Durchmesser der Schnur $= d$.

Aeufserer Durchmesser der Hülse unten $1\frac{1}{3}$ bis $1\frac{3}{8} d$.

" " " " oben $1\frac{2}{3}$ " $1\frac{3}{4} d$.

Durchmesser der Oese im Lichten d.

Ganze Länge der Hülse $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2} d$.

Dicke der Oese, soweit sie flach ist, gleich der Hälfte des obern Durchmessers der Hülse, also $= \frac{5}{6}$ bis $\frac{7}{8} d$.

Um stärkere Seilenden aneinander unter denselben Bedingungen zu befestigen, wendet man ein sogenanntes Seilschlofs an (Taf. 7. Fig. 50). Die hier angegebene Vorrichtung dient zur Verbindung eines Hanfseils mit einem Drahtseile. Das Hanfseil, von $1\frac{3}{4}''$ Durchmesser, ist in der Hülse stumpf abgeschnitten, das Drahtseil dagegen durch die Oeffnung x gezogen, zurückgeschlagen und mit Draht umwunden. Jede Hülse besteht aus zwei Hälften, welche durch drei Niete zusammengehalten werden. Taf. 7. Fig. 50.

Ist es nicht erforderlich, dafs die Verbindung zweier Seilenden leicht lösbar sei, und soll dabei die Verbindungsstelle wenig sichtbar werden, so splifst man die Enden zusammen. Man dreht zu diesem Zweck ein kurzes Stück derselben auf, flicht mit Hilfe eines konisch zugespitzten, etwas gekrümmten Eisens (Splifseisen) die einzelnen Litzen ineinander und schneidet zuletzt die vorstehenden Spitzen ab. Wird diese Arbeit geschickt ausgeführt, so ist die gesplifste Stelle nur wenig dicker als das Seil selbst und oft kaum kenntlich, während sie jenem an Festigkeit nicht nachsteht. Es wird dies Verfahren namentlich bei Reparatur schadhaft gewordener oder zerrissener Seile angewendet.

5) Seil- und Kettenhaken.

Zweck und Berechnung der Seil- und Kettenhaken.

§ 65. Zur Befestigung der Seile, Taue und Ketten an andern Körpern, z. B. an Lasten, welche man heben will, bedient man sich der Haken (fr. *crochet* — engl. *hook*) (Seilhaken, Kettenhaken). Die Haken dienen gewöhnlich zum Einhängen eines Ringes, an welchen man die Seile und Ketten anbindet (anschlägt). Oft hängt man jedoch die Ketten und Seile auch unmittelbar mittelst einer Schlinge oder eines Ringes (Kauschringes) an den Haken.

Die Anwendung eines Hakens gestattet ein leichtes Lösen der angehängten Last, indem man nur den Ring aus dem Haken auszuhängen braucht, ohne dafs man genöthigt ist, die Verschlingungen des Seils aufzuknüpfen. Aufserdem gewährt der Haken mit dem

Ringe die Möglichkeit mehre Seilenden, welche um die Last gelegt sind, an dem Ende eines Seiles zu befestigen, uud endlich gestattet er eine gewisse Beweglichkeit und Gelenkigkeit an der Befestigungsstelle, welche für manche Fälle (z. B. bei der Befestigung der Eisenbahnwagen aneinander etc.) von Wichtigkeit ist.

Obgleich hiernach die Haken nach unserer Definition zu den verbindenden Maschinentheilen gehören (§ 3. S. 4), so wollen wir dieselben doch hier unter den Befestigungstheilen besprechen, da sie sich den Ketten und Seilen naturgemäfs anschliefsen.

Die Formen der Haken sind zwar, den verschiedenen Verwendungen nach, sehr mannigfaltig, jedoch lassen sich folgende allgemeine Bedingungen für die zweckmäfsige Gestalt eines Hakens, auf welchen eine Last ziehend einwirkt, aufstellen:

1) Der Haken mufs so geformt sein, dafs die Richtungslinie der, an den gebogenen (gekröpften) Theil angehängten Last mit der Mittellinie des geraden Theils zusammenfalle.
2) Die Ausbiegung (Kröpfung) des Hakens mufs nicht grösser gemacht werden, als nöthig ist, um den Ring bequem einzuhängen.
3) Der Haken mufs so weit herumgebogen sein, dafs der Ring nach Abnahme der Last und durch zufällige Erschütterungen nicht herausspringen kann.
4) Die Querschnittsform mufs eine möglichst vortheilhafte sein, und die Dimensionen derselben müssen der Form des Hakens und der auf den Haken einwirkenden Last entsprechend bestimmt werden.

