enthalten als zulässige oder garantierte Belastung die grösste Zugkraft, denen die Kette ausgesetzt werden darf; dieselbe entspricht ungefähr $\frac{1}{5}$ der Bruchlast. Für besonders ungünstige Betriebsverhältnisse wird man aber wiederum die zulässigen Belastungen der Ketten entsprechend zu reduzieren haben.

Der Radius der Leit- und Winderollen, die man hier als Daumenrollen bezeichnet, berechnet sich nach Fig. 18, Taf. 2 aus dem Dreieck O 1 2 zu

$$R = \frac{l}{2 \sin \frac{180}{z}} \quad \ldots\ldots \quad 74$$

wenn wieder l die Teilung oder Baulänge der Glieder, z die Zähnezahl der Rollen bezeichnet. Der folgenden Tabelle kann der Wert von R direkt entnommen werden.

Werte von R nach Gl. 74.

z	R	z	R	z	R
6	1	15	2,4048 l	24	3,8306 l
7	1,1531 l	16	2,5631 l	25	3,9894 l
8	1,3066 l	17	2,7210 l	26	4,1480 l
9	1,4619 l	18	2,8794 l	27	4,3070 l
10	1,6180 l	19	3,0377 l	28	4,4657 l
11	1,7747 l	20	3,1962 l	29	4,6245 l
12	1,9318 l	21	3,3548 l	30	4,7834 l
13	2,0893 l	22	3,5133 l	31	4,9423 l
14	2,2470 l	23	3,6720 l	32	5,1010 l

Die Zähnezahl der Leitrollen wählt man gewöhnlich gleich 12 bis 30, die der Winderollen gleich 6 bis 12.

Leit- und Winderollen sind, abgesehen davon, dass jene häufig lose, diese aber stets fest auf ihrer Achse oder Welle sitzen, vollständig gleich gestaltet. Das Profil der Zähne, die gefräst werden, ist nach Fig. 17, Taf. 2 für den Kopf eine Äquidistante zur Evolvente des Teilkreises, das Profil der Füsse ein Halbkreis von einem Durchmesser, der um den meist nur geringen Spielraum zwischen Kettenbolzen und Rolle grösser als Δ genommen wird. Die Breite der Zähne wird um ca. 2 mm kleiner als der innere Abstand b der Laschen gehalten. Das Material der vorliegenden Rollen ist Gusseisen oder Stahlguss. Bei geringen Zähnezahlen wird die Rolle auch wohl mit ihrer Stahlachse nach Fig. 16, Taf. 2 aus einem Stück geschmiedet.

Zur Befestigung der Gall'schen Gelenkkette an einem Haken oder Gestellteile dient ein besonderes Endglied (s. Fig. 51 auf S. 53), dessen Baulänge um 10 mm grösser und dessen Bolzen etwas stärker als bei den übrigen Gliedern gehalten ist.

Bei Kranen mit grosser Hubhöhe und mehrfacher Rollenübersetzung muss das von der Windenrolle ablaufende Kettenende, das wegen seiner beträchtlichen Länge gewöhnlich nicht frei herunterhängen darf, in einem Blechkasten gesammelt oder in einzelnen Strängen von kleinerer Länge aufgehangen werden. Die Fig. 18, 19 u. 20, Taf. 3 zeigen diesbezügliche Vorrichtungen.

In Fig. 18 wird nach einer Ausführung des Oberingenieurs P. Üllner in Lüttich das von der Winderolle A kommende Kettenende in der Richtung x durch eine aus zwei Blechschilden und angenieteten [-Eisen a bestehende Gleitbahn geleitet. Alle 4 Meter sind ferner die äusseren Enden der Kettenbolzen mit zwei Stahlrollen versehen. Da die Entfernung l_x der [-Eisen etwas grösser als die äussere Breite der gewöhnlichen Kettenbolzen ist, so fallen diese durch, während die mit Stahlrollen versehenen auf dem unteren Schenkel der [-Eisen heruntergleiten und, am Ende der Bahn durch ein Flacheisen b am Austritt verhindert, die Kette selbstthätig in Strängen von 2 Meter Länge aufhängen.

Die Vorrichtungen in Fig. 19 u. 20 verwendet die Maschinenfabrik Örlikon in Örlikon (Schweiz) an ihren Laufkranen. In Fig. 19 wird die Kette, nachdem sie die Winderolle A verlassen hat, nochmals über die Rolle B geführt, welche durch ein Rädervorgelege z_1, z_x, z_2 von der Welle der Rolle A gedreht wird. Das von B kommende Ende ist aufgehangen. Sollen die vier Stränge der von A ablaufenden Kette gleiche Aufhängelänge erhalten, so muss die Umfangsgeschwindigkeit v der Rolle A und diejenige v′ von B gemäss der Bedingung

$$\frac{v'}{2} = \frac{v - v'}{2} \quad \text{oder} \quad v' = \frac{1}{2} v$$

sich wie 2 : 1 verhalten. Mit den der Figur eingeschriebenen Bezeichnungen muss also

$$\frac{v'}{v} = \frac{z_1}{z_2} \frac{R'}{R} = \frac{1}{2}$$

oder gemäss Gl. 74

$$\frac{z_1}{z_2} \frac{\sin \frac{180}{z}}{\sin \frac{180}{z'}} = \frac{1}{2}$$

sein.

Nach der Ausführung ergiebt sich mit $z_1 = 21$, $z_2 = 50$, $z = 10$, $z' = 12$

$$\frac{21 \sin 18^0}{50 \sin 15^0} = \frac{21 \cdot 0{,}309}{50 \cdot 0{,}2588} = \sim \frac{1}{2}.$$

Das Zwischenrad mit der Zähnezahl z_x kommt für die Übersetzung nicht in Betracht.

In Fig. 20 schliesslich wird das von der Winderolle A kommende und nochmals über die Rolle B geleitete Kettenende durch ein doppelarmiges Gewicht C auf vier Stränge gleichmässig verteilt.

Damit die Kette sicher von der Winderolle abgehoben wird, bringt man die in Fig. 18 u. 19, Taf. 3 mit y bezeichneten Gussstücke an.

§ 21.

Die Haken und Ösen.

Die Last wird nur selten unmittelbar an dem Seil oder der Kette eines Hebezeuges befestigt. Meistens dient zur leichteren Aufhängung der Last ein besonderer Haken, der mit dem Seil oder der Kette in irgend einer Weise verbunden ist. Auch dienen Haken zum Aufhängen ganzer Hebezeuge, wie namentlich der Flaschenzüge.

Am Haken unterscheidet man den Hakenschaft und die Hakenkehle. Jener ist der obere, gerade Teil des Hakens, mit welchem derselbe in einem Schekel, einer Traverse oder auf einem Bolzen sitzt, diese ist die untere Hakenkrümmung, in deren maulartige Öffnung die Last vermittelst einer Seil- oder Kettenschlinge eingehangen wird. Entsprechend dieser beiden Aufhängungsarten spricht man wohl von Seil- und Kettenhaken. Weiter unterscheidet man einfache und Doppelhaken, von denen die letzteren nur bei grossen Lasten verwendet werden. Das Material der Haken ist zähes Schweisseisen bester Güte.

$$d_1^2 \frac{\pi}{4} = \frac{Q}{k_z} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 75$$

mit $k_z = 600$ kg/qcm für alle Haken, deren Schaft auf Zug und Biegung,

$k_z = 900$ kg/qcm für solche, deren Schaft nur auf Zug beansprucht werden kann.

Wird, wie häufig der Fall, der Schaft durch Mutter und Gewinde befestigt, so entspricht $d_1^2 \frac{\pi}{4}$ dem Kernquerschnitt dieses Gewindes. Setzt man dann, wenn

d der äussere Gewindedurchmesser

ist,

Fig. 56.

