

Beim Einhängen der Last soll der Haken leicht und nach allen Seiten hin beweglich sein. Man schaltet zu dem Zwecke entweder ein Stück Gliederkette ein, Abb. 923 oder stützt den Haken durch eine kugelige Scheibe und gibt dem Querstück, in dem er hängt, Zapfen senkrecht zur Hakenachse, Abb. 899. Eine andere Lösung zeigt Abb. 924, wo die Beweglichkeit des Ösenkopfes durch eine Schneide erreicht ist. Leichte Drehbarkeit selbst unter voller Last ermöglichen Kugellager, Abb. 899. Damit sich die einfachen Haken nicht etwa an Balken oder in den Luken der Schiffe oder Gebäude verfangen, versieht man sie mit Abweisern, Abb. 923. Die konstruktive Durchbildung der Doppelhaken und Lastbügel bietet keine Schwierigkeit.

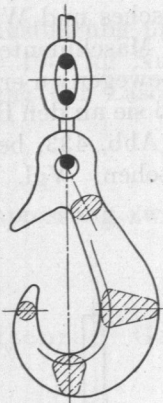


Abb. 923. Haken mit Abweiser an Kette.

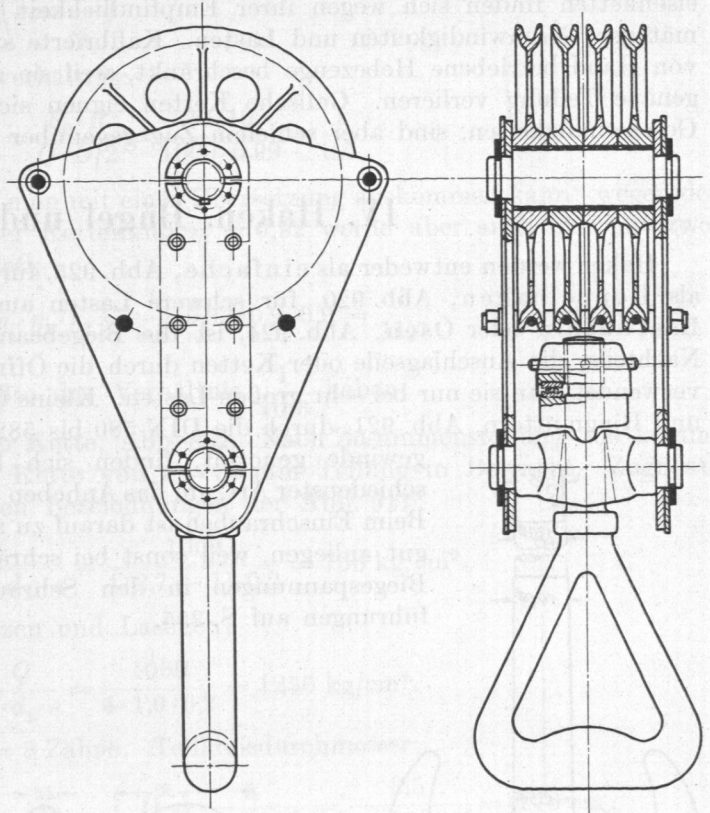


Abb. 924. Hakenflasche für 120 t Nutz- und 170 t Probelast. Maschinenfabrik I. von Petravice & Co., Wien. M. 1:30.

Berechnung der Haken und Ösen. In dem auf Zug zu berechnenden Schaft S' , Abb. 925, läßt man 500 bis 600 kg/cm², in den übrigen durch die Last auf Biegung und Zug in Anspruch genommenen Querschnitten, also insbesondere in dem gefährlichen AB , 700 bis 900 kg/cm² Zugspannung zu, wenn man die Theorie der geraden Balken, also die Formel (39)

$$\sigma = \sigma_z + \sigma_b = \frac{Q}{F} + \frac{Q \cdot a}{J} \cdot e_2$$

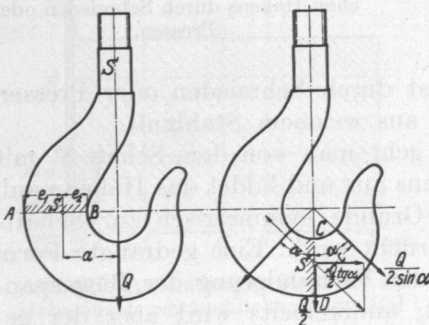


Abb. 925 und 926. Zur Berechnung einfacher Haken.

