

Schraubenverbindungen, Festigkeitsberechnung

Anwendung eines Schraubenberechnungsverfahrens für weitere Gewindearten

G. F. Dose

Inhalt Das in [1] für das metrische Gewinde beschriebene Berechnungsverfahren wurde hier für die Anwendung auf alle Gewindearten modifiziert. Damit ist es z. B. möglich, weitere Gewinde wie Trapezgewinde zu berechnen. Hierfür wurden Versuche mit typischen Spindelmutterwerkstoffen zur Ermittlung des β -Werts durchgeführt.

Application of a screw-calculation for more screws

Abstract The method, published in [1] to calculate metric screws, was modified for other types of screws. Thus it is possible to calculate screws with i. g. trapezoidal thread. Tests were made herefore with typical spindlenut materials to ascertain the β -value.

Verwendete Formelzeichen

Für alle Gewindearten gelten die nachstehenden Formelzeichen:

F_{pB}	Bolzenkraft an der Streckgrenze
$\alpha_{B,M}$	Werkstoff-Faktor für Bolzen oder Mutter
$\beta_{B,M}$	Scherspannungs-Faktor für Bolzen oder Mutter
γ	Flankenwinkel
$R_{pB,M}$	Streckgrenze des Bolzen- oder Mutterwerkstoffs
$\tau_{pB,M} = \beta_{B,M} \cdot R_{pB,M}$	Streckgrenzen-Scherspannung des Bolzens bzw. der Mutter
D, d	Außendurchmesser des Gewindes
D_2, d_2	Flankendurchmesser des Gewindes
d_τ, m	Abstreifdurchmesser, tragende Gewindelänge
A_s	Spannungsquerschnitt des Bolzens
A_τ	Gesamtfläche des Abscherzylinders
$A_{\tau B,M}$	Scherfläche des Bolzen- bzw. Muttergewindes
P, H	Gewindesteigung, Höhe des Grunddreiecks

Dipl.-Ing. G. F. Dose
Goethestr. 47, 69514 Laudenbach

Gedankt wird der

- PAN-Metallgesellschaft, Mannheim, für die kostenlose Beistellung der PAN-Bronzen,
- Dipl.-Ing. R. Schlegel, Schraubenfabrik Fuchs, Siegen, für die kostenlose Herstellung der Bronzemuttern, die Beistellung der Schraubenbolzen und die Durchführung der Versuche

sowie

- Dr.-Ing. K.-J. Pittner, Laudenbach, für die kritische Durchsicht.

1 Einleitung

Beim Anwenden der Formeln in der „Neuartigen Berechnung von Schrauben unter Berücksichtigung der Werkstoffkennwerte“ [1] wurde die Erfahrung gemacht, daß bei gleichen Sicherheiten im Bolzen- und im Muttergewinde meist dann die größte Einschraubtiefe errechnet wird, wenn die Kraft der Streckgrenze des Bolzens entspricht. Deshalb werden bei der nachstehenden Sicherheitsbetrachtung die Verhältnisse beim Erreichen der Streckgrenze unterstellt. Bei den Versuchen zur Ermittlung des Scherspannungsfaktors für Bronzen wurden jedoch die Zugfestigkeiten berücksichtigt.

Gleichzeitig wird ergänzend zu [1, 2] dargestellt, daß die in [1] für das metrische Gewinde aufgeführten Formeln auch für andere Gewindegeometrien wie Whitworth und ähnliche gültig sind, wenn die Forderung $H/P \cdot \tan(\gamma/2) = 0,5$ erfüllt ist, wobei γ der Flankenwinkel ist.

2 Allgemeine Sicherheitsbetrachtung

In einigen Regeln der Technik, z.B. in den KTA-Regelwerken, werden teilweise bei Schraubverbindungen Sicherheiten zur Streckgrenze gefordert. Hier kann die Sicherheit nicht nur darin bestehen, daß die geforderte Sicherheit im Spannungsquerschnitt des Bolzens vorhanden ist, sondern es sollte selbstredend sein, daß dieselbe Sicherheit auch in den Gewindegängen, also bei einem Sack- oder Gewindedurchgangsloch, vorhanden ist.

