

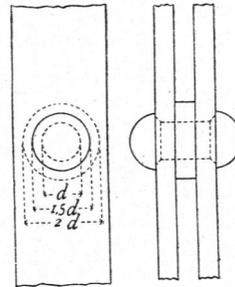
Einer befonderen Art von Vernietung ist noch zu erwähnen, nämlich der Vernietung mit Stehnieten, welche zur Verbindung von nicht unmittelbar auf einander liegenden Theilen verwendet wird, jedoch zur Uebertragung von Kräften thunlichst nicht herangezogen werden soll. Die Nietfchafte werden fehr lang und haben sonach, wenn sie Kräfte übertragen sollen, höchst ungünstige Biegungsspannungen zu erleiden. Um den vorgeschriebenen Abstand der Theile, welcher beim Stauchen des ohne Weiteres eingesetzten Nietes durch völliges Zerquetschen des Schaftes zwischen den Theilen verloren gehen würde, zu wahren, setzt man zunächst einen Ring mit dem äußeren Durchmesser  $2d$  und dem inneren Durchmesser  $d$  so zwischen die Theile, daf die drei Löcher sich decken und nun eine durchlaufende Lochwandung ergeben.

219.  
Verbindung  
mit  
Stehnieten.

Häufig werden zu diesem Zwecke auch auf dem Durchstose gelochte Blechabfalle verwendet, welche dann aber keine zu unregelmäfsig aufsenform haben, von allen Graten befreit und thunlichst durch Pressen völlig eben hergerichtet fein sollen.

Fig. 427 zeigt eine Vernietung mit Stehbolzen. Da ein Abklaffen der Theile von einander hier unschädlich ist, kann die Niettheilung, wenn die Kräfte es erlauben, bis  $e = 20d$  geoigert werden.

Fig. 427.



**b) Schrauben und Schraubenverbindungen.**

Schraubenverbindungen kommen in Eifentheilen da vor, wo die zu verbindenden Theile des Materials wegen nicht genietet werden dürfen, d. h. bei Guseifentheilen, oder wo eine gewisse Beweglichkeit (Drehbarkeit) der Theile gewahrt werden soll, die bei der Vernietung auch nur mit einem Niete durch die Reibung verloren geht, oder wo der Raum zu beengt ist, um Nietköpfe ausbilden zu können.

220.  
Anwendung  
und Ver-  
schiedenheit.

Die Schrauben können eingängig oder mehrgangig sein, und können rechteckigen Gangquerschnitt (flachgängige Schrauben) oder dreieckiges Gangprofil (scharfgangige Schrauben) haben. Die eingängigen scharfgangigen Schrauben ergeben unter gleicher Last die gröſste Reibung in der Mutter, und da für Verbindungsschrauben, die hier den Bewegungsschrauben gegenüber allein in Frage kommen, eine thunlichst grose Reibung erwünscht ist, so wird hier von ihnen allein die Rede sein. Auch ist bei gleicher Ganghohe die Scherfläche zwischen Gang und Spindel bei der scharfen Schraube doppelt so gros, wie bei der flachen.

Auser den beiden genannten kommt noch die Trapezschraube und die Schraube mit rundem Gangquerschnitte vor.

Das Gangprofil der scharfen Schraube zeigt Fig. 428; es ist  $d'$  der innere Durchmesser,  $d$  der äußere Gewindedurchmesser,  $d''$  der äußere Bolzendurchmesser,  $s$  die Ganghohe und  $t$  die Gewindetiefe. Die Neigung des Ganges wird durch die Zahl  $m$  fest gelegt, welche bestimmt, wie viele Gänge auf die Länge  $d$  des Bolzens kommen. Die Gänge werden nach Fig. 428 aus- und abgerundet; nur bei fehr weichem Materiale (Messing, Bronze) mehr. Gemaf dem Abrundungsmas und dem

221.  
Gangprofil  
und Durch-  
messer der  
Schrauben.

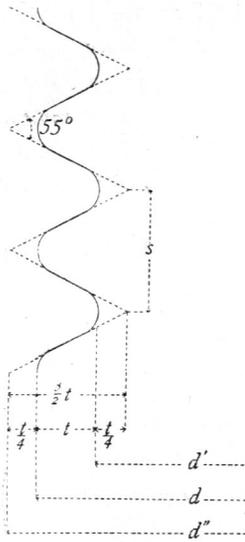
Spitzenwinkel von 55 Grad wird  $\frac{3}{2} t = s \frac{1}{\text{tg } 27^\circ 30'}$ , also

$$t = 0,64 s, \dots \dots \dots 112.$$

wofür man meist  $t = 2 \frac{s}{3}$  setzt. Daraus folgt  $d' = d - 2 t = d - 2 \cdot 0,64 s$ ; dem-

nach  $d' = d - 1,28 s \dots \dots \dots 113.$

Fig. 428.



