

Beim Anziehen einer Schraube erzeugt die am Schraubenschlüssel wirkende Kraft ein Drehmoment. Die dadurch auftretenden Drehbeanspruchungen im Schaft sind gering und können völlig vernachlässigt werden, wenn die Schraube ohne Belastung angezogen wird. Das trifft z. B. für die Mutter eines Hakens zu, welche erst später beim Anhängen der Last die im Hakenschaft entstehende Längskraft aufzunehmen hat.

Wird dagegen die Längskraft durch das Anziehen erzeugt, so ist die Beanspruchung auf Drehung zu berücksichtigen. Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden; die Längskraft kann nämlich a) beschränkt, b) unbeschränkt sein.

An einem Hebebock tritt Bewegung ein, sobald das Drehmoment eine genügende Längskraft in der Schraube erzeugt; ein größeres Drehmoment ist unter normalen Verhältnissen nicht möglich; die Längskraft ist beschränkt. Dagegen kann die Schraube einer Flanschverbindung beim Anziehen leicht überanstrengt und selbst abgewürgt werden, weil sowohl das Drehmoment wie die durch dasselbe hervorgerufene Längskraft bei der großen Widerstandsfähigkeit der Flansche nicht beschränkt ist. Ähnliches gilt von Fundamentschrauben, bei denen die Grenze für das Anziehen dem Gefühle des Arbeiters überlassen werden muß.

Man unterscheidet demnach bei der Berechnung:

A. Schrauben, die ohne Last angezogen werden und im wesentlichen durch Längskräfte belastet sind,

B. Schrauben, die unter Last angezogen, also gleichzeitig auf Drehung und durch Längskräfte beansprucht werden, wobei

1. die Längskraft beschränkt,

2. die Längskraft unbeschränkt sein kann; außerdem

C. Schrauben, die Kräfte quer zu ihrer Längsachse aufnehmen müssen.

Die folgenden Ausführungen zu A und B beziehen sich auf Schrauben, die durch Zugkräfte belastet sind. Tritt Druck auf, so kann bei größerer Länge die Beanspruchung auf Knickung für die Bemessung entscheidend werden.

A. Schrauben ohne Last angezogen, im wesentlichen durch Längskräfte beansprucht.

Der gefährliche Querschnitt ist der Kernquerschnitt $F_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$; unter Beachtung der Art der wirkenden Kraft ergibt er sich aus

$$F_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{Q}{k_z}. \quad (102)$$

Umgekehrt folgt die Höhe der Beanspruchung bei gegebenem Kerndurchmesser aus:

$$\sigma_z = \frac{Q}{\frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{Q}{F_1}. \quad (102a)$$

Für k_z können die Werte der Zusammenstellung 2, Seite 12, der zulässigen Beanspruchungen genommen werden, wenn die Schrauben sorgfältig hergestellt sind; 0,8 jener Werte ist bei weniger sorgfältiger Bearbeitung einzusetzen. d_1 und den zugehörigen Außendurchmesser d findet man aus den Gewindelisten.

B 1. Schrauben unter voller Last angezogen, Längskraft beschränkt.

Zur Überwindung der Längskraft Q ist nach der Formel (99) ein Moment

$$M = Q \cdot r \operatorname{tg}(\alpha + \rho)$$

nötig. Q beansprucht den Kernquerschnitt auf Zug mit

$$\sigma_z = \frac{Q}{\frac{\pi d_1^2}{4}}$$

M auf Drehung mit

$$\tau_d = \frac{M}{\frac{\pi d_1^3}{16}} = \frac{Q \cdot r \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho)}{\frac{\pi \cdot d_1^3}{16}} \quad (103)$$