Um dieser Sicherheitsforderung nachkommen zu können, ist in jedem Fall mit der Kraft an der Streckgrenze zu rechnen, wobei die Betriebskraft um den Sicherheitsfaktor kleiner sein muß. Damit ergibt sich die rechnerische Kraft zu

$$F_{pB} = R_{pB} \cdot A_s$$

Wie in [1], Abschnitt 3, dargestellt, wird mit den Streckgrenzen-Scherspannungen der Mutter und des Bolzens

$$\tau_{pB,M} = \beta_{B,M} \cdot R_{pB,M}$$

der Werkstoff-Faktor

$$\alpha_B = \tau_{pM} / (\tau_{pM} + \tau_{pB})$$

errechnet, mit dem dann mit der allgemeingültige Formel der Abstreifdurchmesser

$$d_\tau = d_2 + (0,5 - \alpha_B) \cdot P / \tan(\gamma/2)$$

ermittelt wird, wobei sich der Flankenwinkel γ aus verschiedenen Gewindearten ergibt.

Die bisher bekannten Scherspannungsfaktoren sind in [2] im Abschnitt 4.1 aufgelistet. Sollte ein Werkstoff verwendet werden, von dem der Scherspannungsfaktor β_M noch nicht bekannt ist, sollte konservativ $\beta_M = 0,5$, bei Knetaluminium $\beta_M = 0,4$ eingesetzt werden.

Die weiteren Berechnungsschritte richten sich danach, ob die erforderliche Einschraubtiefe ermittelt oder die Scherspannungen in einer vorhandenen Einschraubtiefe nachgewiesen werden sollen. Die Formeln für diese Nachweise sind im Abschnitt 3 in [1] gezeigt.

Tabelle 1. Anhaltswerte m/d für die erforderlichen Einschraubtiefen bei gleichen Sicherheiten zu den Streckgrenzen

Scherspan. Mutter N/mm ²	Gewindefinheit											
	$d/P > 8$				$8 \leq d/P \leq 12$				$d/P > 12$			
	5.6	8.8	10.9	12.9	5.6	8.8	10.9	12.9	5.6	8.8	10.9	12.9
100	0,95	1,61	1,96	2,14	1,05	1,78	2,38	2,71	1,08	1,87	2,49	2,84
150	0,77	1,21	1,55	1,74	0,84	1,34	1,73	1,95	0,87	1,39	1,80	2,04
200	0,68	1,01	1,26	1,41	0,74	1,11	1,40	1,57	0,76	1,15	1,46	1,63
250	0,63	0,89	1,09	1,21	0,67	0,97	1,20	1,34	0,69	1,01	1,25	1,39
300	0,59	0,81	0,98	1,07	0,63	0,88	1,07	1,19	0,65	0,91	1,11	1,23
350	0,56	0,75	0,90	0,98	0,60	0,81	0,98	1,08	0,62	0,84	1,02	1,12
400	0,55	0,71	0,83	0,91	0,58	0,77	0,91	0,99	0,59	0,79	0,94	1,03
450	0,53	0,68	0,79	0,85	0,56	0,73	0,86	0,93	0,57	0,75	0,89	0,96
500	----	0,65	0,75	0,81	----	0,70	0,81	0,88	----	0,72	0,84	0,91
550	----	0,63	0,72	0,77	----	0,67	0,78	0,84	----	0,69	0,80	0,87
600	----	0,61	0,69	0,74	----	0,65	0,75	0,80	----	0,67	0,77	0,83
650	----	----	0,67	0,72	----	----	0,72	0,77	----	----	0,74	0,80
700	----	----	0,65	0,69	----	----	0,70	0,75	----	----	0,72	0,77
750	----	----	----	0,68	----	----	----	0,73	----	----	----	0,75
800	----	----	----	0,66	----	----	----	0,71	----	----	----	0,73

Die Gewinde werden nicht immer in den üblichen Toleranzen 6H/6g hergestellt, sondern auch mit größeren Abmaßen. Hier ist zu beachten, daß die Einschraubtiefe um den Betrag vergrößert wird, der sich aus den Toleranzmaßen ergibt. Erfahrungsgemäß sind diese Maße nicht besonders groß, so daß bei einer Erhöhung der rechnerischen Einschraublänge um etwa 5 % solche Abmaße kompensiert werden.