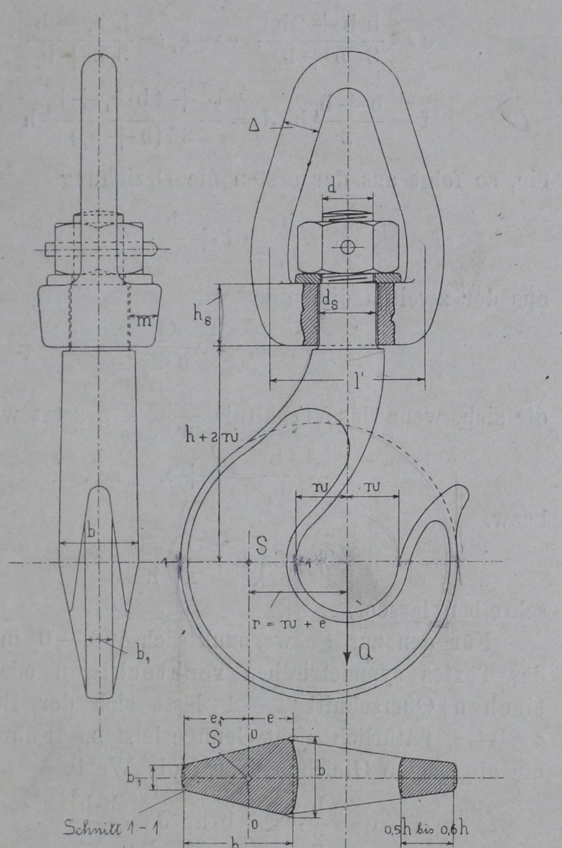
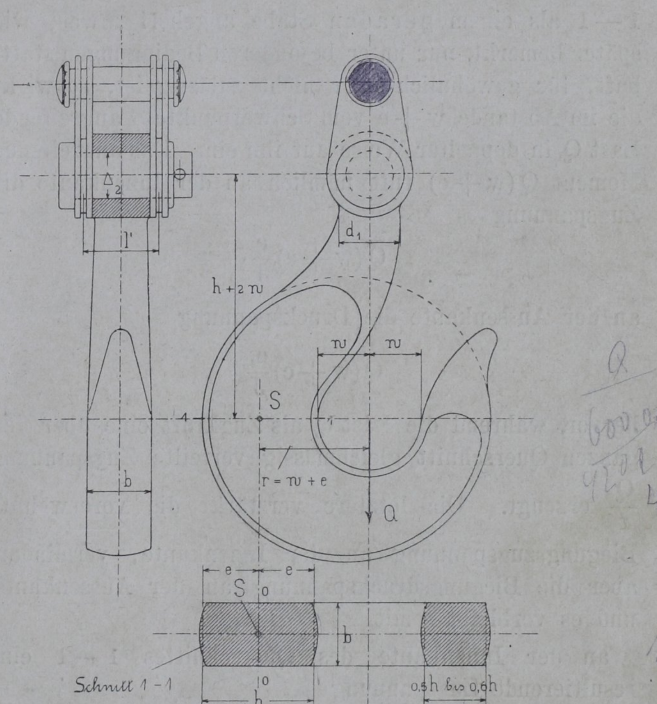


Fig. 57.



Bei der Berechnung des Hakenschaftes ist zu beachten, dass derselbe stets auf Zug, in vielen Fällen, namentlich wenn er in der Traverse eines mehrrolligen Flaschenzuges befestigt ist, aber auch noch auf Biegung beansprucht wird. Die letztere Beanspruchung lässt sich rechnungsmässig nicht verfolgen und kann nur durch Wahl einer entsprechend kleinen zulässigen Materialspannung berücksichtigt werden. v. Bach empfiehlt deshalb den Wert dieser zulässigen Spannung nicht für ruhende Belastung (Fall a der drei Belastungsarten), sondern für eine beliebig oft wechselnde (Fall b) zu wählen. Ist also

Q die Last in kg,

d_1 der Durchmesser des kleinsten Schaftquerschnittes,

so gilt nach der Zugfestigkeit

$$d_1^2 \frac{\pi}{4} = 0{,}7\, d^2 \frac{\pi}{4},$$ $d_1 = d\sqrt{0{,}7}$

so erhält man mit den angegebenen Werten von k_z aus Gl. 75 zur unmittelbaren Berechnung von d die abgerundete Beziehung

$$d^2 \frac{\pi}{4} = 2{,}4 \frac{Q}{1000} \text{ bezw. } 1{,}6 \frac{Q}{1000} \quad . \quad . \quad . \quad 76$$

in welcher der erste (grössere) Wert für gewöhnlich zu nehmen ist, der zweite (kleinere) aber nur dann, wenn jede Biegungsbeanspruchung im Hakenschaft als vollständig ausgeschlossen zu betrachten oder wenn, wie es bei sehr schweren Lasten vorkommt, eine thunlichste Beschränkung der Dimensionen mit Rücksicht auf Form und Herstellung geboten ist. Die Fernhaltung der Biegungsbeanspruchung dürfte in den meisten Fällen nur dann gesichert sein, wenn der Haken in einem Schekel oder auf einem Bolzen befestigt oder durch ein Scharnier mit dem Hakenschaft verbunden ist.

Die Berechnung der Hakenkehle besteht zur Hauptsache in der Bestimmung des gefährlichen Querschnittes $1-1$, der beim einfachen Haken (s. Fig. 56 u. 57 des Textes) in der Horizontalebene durch die Mitte der Maulöffnung liegt. Dieser Querschnitt kann trapezförmig, rechteckig oder elliptisch gestaltet werden. Ist

- f der Inhalt,
- J das Trägheitsmoment dieses Querschnittes, bezogen auf die Schwerpunktsachse $0-0$,
- h und b die Höhe bezw. Breite desselben (bei Trapezform b die grössere Breite an der Innen-, b_1 die kleinere Breite an der Aussenkante),
- e und e_1 der Abstand des Schwerpunktes S von der Innen- bezw. Aussenkante,
- w der Radius der Maulöffnung,

und betrachtet man zunächst den fraglichen Querschnitt $1-1$ als einem geraden Stabe angehörig, was, wie später bemerkt, nur unter besonderen Bedingungen statthaft, für gewöhnlich aber nicht zulässig ist, so wirkt die im Abstande $w+e$ vom Schwerpunkte S angreifende Last Q in doppelter Weise auf ihn ein. Das angreifende Moment $Q(w+e)$ ruft nämlich an der Innenkante die Zugspannung

$$Q(w+e)\frac{e}{J},$$ = z

an der Aussenkante die Druckspannung

$$Q(w+e)\frac{e_1}{J}$$

$M_b = W\sigma$, $\sigma = \frac{M}{W}$

hervor, während die Last Q als Zugkraft eine über den ganzen Querschnitt gleichmässig verteilte Zugspannung $\frac{Q}{f}$ erzeugt. Die letztere verstärkt die vorerwähnte Biegungszugspannung an der Innenkante, vermindert aber die Biegungsdruckspannung an der Aussenkante, und es verbleibt somit

an der Innenkante des Querschnittes $1-1$ eine resultierende Zugspannung

$$\sigma = \frac{Q}{f} + Q(w+e)\frac{e}{J},$$ $P = z f$

an der Aussenkante dagegen eine resultierende Druckspannung

$$\sigma_1 = \frac{Q}{f} - Q(w+e)\frac{e_1}{J}.$$

Die grössere Zugspannung σ darf natürlich den Wert der zulässigen Materialspannung k_z nicht überschreiten, und es folgt deshalb aus der ersten Gleichung für $\sigma = k_z$ der erforderliche Inhalt des gefährlichen Querschnittes zu

$$f = \frac{Q}{k_z}\left\{1 + (w+e)\frac{e \cdot f}{J}\right\}.$$

Bei trapezförmiger Gestalt des Querschnittes $1-1$ kann nun nach Zimmermann in der Zeitschrift des Ver. deutsch. Ingenieure, Jahrgang 1873, der Inhalt f zu beiden Seiten der Schwerpunktsachse $0-0$ so verteilt werden, dass gemäss der für Schweisseisen gültigen Beziehung

$$\sigma = -\sigma_1$$

die Festigkeit des Materiales möglichst vollkommen ausgenützt wird. Die Gleichungen für σ und σ_1 liefern dann die Beziehung

$$\sigma + \sigma_1 = \frac{2}{f} + \frac{(w+e)(e-e_1)}{J} = 0$$

oder

$$2J + f(w+e)(e-e_1) = 0,$$

die mit der obigen Gleichung für f vereinigt, diejenige

$$f = \frac{Q}{k_z}\left(1 - \frac{2e}{e-e_1}\right)$$

ergiebt. Führt man in die beiden letzten Gleichungen

$$e = \frac{h}{3}\,\frac{b+2b_1}{b+b_1}, \quad e - e_1 = \frac{h}{3}\,\frac{b_1-b}{b+b_1},$$

$$f = \frac{b+b_1}{2}h, \quad J = \frac{b^2+4b \cdot b_1+b_1^2}{36(b+b_1)}h$$

ein, so folgt aus der ersten die Beziehung

$$\frac{b}{b_1} = 1 + \frac{h}{w},$$

aus der zweiten diejenige

$$b - b_1 = 6\frac{Q}{h \cdot k_z},$$

die sich, wenn das Verhältnis $\frac{h}{w} = x$ gesetzt wird, auch

$$\frac{b}{b_1} = 1 + x \quad \ldots\ldots \quad 77$$

bezw.

$$b = 6\left(1+\frac{1}{x}\right)\frac{Q}{h \cdot k_z} \quad \ldots\ldots \quad 78$$

schreiben lassen.