Es ist nun nach Obigem  $s = \frac{d}{m}$ , also  $d' = d - \frac{1,28}{m} d$ ,  
 fonach

$$\frac{d'}{d} = \frac{m - 1,28}{m} \dots \dots \dots 113a.$$

$d_1$  bestimmt sich nach der Laft, und es find dann  $d$  und  $s$  der neben stehenden *Witworth'schen* Schrauben-Scala zu entnehmen, welche die Form aller Schrauben gleichen Durchmessers allgemein fest legt, damit sie beliebig vertauscht werden können. Um diese nicht immer benutzen zu müssen, sind für  $d$  und  $s$  zwei Beziehungsgleichungen aufgestellt, welche lauten:

$$s = 0,07 \text{ cm} + 0,095 d \text{ für } d \leq 6 \text{ cm}, \dots \dots 114.$$

$$s = 0,262 \sqrt{d} \text{ für } d > 6 \text{ cm} \dots \dots \dots 115.$$

Aus Gleichung 113., 114. u. 115. kann nun eine directe Beziehung zwischen  $d''$ ,  $d$  und  $d'$  abgeleitet werden, und zwar ergibt sich für kleinere Schrauben unter Benutzung der Gleichungen 114., 113 u. 112.

$$d = (1,139 d' + 0,103) \text{ Centim. und } d'' = d + \frac{t}{2} = (1,173 d' + 0,128) \text{ Centim. } 116.$$

Die Tragkraft einer Schraube auf Zug ist bei der zulässigen Beanspruchung  $s'$  für 1 qcm gleich  $\frac{d'^2 \pi}{4} s'$ ; es ergibt sich fonach der der Laft  $P$  entsprechende innere Durchmesser

$$\text{aus } d' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}, \text{ oder, da man in Folge des Anschneidens der Gewinde den}$$

$$\text{äußeren Ring von 1 mm Tiefe nicht als tragfähig ansehen kann, } d' = 0,2 + 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}.$$

Die zulässige Beanspruchung  $s'$  wird wegen der beim Andrehen der Mutter entstehenden Torsion<sup>84)</sup> in der Regel für Schrauben nur mit 600 kg angefetzt; die Gleichung für  $d'$  lautet demnach:

$$d' = 0,2 + 0,0046 \sqrt{P}, \dots \dots \dots 117.$$

und für die erforderliche Anzahl  $n$ , wenn mehrere Schrauben vorhanden sind,

$$n = \frac{P}{471 (d' - 0,2)^2} \dots \dots \dots 118.$$

Den nach Gleichung 116. u. 117. aus der Laft ermittelten äußeren Durchmesser  $d''$  kann man nicht ohne Weiteres beibehalten; es ist vielmehr der nächstgrößere der *Witworth'schen* Scala einzuführen.

Wenn  $P$  nicht als Zug auftritt, sondern als Scherkraft, so ergibt sich, da die Scherstelle fast stets im vollen Bolzen, nicht im Gewinde liegt, der äußere Durchmesser unmittelbar aus  $\frac{d''^2 \pi}{4} t = P$  für einschnittige und aus  $2 \frac{d''^2 \pi}{4} t = P$  für zweischnittige Abfcherung. Auch bei den Schraubenbolzen muß der Lochlaibungs-Druck für kleine Durchmesser im Auge behalten werden, gemäß der Gleichung  $P = d'' \delta s''$  (vergl. Art. 204, S. 141), und es ergeben sich hier ähnlich wie bei den Nieten für  $d$  die Gleichungen:

<sup>84)</sup> Ueber genaue Berücksichtigung der Torsionsspannungen vergl.: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit etc. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 202.