Beim rechnerischen Nachweis sind die entsprechenden Toleranztabellen der Normen zu berücksichtigen. Sie werden beispielsweise im Abschnitt 3.4 aufgeführt.

3 Gewindeunterschiede

Nachstehend wird die vorn genannte allgemeingültige Formel des Abstreifdurchmessers für die verschiedenen Gewindearten konkretisiert. Die weiteren Formeln zur Berechnung der Einschraubtiefen und der Scherspannungen, wie in [1], Abschnitt 3, aufgeführt, ändern sich nicht.

3.1 Metrisches Gewinde

Für alle metrischen Gewinde mit einem Flankenwinkel von $\gamma = 60^\circ$ gelten die Ableitungen in [1], Abschnitt 3, unverändert. Damit beträgt der Abstreifdurchmesser $d_t = d_2 + (0,5 - \alpha_B) \cdot P / \tan 30^\circ$.

Zur Vereinfachung und überschlägigen Bestimmung der erforderlichen Einschraubtiefe kann die Tabelle 1 herangezogen werden. Hierfür ist die Scherspannung gemäß der Formel in Abschnitt 2 zu berechnen.

Bei der Schnittstelle der Spalte für die Festigkeitsklasse des Bolzens unter Berücksichtigung der Gewindefinheit und der Scherspannung der Mutter wird der Multiplikator für die erforderliche Einschraubtiefe entnommen. Die erforderliche Einschraubtiefe ergibt sich aus dem Tabellenwert, multipliziert mit dem Schraubendurchmesser d . Die so ermittelte Einschraubtiefe sollte um 5 % erhöht werden.

Beispiel:

Gesucht: Mindesteinschraubtiefe für das Gewinde M 64, Festigkeitsklasse 12.9, Mutter aus St 52-3
 Gewindedurchmesser $d = 64$ mm
 Steigung $P = 6$ mm
 Gewindefinheit $64/6 = 10,67$
 Streckgrenze der Mutter $R_{pM} = 335$ N/mm²
 Scherspannung der Mutter:
 $\tau_{pM} = 0,57735 \cdot 335 = 193,41$ N/mm²

In Tabelle 1 wird der Schnittpunkt der Spalten bei der Gewindefinheit 8 bis 12 und der Festigkeitsklasse 12.9 mit der Mutternscherspannung 200 N/mm² der Faktor 1,57 entnommen. Damit beträgt die Mindesteinschraubtiefe $m_{\min} = 1,57 \cdot d = 1,57 \cdot 64 = 100,5$ mm.

Mit der Erhöhung um 5 % beträgt somit $m = 1,05 \cdot m_{\min} = 1,05 \cdot 100,5 = 106$ mm.

3.2 Whitworth-Gewinde

Whitworth-Gewinde, wie das Regel-, das Fein- und auch das Rohrgewinde, haben einen Flankenwinkel von $\gamma = 55^\circ$, sofern sie nicht auf einen Flankenwinkel von $\gamma = 60^\circ$ umgestellt sind. Da die Höhe des Grunddreiecks hier $H = 0,960491 \cdot P$

beträgt, beträgt der zu betrachtende Zahlenwert $0,960491 \cdot \tan 27,5^\circ = 0,5$.

Unter Berücksichtigung des Flankendurchmessers d_2 lautet somit die Formel für den Abstreifdurchmesser $d_t = d_2 + (0,5 - \alpha_B) \cdot P / \tan 27,5^\circ$.

