,987	29,173	29,366	29,567	54
53	26,808	26,888	26,976	27,074	27,181	27,296	27,420	27,553	27,694	27,844	28,001	28,167	28,341	28,522	28,711	28,907	29,111	53
52	26,314	26,3949	26,4852	26,5847	26,694	26,811	26,938	27,072	27,216	27,368	27,529	27,697	27,874	28,058	28,250	28,450	28,657	52
51	25,820	25,903	25,9946	26,096	26,207	26,327	26,4552	26,593	26,739	26,894	27,057	27,228	27,408	27,596	27,791	27,994	28,2045	51
50	25,326	25,410	25,504	25,608	25,720	25,843	25,974	26,114	26,263	26,420	26,586	26,761	26,943	27,134	27,333	27,540		
49	24,833	24,919	25,014	25,120	25,2347	25,359	25,493	25,636	25,787	25,948	26,117	26,294	26,480	26,6745	26,877	27,087		
48	24,339	24,427	24,5250	24,633	24,750	24,877	25,013	25,158	25,313	25,476	25,648	25,829	26,018	26,216	26,422	26,636		
47	23,847	23,936	24,036	24,146	24,2652	24,3945	24,534	24,681	24,839	25,006	25,181	25,366	25,558	25,760	25,969	26,186		
46	23,354	23,446	23,547	23,659	23,781	23,913	24,0550	24,206	24,367	24,536	24,7154	24,903	25,099	25,304	25,518	25,739		
45	22,862	22,9553	23,059	23,173	23,298	23,433	23,577	23,731	23,8954	24,069	24,251	24,442	24,642	24,851	25,068	25,293		
44	22,370	22,4654	22,572	22,688	22,816	22,953	23,104	23,258	23,4251	23,602	23,788	23,983	24,187	24,399	24,620	24,849		
43	21,878	21,976	22,0848	22,204	22,334	22,4745	22,6250	22,786	22,956	23,137	23,326	23,5254	23,733	23,950	24,1751			
42	21,387	21,487	21,599	21,720	21,853	21,997	22,151	22,3148	22,489	22,673	22,867	23,070	23,281	23,502	23,732			
41	20,896	20,999	21,113	21,237	21,373	21,520	21,677	21,8449	22,023	22,210	22,408	22,6154	22,831	23,056	23,291			
40	20,406	20,511	20,628	20,7551	20,894	21,044	21,2051	21,377	21,558	21,750	21,952	22,163	22,384	22,613	22,852			
39	19,916	20,024	20,143	20,274	20,416	20,570	20,734	20,910	21,096	21,292	21,498	21,713	21,938	22,173	22,416			
38	19,427	19,537	19,659	19,793	19,939	20,096	20,2649	20,444	20,634	20,8349	21,046	21,266	21,496	21,734				
37	18,938	19,051	19,177	19,314	19,463	19,624	19,797	19,981	20,1750	20,380	20,596	20,820	21,0553	21,299				
36	18,450	18,566	18,6946	18,836	18,989	19,154	19,331	19,519	19,717	19,928	20,148	20,378	20,618	20,867				
35	17,963	18,082	18,214	18,358	18,516	18,6847	18,866	19,059	19,262	19,477	19,703	19,938	20,183	20,438				
34	17,476	17,598	17,734	17,882	18,044	18,217	18,403	18,601	18,810	19,030	19,260	19,501	19,752	20,012				
33	16,990	17,116	17,2552	17,408	17,574	17,752	17,942	18,1452	18,359	18,5847	18,821	19,067	19,324					
32	16,5051	16,6346	16,778	16,9348	17,1051	17,288	17,484	17,692	17,912	18,143	18,384	18,636	18,899					
31	16,021	16,154	16,302	16,463	16,638	16,827	17,028	17,241	17,467	17,704	17,951	18,210	18,479					
30	15,538	15,6751	15,827	15,994	16,174	16,368	16,574	16,793	17,0249	17,268	17,522	17,786						
29	15,056	15,197	15,354	15,526	15,712	15,911	16,123	16,348	16,587	16,836	17,096							
28	14,5746	14,721	14,883	15,060	15,251	15,457	15,676	15,907	16,152	16,408	16,6749							
27	14,0952	14,246	14,414	14,596	14,794	15,006	15,231	15,469	15,721	15,984								
26	13,617	13,774	13,947	14,1354	14,339	14,558	14,790	15,036	15,294									
25	13,141	13,303	13,482	13,677	13,888	14,113	14,353	14,606	14,872									
24	12,666	12,8345	13,020	13,222	13,440	13,673	13,920	14,181										
23	12,194	12,368	12,561	12,770	12,996	13,237	13,492											
22	11,723	11,9050	12,1049	12,322	12,556	12,8051	13,069											
21	11,256	11,4448	11,653	11,878	12,121	12,379												
20	10,791	10,988	11,2045	11,439	11,691													
19	10,330	10,5355	10,761	11,0051	11,267													
18	9,872	10,087	10,323	10,577														
17	9,418	9,644	9,891															
16	8,970	9,207	9,4655															
15	8,528	8,777																
14	8,092																	
13	7,662																	

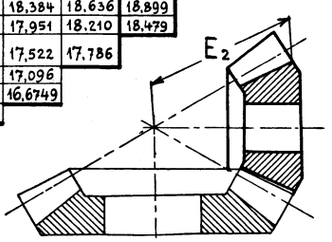


Abb. 65.

Zahnfußdistanz des Triebes:

$$E_2 = \frac{e}{\cos \gamma_2}.$$

Der Wert E_2 ist in der Zeichnung bis auf Hundertstel-Millimeter abzurunden!

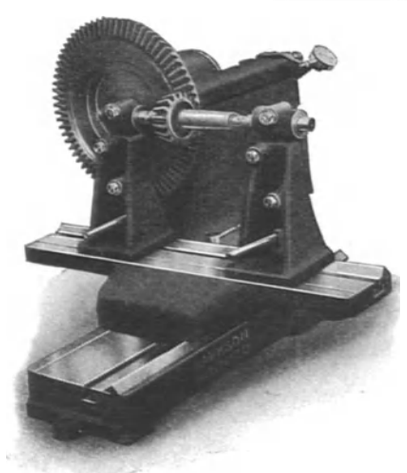


Abb. 66.

„Parkson" Handabroll-Zahnräder-Prüfapparate,
mit Indikator-Ablesung,
auch mit Diagramm-Schreibevorrichtung.
Für Kegelräder bis 380 mm Durchmesser.

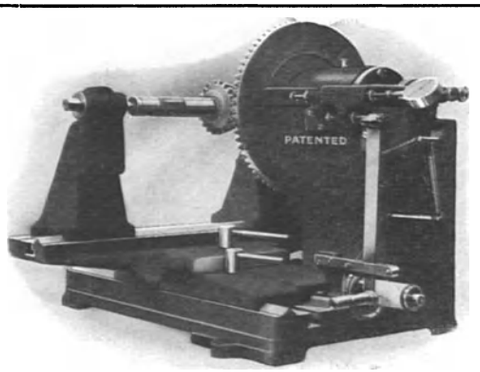


Abb. 67.

Nebenstehend abgebildete Prüfmaschinen werden neuerdings mit einer Schreibvorrichtung geliefert, welche die untenstehenden Diagramme liefert. Man ist in der Lage, nicht nur allgemein die Güte des Rades festzustellen, sondern auch einzelne Zähne, die mit Fehlern behaftet sind, herauszufinden.

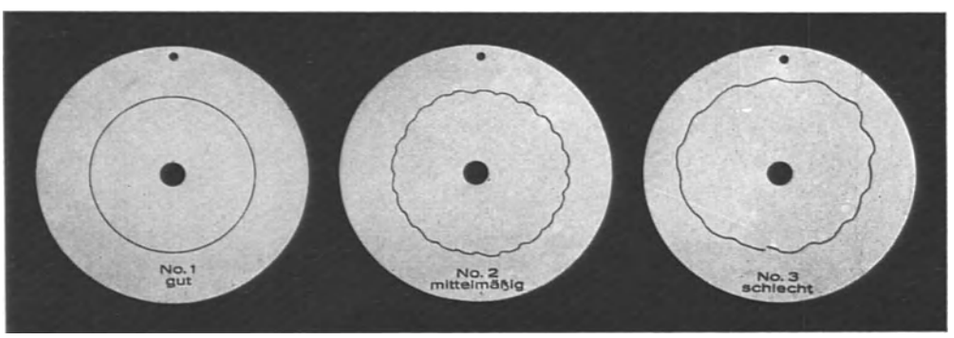


Abb. 68—70 (Prüfungsdiagramme).

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
60	60,136	60,160	60,186	60,210	60,239	60,268	60,300	60,332	60,366	60,407	60,444	60,488	60,528	60,569	60,612	60,656	60,7149	60
59	59,138	59,163	59,189	59,213	59,241	59,271	59,307	59,340	59,374	59,4151	59,447	59,491	59,537	59,579	59,628	59,673	59,726	59
58	58,141	58,1652	58,191	58,219	58,248	58,278	58,310	58,344	58,383	58,419	58,457	58,501	58,541	58,5952	58,639	58,684	58,737	58
57	57,143	57,168	57,194	57,222	57,251	57,286	57,318	57,352	57,387	57,428	57,466	57,511	57,552	57,606	57,650	57,6948	57,7552	57
56	56,1455	56,171	56,197	56,2254	56,2549	56,290	56,322	56,360	56,396	56,432	56,471	56,521	56,562	56,617	56,661	56,706	56,767	56
55	55,148	55,174	55,201	55,229	55,262	55,293	55,326	55,3646	55,400	55,442	55,481	55,526	55,573	55,628	55,672	55,718	55,779	55
54	54,151	54,177	54,204	54,233	54,266	54,302	54,3348	54,369	54,410	54,452	54,491	54,537	54,584	54,639	54,684	54,737	54,791	54
53	53,154	53,180	53,208	53,237	53,270	53,306	53,340	53,379	53,420	53,462	53,502	53,548	53,5954	53,651	53,696	53,749	53,804	53
52	52,157	52,184	52,212	52,241	52,2750	52,311	52,349	52,384	52,4251	52,468	52,513	52,559	52,607	52,663	52,7152	52,769	52,824	52
51	51,159	51,188	51,216	51,249	51,280	51,316	51,354	51,394	51,4356	51,479	51,524	51,571	51,6195	51,676	51,728	51,789	51,8446	51
50	50,162	50,192	50,220	50,254	50,2851	50,3253	50,360	50,400	50,442	50,490	50,531	50,583	50,632	50,689	50,748	50,802		
49	49,166	49,196	49,2252	49,259	49,291	49,331	49,366	49,411	49,453	49,497	49,543	49,596	49,6451	49,702	49,762	49,823		
48	48,168	48,201	48,230	48,264	48,300	48,337	48,377	48,417	48,460	48,509	48,5555	48,609	48,659	48,722	48,782	48,844		
47	47,173	47,206	47,236	47,270	47,306	47,344	47,387	47,4246	47,472	47,522	47,568	47,622	47,678	47,736	47,797	47,859		
46	46,177	46,211	46,241	46,276	46,313	46,351	46,3948	46,437	46,4847	46,530	46,582	46,636	46,693	46,751	46,818	46,881		
45	45,180	45,214	45,247	45,283	45,320	45,358	45,402	45,4446	45,493	45,543	45,591	45,656	45,707	45,772	45,834	45,897		
44	44,1853	44,217	44,254	44,286	44,327	44,366	44,411	44,457	44,502	44,552	44,610	44,671	44,729	44,788	44,856	44,920		
43	43,189	43,221	43,261	43,294	43,3348	43,378	43,419	43,471	43,516	43,567	43,6254	43,687	43,744	43,804	43,879			
42	42,192	42,228	42,268	42,302	42,340	42,387	42,433	42,480	42,530	42,582	42,641	42,703	42,761	42,821	42,902			
41	41,197	41,2348	41,276	41,310	41,349	41,396	41,442	41,491	41,5453	41,593	41,657	41,719	41,778	41,844	41,926			
40	40,203	40,240	40,281	40,319	40,358	40,406	40,453	40,506	40,556	40,609	40,674	40,736	40,801	40,868	40,951			
39	39,208	39,2452	39,287	39,3250	39,368	39,417	39,464	39,517	39,573	39,631	39,691	39,754	39,819	39,893	39,970			
38	38,214	38,251	38,293	38,3350	38,378	38,428	38,479	38,533	38,590	38,648	38,7146	38,778	38,844	38,912				
37	37,220	37,258	37,300	37,342	37,390	37,439	37,492	37,546	37,603	37,667	37,733	37,797	37,869	37,944				
36	36,226	36,2648	36,308	36,354	36,402	36,448	36,5045	36,564	36,616	36,686	36,753	36,823	36,8955	36,977				
35	35,233	35,273	35,316	35,362	35,411	35,461	35,518	35,578	35,636	35,7053	35,778	35,849	35,922	36,0045				
34	34,239	34,281	34,3251	34,372	34,421	34,476	34,533	34,593	34,656	34,726	34,799	34,876	34,956	35,033				
33	33,2450	33,290	33,3351	33,382	33,4351	33,491	33,548	33,613	33,677	33,752	33,826	33,904	33,984					
32	32,254	32,300	32,346	32,397	32,450	32,506	32,5649	32,630	32,703	32,780	32,849	32,927	33,019					
31	31,262	31,308	31,357	31,409	31,463	31,523	31,582	31,652	31,726	31,803	31,878	31,962	32,061					
30	30,270	30,317	30,370	30,422	30,480	30,541	30,6049	30,671	30,750	30,832	30,914	30,993						
29	29,280	29,328	29,384	29,437	29,499	29,560	29,624	29,691	29,779	29,858	29,944							
28	28,288	28,339	28,398	28,452	28,5148	28,580	28,649	28,717	28,806	28,889	28,976							
27	27,300	27,351	27,412	27,469	27,532	27,602	27,6755	27,748	27,838	27,932								
26	26,310	26,3653	26,426	26,487	26,551	26,6250	26,699	26,781	26,8754									
25	25,3247	25,381	25,442	25,507	25,5747	25,649	25,728	25,814	25,9053									
24	24,338	24,397	24,460	24,528	24,600	24,679	24,758	24,850										
23	23,353	23,413	23,479	23,551	23,627	23,707	23,7945											
22	22,368	22,431	22,500	22,573	22,656	22,740	22,832											
21	21,3846	21,451	21,524	21,600	21,687	21,7753												
20	20,404	20,473	20,549	20,629	20,720													
19	19,4250	19,498	19,577	19,661	19,756													
18	18,447	18,526	18,611	18,698														
17	17,472	17,556	17,648															
16	16,500	16,590	16,688															
15	15,533	15,6250																
14	14,567																	
13	13,608																	

z_1 = Zähnezahl des Rades:

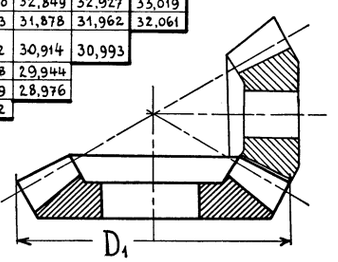


Abb. 71.

Außendurchmesser des Rades:

$$D_1 = m \cdot (z_1 + z_2 \cdot \operatorname{tg} \beta_1).$$

Der Wert D_1 ist in der Zeichnung bis auf Hundertstel-Millimeter abzurunden!

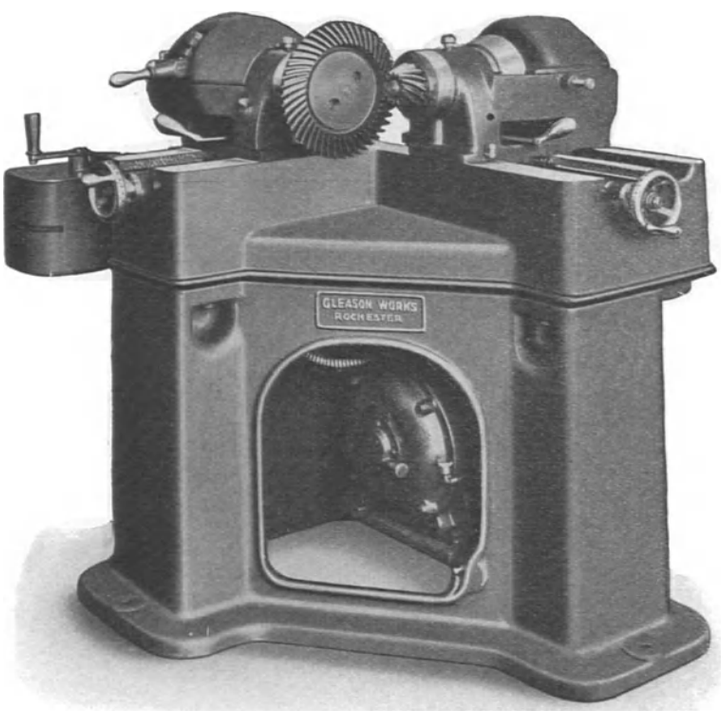


Abb. 72. Gleason-Kegelräder-Prüfmaschine Nr. 18 mit eingebautem Reversier-Motor.

Zum Unterschied von den Handabroll-Apparaten werden auf der Maschine Abbildung 72 die Kegelräder unter Kraft auf guten Eingriff, ruhigen Lauf und günstigste Stellung zueinander geprüft.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1 = Zähnezahl des Rades:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	10,944	11,887	12,830	13,789	14,730	15,671	16,612	17,552	18,492	19,444	20,352	21,274	22,212	23,150	24,087	25,0248	25,927	60
59	10,9447	11,888	12,831	13,791	14,733	15,6752	16,599	17,540	18,480	19,403	20,360	21,282	22,204	23,142	24,063	25,001	25,921	59
58	10,9446	11,889	12,833	13,776	14,719	15,661	16,603	17,544	18,469	19,409	20,350	21,272	22,212	23,117	24,056	24,994	25,916	58
57	10,944	11,889	12,834	13,778	14,721	15,647	16,590	17,532	18,473	19,398	20,339	21,263	22,203	23,109	24,048	24,987	25,893	57
56	10,943	11,889	12,834	13,779	14,723	15,650	16,593	17,519	18,461	19,403	20,3447	21,253	22,193	23,101	24,041	24,981	25,887	56
55	10,941	11,888	12,833	13,779	14,707	15,651	16,5953	17,522	18,4652	19,391	20,333	21,259	22,184	23,093	24,033	24,973	25,881	55
54	10,939	11,886	12,832	13,778	14,708	15,637	16,581	17,5251	18,453	19,380	20,322	21,248	22,174	23,084	24,0252	24,950	25,8747	54
53	10,936	11,883	12,830	13,777	14,708	15,637	16,582	17,511	18,440	19,368	20,311	21,238	22,164	23,0754	24,017	24,943	25,868	53
52	10,932	11,880	12,828	13,7753	14,706	15,637	16,568	17,513	18,442	19,371	20,299	21,227	22,154	23,067	23,993	24,920	25,846	52
51	10,942	11,877	12,8251	13,758	14,7058	15,637	16,568	17,498	18,428	19,358	20,287	21,216	22,144	23,057	23,9850	24,898	25,8245	51
50	10,937	11,872	12,821	13,7551	14,703	15,621	16,567	17,499	18,429	19,3453	20,290	21,2047	22,134	23,048	23,962	24,890		
49	10,931	11,867	12,817	13,751	14,700	15,619	16,566	17,484	18,4153	19,347	20,277	21,193	22,123	23,038	23,953	24,868		
48	10,939	11,862	12,812	13,747	14,682	15,616	16,550	17,483	18,4150	19,333	20,264	21,181	22,112	23,014	23,930	24,846		
47	10,931	11,8554	12,806	13,742	14,678	15,613	16,533	17,481	18,400	19,319	20,251	21,169	22,087	23,004	23,921	24,838		
46	10,923	11,848	12,800	13,737	14,673	15,609	16,530	17,4647	18,3853	19,318	20,238	21,157	22,0754	22,994	23,898	24,816		
45	10,928	11,854	12,792	13,730	14,667	15,604	16,526	17,462	18,383	19,304	20,237	21,131	22,064	22,970	23,888	24,807		
44	10,918	11,858	12,7847	13,736	14,661	15,598	16,522	17,4448	18,380	19,302	20,210	21,118	22,039	22,959	23,866	24,7852		
43	10,920	11,861	12,776	13,728	14,654	15,579	16,516	17,428	18,364	19,286	20,196	21,1051	22,027	22,948	23,843			
42	10,921	11,850	12,767	13,719	14,658	15,572	16,498	17,423	18,347	19,270	20,181	21,091	22,014	22,936	23,821			
41	10,921	11,839	12,757	13,709	14,649	15,564	16,491	17,417	18,330	19,266	20,166	21,078	22,001	22,912	23,798			
40	10,907	11,839	12,758	13,699	14,639	15,556	16,483	17,398	18,324	19,249	20,150	21,063	21,9754	22,887	23,776			
39	10,904	11,837	12,757	13,699	14,629	15,546	16,474	17,390	18,3055	19,220	20,134	21,048	21,962	22,863	23,7647			
38	10,901	11,834	12,7554	13,687	14,617	15,536	16,453	17,370	18,287	19,203	20,107	21,022	21,936	22,850				
37	10,8954	11,830	12,752	13,684	14,6046	15,524	16,443	17,361	18,278	19,184	20,090	21,006	21,910	22,8148				
36	10,889	11,824	12,747	13,670	14,591	15,522	16,431	17,340	18,269	19,166	20,072	20,979	21,8848	22,780				
35	10,881	11,817	12,741	13,6646	14,587	15,508	16,419	17,329	18,248	19,146	20,044	20,952	21,859	22,756				
34	10,881	11,808	12,734	13,658	14,581	15,494	16,4053	17,316	18,226	19,126	20,026	20,924	21,823	22,731				
33	10,880	11,798	12,724	13,650	14,564	15,478	16,391	17,293	18,204	19,096	19,997	20,897	21,797					
32	10,867	11,786	12,714	13,630	14,546	15,461	16,3746	17,278	18,172	19,0651	19,977	20,878	21,761					
31	10,862	11,782	12,701	13,619	14,536	15,442	16,357	17,253	18,148	19,043	19,947	20,841	21,717					
30	10,8546	11,776	12,687	13,606	14,5149	15,423	16,330	17,236	18,124	19,012	19,908	20,812						
29	10,8453	11,768	12,672	13,591	14,493	15,402	16,310	17,217	18,090	18,988	19,877							
28	10,842	11,757	12,654	13,5746	14,477	15,379	16,280	17,189	18,064	18,9550	19,846							
27	10,828	11,744	12,643	13,556	14,460	15,3551	16,249	17,151	18,028	18,906								
26	10,819	11,729	12,629	13,5351	14,440	15,329	16,2251	17,113	17,9846									
25	10,800	11,710	12,612	13,512	14,411	15,302	16,191	17,073	17,9551									
24	10,7855	11,690	12,593	13,487	14,380	15,2648	16,156	17,033										
23	10,768	11,673	12,570	13,459	14,346	15,233	16,113											
22	10,753	11,653	12,5446	13,4348	14,311	15,193	16,068											
21	10,7346	11,629	12,516	13,401	14,273	15,150												
20	10,712	11,601	12,483	13,364	14,232													
19	10,684	11,569	12,447	13,323	14,188													
18	10,657	11,533	12,401	13,274														
17	10,624	11,491	12,351															
16	10,5855	11,444	12,296															
15	10,540	11,3952																
14	10,491																	
13	10,429																	

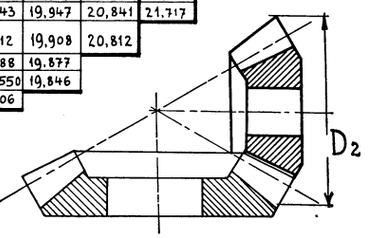


Abb. 73.

