

Berechnung von Verzahnungen mit Profilverschiebung

Autor(en): **Baumgartner, Arthur**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **70 (1952)**

Heft 45

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-59705>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Berechnung von Verzahnungen mit Profilverschiebung

Von ARTHUR BAUMGARTNER, Masch.-Techniker, Zürich

DK 621.833

Schluss von Seite 629

3. Bedingungen für gute Verzahnungsbilder

A. Unterschneidfreie Räder (Bild 10)

Unterschneidfreie Räder ergeben starke Zähne und volle Ausnutzung der Zahnflanke für den Getriebeeingriff. Unterschneid entsteht, wenn das Werkzeug über den nutzbaren Teil der Eingriffslinie zugestellt wird. Nutzbar ist die Eingriffslinie aber nur bis zum Punkt A_1 . Wird ein Werkzeug mit Zahnstangenprofil verwendet, tritt dann Unterschneidung auf, wenn die Begrenzungslinie durch die Uebergangspunkte Kopf- abrundung-Zahnflanke am Werkzeug über den Berührungspunkt Grundkreis-Eingriffslinie A_1 hinaus eingreift. Für Verzahnungen mit genotem Bezugsprofil berechnet sich die Grenzzähnezahl z_g , d. h. die kleinste Zähnezahl, welche ohne Unterschneid hergestellt werden kann, nach der Gleichung

$$(42) \quad z_g = \frac{2}{\sin^2 \alpha}$$

für $\alpha = 20^\circ$ wird $z_g = 17$; für Verzahnungen mit Profilverschiebung gilt

$$(43) \quad x = \frac{z_g - z}{z_g}$$

Diese Gleichungen gelten praktisch auch für das Stossrad. Für Räder mit schrägen Zähnen gilt

$$(44) \quad x = \frac{z_g - z_v}{z_g}$$

Gleichungen 43 und 44 sollen nur für Räder mit Zähnezahlen z_v unter 14 angewendet werden, sofern Unterschneidfreiheit verlangt wird (zum Beispiel bei geschliffenen Rädern). *Keinesfalls dürfen die Gleichungen zur Ermittlung von negativen Profilverschiebungsfaktoren angewendet werden*, wie dies in der Literatur oft angegeben wird. Praktisch kann die im folgenden Abschnitt 3 C angegebene Gleichung auch für kleinste Zähnezahlen Anwendung finden; der dabei sich ergebende kleine Unterschneid beeinflusst die Zahnstärke kaum, die Eingriffsdauer hingegen günstig.

B. Berechnung der Spitzenbreite $\widehat{s}_k$

Werden die Profilverschiebungsfaktoren nach Bild 13 gewählt, so bleiben die Verzahnungen innerhalb der Spitzengrenze. Die Spitzenbreite $\widehat{s}_k$ (Bild 10) kann, falls notwendig, bestimmt werden aus:

$$(45) \quad \cos \varrho = \frac{r_b}{r_k}$$

$$(46) \quad \widehat{s}_k = r_k \left[\frac{1}{z} (\pi + 4x \operatorname{tg} \alpha) - 2 (\operatorname{inv} \varrho - \operatorname{inv} \alpha) \right]$$

C. Genügend als Evolvente ausgebildete Zahnflanke bei Rädern mit negativer Profilverschiebung

Aus Bild 11 rechts ist ersichtlich, dass bei negativen Profilverschiebungen trotz Unterschneidfreiheit ungünstige, gegebenenfalls unbrauchbare Zahnformen entstehen können,

wenn der Profilverschiebungsfaktor zu gross gewählt wird. Der als Evolvente ausgebildete Teil der Zahnflanke wird zu klein, und es können Teile der Fussausrundung zum Eingriff kommen, was sich in starker Geräuschbildung und Abnutzung auswirkt. Beim Entwurf von Rädern mit kleinen Zähnezahlen (unter 20 Zähnen) und solchen mit negativen Profilverschiebungen muss deshalb auf eine genügende Ausbildung des aktiven Teils der Evolvente geachtet werden.

In Bild 12 sei f der Verlust an gemeinsamer Zahnhöhe, bezogen auf Mod. 1, r_{inv} der Abstand des Uebergangspunktes Fussausrundung-Evolvente von der Radachse. Für Räder, die mit Abwälzfräser oder Kammstahl hergestellt werden, ergibt sich nach dem Höhensatz:

$$[(1-x) \operatorname{ctg} \alpha]^2 = \left[\left(\frac{z}{2} - 1 + x \right) + \left(\frac{z}{2} - 1 + x + f \right) \right] f$$

$$(47) \quad [(1-x) \operatorname{ctg} \alpha]^2 = (z-2+2x+f) f$$

f bleibt für $\alpha = 20^\circ$ in tragbaren Grenzen, wenn für Zähnezahlen unter $z = 200$ nach der Gleichung

$$(48) \quad f = 0,4 - 0,001 z$$

berechnet wird. Für Zähnezahlen über 200 kann $-x$ mit $-1,3$ angenommen werden. Die nach diesen Richtlinien ermittelte untere Grenze der Profilverschiebungsfaktoren ist in Bild 13 eingetragen. Für Räder mit weniger als 20 Zähnen wird x positiv. Praktisch kann die Kurve auch für kleinste Zähnezahlen angewendet werden. Räder mit z bzw. $z_v < 14$ erhalten dann allerdings einen geringfügigen Unterschneid, der sich aber nicht nachteilig auswirkt, oft sogar Vorteile bringt (grössere Eingriffsdauer bei Rädern mit kleiner Zähnezahlsumme). In Bild 11 sind die Zahnformen für ein Rad mit 30 Zähnen aufgezeichnet, rechts Ausführung mit x für Unterschneidfreiheit nach Gleichung 43, links Ausführung mit x nach Gleichung 47 und 48.

Ergibt sich aus den Profilverschiebungen eines Radpaares ein Laufeingriffswinkel, der kleiner als der Erzeugungswinkel ist, so müssen Kopfkreisdurchmesser und Eingriffsdauer aus den nutzbaren Teilen der Eingriffslinie ermittelt werden. Nach Bild 14 wird der Eingriffsstreckenanteil l_{b_1}' des Rades 1 aus den Abmessungen des Rades 2 wie folgt berechnet:

$$l_{b_1}' = r_{b_2} \operatorname{tg} \alpha' - \left(r_{b_2} \operatorname{tg} \alpha - m \frac{1-x_2}{\sin \alpha} \right)$$

oder

$$(49a) \quad l_{b_1}' = m \frac{1-x_2}{\sin \alpha} - r_{b_2} (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha')$$

$$(49b) \quad l_{b_2}' = m \frac{1-x_1}{\sin \alpha} - r_{b_1} (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha')$$

Sicherheitshalber sind l_{b_1}' und l_{b_2}' um $0,1 \dots 0,2 m$ zu verkleinern, da das Werkzeug an der Kopfabrundung die grösste Abnutzung erleidet.

