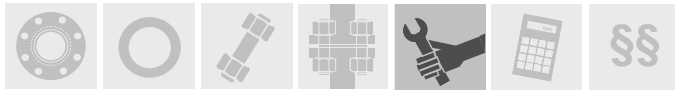


## ● Technische Information



## ● Optimale Schraubenauslastung

Im Bereich der Schrauben werden in Flanschverbindungen die Anforderungen an die Schrauben zur Erreichung einer optimalen Schraubverbindung nicht beachtet. Häufig bestimmen die Eigenschaften der Dichtungen die Auslastung der Schrauben. Dabei ist schon festzustellen, dass die üblichen Dichtverbindungen den grundsätzlichen Anforderungen der Schrauben widersprechen. Im Fachbuch „Schraubenverbindungen“ (Wiegand, Kloos, Thomala; Springer Verlag, ISBN-13 978-3-540-21282-9) findet sich folgender Satz: „Zur Vermeidung unzulässig großer Setz- und/oder Kriechbeträge sollten keinesfalls plastische oder quasielastische Elemente (Dichtungen) mitverspannt werden.“ Damit eröffnet sich schon ein kritischer Blick der Schraubenfachleute auf die Flanschverbindungen (Abb.1), besonders wenn Dichtungen mit hohem Setz- und Fließpotential, wie Dichtungen aus Elastomeren, mit Elastomer gebundenen Fasern oder PTFE, eingesetzt werden.

plastisches oder  
quasielastisches  
Element, die  
Dichtung

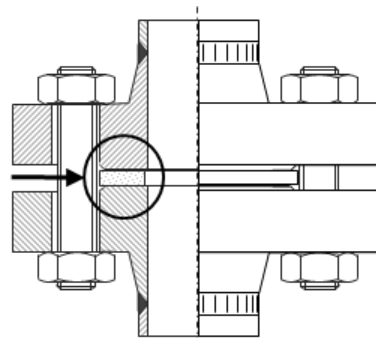


Abb.1: schraubentechnisch ungünstiges System Flanschverbindung

Nun ist die beste Schraubenverbindung die mit hoher Vorspannkraft. Hohe Vorspannkraften sind bei zügig und/oder schwingungsbeanspruchten Schraubenverbindungen erforderlich, sie gewährleisten hohe Restklemmkraften im Betrieb und damit eine zusätzliche Sicherheit bei Vorspannkraftverlusten infolge Setzens und/oder Kriechens. Die Auslastung der Schrauben ist laut „Schraubenverbindungen“ bei 70% Auslastung der Streckgrenze ( $R_{p0,2}$ ) optimal. Zu einem gleichen Schluss kommt Dr. Ing. Marc Seidel in seiner Veröffentlichung „Auslegung von Flanschverbindungen mit hochfesten, vorgespannten Schrauben für Windenergieanlagen“: „Die Schraubenbeanspruchung unter äußerer Last sollte mit 70% der Streckgrenze als Vorspannkraft angesetzt werden. Damit wird Vorspannkraftverlusten, durch Setzen und mögliche geringe Plastifizierung im Betrieb sowie dem Einfluss der Torsion während des Vorspannens Rechnung getragen.“

Der Vorspannkraftverlust nach 10.000 Minuten (ca. 7 Tage) ist, bei voller Streckgrenzauslastung 100%  $R_{p0,2}$  mit ca. 12% oder höher, bei 90/80%  $R_{p0,2}$ , mit ca. 10/6% deutlich höher als bei niedrigerer Streckgrenzauslastung ( $R_{p0,2} \leq 70\%$ ) mit  $\leq 1,5\%$  (Abb.2). Dies ist ein Indikator für die optimale Streckgrenzauslastung von 70%, wie sie in der Literatur zu finden ist.