Außendurchmesser des Triebes:

$$D_2 = m \cdot (z_2 + z_1 \cdot \operatorname{tg} \beta_2).$$

Der Wert D_2 ist in der Zeichnung bis auf Hundertstel-Millimeter abzurunden!

Die in Abb. 74 gezeigte Maschine stellt in gewissem Sinne auch eine Prüfmaschine dar; sie dient dazu, den Zahnflanken den „letzten Schliff" zu geben, doch soll damit nicht gesagt sein, daß Schmirgel oder dergleichen nötig ist. Lediglich Öl kommt auf die Zähne, wodurch ein Schleifen der Zähne überflüssig wird.

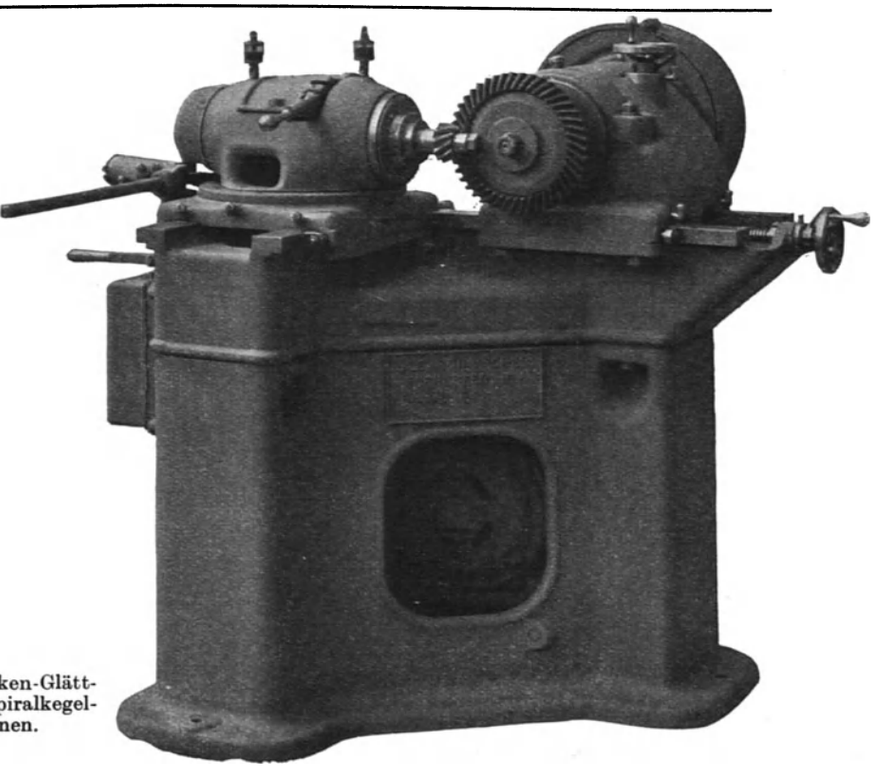


Abb. 74. Gleason-Zahnflanken-Glätt- und Poliermaschine für Spiralkegelräder mit Bogenzähnen.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_1 = Zähnezahl des Rades: / z_1 = Zähnezahl des Triebes:

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
60	3,49	3,97	4,44	4,93	5,40	5,88	6,36	6,84	7,31	7,78	8,26	8,73	9,21	9,69	10,17	10,64	11,11	60
59	3,49	3,97	4,44	4,93	5,41	5,88	6,353	6,83	7,31	7,78	8,27	8,74	9,21	9,69	10,16	10,64	11,11	59
58	3,49	3,97	4,445	4,92	5,40	5,88	6,36	6,84	7,31	7,79	8,26	8,74	9,21	9,68	10,16	10,64	11,11	58
57	3,49	3,97	4,446	4,92	5,40	5,87	6,352	6,83	7,31	7,78	8,26	8,73	9,21	9,68	10,16	10,64	11,10	57
56	3,49	3,97	4,448	4,93	5,41	5,88	6,36	6,83	7,31	7,79	8,27	8,73	9,21	9,68	10,16	10,64	11,11	56
55	3,49	3,97	4,448	4,93	5,40	5,88	6,36	6,83	7,31	7,78	8,27	8,74	9,21	9,68	10,16	10,64	11,11	55
54	3,49	3,97	4,449	4,93	5,40	5,87	6,354	6,84	7,31	7,78	8,26	8,74	9,21	9,68	10,16	10,63	11,11	54
53	3,49	3,97	4,449	4,93	5,40	5,88	6,36	6,83	7,31	7,78	8,26	8,74	9,21	9,68	10,16	10,64	11,11	53
52	3,49	3,97	4,449	4,93	5,40	5,88	6,352	6,83	7,31	7,78	8,26	8,73	9,21	9,68	10,155	10,63	11,11	52
51	3,49	3,97	4,449	4,92	5,41	5,88	6,355	6,83	7,31	7,78	8,26	8,73	9,21	9,68	10,16	10,63	11,10	51
50	3,49	3,97	4,449	4,92	5,41	5,87	6,36	6,83	7,31	7,78	8,26	8,73	9,21	9,68	10,150	10,63		
49	3,49	3,97	4,448	4,92	5,41	5,88	6,36	6,83	7,31	7,78	8,26	8,73	9,21	9,68	10,152	10,62		
48	3,50	3,96	4,447	4,92	5,40	5,88	6,355	6,83	7,31	7,78	8,26	8,73	9,21	9,67	10,147	10,62		
47	3,49	3,96	4,446	4,92	5,40	5,88	6,350	6,83	7,31	7,78	8,26	8,73	9,20	9,68	10,149	10,62		
46	3,49	3,96	4,44	4,92	5,40	5,88	6,351	6,83	7,30	7,78	8,26	8,73	9,20	9,68	10,145	10,62		
45	3,49	3,96	4,44	4,92	5,40	5,88	6,353	6,83	7,31	7,78	8,26	8,72	9,20	9,67	10,148	10,62		
44	3,49	3,97	4,44	4,93	5,40	5,88	6,355	6,83	7,31	7,79	8,254	8,72	9,20	9,67	10,14	10,62		
43	3,49	3,97	4,44	4,93	5,40	5,87	6,36	6,83	7,31	7,78	8,253	8,72	9,20	9,68	10,14			
42	3,49	3,97	4,44	4,92	5,41	5,88	6,351	6,83	7,30	7,78	8,252	8,72	9,20	9,68	10,14			
41	3,50	3,97	4,43	4,92	5,40	5,88	6,352	6,83	7,30	7,79	8,252	8,72	9,20	9,68	10,14			
40	3,49	3,97	4,44	4,92	5,40	5,88	6,353	6,83	7,30	7,78	8,251	8,725	9,20	9,67	10,14			
39	3,49	3,97	4,44	4,92	5,40	5,88	6,354	6,83	7,30	7,78	8,251	8,73	9,20	9,67	10,14			
38	3,49	3,97	4,44	4,92	5,40	5,87	6,350	6,82	7,30	7,78	8,246	8,72	9,20	9,67				
37	3,49	3,97	4,44	4,92	5,40	5,87	6,350	6,83	7,30	7,77	8,246	8,72	9,20	9,67				
36	3,49	3,97	4,446	4,92	5,40	5,88	6,351	6,82	7,31	7,77	8,247	8,72	9,19	9,66				
35	3,49	3,97	4,446	4,92	5,40	5,88	6,352	6,83	7,30	7,77	8,24	8,72	9,19	9,66				
34	3,49	3,97	4,447	4,93	5,40	5,88	6,353	6,83	7,30	7,77	8,245	8,72	9,19	9,66				
33	3,49	3,97	4,447	4,93	5,40	5,88	6,354	6,83	7,30	7,77	8,24	8,72	9,19					
32	3,49	3,97	4,447	4,92	5,40	5,88	6,354	6,83	7,30	7,77	8,245	8,72	9,18					
31	3,49	3,97	4,446	4,92	5,40	5,88	6,36	6,83	7,30	7,77	8,24	8,72	9,18					
30	3,49	3,97	4,445	4,92	5,40	5,88	6,352	6,83	7,30	7,77	8,24	8,72						
29	3,49	3,97	4,44	4,92	5,40	5,88	6,353	6,83	7,29	7,77	8,24							
28	3,50	3,97	4,44	4,92	5,40	5,87	6,351	6,83	7,30	7,77	8,24							
27	3,49	3,97	4,44	4,92	5,40	5,87	6,349	6,83	7,29	7,76								
26	3,50	3,97	4,446	4,92	5,40	5,87	6,351	6,82	7,29									
25	3,49	3,97	4,447	4,92	5,40	5,88	6,350	6,82	7,29									
24	3,49	3,97	4,448	4,92	5,40	5,87	6,350	6,82										
23	3,49	3,97	4,449	4,92	5,40	5,87	6,347											
22	3,49	3,97	4,450	4,93	5,40	5,87	6,346											
21	3,50	3,97	4,450	4,93	5,40	5,87												
20	3,50	3,97	4,451	4,93	5,40													
19	3,50	3,97	4,451	4,93	5,40													
18	3,50	3,97	4,450	4,93														
17	3,50	3,97	4,449															
16	3,50	3,98	4,450															
15	3,50	3,98																
14	3,50																	
13	3,51																	

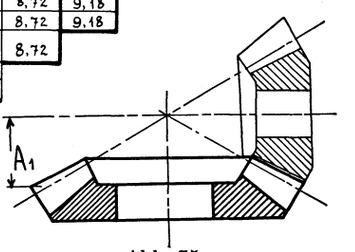


Abb. 75.

Außenkreisabstand des Rades:

$$A_1 = \frac{D_1}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}.$$

Der Wert A_1 ist in der Zeichnung bis auf Zehntel-Millimeter abzurunden!

Anleitung für die Einstellung von Kegelrädern bei der Montage*).

Die richtige Einstellung der Kegelräder beim Einbau ist eine wichtige Bedingung für die Erzielung eines geräuschlosen und lebensfähigen Getriebes. Es sind zwei Faktoren für die richtige Zahnauflage zu beachten: 1. das Tragen in der Zahnbreite, also in der Länge der Zahnbreite, 2. das Tragen in der Höhe und Tiefe des Zahnes, also im Zahnprofil. Wichtig ist dabei, diese beiden Faktoren separat zu beobachten, damit sie dann, vereinigt, das gewünschte Resultat ergeben.

Untenstehend sind die Ausdrücke erklärt, die in der folgenden Abhandlung verwendet werden. Die Kegelräder werden mit einer vorher festgelegten Zahnluft, die bei der Montage eingehalten werden soll, verzahnt. Diese Zahnluft ist dem Modul und der Beanspruchung des Getriebes angepaßt. Aus diesem Grunde sollen bei der Montage keine größeren Abweichungen zugelassen werden, sind aber solche dennoch notwendig, dann weist dies auf einen Fehler hin, der während der Verzahnung gemacht wurde, oder aber die Bohrungen der Achse stimmen nicht. Gewöhnlich bewegt sich die Zahnluft in den Grenzen von 0,1 mm für etwa Modul 3 und 0,3 mm für etwa Modul 8 bei Hinterachs-Antriebs-Kegelrädern.

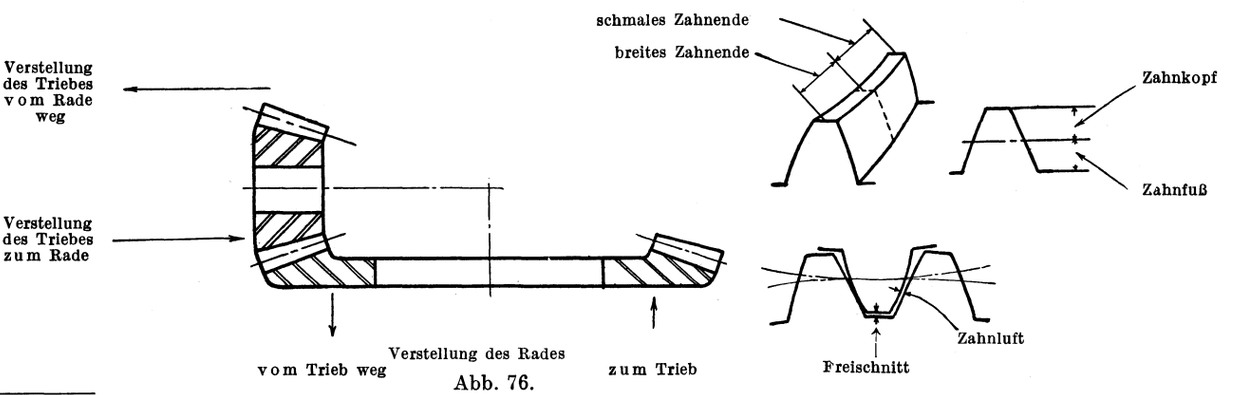


Abb. 76.

*) Mit Genehmigung der Firma Böhm & Bormann aus deren Kegelrad-Prospekt.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Modul 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	z_1
60	29,80	29,78	29,76	29,74	29,73	29,71	29,70	29,68	29,67	29,66	29,647	29,64	29,63	29,62	29,62	29,61	29,61	60
59	29,30	29,28	29,26	29,24	29,22	29,21	29,19	29,18	29,16	29,154	29,14	29,13	29,13	29,12	29,12	29,11	29,11	59
58	28,80	28,78	28,76	28,74	28,72	28,70	28,69	28,67	28,66	28,647	28,64	28,63	28,62	28,62	28,61	28,60	28,60	58
57	28,29	28,27	28,252	28,23	28,21	28,20	28,18	28,17	28,153	28,14	28,13	28,12	28,11	28,11	28,10	28,10	28,10	57
56	27,79	27,77	27,747	27,73	27,71	27,69	27,68	27,66	27,649	27,64	27,62	27,62	27,61	27,61	27,60	27,59	27,60	56
55	27,29	27,26	27,24	27,22	27,20	27,19	27,17	27,16	27,14	27,13	27,12	27,11	27,10	27,10	27,09	27,09	27,09	55
54	26,78	26,76	26,74	26,72	26,70	26,68	26,67	26,649	26,64	26,63	26,61	26,60	26,60	26,59	26,59	26,58	26,58	54
53	26,28	26,26	26,23	26,21	26,19	26,18	26,16	26,14	26,13	26,12	26,11	26,10	26,09	26,09	26,08	26,08	26,08	53
52	25,77	25,751	25,73	25,71	25,69	25,67	25,654	25,64	25,62	25,61	25,60	25,59	25,59	25,58	25,58	25,58	25,57	52
51	25,27	25,246	25,22	25,20	25,18	25,16	25,148	25,13	25,12	25,11	25,10	25,09	25,08	25,08	25,07	25,07	25,07	51
50	24,77	24,74	24,72	24,70	24,68	24,66	24,64	24,63	24,61	24,60	24,59	24,58	24,57	24,57	24,57	24,57		50
49	24,26	24,24	24,21	24,19	24,17	24,153	24,13	24,12	24,11	24,09	24,08	24,07	24,07	24,06	24,06	24,06		49
48	23,76	23,73	23,71	23,69	23,66	23,646	23,63	23,61	23,60	23,59	23,58	23,57	23,56	23,56	23,56	23,56		48
47	23,250	23,23	23,20	23,18	23,16	23,14	23,12	23,10	23,09	23,08	23,07	23,06	23,06	23,052	23,050	23,050		47
46	22,746	22,72	22,70	22,67	22,651	22,63	22,61	22,60	22,59	22,57	22,56	22,555	22,549	22,54	22,546	22,546		46
45	22,24	22,21	22,19	22,17	22,14	22,12	22,11	22,09	22,08	22,06	22,053	22,050	22,04	22,04	22,04	22,04		45
44	21,73	21,71	21,68	21,66	21,64	21,62	21,60	21,58	21,57	21,56	21,548	21,54	21,54	21,53	21,53	21,53		44
43	21,23	21,20	21,18	21,151	21,13	21,11	21,09	21,08	21,06	21,048	21,04	21,03	21,03	21,02	21,03			43
42	20,72	20,69	20,67	20,64	20,62	20,60	20,58	20,57	20,553	20,54	20,53	20,53	20,52	20,52	20,52			42
41	20,22	20,19	20,16	20,14	20,11	20,09	20,07	20,06	20,046	20,03	20,02	20,02	20,01	20,01	20,02			41
40	19,71	19,68	19,66	19,63	19,60	19,58	19,57	19,550	19,54	19,52	19,52	19,51	19,51	19,50	19,51			40
39	19,20	19,17	19,147	19,12	19,10	19,08	19,06	19,04	19,03	19,02	19,01	19,00	19,00	19,00	19,00			39
38	18,69	18,66	18,64	18,61	18,59	18,57	18,548	18,53	18,52	18,51	18,50	18,49	18,49	18,49				38
37	18,19	18,16	18,13	18,10	18,08	18,06	18,04	18,02	18,01	18,00	17,99	17,98	17,98	17,98				37
36	17,68	17,647	17,62	17,59	17,57	17,54	17,53	17,51	17,50	17,49	17,48	17,48	17,48	17,48				36
35	17,17	17,14	17,11	17,08	17,06	17,03	17,02	17,00	16,99	16,98	16,97	16,97	16,97	16,97				35
34	16,66	16,63	16,60	16,57	16,54	16,52	16,50	16,49	16,48	16,47	16,46	16,46	16,46	16,47				34
33	16,151	16,12	16,09	16,06	16,03	16,01	15,99	15,98	15,97	15,96	15,96	15,954	15,96					33
32	15,64	15,61	15,58	15,548	15,52	15,50	15,48	15,47	15,46	15,451	15,44	15,44	15,450					32
31	15,13	15,10	15,06	15,04	15,01	14,99	14,97	14,955	19,945	14,94	14,93	14,94	14,946					31
30	14,62	14,58	14,552	14,52	14,50	14,48	14,46	14,44	14,43	14,43	14,43	14,43						30
29	14,11	14,07	14,04	14,01	13,98	13,96	13,94	13,93	13,92	13,92	13,92							29
28	13,59	13,56	13,53	13,49	13,47	13,448	13,43	13,41	13,41	13,41	13,41							28
27	13,08	13,04	13,01	12,98	12,953	12,93	12,92	12,90	12,90	12,90								27
26	12,57	12,53	12,49	12,46	12,44	12,42	12,40	12,39	12,39									26
25	12,052	12,01	11,98	11,947	11,92	11,90	11,89	11,88	11,87									25
24	11,54	11,50	11,46	11,43	11,41	11,39	11,37	11,36										24
23	11,02	10,98	10,94	10,91	10,89	10,87	10,86											23
22	10,50	10,46	10,42	10,39	10,37	10,352	10,34											22
21	9,98	9,94	9,90	9,87	9,851	9,83												21
20	9,46	9,41	9,38	9,350	9,33													20
19	8,93	8,89	8,86	8,83	8,81													19
18	8,41	8,37	8,33	8,31														18
17	7,88	7,84	7,81															17
16	7,354	7,31	7,28															16
15	6,82	6,78																15
14	6,29																	14
13	5,753																	13

z_1 = Zähnezahl des Rades:

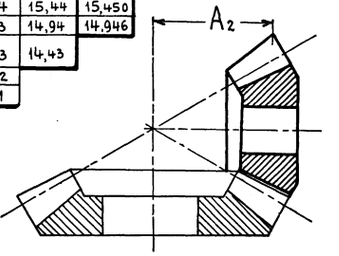


Abb. 77.