Der Radius r_{inv} der Punkte, an denen die Fussausrundungen in die Evolventen übergehen, beträgt

$$(50a) \quad r_{inv_1} = m \sqrt{\left(\frac{z_1}{2} + x_1 - 1 \right)^2 + [(1-x_1) \operatorname{ctg} \alpha]^2}$$

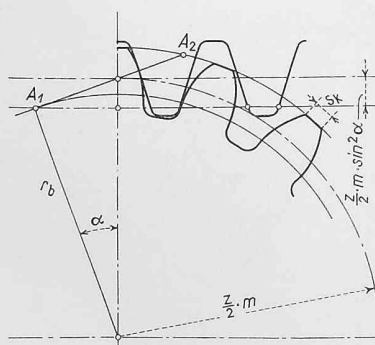


Bild 10

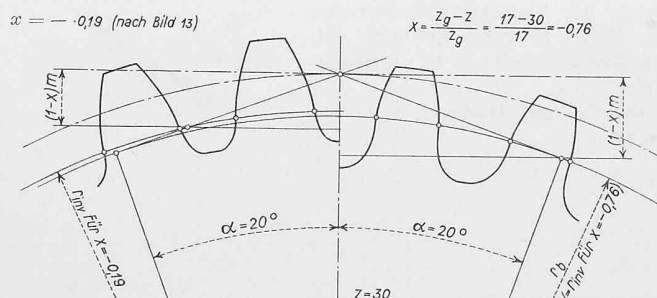


Bild 11

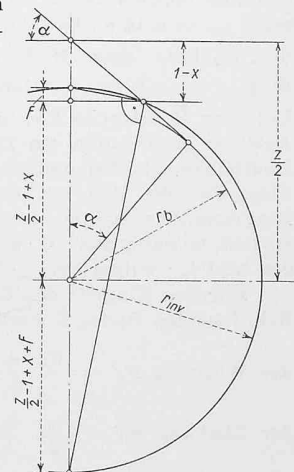


Bild 12

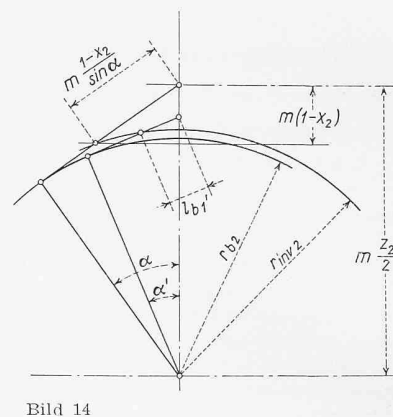
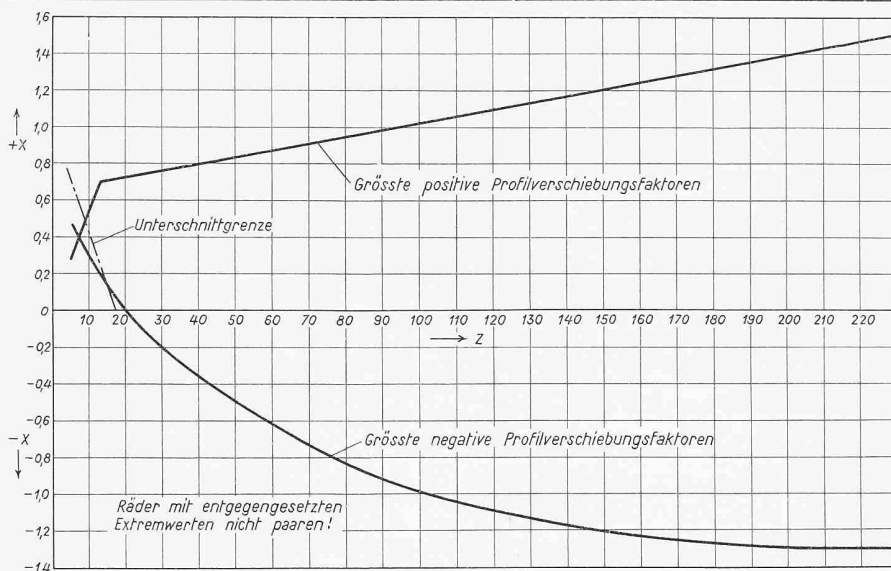


Bild 14

Bild 13 (links). Profilverschiebungsfaktoren; Grenzwerte für brauchbare Verzahnungen.

$$(50b) \quad r_{inv2} = m \sqrt{\left(\frac{z_2}{2} + x_2 - 1\right)^2 + [(1 - x_2) \operatorname{ctg} \alpha]^2}$$

Der Kopfkreisradius darf nicht grösser sein als

$$(51a) \quad r_{k1} = \sqrt{r_{b1}^2 + (r_{b1} \operatorname{tg} \alpha' + l_{b1}')^2}$$

$$(51b) \quad r_{k2} = \sqrt{r_{b2}^2 + (r_{b2} \operatorname{tg} \alpha' + l_{b2}')^2}$$

Die Eingriffsdauer ε ist

$$(52) \quad \varepsilon = \frac{l_{b1}' + l_{b2}'}{t_b}$$

D. Günstige Verhältnisse für Pressung und Gleitung

Ist nach Bild 15 P der Berührungspunkt der Zahnflanken, so bewegt sich dieser, wenn das Getriebe gleichförmig dreht, mit der konstanten Geschwindigkeit v_b auf der Eingriffslinie. Für das Rad 1 ergibt sich im Radius r_{p1} eine Umfangsgeschwindigkeit v_{u1} senkrecht zu r_{p1} , für Rad 2 im Radius r_{p2} v_{u2} senkrecht zu r_{p2} . Auf der Zahnflanke des Rades 1 bewegt sich somit der Berührungspunkt mit der resultierenden Momentangeschwindigkeit v_1 , auf der Flanke des Rades 2 mit der Momentangeschwindigkeit v_2 . Die kleinere Geschwindigkeit entspricht der Rollgeschwindigkeit, die Differenz $v_1 - v_2$ der Gleitgeschwindigkeit (Momentanwerte). Für eine gegebene Geschwindigkeit v_b ist v_1 proportional dem Abstand $\overline{E_1 P}$, v_2 proportional dem Abstand $\overline{E_2 P}$. Würden sich die Flanken im Punkt E_1 berühren, wäre die Geschwindigkeit $v_1 = 0$, für Eingriff in E_2 wäre $v_2 = 0$; in diesen Punkten würden die Flanken nur aufeinander gleiten. Im Punkt M sind v_{u1} und v_{u2} gleichgerichtet, somit $v_1 = v_2$, hier rollen die Flanken ohne zu gleiten (Berührung in den Laufwälskreisen).

Nimmt man an, dass Punkt P die Strecke $\overline{H_1 H_2}$ in einer Sekunde durchlaufe, so wird $v_b = l_b$, die Wälzgeschwindigkeit bei M $v_w = l_b \operatorname{tg} \alpha'$. Errichtet man nach Bild 15 über H_1, M und H_2 Lote, zieht $\overline{H_1 R}$ senkrecht zu $\overline{O_1 O_2}$, so erhält man $\overline{H_2 R} = v_w = l_b \operatorname{tg} \alpha'$. Ueberträgt man diese Strecke auf das Lot über M (Strecke $\overline{RS}$) und legt man Gerade durch $E_1 S$ und $E_2 S$, so erhält man ein Diagramm, welches in Bild 15 der Deutlichkeit halber nochmals gezeichnet wurde. Da l_b ein Mass für die Zeit ist, kann es als Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm betrachtet werden. Wenn l_b einer Sekunde entspricht, so entspricht l_{b1}' einem Zeitintervall von l_{b1}'/l_b Sekunden und l_{b2}' entspricht l_{b2}'/l_b Sekunden.

Für den Eingriff des Zahnkopfes des Rades 1 mit dem Zahnfuss des Rades 2 werden also:

$$\text{der Wälzweg } F_1' = \frac{v_{w1} + v_w}{2} \frac{l_{b1}'}{l_b}$$

$$\text{der Gleitweg } F_3' = \frac{v_{g1}}{2} \frac{l_{b1}'}{l_b}$$

und für den Eingriff des Zahnkopfes des Rades 1 mit dem Zahnkopf des Rades 2:

$$\text{der Wälzweg } F_2' = \frac{v_{w2} + v_w}{2} \frac{l_{b2}'}{l_b}$$

$$\text{der Gleitweg } F_4' = \frac{v_{g2}}{2} \frac{l_{b2}'}{l_b}$$

F_1' ist die Länge der aktiven Fussflankenlinie von Rad 2, F_2' diejenige von Rad 1; $F_1' + F_3'$ ist die Länge der Kopf-flankenlinie von Rad 1, $F_2' + F_4'$ diejenige von Rad 2.