3.3 Stahlpanzerrohrgewinde

Das Panzergewinde hat einen Flankenwinkel von $\gamma = 80^\circ$ mit einer Höhe des Grunddreiecks von $H = 0,595875 \cdot P$.

Daraus ergibt sich der Zahlenwert zu

$$0,595875 \cdot \tan 40^\circ = 0,5.$$

Somit lautet die Formel hier unter Berücksichtigung des Flankendurchmessers

$$d_\tau = d_2 + (0,5 - \alpha_B) \cdot P / \tan 40^\circ.$$

3.4 Trapezgewinde

Trapezgewinde werden bekanntlich vorwiegend bei Spindeln eingesetzt. Wenn auch in der DIN 103, T. 3, Tabelle 3, Einschraubängenbereiche in den Gruppen N und L vorgeschlagen und in Tabelle 9 die entsprechenden Toleranzfelder genannt werden, werden die zulässigen Flächenpressungen, bei denen noch eine Gleitbewegung möglich ist, voraussichtlich überwiegend maßgebend sein. Trotzdem sollte bei der Materialpaarung darauf geachtet werden, daß der Abstreifdurchmesser innerhalb der tragenden Gewindeflanken liegt.

Mit dem Flankenwinkel von $\gamma = 30^\circ$ für das Trapezgewinde und einer Höhe des Grunddreiecks von $H = 1,866 \cdot P$

beträgt der Zahlenwert $1,866 \cdot \tan 15^\circ = 0,5$. Damit lautet die Formel für den Abstreifdurchmesser unter Berücksichtigung des Flankendurchmessers

$$d_\tau = d_2 + (0,5 - \alpha_B) \cdot P / \tan 15^\circ.$$

Aus der DIN 103, T. 1 (s. Bilder 2 und 3) geht hervor, daß die Gewindetiefe des Grundprofils $H_1 = 0,5P$ beträgt. Um sicher zu stellen, daß der Abstreifdurchmesser in diesem Bereich liegt, sollte die Bedingung

$$d > d_\tau > D_1$$

erfüllt sein. Diese Bedingung ist dann erfüllt, wenn der Werkstoff-Faktor

$$\alpha_B = 0,375 \text{ bis } 0,625$$

beziehungsweise, wenn das Verhältnis der Scherspannungen $\tau_{pM} / \tau_{pB} = 3/5$ bis $5/3$ beträgt.

Zusätzlich zu den Formelzeichen bei Bild 1 sind noch folgende Formelzeichen zu beachten:

- D_1 Kerndurchmesser des Muttergewindes
- P Steigung des eingängigen und Teilung des mehrgängigen Gewindes
- F_s Betriebskraft der Spindel
- A_K Kernquerschnitt der Spindel
- A_{pw} Fläche für Flächenpressung pro Windung
- $A_{p,erf}$ erforderliche Fläche für Pressung
- w_{erf} erforderliche Windungen bei Pressung
- m_w erforderliche Mutternhöhe aus Pressung

Zur Berechnung der Werkstoffpaarung wird von der Spindel ausgegangen. Mit den Daten für die Spindel wird als erstes die Kraft an der Streckgrenze

$$F_{pB} = F_s \cdot v$$

ermittelt, wobei F_s die Betriebskraft und v die geforderte Sicherheit ist.

Wenn die Daten der Spindel bekannt sind, so ergibt sich mit dem Kernquerschnitt

$$A_K = d_3^2 \cdot \pi / 4$$

die erforderliche Streckgrenze des Bolzenwerkstoffs zu

$$R_{pB} = F_{pB} / A_K,$$

so daß damit der Werkstoff für die Spindel bestimmt werden kann.