Für den zur Schwerpunktsachse $0-0$ in Fig. 57 des Textes symmetrischen rechteckigen oder elliptischen Querschnitt $1-1$ lässt sich der Bedingung $\sigma = -\sigma_1$ natürlich nicht Genüge leisten. Führt man in die allgemeine Gleichung für f die Werte

$$e = \frac{h}{2}, \quad f = b \cdot h, \quad J = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

ein, so erhält man für den rechteckigen Querschnitt

$$b \cdot h = \frac{Q}{k_z}\left(4 + 6\frac{w}{h}\right),$$

oder mit dem Verhältnis $\frac{h}{w} = x$,

$$b = 2\left(2+\frac{3}{x}\right)\frac{Q}{h \cdot k_z} \quad \ldots\ldots \quad 79$$

Für den elliptischen Querschnitt liefert die genannte Gleichung mit

$$e = \frac{h}{2}, \quad f = b \cdot h\frac{\pi}{4}, \quad J = b \cdot h^3\frac{\pi}{64}$$

$$b \cdot h\frac{\pi}{4} = \frac{Q}{k_z}\left(5 + 8\frac{w}{h}\right)$$

oder

$$b = \frac{4}{\pi}\left(5+\frac{8}{x}\right)\frac{Q}{h \cdot k_z} \quad \ldots\ldots \quad 80$$

Die für die vorstehende Berechnung gemachte Annahme, dass der gefährliche Querschnitt 1 — 1 einem geraden Stabe angehöre, ist aber nur dann angenähert richtig und zulässig, wenn die Maulöffnung nach einem grossen Radius gekrümmt ist. Bei der gewöhnlichen Grösse des Krümmungsradius ist diese Annahme nicht statthaft, und die auf sie sich stützende Berechnung eines Hakens führt nach v. Bach[1]) zu einer bedeutenden Unterschätzung der Inanspruchnahme, was um so bedenklicher ist, als die zulässigen Anstrengungen bei Haken für grössere Lasten so wie so schon recht hoch gewählt werden.

Richtiger ist es, den Querschnitt 1 — 1 so, wie es der Wirklichkeit entspricht, also als einem gekrümmten Stabe angehörig zu berechnen. Dann ermittelt sich die Zugspannung an der Innenkante des fraglichen Querschnittes nach v. Bach zu

$$\sigma = \frac{Q}{f} + \frac{M_b}{f \cdot r} - \frac{M_b}{f \cdot r} \frac{1}{\varkappa} \frac{e}{r - e},$$

die Druckspannung an der Aussenkante zu

$$\sigma_1 = -\frac{Q}{f} - \frac{M_b}{f \cdot r} + \frac{M_b}{f \cdot r} \frac{1}{\varkappa} \frac{e_1}{r + e_1},$$

wenn M_b das Biegungsmoment der Last Q,
r der Krümmungsradius der Mittellinie für die Hakenkehle in Bezug auf den Schwerpunkt S

ist und

bei trapezförmigem Querschnitt

$$\varkappa = -1 + \frac{2r}{(b + b_1)h}\left[\left\{b_1 + \frac{b - b_1}{h}(e_1 + r)\right\} \ln \frac{r + e_1}{r - e} - (b - b_1)\right],$$

bei rechteckigem Querschnitt

$$\varkappa = \frac{1}{3}\left(\frac{h}{2r}\right)^2 + \frac{1}{5}\left(\frac{h}{2r}\right)^4 + \frac{1}{7}\left(\frac{h}{2r}\right)^6 + \cdots,$$

bei elliptischem oder rundem Querschnitt

$$\varkappa = \frac{1}{4}\left(\frac{h}{2r}\right)^2 + \frac{1}{8}\left(\frac{h}{2r}\right)^4 + \frac{5}{64}\left(\frac{h}{2r}\right)^6 + \cdots$$

gesetzt wird.

Für den einfachen Haken nehmen die obigen Gleichungen, da hier das Moment $M_b = -Q \cdot r$ (negativ, weil M_b auf Vergrösserung von M_b hinzuwirken sucht) und der Radius $r = w + e$ ist, die einfachere Form

$$\sigma = \frac{Q}{f \cdot \varkappa} \frac{e}{w}$$

und

$$\sigma_1 = -\frac{Q}{f \cdot \varkappa} \frac{e_1}{w + h} = -\sigma \frac{w \cdot e_1}{(w + h)e}$$

an. Da ferner σ grösser als σ_1 wird, so ist die erste dieser beiden Beziehungen für die Berechnung von f zu benutzen. Sie liefert für $\sigma = k_z$

$$f = \frac{Q}{k_z} \frac{e}{\varkappa \cdot w}.$$

Für den trapezförmigen Querschnitt erhält man dann aus dieser Gleichung, wenn die Beziehung 77 auch hier beibehalten und also mit

$$\frac{h}{w} = x, \quad \frac{b}{b_1} = 1 + x,$$

$$f = \frac{b + b_1}{2} h = \frac{b \cdot h}{2} \frac{2 + x}{1 + x}, \quad e = \frac{h}{3} \frac{b + 2b_1}{b + b_1} = \frac{h}{3} \frac{3 + x}{2 + x}$$

gesetzt wird,

$$b = \left\{\frac{2}{3} \frac{x(1 + x)(3 + x)}{(2 + x)^2} \frac{1}{\varkappa}\right\} \frac{Q}{h \cdot k_z},$$

während die frühere Gleichung für $\varkappa$ mit den angegebenen Werten von $\frac{h}{w}$ und $\frac{b}{b_1}$ in

$$\varkappa = -1 + 2\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{3} \frac{3 + x}{2 + x}\right)\left\{\ln(1 + x) - \frac{x}{2 + x}\right\}$$

übergeht. Diese beiden Gleichungen können zur Berechnung von b dienen, sobald man a und x bezw. h gewählt hat. Rechnet man aber die Klammer in der ersten Gleichung für verschiedene x aus, so findet man, dass sie für die gebräuchlichen Werte von x = 1,8 bis 3 nur geringe Schwankungen zeigt und im Mittel 12,6 beträgt. Für die meisten Fälle dürfte es deshalb genügen, die Gleichung in der Form

$$b = 12{,}6 \frac{Q}{h \cdot k_z} \quad \ldots\ldots \quad 81$$

zu benutzen.

Entsprechend erhält man für den rechteckigen Querschnitt mit $\frac{h}{w} = x$ und

$$f = \frac{b \cdot h}{2}, \quad e = \frac{h}{2}$$

aus der obigen Gleichung

$$b = \left\{\frac{x}{2\varkappa}\right\} \frac{Q}{h \cdot k_z}$$

sowie aus der Gleichung für $\varkappa$

$$\varkappa = \frac{1}{3}\left(\frac{x}{2 + x}\right)^2 + \frac{1}{5}\left(\frac{x}{2 + x}\right)^4 + \frac{1}{7}\left(\frac{x}{2 + x}\right)^6 + \cdots$$

oder, da auch hier der Wert der Klammer in der ersten Gleichung für verschiedene x nur geringe Differenzen ergiebt und im Mittel 9,8 beträgt, angenähert

$$b = 9{,}8 \frac{Q}{h \cdot k_z} \quad \ldots\ldots \quad 82$$

Für den elliptischen Schnitt folgt schliesslich in derselben Weise mit

$$f = b \cdot h \frac{\pi}{4} \quad \text{und} \quad e = \frac{h}{2}$$

$$b = \left\{\frac{x}{2\pi \cdot \varkappa}\right\} \frac{Q}{h \cdot k_z}$$

und

$$\varkappa = \frac{1}{4}\left(\frac{x}{2 + x}\right)^2 + \frac{1}{8}\left(\frac{x}{2 + x}\right)^4 + \frac{5}{64}\left(\frac{x}{2 + x}\right)^6 + \cdots$$

oder angenähert für die gebräuchlichen Werte von x

$$b = 17{,}5 \frac{Q}{h \cdot k_z} \quad \ldots\ldots \quad 83$$

Setzt man die Werte von b in Gl. 78 u. 81, 79 u. 82, 80 u. 83 einander gleich, so erhält man denjenigen Wert von x,

1) S. „v. Bach, die Maschinen-Elemente", 7. Auflage, S. 519. Verlag von A. Bergsträsser in Stuttgart.

für welchen beide Berechnungsarten dieselbe Breite b des gefährlichen Querschnittes ergeben. Es ist dies der Fall

beim trapezförmigen Querschnitt für

$$6\left(1+\frac{1}{x}\right)=12{,}6,$$

oder rund

$$x=\frac{h}{w}=0{,}9 \text{ bezw. } w=1{,}1\,h,$$

beim rechteckigen Querschnitt für

$$2\left(2+\frac{3}{x}\right)=9{,}8,$$

oder rund

$$x=\frac{h}{w}=1{,}03 \text{ bezw. } w=0{,}97\,h,$$

beim elliptischen Querschnitt für

$$\frac{4}{\pi}\left(5+\frac{8}{x}\right)=17{,}5$$

oder rund

$$x=\frac{h}{w}=0{,}9 \text{ bezw. } w=1{,}1\,h.$$

Für alle Werte von x, die kleiner als die vorstehenden sind, und für alle Haken also, deren Maulradius w grösser als 1,1 h bezw. 1,03 h ist, liefert die Rechnung, welchen den gefährlichen Querschnitt 1—1 als einem geraden Stabe angehörig annimmt, grössere Dimensionen. Gewöhnlich ist das aber nicht der Fall, da x fast stets grösser als 1,5 oder w kleiner als $\frac{2}{3}$ h ist.