Dieses Verfahren erlaubt, ohne umständliche Aufzeichnung der Zahnflanken die Gleitverhältnisse zu untersuchen. Es lässt sich nun sofort überblicken, dass durch Profilverschiebung die Gleitverhältnisse weitgehend beeinflusst werden können. Würde in einem gegebenen Fall die beliebige Aufteilung der Summe $x_1 + x_2$ die Länge der Eingriffsstrecke nicht ändern, würde die Gleitung für $l_{b1}' = l_{b2}'$ ein Minimum. Bei grossen Übersetzungsverhältnissen werden die Bedingungen günstiger, wenn l_{b1}' grösser als l_{b2}' ist; die Verlagerung hat auch den Vorteil, dass die Walzenpressung am Zahnfuss des Ritzels und damit die Abnutzung vermindert werden.

Brauchbare Werte für die Aufteilung einer Summe $(x_1 + x_2)$, berechnet aus z_1, z_2 und y , lassen sich aus folgender empirischen Gleichung ermitteln:

$$(53) \quad x_1 = \frac{y z_{v1} + 7,5 \left(\frac{z_{v2}}{z_{v1}} - 1 \right)}{z_{v1} + z_{v2}}$$

$$x_2 = (x_1 + x_2) - x_1$$

Die Gleichung gilt nur für $z_{v1} \geq 18$.

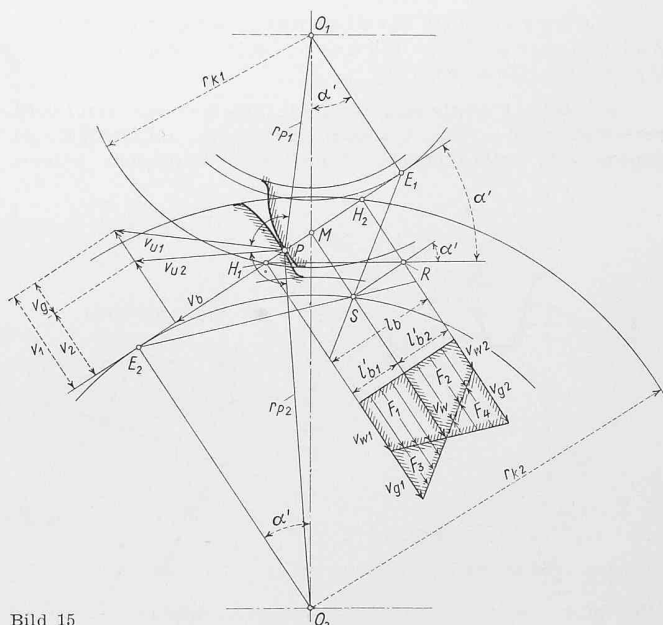


Bild 15

Für Räder mit geraden Zähnen wird $z_p = z$. Die so erhaltenen Werte müssen innerhalb der auf Bild 13 gezogenen Grenzen liegen; gegebenenfalls ist $(x_1 + x_2)$ durch Ändern der Achsdistanz zu korrigieren.

Anmerkung

Wendet man erstmals Profilverschiebungen an, oder hat man extreme Fälle zu beurteilen, so empfiehlt es sich, die Verzahnungsbilder aufzuzeichnen und die Eingriffsverhältnisse nach Bild 6 zu beurteilen. Bei einiger Erfahrung genügt es, das Eingriffsschema nach Bild 6 aufzureissen, wenn grössere Verschiebungen vorgenommen werden. Die Eingriffsverhältnisse sind nach folgenden Gesichtspunkten zu überprüfen:

Richtige Lage der Eingriffsstrecke: Die Punkte H_1 und H_2 müssen innerhalb der Punkte E_2 bzw. E_1 liegen.

Eingriffsdauer: Diese lässt sich aus Bild 6 in einfacher Weise berechnen, indem man die Strecke $\overline{H_1 H_2}$ durch die Eingriffsteilung t_b dividiert. Trägt man von den Punkten H_1 und H_2 die Eingriffsteilung t_b auf der Eingriffsstrecke ab, so erhält man die Punkte, an denen der Wechsel von Doppel- auf einfachen Eingriff stattfindet (in Bild 6 der Uebersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet). Die für genauere Berechnungen wichtigen zugeordneten Krümmungsradien der Zahnflanken können leicht abgelesen werden.

Genügend als Evolvente ausgebildete Zahnflanken: Bei Verzahnungen mit negativer Profilverschiebung werden zunächst die nach Gleichung (4) bzw. (18) berechneten Kopfkreisdurchmesser eingetragen, die Geraden $\overline{L_1 K_1}$ und $\overline{L_2 K_2}$ gezogen, und die Punkte K_1 und K_2 auf die Eingriffslinie übertragen. Liegen die Punkte K_1' und K_2' innerhalb oder in unmittelbarer Nähe der Punkte H_2 und H_1 , so müssen die Kopfkreise nach den Angaben in Abschnitt 3 C nachgerechnet werden.

Unterschnittfreie Verzahnungen: Ist bei kleinen Zähnezahlen Unterschnitt zu befürchten, so zieht man die Geraden $\overline{A_1 I_1}$ bzw. $\overline{A_2 I_2}$. Befinden sich die Punkte I_1 und I_2 ausserhalb des Kopfkreises des Gegenrades, liegt kein Unterschnitt vor.

4. Beispiele

A. Zahnradpumpe mit geraden Zähnen (Bild 16)

Gegeben $z_1 = z_2 = 9$, $m = 2$, $\alpha = 20^\circ$, Kopfspeil des Werkzeuges $c = 0,25$ m; $z_m = \frac{1}{2}(z_1 + z_2) = 9$.

Nach Bild 13 ist für $z = 9$, $x = 0,35 \dots 0,48$; überschlägig, mit Rechenschieber berechnet, wird:

$$y_{\min} \text{ für } x = 0,35 \quad \frac{x_1 + x_2}{z_m} = \frac{0,35 + 0,35}{9} = 0,078$$

$$\alpha' = 28^\circ 03,3' \quad y/z_m = 0,0648$$

$$y = 0,583$$

$$\alpha_{\min} = m(z_m + y) = 2(9 + 0,583) = 19,17$$

$$y_{\max} \text{ für } x = 0,48 \quad \frac{x_1 + x_2}{z_m} = \frac{0,48 + 0,48}{9} = 0,1067$$

$$\alpha' = 30^\circ \quad y/z_m = 0,085$$

$$y = 0,765$$

$$\alpha_{\max} = 2(9 + 0,765) = 19,53$$

y soll möglichst klein gewählt werden, um eine genügende Eingriffsdauer zu gewährleisten. Wir wählen $a = 19,20$; dann wird

$$y = \frac{a - m z_m}{m} = \frac{19,20 - 18}{2} = 0,60;$$

$$\frac{y}{z_m} = \frac{0,60}{9} = 0,06667;$$

aus Tabelle 1 folgt

$$\alpha' = 28^\circ 14,5'$$

$$\frac{x_1 + x_2}{z_m} = 0,08055 \quad x_1 + x_2 = 9 \cdot 0,08055 = 0,72495$$

$$x_1 = x_2 = 0,3625$$

Kopfkreisdurchmesser

$$d_{k_1} = d_{k_2} = m[z_1 + 2(1 - x_2 + y)] =$$

$$= 2 \cdot [9 + 2(1 - 0,3625 + 0,6)] = 22,95$$

Um die Eingriffsdauer zu vergrössern, wird das Kopfspeil

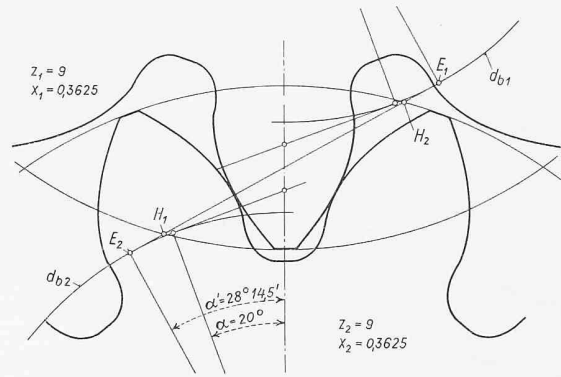


Bild 16

kleiner als normal ausgeführt (c' etwa 0,125 m). Dies ist bei Rädern mit kleinen Zähnezahlen zulässig.