Ist jedoch der Werkstoff vorgegeben, so errechnet sich der Kernquerschnitt zu

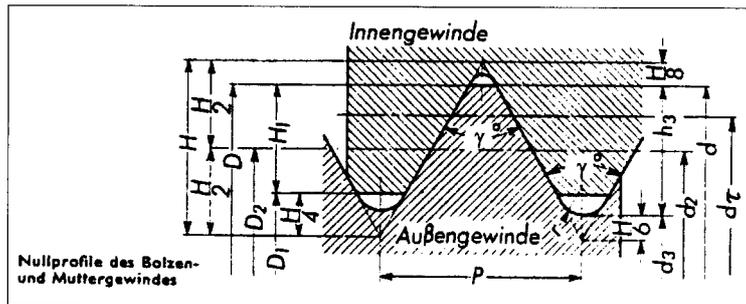


Bild 1. Theoretisches Grundprofil der Gewinde

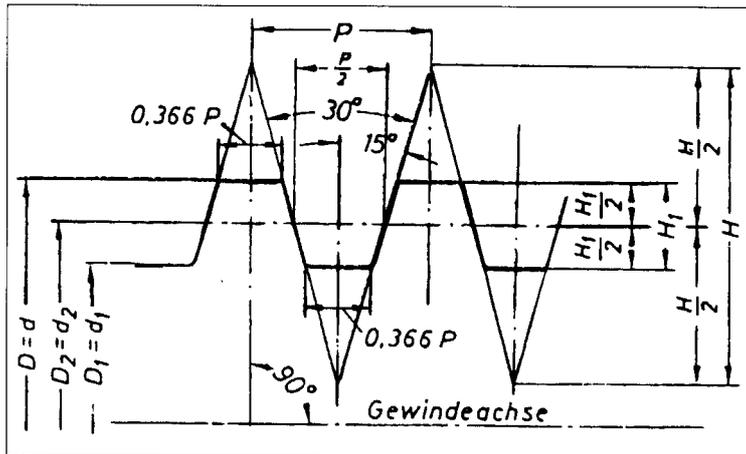


Bild 2. Grund-Profils des Trapezgewindes

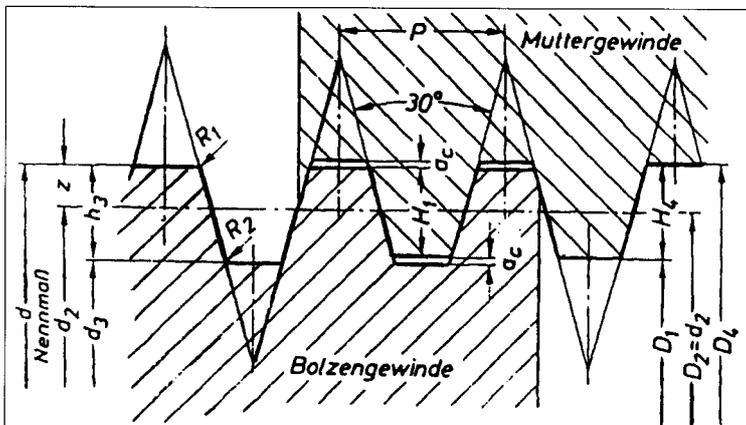


Bild 3. Profile für Bolzen und Muttergewinde

$$A_K = F_{pB} / R_{pB},$$

so daß damit die Spindelbestimmbar sind.

Zur Ermittlung des Mutterwerkstoffs ist das Verhältnis der Scherspannungen zu beachten. Damit ergibt sich die Streckgrenze des Mutterwerkstoffs zu

$$R_{pM} = R_{pB} \cdot \beta_B \cdot 3 / (5 \cdot \beta_M) \text{ bis } R_{pB} \cdot \beta_B \cdot 5 / (3 \cdot \beta_M).$$

Da bei einigen Bronze-Werkstoffen auch die zulässige Flächenpressung angegeben wird, läßt sich die Mindestzahl der Windungen aus der Betriebskraft berechnen. Die erforderliche Fläche beträgt

$$A_{p,erf} = F_s / p_{zul}.$$

Mit der Fläche pro Windung

$$A_{pw} = d_2 \cdot \pi \cdot P / 2$$

ergibt sich die notwendige Windungszahl zu

Tabelle 2. Werkstoff-Kennwerte der Versuchsbronzen

Werkstoff	Herstellungsart	Zugfestigkeit		Streckgrenze		Bruchdehnung	
		R_m [N/mm ²]		$R_{0,2}$ [N/mm ²]		A [%]	
PAN-Bronze	GC = Strangguß / Brinellhärte HB 10	min	ist	min	ist	min	ist
PAN - Bronze 12	GC / 126	280	385	150	---	7	14
PAN - Bronze 14	GC / 123	250	346	160	---	3	6
PAN - AlMBz 220	GC / 255	680	868	320	626	5	10
PAN - SoBz 16	GC / 127	250	271	180	221	2	1