Das Verhältnis der beiden Spannungen ist

$$\frac{\tau_d}{\sigma_z} = \frac{4r \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho)}{d_1}$$

und wenn der mittlere Halbmesser des Schraubenganges r annähernd durch $0,55 d_1$ ersetzt wird:

$$\frac{\tau_d}{\sigma_z} = 2,2 \operatorname{tg}(\alpha + \rho) \quad (104)$$

Es nimmt, wie Abb. 376 an Beispielen des Whitworth-Gewindes zeigt, verschiedene Werte an, die mit zunehmendem Durchmesser langsam sinken. Durchweg ist die Beanspruchung auf Drehung geringer als die auf Zug. σ_z und τ_d lassen sich zu der ideellen Spannung oder Anstrengung σ_i zusammensetzen:

$$\sigma_i = 0,35 \sigma_z + 0,65 \sqrt{\sigma_z^2 + 4(\alpha_0 \tau_d)^2},$$

die im Verhältnis zu σ_z

$$\frac{\sigma_i}{\sigma_z} = 0,35 + 0,65 \sqrt{1 + 4 \alpha_0^2 \left(\frac{\tau_d}{\sigma_z}\right)^2} \quad (105)$$

ergibt, wobei α_0 unter Benutzung der zulässigen Beanspruchungen für schwelende Kraftwirkung bei weichem Flußstahl (42)

$$\alpha_0 = \frac{k_z}{1,3 k_d} = \frac{600}{1,3 \cdot 400} \approx 1,15 \text{ ist.}$$

Für Schweißseisen wird α_0 größer:

$$\alpha_0 = \frac{600}{1,3 \cdot 400} \approx 2.$$

σ_i liegt nach Abb. 376 höchstens um 25% höher als σ_z . Daher genügt es, derartige Schrauben auf Zug mit $\frac{3}{4}$ der normal zulässigen Spannung zu berechnen; die Drehbeanspruchung ist dann genügend berücksichtigt.

Schrauben, die mit voller Last angezogen werden, bei denen aber die Längskraft beschränkt ist, sind auf Zug mit $\frac{3}{4}$ der zulässigen Beanspruchung zu berechnen.

Abb. 376 gestattet auf einfache Weise die in den Schrauben auftretenden Spannungen zu ermitteln. Wird z. B. eine 2''-Schraube unter der Wirkung von $Q = 6000$ kg angezogen, so ist die Zugspannung

$$\sigma_z = \frac{Q}{F_1} = \frac{6000}{14,91} = 402 \text{ kg/cm}^2,$$

das Verhältnis $\frac{\tau_d}{\sigma_z}$ nach Abb. 376 = 0,33, mithin die Drehspannung

$$\tau_d = 0,33 \sigma_z = 0,33 \cdot 402 = 133 \text{ kg/cm}^2,$$

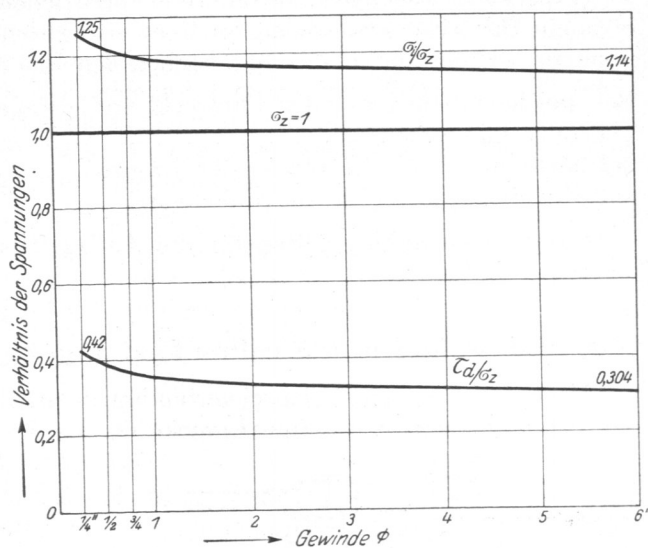


Abb. 376. Spannungsverhältnisse an Schrauben aus weichem Flußstahl im Belastungsfalle B 1.