$$d_{k_1} = d_{k_2} = 22,95 + 2 \cdot 2(c_0 - c') =$$

$$= 22,95 + 2 \cdot 2(0,25 - 0,125) = 23,45$$

Ausführung $d_{k_1} = d_{k_2} = 23,50$

Fusskreisdurchmesser d_f

$$d_{f_1} = d_{f_2} = m[z_1 - 2(1 + c_0 - x_1)] =$$

$$= 2 \cdot [9 - 2(1,25 - 0,3625)] = 14,45$$

Zahnhöhe h

$$h_1 = h_2 = \frac{1}{2}(d_{k_1} - d_{f_1}) = \frac{1}{2}(23,5 - 14,45) = 4,53$$

Gemeinsame Zahnhöhe h'

$$h' = \frac{1}{2}(d_{k_1} + d_{k_2}) - a = \frac{1}{2}(23,5 + 23,5) - 19,2 = 4,30$$

Grundkreisdurchmesser d_b

$$d_{b_1} = d_{b_2} = m z \cos \alpha = 2 \cdot 9 \cdot \cos 20^\circ = 16,914$$

Eingriffsdauer ε

$$\varepsilon = \frac{1}{t_b} (\sqrt{r_{k_1}^2 - r_{b_1}^2} + \sqrt{r_{k_2}^2 - r_{b_2}^2} - a \sin \alpha')$$

$$\varepsilon = \frac{1}{5,904} (2 \sqrt{11,75^2 - 8,457^2} - 19,2 \sin 28^\circ 14,5') = 1,21$$

Spitzenbreite $\widehat{s}_k$

$$\cos \varphi = \frac{r_b}{r_k} = \frac{8,457}{11,750} = 0,71975; \quad \varphi = 43,9658^\circ$$

$$\widehat{s}_k = r_k \left[\frac{1}{z} (\pi + 4x \tan \alpha) - 2(\operatorname{inv} \varphi - \operatorname{inv} \alpha) \right]$$

$$= 11,75 \times$$

$$\times \left[\frac{1}{9} (3,1416 + 4 \cdot 0,3625 \cdot 0,36397) - 2(0,19718 - 0,01490) \right]$$

$$= 0,504$$

Kontrollmass Wz'

Anzahl Zähne, über welche gemessen wird:

$$z_1' = z_2' = z_1 \frac{\alpha^0}{180^\circ} + 0,5 = 9 \frac{20}{180} + 0,5 = 2$$

$$Wz_1' = Wz_2' = m \cos \alpha [(z' - 0,5) + z_1 \operatorname{inv} \alpha] +$$

$$+ 2 m x_1 \sin \alpha$$

$$= 1,8794 [(2 - 0,5) + 9 \cdot 0,01490] +$$

$$+ 2 \cdot 2 \cdot 0,3625 \cdot 0,3420 = 9,605$$

für ein Flankenspiel $j = 0,03 - 0,06$ wird $W_2 = 9,605 \left\{ \begin{array}{l} - 0,015 \\ - 0,030 \end{array} \right.$

Anmerkung

Die Räder weisen leichten Unterschnitt auf, der jedoch die zum Eingriff kommende Partie der Evolvente nicht verkürzt. Durch diese Massnahme wird trotz der zusätzlichen Vergrösserung des Kopfkreises eine minimale Spitzenbreite sowie eine genügende Eingriffsdauer erzielt.

B. Übersetzungs- und Wendegetriebe (Bild 17a)

Für das Vorschubgetriebe einer Werkzeugmaschine ist ein Wendegetriebe zu entwerfen. Belastung und Drehzahlen sind gering. Das Schieberad 1 soll mit den Rädern 2 und 4 kämmen; zwischen den Aussendurchmessern der Räder 1 und 3 soll etwa 0,3 mm Spiel vorhanden sein. Es sollen gerundete

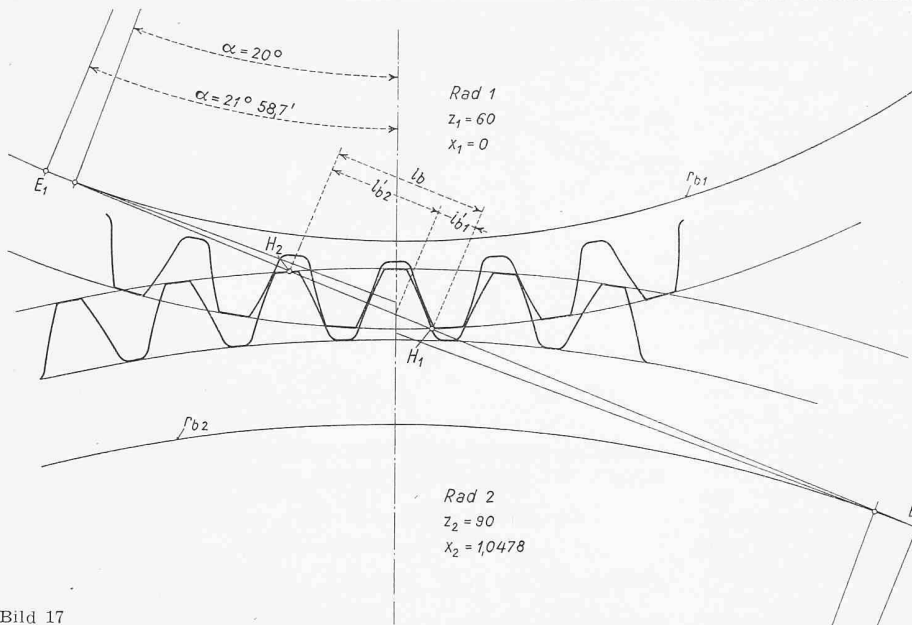


Bild 17

Achsabstände eingehalten werden; um zu grosse Profilverschiebungen zu vermeiden, werden die Kopfkreise gegebenenfalls verkleinert.

Gegeben: Übersetzung $i = 1,5$; $m = 3$; $\alpha = 20^\circ$; $c_0 = 0,25$;

$$z_1 = 60; z_2 = 90; z_3 = 90; z_4 = 40$$

Grundkreisdurchmesser d_b

$$d_{b1} = z_1 m \cos \alpha = 60 \cdot 3 \cdot 0,939693 = 169,1446$$

$$d_{b2} = d_{b3} = 90 \cdot 3 \cdot 0,939693 = 253,7170$$

$$d_{b4} = 40 \cdot 3 \cdot 0,939693 = 112,7631$$

Radpaar 1—2 (Bild 17)

$$z_m = 75; m y \text{ gewählt} = 3; y = 1; \frac{y}{z_m} = 0,01333$$

aus Tabelle 1: $\alpha' = 21^\circ 58,7'$; $\frac{x_1 + x_2}{z_m} = 0,01397$

$$x_1 + x_2 = 75 \cdot 0,01397 = 1,0478;$$

gewählt $x_1 = 0$; $x_2 = 1,0478$

Der Wert für x_2 ist nach Bild 13 geringfügig überschritten, weil eine starke Profilverschiebung nötig ist.