benutzt. Dabei tritt aber durch die Vernachlässigung der Krümmung des Hakens eine Unterschätzung der höchsten Spannung an der Innenkante des Hakenmauls ein, die um so beträchtlicher ist, je gedrängter gebaut und je schärfer gekrümmt der Haken ist. Die Spannungsverteilung längs des Querschnittes AB folgt keiner geraden Linie, wie die angeführte Formel voraussetzt, sondern einer hyperbelähnlichen, wie Preuß [X, 5] nachwies. An dem Haken,

Abb. 927, fand er bei 9000 kg Belastung auf Grund von Messungen der Formänderungen auf beiden Seiten des Hakens die durch Kreise in Abb. 928 hervorgehobenen

Mittelwerte, insbesondere eine größte Zugspannung in der inneren Faser von 1520 kg/cm^2 . Der Verlauf der wirklichen Spannung ist durch die stark ausgezogene Linie wiedergegeben, während nach der Theorie der gekrümmten Balken die strichpunktierte Hyperbel mit 1195 kg/cm^2 größter Spannung und nach der Theorie der geraden Balken sogar nur 885 kg/cm^2 , entsprechend der gestrichelten geraden Linie zu erwarten wären. Die größte Spannung war also in diesem Falle um 27% größer, ergab sich aber an einem zweiten Haken um 5% niedriger als nach der Theorie der gekrümmten Balken, nach der man an ausgeführten Haken 900 bis 1300 kg/cm^2 findet. Wenn man somit nahe an die Fließgrenze des Baustoffes herangeht und sich mit etwa 4 bis 3facher Bruchsisicherheit begnügt, so ist zu bedenken, daß bei einer Überlastung des zähen Baustoffes noch kein Bruch, sondern nur ein Fließen der Faser an der inneren Wölbung eintritt, wodurch die Krümmung des Hakens vermindert, die Tragfähigkeit aber erhöht wird. An den Stellen, wo der Baustoff geflossen war, entstehen nämlich bei der Entlastung Druckspannungen, die bei einer neuen Belastung erst überwunden werden müssen, ehe Zugspannungen auftreten, und schließlich findet eine bessere Ausnutzung des Querschnittes statt, indem auch weiter innen liegende Fasern zu höheren Spannungen, etwa nach Abb. 927 oben herangezogen werden. Dadurch erklärt sich, daß Haken bei Probelastungen oft sehr weitgehende Formänderungen vertragen, ohne zu brechen. Immerhin ist im Betrieb jede größere Formänderung aufs sorgfältigste zu beachten und zu untersuchen.

Die vorstehende Betrachtung auf Fälle übertragen zu wollen, in denen wechselnde Beanspruchungen vorliegen, ist naturgemäß ganz unzulässig, weil die Widerstandsfähigkeit der Stellen, wo die Zugspannungen die Fließgrenze überschritten haben, gegenüber Druckkräften außerordentlich vermindert ist, so daß wechselnde Belastung bald zur Ermüdung des Baustoffes und zum Bruche führt.

Außer dem Querschnitt AB , Abb. 925, wird CD , Abb. 926, auf Biegung und Zug in Anspruch genommen, wenn die Last Q mit zwei Seilen aufgehängt ist, die man unter $\alpha = 45^\circ$ gegen die Senkrechte geneigt anzunehmen pflegt. Dann ist der genannte Querschnitt durch $\frac{Q \cdot c}{2 \sin \alpha}$ auf Biegung und durch $\frac{Q \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2}$ auf Zug beansprucht, sofern die Wirkung der Querkraft $\frac{Q}{2}$ vernachlässigt wird. Bei $\alpha = 45^\circ$ wird das Biegemoment $\frac{Q \cdot c}{1,41}$, die Zugkraft $\frac{Q}{2}$. Das Querstück, das den Haken in den Laschen zu stützen pflegt, Abb. 899, ist im Mittelquerschnitt auf Biegung, an den Auflagestellen im Gehänge auf Flächen- und Druck zu berechnen, vgl. das Zahlenbeispiel Seite 506.

Für Doppelhaken, Abb. 920, gilt eine ähnliche Rechnung. Der Schaft ist im wesentlichen auf Zug, Querschnitt AB aber sowohl durch eine senkrecht nach unten wirkende