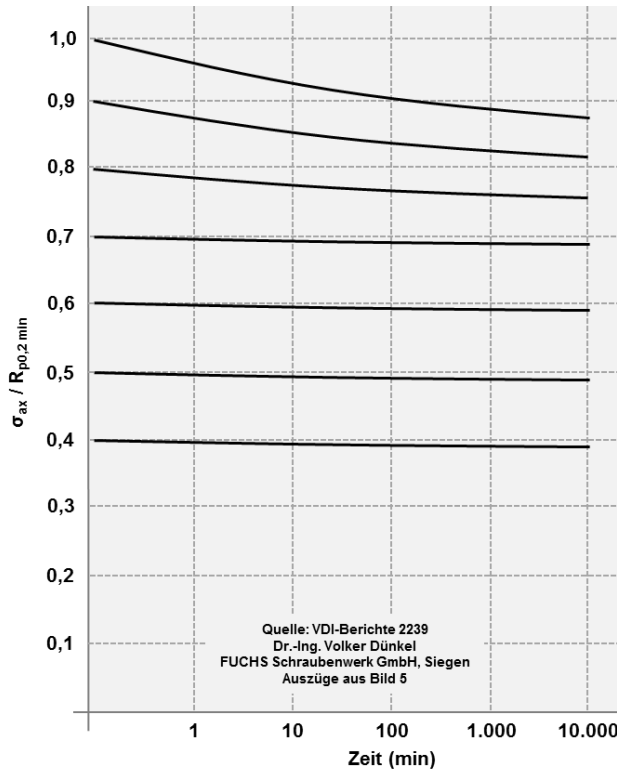


Abb.2: Rückgang der Vorspannkraft streckgrenzgesteuert vorgespannter Schrauben

Im Stahl- und Maschinenbau werden Schrauben noch höher ausgelastet. Während es im Maschinenbau durchaus auch üblich ist, die Schrauben oberhalb der Streckgrenze zu verspannen, siehe auch streckgrenzgesteuerte Anzugsverfahren, wird im Stahlbau mit 70% der Zugfestigkeit  $F_m$  angezogen. Im sogenannten Eurocode (DIN EN 1090-2:2008-12, Ersatz für DIN 18800-7:2008-11) findet sich unter 8.5 Anziehen planmäßig vorgespannter Schrauben:

$$\text{Nennwert der Mindestvorspannkraft } F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$$

$$f_{ub} = \text{Nennfestigkeit des Schraubenwerkstoffs}$$

$$A_s = \text{Spannungsquerschnitt}$$

Das entspricht einer Auslastung der Mindeststreckgrenze  $R_{p0,2}$  von ca. 77% bis 88%, je nach der Festigkeitsklasse der Schrauben. Die übliche Auslastung der Streckgrenze  $R_{p0,2}$  hochfester Schrauben (10.9 und 12.9) ist von 90% auf 77% zurückgenommen und deckt sich damit mit den allgemeinen Erkenntnissen. Niedrig legierte Schrauben, wie die der Festigkeitsklasse 5.6, werden im Stahlbau nicht mehr verwendet, dürften aber höher ausgelastet werden.

Nach der DIN EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen, werden die Kategorien von Schraubverbindungen festgelegt.

|             |   |
|-------------|---|
| Kategorie A | Scher- und Lochleibungsverbindung                               |
| Kategorie B | Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit |
| Kategorie C | Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit         |
| Kategorie D | nicht vorgespannt   |
| Kategorie E | vorgespannt   |

Im nationalen deutschen Anhang DIN EN 1993-1-8/NA, werden die Anforderungen an die Vorspannkraft festgelegt:

|                   |  |
|-------------------|--|
| Kategorie B und C | mit 70% $f_{ub}$ (Zugfestigkeit)                                     |
| Kategorie E       | mit 70% $f_{ub}$ (Zugfestigkeit) = volle Vorspannkraft               |
| Kategorie E       | mit 70% $f_{yb}$ (Streckgrenze) = nicht voll vorgespannte Verbindung |

Als Sicherung gegenüber Lockern, reicht in der Regel eine Vorspannkraft größer 50%  $f_{yb}$  (Streckgrenze) aus.