Kopfkreisdurchmesser d_k (vorläufig)

$$d_{k1} = m [z_1 + 2(1 - x_2 + y)] = 3 [60 + 2(1 - 1,0478 + 1)] = 185,7$$

$$d_{k2} = m [z_2 + 2(1 - x_1 + y)] = 3 [90 + 2(1 - 0 + 1)] = 282$$

Achsdistanz a_{1-2}

$$a_{1-2} = m(z_m + y) = 3(75 + 1) = 228$$

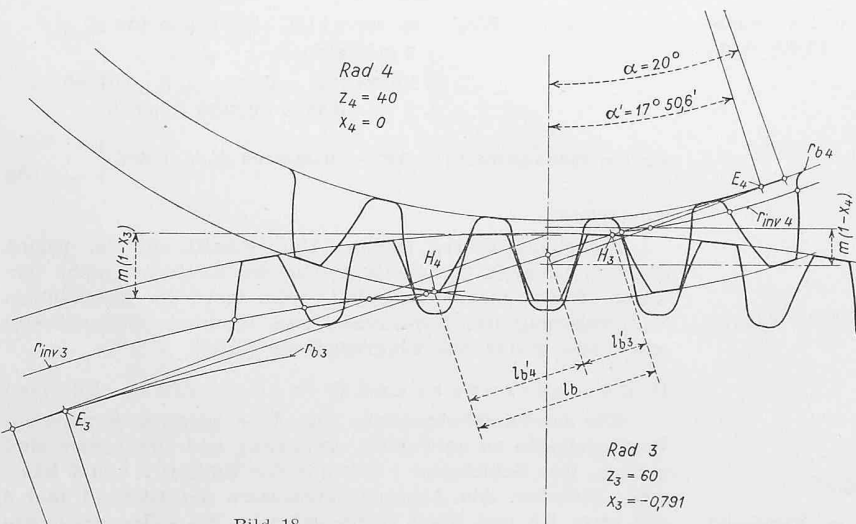


Bild 18

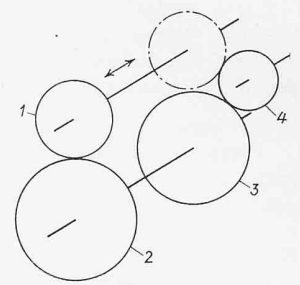


Bild 17a

Radpaar 3—4 (Bild 18):

$$z_m = 65; m y \text{ gewählt} = -2,5;$$

$$y = \frac{-2,5}{3} = -0,8333$$

$$\frac{y}{z_m} = \frac{-0,8333}{65} = -0,01282$$

Aus Tabelle 1:

$$\alpha' = 17^\circ 50,6'$$

$$\frac{x_3 + x_4}{z_m} = -0,01217$$

$$x_3 + x_4 = 65(-0,01217) = -0,79105;$$

$$\text{gewählt: } x_3 = -0,7910; x_4 = 0$$

Kopfkreisdurchmesser d_k (vorläufig)

$$d_{k3} = m [z_3 + 2(1 - x_4 + y)] = 3 [90 + 2(1 - 0 - 0,8333)] = 271$$

$$d_{k4} = m [z_4 + 2(1 - x_3 + y)] = 3 [40 + 2(1 + 0,7910 - 0,8333)] = 125,75$$

Negative Profilverschiebung, Kontrolle nach Gleichung (49) und (51).

$$l_{b3}' = \left[\frac{1 - x_4}{\sin \alpha} m - r_{b4} (\tan \alpha - \tan \alpha') \right] - 0,2 m$$

$$= \left[\frac{1 - 0}{0,34202} 3 - 56,3815 (0,363970 - 0,321899) \right] - 0,2 \cdot 3 = 5,80$$

$$l_{b4}' = \left[\frac{1 - x_3}{\sin \alpha} m - r_{b3} (\tan \alpha - \tan \alpha') \right] - 0,2 m$$

$$= \left[\frac{1 + 0,79105}{0,34202} 3 - 126,858 (0,363970 - 0,321899) \right] - 0,2 \cdot 3 = 9,78$$

$$r_{k3} = \sqrt{r_{b3}^2 + (r_{b3} \tan \alpha' + l_{b3}')^2}$$

$$= \sqrt{126,858^2 + (126,858 \cdot 0,321899 + 5,80)^2} = 135,16$$

$$d_{k3} = 270,32$$

$$r_{k4} = \sqrt{r_{b4}^2 + (r_{b4} \tan \alpha' + l_{b4}')^2}$$

$$= \sqrt{56,3815^2 + (56,3815 \cdot 0,321899 + 9,78)^2} = 62,92$$

$$d_{k4} = 125,84$$

Für die Ausführung ist der kleinere Wert massgebend.

$$d_{k3} = 270,32; d_{k4} = 125,75$$

Achsdistanz a_{3-4}

$$a_{3-4} = m(z_m + y) = 3(65 - 0,8333) = 192,5$$

Achsdistanz a_{1-4}

$$(x_1 = 0, x_4 = 0, y = 0)$$

$$a_{1-4} = m \frac{z_1 + z_4}{2} = 3 \frac{60 + 40}{2} = 150$$

Zwischen den Kopfkreisdurchmessern der Räder 1 und 3 soll ein Spiel von etwa 0,3 mm vorhanden sein. Rad 1 wird im Kopfkreis reduziert auf $d_{k1} = 185,1$. Die endgültigen Abmessungen des Getriebes werden nun: Achsdistanzen, nach vorheriger Berechnung:

$$a_{1-2} = 228 + \frac{0,1}{0}$$

$$a_{3-4} = 192,5 + \frac{0,1}{0}$$

$$a_{1-4} = 150 + \frac{0,1}{0}$$

Kopfkreisdurchmesser, gerundet:

$$d_{k1} = 185,1; d_{k2} = 282,0; d_{k3} = 270,3; d_{k4} = 125,75$$

Fusskreisdurchmesser für Werkzeug-Kopfspiel $c_0 = 0,25$ m

$$d_{f1} = 3 [60 - 2 (1,25 - 0)] = 172,50$$

$$d_{f2} = 3 [90 - 2 (1,25 - 1,0478)] = 268,78$$

$$d_{f3} = 3 [90 - 2 (1,25 + 0,7910)] = 257,74$$

$$d_{f4} = 3 [40 - 2 (1,25 - 0)] = 112,50$$

Zahnhöhen

$$h_1 = \frac{d_{k1} - d_{f1}}{2} = \frac{185,1 - 172,5}{2} = 6,30$$

$$h_2 = \frac{282 - 268,78}{2} = 6,61$$

$$h_3 = \frac{270,3 - 257,74}{2} = 6,28$$

$$h_4 = \frac{125,75 - 112,5}{2} = 6,125$$

Gemeinsame Zahnhöhen h' :

$$h_{1-2}' = \frac{d_{k1} + d_{k2}}{2} - a_{1-2} = \frac{185,1 + 282}{2} - 228 = 5,55$$

$$h_{3-4}' = \frac{270,3 + 125,75}{2} - 192,5 = 5,525$$

$$h_{1-4}' = \frac{125,75 + 185,1}{2} - 150 = 5,425$$

Kontrollmass Wz' :

$$z' = z \frac{\alpha}{180^\circ} + 0,5$$

$$z_1' = 60 \frac{20}{180} + 0,5 = 7$$

$$z_2' = 90 \frac{10}{180} + 0,5 = 10$$

$$z_3' = 90 \frac{20}{180} + 0,5 = 11$$

(aufgerundet wegen neg. Profilverschiebung)

$$z_4' = 40 \frac{20}{180} + 0,5 = 5$$

$$Wz' = m \cos \alpha [(z' - 0,5) \pi + z \operatorname{inv} \alpha] + 2 m x \sin \alpha$$

$$W 7_1 = 2,81908 [(7 - 0,5) \pi + 60 \cdot 0,01406] + 0 = 60,088 - \frac{0,08}{0,10}$$

$$W 10_2 = 2,81908 [(10 - 0,5) \pi + 90 \cdot 0,01406] + 2 \cdot 3 \cdot 1,0478 \cdot 0,34202 = 98,924 - \frac{0,08}{0,10}$$

$$W 11_3 = 2,81908 [(11 - 0,5) \pi + 90 \cdot 0,01406] - 2 \cdot 3 \cdot 0,7910 \cdot 0,34202 = 104,007 - \frac{0,08}{0,10}$$

$$W 5_4 = 2,81908 [(5 - 0,5) \pi + 40 \cdot 0,01406] + 0 = 41,534 - \frac{0,08}{0,10}$$