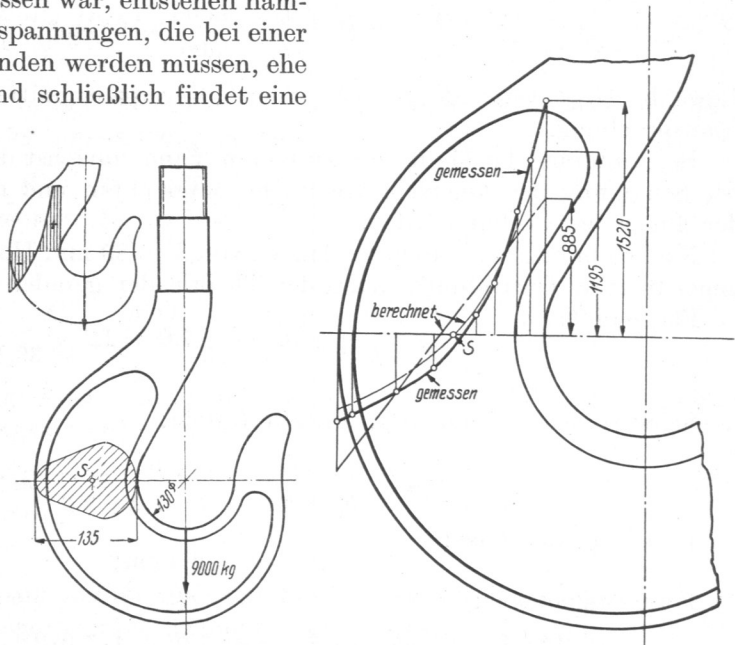


Abb. 927 und 928. Spannungsverteilung an einem einfachen Haken nach den Ermittlungen von Preuß. M. 1:10 und 1:5.

Kraft $\frac{Q}{2}$, wie auch beim Anschlagen der Last durch zwei schräge Seile auf Zug und Biegung in Anspruch genommen. Gleiches gilt im zweiten Falle auch vom Querschnitt CD .

An Bügeln, die aus einem Stück geschmiedet oder zusammengeschweißt sind, Abb. 924, darf das untere Querstück als ein beiderseits eingespannter Balken betrachtet werden, der im ungünstigsten Falle durch die in der Mitte wirkende Last auf Biegung beansprucht wird. Die seitlichen Wangen sind unter Zerlegung der Last in ihre Seitenkräfte auf Zug zu berechnen.

Die Beanspruchung von Ringschrauben wird durch das Rechnungsbeispiel 2 erläutert.

Beispiele. 1. Ein Haken für $Q = 6000$ kg Last ist zu entwerfen und zu berechnen, Abb. 53 b, S. 48.

Kernquerschnitt des Schaftgewindes bei $k_z = 500$ kg/cm²:

$$F_1 = \frac{Q}{k_z} = \frac{6000}{500} = 12 \text{ cm}^2.$$

Gewählt $1\frac{7}{8}$ '' Gewinde mit $12,82$ cm² Kernquerschnitt und $\sigma_z = 468$ kg/cm² Zugbeanspruchung.

Bei Annahme der Maulweite zu 60 mm kann zunächst der innere Umriß des Hakens, bei Schätzung der Querschnitte in der wagrechten und der senkrechten Ebene auch der äußere entworfen werden.

Nachrechnung des durch ein Trapez von $h = 85$ mm Höhe und $b_1 = 70$, $b_2 = 22$ mm angenäherten Querschnitts nach der Theorie der geraden Balken:

Flächeninhalt:

$$F = h \frac{b_1 + b_2}{2} = 8,5 \frac{7,0 + 2,2}{2} = 39,1 \text{ cm}^2;$$

Schwerpunktabstand vom inneren Rande:

$$e_2 = \frac{h}{3} \frac{b_1 + 2b_2}{b_1 + b_2} = \frac{8,5}{3} \frac{7,0 + 2 \cdot 2,2}{7,0 + 2,2} = 3,6 \text{ cm};$$

Hebelarm der Last:

$$a = 6,9 \text{ cm};$$

Trägheitsmoment:

$$J = \frac{h^3}{36} \frac{b_1^3 + 4b_1 \cdot b_2 + b_2^3}{b_1 + b_2} = \frac{8,5^3}{36} \frac{7,0^3 + 4 \cdot 7,0 \cdot 2,2 + 2,2^3}{7,0 + 2,2} = 214 \text{ cm}^4;$$

Zugspannung in der inneren Faser:

$$\sigma = \sigma_z + \sigma_b = \frac{Q}{F} + \frac{Q \cdot a \cdot e_2}{J} = \frac{6000}{39,1} + \frac{6000 \cdot 6,9 \cdot 3,6}{214} = 153 + 697 = 850 \text{ kg/cm}^2.$$

Die auf Seite 48 durchgeführte genauere Untersuchung nach dem Tolleschen Verfahren gibt eine größte Spannung von 1147 kg/cm², mithin gegenüber der Rechnung nach der Theorie der geraden Balken einen Mehrbetrag von 35% . Bei der Nachrechnung des unteren in der Hakenachse liegenden Querschnitts in ganz entsprechender Weise wird

$$F = 22,9 \text{ cm}^2, e_2 = 2,66 \text{ cm}, c = 4 \text{ cm}, J = 67,4 \text{ cm}^4,$$

$$\sigma = \sigma_z + \sigma_b = 131 + 670 = 801 \text{ kg/cm}^2.$$

Die Berechnung nach der Theorie der gekrümmten Balken, Abb. 929, führt zu einer größten Spannung von 1020 kg/cm².