Außenkreisabstand des Triebes:

$$A_2 = \frac{D_2}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2}.$$

Der Wert A_2 ist in der Zeichnung bis auf Zehntel-Millimeter abzurunden!

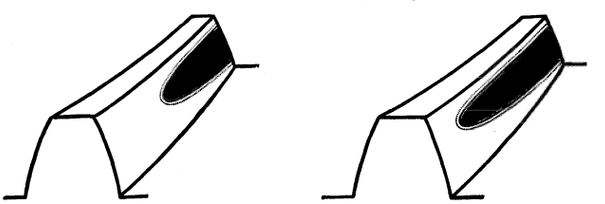
Kegelräder werden gewöhnlich so verzahnt, daß die Zähne am breiten Zahnende genau abschließen, und bei der Montage soll als erster Versuch dies auch beibehalten werden. Durch Bestreichen der Zahnlücken mit einer Mischung von Mennige und leichtem Maschinenöl sind die Berührungsflächen der Zähne nach der Prüfung gut sichtbar.

Es besteht kein Unterschied zwischen der Methode der Einstellung von geradzahnigen und Spiral-Kegelrädern. Obwohl die folgenden Ausführungen hauptsächlich für Spiral-Kegelräder bestimmt sind, können sie auch für geradzahnige Kegelräder gelten.

Nachdem die Kegelräder abschließend am breiten Zahnende und mit der richtigen Zahnluft eingebaut sind, sollen sie in beiden Drehrichtungen unter Belastung je eine Minute geprüft werden. Handelt es sich um Prüfung von Automobil-Hinterachs-Antriebsrädern, so soll die Achse zuerst gehoben werden, damit die Wagenräder bodenfrei werden. Darauf ist der Motor in Gang zu setzen und man läßt die Hinterachse in beiden Richtungen im gebremsten Zustand laufen.

Alle Skizzen zeigen die Tragflächen der Zähne am Tellerrad. Bei einem Rad mit rechter Spirale (wobei der Trieb linke Spirale hat), wenn im Automobil eingebaut, ist die treibende Seite die konvexe Zahnflanke, während die konkave Zahnseite beim Rückwärtsgang beansprucht wird.

Bei der Prüfung der Spiral-Kegelräder auf einer stabilen Kegelräder-Prüfmaschine unter Kraftantrieb sollen die Zähne mehr am schmalen Zahnende tragen. Wieviel dieses Tragen mehr am schmalen Zahnende sein darf, ist abhängig von der Stabilität der endgültigen Lagerung, also im eingebauten Zustand, und ist durch Versuche zu ermitteln. Jede Durchbiegung der endgültigen Lagerung durch Belastung der Kegelräder wird eine Verschiebung der Tragflächen, gegen das breite Zahnende zu, verursachen. Keinesfalls soll aber das stärkere Tragen gleich am breiten Zahnende stattfinden, sobald die Räder eingebaut sind. Jede Mehrbelastung des Getriebes, wie es im Gebrauch durch plötzliche Vollbelastung eintritt, würde die Tragflächen ganz zum breiten Zahnende bringen und die Folge davon können Zahnbrüche sein. In den folgenden Abbildungen zeigen wir typische Tragflächen der Zähne, auf einer Kegelräder-Prüfmaschine, wie auch nach Einbau in der Achse. Auch der Einfluß der Durchbiegung der Achse auf die Verschiebung der Kegelscheitel-Punkte von Rad und Trieb ist gezeigt.



Das Tragen, wenn Getriebe auf der Kegelräder-Prüfmaschine geprüft wird.

Das Tragen, wenn Getriebe in einer Hinterachse eingebaut ist.

Abb. 78.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Zahnbreite 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes :

z_1 = Zähnezahl des Rades :	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	0,1153	0,1307	0,1460	0,1615	0,1766	0,1916	0,2064	0,2210	0,2355	0,2496	0,2637	0,2774	0,2912	0,3048	0,3182	0,3313	0,3437	60
59	0,1172	0,1329	0,1485	0,1643	0,1796	0,1948	0,2095	0,2244	0,2391	0,2534	0,2680	0,2819	0,2956	0,3094	0,3226	0,3360	0,3488	59
58	0,1192	0,1352	0,1511	0,1668	0,1824	0,1978	0,2131	0,2282	0,2429	0,2576	0,2722	0,2863	0,3004	0,3138	0,3275	0,3410	0,3540	58
57	0,1213	0,1375	0,1537	0,1697	0,1855	0,2009	0,2165	0,2318	0,2470	0,2617	0,2764	0,2907	0,3051	0,3186	0,3325	0,3462	0,3591	57
56	0,1234	0,1400	0,1564	0,1726	0,1888	0,2044	0,2202	0,2355	0,2509	0,2661	0,2811	0,2953	0,3099	0,3236	0,3377	0,3515	0,3645	56
55	0,1256	0,1424	0,1592	0,1757	0,1918	0,2081	0,2241	0,2397	0,2553	0,2705	0,2857	0,3004	0,3148	0,3288	0,3430	0,3570	0,3702	55
54	0,1279	0,1450	0,1620	0,1789	0,1953	0,2115	0,2278	0,2439	0,2595	0,2749	0,2904	0,3053	0,3199	0,3341	0,3485	0,3624	0,3760	54
53	0,1302	0,1477	0,1650	0,1821	0,1988	0,2154	0,2319	0,2480	0,2639	0,2795	0,2952	0,3103	0,3252	0,3395	0,3541	0,3682	0,3820	53
52	0,1326	0,1504	0,1681	0,1855	0,2025	0,2193	0,2359	0,2526	0,2687	0,2846	0,3002	0,3156	0,3306	0,3452	0,3597	0,3739	0,3879	52
51	0,1354	0,1532	0,1712	0,1887	0,2063	0,2234	0,2403	0,2570	0,2734	0,2895	0,3054	0,3210	0,3363	0,3510	0,3657	0,3798	0,3940	51
50	0,1380	0,1562	0,1745	0,1923	0,2103	0,2274	0,2449	0,2618	0,2785	0,2946	0,3110	0,3265	0,3420	0,3570	0,3716	0,3862		
49	0,1406	0,1592	0,1779	0,1961	0,2144	0,2318	0,2496	0,2665	0,2835	0,3001	0,3165	0,3323	0,3480	0,3632	0,3780	0,3925		
48	0,1437	0,1624	0,1814	0,2000	0,2183	0,2364	0,2542	0,2717	0,2890	0,3056	0,3222	0,3383	0,3542	0,3693	0,3843	0,3990		
47	0,1465	0,1656	0,1851	0,2040	0,2227	0,2411	0,2590	0,2771	0,2943	0,3113	0,3282	0,3444	0,3604	0,3759	0,3911	0,4060		
46	0,1495	0,1690	0,1888	0,2082	0,2272	0,2460	0,2642	0,2824	0,2999	0,3174	0,3343	0,3508	0,3670	0,3828	0,3979	0,4130		
45	0,1529	0,1728	0,1928	0,2125	0,2319	0,2511	0,2696	0,2881	0,3060	0,3235	0,3409	0,3572	0,3738	0,3896	0,4052	0,4204		
44	0,1561	0,1767	0,1969	0,2173	0,2368	0,2563	0,2752	0,2938	0,3123	0,3301	0,3472	0,3640	0,3806	0,3969	0,4124	0,4278		
43	0,1597	0,1808	0,2011	0,2220	0,2419	0,2616	0,2811	0,2997	0,3185	0,3366	0,3541	0,3711	0,3880	0,4044	0,4199			
42	0,1635	0,1848	0,2055	0,2268	0,2475	0,2673	0,2869	0,3062	0,3250	0,3435	0,3612	0,3785	0,3956	0,4122	0,4277			
41	0,1674	0,1889	0,2102	0,2319	0,2530	0,2732	0,2932	0,3129	0,3318	0,3508	0,3686	0,3861	0,4035	0,4201	0,4357			
40	0,1712	0,1935	0,2153	0,2372	0,2588	0,2794	0,2998	0,3196	0,3391	0,3582	0,3762	0,3941	0,4114	0,4282	0,4440			
39	0,1754	0,1983	0,2206	0,2430	0,2648	0,2858	0,3067	0,3268	0,3464	0,3656	0,3842	0,4023	0,4199	0,4367	0,4529			
38	0,1798	0,2033	0,2261	0,2488	0,2711	0,2926	0,3136	0,3341	0,3541	0,3736	0,3922	0,4106	0,4284	0,4457				
37	0,1845	0,2085	0,2319	0,2551	0,2776	0,2996	0,3211	0,3420	0,3623	0,3819	0,4008	0,4195	0,4373	0,4545				
36	0,1893	0,2140	0,2380	0,2615	0,2845	0,3072	0,3289	0,3499	0,3709	0,3905	0,4098	0,4285	0,4465	0,4637				
35	0,1944	0,2197	0,2443	0,2684	0,2919	0,3149	0,3370	0,3585	0,3796	0,3996	0,4189	0,4378	0,4561	0,4735				
34	0,2000	0,2257	0,2510	0,2757	0,2998	0,3230	0,3455	0,3675	0,3887	0,4090	0,4286	0,4476	0,4658	0,4837				
33	0,2058	0,2320	0,2579	0,2833	0,3077	0,3314	0,3545	0,3766	0,3982	0,4186	0,4385	0,4577	0,4762					
32	0,2117	0,2386	0,2653	0,2910	0,3160	0,3403	0,3639	0,3864	0,4079	0,4287	0,4491	0,4686	0,4868					
31	0,2182	0,2459	0,2730	0,2994	0,3250	0,3496	0,3737	0,3964	0,4183	0,4394	0,4599	0,4794	0,4976					
30	0,2250	0,2536	0,2811	0,3082	0,3342	0,3594	0,3837	0,4072	0,4292	0,4504	0,4710	0,4909						
29	0,2322	0,2616	0,2897	0,3175	0,3440	0,3697	0,3946	0,4185	0,4404	0,4622	0,4828							
28	0,2401	0,2702	0,2988	0,3274	0,3545	0,3806	0,4057	0,4301	0,4524	0,4743	0,4951							
27	0,2482	0,2792	0,3087	0,3378	0,3656	0,3921	0,4175	0,4421	0,4648	0,4864								
26	0,2570	0,2888	0,3192	0,3489	0,3774	0,4042	0,4301	0,4547	0,4775									
25	0,2661	0,2989	0,3303	0,3606	0,3896	0,4170	0,4432	0,4679	0,4914									
24	0,2761	0,3098	0,3422	0,3730	0,4025	0,4303	0,4571	0,4820										
23	0,2868	0,3216	0,3548	0,3862	0,4162	0,4447	0,4715											
22	0,2985	0,3343	0,3683	0,4006	0,4309	0,4597	0,4867											
21	0,3111	0,3478	0,3826	0,4157	0,4464	0,4757												
20	0,3246	0,3624	0,3981	0,4318	0,4630													
19	0,3391	0,3781	0,4146	0,4490	0,4808													
18	0,3551	0,3950	0,4322	0,4673														
17	0,3724	0,4133	0,4512															
16	0,3913	0,4331	0,4717															
15	0,4118	0,4549																
14	0,4346																	
13	0,4593																	

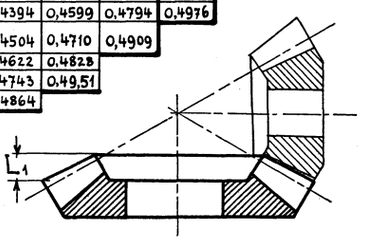


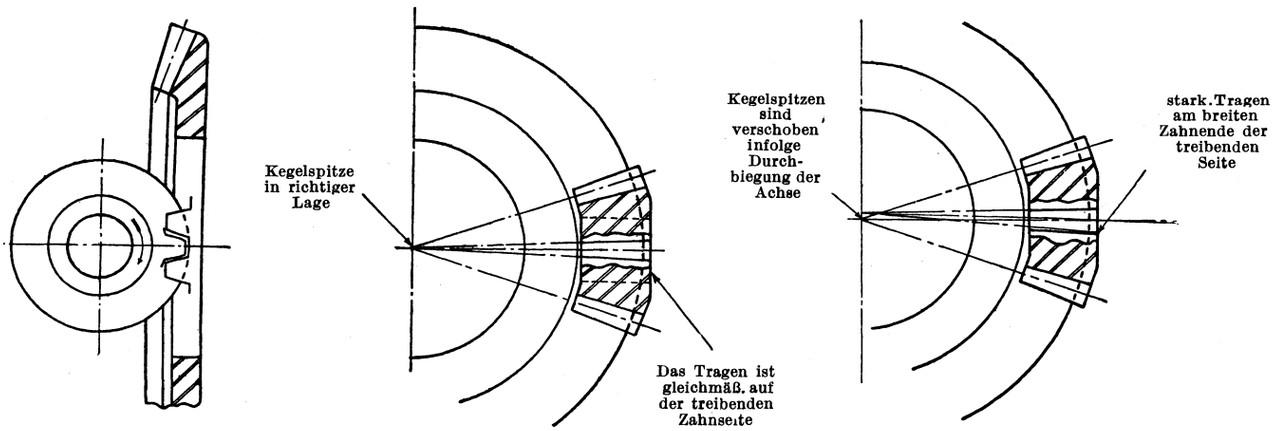
Abb. 79.

Zahnlänge des Rades:

$$L_1 = b \cdot \frac{\cos \alpha_1}{\cos \beta_1}.$$

Der Wert L_1 ist in der Zeichnung bis auf Zehntel-Millimeter abzurunden!

Die Wirkung von Durchbiegung auf das Tragen der Zähne.



bei Prüfung in einer stabilen Prüfmaschine, Abb. 80. eingebaut in einer Hinterachse.

Das Tragen des Zahnes, in der Zahnbreite und im Profil, soll so erscheinen, wie in Abb. 81 dargestellt. Es kann aber auch sein, daß die Tragflächen wie in Abb. 83 bis 88 gezeigt auftreten. In solchen Fällen wird die Einstellung des Getriebes zuerst für das Tragen der Zähne auf der Zahnbreite vorgenommen.

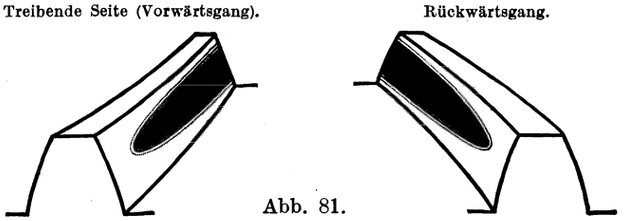


Abb. 81.

Kegelräder mit Korrektion.
90° Achsenwinkel.
Gerade Zähne.

Zahnbreite 1.

z_2 = Zähnezahl des Triebes:

z_1 = Zähnezahl des Rades:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
60	0,9847	0,9818	0,9786	0,9752	0,9717	0,9679	0,9640	0,9598	0,9555	0,9512	0,9466	0,9419	0,9370	0,9320	0,9269	0,9217	0,9165	60
59	0,9842	0,9812	0,9779	0,9744	0,9707	0,9668	0,9628	0,9586	0,9541	0,9496	0,9448	0,9400	0,9351	0,9299	0,9248	0,9194	0,9140	59
58	0,9837	0,9805	0,9772	0,9736	0,9698	0,9658	0,9616	0,9572	0,9527	0,9479	0,9431	0,9381	0,9329	0,9278	0,9224	0,9169	0,9114	58
57	0,9831	0,9799	0,9764	0,9727	0,9687	0,9646	0,9603	0,9558	0,9511	0,9463	0,9412	0,9361	0,9308	0,9256	0,9200	0,9143	0,9087	57
56	0,9825	0,9791	0,9755	0,9717	0,9676	0,9634	0,9589	0,9543	0,9495	0,9444	0,9392	0,9341	0,9286	0,9232	0,9174	0,9116	0,9059	56
55	0,9819	0,9784	0,9747	0,9707	0,9665	0,9621	0,9575	0,9527	0,9477	0,9426	0,9372	0,9318	0,9262	0,9207	0,9147	0,9087	0,9029	55
54	0,9812	0,9776	0,9737	0,9696	0,9653	0,9608	0,9560	0,9510	0,9459	0,9406	0,9351	0,9295	0,9238	0,9180	0,9119	0,9059	0,8997	54
53	0,9805	0,9768	0,9728	0,9685	0,9640	0,9594	0,9544	0,9493	0,9440	0,9386	0,9329	0,9271	0,9212	0,9153	0,9090	0,9028	0,8964	53
52	0,9798	0,9759	0,9717	0,9673	0,9627	0,9578	0,9528	0,9474	0,9420	0,9363	0,9305	0,9246	0,9185	0,9124	0,9060	0,8996	0,8931	52
51	0,9790	0,9750	0,9707	0,9661	0,9613	0,9562	0,9510	0,9455	0,9399	0,9341	0,9281	0,9219	0,9156	0,9093	0,9028	0,8963	0,8896	51
50	0,9782	0,9740	0,9695	0,9648	0,9598	0,9546	0,9491	0,9435	0,9376	0,9317	0,9254	0,9191	0,9126	0,9061	0,8995	0,8927		
49	0,9773	0,9730	0,9683	0,9634	0,9582	0,9529	0,9471	0,9414	0,9353	0,9291	0,9226	0,9162	0,9095	0,9028	0,8959	0,8890		
48	0,9763	0,9719	0,9670	0,9619	0,9566	0,9510	0,9451	0,9391	0,9328	0,9264	0,9198	0,9131	0,9062	0,8993	0,8923	0,8852		
47	0,9753	0,9707	0,9657	0,9604	0,9548	0,9490	0,9430	0,9366	0,9302	0,9236	0,9167	0,9098	0,9028	0,8956	0,8884	0,8810		
46	0,9743	0,9695	0,9643	0,9587	0,9529	0,9469	0,9407	0,9341	0,9275	0,9205	0,9135	0,9064	0,8991	0,8917	0,8843	0,8768		
45	0,9732	0,9681	0,9627	0,9570	0,9510	0,9447	0,9382	0,9314	0,9245	0,9174	0,9100	0,9028	0,8952	0,8877	0,8800	0,8722		
44	0,9720	0,9667	0,9611	0,9551	0,9489	0,9423	0,9355	0,9286	0,9213	0,9139	0,9065	0,8990	0,8912	0,8833	0,8755	0,8674		
43	0,9707	0,9652	0,9594	0,9531	0,9466	0,9399	0,9328	0,9256	0,9181	0,9104	0,9027	0,8949	0,8868	0,8787	0,8707			
42	0,9693	0,9636	0,9575	0,9510	0,9441	0,9372	0,9299	0,9223	0,9146	0,9067	0,8987	0,8905	0,8822	0,8738	0,8657			
41	0,9678	0,9619	0,9556	0,9487	0,9416	0,9343	0,9267	0,9189	0,9109	0,9026	0,8944	0,8860	0,8774	0,8688	0,8604			
40	0,9663	0,9600	0,9534	0,9463	0,9389	0,9313	0,9234	0,9153	0,9069	0,8983	0,8899	0,8811	0,8723	0,8635	0,8548			
39	0,9646	0,9580	0,9511	0,9437	0,9359	0,9280	0,9198	0,9113	0,9027	0,8939	0,8850	0,8760	0,8669	0,8578	0,8487			
38	0,9628	0,9559	0,9486	0,9409	0,9328	0,9246	0,9160	0,9073	0,8983	0,8891	0,8800	0,8706	0,8612	0,8517				
37	0,9609	0,9536	0,9460	0,9379	0,9295	0,9208	0,9119	0,9028	0,8934	0,8840	0,8745	0,8648	0,8552	0,8455				
36	0,9588	0,9511	0,9431	0,9347	0,9259	0,9168	0,9075	0,8981	0,8882	0,8786	0,8687	0,8587	0,8487	0,8389				
35	0,9565	0,9485	0,9400	0,9312	0,9220	0,9125	0,9028	0,8929	0,8828	0,8727	0,8626	0,8523	0,8419	0,8317				
34	0,9540	0,9456	0,9367	0,9274	0,9177	0,9079	0,8977	0,8874	0,8769	0,8665	0,8559	0,8453	0,8347	0,8240				
33	0,9513	0,9425	0,9331	0,9233	0,9132	0,9029	0,8923	0,8816	0,8707	0,8599	0,8489	0,8379	0,8270					
32	0,9484	0,9391	0,9292	0,9190	0,9084	0,8975	0,8864	0,8752	0,8641	0,8528	0,8413	0,8299	0,8188					
31	0,9452	0,9353	0,9250	0,9142	0,9030	0,8917	0,8801	0,8685	0,8568	0,8451	0,8333	0,8216	0,8103					
30	0,9417	0,9312	0,9204	0,9090	0,8973	0,8854	0,8733	0,8611	0,8490	0,8370	0,8248	0,8125						
29	0,9379	0,9268	0,9153	0,9033	0,8911	0,8786	0,8659	0,8531	0,8408	0,8280	0,8155							
28	0,9336	0,9219	0,9099	0,8971	0,8843	0,8712	0,8580	0,8446	0,8317	0,8186	0,8055							
27	0,9290	0,9165	0,9038	0,8904	0,8768	0,8632	0,8494	0,8355	0,8220	0,8086								
26	0,9239	0,9107	0,8971	0,8830	0,8686	0,8544	0,8399	0,8256	0,8117									
25	0,9183	0,9042	0,8897	0,8748	0,8598	0,8447	0,8297	0,8148	0,8001									
24	0,9120	0,8970	0,8845	0,8659	0,8501	0,8343	0,8185	0,8031										
23	0,9050	0,8889	0,8725	0,8560	0,8394	0,8228	0,8064											
22	0,8970	0,8799	0,8625	0,8449	0,8276	0,8102	0,7932											
21	0,8882	0,8698	0,8514	0,8328	0,8145	0,7964												
20	0,8781	0,8585	0,8389	0,8193	0,8001													
19	0,8668	0,8459	0,8249	0,8042	0,7840													
18	0,8539	0,8315	0,8094	0,7874														
17	0,8391	0,8152	0,7918															
16	0,8222	0,7967	0,7719															
15	0,8027	0,7753																
14	0,7800																	
13	0,7538																	

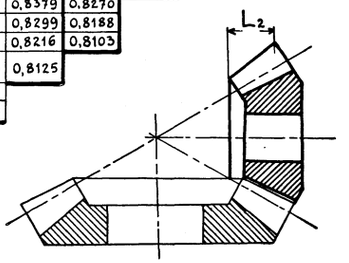


Abb. 82.

