Bei der Ausgangsklaue ergibt sich entsprechend

$$\vartheta = 90^\circ - \delta + \zeta_a = 90^\circ - 1\tfrac{1}{2}^\circ + 13\tfrac{1}{2}^\circ = 102^\circ.$$

Der Nebenwinkel ist

$$\vartheta' = 180^\circ - \vartheta = 78^\circ.$$

Aus diesem entsteht durch Drehung um η der Winkel ϑ_1.

$$\vartheta_1 = \vartheta' + \eta = 78^\circ + 7^\circ\,1'\,29'' = 85^\circ\,1'\,29''.$$

In dem rechtwinkligen Dreieck O′XG ist

$$r_a = 0{,}716\,77\,r,\quad \vartheta_1 = 85^\circ\,1'\,29''.$$

Es ist

$$O'X = r_a \cdot \sin \vartheta_1.$$

In dem rechtwinkligen Dreieck O′YF ist

$$r_0 = 0{,}592\,84\,r,\quad \vartheta' = 78^\circ.$$

Es ist

$$O'Y = r_0 \cdot \sin \vartheta'.$$

Daraus ergibt sich:

$$O'X = 0{,}714\,07\,r$$
$$O'Y = 0{,}579\,89\,r$$

$$\underline{k_a = O'X - O'Y = 0{,}134\,18\,r.}$$

2. Der Anschliffwinkel, d. h. der Winkel zwischen Ruhe- und Hebefläche, wird bei der Herstellung der Steinklauen meist nicht gebraucht. Er eignet sich aber gut zu Kontrollmessungen. An der Eingangsklaue (Abb. 34) ist er $\vartheta + \lambda = 76^\circ\,30' + 25^\circ\,34'\,11'' = 102^\circ\,4'\,11''$. An der Ausgangsklaue (Abb. 35) ist er $\vartheta_1 + \lambda = 85^\circ\,1'\,29'' + 29^\circ\,27'\,20'' = 114^\circ\,28'\,49''$.

3. Um die Ankerhöhe zu finden, gehen wir in das Dreieck $B_1O'G$ (Abb. 30).

In diesem ist bekannt:

$$O'B_1 = r_0 = 0{,}592\,84\,r,\quad O'G = r_a = 0{,}716\,77\,r.$$

Ferner können wir den Winkel $B_1O'G$ berechnen.

In Abb 32 ist $\sphericalangle B_0O'O = \nu$. B_1 liegt um den Ruhewinkel δ unterhalb von B_0, also ist $B_1O'O = \nu - \delta$. In Abb. 33 ist $\sphericalangle OO'G = \nu_2$. Also ist der ganze Winkel $B_1O'G = \nu - \delta + \nu_2 = 57^\circ\,30' - 1^\circ\,30' + 58^\circ\,58'\,31'' = 114^\circ\,58'\,31''$.

Aus den beiden Seiten und dem eingeschlossenen Winkel berechnen wir mit Hilfe des Tangenssatzes die beiden anderen Winkel $O'B_1G$ und $O'GB_1$, die wir φ und ψ nennen. Wir erhalten:

$$\underline{\varphi = 35^\circ\,57'\,51''}$$
$$\underline{\psi = 29^\circ\,3'\,38''}$$

Nun können wir aus dem rechtwinkligen Dreieck $O'B_1U$ (Abb. 30) die Ankerhöhe $O'U = h$ berechnen. In dem Dreieck ist bekannt:

$$r_0 = 0{,}592\,84\,r \text{ und der Winkel } O'B_1U = \varphi = 35^\circ\,57'\,51''$$

$$h = r_0 \cdot \sin \varphi$$
$$\underline{h = 0{,}348\,17\,r}$$

Die Segmenthöhe erhalten wir, indem wir zu h den Wert von r_a hinzufügen:

$$+\;\; h = 0{,}348\,17\,r$$
$$+\;\; r_a = 0{,}716\,77\,r$$
$$\underline{s = 1{,}064\,94\,r}$$

4. Wichtig sind noch die Ankerwinkel γ_e und γ_a (Abb. 30), d. h. die Winkel zwischen den parallelen Begrenzungsflächen der Hebesteine und der Verbindungslinie B_1G.