C. Getriebe mit negativer Profilverschiebung (Bild 19)

Es soll das Verzahnungsbild eines Radpaares gezeigt werden, das mit extremer negativer Profilverschiebung nach Bild 13 hergestellt wurde. Die Achsdistanz wird nicht abgerundet.

$$z_1 = 50; z_2 = 150; m = 10; c_0 = 0,25 \text{ m}; z_m = 100$$

Nach Bild 13 wird für grösste negative Profilverschiebung:

$$x_1 = -0,49; x_2 = 1,21;$$

$$\frac{x_1 + x_2}{z_m} = \frac{-0,49 - 1,21}{100} = -0,01600$$

aus Tabelle 1 folgt:

$$\alpha = 16^\circ 48,5'; y/z_m = -0,01837; y = -1,837$$

Achsdistanz a

$$a = m(z_m + y) = 10(100 - 1,837) = 981,63$$

Grundkreisdurchmesser d_b

$$d_{b1} = m z_1 \cos \alpha = 10 \cdot 50 \cdot 0,9396926 = 469,846$$

$$d_{b2} = m z_2 \cos \alpha = 10 \cdot 150 \cdot 0,9396926 = 1409,539$$

Kopfkreisdurchmesser d_k

Nach Gleichung (4)

$$d_{k1} = m [z_1 + 2(1 - x_2 + y)] = 10 [50 + 2(1 + 1,21 - 1,837)] = 507,46$$

$$d_{k2} = m [z_2 + 2(1 - x_1 + y)] = 10 [150 + 2(1 + 0,49 - 1,837)] = 1496,35$$

nach Gleichung (49) und (51)

$$l_{b1}' = \frac{1 - x_2}{\sin \alpha} m - r_{b2} (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha') - 0,2 m = \frac{1 + 1,21}{0,34202} 10 - 704,7695 (0,36397 - 0,302076) - 0,2 \cdot 10 = 18,994$$

$$l_{b2}' = \frac{1 - x_1}{\sin \alpha} m - r_{b2} (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha') - 0,2 m = \frac{1 + 0,49}{0,34202} 10 - 234,923 (0,36397 - 0,302076) - 0,2 \cdot 10 = 27,026$$

$$r_{k1} = \sqrt{r_{b1}^2 + (r_{b1} \operatorname{tg} \alpha' + l_{b1}')^2} = \sqrt{234,923^2 + (234,923 \cdot 0,302076 + 18,994)^2} = 251,56$$

Ausführung: $d_{k1} = 503,1$

$$r_{k2} = \sqrt{r_{b2}^2 + (r_{b2} \operatorname{tg} \alpha' + l_{b2}')^2} = \sqrt{704,7695^2 + (704,7695 \cdot 0,302076 + 27,026)^2} = 744,49$$

Ausführung: $d_{k2} = 1489,0$

Kontrollmasse Wz' (berechnet z. B. aus [7])

$$W 6_1 = 166,014$$

$$W 18_2 = 529,255$$

Anmerkung

Das Getriebe nimmt den Charakter einer Stumpfverzahnung an. Wie Bild 19 zeigt, sind die Zahnformen gut.

D. Getriebe mit schrägen Zähnen

In eine Achsdistanz von 200 mm sei ein Räderpaar einzubauen mit

$$z_1 = 33; z_2 = 120; m = 2,5; \beta = 15^\circ; b = 50$$

Stirnerzeugungseingriffswinkel α_a und K-Wert

$$\text{Wert aus Tabelle 2} = 0,970$$

$$\cos \beta = 0,965926$$

$$\text{Differenz} = 4074$$

$$\alpha_a \text{ für } 0,790 = 20,5674$$

$$\text{Interpolation } \frac{4074}{5000} \cdot 962 = 795$$

$$\alpha_a = 20,6469^\circ$$

Auf gleiche Art ermittelt man $K = 1,1039$.

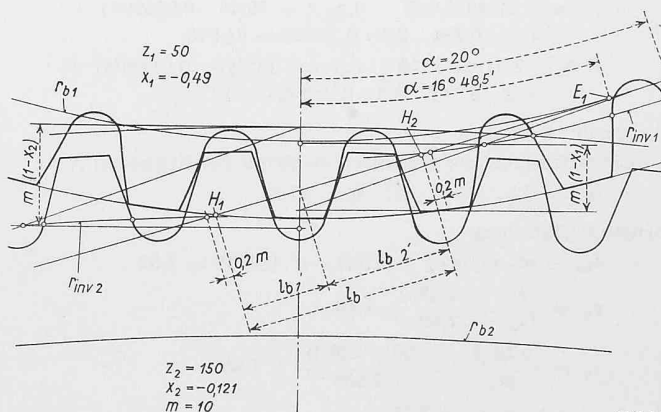


Bild 19

Stirnmodul m_a

$$m_a = \frac{m}{\cos \beta} = \frac{2,5}{0,965926} = 2,58819$$

Erzeugungs-Teilkreisdurchmesser d

$$d_1 = z_1 m_a = 33 \cdot 2,58819 = 85,4103$$

$$d_2 = z_2 m_a = 120 \cdot 2,58819 = 310,583$$

Grundkreisdurchmesser d_b

$$d_{b1} = d_1 \cos \alpha_a = 85,4103 \cdot 0,935772 = 79,924$$

$$d_{b2} = d_2 \cos \alpha_a = 310,583 \cdot 0,935772 = 290,635$$

Ideelle Zähnezahlen z_v

$$z_{v1} = K z_1 = 1,1039 \cdot 33 = 36,43$$

$$z_{v2} = K z_2 = 1,1039 \cdot 120 = 132,47$$

$$z_{vm} = \frac{1}{2} (36,43 + 132,47) = 84,45$$

Faktoren für Profil- und Achsverschiebung

$$y m = a - \frac{d_1 + d_2}{2} = 200 - \frac{85,410 + 310,583}{2} = 2,004$$

$$y = \frac{2,004}{m} = \frac{2,004}{2,5} = 0,8016$$

$$\frac{y}{z_{vm}} = \frac{0,8016}{84,45} = 0,00948$$

Aus Tabelle 1:

$$\frac{x_1 + x_2}{z_{vm}} = 0,00981 \quad \alpha' = 21^\circ 25,7'$$

$$x_1 + x_2 = 84,45 \cdot 0,00981 = 0,828$$

Nach Gleichung (53) wird für günstige Gleitverhältnisse

$$x_1 = \frac{0,802 \cdot 36,43 + 7,5 \left(\frac{132,5}{36,43} - 1 \right)}{36,43 + 132,5} = 0,284$$

$$x_2 = (x_1 + x_2) - x_1 = 0,828 - 0,284 = 0,544$$

Kopfkreisdurchmesser d_k

$$d_{k1} = d_1 + 2m(1 - x_2 + y) = 85,41 + 2 \cdot 2,5 \cdot (1 - 0,544 + 0,802) = 91,70$$

$$d_{k2} = d_2 - 2m(1,25 - x_2) = 310,58 + 2 \cdot 2,5(1 - 0,284 + 0,802) = 318,17$$