Zahnlänge des Triebes:

$$L_2 = b \cdot \frac{\cos \alpha_2}{\cos \beta_2}.$$

Der Wert L_2 ist in der Zeichnung bis auf Zehntel-Millimeter abzurunden!

Längsweises Einstellen, für Tragen auf der Zahnbreite.

Abb. 83 zeigt, was mit kreuzweisem Tragen zu bezeichnen ist. Es kann hervorgerufen werden entweder dadurch, daß der Einbau nicht in genauer Ausrichtung erfolgte, oder aber daß ein Fehler in der Einstellung der Maschine beim Verzahnen übersehen wurde.

Man untersuche zuerst die Hinterachs-Lagerung,

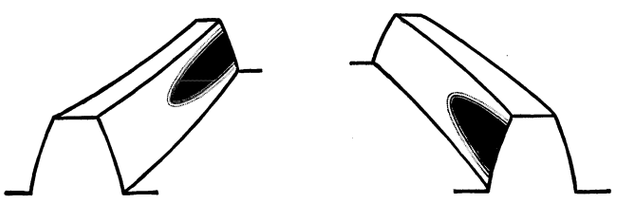


Abb. 83.

wird dort ein Fehler gefunden, so ist dieser zuerst zu beheben. Wenn die treibende Seite (Vorwärtsgang) ein Tragen am schmalen Zahnende und der Rückwärtsgang ein Tragen am breiten Zahnende aufweisen, so sind die Räder noch verwendbar, vorausgesetzt, daß das Tragen auf ungefähr $^5/_8$ der Zahnbreite erfolgt. Wenn aber das Tragen am breiten Zahnende auf der treibenden Seite (Vorwärtsgang) erscheint, dann sollen solche Räder nicht eingebaut werden, sondern die Einstellung der Maschine muß geändert werden, falls die Achslagerung für richtig befunden wurde.

Abb. 84 zeigt das Tragen der Zähne am schmalen Ende beiderseits. Um hier ein richtiges Tragen zu erzielen, muß das Tellerrad vom Trieb weg verstellt werden, damit das Tragen mehr gegen die Zahnmitte

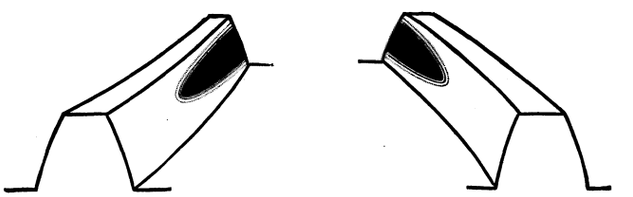


Abb. 84.

kommt. Bei Übersetzungen 1:1 bis etwa 4:1 wird dann, bis zu einem gewissen Grad, ein Wechsel im Tragen des Profils eintreten, worauf der Trieb neu eingestellt werden muß. Siehe Erklärung unter „Profil-Tragen“. Die Verstellung des Tellerrades verursacht eine größere Zahnluft und deshalb muß die Einstellung der Maschine geändert werden, auf welcher die Verzahnung erfolgte, damit bei richtigem Tragen dann die Zahnluft nicht zu groß wird.

Achsenwinkel $\gtrless 90^0$, gerade Zähne, mit oder ohne Korrektion.

Bei gegebenen Zähnezahlen z_1 und z_2, Modul m, Zahnbreite b und Achsenwinkel ω sind zunächst die Teilkreiswinkel zu bestimmen:

Es ist

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\sin \omega}{\cos \omega + \frac{z_2}{z_1}}$$

und

$$\delta_2 = \omega - \delta_1,$$

für $\omega > 90^0$ ist cos ω negativ, daher $\cos \omega = -\cos (180 - \omega)$,

für $\omega = 90^0$ ist $\left\{ \begin{matrix} \sin \omega = 1 \\ \cos \omega = 0 \end{matrix} \right\}$ $\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{1}{\frac{z_2}{z_1}} = \frac{z_1}{z_2}$,

für $\omega < 90^0$ ist cos ω positiv.

Zur Bestimmung der übrigen Maße gelten nachstehende Formeln:

$$U = \frac{z_1}{z_2}$$

$$u = \frac{z_2}{z_1}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2 \cdot \sin \delta_1}{z_1}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = 1{,}1236 \cdot \operatorname{tg} \beta.$$

Für eventuelle Höhenkorrektion gelten dieselben Regeln, wie für die Räder mit 90^0 Achsenwinkel. Der Korrektionswinkel ε bestimmt sich sonach aus:

$$\varepsilon = \frac{2}{3}(\beta - \text{zulässiger Zahnkopf } \measuredangle).$$

$$\left. \begin{matrix} \beta_1 = \beta - \varepsilon \\ \beta_2 = \beta + \varepsilon \end{matrix} \right\}^{1)}$$

$$\left. \begin{matrix} \gamma_1 = \gamma + \varepsilon \\ \gamma_2 = \gamma - \varepsilon \end{matrix} \right\}^{2)}$$

$$\alpha_1 = \delta_1 + \beta_1$$

$$\alpha_2 = \delta_2 + \beta_2$$

$$d_1 = z_1 \cdot m$$

$$d_2 = z_2 \cdot m$$

$$e = \frac{d_1}{2 \cdot \sin \delta_1}$$

$$\left. \begin{matrix} k_1 = e \cdot \operatorname{tg} \beta_1 \\ k_2 = e \cdot \operatorname{tg} \beta_2 \end{matrix} \right\}^{3)}$$

$$h = 2{,}1236\, m$$

$$\left. \begin{matrix} E_1 = \frac{e}{\cos \gamma_1} \\ E_2 = \frac{e}{\cos \gamma_2} \end{matrix} \right\}^{4)}$$

$$\left. \begin{matrix} D_1 = \frac{d_1 \cdot \sin \alpha_1}{\sin \delta_1 \cdot \cos \beta_1} \\ D_2 = \frac{d_2 \cdot \sin \alpha_2}{\sin \delta_2 \cdot \cos \beta_2} \end{matrix} \right\}^{5)}$$

$$A_1 = \frac{D_1}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}$$

$$A_2 = \frac{D_2}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2}$$

$$L_1 = b \frac{\cos \alpha_1}{\cos \beta_1}$$

$$L_2 = b \frac{\cos \alpha_2}{\cos \beta_2}$$

---

[1]) Für Räder ohne Korrektion ist $\beta_1 = \beta_2 = \beta$

[2]) und $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$.

[3]) Für Räder ohne Korrektion ist $k_1 = k_2 = k = m$.

[4]) Für Räder ohne Korrektion ist $E_1 = E_2 = E = \frac{e}{\cos \gamma}$.

[5]) Für Räder ohne Korrektion ist $D_1 = m\,(z_1 + 2 \cdot \cos \delta_1)$
$D_2 = m\,(z_2 + 2 \cdot \cos \delta_2)$.

Abb. 85 zeigt das Tragen der Zähne am breiten Ende beiderseits. In diesem Falle muß das Tellerrad **zum** Trieb verstellt werden, damit das Tragen in der Zahnbreite vergrößert wird. Bei Übersetzungen 1 : 1 bis etwa 4 : 1 wird dann, bis zu einem gewissen Grad,

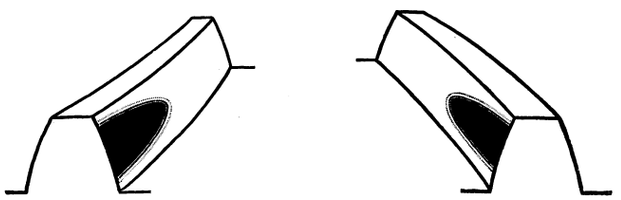


Abb. 85.

ein Wechsel im Tragen des Profils eintreten. Für die dadurch notwendige Verstellung des Triebes siehe die Erklärung „Profil-Tragen". Diese Verstellung verursacht eine Verminderung der Zahnluft und deshalb ist auch hier Änderung der Einstellung der Verzahnungsmaschine erforderlich, damit bei richtigem Tragen nicht zu wenig Freischnitt vorhanden ist.

Tragen der Zähne im Profil.

Abb. 86 zeigt ein zu niedriges Tragen der Zähne, welches auf der ganzen Zahnbreite auftreten kann. Der Trieb muß dann **vom** Tellerrad weg verstellt werden und bei Übersetzungen 1 : 1 bis etwa 4 : 1 soll das Tellerrad **zum** Trieb verstellt werden, damit die richtige Zahnluft beibehalten bleibt. Diese Verstellung des Tellerrades beeinflußt das Tragen in der Zahnbreite und mehrmaliges Vrestellen in beiden Hinsichten, sowohl für Tragen in der Zahnbreite, wie auch für Profil-Tragen, mögen notwendig werden, um richtiges Tragen zu erzielen.

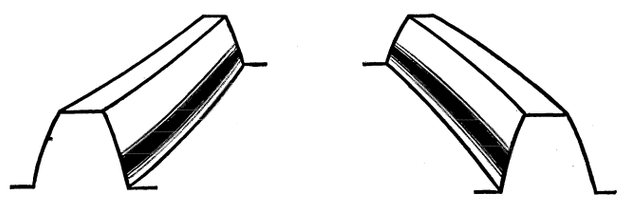


Abb. 86.

Abb. 87 zeigt hohes Tragen, dies kann ebenfalls auf der ganzen Zahnbreite auftreten. Der Trieb soll dann **zum** Tellerrad verstellt werden und bei Übersetzungen 1 : 1 bis etwa 4 : 1 soll das Tellerrad **vom** Trieb weg eingestellt werden, damit die richtige Zahnluft beibe-

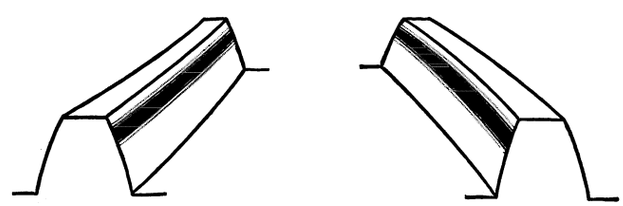


Abb. 87.

halten bleibt. Diese Verstellung des Tellerrades beeinflußt das Tragen in der Zahnbreite und mehrmaliges Verstellen in beiden Hinsichten, sowohl in der Zahnbreite wie auch für Profil-Tragen mögen notwendig werden, um richtiges Tragen zu erzielen.

Zeichnungsschema.

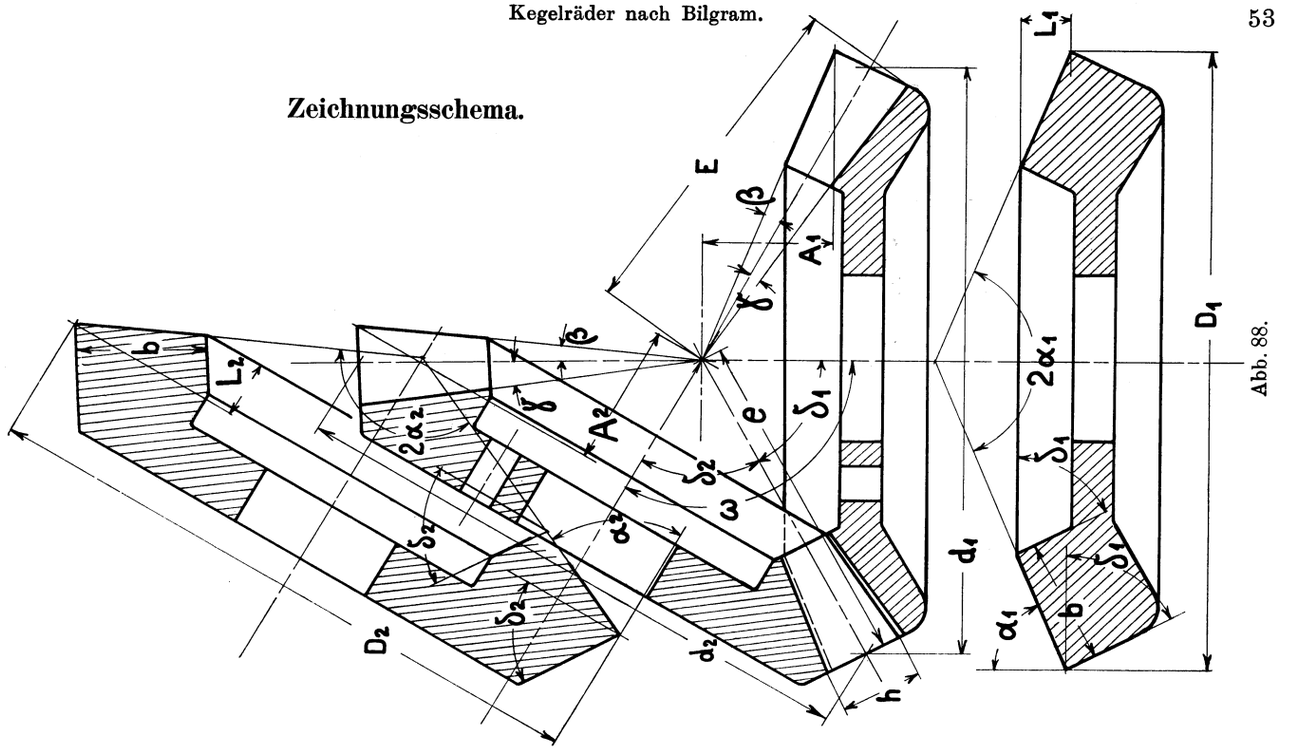


Abb. 88.

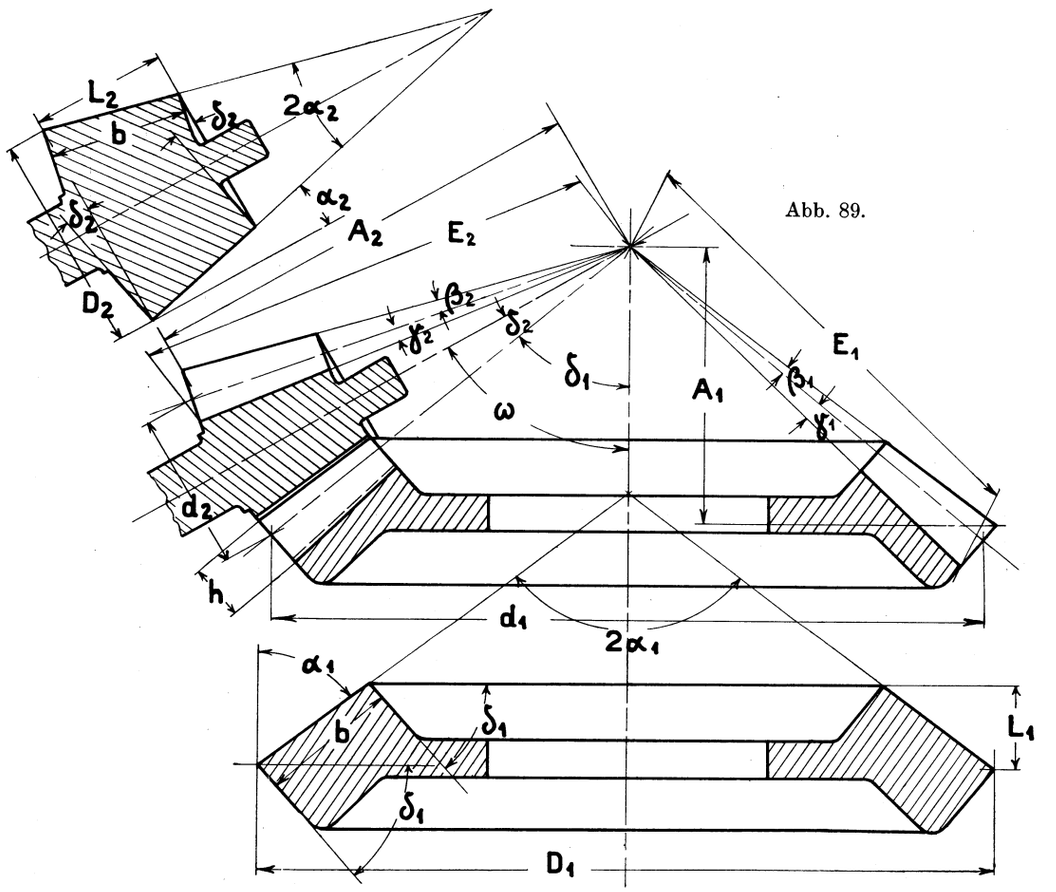


Abb. 89.

Abb. 90 zeigt eine andere Möglichkeit, das „lahme" Tragen. Es ist möglich, auch dieses Getriebe so einzustellen, daß ein annehmbares Tragen, wie in Abb. 81 dargestellt, erreicht wird. Aber die Tragflächen werden nur kurz sein und ferner wird Abbremsung oder der Rückwärtsgang ungünstig. Die einzige Methode, diesen Fehler zu beseitigen, bleibt nur das richtige Verzahnen.

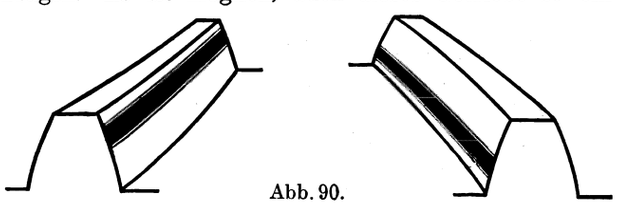


Abb. 90.

Es wird nochmals darauf aufmerksam gemacht, und es sollte nicht vergessen werden, daß die hier angeführten Verstellungen nur gering sein sollen. Wenn große Verstellungen erforderlich sind, müssen die Einbau-Verhältnisse als auch die Einstellungen der Verzahnungs-Maschine eingehend nachgesehen werden und die erforderliche Abhilfe ist an einer dieser Stellen zu schaffen.

Achsenwinkel $\gtrless 90^0$.

Tabellarische Ermittlung der Abmessungen.

Aus dem Fabrikationsprinzip, Erzeugung der Zahnflanken durch Abwälzung des zu schneidenden Rades auf einem Plankegelrad (Werkzeug) folgt, daß verschiedene Räder zusammen arbeiten können, sobald des sich ergebende Achsenwinkel (= Summe der Teilkreiswinkel) angewandt werden kann.

Dieser Umstand ermöglicht in vielen Fällen die Benutzung der Tabellenwerte für Räder mit 90^0 Achsenwinkel zur Bestimmung der Werte für spitz- oder stumpfwinklige Kegelgetriebe. Dazu ist es nötig, zu jedem Rad dasjenige Rad zu ermitteln, welches mit ersterem einen Achsenwinkel von 90^0 bildet. Da bei beliebiger Annahme eines Achsenwinkels $\gtrless 90^0$ meist die gefundenen Teilkreiswinkel sich nicht durch Teilkreiswinkel aus den Tabellen zu 90^0 ergänzen lassen, muß der nächstgelegene Wert für das Ergänzungsrad gewählt und dazu der Teilkreiswinkel der benötigten Räder errechnet werden. Es sei:

Neuer Teilkreiswinkel des Rades $= \delta_1'$,
„ „ „ Triebes $= \delta_2'$,
Teilkreiswinkel des Ergänzungstriebes $= \delta_{02}$,
„ „ „ rades $= \delta_{01}$,
Neuer Achsenwinkel $= \omega'$;

so bestehen die Beziehungen:

$$\delta_1' + \delta_{02} = 90^0,$$
$$\delta_2' + \delta_{01} = 90^0,$$
$$\omega' = \delta_1' + \delta_2'.$$

Es ist selbstverständlich, daß das Verfahren nur für Normalkegelräder Anwendung finden kann, außer es würde zufällig bei beiden Ergänzungsrädern der gleiche Korrektionswinkel vorhanden sein.

Bei Auswertung der Tabellen ist noch zu beachten, ob das Ergänzungsrad eine kleinere oder größere Zähnezahl hat, als das zu bestimmende Rad.

Bezeichnet man die Zähnezahlen wie folgt:

Zähnezahl des Rades $= z_1$ } Hilfskegel-
„ „ Ergänzungstriebes $= z_{02}$ } getriebe I,
„ „ Triebes $= z_2$ } Hilfskegel-
„ „ Ergänzungsrades $= z_{01}$ } getriebe II;

so ergibt sich:

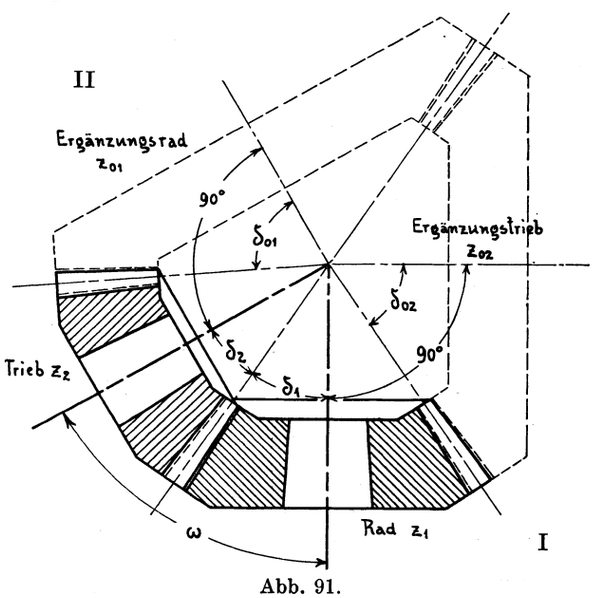


Abb. 91.

$$\operatorname{ctg} \delta_{01} = \frac{z_2}{z_{01}} = \operatorname{tg} \delta_2,$$

$$z_{01} = \frac{z_2}{\operatorname{tg} \delta_2} \quad \text{und ebenso} \quad z_{02} = \frac{z_1}{\operatorname{tg} \delta_1}.$$

Dabei kommen folgende Fälle vor:

1. $z_1 > z_{02}$, Rad z_1 bildet das Rad } zum Hilfs-
„ z_{02} „ den Trieb } kegelgetriebe I.