Eingang

γ_e setzt sich zusammen aus $\sphericalangle O'B_1G = \varphi$ und dem Winkel zwischen $O'B_1$ und der Zugfläche $= \vartheta_e$ (Abb. 34).

$$\gamma_e = \varphi + \vartheta_e = 35^\circ\,57'\,51'' + 76^\circ\,30'$$
$$\underline{\gamma_e = 112^\circ\,27'\,51''}$$

Ausgang

Entsprechend setzt sich γ_a zusammen aus $\sphericalangle O'GB_1 = \psi$ und dem Winkel zwischen OG und der Parallelen zur Zugfläche (Abb. 35) $= 180^\circ - \vartheta_1$.

$$\gamma_a = \psi + 180^\circ - \vartheta_1 = 29^\circ\,3'\,38'' + 180^\circ - 85^\circ\,1'\,29''$$
$$\underline{\gamma_a = 124^\circ\,2'\,9''}$$

In Aufgabe 10 und 11 sind die Größen berechnet, die zur Herstellung der Hemmung nötig sind. Wir fassen die Werte noch einmal zusammen:

Kolbenzahnankerhemmung mit gleicharmiger Ruhe und Ankermittelpunkt $2\tfrac{1}{2}^\circ$ außerhalb der Tangente

Gegeben:

Halbmesser des Spitzenkreises k_s	$r = 1$
Zähnezahl des Rades	$z = 15$
Anzahl der Teilungen, über die der Anker faßt	$n = 2\tfrac{1}{2}$
Fall	$\varphi = 1\tfrac{1}{2}^\circ$
Ruhe	$\delta = 1\tfrac{1}{2}^\circ$
Führungswinkel für Rad	$\alpha_r = 3\tfrac{1}{2}^\circ$
Führungswinkel für Klaue	$\alpha_k = 7^\circ$
Hebung für Rad	$\beta_r = 2^\circ$
Hebung für Klaue	$\beta_k = 6\tfrac{1}{2}^\circ$

Nicht erwähnt sind der Unterschnitt am Radzahn (24°) und solche Größen, die für die Gestaltung des Rades gebraucht werden, wie Länge der Zähne und Abmessungen von Zahnkranz, Schenkel und Mittelteil sowie die für die äußere Gestaltung des Ankers.

Den Radhalbmesser haben wir = 1 gesetzt; ist er z. B. 4 mm, so müssen alle Längenangaben mit 4 multipliziert werden. Verlangen wir dabei die Längen auf tausendstel Millimeter genau, so dürfen wir für r = 1 die vierte Stelle nach dem Komma nur vernachlässigen, wenn sie 1 ist. Wir runden deshalb unsere Zahlen durchweg auf vier Stellen hinter dem Komma ab.

Berechnet:

Teilung des Rades	$t = 24^\circ$
Achsenabstand Rad – Anker	$c = 1{,}1856\,r$
Halbmesser des Fersenkreises k_f	$r_f = 1{,}0207\,r$
Gemessener Raddurchmesser	$[D_f] = 2{,}0190\,r$
Halbmesser des Ruhekreises a_o	$r_o = 0{,}5928\,r$
Halbmesser des inneren Ankerkreises a_i	$r_i = 0{,}4681\,r$
Halbmesser des äußeren Ankerkreises a_a	$r_a = 0{,}7168\,r$
Halbmesser des Radhebungskreises g_r	$\varrho_r = 0{,}9574\,r$
Halbmesser des Eingangshebungskreises g_e	$\varrho_e = 0{,}2559\,r$
Halbmesser des Ausgangshebungskreises g_a	$\varrho_a = 0{,}3525\,r$
Ankerhöhe	$h = 0{,}3482\,r$
Ankerwinkel, Eingang	$\gamma_e = 112\tfrac{1}{2}^\circ$
Ankerwinkel, Ausgang	$\gamma_a = 124^\circ$

Wie auf Grund dieser Zahlenwerte der Anker konstruiert wird, zeigt Abb. 36. Dort sind die drei Ankerkreise a_o, a_i, a_a, die zwei Hebungskreise g_e, g_a und endlich ein Kreis mit dem Halbmesser h gezeichnet. An diesen letzten Kreis legt man eine Tangente. Diese schneidet links a_o in B_1 und rechts a_a in G. In B_1 legt man den Winkel γ_e und in G den Winkel γ_a an. Die Hebeflächen schleift man so an, daß die am Eingang Tangente an g_e, die am Ausgang Tangente an g_a wird.