In der folgenden Tabelle (Tab.1) werden die unterschiedlichen Auslastungen, je nach Schraubenfestigkeit, einmal vergleichend dargestellt.

| Tab.1: Schraubenkennwerte nach DIN EN ISO 898 und Vergleich der unterschiedlichen Auslastungsverfahren |     |      |      |
|--|-----|------|------|
| Festigkeitsklasse nach DIN EN ISO 898  | 8.8 | 10.9 | 12.9 |
| Mindeststreckgrenze $R_{p0,2}$ in MPa <sup>1)</sup>  | 640 | 900  | 1080 |
| Mindestzugfestigkeit $F_m$ in MPa  | 800 | 1000 | 1200 |
| Auslastung mit 70% $R_{p0,2}$ - optimale Auslastung  | 448 | 630  | 756  |
| Auslastung mit 90% $R_{p0,2}$ - üblich im Stahl- und Maschinenbau                                      | 576 | 810  | 972  |
| Auslastung mit 70% $F_m$ - nach Eurocode DIN EN 1090 f. Stahlbau                                       | 560 | 700  | 840  |
| Auslastung $R_{p0,2}$ nach Eurocode  | 88% | 77%  | 77%  |

<sup>1)</sup> 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

Die jeweils erreichbaren Schraubenkräfte werden in Tabelle 2 (Tab.2) dargestellt.

| Tab.2: Schraubenkräfte für Schrauben M20 in kN                    |     |      |      |
|---|-----|------|------|
| Festigkeitsklasse nach DIN EN ISO 898                             | 8.8 | 10.9 | 12.9 |
| Auslastung mit 70% $R_{p0,2}$ - optimale Auslastung               | 113 | 161  | 189  |
| Auslastung mit 90% $R_{p0,2}$ - üblich im Stahl- und Maschinenbau | 145 | 207  | 241  |
| Auslastung mit 70% $F_m$ - nach Eurocode DIN EN 1090 f. Stahlbau  | 142 | 179  | 209  |
| Auslastung $R_{p0,2}$ nach Eurocode                               | 88% | 77%  | 77%  |

In der folgenden Tabelle werden die Streckgrenzen üblicher Schrauben, z.B. aus nichtrostenden Werkstoffen nach DIN EN ISO 3506 und für Druckgeräte nach DIN EN 10269, dargestellt (Tab.3).

| Tab.3: Streckgrenzen unterschiedlicher üblicher Schrauben-/Mutterwerkstoffe in N/mm <sup>2</sup> |     |          |          |                 |                    |   |
|--|-----|----------|----------|-----------------|--------------------|---|
| 5.6<br>oder<br>YK<br>(CK35, C35E)  | 8.8 | A2/A4-50 | A2/A4-70 | KG<br>(25CrMo4) | GA<br>(21CrMoV5-7) | GC / B7<br>(42CrMo4 /<br>ASTM A193 Gr.<br>B7) |
| 300  | 640 | 210      | 450      | 440             | 550                | 730   |

Die empfohlenen Anzugsmomente verschiedener Werkstoffe und Schraubenformen, wie z. B. mit Vollschaft (Tab.4) oder Dehnschaft (Tab.5) bzw. mit Vollschaft und zölligen, imperialen Gewinden (Tab.6) werden in den nächsten Tabellen gelistet. Ebenfalls sind die Vorspannkräfte bei 70% Streckgrenzauslastung  $R_{p0,2}$  genannt.

### **Achtung: Wichtige Hinweise zu Schraubenverbindungen mit Kunststoff-U-Scheiben oder Dichtungen im Krafthauptschluss**

Zur elektrochemischen Potentialtrennung dürfen, auf keinen Fall, Unterlegscheiben aus Kunststoffen mitverspannt werden. Dies wurde bereits 1962 im Fachbuch: Berechnung und Gestaltung von Schraubenverbindungen, 3. Auflage, Springer Verlag, von Prof. Dr.-Ing. H. Wiegand und Dr.-Ing. K.-H. Illgner, veröffentlicht.