   Die Werte für Rad z_1 sind in den Tabellen für Rad abzulesen.

2. $z_1 < z_{02}$, Rad z_1 bildet den Trieb } für I.
„ z_{02} „ das Rad }

   Die Werte für Rad z_1 sind in den Tabellen für Trieb abzulesen.

3. $z_2 > z_{01}$, Rad z_2 bildet das Rad } für II.
„ z_{01} „ den Trieb }

   Die Werte für Trieb z_2 sind in den Tabellen für Rad abzulesen.

4. $z_2 < z_{01}$, Rad z_2 bildet den Trieb } für II.
„ z_{01} „ das Rad }

   Die Werte für Rad z_2 sind in den Tabellen für Trieb abzulesen.

1. Beispiel.

Gegeben:

$$z_1 = 32, \qquad z_2 = 28,$$
$$\omega = 75^0,$$
$$m = 4,$$
$$b = 32.$$

Berechnet:

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\sin 75^0}{\cos 75^0 + \frac{28}{32}} = \frac{\sin 75^0}{1{,}133819},$$

$$\delta_1 = 40^0\,25'\,40'' = \mathbf{40^0\,25',7}$$
$$\delta_2 = 75^0 - \delta_1 = 34^0\,34'\,20'' = \mathbf{34^0\,34',3}.$$

Keine Korrektion!

$$U = \frac{32}{28} = \mathbf{1{,}143}, \qquad u = \frac{28}{32} = \mathbf{0{,}875}.$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sin 40^0\,25'\,40''}{16}, \qquad \beta = 2^0\,19'\,15'' = \mathbf{2^0\,19',3}.$$

$$\operatorname{tg} \gamma = 1{,}1236 \cdot \operatorname{tg} \beta, \qquad \gamma = 2^0\,36'\,27'' = \mathbf{2^0\,36',5}.$$

$$h = 2{,}1236 \cdot 4 = \mathbf{8{,}49}.$$
$$k = m = \mathbf{4{,}0}.$$

$$\alpha_1 = 40^0\,25'\,40'' + 2^0\,19'\,15'' = 42^0\,44'\,55'' = \mathbf{42^0\,44',9}.$$
$$\alpha_2 = 34^0\,34'\,20'' + 2^0\,19'\,15'' = 36^0\,53'\,35'' = \mathbf{36^0\,53',6}.$$

$$d_1 = 32 \cdot 4 = \mathbf{128{,}0} \qquad d_2 = 28 \cdot 4 = \mathbf{112{,}0}.$$

$$E = \frac{64}{\sin 40^0\,25'\,40'' \cdot \cos 2^0\,36'\,27''} = 98{,}7934 = \mathbf{98{,}79}.$$

$$D_1 = 4\,(32 + 2 \cdot \cos 40^0\,25'\,40'') = 134{,}0898 = \mathbf{134{,}09}.$$

$$D_2 = 4\,(28 + 2 \cdot \cos 34^0\,34'\,20'') = 118{,}5873 = \mathbf{118{,}59}.$$

$$A_1 = \frac{67{,}0449}{\operatorname{tg} 42^0\,44'\,55''} = 72{,}532 = \mathbf{72{,}5}.$$

$$A_2 = \frac{59{,}2936}{\operatorname{tg} 36^0\,53'\,35''} = 78{,}992 = \mathbf{79{,}0}.$$

$$L_1 = 32\,\frac{\cos 42^0\,44'\,55''}{\cos 2^0\,19'\,15''} = 23{,}518 = \mathbf{23{,}5}.$$

$$L_2 = 32\,\frac{\cos 36^0\,53'\,35''}{\cos 2^0\,19'\,15''} = 25{,}613 = \mathbf{25{,}6}.$$

Tabellarische Ermittlung:

Bei 32 Zähnen ist nächstgelegenes $\delta_1' = 40^0\,6',1$, Übers. $^{32}/_{38}$.
(Ergänzungstrieb $z_{02} = 38$.)

Bei 28 Zähnen ist nächstgelegenes $\delta_2' = 34^0\,19',8$, Übers. $^{28}/_{41}$.
(Ergänzungsrad $z_{01} = 41$.)

Neuer Wert $\omega' = 74^0\,25',9$. Beide Hilfskegelgetriebe sind unkorrigierte Verhältnisse, demnach zur Ermittlung mittels der Tabellen geeignet.

Werte für Rad. (Entnommen den Tab. für Trieb, Übers. $^{32}/_{38}$.)	Werte für Trieb. (Entnommen den Tab. für Trieb, Übers. $^{28}/_{41}$.)
$\beta' = 2^0\,18',3$.	$\beta' = 2^0\,18',4 \cong 2^0\,18',3$.
$\gamma' = 2^0\,35',4$.	$\gamma' = 2^0\,35',5 \cong 2^0\,35',4$.
$\alpha_1' = 42^0\,24',4$.	$\alpha_2' = 36^0\,38',2$.
$d_1 = 128{,}0$.	$d_2 = 112{,}0$.
$E' = 24{,}8649 \cdot 4 = 99{,}46 \cong 99{,}43$.	$E' = 24{,}85 \cdot 4 = 99{,}40 \cong 99{,}43$.
$D_1' = 33{,}53 \cdot 4 = 134{,}12$.	$D_2' = 29{,}652 \cdot 4 = 118{,}61$.
$A_1 = 18{,}36 \cdot 4 = 73{,}4$.	$A_2 = 19{,}94 \cdot 4 = 79{,}8$.
$L_1 = 0{,}739 \cdot 32 = 23{,}6$.	$L_2 = 0{,}8031 \cdot 32 = 25{,}7$.

2. Beispiel.

$z_1 = 32$, $z_2 = 18$, $\omega = 70^0$. } Das gibt ein Getriebe mit Korrektion.

$$\operatorname{tg}\delta_1 = \frac{\sin 70^0}{\cos 70^0 + \frac{18}{32}}, \qquad \begin{aligned}\delta_1 &= 46^0\ 5'\ 33,''_7.\\ \delta_2 &= 23^0\ 54'\ 26,''_3.\end{aligned}$$

Bei 32 Zähnen ist nächstgelegenes $\delta_1' = 45^0\,54,'_6$, Übers. $^{32}/_{31}$.
(Ein **nicht**korrigiertes Verhältnis!)

Bei 18 Zähnen ist nächstgelegenes $\delta_2' = 23^0\,42,'_2$, Übers. $^{18}/_{41}$.
(Ein **korrigiertes** Verhältnis!)

Räder, von denen eines normalen, das andere korrigierten Zahnkopf hat, können nicht zusammenarbeiten. In diesem Fall ist die Benutzung der Tabellen nicht möglich, es muß gerechnet werden.

Es gibt jedoch noch folgenden Ausweg. Der Korrektionswinkel berechnet sich aus:

Übers. $^{18}/_{41}$: $\varepsilon = \frac{\beta_2 - \beta_1}{2} = \frac{3^0\,1',5 - 2^0\,5',5}{2} = \frac{56'}{2} = 28'$.

Übers. $^{32}/_{18}$: $\varepsilon = \frac{3^0\,32',1 - 2^0\,42'1,}{2} = \frac{50'}{2} = 25'$.

Man könnte unter Vernachlässigung dieser Differenz allenfalls das Hilfskegelgetriebe $^{18}/_{41}$ wählen und müßte dann die Berechnung des Rades mit 32 Zähnen mit der Korrektion des Verhältnisses $^{18}/_{41}$ durchführen.
Auf diese Weise wäre wenigstens die Berechnung des Triebes von 18 Zähnen gespart.

3. Beispiel.

$z_1 = 44$, $z_2 = 36$, $\omega = 60^0$.

$$\operatorname{tg}\delta_1 = \frac{\sin 60}{\cos 60 + \frac{36}{44}}; \qquad \begin{aligned}\delta_1 &= 33^0\,18'\ 11''.\\ \delta_2 &= 26^0\,41'\ 49''.\end{aligned}$$

$$z_{01} = \frac{36}{\operatorname{tg} 26^0\ 41'\ 49''} = 71{,}587; \quad z_{01}' = 72.$$

$$z_{02} = \frac{44}{\operatorname{tg} 33^0\ 18'\ 11''} = 66{,}976; \quad z_{02}' = 67.$$

Hilfskegelgetriebe I hat $^{44}/_{67}$ Zähne } beides sind nichtkorrigierte
„ II „ $^{36}/_{72}$ „ } Verhältnisse und doch kann tabellarische Bestimmung nicht erfolgen, weil die Tabellen über 60 Zähne hinaus nicht reichen. Der zweite Band soll die Erweiterung des Bereichs der Zähnezahlen bringen.

4. Beispiel.

$z_1 = 46$, $z_2 = 23$, $\omega = 120^0$.

$$\operatorname{tg}\delta_1 = \frac{\sin 120^0}{\cos 120^0 + \frac{23}{46}} = \frac{0{,}866\,02}{-0{,}5 + 0{,}5} = \infty.$$

$\delta_1 = 90^0$. } Es handelt sich um ein Kronradgetriebe.
$\delta_2 = 30^0$. }

Ermittlung der weiteren Maße durch Rechnung, doch kann teilweise tabellarische Bestimmung Platz greifen, indem man die Maße für den Trieb, zu welchem ein Ergänzungsrad von $\delta_{01}' = 60^0\,6',1$ und $z_{01}' = 40$ gehört, aus den Tabellen entnimmt. Weil nicht korrigiert wird, sind die Werte β, γ und E beim Rad $z_1 = 46$ dieselben wie beim Trieb $z_2 = 23$. Nachdem weiter $D_1 = 2e$ ebenfalls aus den Tabellen entnommen werden kann, **beschränkt sich die Rechnung auf die Werte α_1, A_1 und L_1.** Der Achsenwinkel wird sich durch $\delta_2' = 20^0\,53',9$ ändern in $\omega' = 119^0\,53',9$.

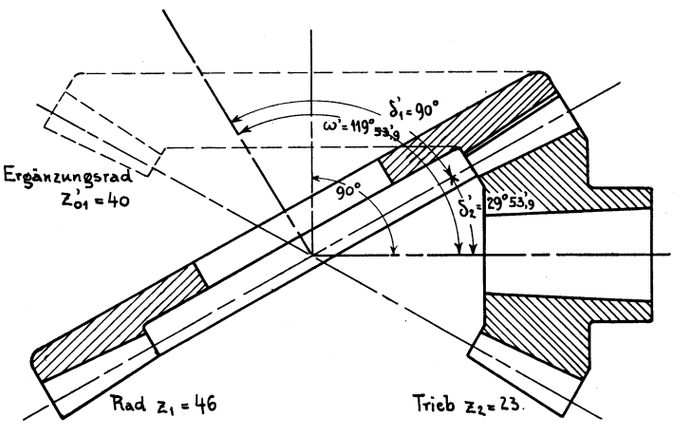


Abb. 92.

Kegelräder nach Gleason*). Achsenwinkel 90°. Gerade Zähne.

(Die Berechnung der Räder mit Achsenwinkel $\gtrless 90^0$ ist wie bei Bilgram zu behandeln unter Berücksichtigung des Gleason-Freischnittes.)

Die Berechnung von

Normalkegelrädern, welche auf Gleason-Maschinen hergestellt werden sollen, unterscheidet sich im Prinzip nicht von derjenigen nach Bilgram. Ein Unterschied ergibt sich nur durch den verschiedenen Freischnitt. Gleason empfahl hierfür den Wert 0,157 und neuerdings 0,188, während Bilgram 0,1236 angab. Bei letzterem Wert kann natürlich leichter ein Auflaufen des Zahnkopfes im Grund eintreten, und stellt der Wert 0,188 das geringste Maß, wie es sich auf Grund der amerikanischen Erfahrungen herausstellte, dar.

Es wird also

$$\operatorname{tg}\gamma = 1{,}157 \cdot \operatorname{tg}\beta \quad \text{bzw.} \quad 1{,}188 \cdot \operatorname{tg}\beta,$$

woraus sich die weiteren Maße mit den gleichen Formeln, wie nach Bilgram, ergeben. Es ist auch durchaus möglich, Kegelradkörper nach Bilgram auf Gleason-Hobelmaschinen zu verzahnen, woraus folgt, daß man für Gleason-Räder die Tabellen für Bilgram-Räder benutzen kann, wenn man gewillt ist, den kleineren Freischnitt in Kauf zu nehmen.

Anders verhält es sich mit den

Kegelrädern mit Höhenkorrektion. Hierfür haben die Gleason-Werke vor kurzem ganz neuartige Grundsätze aufgestellt. Es sei zunächst in kurzen Umrissen mitgeteilt, welche Erwägungen zu dem neuen Gleason-Korrektionssystem geführt haben:

Bei kleinen Zähnezahlen des Triebes und großer Übersetzung werden die Zähne des Triebes mehr oder weniger „unterschnitten", d. h. die Zahnstärke ist im Grund kleiner wie im Teilkreis. Es ist klar, daß hierdurch die Festigkeit des Zahnes herabgesetzt wird. Es gibt nun 3 Mittel, die Zahnstärke im Grund auf das geeignete Maß zu bringen:

1. Durch einen größeren Eingriffswinkel;

2. durch Vergrößerung der Zahnstärke des Triebes und gleichzeitiger Verkleinerung derselben beim Rade (Seitenkorrektion);

3. durch Verkürzung der Zahnfußtiefe des Triebes und gleichzeitige Verlängerung derselben beim Rade (Höhenkorrektion).

Zum besseren Verständnis soll zunächst gezeigt werden, wie der Unterschnitt entsteht und wie die Grenze, wo derselbe bei normaler Zahnkopfhöhe eintritt, rechnerisch zu bestimmen ist.

In Abb. 93 ist ein Evolventenzahn (Trieb) in Eingriff mit einer Zahnstange (Werkzeug, Plankegelrad) gezeichnet, bei welchem naturgemäß die Evolvente vom Zahnkopf bis zum Wälzkreise, Strecke AB, verläuft. Von B wird als Anschluß an den Grundkreis eine Hohlkehle BC gezogen.

Bei den gezeichneten Zahnabmessungen kann der Werkzeugzahn, da er nicht unter den Punkt B reicht, niemals die Linie BC berühren oder schneiden. Man hat es hier bereits mit Höhenkorrektion zu tun.

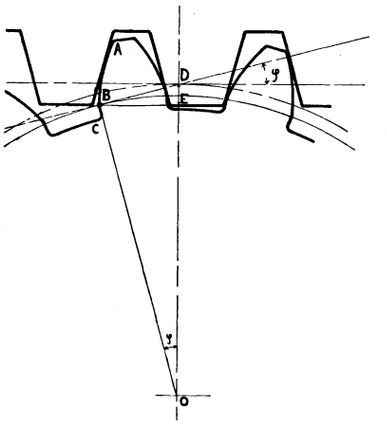


Abb. 93.

Die Abb. 94 zeigt nun, daß bei normalem Zahn der unter dem Wälzkreis liegende Teil der Evolvente

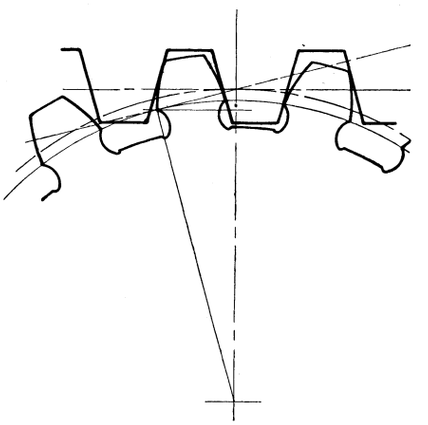


Abb. 94.

weggeschnitten, d. h. der Zahn unterschnitten wird. Der Maximalwert für das Maß DE ergibt sich aus der Beziehung:

$$DO \cdot \sin^2\varphi = DE_{\max},$$

worin DO = halber Teilkreisdurchmesser des Triebes, φ der Eingriffswinkel, DE die Zahnkopfhöhe des Planrades ist. Daraus folgt:

$$f_2 = \frac{d_2}{2} \cdot \sin^2\varphi + \text{Freischnitt}$$

oder auch bei Modul 1:

$$f_2 \leqq \frac{z_2}{2} \cdot \sin^2\varphi + 0{,}188.$$

Es ist ersichtlich, daß die Korrektion um so größer sein muß, je kleiner der Teilkreisdurchmesser des Triebes und je kleiner der Eingriffswinkel ist. Der große Einfluß des Eingriffswinkels auf den Unterschnitt erhellt daraus, daß der sin desselben in zweiter Potenz wirksam ist.

Der kleinere Eingriffswinkel hat aber andererseits den Vorteil vergrößerter Eingriffsdauer, welche unter Umständen die schädlichen Folgen des Unterschnitts durch gleichzeitiges Arbeiten von 2 oder mehr Zähnen ausgleicht.

*) Gleason-works, Rochester N.Y. — U.S.A. ist die Herstellerin der Gleason-Kegelradabwälzhobelautomaten (Vertreter: Böhm & Bormann, Berlin-Tempelhof).

So weit die Theorie. In der Praxis kann f_2 bedeutend größer sein, ohne daß der Unterschnitt mehr als praktisch zulässig ist, ausfällt.

In bezug auf ruhigen Lauf hat die Praxis gezeigt, daß bei kleinerem Eingriffswinkel bessere Resultate sich ergeben, weshalb erst bei sehr kleinen Zähnezahlen von dem üblichen Eingriffswinkel von $14^1/_2{}^0$ (bei uns 15^0) abgewichen wird. Gleason hat für geradzähnige Räder folgendes Schema aufgestellt:

Bei Übersetzungen

von 10:10 und mehr Zähnen } 20^0 Eingriffswinkel.
und 11:11 bis 11:14 Zähnen }

Bei 11:15 und mehr Zähnen, } $17^1/_2{}^0$ Eingriffswinkel.
12:12 und mehr Zähnen
und 13:13 bis 13:24 Zähnen }

Bei 13:25 und mehr Zähnen } $14^1/_2{}^0$ Eingriffswinkel.
und mehr als 14 Zähnen des Triebes }

Für die Ermittlung der Kegelradabmessungen bzw. der Maße der Drehkörper ist der Eingriffswinkel ohne Einfluß.

Erwähnt sei noch, daß ein großer Eingriffswinkel spitzere Triebzähne ergibt, was bei gehärteten Rädern ungünstig ist.

Schließlich spielt die Lebensdauer der Verzahnung eine Rolle. Beiderseits des Teilkreises wird die Zahnflanke am meisten beansprucht, weil der Zahndruck am größten ist. Wenn auch die Gleitbewegung in dieser Zone am geringsten ist, so spielt doch der Zahndruck die größere Rolle.

Das Gleason-Korrektionssystem

sucht nun eine möglichst einfache und praktische Zusammenfassung zu finden, ohne einen der drei Hauptpunkte, nämlich Geräuschlosigkeit, Festigkeit und Dauerhaftigkeit, zu opfern. Wenn man von dem Wunsche absieht, Kegelräder aller Zähnezahlen bei verschiedenem Achsenwinkel zueinander passend, abrollend zu haben, könnte an und für sich jede Übersetzung den ihr geeignetsten Eingriffswinkel bekommen; um aber eine gewisse Normung zu erreichen, hat Gleason nur die 3 Eingriffswinkel $14^1/_2{}^0$, $17^1/_2{}^0$ und 20^0 gewählt. Der Versuch, bei geradzahnigen Rädern die Zahnkopfhöhe gleich der bei Spiralkegelrädern auf 0,85 zu verkürzen, zeigte, daß die Getriebe geräuschvoller arbeiten.

Tabelle der Zahnkopfhöhen des Rades für Modul 1, 90^0 Achsenwinkel, gerade Zähne.