Diese Aufgaben 10 und 11 sind zwar langwierig, aber — was die Technik des Rechnens angeht — nicht schwierig. Die einzige Schwierigkeit liegt darin, daß man aus der Fülle der Gegebenheiten und Beziehungen einen Weg sucht, der zu dem gewünschten Ziele führt. Dazu gehört klare Festlegung aller Größen und eine gewisse Gewandtheit im Aufsuchen und Verwenden von geometrischen Beziehungen. Diese Gewandtheit erwirbt man sich nur durch eingehende Beschäftigung mit solchen Aufgaben.

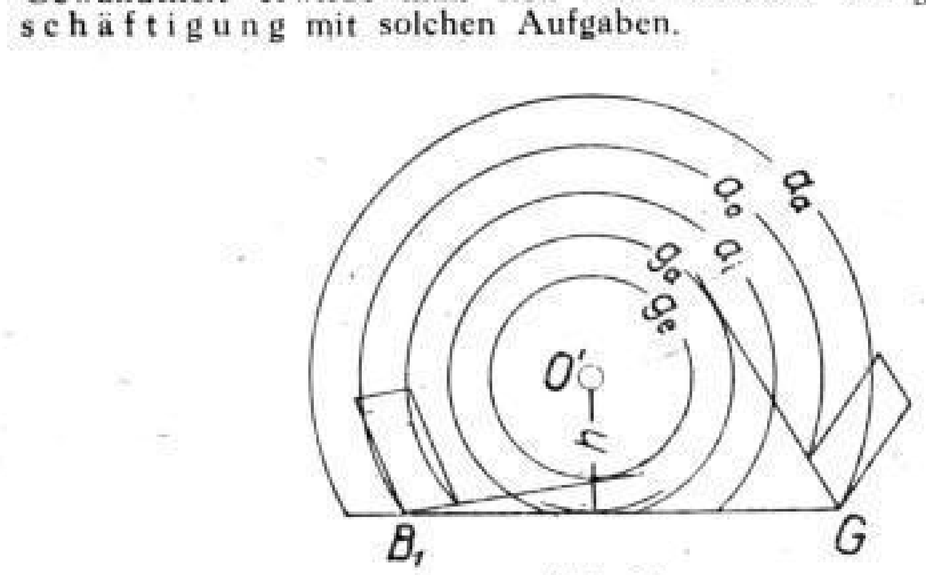

Abb. 36.

Immer kommt es darauf an, ein Dreieck zu finden, in dem das gesuchte Stück liegt und von dem man drei (im rechtwinkligen Dreieck zwei) Stücke kennt. Dabei muß man oft mehrere Stufen zurückgehen. Machen wir uns das rückschauend noch einmal an einem Beispiel klar: Um die Klauen richtig anschleifen zu können, muß man den Halbmesser des Hebungskreises bestimmen, z. B. am Eingang ϱ_e (Aufgabe 10, Nr. 6, und Abb. 30 u. 32). ϱ liegt in dem rechtwinkligen Dreieck O′TB oder auch O′TA. Von diesen Dreiecken kennt man aber nur ein Stück, r_o oder r_i. Man braucht noch ein anderes, z. B. den Winkel λ oder $180^\circ - \varkappa$. Zur Aufsuchung dieser Winkel zieht man das Dreieck BO′A heran. Von diesem aber kennt man wiederum nur zwei Stücke, r_o und r_i. Als drittes kommt der Winkel bei O′ in Frage. Beim flüchtigen Hinsehen könnte man auf den Gedanken kommen, dieser Winkel sei β_k, wie es bei der symmetrischen Graham-Hemmung (Aufgabe 9, Abb. 28) auch tatsächlich war. Wie man besonders deutlich an der verzerrten Abb. 32 sieht, ist das nicht der Fall. Der Strahl O′B geht nicht wie dort durch A. Wir bekommen für den Winkel BO′A einen neuen Begriff, „die scheinbare Hebung". η ist um σ größer als β_k. Läßt sich σ bestimmen? Es gelingt, aus den Dreiecken $O'B_fO$ und O′AO die Winkel ν' und ν_1 zu bestimmen, und nun können wir den rückwärts gerichteten Weg wieder vorwärts gehen und kommen zu dem gesuchten Stück ϱ. Diese Überlegungen sind die wirkliche Schwierigkeit, der gegenüber das bißchen trigonometrische Rechnen einfach ist.

(Fortsetzung folgt.)