Die Berechnung des gefährlichen Querschnittes 1—1 eines einfachen Hakens ist nun in der folgenden Weise vorzunehmen. Man wählt zunächst den Maulradius w und das Verhältnis x, wozu die folgenden Angaben, wie sie ausgeführten Haken entsprechen, dienen können.

Für $Q < 7500$ kg

$$\left.\begin{aligned} &\mathbf{w}=\frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{200}}+\mathbf{15} \text{ bis } \frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{200}}+\mathbf{20\ mm} \\ &\text{für } Q \geqq 7500 \text{ kg} \\ &\mathbf{w}=\frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{400}}+\mathbf{30} \text{ bis } \frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{400}}+\mathbf{35\ mm} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad 84^{1)}$$

$$\mathbf{x}=\frac{\mathbf{h}}{\mathbf{w}}=\mathbf{1{,}8} \text{ bis } \mathbf{3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 85$$

Es folgt dann die erforderliche Höhe

$$\mathbf{h}=\mathbf{x}\cdot\mathbf{w} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 85\text{a}$$

in jedem Falle, während die Breite

beim trapezförmigen Querschnitt nach Gl. 81 u. 77 aus

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{b} &= \mathbf{12{,}6}\,\frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{h}\cdot\mathbf{k_z}} \\ \mathbf{b_1} &= \frac{\mathbf{b}}{\mathbf{1}+\mathbf{x}} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 86$$

beim rechteckigen Querschnitt nach Gl. 82 aus

$$\mathbf{b}=\mathbf{9{,}8}\,\frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{h}\cdot\mathbf{k_z}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 87$$

beim elliptischen und Kreisquerschnitt nach Gl. 83 aus

$$\mathbf{b}=\mathbf{17{,}5}\,\frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{h}\cdot\mathbf{k_z}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 88$$

1) Für Doppelhaken sind die Angaben für w mit $\frac{Q}{2}$ anstatt Q zu benutzen.

mit

$$k_z = 900 \text{ bis } 1200 \text{ kg/qcm}$$

je nach der Güte des verwendeten Materiales und der Grösse der Last zu berechnen ist. Die Druckspannung an der Aussenkante des gefährlichen Querschnittes beträgt nach der bezüglichen Gleichung auf S. 57

$$\sigma_1 = -\mathbf{k_z}\,\frac{\mathbf{e_1}}{\mathbf{e\,(1+x)}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 89$$

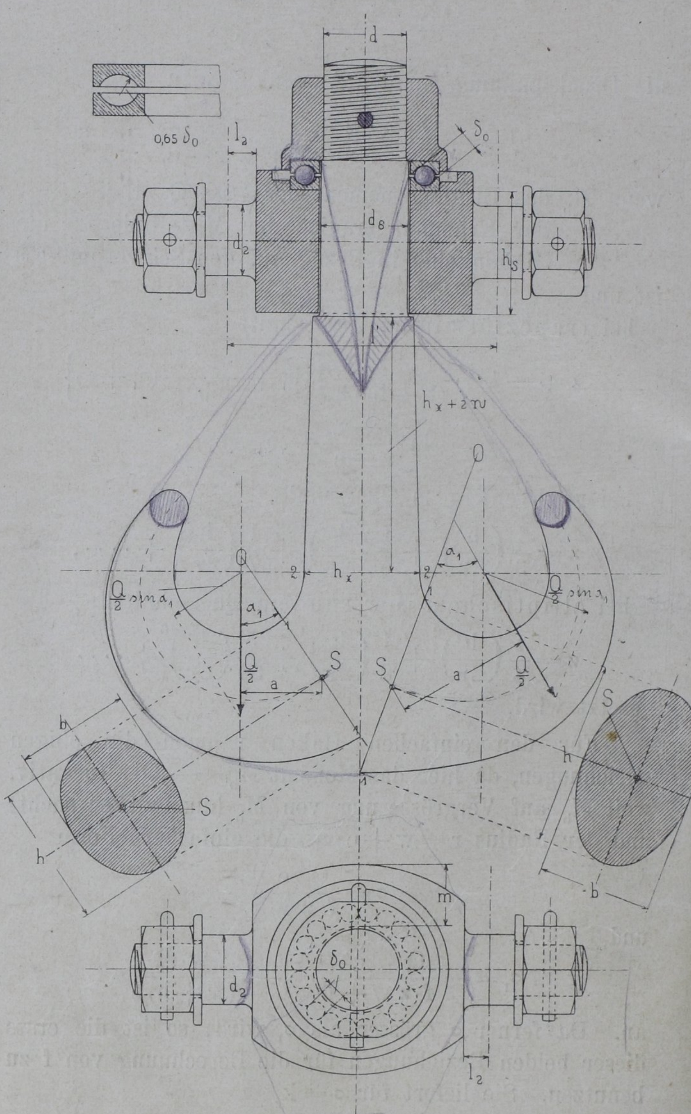
mit

$$e=\frac{h}{3}\,\frac{b+2b_1}{b+b_1} \text{ und } e_1=h-e \text{ für den trapezförmigen,}$$

$$e=e_1=\frac{h}{2} \text{ für den rechteckigen und elliptischen Querschnitt.}$$

Beim Doppelhaken lassen sich die erforderlichen Dimensionen der Kehle nicht ohne weiteres berechnen,

Fig. 58.



da die Lage des gefährlichen Querschnittes nicht von vorneherein bekannt ist. Man wird hier zunächst die Hakenkehle nach Gefühl entwerfen und dann für einige Querschnitte und die gewählten Dimensionen derselben kontrollieren müssen, ob die Zugspannung an der Innenkante die zulässige Materialspannung k_z nicht übersteigt. Zur Berechnung muss man die auf S. 57 angegebene Gleichung für σ benutzen. Mit den Bezeichnungen in Fig. 58 des Textes, wo links die an jedem Maul angreifende Last $\frac{Q}{2}$ vertikal abwärts, rechts schräg angenommen ist, ergiebt sich z. B. für den Querschnitt 1 — 1, wenn man in die genannte Gleichung für Q die zu 1 — 1 senkrechte Komponente $\frac{Q}{2} \sin \alpha_1$, für M_b den Wert $-\frac{Q}{2} a$ (a Hebelarm von $\frac{Q}{2}$ in Bezug auf den Schwerpunkt S von 1 — 1) einführt,

$$\sigma = \frac{Q}{2f}\left(\sin \alpha_1 - \frac{a}{r} + \frac{a}{\varkappa \cdot r}\,\frac{e}{r-e}\right) \quad . \quad . \quad . \quad 90$$

Hierin ist $r = OS$ und für den meist elliptischen oder runden Querschnitt $e = \frac{h}{2}$, sowie nach S. 57

$$\varkappa = \frac{1}{4}\left(\frac{h}{2r}\right)^2 + \frac{1}{8}\left(\frac{h}{2r}\right)^4 + \frac{5}{64}\left(\frac{h}{2r}\right)^6 + \ldots.$$

einzusetzen. Fällt σ höher als k_z aus, so ist die Hakenkehle zu verstärken. Die in den Querschnitt 1 — 1 fallende Komponente $\frac{Q}{2} \cos \alpha_1$ und die durch sie hervorgerufene Schubspannung kann vernachlässigt werden. Ist eine einseitige Belastung des Doppelhakens durch die Maximallast $\frac{Q}{2}$ zu erwarten, so ist der Querschnitt 2—2 in Fig. 58 des Textes wie beim einfachen Haken für $\frac{Q}{2}$ anstatt Q zu berechnen.