Weichstoffdichtungen aus Gummi, gummigebundener Faserstoff oder PTFE/ePTFE verursachen durch ihr Setzverhalten starke Relaxation, diese liegt je nach Werkstoff zwischen 40 und 70%, bei PTFE sogar bei 90%. Früher verwendete Asbestdichtungen (IT) verursachen eine Relaxation von ca. 50%, dies wurde bereits 1940, im Fachbuch: Berechnung und Gestaltung von Schraubenverbindungen, Erstausgabe, Verlag Julius Springer, von Dr.-Ing. H. Wiegand und Ing. B. Haas, veröffentlicht.

Bei Flanschverbindungen sollten grundsätzlich Dichtungen, wie Grafit- oder Metall-Weichstoffdichtungen eingesetzt werden, die ein möglichst niedriges Fließ- bzw. Setzpotential haben, wie Wellring-, Spiral- oder Kammprofilabdichtungen. Hier kann dann auch PTFE als Weichstoff verwendet werden.

#### **Warnung:**

Die im Markt, auf Grund der fehlenden oder falschen Normung der Geometrie, angebotenen Dichtungen, sind nicht immer von ausreichender Qualität. Besonders gilt dies für Kammprofilabdichtungen, denn nach Norm wird für PTFE eine zu dicke Auflage vorgeschrieben und dadurch hat diese Dichtung ähnliche Fließeigenschaften wie eine Flachdichtung aus Plattenmaterial.

### **Die Verwendung von Kunststoffunterlegscheiben und fließenden Dichtungen in Schraubenverbindungen, im Kraftschluss, entspricht nicht dem Stand der Technik!**

Es ist grundsätzlich die Festigkeit der Flansche zu beachten, gegebenenfalls ist diese rechnerisch zu überprüfen. Diese Berechnungen führen wir gerne für Sie durch. Bei Vorschweißflanschen hat sich seit Jahrzehnten die Anwendung von Grafit- und Metall-Weichstoffdichtungen, mit 70% ausgelasteten Schrauben, bewährt.

Tab.4: Anzugsmomente in Nm und Vorspannkkräfte in kN für Vollschaftschrauben für übliche Schraubengrößen und Werkstoffe bei Reibungskoeffizient 0,12 für eine Streckgrenzauslastung um ca.70% R<sub>p0,2</sub><sup>A)</sup>