Übersetzung U von — bis	Zahnkopfhöhe k_τ	Übersetzung U von — bis	Zahnkopfhöhe k_τ	Übersetzung U von — bis	Zahnkopfhöhe k_τ
1,00—1,00	1,00	1,23—1,25	0,84	1,76—1,82	0,68
1,00—1,02	0,99	1,25—1,27	0,83	1,82—1,89	0,67
1,02—1,03	0,98	1,27—1,29	0,82	1,89—1,97	0,66
1,03—1,04	0,97	1,29—1,31	0,81	1,97—2,06	0,65
1,04—1,05	0,96	1,31—1,33	0,80	2,06—2,16	0,64
1,05—1,06	0,95	1,33—1,36	0,79	2,16—2,27	0,63
1,06—1,08	0,94	1,36—1,39	0,78	2,27—2,41	0,62
1,08—1,09	0,93	1,39—1,42	0,77	2,41—2,58	0,61
1,09—1,11	0,92	1,42—1,45	0,76	2,58—2,78	0,60
1,11—1,12	0,91	1,45—1,48	0,75	2,78—3,05	0,59
1,12—1,14	0,90	1,48—1,52	0,74	3,05—3,41	0,58
1,14—1,15	0,89	1,52—1,56	0,73	3,41—3,94	0,57
1,15—1,17	0,88	1,56—1,60	0,72	3,94—4,82	0,56
1,17—1,19	0,87	1,60—1,65	0,71	4,82—6,81	0,55
1,19—1,21	0,86	1,65—1,70	0,70	6,81— ∞	0,54
1,21—1,23	0,85	1,70—1,76	0,69		

Die vorstehende Tabelle wird wie folgt gebraucht:

Zahnkopfhöhe des Rades in mm: $k_1 = m \cdot k_\tau$,
Zahnkopfhöhe des Triebes in mm: $k_2 = m\,(2 - k_\tau)$,
Zahnfußhöhe „ Rades „ „ : $f_1 = m\,(2{,}188 - k_\tau)$,
„ „ Triebes „ „ : $f_2 = m\,(0{,}188 + k_\tau)$,
Eingriffstiefe $= 2 \cdot m$,
Zahnhöhe $= 2{,}188 \cdot m$.

Ich mache auch hier besonders darauf aufmerksam, daß bei Rädern mit kleinen Zähnezahlen die Korrektion dem Rad mehr schädlich sein kann, als sie dem Trieb nützlich ist. (Siehe 2. Beispiel.)

Einige Beispiele sollen den Unterschied gegen die Bilgram-Korrektion zeigen.

1. Beispiel:

Gleason	**Bilgram**
$z_1 = 20$, $z_2 = 20$ } $m = 1$,	$U = \frac{20}{20} = 1{,}00$,
$k_1 = 1 \cdot 1{,}00 = 1{,}00$ mm	$k_1 = m = 1{,}00$ mm
$f_1 = 1 \cdot (2{,}188 - 1) = 1{,}19$ mm	$f_1 = 1{,}1236 \cdot 1 = 1{,}12$ mm

2. Beispiel:

$z_1 = 20$, $z_2 = 12$ } $m = 4$, $U = \frac{20}{12} = 1{,}667$,

$k_1 = 4 \cdot 0{,}7 = 2{,}80$ mm	$k_1 = 4 \cdot 0{,}7 = 2{,}80$ mm
$k_2 = 4\,(2 - 0{,}7) = 5{,}20$ mm	$k_2 = 4 \cdot 1{,}301 = 5{,}20$ mm
$f_1 = 4\,(2{,}188 - 0{,}7) = 5{,}95$ mm	$f_1 = 8{,}49 - 2{,}80 = 5{,}69$ mm
$f_2 = 4\,(0{,}188 + 0{,}7) = 3{,}55$ mm	$f_2 = 8{,}49 - 5{,}20 = 3{,}29$ mm
$h = 4 \cdot 2{,}188 = 8{,}75$ mm	$h = 4 \cdot 2{,}1236 = 8{,}49$ mm

Nach Gleason würde hierbei ein Eingriffswinkel von $17^1/_2{}^0$ genommen werden. Bei Bilgram ist dies nicht erwähnt und würde bei 15^0 Eingriffswinkel der Fall eintreten, daß das Rad unterschnitten wird. Beweis:

Für das Rad wird $f_1 = \frac{80}{2} \cdot \sin^2 15^0 = 40 \cdot 0{,}067 = 2{,}7$ mm.
Für den Trieb wird $f_2 = \frac{48}{2} \cdot \sin^2 15^0 = 24 \cdot 0{,}067 = 1{,}6$ mm.

Wie ersichtlich, wird f_1 durch die Korrektion viel zu groß, es tritt Unterschnitt ein.

3. Beispiel:

$z_1 = 35$, $z_2 = 12$ } $m = 3$, $U = 2{,}917$,

$k_1 = 3 \cdot 0{,}59 = 1{,}77$ mm	$k_1 = 3 \cdot 0{,}633 = 1{,}90$ mm
$k_2 = 3\,(2 - 0{,}59) = 4{,}23$ mm	$k_2 = 3 \cdot 1{,}367 = 4{,}10$ mm
$f_1 = 3\,(2{,}188 - 0{,}59) = 4{,}79$ mm	$f_1 = 6{,}37 - 1{,}9 = 4{,}47$ mm
$f_2 = 3\,(0{,}188 + 0{,}59) = 2{,}33$ mm	$f_2 = 6{,}37 - 4{,}1 = 2{,}27$ mm
$h = 3 \cdot 2{,}188 = 6{,}56$ mm	$h = 3 \cdot 2{,}1236 = 6{,}37$ mm
Freischnitt $= 3 \cdot 0{,}188 = 0{,}56$ mm	Freischnitt $= 3 \cdot 0{,}1236 = 0{,}37$ mm

4. Beispiel:

$z_1 = 55$, $z_2 = 10$ } $m = 10$, $U = 5{,}5$,

$k_1 = 10 \cdot 0{,}55 = 5{,}50$ mm	$k_1 = 10 \cdot 0{,}561 = 5{,}61$ mm
$k_2 = 10\,(2 - 0{,}55) = 14{,}50$ mm	$k_2 = 10 \cdot 1{,}44 = 14{,}40$ mm
$f_1 = 10\,(2{,}188 - 0{,}55) = 16{,}38$ mm	$f_1 = 21{,}24 - 5{,}61 = 15{,}63$ mm
$f_2 = 10\,(0{,}188 + 0{,}55) = 7{,}38$ mm	$f_2 = 21{,}24 - 14{,}40 = 6{,}84$ mm
$h = 10 \cdot 2{,}188 = 21{,}88$ mm	$h = 10 \cdot 2{,}1236 = 21{,}24$ mm

5. Beispiel:

$z_1 = 50$, $z_2 = 20$ } $m = 10$, $U = 2{,}5$,

$k_1 = 10 \cdot 0{,}61 = 6{,}10$ mm	$k_1 = 10 \cdot 0{,}851 = 8{,}51$ mm
$k_2 = 10\,(2 - 0{,}61) = 13{,}90$ mm	$k_2 = 10 \cdot 1{,}149 = 11{,}49$ mm

Wie man sieht, ergibt sich erst bei größeren Zähnezahlen ein merklicher Unterschied. Dies kommt daher, daß Gleason die Höhenkorrektion nur von der Übersetzung abhängig macht, während Bilgram bei über 25 Zähnen des Triebes auf Korrektion verzichtet.

Spiralkegelräder nach Reinecker.

Die Entwicklung der Zahnform derart, daß der Hobelstahl die Stelle eines Plankegelrades von 90° Teilkreiswinkel vertritt, ist, wie bei den Bilgram-Hobelmaschinen für gerade Zähne, auch hier zugrunde gelegt, nur daß der Hobelstahl nicht wie bei letzterem zum Scheitelpunkt arbeitet, sondern mehr oder weniger exzentrisch dazu.

Die Radkörper für gerade Zähne können ohne weiteres auch mit Spiralverzahnung versehen werden, doch ist es üblich, die Zahnhöhe niedriger, und zwar 0,8 derjenigen bei geraden Zähnen zu wählen. Es wird dadurch die Grenze zwischen Normalkegelrädern und korrigierten nach der Seite der letzteren verschoben. Wenn der im Korrektionsdiagramm abgelesene zulässige Zahnkopfwinkel größer als der normale für die verringerte Zahnhöhe ist, kann keine Korrektion stattfinden. Es ist, wie früher wiederholt angedeutet, auch hier besser, bei den hart an der Grenze liegenden Rädern, also wo der Korrektionswinkel ganz klein ist, nicht zu korrigieren, besonders bei kleinen Zähnezahlen, wo eine Verbesserung der Triebzähne durch eine übermäßige Verschlechterung der Radzähne erkauft würde.

Es ist demnach:

$$\operatorname{tg} \beta^s = 0{,}8 \cdot \operatorname{tg} \beta = 0{,}8 \cdot \frac{\sin \delta_1}{\frac{z_1}{2}}.$$

Alle übrigen Maße errechnen sich auf Grund dieses verkleinerten $\sphericalangle \beta$ in gleicher Weise, wie bei den geradzahnigen Rädern.

Die weiteren, speziell für Spiralräder nötigen Maße, wie Exzentrizität des Hobelstahles, Hobelwinkel und Korrektion der Seitenverstellung haben mit den Maßen des Drehkörpers nichts zu tun, gehören also nicht in den Rahmen dieses Werkes.

Die Aufstellung von Tabellen erfordert eine solche Mehrarbeit, daß zunächst, im 1. Band des vorliegenden Werkes, davon abgesehen werden mußte.

Die Spiralräder nach Reinecker können ohne weiteres in den Zahnflanken geschliffen werden, wobei der Hobelstahl durch eine Schmirgelscheibe von gleichem Profil ersetzt wird, was nur bildlich zu nehmen ist, da hierfür statt der Hobelmaschine eine Schleifmaschine Verwendung findet.

Die Böttcher-Verzahnung.

Der grundlegende Fortschritt der Böttcher-Verzahnung beruhte auf der Erkenntnis, daß es durchaus nicht schwieriger ist, Kreisbogen auf konische Radkörper aufzuwälzen, als die üblichen geraden oder schrägen Zahnformen. Durch die Anwendung des Kreisbogens als Grundform für den Zahn wurde nicht nur ein ebenbürtiger Ersatz für die Spiralform gefunden, sondern gleichzeitig ein gänzlich neuer Weg zur Einführung der einfachsten und rationellsten maschinellen Bewegung, der gleichförmig rotierenden Fräserbewegung in die Verzahnungstechnik der Kegelräder beschritten. So entstand 1909 die erste Böttchersche Kegelradabwälzfräsmaschine, die Erfindung eines Deutschen*). Die Maschine nach diesem Prinzip erzeugt mittels geradflankiger, trapezförmiger Schneidstähle die fehlerfreie Evolventenverzahnung wie die Abwälzhobelmaschine, ist aber durch das kontinuierliche Arbeiten mit dem Fräskopf bedeutend leistungsfähiger.

Der amerikanischen Firma Gleason war es erst vorbehalten, dieses System so zu vervollkommnen und während des Krieges in Massenfabrikation speziell im Automobilbau einzuführen, daß es in Fachkreisen meist als neue amerikanische Erfindung angesehen wurde.

Die Böttcher-Verzahnung ist heute dadurch charakterisiert, daß für Rad und Trieb je ein besonderes Werkzeug verwendet wird. Die Zähne des einreihigen fräsen die Zahnlücke des Rades gleichzeitig in beiden Flanken, während die Zähne des zweireihigen Werkzeuges die beiden Flanken eines Triebzahnes gleichzeitig schneiden. Die beiden Werkzeuge passen genau ineinander. Die erzeugten Zahnflanken des Rades liegen daher über die ganze Zahnbreite vollkommen auf den Zähnen des Triebes auf und wälzen sich ohne theoretischen Fehler aufeinander ab.

Die Zähne besitzen von außen nach innen weder in der Höhe, noch nach der Seite Konizität. Die Zahnlücke ist überall gleich hoch, die Zähne haben in jedem Querschnitt gleiche Normalteilung.

Über die Berechnung dieser Räder gibt eine Broschüre dieser Firma erschöpfende Auskunft. Von einer Wiedergabe mußte leider wegen Raummangel verzichtet werden.

Tabellen könnten nur aufgestellt werden, wenn man den „Sprung“ und die jeweiligen Werkzeugdurchmesser normalisieren würde, weil daraus die mittlere Normalteilung und damit Zahnhöhe und alle davon abhängigen Maße resultieren.

---

*) Firma Böttcher & Geßner, Altona-Bahrenfeld bei Hamburg.

Die Gleason-Spiralkegelräder.

Zum Unterschied von der Böttcher-Verzahnung sind die Zähne der Gleason-Räder in Richtung der Zahnbreite und der Zahnstärke konisch.

Ein Fräskopf schneidet Rad und Trieb, so zwar, daß die Außenflanke der Messer die konkave, die Innenflanke die konvexe Seite des Zahnes schneidet. Dadurch sind die Zahnflanken von Rad und Trieb, die zusammenkämmen, mit einem ein wenig verschiedenen Fräserdurchmesser geschnitten, so daß der Druck sich am meisten gegen die Mitte des Zahnes legt, gegen die Enden der Zähne, außen und innen, dagegen verschwindet. Dies bewirkt eine gewisse Unempfindlichkeit der Gleason-Räder bei Differenzen durch Materialspannungen oder Einbaufehler.

Es kann bei Vorführung eines Getriebes auf der Prüfmaschine gezeigt werden, daß eine achsiale Verstellung in verhältnismäßig weiten Grenzen keinen Einfluß auf den ruhigen Lauf hat. Gegen besonders große Einbaufehler können natürlich auch diese Räder in betreff Dauerhaftigkeit nicht standhalten.

Die Berechnung beruht auf Anwendung des Gleason-Korrektionssystems (siehe Gleasonräder mit geraden Zähnen) zur Bestimmung von Zahnkopf- und Zahnfußhöhe, worauf sich die Berechnung aller anderen Drehmaße anschließt, worüber die deutsche Vertretung des Gleasonwerks, Böhm & Bormann, Berlin-Tempelhof, geeignete Druckschriften liefern. Nachstehende Tabelle wird in gleicher Weise benutzt, wie diejenige bei den geradzahnigen Rädern.

Tabelle der Zahnkopfhöhen für Spiralkegelräder mit 90^0 Achsenwinkel, Modul 1.

Übersetzung von — bis	Zahnkopfhöhe k_τ	Übersetzung von — bis	Zahnkopfhöhe k_τ	Übersetzung von — bis	Zahnkopfhöhe k_τ
1,00—1,00	0,85	1,23—1,26	0,71	1,82—1,90	0,57
1,00—1,02	0,84	1,26—1,28	0,70	1,90—1,99	0,56
1,02—1,03	0,83	1,28—1,31	0,69	1,99—2,10	0,55
1,03—1,05	0,82	1,31—1,34	0,68	2,10—2,23	0,54
1,05—1,06	0,81	1,34—1,37	0,67	2,23—2,38	0,53
1,06—1,08	0,80	1,37—1,41	0,66	2,38—2,58	0,52
1,08—1,09	0,79	1,41—1,44	0,65	2,58—2,82	0,51
1,09—1,11	0,78	1,44—1,48	0,64	2,82—3,17	0,50
1,11—1,13	0,77	1,48—1,52	0,63	3,17—3,67	0,49
1,13—1,15	0,76	1,52—1,57	0,62	3,67—4,56	0,48
1,15—1,17	0,75	1,57—1,63	0,61	4,56—7,00	0,47
1,17—1,19	0,74	1,63—1,68	0,60	7,00—∞	0,46
1,19—1,21	0,73	1,68—1,75	0,59		
1,21—1,23	0,72	1,75—1,82	0,58		

Die vorstehende Tabelle wird wie folgt gebraucht:

Zahnkopfhöhe des Rades in mm: $k_1 = m \cdot k_\tau$.

„ „ Triebes in mm: $k_2 = m \cdot (1{,}7 - k_\tau)$.

Zahnfußhöhe des Rades in mm: $f_1 = m \cdot (1{,}888 - k_\tau)$.

„ „ Triebes in mm: $f_2 = m \cdot (0{,}188 + k_\tau)$.

Eingriffstiefe $= 1{,}7 \cdot m$.

Zahnhöhe $h = 1{,}888 \cdot m$.

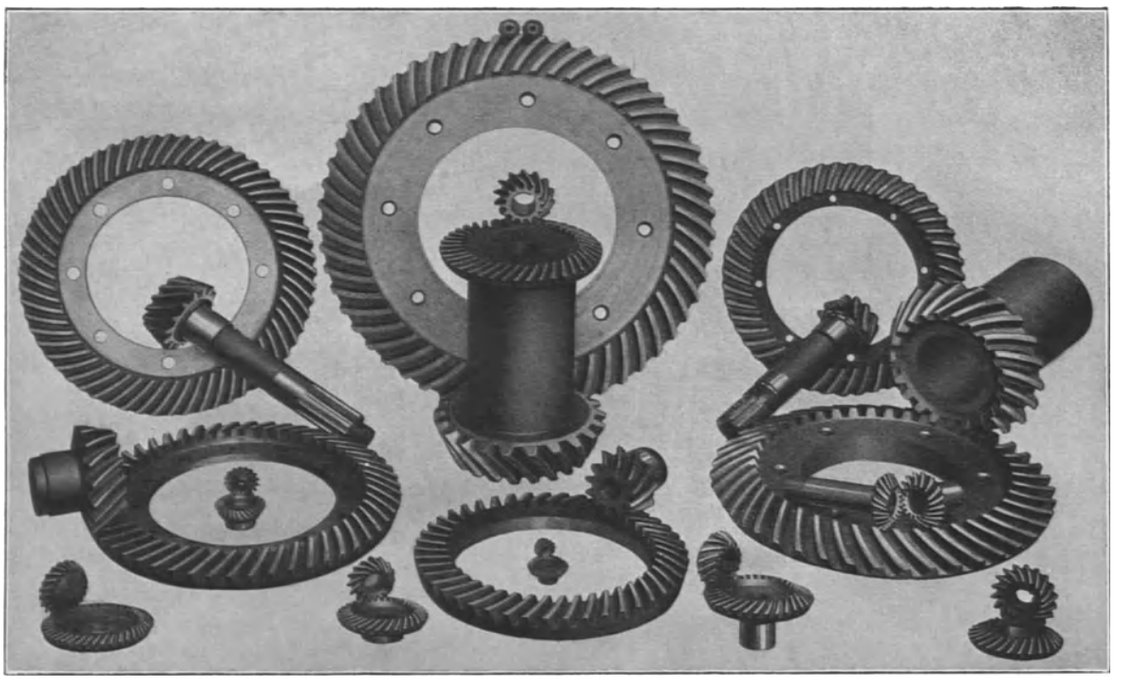


Abb. 95. Verschiedene Gleason-Spiralkegelräder.

Beispiel einer Berechnung.

(Zeichen für die Maße siehe Abb. 25, Seite 29.)

Gegeben: $z_1 = 55$, $z_2 = 13$, $m = 5$, $b = 30$.

Gesucht: $U = \frac{z_1}{z_2} = \frac{55}{13} = \mathbf{4{,}231}$. $u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{13}{55} = \mathbf{0{,}236}$.

$\operatorname{tg} \delta_1 = U = 4{,}231$. $\operatorname{tg} \delta_2 = u = 0{,}236$.

$\sphericalangle \delta_1 = \mathbf{76^0\,42'}$. $\sphericalangle \delta_2 = \mathbf{13^0\,18'}$.

$d_1 = m \cdot z_1 = 5 \cdot 55 = \mathbf{275}$ mm. $d_2 = m \cdot z_2 = 5 \cdot 13 = \mathbf{65}$ mm.

$e = \frac{d_1}{2 \cdot \sin \delta_1} = \frac{275}{2 \cdot \sin 76^0\,42'} = \mathbf{141{,}29}$ mm.

$t = m \cdot \pi = 5 \cdot 3{,}1416 = \mathbf{15{,}708}$ mm.

$h = 1{,}888 \cdot m = 1{,}888 \cdot 5 = \mathbf{9{,}44}$ mm.

Eingriffstiefe $= 1{,}7 \cdot m = 1{,}7 \cdot 5 = \mathbf{8{,}50}$ mm.

$k_1 = m \cdot k_\tau = 5 \cdot 0{,}48 = \mathbf{2{,}40}$ mm. $k_2 = m\,(1{,}7 - k_\tau) = 5 \cdot 1{,}22 = \mathbf{6{,}10}$ mm

$f_1 = m\,(1{,}888 - k_\tau) = 5 \cdot 1{,}408 = \mathbf{7{,}04}$ mm. $f_2 = m\,(0{,}188 + k_\tau) = 5 \cdot 0{,}668 = \mathbf{3{,}34}$ mm.

Freischnitt $= f_1 - k_2 = 7{,}04 - 6{,}10 = \mathbf{0{,}94}$ mm.

$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{k_1}{e} = \frac{2{,}4}{141{,}29} \cdot \sphericalangle \beta_1 = \mathbf{0^0\,58'}$. $\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{k_2}{e} = \frac{6{,}1}{141{,}29} \cdot \sphericalangle \beta_2 = \mathbf{2^0\,28'}$.

$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{f_1}{e} = \frac{7{,}04}{141{,}29} \cdot \sphericalangle \gamma_1 = \mathbf{2^0\,31'}$. $\operatorname{tg} \gamma_2 = \frac{f_2}{e} = \frac{3{,}34}{141{,}29} \cdot \sphericalangle \gamma_2 = \mathbf{1^0\,21'}$.

$\sphericalangle \alpha_1 = \delta_1 + \beta_1 = 76^0\,42' + 0^0\,58' = \mathbf{77^0\,40'}$. $\sphericalangle \alpha_2 = \delta_2 + \beta_2 = 13^0\,18' + 2^0\,28' = \mathbf{15^0\,46'}$.

$D_1 = m\,(z_1 + z_2 \cdot \operatorname{tg} \beta_1) = \mathbf{276{,}10}$ mm. $D_2 = m\,(z_2 + z_1 \cdot \operatorname{tg} \beta_2) = \mathbf{76{,}84}$ mm.

$A_1 = \frac{D_1}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{276{,}10}{2 \cdot \operatorname{tg} 77^0\,40'} = \mathbf{30{,}2}$ mm. $A_2 = \frac{D_2}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2} = \frac{76{,}84}{2 \cdot \operatorname{tg} 15^0\,46'} = \mathbf{136{,}1}$ mm.