2. Beanspruchung der Ringschraube $M 56$ DIN 580, Abb. 930. Bei senkrechtem Zug wird als größte Last $P = 6500$ kg angegeben. Zuspansung im Schraubenkern:

$$\sigma_z = \frac{P}{F_1} = \frac{6500}{18,37} = 354 \text{ kg/cm}^2.$$

Wegen der Inanspruchnahme der Schraube in dem Falle, daß die gleiche Last an zwei Seilen, die unter 45° wirken, entsprechend DIN 580 an zwei gleichen Schrauben aufgehängt ist, vgl. das Berechnungsbeispiel 6, Seite 255. In der dort abgeleiteten

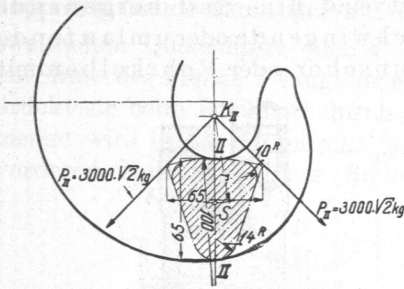


Abb. 929. Berechnung des Querschnittes II—II des Hakens Abb. 53b nach Tolle. M. 1: 5.

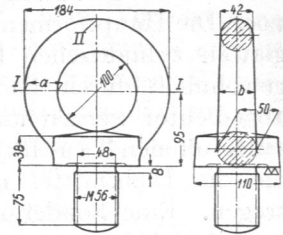
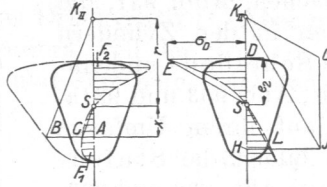


Abb. 930. Ringschraube M 56 DIN 580. M. 1: 10.

Formel für die Längskraft Q' in der Schraube bei der Annahme des Kippens um den Schraubenrand ist $P = 3250$ kg einzusetzen, so daß:

$$Q' = \frac{P}{\cos 45^\circ} \cdot \frac{b}{\frac{D}{2}} = \frac{3250}{0,707} \cdot \frac{10,7}{5} = 9860 \text{ kg}$$

und die Beanspruchung

$$\sigma_z = \frac{Q'}{F_1} = \frac{9860}{18,37} = 537 \text{ kg/cm}^2$$

würde.

Zugspannung in den Ringquerschnitten I von annähernd elliptischem Querschnitte (unter Vernachlässigung der Zusatzbiegespannung):

$$\sigma_z = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{a \cdot b}{4}} = \frac{6500}{2 \cdot \pi \cdot \frac{4,2 \cdot 4,6}{4}} = 214 \text{ kg/cm}^2.$$

Vergleichswert für die Biegespannung im Querschnitt II, wenn der obere Teil der Ringmutter als ein beiderseits eingespannter, gerader Balken von $l = 14,2$ cm Länge betrachtet wird, nach Formel laufende Nr. 7, Zusammenstellung 5, S. 26:

$$\sigma_b = \frac{32 \cdot P \cdot l}{8 \pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 6500 \cdot 14,2}{8 \pi \cdot 4,2^3} = 1590 \text{ kg/cm}^2.$$

Elfter Abschnitt.

Kolben.

Zweck und Arten der Kolben.

Kolben laufen in Zylindern, nehmen an Kraftmaschinen die vom Betriebsmittel ausgeübten Drucke auf, um sie an das Triebwerk weiter zu geben oder, wie an Pressen, auf das zu bearbeitende Stück wirken zu lassen und vermitteln an Arbeitsmaschinen umgekehrt die Einwirkung von Kräften auf die in den Zylindern eingeschlossenen Stoffe. Längs der Zylinderwandung sollen sie möglichst vollkommen abdichten, nicht allein um Verluste an Druckmitteln und an den zu fördernden Stoffen oder das Ansaugen von Luft, wenn im Arbeitsraume Unterdruck herrscht, zu verhüten, sondern auch, um das Wegblasen des Schmieröls an den undichten Stellen zu vermeiden. Denn das häufig