Hinsichtlich der Konstruktion der Haken ist zu bemerken, dass die Kehle des einfachen Hakens dem gefährlichen Querschnitt 1 — 1 gegenüber eine Begrenzung von 0,5h bis 0,6h (s. Fig. 56 u. 57 auf S. 55) erhält und die äussere Begrenzung der Kehle hier zur Hauptsache durch einen Kreis von entsprechendem Durchmesser gebildet wird. Die äussere Breite des Querschnittes 1 — 1 wird auch an den übrigen Stellen solange beibehalten, bis dass das äusserste Ende vollständig rund wird. Für die Länge des Hakens von Mitte Kehle bis Unterkante Querhaupt oder Schekel (Fig. 56) bezw. Mitte Aufhängebolzen (Fig. 57) liefert der Wert $h + 2w$ eine passende Dimension. Der Hakenschaft wird allmählich in den gefährlichen Querschnitt 1 — 1 übergeführt, die Kehle in der Maulöffnung abgerundet. In dem Loch des Querhauptes oder Schekels erhält der Hakenschaft, wenn er mit Gewinde und Mutter in diesen Teilen befestigt werden soll (s. Fig. 56), einen Durchmesser d_s, der meistens um einige Millimeter grösser als der äussere Gewindedurchmesser d ist. Dabei wird das Gewinde so lang gemacht, dass die Unterlagscheibe bei angezogener Mutter auf dem Ansatz des Teiles vom Durchmesser d_s aufliegt, unterhalb des Querhauptes oder Schekels aber etwas Spiel zwischen diesen Teilen und dem hier verstärkten oder mit Bund versehenen Hakenschaft vorhanden ist. Der Haken kann dann niemals durch die Mutter zu fest angezogen werden. Im Querhaupte oder Schekel muss natürlich auch genügend Spielraum für die Beweglichkeit des Hakens gelassen werden. Die letztere sucht man jetst vielfach durch Stahlkugeln zu schaffen, die glashart sind und zwischen zwei besonderen, ebenfalls glasharten Stahlplatten laufen (s. Fig. 58 auf S. 58 und Fig. 1, Taf. 3). Nur wenn die Mutter und das Querhaupt aus Stahl bestehen, lässt man die Stahlplatten mitunter fort (s. Fig. 3, Taf. 3). H. Rieche in Wetter a/Ruhr lässt nach Fig. 13, Taf. 3 (D. R.-P. No. 115098) die Kugeln in einem Ringe aus weichem Schmiedeeisen laufen, damit die Kugeln sich beim Drehen des Hakens nicht gegenseitig reiben und bei der Montage oder Demontage nicht herausfallen können. Die zulässige Belastung einer Kugel wird sehr verschieden angegeben, und zwar gewöhnlich niedriger, als die meisten Ausführungen zeigen. Wir empfehlen, wenn

δ_0 der Durchmesser der Kugeln in cm,
i deren Zahl

ist,

$$i \cdot \delta_0^2 \geq 3\,\frac{Q}{1000} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 91$$

zu nehmen. Die Rinnen der Stahlplatten, in welchen die Kugeln laufen, werden nach einem Radius $0,65\,\delta_0$ (s. Fig. 58 links oben) ausgehöhlt. Eine Vertiefung in der Traverse der Fig. 58 ermöglicht es, Schmiermaterial an die Kugeln zu bringen.

Bei dem Doppelhaken wird die äussere Begrenzung der Hakenkehle gewöhnlich so ausgebildet, wie die rechte Hälfte der Fig. 58 des Textes zeigt; die Einschnürung in der Mitte nach der linken Hälfte der Figur trifft man seltener. Die Länge des Hakens bis Mitte Kehle kann hier gleich $h_x + 2w$ gemacht werden, wenn h_x die Stärke des Schaftes in der Horizontalen durch die Maulmitten ist. Der Querschnitt des Schaftes wird bis zu den beiden Abzweigungen beibehalten und geht dann in den elliptischen oder annähernd elliptisch-trapezförmigen (s. Fig. 3, Taf. 3) über.

Die Berechnung der Teile, in denen die Haken befestigt werden, ist in der folgenden Weise vorzunehmen.

Die Stärke Δ des Schekels in Fig. 56 auf S. 55 und Fig. 2, Taf. 3 ist ebenso gross wie die einer gleich belasteten Gliederkette zu machen, also mit Hilfe der Gl. 70 auf S. 50 oder der Tabelle daselbst zu bestimmen. Die Höhe h_s des unteren Verbindungsstückes hat wie die eines in der Mitte belasteten und fest eingespannten Balkens von der Länge l', also nach der Gleichung

$$Q\,\frac{l'}{8} = \frac{2\,m \cdot h_s^2}{6}\,k_b \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 92$$

zu erfolgen, wenn m die Stärke der Lochwandung ist. Hierin kann, entsprechend dem Mittelwerte der Belastungsarten a und b der bekannten Bach'schen Tabelle über die zulässigen Spannungen der Materialien,

k_b bis zu 750 kg/qcm für Schweiss- und Flusseisen,
k_b bis zu 1000 kg/qcm für Flussstahl

genommen werden. Beschränkt man k_b, da für gewöhnlich kein Grund vorliegt, die Dimensionen möglichst gering zu halten, auf 600 bezw. 800 kg/qcm, so erhält man für die die fragliche Höhe der Schekel

$$\left.\begin{array}{l}\text{aus Schweiss- und Flusseisen}\\ h_s = \sim 0{,}79 \sqrt{\dfrac{Q}{1000}\dfrac{l'}{m}}\\ \text{aus Flussstahl}\\ h_s = \sim 0{,}69 \sqrt{\dfrac{Q}{1000}\dfrac{l'}{m}}\end{array}\right\} \quad \ldots \quad 92\,a$$

Der Abstand l' beträgt $2{,}5\,d_s$ bis $3{,}3\,d_s$, die Stärke m nicht unter $0{,}5\,d_s$, wenn d_s der früher erwähnte Schaftdurchmesser des Hakens im Schekel ist.

Sitzt der Haken nach Fig. 57 auf S. 55 mit einem Auge auf einem Bolzen, so kann dieser als gleichmässig durch Q belastet angesehen werden. Der Durchmesser Δ_2 des Bolzens folgt also, wenn l' die Länge von Mitte bis Mitte seiner Aufhängung ist, nach der Biegungsfestigkeit aus

$$Q\frac{l'}{8} = 0{,}1\,\Delta_2^3 \cdot k_b \quad \ldots\ldots \quad 93$$

mit k_b wie oben angegeben. Hängt der Haken wie in Fig. 57 am Ende einer Gall'schen Gelenkkette, so genügt es auch, für Δ_2 die Stärke des Endbolzens in der Tabelle auf S. 53 zu nehmen.

Bei dem Querhaupte in Fig. 58 auf S. 55 ist jeder der beiden Zapfen vom Durchmesser d_2 durch $\frac{Q}{2}$ am Hebelarm l_2 belastet und auf Biegung zu berechnen. Es ist also zu setzen

$$\frac{Q}{2}\,l_2 = 0{,}1\,d_2^3 \cdot k_b \quad \ldots\ldots \quad 94$$

worin für k_b bei Schweiss-, Flusseisen und Flussstahl die beim Schekel angegebenen Werte zulässig sind, während bei Temper- und Stahlguss k_b bis zu 625 kg/qcm statthaft ist. Da aber auch hier in den meisten Fällen keine Veranlassung zu einer Beschränkung der Dimensionen vorliegt, so wählen wir $k_b = 600$ kg/qcm für Schweiss- und Flusseisen, $= 800$ kg/qcm für Flussstahl und $= 500$ kg/qcm für Stahl- oder Temperguss und erhalten mit der meist passenden Zapfenlänge

$$2\,l_2 = 0{,}6\,d_2$$

für Zapfen

$$\left.\begin{array}{l}\text{aus Schweiss- oder Flusseisen}\\ d_2 = 1{,}58 \sqrt{\dfrac{Q}{1000}}\\ \text{aus Flussstahl}\\ d_2 = 1{,}37 \sqrt{\dfrac{Q}{1000}}\\ \text{aus Stahl- oder Temperguss}\\ d_2 = 1{,}73 \sqrt{\dfrac{Q}{1000}}\end{array}\right\} \quad \ldots \quad 94\,a$$

Für die mittlere Höhe des Querhauptes ist, wenn l' die Entfernung von Mitte bis Mitte Zapfen, m die Stärke der Lochwandung bezeichnet, die für einen in der Mitte belasteten Balken auf zwei Stützen geltende Gleichung der Biegungsfestigkeit

$$Q\frac{l'}{4} = \frac{2\,m \cdot h_s^2}{6}\,k_b \quad \ldots\ldots \quad 95$$

massgebend. k_b kann wie beim Schekel gewählt werden. Gestattet man auch hier nur zulässige Spannungen von $k_b = 600$, 800 bezw. 500 kg/qcm, so folgt für Querhäupter

$$\left.\begin{array}{l}\text{aus Schweiss- oder Flusseisen}\\ h_s = 1{,}12 \sqrt{\dfrac{Q}{1000}\dfrac{l'}{m}}\\ \text{aus Flussstahl}\\ h_s = 0{,}97 \sqrt{\dfrac{Q}{1000}\dfrac{l'}{m}}\\ \text{aus Stahl- oder Temperguss}\\ h_s = 1{,}23 \sqrt{\dfrac{Q}{1000}\dfrac{l'}{m}}\end{array}\right\} \quad \ldots \quad 95\,a$$

Nur in solchen Fällen, wo möglichste Beschränkung geboten ist, kann der aus Gl. 95a sich ergebende Wert, entsprechend $k_b = 750$, 800 bezw. 625 kg/qcm, mit 0,9 multipliziert werden.