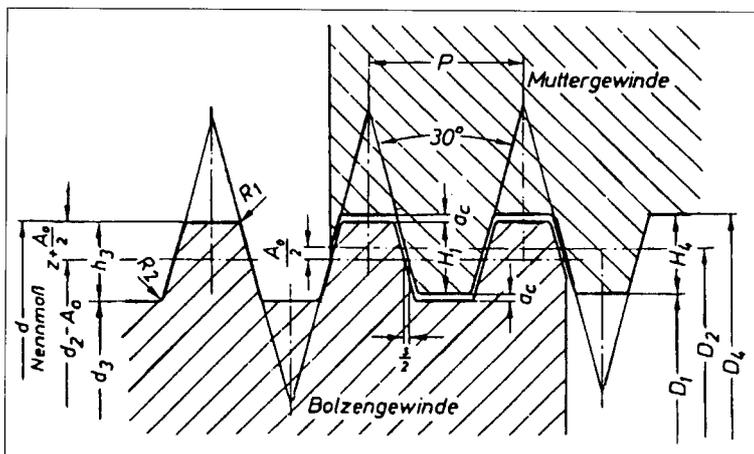


Bild 4. Profil mit Flankenspiel

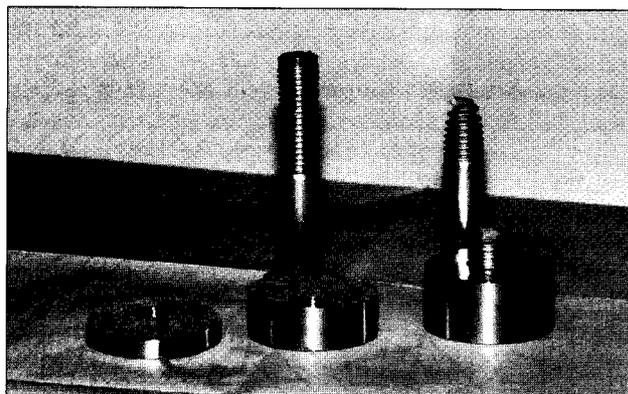


Bild 5. Kugelformig geplatzte Mutter PAN-16/5.6. Links: Versuch 21; rechts: Versuch 22

$$w_{erf} = A_{p,erf} / A_{pw}$$

Damit wird die erforderliche Mutternhöhe aus der Flächenpressung

$$m_w = w_{erf} \cdot P$$

errechnet.

Die Berechnung der erforderlichen Mutternhöhe unter Berücksichtigung der Sicherheiten erfolgt wie im Abschnitt 2 angeführt unter Anwendungen der Formeln in [1], Abschnitt 3.

Die jeweils größere Mutternhöhe ist dann für die Konstruktionsausführung maßgebend.

Wie aus Bild 4 ersichtlich, werden ebenfalls Trapezgewinde mit Flankenspiel hergestellt. Auch hier beträgt der Abstreifdurchmesser

$$d_\tau = d_2 + (0,5 - \alpha_B) \cdot P / \tan 15^\circ$$

Für die Ermittlung der notwendigen Einschraubtiefe sind die vorhandenen Flankenspiele zu berücksichtigen, wobei die Grenzmaße für die Muttergewinde der DIN 103, Bl. 5 und

6, und für das Bolzensgewinde den Blättern 7 und 8 zu entnehmen sind.