Wir wollen in Folgendem die Dimensionen und die Form eines Hakens zu bestimmen suchen.

Der geradlinige Theil des Hakens wird auf Zerreifsen in Anspruch genommen; man macht ihn gewöhnlich von kreisförmigem Querschnitt, und kann die Dimensionen desselben leicht bestimmen. Bezeichnet nämlich

P die an dem Haken wirkende Last

d den Durchmesser des Hakens an der schwächsten Stelle des geradlinigen Theiles in Zollen,

k die Belastung, welche jeder Quadratzoll mit Sicherheit tragen kann,

so hat man:

$$P = \tfrac{1}{4}\pi d^2 . k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

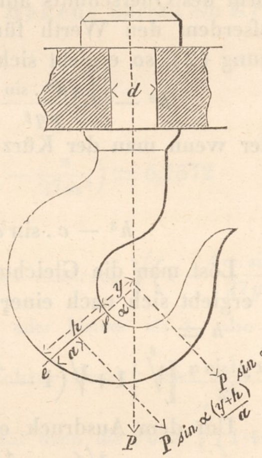
und für $k = 10000$ Pfund

$$\boldsymbol{d = 0{,}0112\sqrt{P}}.$$

$(d = 0{,}043\sqrt{P}$, *wenn d in Centimètres, P in Kilogrammes*$)$.

Der gekröpfte Theil des Hakens wird nicht in allen Punkten gleichmäfsig in Anspruch genommen; er wird daher auch nicht überall gleiche Dimensionen erhalten. Die Wirkung des Drucks P auf den Haken läfst eine sehr verschiedene Beurtheilung, und daher sehr verschiedene Theorien über die Berechnung der erforderlichen Dimensionen zu. Wir wollen folgende Ansicht, welche Resultate liefert, die gut ausgeführten Haken, deren Haltbarkeit sich bewährt hat, entsprechen, hier durchrechnen. Alle sonst aufgestellten Theorien liefern meist viel zu kolossale Dimensionen für den gekröpften Theil des Hakens*).

Das Abreifsen des Hakens an irgend einer Stelle wird immer in deren kleinstem Querschnitte erfolgen. Es sei



ef der kleinste Querschnitt an irgend einer Stelle des Hakens,

α der Winkel, welchen die Richtungslinie des Drucks P mit ef macht,

F der Flächeninhalt des Querschnitts ef,

h die Höhe des Querschnitts in der Richtung ef,

b die gröfste Breite desselben normal zu h,

a die Entfernung des Schwerpunkts des Querschnitts von der äufsern Begrenzung des Hakens,

y die Entfernung der innern Begrenzung von der Richtungslinie des Drucks P.

Der Druck P läfst sich immer zerlegen in zwei andere, deren einer mit der Richtung ef zusammenfällt, während der andere normal dazu ist. Dieser letzte Druck $P \cdot \sin\alpha$ wirkt auf Abreifsen des Querschnitts ef, indem er eine Drehung um den entferntesten Punkt des Hakens zu erzeugen strebt, welcher Drehung der Querschnitt des Hakens durch seine absolute Festigkeit widerstehen mufs. Denken wir den, auf Ab-

*) Vergl. Seite 150.

reifsen wirkenden Druck in dem Schwerpunkt des Querschnitts vereinigt, so ergiebt sich derselbe nach den Gesetzen des Hebels gleich $P \sin \alpha . \frac{y+a}{h}$, und man hat zu setzen:

$$P \sin \alpha . \frac{y+h}{a} = F . k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Man sieht hieraus, dafs, um möglichst kleine Dimensionen für den Querschnitt des Hakens zu bekommen, a möglichst grofs zu nehmen sei; das heifst, es ist vortheilhaft eine Querschnittsfigur zu wählen, deren Schwerpunkt möglichst nahe der innern Begrenzung des Hakens liegt.