## Witworth's Scala der eingängigen scharfen Schrauben.

Nr.	Bolzen-Durchmesser $d''$	Außerer Gewinde-Durchmesser $d$		Anzahl der Gewindgänge $m$ auf		Innerer Durchmesser $d'$	Schlüsselweite der Mutter $D$	Belastung	
		Centim.	Engl. Zoll.	1 Zoll engl.	die Länge $d$			ohne Torsion	mit Torsion
1	0,8	1/4	0,64	20	5	0,48	1,4	37	22
2	0,9	5/16	0,79	18	5 5/8	0,61	1,6	79	48
3	1,1	3/8	0,95	16	6	0,75	1,8	143	86
4	1,2	7/16	1,11	14	6 1/8	0,88	2,1	218	131
5	1,4	1/2	1,27	12	6	1,00	2,3	302	181
6	1,7	5/8	1,59	11	6 7/8	1,29	2,7	560	336
7	2,0	3/4	1,90	10	7 1/2	1,58	3,2	897	538
8	2,3	7/8	2,22	9	7 7/8	1,86	3,6	1299	779
9	2,7	1	2,54	8	8	2,13	4,1	1755	1053
10	3,0	1 1/8	2,86	7	7 7/8	2,39	4,5	2260	1356
11	3,3	1 1/4	3,18	7	8 3/4	2,72	5,0	2993	1796
12	3,6	1 3/8	3,49	6	8 1/4	2,95	5,4	3564	2138
13	3,9	1 1/2	3,81	6	9	3,27	5,8	4441	2665
14	4,3	1 5/8	4,13	5	8 1/8	3,48	6,3	5070	3042
15	4,6	1 3/4	4,45	5	8 3/4	3,80	6,7	6107	3664
16	4,9	1 7/8	4,76	4 1/2	8 7/16	4,00	7,2	6949	4169
17	5,2	2	5,08	4 1/2	9	4,36	7,6	8155	4893
18	5,8	2 1/4	5,72	4	9	4,91	8,5	10454	6272
19	6,5	2 1/2	6,35	4	10	5,54	9,4	13438	8063
20	7,1	2 3/4	6,99	3 1/2	9 5/8	6,06	10,3	16182	9709
21	7,7	3	7,62	3 1/2	10 1/2	6,69	11,2	19849	11909
22	8,4	3 1/4	8,26	3 1/4	10 9/16	7,26	12,1	23488	14093
23	9,0	3 1/2	8,89	3 1/4	11 3/8	7,89	13,0	27867	16720
24	9,6	3 3/4	9,53	3	11 1/4	8,44	13,8	31996	19198
25	10,3	4	10,16	3	12	9,07	14,7	37076	22245
	Centim.	Engl. Zoll.	Centim.			Centimeter		Kilogr.	

$$d'' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi t}} \quad \text{für einschnittige Abfcherung, } d'' \leq 2 \delta; \quad \dots \quad 119.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \quad \text{für zweifchnittige Abfcherung, } d'' \leq \delta; \quad \dots \quad 120.$$

$$d'' = \frac{P}{s'' \delta} \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Abfcherung, } d'' > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Abfcherung, } d'' > \delta. \end{array} \right\} \quad \dots \quad 121.$$

Wird eine Kraft durch mehrere Bolzen gemeinsam übertragen, so ist nach Annahme des Durchmessers  $d''$  die Bolzenzahl  $n$  nach Gleichung 83. bis 85. zu ermitteln.

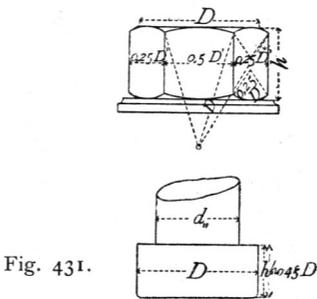
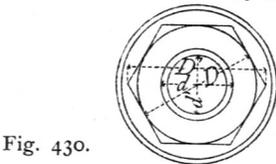
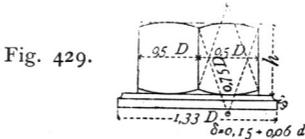
Kraftübertragung durch Flächenreibung kommt hier nicht in Frage, da die Muttern sich von selbst lösen, also auf Reibung überhaupt nicht gerechnet werden kann.