Fusskreisdurchmesser d_f (Werkzeug-Kopfspiel $c_0 = 0,25$)

$$d_{f1} = d_1 - 2m(1,25 - x_1) = 85,41 - 2 \cdot 2,5(1,25 - 0,284) = 80,58$$

$$d_{f2} = d_2 + 2m(1 - x_1 + y) = 310,58 - 2 \cdot 2,5(1,25 - 0,544) = 307,05$$

Zahnhöhe h

$$h_1 = \frac{d_{k1} - d_{f1}}{2} = \frac{91,70 - 80,58}{2} = 5,56 = h_2$$

Kontrollmass Wz'

$$z_1' = z_{v1} \frac{\alpha^0}{180^0} + 0,5 = 36,43 \frac{20^0}{180^0} + 0,5 = 5$$

$$z_2' = z_{v2} \frac{\alpha^0}{180^0} + 0,5 = 132,47 \frac{20^0}{180^0} + 0,5 = 16$$

$$W5_1 = m \cos \alpha [(z_1' - 0,5) \pi + z_{v1} \operatorname{inv} \alpha] + 2 x_1 m \sin \alpha = 2,34923 [(5 - 0,5) \pi + 36,43 \cdot 0,014904] + 2 \cdot 0,284 \cdot 2,5 \cdot 0,34202 = 34,973$$

$$W6_2 = 2,34923 [(16 - 0,5) \pi + 132,47 \cdot 0,014904] + 2 \cdot 0,544 \cdot 2,5 \cdot 0,34202 = 119,965$$

Eingriffsdauer ε

Eingriffsstrecken, graphisch ermittelt für Stirnschnitt

$$l_{b1} = 6,3; \quad l_{b2} = 5; \quad l_b = 11,3;$$

Stirneingriffsteilung

$$t_{ba} = m_a \pi \cos \alpha_a = 2,588 \cdot \pi \cdot 0,9358 = 7,62$$

$$\varepsilon_a = \frac{l}{t_{ba}} = \frac{11,3}{7,62} = 1,46$$

$$\varepsilon_q = \frac{b \operatorname{tg} \beta}{m_a} = \frac{50 \cdot 0,2679}{2,588} = 1,65$$

$$= \varepsilon_a + \varepsilon_q = 3,11$$

E. Schraub-Getriebe

Im Räderkasten einer Werkzeugmaschine ist ein Schraubgetriebe zu ändern. Die Achsdistanz a ist mit 52 mm gegeben, die neue Uebersetzung soll 1,25 betragen. Achswinkel 90° .

Gewählt: $z_1 = 16$; $z_2 = 20$; $m = 2$ 1. Lösung. Normale Verzahnung mit Bestimmung des genauen Zahnschrägewinkels β_1 .

$$z_1 m = 16 \cdot 2 = 32; \quad z_2 m = 20 \cdot 2 = 40$$

Nach Bild 8 ergeben sich durch graphische Lösung die beiden Werte für β_1 zu $39^\circ 50'$ und $54^\circ 20'$, gewählt $39^\circ 50'$. Strecke $\overline{DE} = 40$ mm.

Mit $39^\circ 50'$ würde die Achsdistanz

$$2 a_{39^\circ 50'} = \frac{z_1 m}{\cos \beta_1} + \frac{z_2 m}{\cos \beta_2} = \frac{16 \cdot 2}{0,76791} + \frac{20 \cdot 2}{0,64056} = 104,117$$

$$2 da = 2 a_{39^\circ 50'} - 2 a = 104,117 - 104 = 0,117$$

$$d \beta_1 = \frac{2 da}{\overline{ED}} = \frac{0,117}{40} = 0,00292 = 10'$$

$$\beta_1 = 39^\circ 50' + 10' = 40^\circ$$

Teilkreisdurchmesser d

$$d_1 = \frac{z_1 m}{\cos 40^\circ} = \frac{16 \cdot 2}{0,76604} = 41,773$$

$$d_2 = \frac{z_2 m}{\cos 60^\circ} = \frac{20 \cdot 2}{0,64279} = 62,229$$

Kontrolle

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{41,773 + 62,229}{2} = 52,001$$

Berechnung der Radabmessungen nach den bekannten Gleichungen für Normalverzahnung.

2. Lösung. Beim Vorlauf sei z_1 das treibende Rad, beim Rücklauf z_2 . β_1 wird deshalb $= \beta_2' = 45^\circ$ gewählt.Laufmodul m'

$$\frac{z_1 m'}{\cos \beta_1'} + \frac{z_2 m'}{\cos \beta_2'} = 2 a$$

$$m' = \frac{2 a}{\frac{z_1}{\cos \beta_1'} + \frac{z_2}{\cos \beta_2'}} = \frac{2 \cdot 52}{\frac{16}{\cos 45^\circ} + \frac{20}{\cos 45^\circ}} = 2,04275$$

Erzeugungs-Zahnschrägewinkel β_1

$$\sin \beta_1 = \frac{m}{m'} \sin \beta' = \frac{2}{2,04275} \cdot 0,70711 = 0,692308$$

$$\beta_1 = \beta_2 = 43^\circ 48,78' \quad \cos \beta_1 = 0,721603$$

Erzeugungs-Teilkreisdurchmesser d

$$d_1 = \frac{z_1 m}{\cos \beta_1} = \frac{16 \cdot 2}{0,721603} = 44,346$$

$$d_2 = \frac{z_2 m}{\cos \beta_2} = \frac{20 \cdot 2}{0,721603} = 55,432$$

Steigung L

$$L_1 = \frac{z_1 m \pi}{\sin \beta_1} = \frac{16 \cdot 2 \cdot \pi}{\sin 43^\circ 48,7'} = 201,235$$

$$L_2 = \frac{z_2 m \pi}{\sin \beta_2} = \frac{20 \cdot 2 \cdot \pi}{\sin 43^\circ 48,7'} = 251,543$$

Ideelle Zähnezahlen

$$K_1 = 2,497 = K_2 \quad \text{aus Tabelle 2}$$

$$z_{v1} = K_1 z_1 = 2,497 \cdot 16 = 39,95; \quad z_{v2} = 2,497 \cdot 20 = 49,94$$

$$z_{vm} = \frac{39,95 + 49,94}{2} = 44,94$$

Achsen- und Profilverschiebungsfaktoren

$$m y = a - \frac{d_1 + d_2}{2} = 52 - \frac{44,346 + 55,432}{2} = 2,111$$

$$y = \frac{2,111}{m} = \frac{2,111}{2} = 1,0555$$

$$\frac{y}{z_{vm}} = \frac{1,0555}{44,94} = 0,02349$$

$$\alpha' = 23^\circ 20,8'; \quad \frac{x_1 + x_2}{z_{vm}} = 0,02542 \quad \text{aus Tabelle 1}$$

$$x_1 + x_2 = 1,142$$

$$y \approx \frac{z_{v1} + 7,5 \left(\frac{z_{v2}}{z_{v1}} - 1 \right)}{z_{v1} + z_{v2}} =$$

$$= \frac{1,06 \cdot 39,95 + 7,5 \left(\frac{49,94}{39,95} - 1 \right)}{39,95 + 49,94}$$

$$x_1 = 0,5 \quad x_2 = 0,642$$

Kopfkreisdurchmesser d_k

$$d_{k1} = d_1 + 2m(1 - x_2 + y) =$$

$$= 44,346 + 2 \cdot 2(1 - 0,642 + 1,0555) = 50,00$$

$$d_{k2} = d_2 + 2m(1 - x_1 + y) =$$

$$= 55,432 + 2 \cdot 2(1 - 0,5 + 1,0555) = 61,65$$

Fusskreisdurchmesser d_f wenn Werkzeugkopfspeil $c_0 = 0,25m$

$$d_{f1} = d_1 - 2m(1,25 - x_1) = 44,346 -$$

$$- 2 \cdot 2(1,25 - 0,5) = 41,34$$

$$d_{f2} = d_2 - 2m(1,25 - x_2) = 55,432 -$$

$$- 2 \cdot 2(1,25 - 0,642) = 53,00$$

Zahnhöhen h

$$h_1 = \frac{d_{k1} - d_{f1}}{2} = \frac{50 - 41,34}{2} = 4,33$$

$$h_2 = \frac{d_{k2} - d_{f2}}{2} = \frac{61,65 - 53}{2} = 4,325$$

Kontrollmasse M_k

Bei einer Radbreite von 18 mm kann das Kontrollmass W_z' nicht angewendet werden, es sei denn, man bearbeite mindestens drei Räder zusammen. Das einzelne Rad muss mit Kimmen gemessen werden.