Allgemein kann man setzen:

$$a = qh$$
$$b = th$$
$$F = pbh = pth^2,$$

wenn q, t und p gewisse Zahlenwerthe bedeuten, welche von der Form des Querschnitts abhängig sind. Setzt man diese Werthe und aufserdem den Werth für P aus der Gleichung (1) in die Gleichung (2), so ergiebt sich nach gehöriger Reduktion:

$$h^3 - \frac{\frac{1}{4}\pi d^2 . \sin \alpha}{pqt} h - \frac{\frac{1}{4}\pi d^2 \sin \alpha}{pqt} . y = 0,$$

oder wenn man der Kürze wegen setzt:

$$\frac{\pi d^2}{4pqt} = c \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$h^3 - c . \sin \alpha . h - c . \sin \alpha . y = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Löst man die Gleichung nach der Cardanischen Formel auf, so ergiebt sich nach einer leichten Umformung:

$$h = \sqrt[3]{\frac{cy . \sin \alpha}{2}} \left[\sqrt[3]{\left\{ 1 + \sqrt{\left(1 - \frac{4c . \sin \alpha}{27 y^2} \right)} \right\}} + \sqrt[3]{\left\{ 1 - \sqrt{\left(1 - \frac{4c . \sin \alpha}{27 y^2} \right)} \right\}} \right] \quad (5)$$

Um dem Ausdruck eine bequemere Form zu geben, nehmen wir den Werth $\sqrt{\left(1 - \frac{4c . \sin \alpha}{27 y^2}\right)}$, welcher sich mit $\sin \alpha$ ändert, näherungsweise als konstant an, indem wir ein für allemal für $\sin \alpha$ denjenigen Werth setzen, welcher den Ausdruck in der Klammer [ ] möglichst grofs macht; wir sind dann sicher, für h nicht zu kleine Dimensionen zu finden. Es läfst sich leicht einsehen, dafs der gröfste Werth für $\sin \alpha = 1$ erreicht werden mufs*).

---

*) Da nämlich das Abreifsen des Hakens immer nur auf einer Seite der Richtungslinie von P stattfinden kann, so sind für $\sin \alpha$ nur positive

Nehmen wir nun noch für die innere Begrenzung des Hakens einen Kreis, so ist y der Halbmesser dieses Kreises, und setzen wir

$$y = md,$$

so geht der Ausdruck für h nach einer leichten Umformung mit Rücksicht auf Gleichung (3) über in:

$$h = \tfrac{1}{2} d \sqrt[3]{\frac{\pi \, . \, m}{pqt}} \sqrt[3]{\sin\alpha} \left[\sqrt[3]{\left\{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{\pi}{27 \, . \, pqt \, . \, m^2}\right)}\right\}} + \sqrt[3]{\left\{1 - \sqrt{\left(1 - \frac{\pi}{27 \, . \, pqtm^2}\right)}\right\}} \right] \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (6)$$

oder wenn $\frac{\pi}{pqt} = n$ gesetzt wird, in

$$h = \tfrac{1}{2} d \sqrt[3]{(n \, . \, m)} \sqrt[3]{\sin\alpha} \left[\sqrt[3]{\left\{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{n}{27\,m^2}\right)}\right\}} + \sqrt[3]{\left\{1 - \sqrt{\left(1 - \frac{n}{27\,m^2}\right)}\right\}} \right] (7)$$

Bei gut konstruirten Haken findet man $m = \frac{5}{6}$ bis 1. Nehmen wir künftig $m = \frac{5}{6}$.

Es sei z. B. der **Querschnitt des Hakens überall ein Kreis**; man hat sodann:

$$a = \tfrac{1}{2} h \; ; \qquad q = \tfrac{1}{2}$$

$$b = h \; ; \qquad t = 1$$

$$F = \tfrac{1}{4} \pi h^2 \; . \quad p = \tfrac{1}{4} \pi$$

$$n = 8 \; ; \qquad m = \tfrac{5}{6} \; ; \; \sqrt{\left(1 - \frac{n}{27\,m^2}\right)} = 0{,}7572$$

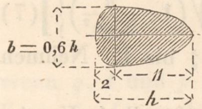
$$h = 1{,}72 \, d \sqrt[3]{\sin\alpha}.$$