Die erforderliche Einschraublänge vergrößert sich um das Maß, das sich aus der Zahl der Steigungen und dem doppelten Toleranzmaß $s/2$ ergibt.

4 Versuchsergebnisse

Bei Trapezgewinden werden als Mutterwerkstoff üblicherweise Bronzelegierungen verwendet. Um für diese Werkstoffe die Scherspannungsfaktoren β_M zu ermitteln, wurden mit den in der Tabelle 2 aufgelisteten Werkstoffen Versuche gefahren, wobei jedoch keine Trapezgewinde, sondern Gewindebolzen mit dem Gewinde M20 verwendet wurden. Die zur Verfügung gestellten Stangen waren vorgedreht und entspannt. Die Kennwerte der drei ersten Probestücke wurden den vom Hersteller übergebenen Zeugnissen EN 10204-3.1B entnommen, wohingegen für den Werkstoff PAN-SoBz 16 aus einem Zusatzstück gleicher Charge die angeführten Werte vor den Versuchen ermittelt wurden.

Mit den tatsächlich vorhandenen Zugfestigkeiten der verwendeten Schraubenbolzen und Muttern wurde gemäß [2] die erste Einschraubtiefe ermittelt und mit den ersten Versuchsergebnissen die weiteren Berechnungen durchgeführt. Da bei der Kombination PAN-16/5.6 bei zu geringer tragender Gewindelänge (Einschraubtiefe) die Mutter kugelformig platzte (Bild 5, links), konnte hier nicht gemäß [2] gerechnet werden, sondern es mußten schrittweise die Werte ermittelt werden. So waren hier 5 Versuche notwendig, wovon nur 2 aufgelistet wurden.

Bei den in der Tabelle 3 niedergelegten Ergebnissen wurden die ersten Versuche zur Ermittlung des Wertes β_M nicht mit aufgeführt, sondern nur die, die den ermittelten β -Wert bestätigten.

Die bei den Versuchen festgestellten Bolzenlängen, vorwiegend beim Bolzenbruch, wurden diesmal nicht gemessen, mit Ausnahme des Versuchs 22. Hier längte sich der Bolzen um 16 mm.

5 Auswertung

An Hand der Versuche wurde festgestellt, daß jede der vier Bronzelegierungen einen eigenen Scherspannungsfaktor hat, wobei die PAN 220 bei der Kombination 4.6/PAN 220 einen Ausreißer zeigt. Nachstehend werden die ermittelten Scherspannungsfaktoren aufgelistet:

PAN-Bronze 12 - 0,64 - Dehnung 14 %,

PAN-Bronze 14 - 0,68 - Dehnung 6 %,

PAN-SoBz 16 - 0,85 - Dehnung 1 %,

PAN-AlMBz 220 - 0,32 und 0,45 - Dehnung 10 %.