| Nenngröße des Gewindes<br>M<br>Steigung<br>P in mm | Maßeinheit<br>Drehmoment<br>Vorspannkraft | 5.6<br>oder<br>YK<br>(CK35,<br>C35E) | 8.8   | A2/A4<br>-50 | KG<br>(25CrMo4)<br>oder<br>A2/A4-70<br>bis M39 | GA<br>(21CrMoV5-<br>7) | GC<br>(42CrMo4) | R <sub>p0,2</sub><br><br>1.000<br>N/mm <sup>2</sup> |
|--|---|--------------------------------------|-------|--------------|--|------------------------|-----------------|---|
| 10   | Nm  | 20                                   | 45    | 15           | 30   | 40                     | 50              | 70  |
| 1,5  | kN  | 12,2                                 | 26,0  | 8,5          | 17,9   | 22,3                   | 29,6            | 40,6  |
| 12   | Nm  | 35                                   | 75    | 25           | 50   | 70                     | 90              | 120   |
| 1,75   | kN  | 17,6                                 | 37,6  | 12,3         | 26,4   | 32,3                   | 42,9            | 58,8  |
| 14   | Nm  | 60                                   | 120   | 40           | 80   | 100                    | 140             | 190   |
| 2,0  | kN  | 24,2                                 | 51,5  | 16,9         | 35,4   | 44,3                   | 58,8            | 80,5  |
| 16   | Nm  | 90                                   | 180   | 60           | 130  | 160                    | 220             | 280   |
| 2,0  | kN  | 33,0                                 | 70,3  | 23,1         | 49,4   | 60,4                   | 80,2            | 109,9   |
| 18   | Nm  | 120                                  | 260   | 80           | 170  | 220                    | 300             | 400   |
| 2,5  | kN  | 40,3                                 | 88,7  | 28,2         | 60,3   | 73,9                   | 98,1            | 134,4   |
| 20   | Nm  | 170                                  | 360   | 120          | 250  | 300                    | 400             | 550   |
| 2,5  | kN  | 51,5                                 | 113,0 | 36,0         | 76,9   | 94,3                   | 125,1           | 171,5   |
| 22   | Nm  | 220                                  | 500   | 150          | 330  | 400                    | 550             | 740   |
| 2,5  | kN  | 63,6                                 | 140,0 | 44,6         | 95,1   | 116,5                  | 154,8           | 212,3   |
| 24   | Nm  | 300                                  | 650   | 200          | 420  | 520                    | 700             | 950   |
| 3,0  | kN  | 74,1                                 | 163,0 | 51,9         | 110,7  | 136,0                  | 180,4           | 247,3   |
| 27   | Nm  | 400                                  | 900   | 300          | 600  | 750                    | 1000            | 1400  |
| 3,0  | kN  | 96,4                                 | 212,0 | 67,5         | 143,5  | 176,5                  | 234,6           | 321,6   |
| 30   | Nm  | 600                                  | 1300  | 400          | 850  | 1100                   | 1400            | 1900  |
| 3,5  | kN  | 118,0                                | 259,0 | 82,5         | 177,4  | 216,0                  | 286,8           | 392,9   |
| 33   | Nm  | 800                                  | 1700  | 550          | 1100   | 1400                   | 1900            | 2600  |
| 3,5  | kN  | 146,0                                | 321,0 | 102,1        | 218,0  | 267,0                  | 354,6           | 486,4   |
| 36   | Nm  | 1000                                 | 2200  | 700          | 1500   | 1800                   | 2400            | 3300  |
| 4,0  | kN  | 172,0                                | 377,0 | 120,1        | 256,5  | 315,0                  | 417,1           | 572,2   |
| 39   | Nm  | 1300                                 | 2800  | 900          | 1900   | 2300                   | 3000            | 4200  |
| 4,0  | kN  | 205,0                                | 451,0 | 143,5        | 307,0  | 376,0                  | 497,1           | 682,8   |
| 42   | Nm  | 1600                                 | 3500  | 1100         | 2300   | 2900                   | 3800            | 5200  |
| 4,5  | kN  | 235,0                                | 517,0 | 164,6        | 352,0  | 431,0                  | 570,9           | 783,6   |
| 45   | Nm  | 2000                                 | 4300  | 1400         | 3000   | 3600                   | 4700            | 6500  |
| 4,5  | kN  | 273,0                                | 601,0 | 191,1        | 408,0  | 500,0                  | 662,4           | 910,2   |
| 48   | Nm  | 2400                                 | 5200  | 1700         | 3500   | 4300                   | 5700            | 7900  |
| 5,0  | kN  | 309,0                                | 679,0 | 216,1        | 462,0  | 566,0                  | 748,8           | 1029,2  |
| 52   | Nm  | 3000                                 | 6700  | 2100         | 4500   | 5600                   | 7300            | 10000   |
| 5,0  | kN  | 370,0                                | 813,0 | 258,7        | 553,0  | 678,0                  | 896,5           | 1232  |
| 56   | Nm  | 3800                                 | 8500  | 2700         | 5500   | 6900                   | 9000            | 12500   |
| 5,5  | kN  | 426,0                                | 938,0 | 289,4        | 637,0  | 782,0                  | 1034,8          | 1421,0  |

<sup>A)</sup> Die Werte sind sinnvoll gerundet, Quelle: Grohmann, Wissenswertes über Edelstahlschrauben, 1991