Auf Torsion muß Rücksicht genommen werden, wenn die Anspannung der Schraube lediglich durch Andrehen der Mutter, nicht durch Anhängen von Lasten nach dem Andrehen der Mutter hervorgerufen wird. Es darf in diesem Falle die zulässige Zugspannung nur auf  $\frac{3}{5} s'$  getrieben werden, und es folgt somit der innere Gewindedurchmesser für diesen Fall aus  $d' = 0,2 + 0,059 \sqrt{P}$ . Hiernach ist die letzte Spalte der vorstehenden Scala berechnet.

Die Schraubenmutter wird für einfache Fälle wohl rund oder quadratisch geformt; jedoch läßt sich die runde Mutter schwer andrehen; die quadratische enthält viel Material. Am besten ist die sechseckige Mutter, da sie wenig überflüssiges

Material enthält und doch das Auffetzen eines Schlüssels erlaubt; sie braucht auch nur um 60 Grad gedreht zu werden, um das seitliche Ansetzen des Schlüssels von Neuem zu gestatten.

Um beim Andrehen keine zu große Berührungsfläche zu erhalten, wird die Mutter unten nach einer Kugel abgerundet, meist auch oben, um eine Contre-Mutter nachzuschrauben, auch die Mutter umdrehen zu können; sie sitzt also nur mit einer schmalen Ringfläche auf. Die Schlüsselweite  $D$  wird aus der umstehenden Tabelle oder aus der Formel  $D = (0,5 + 1,4 d)$  Centim. bestimmt, welche auf gleicher Sicherheit der Auflager-Ringfläche gegen Druck und des Bolzens beruht; der Durchmesser des umschriebenen Kreises ist dann  $D' = (0,6 + 1,62 d)$  Centim.



Die Höhe  $h$  der Mutter muß so bemessen werden, daß der Zug im Bolzen die Gewindegänge in der Mutter nicht ausformen kann, d. h. es muß mindestens

$$t d' \pi h = \frac{s' d'^2 \pi}{4}, \text{ also } h = \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d' \text{ sein. Nimmt}$$

man Rücksicht darauf, daß etwa auf  $\frac{1}{6}$  der abzuschleifenden Fläche das Material durch das Schneiden der Gewinde verletzt ist, so würde gesetzt werden müssen

$$h = \frac{6}{5} \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d', \text{ und nimmt man im Mittel } d' = \frac{8}{10} d$$

$$\text{und } \frac{s'}{t} = \frac{5}{4} \text{ an, so ergibt sich } h = \frac{5 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 10}{6 \cdot 5 \cdot 8} d = \frac{3}{10} d.$$

Muttern dieser geringsten Höhe nutzen sich stark ab; man steigert die Höhe daher thatfächlich wohl bis  $h = d$ , und für solche Schrauben, die oft gelöst und wieder angezogen werden müssen, bis  $h = D$ . Hat der Bolzen keinen Zug, sondern nur Absicherung zu übertragen, so macht man  $h$  nie größer als  $0,3 d$ , da die Mutter dann ganz unbelastet ist. Eine gewöhnliche Mutterform zeigen

Fig. 429 u. 430, worin auch eine zur Vertheilung des Mutterdruckes auf eine große Fläche der Unterlage bestimmte Unterlegscheibe mit dargestellt ist.

Der Schraubenbolzen wird in der Regel am einen Ende mit Gewinde versehen; am anderen erhält er statt dessen einen festen Kopf, welcher meist ein Quadrat von der Seitenlänge  $D$  bildet und die Höhe  $h = 0,45 D$  erhält (Fig. 431). In seltenen Fällen wird der Kopf sechseckig geformt.

Besondere Formen von Mutter und Kopf entstehen in folgenden Fällen.

Soll die Mutter nicht vor den verbundenen Theilen vortreten, so setzt man sie in eine Vertiefung, welche so weit gemacht wird, daß die Wandstärke des am Ende ein entsprechendes sechseckiges Loch zeigenden Stockschlüssels aus Rundeisen mit doppeltem Handgriff darin Platz findet, oder man macht die Mutter kreisrund und gibt ihr in der Oberfläche 2 Löcher, um sie mit dem zweizinkigen Zirkelschlüssel in die gleich weite kreisrunde Vertiefung drehen zu können. Beim Andrehen der Mutter dreht sich der Bolzen leicht mit; man muß daher mittels eines Schraubenschlüssels am Kopfe, welcher deshalb die Maulweite  $D$  erhält, gegen halten. Geht dies nicht, so bringt man am unteren Schaftheile oder Kopfe geeignete Vorrichtungen zur Verhinderung der Drehung an.