$L_1 = b \cdot \frac{\cos \alpha_1}{\cos \beta_1} = 30 \cdot \frac{\cos 77^0\,40'}{\cos 0^0\,58'} = \mathbf{6{,}4}$ mm. $L_2 = b \cdot \frac{\cos \alpha_2}{\cos \beta_2} = 30 \cdot \frac{\cos 15^0\,46'}{\cos 2^0\,28'} = \mathbf{28{,}9}$ mm.

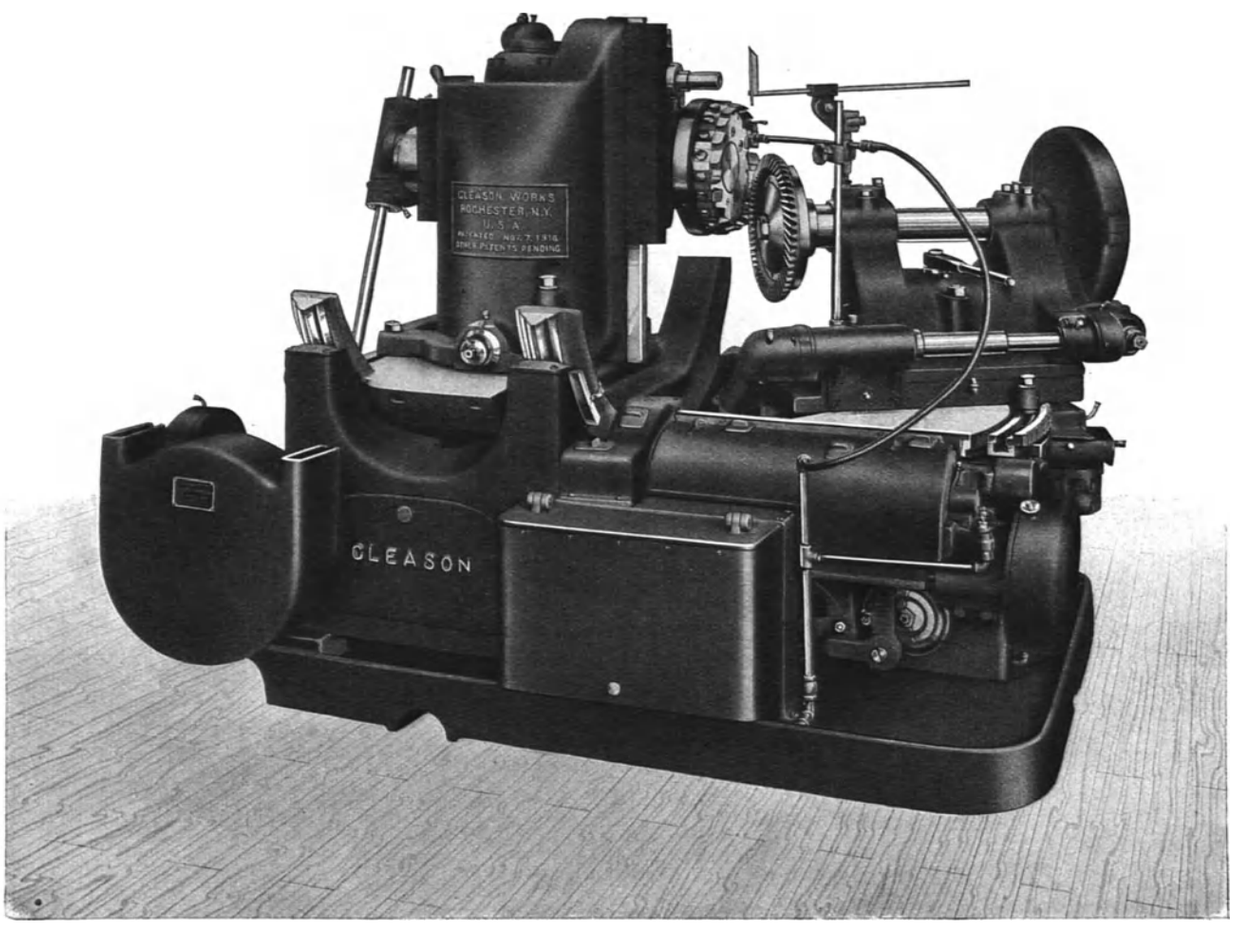


Abb. 96. Gleason-Spiralkegelrad-Abwälzfräsautomat.

Vergleichstafel der Benennungen und Bezeichnungen einiger Firmen.

Golliasch		J. E. Reinecker, Chemnitz Sa.		Böhm & Bormann, Berlin-Tempelhof.*)		Maschinenfabrik Prometheus, Berlin-Reinickendorf O.		Fr. Stolzenberg & Co., Berlin-Reinickendorf W.		Schuchardt & Schütte, Berlin C2.	
Benennung	Bez.	Benennung	Bez.	Benennung	Bez.	Benennung	Bez.	Benennung	Bez.	Benennung	Bez.
Übersetzungs-Verhältnis	U			Übersetzungsverhältnis	U			Übersetzungsverhältnis			
„ (reziprok)	u										
Teilkreiswinkel des Rades	δ_1	Teilkreiswinkel d. Rades	A_r	Teilkreiswinkel d. Rades	α	Teilkreiswinkel d. Rades I	α_1	Teilkegelwinkel d. gr. Rad.	α^1	Teilkreiswinkel d. gr. Rad.	α_1
„ „ Triebes	δ_2	„ d. Getriebes	A_g	„ d. Trieblings	α_1	„ „ „ II	α_2	„ „ kl. Rad.	α	„ d. kl. Rad.	α_2
Zähnezahl des Rades	z_1	Zähnezahl des Rades	z_r	Zähnezahl des Rades	Z	Zähnezahl des Rades I	Z_I	Zähnezahl des gr. Rades	Z	Zähnezahl des gr. Rades	Z
„ „ Triebes	z_2	„ „ Getriebes	z_g	„ des Trieblings	z	„ „ „ II	Z_{II}	„ „ kl. „	z	„ des kl. Rades	z
Teilkreisdurchm. d. Rades	d_1	Teilkreisdurchm. d. Rades	d_r	Teilkreisdurchm. d. Rades	O	Teilkreisdurchm. d. Rades I	$D_{t\,I}$	Teilkreisdurchm. d. gr. Rad.	D_t	Teilkreisdurchm. d. gr. Rad.	D_t
„ des Triebes	d_2	„ d. Getriebes	d_g	„ d. Trieblings	o	„ „ „ II	$D_{t\,II}$	„ d. kl. Rad.	d_t	„ d. kl. Rad.	d_t
Zahnkopfw. d. Normalräder	β	Normaler Zahnkopfwinkel	B	Zahnkopfwinkel normal	φ	Zahnkopfwinkel normal	γ	Zahnkopfwinkel β und	β^1		
„ d. Rad. (korr.)	β_1	Zahnkopfw. d. Rad. (korr.)	B_r	„ korr., Rad	φ korr.	Zahnkopfw. d. Rad. (korr.)	γ_1	„ d. gr. Rad.	β^1	Zahnkopfwinkel d. gr. Rad.	β_1
„ d. Trieb. (korr.)	β_2	„ d. Getrieb. (korr.)	B_g	„ „ Triebl.	φ_1 korr.	„ „ Getr. (korr.)	γ_2	„ d. kl. Rad.	β	„ d. kl. Rad.	β_2
Zahnfußw. d. Normalräder	γ	Normaler Zahnfußwinkel	C	Zahnfußwinkel normal	η						
„ d. Rades (korr.)	γ_1	Zahnfußw. d. Rades (korr.)	C_r	„ korr., Rad	η korr.	Zahnfußw. d. Rad. (korr.)	ε_1				
„ d. Triebes (korr.)	γ_2	„ d. Getrieb. (korr.)	C_g	„ „ Triebl.	η_1 korr.	„ „ Getr. (korr.)	ε_2				
Freischnitt (= Differenz Zahnfuß-Zahnkopfhöhe)		(= 0,1236 · m)		Freischnitt = 0,188 · m (früher 0,157 · m)	A	(= 0,1235 · m)		(= 0,17 · m)		(= 0,166 · m)	
Außenwinkel des Rades	α_1			Stirnwinkel des Rades	β	Außenwinkel des Rades I	δ_1			Winkel d. Zahnkegels, gr. R.	γ_1
„ „ Triebes	α_2			„ des Trieblings	β_1	„ „ „ II	δ_2			„ „ „ kl. R.	γ_2
(= 90 − α_1)		Konuswinkel des Rades	K_{or}	Außen(Seiten-)winkel d. R.	δ			Zahnkranzwinkel d. gr. Rad.	γ^1	Wink. d. Ergänzungsk. gr. R.	δ_1
(= 90 − α_2)		„ „ Getriebes	K_{og}	„ d. Tr.	δ_1			„ d. kl. Rad.	γ	„ „ „ kl. R.	δ_2
Zahnkopfhöhe d. Normalr.	k					Zahnkopfhöhe	H_k	Zahnkopfhöhe (= m)		Zahnkopfhöhe	h_2
„ d. Rad. (korr.)	k_1			Zahnkopfhöhe d. Rad., spez.	L						
„ d. Trieb. (korr.)	k_2			„ d. Triebl., „	l						
Zahnhöhe	h	Zahnhöhe	h	Ganze Zahntiefe	V	Zahnhöhe	HH				
Zahnfußhöhe d. Normalräd.	f	(= 1,1236 · m)		Zahnfußtiefe (= 1,188 · m, früher 1,157 · m)	G	Zahnfußhöhe (= 1,1235 · m)	H_f	Zahnfußhöhe (= 1,17 · m)		Zahnfußhöhe (= 1,166 · m)	h_1
„ d. Rad. (korr.)	f_1			„ d. Rades (korr.)	G spez.						
„ d. Trieb. (korr.)	f_2			„ d. Triebl. (korr.)	g spez.						
				Grundwinkel des Rades	γ						
				„ des Trieblings	γ_1						
Teilkreisdistanz	e	Distanz im Teilkreis	E_T	Kegeldistanz auf Teilkreis	C	Distanzseite der Teilkegel	A			Kegellänge	s
Zahnfußdist. d. Normalräder	E	Distanz im Fußkreis	E	„ a. Grundl.	B						
„ d. Rad. (korr.)	E_1	„ „ „ d. Rad.	EF_r	„ „ d. R., spez.	B spez.	Distanz des Rades	A_I				
„ d. Triebes (korr.)	E_2	„ „ „ d. Getr.	EF_g	„ „ d. Tr., „	b spez	„ „ Getriebes	A_{II}				
Außendurchmesser d. Rades	D_1	Außendurchm. d. Rades	D_r	Außendurchm. d. Rades	D	Außendurchm. des Rades	$D_{a\,I}$	Außendurchm. d. gr. Rad.	D_a		
„ d. Triebes	D_2	„ d. Getriebes	D_g	„ d. Trieblings	d	„ d. Getriebes	$D_{a\,II}$	„ d. kl. Rad.	d_a		
Außenkreisabstand d. Rades	A_1			Eckabstand des Rades	J					Kegelhöhe	Q
„ d. Triebes	A_2			„ des Trieblings	i					„	q
Zahnbreite	b			Zahnbreite	F	Zahnbreite	B	Zahnbreite		Zahnbreite	b
Zahnlänge des Rades	L_1			Vertikalabstand Zahnkopf innen–außen, Rad	F_3						
„ „ Triebes	L_2			Vertikalabstand Zahnkopf innen–außen, Triebl.	f_3						
Achsenwinkel	ω	Achsenwinkel	w	Achsenwinkel	Ω	Achsenwinkel	β	Achsenwinkel	A	Achsenwinkel	A
Korrektionswinkel	ε	Korrektionswinkel	α			Korrektionswinkel	α				
(= δ_1)				Teilkreis-Umfangsteilung	Q			Rückenwinkel d. gr. Rades	δ^1		
(= δ_2)				Stirnkreis-Modul	m			„ d. kl. Rad.	δ		
Teilung	t			Abstand v. Mittellinie d. R.	J_1						
Modul	m			„ „ d. Tr.	i_1						
(= $A_1 - L_1$)				Zahnlänge des Rades	F_1						
(= $A_2 - L_2$)				„ des Trieblings	f_1						
$N = \left(\frac{d_2}{2} - A_1\right)$				Entfern. Zahnk. v. Teilkr., R.	N						
$n = \left(\frac{d_1}{2} - A_2\right)$				„ „ „ Tr.	n						
				Innendurchm. d. Rades	D_1						
				„ d. Trieblings	d_1						

*) Vertreter d. Gleason-works, Rochester N.Y. — U.S.A.

Zahnräder. I. Teil. **Stirn- und Kegelräder mit geraden Zähnen.** Von Prof. Dr. **A. Schiebel,** Prag. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 132 Textfiguren. (Heft 3 der „Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau". Herausgegeben von Ingenieur C. Volk, Berlin.) 1922. GZ. 4.5

Zahnräder. II. Teil. **Räder mit schrägen Zähnen.** (Räder mit Schraubenzähnen und Schneckengetriebe.) Von Prof. Dr. **A. Schiebel,** Prag. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 137 Textfiguren. (Heft 5 der „Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau". Herausgegeben von Ingenieur C. Volk, Berlin.) 1923. GZ. 4.5

Das Maschinenzeichnen des Konstrukteurs. Von **C. Volk,** Direktor der Beuth-Schule und Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin. Mit 214 Abbildungen. 1921. GZ. 2.8

Das Skizzieren von Maschinenteilen in Perspektive. Von Ingenieur **C. Volk,** Direktor der Beuth-Schule in Berlin. Vierte, erweiterte Auflage. Mit 72 in den Text gedruckten Skizzen. Unveränderter Neudruck. 1923. GZ. 1

Entwerfen und Herstellen. Eine Anleitung zum graphischen Berechnen der Bearbeitungszeit von Maschinenteilen. Von Ingenieur **C. Volk.** Zweite Auflage. In Vorbereitung.

Das Maschinen-Zeichnen. Begründung und Veranschaulichung der sachlich notwendigen zeichnerischen Darstellungen und ihres Zusammenhanges mit der praktischen Ausführung. Von Prof. **A. Riedler,** Berlin. Zweite, neubearbeitete Auflage. Zweiter unveränderter Neudruck. Mit 436 Textfiguren. 1923. Gebunden GZ. 9

Für den Konstruktionstisch. Leitfaden zur Anfertigung von Maschinenzeichnungen nach neuesten Gesichtspunkten. Von Dipl.-Ing. **W. Leuckert,** Assistent an der Technischen Hochschule zu Berlin und Dipl.-Ing. **H. W. Hiller,** Konstruktions-Ingenieur. Mit 64 Abbildungen im Text und 3 Tafeln. 1920. GZ. 1.25

Maschinenbau und graphische Darstellung. Einführung in die Graphostatik und Diagrammentwicklung. Von Dipl.-Ing. **W. Leuckert,** Assistent an der Technischen Hochschule zu Berlin und Dipl.-Ing. **H. W. Hiller,** Stadtbaumeister. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 72 Textabbildungen und 2 Tafeln. 1922. GZ. 1.8

Planimetrie mit einem Abriß über die Kegelschnitte. Ein Lehr- und Übungsbuch zum Gebrauche an technischen Mittelschulen. Von Dr. **Adolf Heß,** Professor am Kantonalen Technikum in Winterthur. Zweite Auflage. Mit 207 Textfiguren. 1920. GZ. 2.5

Trigonometrie für Maschinenbauer und Elektrotechniker. Ein Lehr- und Aufgabenbuch für den Unterricht und zum Selbststudium. Von Dr. **Adolf Heß,** Professor am Kantonalen Technikum in Winterthur. Vierte, unveränderte Auflage. Mit 112 Textfiguren. 1922. GZ. 3

Die Differentialgleichungen des Ingenieurs. Darstellung der für die Ingenieurwissenschaften wichtigsten gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen sowie der zu ihrer Lösung dienenden genauen und angenäherten Verfahren einschl. der mechanischen und graphischen Hilfsmittel. Von Privatdozent Dipl.-Ing. Dr. phil. **W. Hort.** Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. In Vorbereitung.

Ingenieur-Mathematik. Lehrbuch der höheren Mathematik für die technischen Berufe. Von Dr.-Ing. Dr. phil. **Heinz Egerer,** Diplom-Ingenieur, vormals Professor für Ingenieur-Mechanik und Materialprüfung an der Technischen Hochschule Drontheim.

Erster Band: **Niedere Algebra und Analysis. — Lineare Gebilde der Ebene und des Raumes in analytischer und vektorieller Behandlung. — Kegelschnitte.** Mit 320 Textabbildungen und 575 vollständig gelösten Beispielen und Aufgaben. Unveränderter Neudruck. 1923. Gebunden GZ. 12

Zweiter Band: **Differential- und Integralrechnung. — Reihen und Gleichungen. — Kurvendiskussion. — Elemente der Differentialgleichungen. — Elemente der Theorie der Flächen und Raumkurven. — Maxima und Minima.** Mit 477 Textabbildungen und über 1000 vollständig gelösten Beispielen und Aufgaben. 1922. Gebunden GZ. 17

Dritter Band: **Gewöhnliche Differentialgleichungen. — Flächen. — Raumkurven. — Partielle Differentialgleichungen. — Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichsrechnung. — Fouriersche Reihen usw.** In Vorbereitung.

Die Nomographie oder Fluchtlinienkunst. Ein technischer Leitfaden. Von **Fritz Krauß,** Ingenieur in Wien. Mit 26 Textfiguren. 1922. GZ. 1.8

Die Herstellung gezeichneter Rechentafeln. Ein Lehrbuch der Nomographie. Von Dr.-Ing. **Otto Lacmann.** Mit 68 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln. Erscheint im Sommer 1923.

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Handbuch der Fräserei. Kurzgefaßtes Lehr- und Nachschlagebuch für den allgemeinen Gebrauch. Gemeinverständlich bearbeitet von **Emil Jurthe** und **Otto Mietzschke,** Ingenieure. Sechste, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 351 Abbildungen, 42 Tabellen und einem Anhang über Konstruktion der gebräuchlichsten Zahnformen an Stirn-, Spiralzahn-, Schnecken- und Kegelrädern. 1923.
Gebunden GZ. 9

Die Schneidstähle. Ihre Mechanik, Konstruktion und Herstellung. Von Dipl.-Ing. **Eugen Simon.** Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit etwa 545 Textabbildungen. In Vorbereitung.

Der Fräser als Rechner. Berechnungen an den Universal-Fräsmaschinen und -Teilköpfen in einfachster und anschaulichster Darstellung, darum zum Selbstunterricht wirklich geeignet. Von **E. Busch.** Mit 69 Textabbildungen und 14 Tabellen. 1922. GZ. 3.6; gebunden GZ. 6

Der Dreher als Rechner. Wechselräder-, Touren-, Zeit- und Konusberechnung in einfachster und anschaulichster Darstellung, darum zum Selbstunterricht wirklich geeignet. Von **E. Busch.** Mit 28 Textfiguren. 1919. Gebunden GZ. 5

Die Dreherei und ihre Werkzeuge. Handbuch für Werkstatt, Büro und Schule. Von Betriebs-Direktor **Willy Hippler.** Dritte, vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit etwa 120 Abbildungen im Text. Erster Teil: **Wirtschaftliche Ausnutzung der Drehbank.**
Erscheint im Sommer 1923.

Automaten. Die konstruktive Durchbildung, die Werkzeuge, die Arbeitsweise und der Betrieb der selbsttätigen Drehbänke. Ein Lehr- und Nachschlagebuch. Von Oberingenieur **Ph. Kelle,** Berlin. Mit 767 Figuren im Text und auf Tafeln sowie 34 Arbeitsplänen. 1921. Gebunden GZ. 16.5

Wechselräderberechnung für Drehbänke unter Berücksichtigung der schwierigen Steigungen. Von Betriebsdirektor **Georg Knappe.** Mit 13 Textfiguren und 6 Zahlentafeln. 7.—12. Tausend. (Heft 4 der „Werkstattbücher". Herausgegeben von Eugen Simon, Berlin).
Erscheint im Sommer 1923.

Lehrgang der Härtetechnik. Von Studienrat Dipl.-Ing. **Johann Schiefer** und Fachlehrer **E. Grün.** Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 192 Textfiguren. 1921. GZ. 4.8; gebunden GZ. 6.5

Die Bearbeitung von Maschinenteilen nebst Tafel zur graphischen Bestimmung der Arbeitszeit. Von **E. Hoeltje,** Hagen i. W. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 349 Textfiguren und einer Tafel. 1920. GZ. 4.5

Austauschbare Einzelteile im Maschinenbau. Die technischen Grundlagen für ihre Herstellung. Von Ober-Ing. **Otto Neumann.** Mit 78 Textabbildungen. 1919. GZ. 5

Grundlagen und Geräte technischer Längenmessungen. Von Prof. Dr. **G. Berndt** und Dr. **H. Schulz,** Privatdozenten an der Technischen Hochschule Charlottenburg. Mit 218 Textfiguren. 1921. GZ. 7; gebunden GZ. 10

Leitfaden der Werkzeugmaschinenkunde. Von Prof. Dipl.-Ing. **H. Meyer,** Magdeburg. Zweite, neubearbeitete Auflage. Mit 330 Textfiguren. 1921. GZ. 4

Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung. Von Prof. **F. W. Hülle,** Dortmund. In zwei Bänden.