Bisweilen versieht man den Haken oberhalb der Maulöffnung mit einem hornartigen Vorsprung nach Fig. 11, Taf. 3, damit das Seil- oder Kettenstück, mit welchem die Last eingehangen ist, nicht so leicht austreten kann, wenn diese aufsitzt und noch nicht angezogen ist; mitunter soll der Vorsprung auch das Festsetzen des Hakens am oberen Auslegerende bei Drehkranen oder an sonstigen Öffnungen und Vorsprüngen, welche der Haken passieren muss, verhüten. Soll der leere Haken bei ausgelöster Sperrvorrichtung von selbst niedergehen, so werden, wenn das Eigengewicht des Hakens hierzu nicht genügt, demselben besondere Belastungsgewichte aus Gusseisen aufgesetzt. Die Fig. 4 bis 9, Taf. 3 zeigen verschiedene Formen dieser Gewichte. Sie werden entweder voll, meist aber hohl gegossen, um später am fertigen Hebezeug das zum Niedergang des Hakens erforderliche Gewicht durch Bleieinguss genau herstellen zu können. Endlich schaltet man, um Überanstrengungen und daraus hervorgehende Brüche der Lastorgane und Windwerkteile zu verhüten, nach Fig. 11 und 12, Taf. 3 Federn zwischen Haken und Seil oder Kette ein. Dieselben fangen die Stösse, wie sie bei unvorsichtigem Anziehen und Niederlassen der Last vorkommen, auf und machen sie unschädlich; solche Federn sind namentlich bei Hebezeugen mit Elementarkraftbetrieb und grosser Lastgeschwindigkeit zu empfehlen. Die Anordnung in Fig. 11, Taf. 3 ist von Haniel & Lueg in Düsseldorf, diejenige in Fig. 12, Taf. 3 von der Maschinenfabrik Rhein & Lahn in Oberlahnstein.

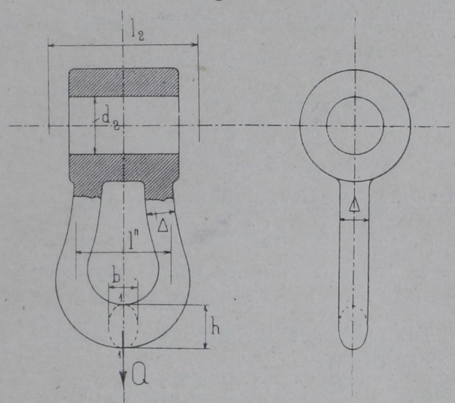
Rollende Lasthaken kommen bei manchen Drehkranen vor oder dienen zum Aufhängen und Verschieben von Flaschenzügen. Die Fig. 10, 16 u. 17, Taf. 3 zeigen diesbezügliche Ausführungen nach Zobel, Neubert & Co. in Schmalkalden. In Fig. 10 ist der Haken in einem schmiedeeisernen Bügel befestigt, der in seinen oberen Augen die Zapfen für die Laufräder trägt, in Fig. 16 u. 17 hängt er in einem kleinen Rollwagen aus Gusseisen oder Stahlguss, dessen Laufräder lose auf ihren Achsen bezw. Zapfen sitzen.

Ösen dienen zum Befestigen des freien Seil- oder Kettenendes bei Rollenzügen, bisweilen auch wie die

Haken zum Einhängen von Lasten. Bei Flaschenzügen haben sie gewöhnlich die in Fig. 59 des Textes und Fig. 14, Taf. 3 angegebene Form, während Fig. 15, Taf. 3 eine Ausführung zeigt, wie sie Vaughan u. Son in Manchester für Hakenzwecke verwenden.

Zur Berechnung des gefährlichen Querschnittes 1 — 1 in Fig. 59 des Textes dient, wenn man die Ösen-

Fig. 59.



schleife als einen fest eingespannten Träger ansieht, nach der Biegungsfestigkeit die Beziehung

$$Q \frac{l''}{8} = 0{,}1\, b \cdot h^2 \cdot k_b \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 96$$

mit l'' als Abstand von Mitte bis Mitte Aufhängung,
b und h als Breite bezw. Höhe des fraglichen Querschnittes.

Bei elliptischer Form des letzteren ist b ungefähr $\frac{2}{3} h$, bei runder $b = h$; k_b kann bis zu 750 kg/qcm für Schweiss- und Flusseisen angenommen werden.

Der Durchmesser d_2 der Bolzen, an welchen die Ösen hängen, bestimmt sich nach der Biegungsfestigkeit für Fig. 59 des Textes und Fig. 14, Taf. 3 aus

$$Q \frac{l_2}{8} = 0{,}1\, d_2^3 \cdot k_b \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 97$$

für Fig. 15, Taf. 3 aus

$$\frac{Q}{2} l_2 = 0{,}1\, d_2^3 \cdot k_b \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 98$$

während die Scherfestigkeit in jedem Falle die Beziehung

$$Q = 2 d_2^2 \frac{\pi}{4} k_s \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 99$$

liefert. l_2 ist die in den Figuren eingetragene Entfernung, k_b kann für Schweiss- und Flusseisen bis zu 750, für Flussstahl bis zu 1000 kg/qcm, k_s bis zu 450 bezw. 600 kg/qcm angenommen werden.

Der Bolzen in dem Querhaupt der Fig. 15, Taf. 3 ist wie ein Hakenschaft, sein Durchmesser d_1 also nach Gl. 75 auf S. 55 zu berechnen. Für die Zahl i der konischen Stahlrollen vom mittleren Durchmesser δ_0 und der Länge l_0 derselben Figur dürfte die Beziehung

$$i \cdot \delta_0 \cdot l_0 \geqq 6 \frac{Q}{1000} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 100$$

eine genügend niedrige Flächenpressung liefern.

Beispiele.

1. Es sind die Verhältnisse eines einfachen Lasthakens nach Fig. 1 oder 2, Taf. 3 für $Q = 6000$ kg Maximallast zu berechnen.

Zur Berechnung der Hakenkehle ist zunächst der Maulradius des Hakens gemäss Gl. 84 auf S. 58

$$w = \frac{6000}{200} + 15 \text{ bis } \frac{6000}{200} + 20 = 45 \text{ bis } 50 \text{ mm}$$

zu nehmen. Entscheiden wir uns für den kleinsten Wert

$$w = \mathbf{45\ mm}$$

und wählen weiter das Höhenverhältnis des gefährlichen Querschnittes 1 — 1 nach Gl. 85 auf S. 58 zu

$$x = \frac{h}{w} = 2{,}4,$$

so folgt die Höhe dieses Querschnittes zu

$$h = 2{,}4 \cdot 45 = \mathbf{108\ mm.}$$

Bei Trapezform des letzteren (Fig. 1, Taf. 3) ergiebt sich dann aus Gl. 86 auf S. 58 für $k_z = 1000$ kg/qcm die innere, grössere Breite

$$b = 12{,}6 \frac{6000}{10{,}8 \cdot 1000} = 7 \text{ cm} = \mathbf{70\ mm,}$$

die äussere, kleinere Breite

$$b_1 = \frac{7}{1 + 2{,}4} = \sim 3 \text{ cm} = \mathbf{30\ mm,}$$

wobei nach Gl. 89 auf S. 58 die Druckspannung an der äusseren Seite mit einem Schwerpunktsabstand

$$e = \frac{10{,}8}{3} \frac{7 + 2 \cdot 3}{7 + 3} = 4{,}68 \text{ cm},$$

$$e_1 = 10{,}8 - 4{,}68 = 6{,}12 \text{ cm}$$

$$\sigma_1 = -1000 \frac{6.12}{4{,}68\,(1 + 2{,}4)} = \sim -385 \text{ kg}$$

betragen würde. Für die Rechteckform des gefährlichen Querschnittes (Fig. 2, Taf. 3) folgt aus Gl. 87 auf S. 58 eine Breite

$$b = 9{,}8 \frac{6000}{10{,}8 \cdot 1000} = 5{,}45 \text{ cm} = \mathbf{54{,}5\ mm}$$

und nach Gl. 89 auf S. 58 eine Druckspannung an der äusseren Kante, da hier $e_1 = e$ ist, von

$$\sigma_1 = -1000 \frac{1}{1 + 2{,}4} = \sim -294 \text{ kg.}$$

Die Querschnitte f bei trapezförmiger und rechteckiger Form würden sich somit wie

$$\frac{1}{2}(7 + 3)\, 10{,}8 : 5{,}45 \cdot 10{,}8 = 5 : 5{,}45$$

verhalten. Die äussere Begrenzung der Hakenkehle wird bei gehöriger Abrundung der einzelnen Querschnitte passend durch einen Kreisbogen von 130 mm Radius gebildet, die Länge des Hakens von Mitte Maul bis Unterkante Querhaupt oder Schekel

$$h + 2w = 108 + 2 \cdot 45 = 198 \text{ oder } \sim \mathbf{200\ mm}$$

gewählt.