$$M_{k1} = d_1 + 2x_1m + 2H_1 = 44,346 + 2 \cdot 0,5 \cdot 2 + 2H_1 =$$

$$= 46,346 + 2H_1$$

$$M_{k2} = d_2 + 2x_2m + 2H_1 = 55,432 + 2 \cdot 0,642 \cdot 2 +$$

$$+ 2H_1 = 58,000 + 2H_1$$

Literaturverzeichnis

- [1] M. ten Bosch: Berechnung der Maschinenelemente. Berlin 1951.
- [2] H. Brandenberger: Die Maag-Zahnformen und ihre Herstellung mit einem normalen 150°-flankigen Werkzeug. Schweizerische Bauzeitung, Band 92, S. 160, 169, 258.
- [3] Earle Buckingham: Manual of gear design, New York 1935.
- [4] Deutsche Industrienormen, Blatt DIN 870.
- [5] M. Fölmer: Ein neues Rechenverfahren für Evolventen-Stirnräder-Getriebe, Betrieb 1919.
- [6] A. R. Metral and M. le Ray: Exact helix angle for helical gears. «Machinery», London 8. 7. 1948.
- [7] Zahnweiten-Tabelle 1943. Reishauer-Werkzeuge AG., Zürich.
- [8] Verein Schweizerischer Maschinenindustrieller, Entwürfe für Normen und Richtlinien für Evolventenverzahnungen: Symbole, Begriffe und Definitionen, Messmethoden und Werkzeuge. Modulreihe VSM 15 521. Bezugsprofil.
- [9] P. Bagh: Die ideale Zähnezah eines Schrägzahnrades und seine Anwendung bei der Zahndickenmessung an Schrägzahnradern. «Feinmechanik und Präzision», 47. Jg. H. 24, 1939.
- [10] Wildhaber: «Americ. Mach.», Bd. 59, S. 551.

Betreffend Tabelle 3 siehe Mitteilung S. 649

Ferienhaus aus hölzernen Normteilen

Architekt OSKAR BURRI, Zürich

Allgemeines. Das Hauptziel beim Entwurf dieses Ferienhauses war, bei niedrigsten Kosten und unter Vermeidung von Bauschwierigkeiten ein Maximum an Ausnützung und Verwendungsmöglichkeiten zu schaffen. Als Grundriss wurde das regelmässige Fünfeck gewählt. Ein Pentagonraum ergibt günstigere Verhältnisse als ein quadratischer Innenraum, denn durch das Hinzufügen des fünften Wandelementes erhalten wir die 1,72fache freie Bodennutzfläche. Die Inneneinrichtung umfasst vier Betten; zwei sind tagsüber als Sitzplätze benützbar, wobei die heruntergeklappten Oberbetten die Rücklehne bilden. Eingebaut sind ferner: Kleider- und Geschirrschränke, Büchergestelle, Abstelltablare, Kochnische mit Rechaud (Butagas) und Spültrog. Dazu kommen Einrichtungen für Licht und Heizung, sowie Tisch und Hocker. Mit dem dazugehörigen Sitzplatz sind WC, Dusche und Geräte-raum kombiniert. Die Kosten eines eingerichteten Hauses betragen 4900 Fr.

Anwendung. Bei entsprechendem Innenausbau ergeben sich weitere Anwendungsmöglichkeiten; zum Beispiel Notwohnungen, Arbeits- und Wohnraum auf abgelegenen Bauplätzen, Kiosk, Kasse, Auskunft u. a. Zahlreich sind die Möglichkeiten der Kombination mehrerer Einheiten zu grösseren Organismen mit gemeinsamem Zentrum. Gerade damit liessen sich in der Art der amerikanischen «Motels» reizvolle Möglichkeiten eines dezentralisierten Hotelbetriebes entwickeln.

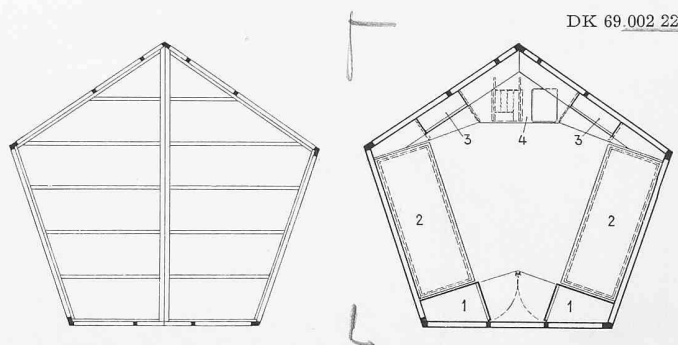


Bild 1. Bodenrost Masstab 1:90 Bild 2. Ausstattung

1 Kleider- und Wäscheschränke, 2 Bett, 3 Geschirrschrank, 4 Arbeitstisch mit Waschtrog

Konstruktion. Fundamente: Rostfreie Metallstützen oder Betonrahmen. Boden: zwei Elemente (Holzrost) beidseitig verschalt mit Tannenriemen in Nut und Kamm. Wände: fünf Wandelemente (Holzrost) beidseitig verschalt mit rohen Tannenriemen in Nut und Kamm; Fenster und Türen fertig eingebaut. Dach: zwei Elemente; verleimter Holzrost mit Verschalungen; als Dachhaut stehen drei Ausführungen zur Verfügung: Curit-Ballonhülle aufgespannt oder Aluminiumhaut (1 mm stark) oder Kiesklebedach vorverleimt. Isolation: Böden, Wände und Dach sind mit zwei Lagen einmontierter Aluminiumfolien isoliert.

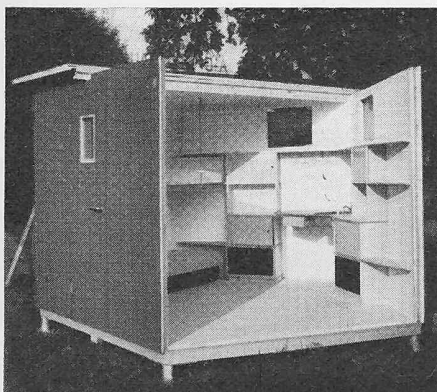


Bild 3. Eine Bettwand und halbes Dach weggenommen

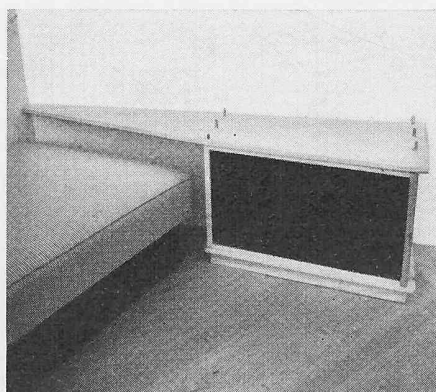


Bild 4. Fusselement des Geschirrschranks (Nr. 3 in Bild 2)

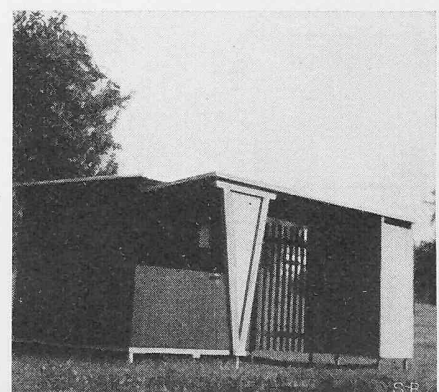


Bild 5. Haus mit vorgesetztem Dach und WC-Dusche-Geräte-Raum