Erster Band: **Der Bau der Werkzeugmaschinen.** Vierte, vermehrte Auflage. Mit 360 Textabbildungen. 1923. GZ. 3

Zweiter Band: **Die wirtschaftliche Ausnutzung der Werkzeugmaschinen.** Dritte, vermehrte Auflage. Mit 395 Textabbildungen. 1922. GZ. 3.6

Die Werkzeugmaschinen, ihre neuzeitliche Durchbildung für wirtschaftliche Metallbearbeitung. Ein Lehrbuch von Prof. **Fr. W. Hülle,** Dortmund. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 1020 Abbildungen im Text und auf Textblättern sowie 15 Tafeln. Unveränderter Neudruck. 1923.
Erscheint im Sommer 1923.

Hilfsbuch für den Maschinenbau. Für Maschinentechniker sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten. Unter Mitwirkung von Fachleuten herausgegeben von Oberbaurat **Fr. Freytag †,** Professor i. R. Sechste, erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 1288 in den Text gedruckten Figuren, 1 farbigen Tafel und 9 Konstruktionstafeln. 1920. Gebunden GZ. 12

Taschenbuch für den Maschinenbau. Unter Mitwirkung von Fachleuten herausgegeben von Prof. **H. Dubbel,** Ingenieur, Berlin. Vierte, neubearbeitete Auflage. Mit etwa 2800 Textfiguren und 1 Tafel. In zwei Bänden.
Erscheint im Sommer 1923.

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

»NUBE«

Universal-Schnellfräsmaschinen

für Durchbruchsschnitte, Prägestanzen, Gesenke, und für jeden Zweck der Metallbearbeitung.

Machines-Outils

pour la fabrication rapide de matrices et poincons à decouper et estamper et pour tous travaux sur métaux.

Machines Tools

specially built for the Manufacture of dies and stamps and for every description of metal-work.

Kopier-Fräsmaschinen

Fraiseuse à copier
pour travail à la main et automatique.
Copying milling machine for mechanical and hand effect.

Kurven-Fräsmaschinen

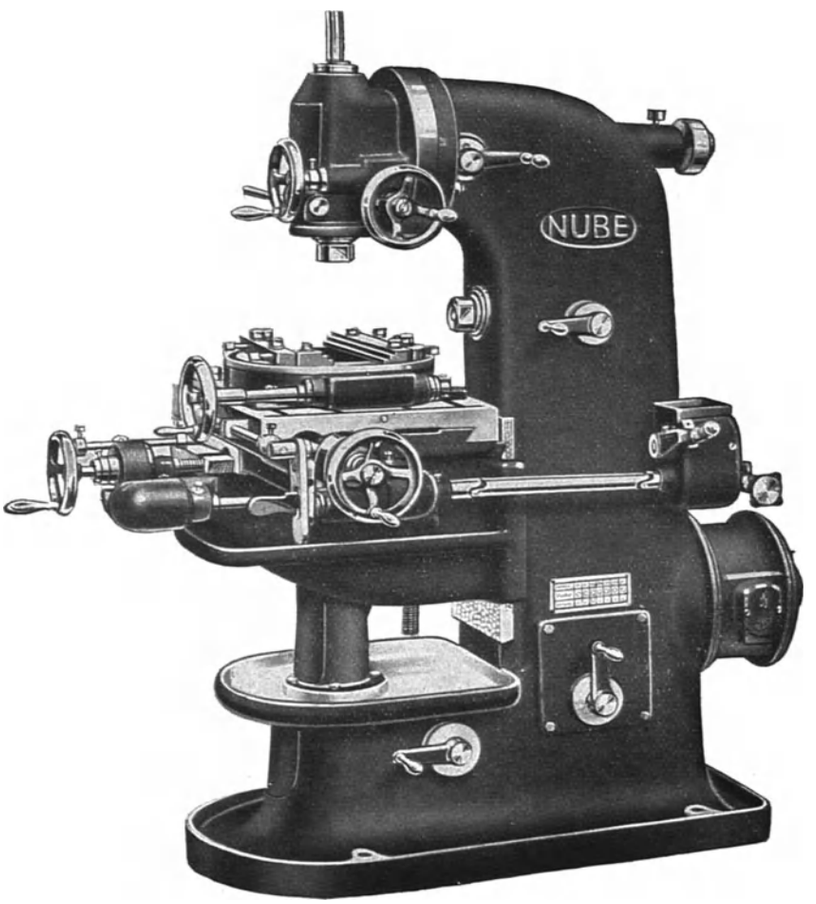
Fraiseuse à copier universelle pour cames
disques et tambours. 4 Grandeurs. / Automatic universal
curve milling machine for cylinder and disc curves.

Graviermaschinen für Schriften und Reliefs

Machines a graver les metaux, à copier et à reduire automatique pour tous travaux sur métaux.
Engraving machine for types and reliefs.

Fraiseuse rapide universelle »NUBE«
pour fraisage des matrices à decouper et à estamper
à commande par moteur directe

Modèle BC



Quick operating milling machine
for direct electric drive

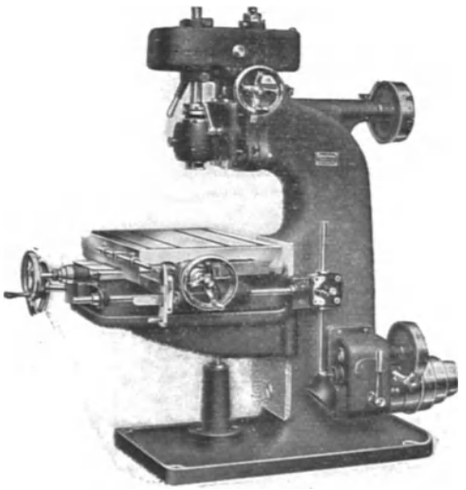
Model BC

Nube's Universal-Schnellfräsmaschine für Schnitte und Stanzen mit direktem motorischen Antrieb. ***„Modell BC"***

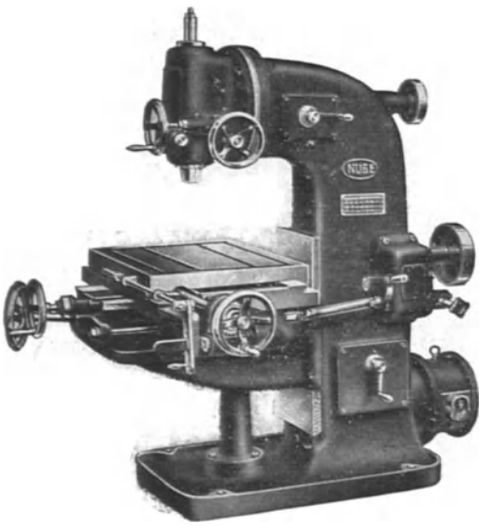
CURD NUBE · **Maschinenbauanstalt** · **OFFENBACH-M**

Fondée 1888 — Gegründet 1888 — Founded 1888

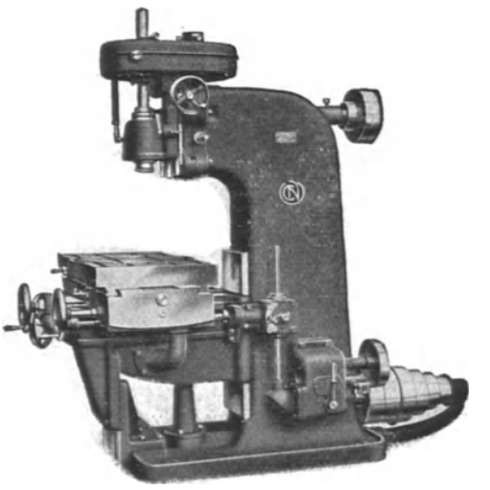
KARL JACOBI
OFFENBACH A. MAIN.



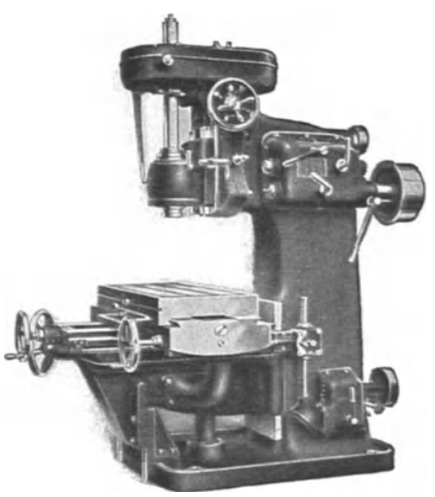
Modell GF3
mit Stufenscheibenantrieb
à commande par cône
for cone-pulley drive



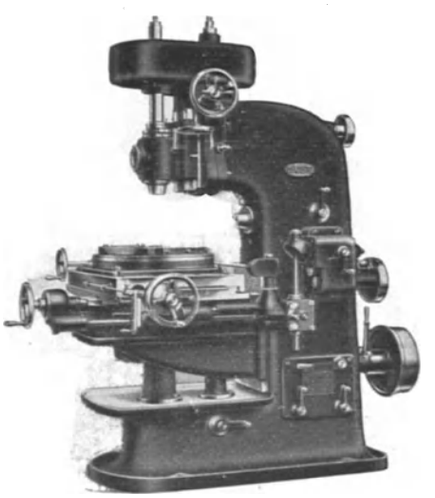
Modell GF3
Vertikal- und Gesenk-Fräsmaschine
mit direktem motorischen Antrieb
Fraiseuse verticale et machine à fraiser
les outils de Forge ou d'Estampage à commande par moteur directe
Vertical and dies and stamps milling machine
for direct electric drive



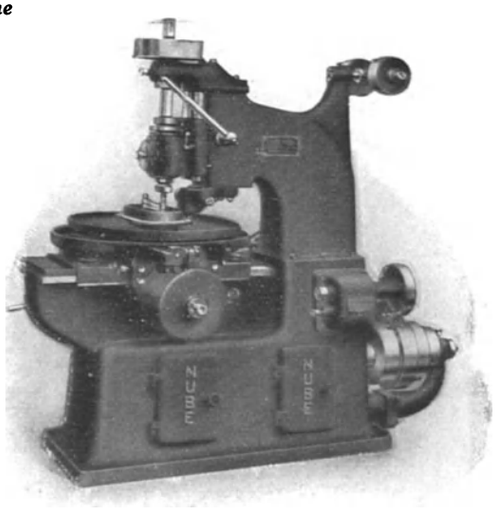
Modell GF5
mit Stufenscheibenantrieb
à commande par cône
for cone-pulley drive



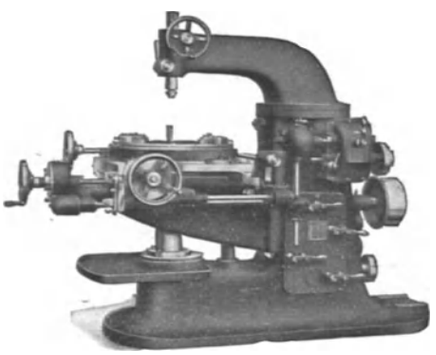
Modell GF6
mit Einscheibenantrieb
à commande par monopoulie
for single pulley drive



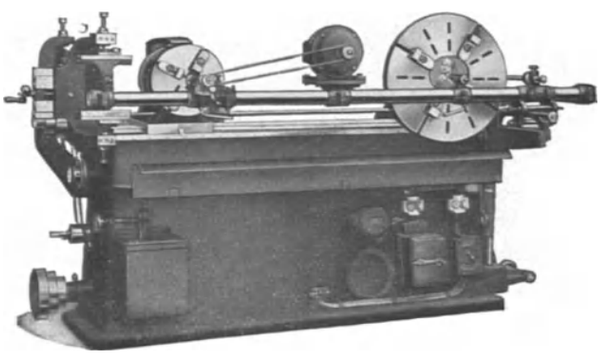
Modell BC3–4
Universal-Schnellfräsmaschine
für Durchbruchsschnitte, Prägestanzen, Gesenke etc.
Fraiseuse rapide universelle
pour fraisage des matrices à decouper et estamper à commande par monopoulie
High speed milling machine
for manufacturing cutting dies and drop forging dies



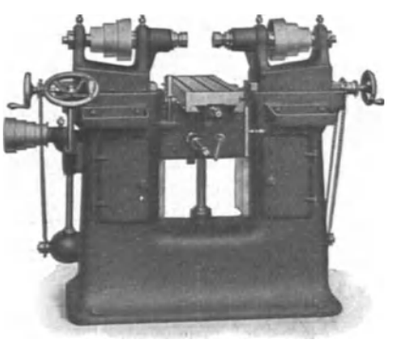
Modell KA
Fahrradtretkurbel-Fräsautomat
Machine à fraiser les Manivelles de Bicyclettes
Profiling milling machine
for manufacturing bicycle cranks



Modell AN4
Universal-Schnellfräsmaschine
für Durchbruchsschnitte
Machine à fraiser les Matrices
Milling machine for stamps and dies

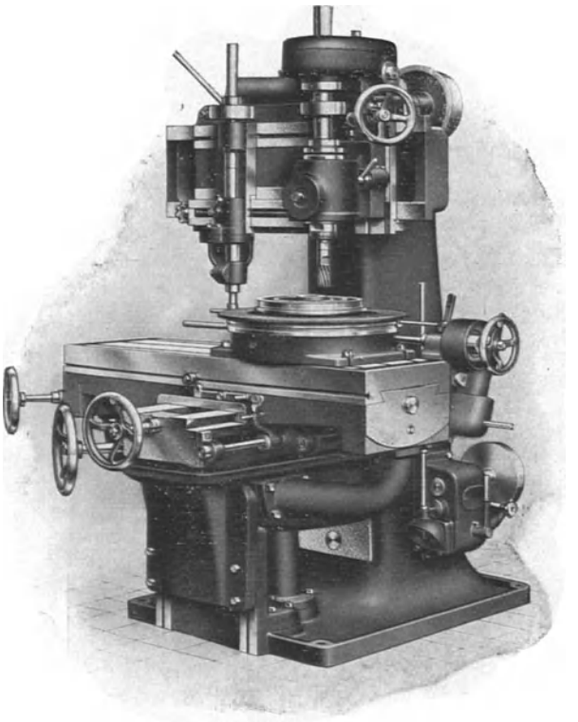


Modell UG
Automatische Gravier-, Kopier- u. Reduziermaschine
Machine à graver et à reproduire automatique
Self-acting Universal Engraving Copying and
Reducing milling machine



Modell VO
Doppelte horizontale Fräsmaschine
Fraiseuse horizontale double
Double horizontal milling machine

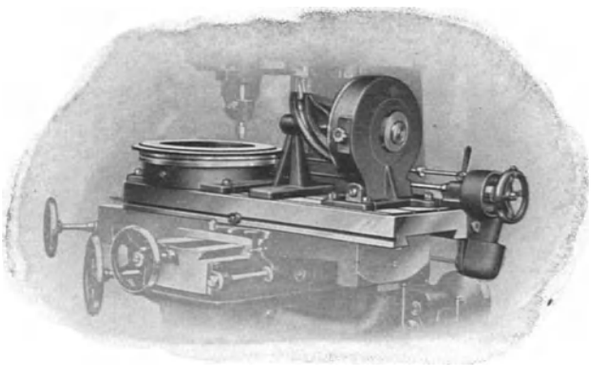
Vertikale Kopierfräsmaschine
mit Hilfsapparaten, zum Kurvenfräsen. Einrichtung zum Fräsen mit vergrößerter Schablone.



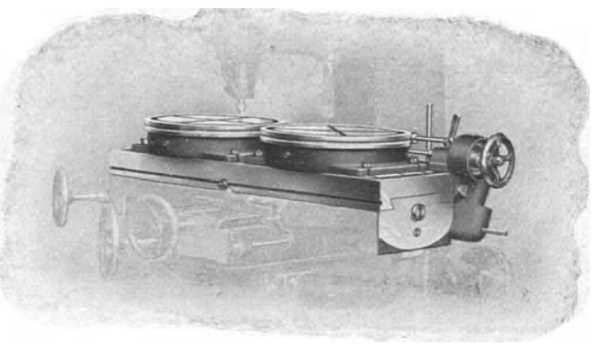
Fraiseuse verticale à copier
munie d'un dispositif à fraiser les cames. Dispositif de fraisage pour fraiser d'apres des gabarits plus grands.

Vertical copying milling machine
furnished with attachments for curve milling. Attachment for milling curves from an enlarged pattern.

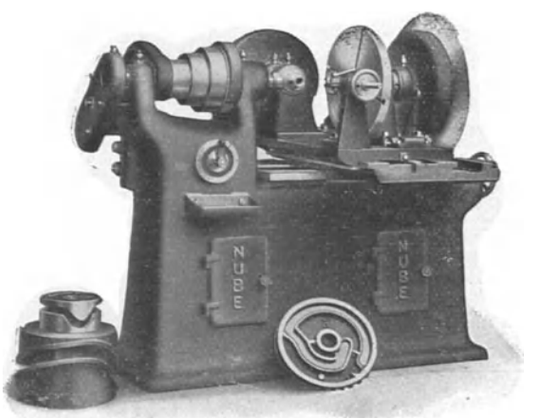
Modell K F 3



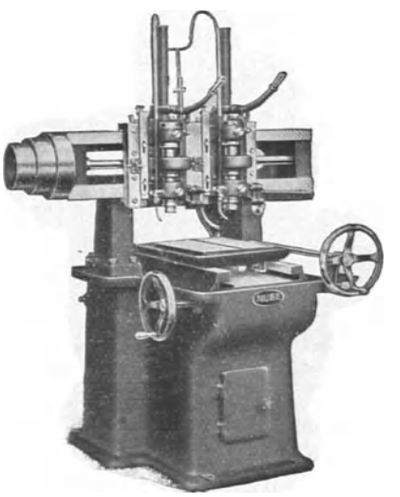
Modell K F 3|3
Einrichtung zum Fräsen von Trommelkurven.
Dispositif à fraiser les cames à tambours.
Attachment for milling cylinder curves.



Modell K F 3|2
Einrichtung zum Fräsen im Verhältnis 1 : 1
Dispositif à fraiser dans un rapport de 1 : 1
Attachment for milling curves in a ratio of 1 : 1



Modell K F 2
Automatische Kurven-Fräsmaschine
Machine à fraiser les Cames automatique
Automatic universal curve milling machine
for cylinder and disc curves



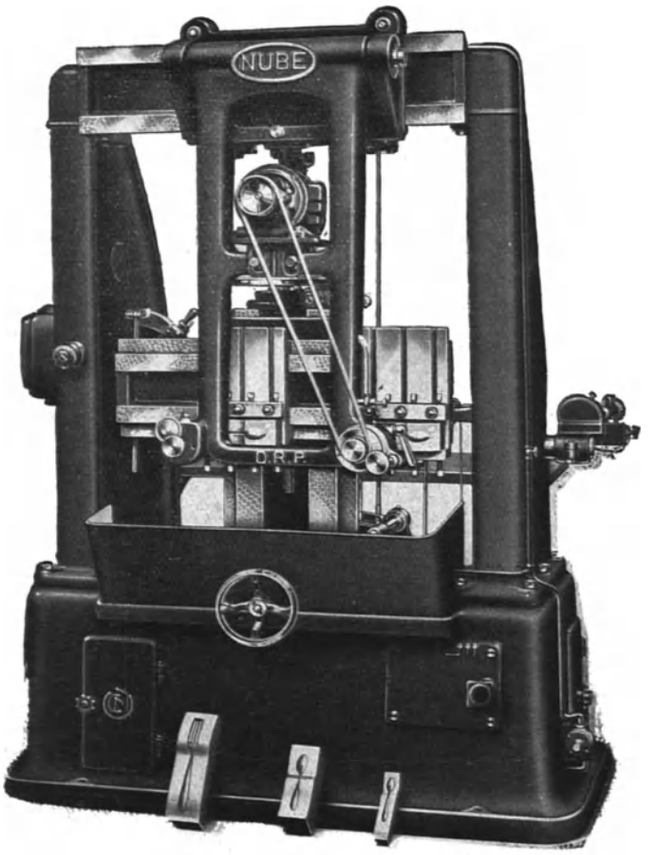
Modell K 3
Kopier-Fräsmaschine
Fraiseuse à copier
Profiling milling machine

Model A. G. F.

Automatic die Copying Machine

D. R. P. (Patent)

This machine is built specially for the manufacture of dies for knives, forkes spoons and other hot and cold dies. Also it is possible to copy on this machine simple dies, press-forms etc. as used in brassfounderies. The machine copies from an old die or from a model made for this purpose in the ratio of 1 : 1 and to a maximum of $16\frac{1}{2}$" x 8". An attachment can be supplied to make left and right hand (top and bottom) dies from one copy.



Modell A. G. F.

Selbsttätige Gesenk-Kopierfräsmaschine

D. R. P.

Die Maschine ist speziell gebaut zur Herstellung von Formen für die Besteckfabrikation und deren verwandte Zweige. Ausserdem für einfache Gesenke und Pressformen, wie sie in der Spritzgußfabrikation und Messingpresserei in Frage kommen. Die Maschine kopiert nach einer alten Form, oder nach einem für diese Zwecke hergestelltem Modell im Verhältnis 1 : 1 bis zur Größe von 400 x 200 mm. Auch kann diese eingerichtet werden, daß von einem rechtsschauenden Werkstück ein linksschauendes kopiert werden kann.

Type A. G. F.

Machine automatique à reproduire les matrices.

D. R. P. (brevet Allemand)

Cette machine est spéciallement construite pour la fabrication des formes pour les couverts et autres branches similaires. En outre il est possible de produire des moules métalliques, des matrices simples etc. . . . La machine copie d'après une ancienne forme ou d'après un modèle fait dans ce but dans un rapport de 1 : 1 et cela jusqu'une grandeur de 400 x 200 mm. En outre la machine est munie d'un dispositif supplémentaire qui permet de fraiser d'aprés une pièce à gauche une pièce à droite.