Der Hakenschaft ist mit Gewinde und Mutter im Querhaupt bezw. Schekel befestigt. Für den äusseren Durchmesser d des Gewindes folgt aus Gl. 76 auf S. 55 mit

$$d^2 \frac{\pi}{4} = 2{,}4 \cdot 6 = 14{,}4 \text{ qcm}$$

$$d = \sim 4{,}3 \text{ cm},$$

wofür der nächstliegende Wert der Whitworth'schen Schraubentabelle

$$d = 1\tfrac{3}{4}'' \text{ engl.} = \mathbf{44{,}4\ mm}$$

genommen ist. In dem Loch des Querhauptes erhält der Schaft passend einen Durchmesser

$$d_s = \mathbf{48\ mm.}$$

Für die Kugelverlagerung in Fig. 1, Taf. 3 liefert Gl. 91 auf S. 59 die Beziehung

$$i \cdot \delta_0^{\,2} \geqq 3 \cdot 6 \text{ oder } \geqq 18.$$

Bei einem Durchmesser der Kugeln $\delta_0 = 0{,}95$ cm muss demnach die Zahl derselben

$$i \geqq \frac{18}{0{,}9} \text{ oder } \geqq 20$$

sein. In der Zeichnung sind 20 Kugeln angegeben.

Das Querhaupt in Fig. 1, Taf. 3 erhält eine Lochwandung $m = 2{,}5$ cm und einen Abstand von Mitte bis Mitte Zapfen $l' = 13{,}6$ cm. Wird es aus Flussstahl hergestellt, so muss seine Höhe nach Gl. 95a auf S. 60

$$h_s = 0{,}97 \sqrt{6 \frac{13{,}6}{2{,}5}} = 5{,}53 \text{ cm oder } \sim \mathbf{56\ mm}$$

betragen. Die Zapfen des Querhauptes verlangen bei einer Länge $2l_2 = 0{,}6 d_2$ nach Gl. 94a auf S. 60 einen Durchmesser

$$d_2 = 1{,}37 \sqrt{6} = 3{,}36 \text{ cm oder } \sim \mathbf{35\ mm}$$

und also eine Länge

$$2l_2 = 0{,}6 \cdot 35 = \mathbf{21\ mm.}$$

Der Schekel in Fig. 2, Taf. 3 kann im Bügel nach der Tabelle auf S. 50, Elementarkraftbetrieb vorausgesetzt, einen Durchmesser

$$\Delta = \mathbf{33\ mm}$$

bekommen. Für das Verbindungsstück liefert die Gl. 92a auf S. 60 für einen Abstand

$$l' = 2{,}5 \cdot 4{,}8 \text{ bis } 3{,}3 \cdot 4{,}8 = 12 \text{ bis } 16 \text{ cm}$$

oder

$$l' = 14{,}5 \text{ cm}$$

und eine Wandstärke $m = 2{,}5$ cm, sowie Schweisseisen als Material eine Höhe

$$h_s = 0{,}79 \sqrt{6 \frac{14{,}5}{2{,}5}} = 4{,}66 \text{ cm oder } \sim \mathbf{48\ mm.}$$

2. Es sind die Verhältnisse eines Doppelhakens nach Fig. 3, Taf. 3 für eine Maximallast $Q = 25000$ kg zu bestimmen.

Für die Hakenkehle liefert zunächst die Gl. 84 auf S. 58 mit $\frac{Q}{2} = 12500$ kg für Q einen Maulradius

$$w = \frac{12500}{400} + 30 \text{ bis } \frac{12500}{400} + 35 = 61{,}25 \text{ bis } 66{,}25 \text{ mm},$$

wofür

$$w = \mathbf{65\ mm}$$

genommen werden soll. Anschliessend an den weiter unten berechneten Schaftdurchmesser d_s, der nach der Kehle hin bis auf $h_x = 10$ cm verstärkt ist, wurde mit dem Radius w nach Gefühl das Doppelmaul des Hakens aufgetragen. Für den in der rechten Hälfte der Figur angedeuteten Querschnitt 1 — 1 ergiebt sich dann eine Höhe $h = 18$ cm und eine Breite $b = h_x = 10$ cm. Zur Vereinfachung der Rechnung wurde ferner die Form des Querschnittes 1 — 1 in eine, punktiert eingetragene, elliptische von annähernd gleichem Widerstand verwandelt. Für sie folgt mit $r = 21$ cm aus der unterhalb der Gl. 90 auf S. 59 angeführten Beziehung für $\varkappa$ der Wert

$$\varkappa = \frac{1}{4}\left(\frac{18}{2 \cdot 21}\right)^2 + \frac{1}{8}\left(\frac{18}{2 \cdot 21}\right)^4 + \frac{5}{64}\left(\frac{18}{2 \cdot 21}\right)^6 + \cdots$$

$$\varkappa = \sim 0{,}05,$$

sowie aus Gl. 90 selbst mit

$$f = 10 \cdot 18 \frac{\pi}{4} = \sim 141 \text{ qcm}, \ \alpha_1 = 20^0, \ a = 8{,}5 \text{ cm}$$

eine grösste Zugspannung

$$\sigma = \frac{12500}{141}\left(0{,}342 - \frac{8{,}5}{21} + \frac{8{,}5}{0{,}05 \cdot 21} \frac{9}{21 - 9}\right) = \sim 532{,}5 \text{ kg.}$$

Dieselbe bleibt genügend weit unter der zulässigen Materialspannung k_z. Auch für die in der linken Hälfte der Figur punktiert eingetragene Einschnürung des Hakens in der vertikalen Mittellinie würde σ die zulässigen Werte von k_z nicht übersteigen, da mit

$$h = 13{,}2 \text{ cm}, \ b = 10 \text{ cm}, \ r = 15 \text{ cm}, \ a = 8 \text{ cm}, \ \alpha = 32^0,$$

$$\varkappa = \frac{1}{4}\left(\frac{13{,}2}{2 \cdot 15}\right)^2 + \frac{1}{8}\left(\frac{13{,}2}{2 \cdot 15}\right)^4 + \frac{5}{64}\left(\frac{13{,}2}{2 \cdot 15}\right)^6 + \cdots = 0{,}0532$$

und

$$f = 10 \cdot 13{,}2 \frac{\pi}{4} = \sim 104 \text{ qcm}$$

$$\sigma = \frac{12500}{104}\left(0{,}5299 - \frac{8}{15} + \frac{8}{0{,}0532 \cdot 15} \frac{6{,}6}{15 - 6{,}6}\right) = \sim 946 \text{ kg}$$

wird.

Für das Gewinde des Hakenschaftes liefert Gl. 76 auf S. 55, wenn mit Rücksicht auf eine Beschränkung der Dimensionen des schweren Hakens nur

$$d^2 \frac{\pi}{4} = 2 \frac{Q}{1000}$$

gesetzt wird, einen Querschnitt von

$$d^2 \frac{\pi}{4} = 2 \cdot 25 = 50 \text{ qcm},$$

dem ein äusserer Gewindedurchmesser von

$$d = \mathbf{3\tfrac{1}{4}'' \text{ engl.} = 82{,}55\ mm}$$

genügt. In der Traverse ist der Schaftdurchmesser

$$d_s = \mathbf{83\ mm.}$$

Für die Kugelverlagerung ergiebt sich aus Gl. 91 auf S. 59 der Wert

$$i \cdot \delta_0^2 \geqq 3 \cdot 25 \text{ oder } \geqq 75$$

oder mit $\delta_0 = 1{,}9$ cm Kugeldurchmesser

$$i \geqq \frac{75}{3{,}61} \text{ oder } \geqq 20{,}8.$$

In der Figur sind 22 Kugeln angegeben.

Das Querhaupt ist aus Flussstahl hergestellt. Die Zapfen müssen nach Gl. 94a auf S. 60 einen Durchmesser

$$d_2 = 1{,}37 \sqrt{25} = \sim 6{,}85 \text{ cm oder } \sim \mathbf{68\ mm}$$

bekommen, wobei eine Zapfenlänge

$$2\,l_2 = 0{,}6 \cdot 68 = 40{,}8 \text{ oder } \sim \mathbf{40\ mm}$$

vorausgesetzt ist. Die Traversenhöhe bestimmt sich nach Gl. 95a auf S. 60 für $m = 4{,}5$ cm Stärke der Lochwandung und $l' = 22{,}5$ cm Abstand von Mitte bis Mitte Zapfen zu

$$h_s = 0{,}97 \sqrt{25 \frac{22{,}5}{4{,}5}} = 10{,}8 \text{ cm oder } \sim \mathbf{110\ mm.}$$

3. Welche Verhältnisse muss die in Fig. 15, Taf. 3 dargestellte Ose mit Aufhänge- und Querbolzen für $Q = 10000$ kg Maximallast erhalten?