Ist eine fest angezogene Schraube dauernd Erschütterungen ausgesetzt, so löst sich die Mutter allmählich von selbst, indem die Reibung zwischen Mutter und Bolzengewinde durch die Vibrationen überwunden wird. Man verwendet des-

223.  
Schrauben-  
kopf.

224.  
Besondere  
Formen  
von Mutter  
und Kopf.

halb für die Bau-Constructions geeignete Vorkehrungen gegen das Losdrehen der Muttern.

Wirken die Schrauben einfach auf Zug, so ist  $d'$  nach den Gleichungen 117. u. 118. zu bestimmen, welche, wenn mehrere Schrauben die Last  $P$  übertragen, auch die Anzahl  $n$  derselben ergeben.

225.  
Schrauben-  
verbindungen.

Auf Abschering ergibt sich der Bolzendurchmesser  $d''$  für die Kraft  $P$  nach Gleichung 119. bis 121.; sind mehrere Bolzen des Durchmessers  $d''$  zu verwenden, so ergibt sich die erforderliche Anzahl  $n$  aus:

$$n = \frac{4 P}{\pi t d''^2} \text{ für einschnittige Bolzen, } d'' \leq 2 \delta; \dots \dots \dots 122.$$

$$n = \frac{2 P}{\pi t d''^2} \text{ für zweischnittige Bolzen, } d'' \leq \delta; \dots \dots \dots 123.$$

$$n = \frac{P}{s'' \delta d''} \text{ für einschnittige Bolzen, } d'' > 2 \delta, \text{ und } \left. \dots \dots \dots 124. \right\}$$

$$n = \frac{P}{s'' \delta d''} \text{ für zweischnittige Bolzen, } d'' > \delta.$$

Wird der Bolzen des Durchmessers  $d''$  zugleich auf den Zug  $S$  und die Abschering  $T$ , d. h. schräg beansprucht, und bezeichnet  $d_z$  den dem Zuge  $S$  allein genügenden Rundeisen-Durchmesser, so mache man

$$d_{,,} = d_z \sqrt{\frac{1}{8} \left( 3 + 5 \sqrt{1 + \left[ \frac{2 T}{S} \right]^2} \right)}; \dots \dots \dots 115.$$

für  $T = S$  wird  $d'' = 1,33 d_z$ .

Die Gewichte der Schraubenbolzen werden mit Hilfe der Rundeisen-Tabelle fest gestellt, indem man zur reinen Bolzenlänge zwischen Kopf und Mutter

- 7 Bolzendurchmesser für sechseckige Muttern und Köpfe,
- 8 " " " viereckige " " "

hinzuzählt.

**c) Bolzenverbindungen.**

Für Bauzwecke ist der Anschluss von Rundeisenstangen mittels angeflachten oder angeschweißten Auges und cylindrischen Verbindungsbolzens an andere Theile, meist Bleche, von besonderer Wichtigkeit. Das Auge wird kreisförmig (Fig. 432) oder länglich (Fig. 433) geformt. Bezeichnet  $\delta$  die geringere der Stärken der beiden Theile (Auge des Befestigungsbolzens und Anschlussblech), so ist auch hier für einschnittigen Anschluss

226.  
Bedingungen.

$$\delta d_{,,} s'' \geq \frac{d_{,,}^2 \pi}{4} t$$

die Bedingung, dass Abschering, nicht Lochlaibungs-Druck in Frage kommt; eben so für zweischnittigen Anschluss

$$\delta d_{,,} s'' = 2 \frac{d_{,,}^2 \pi}{4} t.$$

Hierin ist  $\frac{s''}{t} = 1,9$  zu setzen, da in den Schraubenbolzen

meist nicht besseres Material steckt, als in den Rundeisen und Blechen, und es lauten demnach die obigen Bedingungen: Abschering kommt in Frage bei einschnittigen Bolzen, wenn  $d_{,,} \leq 2,4 \delta$ , bei zweischnittigen Bolzen, wenn  $d_{,,} \leq 1,2 \delta$ . Ist  $d_{,,}$  größer, so ist in beiden Fällen auf Lochlaibungs-Druck zu rechnen.

Fig. 432.