**Tab.5: Anzugsmomente in Nm und Vorspannkraften in kN für Schrauben mit Dehnschaft für übliche Schraubengrößen und Werkstoffe bei Reibungskoeffizient 0,12 für eine Streckgrenzauslastung um ca. 70% R<sub>p0,2</sub><sup>A)</sup>**

| Nenngröße des Gewindes<br>M<br>Steigung P in mm | Maßeinheit<br>Drehmoment<br>Vorspannkraft | 5.6 oder YK (CK35, C35E) | 8-8 | A2/A4 -50     | KG (25CrMo4) oder A2/A4-70 bis M39 | GA (21CrMoV5-7) | GC (42CrMo4)  | R <sub>p0,2</sub>       |
|---|---|--------------------------|-----|---------------|------------------------------------|-----------------|---------------|-------------------------|
|   |   |                          |     |               |                                    |                 |               | 1.000 N/mm <sup>2</sup> |
| 10<br>1,5                                       | Nm<br>kN                                  | 12<br>7,5                | -   | 8<br>5,6      | 20<br>11,7                         | 25<br>14,6      | 35<br>19,3    | 45<br>26,6              |
| 12<br>1,75                                      | Nm<br>kN                                  | 25<br>11,0               | -   | 15<br>8,2     | 36<br>17,3                         | 45<br>21,6      | 60<br>28,5    | 80<br>39,2              |
| 14<br>2,0                                       | Nm<br>kN                                  | 35<br>15,3               | -   | 25<br>11,5    | 55<br>24,0                         | 70<br>30,0      | 90<br>38,2    | 125<br>54,6             |
| 16<br>2,0                                       | Nm<br>kN                                  | 60<br>22,2               | -   | 40<br>16,6    | 90<br>34,8                         | 120<br>43,5     | 150<br>57,6   | 210<br>79,1             |
| 18<br>2,5                                       | Nm<br>kN                                  | 80<br>25,9               | -   | 50<br>19,4    | 130<br>40,7                        | 160<br>50,8     | 200<br>67,3   | 280<br>92,4             |
| 20<br>2,5                                       | Nm<br>kN                                  | 110<br>34,5              | -   | 70<br>25,9    | 180<br>54,2                        | 220<br>67,8     | 290<br>89,6   | 400<br>123,2            |
| 22<br>2,5                                       | Nm<br>kN                                  | 150<br>44,3              | -   | 100<br>33,2   | 240<br>69,6                        | 300<br>87,0     | 400<br>114,9  | 550<br>158,2            |
| 24<br>3,0                                       | Nm<br>kN                                  | 200<br>49,8              | -   | 120<br>37,3   | 300<br>78,2                        | 370<br>97,8     | 500<br>123,5  | 675<br>177,8            |
| 27<br>3,0                                       | Nm<br>kN                                  | 280<br>64,5              | -   | 180<br>48,4   | 450<br>101,5                       | 550<br>126,5    | 700<br>167,4  | 985<br>230,3            |
| 30<br>3,5                                       | Nm<br>kN                                  | 400<br>81,3              | -   | 250<br>290,3  | 600<br>128,0                       | 800<br>160,0    | 1000<br>211,6 | 1400<br>290,5           |
| 33<br>3,5                                       | Nm<br>kN                                  | 500<br>100,0             | -   | 350<br>75,0   | 800<br>157,0                       | 1000<br>196,5   | 1400<br>260,0 | 1900<br>357,0           |
| 36<br>4,0                                       | Nm<br>kN                                  | 650<br>116,0             | -   | 430<br>87,2   | 1100<br>182,5                      | 1300<br>228,5   | 1700<br>302,1 | 2400<br>415,1           |
| 39<br>4,0                                       | Nm<br>kN                                  | 900<br>143,0             | -   | 550<br>107,3  | 1400<br>225,0                      | 1800<br>281,0   | 2200<br>372,3 | 3200<br>511,0           |
| 42<br>4,5                                       | Nm<br>kN                                  | 1100<br>162,5            | -   | 700<br>121,9  | 1700<br>255,5                      | 2100<br>319,0   | 2800<br>422,2 | 3900<br>580,3           |
| 45<br>4,5                                       | Nm<br>kN                                  | 1400<br>194,0            | -   | 900<br>145,4  | 2200<br>305,0                      | 2700<br>381,0   | 3600<br>504,4 | 4900<br>692,3           |
| 48<br>5,0                                       | Nm<br>kN                                  | 1700<br>216,5            | -   | 1100<br>162,3 | 2600<br>340,0                      | 3300<br>425,0   | 4300<br>562,6 | 5900<br>773,0           |
| 52<br>5,0                                       | Nm<br>kN                                  | 2100<br>258,5            | -   | 1400<br>194,0 | 3400<br>407,0                      | 4200<br>508,0   | 5500<br>672,9 | 7600<br>924,0           |
| 56<br>5,5                                       | Nm<br>kN                                  | 2700<br>297,5            | -   | 1700<br>223,2 | 4200<br>468,0                      | 5200<br>585,0   | 6900<br>773,8 | 9400<br>1063,0          |