Der nach dem ersten Entwurf zu wählende Abstand von Mitte bis Mitte Bügel ist $l'' = 16$ cm. Die zulässige Materialspannung soll zu 600 kg/qcm angenommen werden. Hiermit lautet Gl. 96 auf S. 61

$$10000 \frac{16}{8} = 0{,}1\, b \cdot h^2 \cdot 600,$$

woraus für $b = \frac{2}{3} h$ eine Höhe des gefährlichen Querschnittes 1 — 1

$$h = \sqrt[3]{1{,}5 \frac{10000 \cdot 16}{8 \cdot 0{,}1 \cdot 600}} = 7{,}9 \text{ cm}$$

folgt. In der Zeichnung ist die Höhe und Breite mit

$$h = \mathbf{78\ mm} \text{ und } b = \mathbf{58\ mm}$$

angegeben.

Der flussstählerne Aufhängebolzen ist aus Gl. 75 auf S. 55 zu berechnen. Dieselbe liefert für $k_z = 600$ kg/qcm

$$d_1^2 \frac{\pi}{4} = \frac{10000}{600} = 16{,}66 \text{ qcm}$$

oder

$$d_1 = 4{,}6 \text{ cm} = \mathbf{46\ mm.}$$

Der Querbolzen ist ebenfalls aus Flussstahl hergestellt. Sein Durchmesser muss nach Gl. 98 u. 99 auf S. 61 bestimmt werden. Die erste von beiden Gleichungen verlangt mit $l_2 = 2$ cm und $k_z = 1000$ kg/qcm

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{10000}{2} \cdot \frac{2}{0,1 \cdot 1000}} = 4,6 \text{ cm} = \mathbf{46\ mm},$$

die zweite mit $k_s = 600$ kg/qcm nur

$$d_2^2 \frac{\pi}{4} = \frac{10000}{2 \cdot 600} = 8,33 \text{ qcm}$$

oder

$$d_2 = 3,3 \text{ cm.}$$

Für die Rollenverlagerung des Aufhängebolzen ergiebt sich aus Gl. 100 auf S. 61 der Wert

$$i \cdot \delta_0 \cdot l_0 \geqq 6 \cdot 10 \text{ oder } \geqq 60.$$

Für eine Länge $l_0 = 3$ cm, einen mittleren Durchmesser $\delta_0 = 2$ cm der konischen Rollen sind dann

$$i \geqq \frac{60}{2 \cdot 3} \text{ oder } \geqq 10$$

Rollen nötig. In der Zeichnung sind deren 12 vorgesehen.

§ 22.

Die Leit- und Hakenrollen.

Selten bildet die feste oder lose Rolle eine Hebevorrichtung für sich; meistens treten sie in Verbindung mit einem anderen Hebezeug auf oder ergeben, wie die Rollenzüge, durch ihre Vereinigung ein solches. Ausser der Rolle selbst bestehen beide aus einem Rollenbolzen und dem Gestell zu dessen Verlagerung. Das letztere enthält bei der losen Rolle, die auch wohl als Flasche bezeichnet wird, noch das Querhaupt zur Aufnahme des Hakens.

Der Bolzen der Leit- und Hakenrollen sitzt meistens fest, seltener drehbar in den Augen des Gestelles. Bei feststehendem Bolzen wird die Rolle vielfach ausgebuchst. In jedem Falle ist für genügende Schmierung zu sorgen. Hierzu dienen gewöhnlich Staufferbuchsen mit konsistentem Fett, welche den Enden des Rollenbolzens oder den Naben der Rollen aufgeschraubt werden (s. Taf. 4). Sitzt der Rollenbolzen fest im Gestell, so wird er in ihm durch Nase oder Keil gehalten. Auch benutzt man zu diesem Zweck jetzt vielfach zwei Scheiben, die mit dem Gestell vernietet und von unten etwas in den Bolzen eingelassen werden (s. Fig. 1, Taf. 4).

Für die Berechnung des Rollenbolzens ist neben der Biegungsfestigkeit die Rücksicht massgebend, dass die Flächenpressung zwischen ihm und der Rollennabe den zulässigen Wert nicht übersteigt. Bezeichnet

d_0 den Durchmesser,
l_0 die Länge des Bolzens zwischen den Augen,
l_1 den Abstand von Mitte bis Mitte Auge,
Z den grössten Druck der Rolle auf den Bolzen,
p die zulässige Flächenpressung zwischen beiden in kg/qcm der Projektionsfläche,

so gilt bezüglich der Flächenpressung die Beziehung

$$\mathbf{Z = l_0 \cdot d_0 \cdot p} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 101$$

während nach der Biegungsfestigkeit

$$\mathbf{Z} \text{ [illegible] } \mathbf{1\, d_0^3 \cdot k_b} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad 102$$

ist. Das Material des Bolzens ist in der Regel Flussstahl. Hierfür kann, ohne dass der Verschleiss die zulässigen Grenzen übersteigt,

bei Rollen mit Rotgussbuchse p bis zu 100 kg/qcm,
bei solchen ohne Rotgussbuchse p bis zu 75 kg/qcm

betragen. Höhere Werte, und zwar bis zu 50% der angegebenen, sind nur bei Handbetrieb, bei sehr schweren Lasten und in Fällen, wo die Maximallast nur selten zu heben ist, statthaft. Die zulässige Materialspannung ist bei feststehendem Bolzen

für Flussstahl k_b bis zu 1000 kg/qcm,

bei sich drehendem Bolzen nur halb so gross zu wählen. Der Zapfendruck Z kann bei der festen Rolle nach der auf S. 24 angegebenen Gleichung berechnet oder graphisch aus dem Kräfteparallelogramm bestimmt werden. Bei der losen Lastrolle ist Z stets gleich Q. Hierfür, sowie mit $k_b = 800$ kg/qcm, wenn man für l_1 den meist gewählten Abstand l_0 einführt, erhält man aus den obigen Gleichungen für den Zapfendurchmesser einer Hakenrolle die Werte

$$\mathbf{d_0 = \frac{Q}{l_0 \cdot p}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 101a$$

$$\mathbf{d_0 = 1,16 \sqrt[3]{\frac{Q}{1000} l_0}} \quad . \; . \; . \; . \quad 102a$$

von denen natürlich der grössere beizubehalten ist.

Das Gestell der Leitrollen besteht, falls es nicht einen Teil eines anderen Gestelles bildet, aus zwei Augen und der sie verbindenden Befestigungsplatte. Fig. 60 auf S. 64 giebt die gebräuchliche Ausführung in Gusseisen, die sowohl hängend als auch stehend verwendet werden kann. In Schmiedeeisen bildet man das Gestell der festen Rolle wie das einer losen Hakenrolle (s. Fig. 61 des Textes) aus und benutzt den eingesetzten Haken zum Aufhängen der Rolle.

Das Gestell der losen Rolle zeigt weit mehr Verschiedenheit in der Ausführung. Fig. 61 des Textes giebt zunächst den einfachen geschmiedeten Bügel, der in den Augen des Bolzens behufs sicherer Verlagerung desselben zweckmässig verstärkt wird. Um das Austreten des Lastorganes von der Rolle zu verhüten, umgreift der Bügel die letztere vielfach (wie punktiert in Fig. 61 des Textes). Für kleinere Lasten wird der Bügel dann nicht geschmiedet, sondern aus Stahl- oder Temperguss hergestellt, während er für schwere Lasten nach Fig. 3, Taf. 4, einer Ausführung der Maschinenfabrik Örlikon in Örlikon entsprechend, aus zwei getrennten schmiedeeisernen Schilden besteht, die durch zwei Seitenbolzen und das Querhaupt zusammengehalten werden. An Stelle dieser dreiarmig gebildeten Schmiedeteile verwendet man auch zwei Bleche als Schilde. Diese ohne weitere Verstärkung für den Rollenbolzen zu benutzen, wie in Fig. 9, Taf. 4, ist nicht zu empfehlen; ratsam ist es mit Rücksicht darauf, dass der Bolzen und die Zapfen die genügende Auflagefläche erhalten, jedem Schild eine Flacheisenschiene zur Verstärkung aufzunieten, wie dies in Fig. 1, 2, 6, 7 u. 8, Taf. 4 angedeutet ist. Hat man damit zu rechnen, dass die