Der Autor empfiehlt, bis zur Klärung der Differenz bei der

Tabelle 3. Versuchsergebnisse

Berechnete Werte					Gemessene Werte						
Ver- suchs Nr	Werk- stoff- paare	Bruch- kraft F_B [kN]	β_B β_M	\varnothing Ab- streif d_t [mm]	Ein- schraub- tiefe [mm]	Prüfkraft F_{pr} [kN]	\varnothing Ab- streif d_t [mm]	Ein- schraub- tiefe [mm]	Bruch im Gewinde/ Bolzen		
1	4.6	124,5	0,577	18,56	15,94	109,3	18,0	14	G		
2	Bz. 12		0,64			18,66	119,6	18,1	15	G	
3			0,577				124,5	---	16	B	
4	5.6	136,7	0,577	18,66	16,70	119,9	18,0	14	G		
5	Bz. 12		0,64			19,19	127,1	18,1	15	G	
6			0,577				133,2	18,0	16	G	
7	8.8	231,7	0,577	19,19	22,64	136,7	---	17	B		
8	Bz. 12		0,64			18,63	219,9	19,3	21	G	
9			0,577				223,3	19,3	22	G	
10	Bz. 12	0,64	0,68	18,63	16,44	231,7	---	23	B		
11	4,6	126,6	0,577	18,70	17,02	114,9	18,0	15	G		
12	Bz. 14		0,68			19,23	126,6	---	16	B	
13	5,6		0,577				23,36	127,2	18,3	15	G
14	Bz. 14	135,4	0,68	135,8	18,1	16		G			
15		8,8	0,577	19,23	135,4	---	17	B			
16	Bz 14	232,3	0,68	19,23	23,36	228,9	19,4	23	G		
17	4,6	123,5	0,577	18,63	16,41	232,3	---	24	B		
18	Bz 16		0,85			18,72	106,9	geplatzt	14	G	
19	5,6		0,577				17,24	123,5	---	16	B
20	Bz 16	135,8	0,85	135,4	18,4	16		G			
21				135,6	geplatzt	17	G				
22	Bz 16	0,85	0,85	18,72	17,24	135,8	---	19	B		
23	4,6	127,0	0,577	18,46	15,21	85,0	17,8	10	G		
24	Bz. 220		133,2			0,577	18,13	98,6	17,9	12	G
25								0,32	127,1	17,7	15
26	5,6	224,2	0,577	18,70	16,99	127,0	---	17	B		
27	Bz. 220		133,2			0,45	13,44	119,3	17,7	12	G
28								126,8	17,7	13	G
29	8,8	224,2	0,577	18,70	16,99	133,2	---	14	B		
30	Bz. 220	224,2	0,45	18,70	16,99	224,2	18,7	15	G		
31						224,2	---	17	B		

PAN-220, konservativ den kleinen Scherspannungsfaktor einzusetzen, obwohl die errechnete Einschraubtiefe (entspricht der tragenden Gewindelänge) damit größer als eventuell erforderlich wird.

Gleichzeitig wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die für die PAN-Bronze ermittelten Scherspannungsfaktoren nicht auf andere Buntmetalllegierungen wie Guß-Zinnbronzen und Rotguß übertragbar sind.

Wie sich zeigte, sind bei diesen Werkstoffen für jede Legierung gesonderte Versuche zur Ermittlung der Scherspannungsfaktoren β_M durchzuführen.

6 Endbetrachtung

Bei den Versuchen, wie sie in [1, 2] in den Tabellen gezeigt wurden, ergab sich – wie auch jetzt wieder –, daß Mutterwerkstoffe mit sehr geringer Dehnung, wie GG 25, Gußaluminium 281.1 G, 281.1 Th und jetzt PAN-SoBz 16, bei einer zu geringen tragenden Gewindelänge nicht zum Abstreifen, sondern bis zur Einschraubtiefe zum kugelförmigen Platzen neigen.

Beim Betrachten der Dehnungen der bisher bei den Versuchen eingesetzten Mutterwerkstoffe kann als vorläufiges

Ergebnis gelten, daß bei einer Dehnung von $A > 4\%$ ein Abstreifen erfolgen wird. Es wäre jedoch vorteilhaft, dieses mit weiteren Versuchen zu untermauern.

Literatur

[1] Dose, G.-F.; Pittner K.-J.: Neuartige Berechnung von Schrauben unter Berücksichtigung der Werkstoffkennwerte. Konstruktion 48 (1996), S. 183–188

[2] Dose, G.-F.: Ermittlung der Scherspannungsfaktoren für die neuartige Schraubenberechnung. Konstruktion 49 (1997), S. 28–33

Anwendungen aus der Sicht des Herausgebers Der Beitrag ist als Fortsetzung der bereits in der Konstruktion erschienenen Aufsätze zu sehen, bei denen der Autor aus Versuchsergebnissen und seinen Erfahrungen als Sachverständiger für Krane ein Berechnungsverfahren für Schraubenverbindungen aufbaut, das von der praxiseingeführten VDI 2230 abweicht und auch über Unschärfen bei eingeführten Definitionen verfügt. Trotzdem wurden die Beiträge zur Veröffentlichung angenommen, um die Diskussion unter den Fachleuten anzuknüpfen.