<sup>A)</sup> Die Werte sind sinnvoll gerundet, Quelle: Grohmann, Wissenswertes über Edelstahlschrauben, 1991

**Tab.6: Anzugsmomente in Nm und Vorspannkkräfte in kN für Stud- and Heavy Hex-Bolts mit Gewinde UNC/8 UN aus ASME-Werkstoffen für übliche Schraubengrößen und Werkstoffe bei Reibungskoeffizient 0,12 für eine Streckgrenzauslastung um ca. 70%  $R_{p0,2}^A$**

| Nenngröße des Gewindes<br>“<br>(Imperial) | Steigung P<br>Nennung<br>mm | Maßeinheit<br>Drehmoment<br>Vorspannkraft | A193<br>B7,<br>B16<br>oder<br>A 320<br>L7 | A354<br>BC      | A193<br>B8, B8C, B8T,<br>B8M, B8P<br>Streckgrenze vom Ø<br>abhängig |                   | KG<br>(25CrMo4)<br>oder<br>A2/A4-<br>70<br>bis 1 1/2“<br>B) | 8.8<br>B)       | $R_{p0,2}$<br><br>1.000<br>N/mm <sup>2</sup> |
|---|-----------------------------|---|---|-----------------|---|-------------------|---|-----------------|--|
|   |                             |   |   |                 | warm-<br>kalt-<br>verfestigt  | abge-<br>schreckt |   |                 |  |
| 1/2“                                      | UNC<br>1,95                 | Nm<br>kN                                  | 100<br>46,1                               | 110<br>47,9     | 100<br>43,9   | 30<br>13,2        | 60<br>28,0  | 90<br>40,1      | 140<br>63,7                                  |
| 5/8“                                      | UNC<br>2,31                 | Nm<br>kN                                  | 200<br>74,0                               | 210<br>76,9     | 190<br>70,4   | 60<br>21,2        | 120<br>45,0   | 180<br>64,3     | 280<br>102,2                                 |
| 3/4“                                      | UNC<br>2,54                 | Nm<br>kN                                  | 350<br>109,0                              | 360<br>113,0    | 330<br>103,7  | 100<br>31,2       | 210<br>66,2   | 300<br>94,8     | 480<br>150,5                                 |
| 7/8“                                      | UNC<br>2,82                 | Nm<br>kN                                  | 560<br>151,0                              | 580<br>156,9    | 420<br>115,1  | 160<br>43,2       | 340<br>91,8   | 490<br>131,4    | 770<br>208,6                                 |
| 1“  | UNC<br>3,18                 | Nm<br>kN                                  | 850<br>198,2                              | 860<br>205,8    | 630<br>151,1  | 240<br>56,7       | 500<br>120,4  | 730<br>172,4    | 1150<br>273,7                                |
| 1 1/8“                                    | 8 UN<br>3,18                | Nm<br>kN                                  | 1200<br>258,5                             | 1300<br>268,5   | 750<br>159,9  | 340<br>73,9       | 730<br>157,1  | 1000<br>224,9   | 1650<br>357,0                                |
| 1 1/4“                                    | 8 UN<br>3,18                | Nm<br>kN                                  | 1700<br>326,9                             | 1700<br>339,5   | 800<br>155,8  | 470<br>93,5       | 1000<br>198,7   | 1500<br>284,4   | 2300<br>451,5                                |