das Verhältnis $\frac{\sigma_i}{\sigma_z} = 1,17$ und die Anstrengung

$$\sigma_i = 1,17 \sigma_z = 1,17 \cdot 402 = 470 \text{ kg/cm}^2.$$

Beim Anziehen der Schrauben gleiten die Gewindeflächen nach Formel (94) unter einem Flächendruck

$$p = \frac{Q}{z_1 \cdot \pi \cdot d_f \cdot t_i}$$

aufeinander. Wird p zu hoch, so kann Zerstörung, kann Fressen eintreten. p soll deshalb an Befestigungs- und selten bewegten Stellschrauben folgende Werte nicht überschreiten:

wenn weicher Schweiß- oder Flußstahl auf gleichem Werkstoff oder auf Bronze gleitet	$p \leq 300 \text{ kg/cm}^2$,
härterer Stahl auf Stahl oder Bronze	$p \leq 400 \text{ kg/cm}^2$,
auf Gußeisen (möglichst zu vermeiden)	$p \leq 150 \text{ kg/cm}^2$.

Häufig sind Schrauben nach B 1 Bewegungsschrauben, die wie an manchen Pressen und Hebezeugen ständig unter der vollen Last arbeiten müssen. In diesen Fällen ist Trapez- oder Sägewinde scharfem vorzuziehen; der Flächendruck p darf nur niedrig, etwa ein Drittel so groß wie an den oben erwähnten Befestigungs- und Stellschrauben genommen werden, damit das Öl zwischen den Flächen nicht herausgepreßt wird.

Bei weichem Schweiß- oder Flußstahl auf gleichem Werkstoff oder

Bronze gilt	$p = 100 \text{ kg/cm}^2$,
bei härterem Stahl auf Stahl oder Bronze	$p = 130 \text{ kg/cm}^2$,
auf Gußeisen (möglichst zu vermeiden).	$p = 50 \text{ kg/cm}^2$.

Die gleichen Zahlen gelten für die Auflagefläche, auf welcher sich die Mutter oder der Kopf dreht.

B 2. Schrauben unter voller Last angezogen, Längskraft unbeschränkt.

Als Beispiel sei eine Flanschverbindungsschraube, Abb. 377, betrachtet. Am Ende, des Schlüssels von der Länge L wirke die Kraft P . Das Moment $M = P \cdot L$ erzeugt.

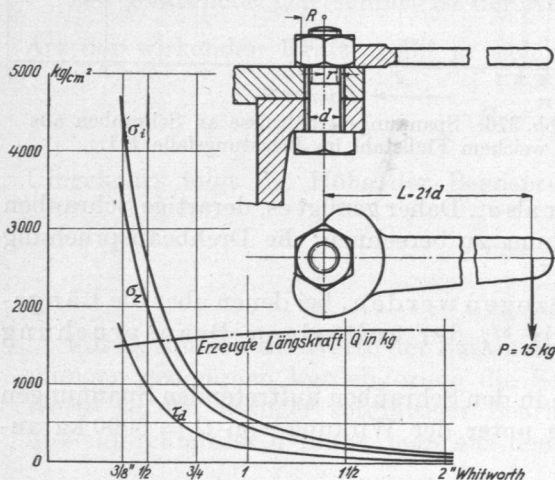


Abb. 377. Kraft- und Spannungsverhältnisse an Schrauben im Falle B 2.

1. die Längskraft Q in der Schraube zum Zusammenpressen der Flansche und muß
2. die Reibung unter der Mutter überwinden. Zur Erzeugung der Längskraft Q ist nach (99) ein Moment

$$M_1 = Q \cdot r \operatorname{tg}(\alpha + \varrho)$$

nötig. Für die Reibung unter der Mutter werde der gleiche Reibungswinkel ϱ wie am Gewinde angenommen, als Hebelarm aber der mittlere Halbmesser R der Auflagefläche der Mutter. Dann ist das Moment zur Überwindung der Reibung:

$$M_2 = Q \cdot \operatorname{tg} \varrho \cdot R$$

und

$$M = PL = M_1 + M_2 = Q[r \operatorname{tg}(\alpha + \varrho) + R \cdot \operatorname{tg} \varrho]$$

$$= Q \cdot r \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varrho) + \frac{R}{r} \operatorname{tg} \varrho \right]. \tag{106}$$

Das Teilmoment M_2 gelangt nicht in den Schraubenschaft, im letzteren sind viel-