Werthe denkbar. Daraus folgt, dafs, wenn der Ausdruck $\sqrt{\left(1 - \frac{4c \, . \, \sin\alpha}{27y^2}\right)}$ nicht imaginär werden soll, $\frac{4c \, . \, \sin\alpha}{27y^2}$ gleich oder kleiner als 1, also auch $\sqrt{\left(1 - \frac{4c \, . \, \sin\alpha}{27y^2}\right)}$ entweder 0 oder ein echter Bruch, etwa $\frac{1}{b}$ sein mufs. Der Ausdruck in der Klammer [ ] hat dann die Form $\sqrt[3]{\left(1 + \frac{1}{b}\right)} + \sqrt[3]{\left(1 - \frac{1}{b}\right)}$; für den kleinsten Werth von $\frac{1}{b}$, nämlich für $\frac{1}{b} = 0$, ist dieser Ausdruck $= 2$, für den gröfsten Werth von $\frac{1}{b}$, nämlich für $\frac{1}{b} = 1$ ist derselbe $= \sqrt[3]{2}$. Man kann daraus folgern, dafs derselbe um so gröfser wird, je kleiner $\frac{1}{b}$ ist. Nun ist $\frac{1}{b}$ um so kleiner, je gröfser der negative Werth $-\frac{4c \, . \, \sin\alpha}{27y^2}$ ist, und dieser wächst mit $\sin\alpha$. Es folgt hieraus, dafs für den gröfsten Werth von $\sin\alpha$, nämlich für $\sin\alpha = 1$, der Werth in der Klammer am gröfsten werden mufs.

Wenn der Querschnitt des Hakens ein Dreieck ist, dessen Breite 0,6 von der Höhe beträgt, so hat man:

$$a = \tfrac{2}{3} h \qquad q = \tfrac{2}{3}$$
$$b = 0{,}6\, h \qquad t = 0{,}6$$
$$F = \tfrac{1}{2} b\, h \qquad p = \tfrac{1}{2}$$
$$n = 15{,}7;\ m = \tfrac{5}{6};\ \sqrt[3]{n} = 2{,}5;\ \sqrt{\left(1 - \frac{n}{27\, m^2}\right)} = 0{,}4033$$
$$h = 2{,}3\, d \sqrt[3]{\sin \alpha}.$$

Eine sehr zweckmäfsige Querschnittsform für Haken läfst sich aus zwei halben Ellipsen bilden, deren gemeinschaftliche Axe $= b$, deren andre beiden Halbaxen zusammen $= h$ sind. Nennt man das Verhältnifs der beiden Halbaxen zu einander u, so ist die eine $h \cdot \frac{1}{1+u}$, die andere $h \cdot \frac{u}{1+u}$; es ergiebt sich sodann der Flächeninhalt $F = \frac{1}{4} \pi b h$ und der Abstand des Schwerpunkts von der äufsersten Begrenzung des Querschnitts $a = \frac{h}{1+u}\left(1 - \frac{4}{3\pi}(1-u)\right)$. Als passendes Verhältnifs zwischen den beiden Halbaxen ist zu empfehlen $u = \frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$. Nehmen wir durchschnittlich $u = \frac{1}{5{,}5} = \frac{2}{11}$, so ist $a = 0{,}552\, h \quad q = 0{,}552$.



Es ist ferner angemessen, wie vorhin zu nehmen:

$$b = 0{,}6\, h \qquad t = 0{,}6$$
$$F = \tfrac{1}{4} \pi \,.\, b\, h \qquad p = \tfrac{1}{4} \pi.$$
$$n = 12;\ m = \tfrac{5}{6};\ \sqrt[3]{n} = 2{,}29;\ \sqrt{\Big(1 - \frac{n}{27\, m^2}} = 0{,}60$$
$$h = 2{,}06\, d \sqrt[3]{\sin \alpha}.$$

Es verhalten sich also näherungsweise die Höhen in den einzelnen Querschnitten, wie die dritten Wurzeln aus den Sinus der Winkel, welchen die Querschnitte mit der Richtungslinie des Drucks P machen. Es ist aber

für $\alpha =$	0°;	$\sqrt[3]{\sin \alpha} =$	0,000	für $\alpha =$	50°;	$\sqrt[3]{\sin \alpha} =$	0,915
„ „	10°	„ „	0,557	„ „	60°	„ „	0,953
„ „	20°	„ „	0,699	„ „	70°	„ „	0,979
„ „	30°	„ „	0,794	„ „	80°	„ „	0,995
„ „	40°	„ „	0,863	„ „	90°	„ „	1,000.