| 1 3/8“                                    | 8 UN<br>3,18                | Nm<br>kN                                  | 2200<br>402,9                             | 2300<br>418,5   | 1100<br>192,0   | 640<br>115,2      | 1400<br>244,8   | 2000<br>350,6   | 3100<br>556,5                                |
| 1 1/2“                                    | 8 UN<br>3,18                | Nm<br>kN                                  | 2900<br>488,0                             | 3000<br>506,9   | 1400<br>232,6   | 830<br>139,5      | 1800<br>296,6   | 2500<br>424,7   | 4000<br>674,1                                |
| 1 5/8“                                    | 8 UN<br>3,18                | Nm<br>kN                                  | 3800<br>581,8                             | 4000<br>604,3   | -   | 1100<br>166,4     | 2300<br>353,6   | 3300<br>506,3   | 5200<br>803,6                                |
| 1 3/4“                                    | 8 UN<br>3,18                | Nm<br>kN                                  | 4700<br>680,1                             | 4900<br>706,4   | -   | 1300<br>194,5     | 2900<br>413,3   | 4100<br>591,8   | 6500<br>939,4                                |
| 1 7/8“                                    | 8 UN<br>3,18                | Nm<br>kN                                  | 5800<br>788,0                             | 6000<br>818,6   | -   | 1700<br>225,3     | 3500<br>478,9   | 5000<br>685,8   | 8000<br>1088,5                               |
| 2“  | 8 UN<br>3,18                | Nm<br>kN                                  | 7000<br>905,7                             | 7300<br>940,7   | -   | 2000<br>258,9     | 4300<br>550,4   | 6100<br>788,0   | 9700<br>1250,9                               |
| 2 1/4“                                    | 8 UN<br>3,18                | Nm<br>kN                                  | 10000<br>1164,1                           | 10500<br>1209,1 | -   | 2900<br>332,8     | 6200<br>707,5   | 8800<br>1012,4  | 14000<br>1607,9                              |
| 2 1/2“                                    | 8 UN<br>3,18                | Nm<br>kN                                  | 14000<br>1452,0                           | 14500<br>1508,1 | -   | 4000<br>415,1     | 8500<br>881,1   | 12200<br>1263,5 | 19300<br>2005,5                              |

A) Die Werte sind sinnvoll gerundet, Quelle: Grohmann, Wissenswertes über Edelstahlschrauben, 1991

B) Die Werte gelten wegen der abweichenden Größe der Auflageflächen nicht für Schrauben mit Muttern nach DIN 934 oder ISO 4032, siehe Poster „Gegenüberstellung der Schlüsselweiten verschiedener Muttern“ unter [www.flangevalid.com/Downloads/Schrauben](http://www.flangevalid.com/Downloads/Schrauben)

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf der Homepage [www.thomsen-bremen.de](http://www.thomsen-bremen.de).

Zur technischen Beratung stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne auch kurzfristig persönlich zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen aus Bremen  
Peter Thomsen

**Haftungsausschluss:**

Die Inhalte der Regeln sind zum Teil zitiert, zum Teil in den Worten der Regeln wiedergegeben, die Anmerkungen und Auslegungen beruhen auf langjähriger Erfahrung, dienen der Entscheidungshilfe und begründen keinen Anspruch auf Gewährleistung.

© Peter Thomsen  
Stand 05.03.2021