

Inhalt:

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Hinweise und Grundsätze zur Berechnung
- 3 Werkstofftechnische Besonderheiten (Schweißseignung)
 - 3.1 Werkstoffkennwerte
 - 3.2 Montagevorspannkraft und Anziehmoment
- 4 Grundregeln der Konstruktion
 - 4.1 Einsatzfall
 - 4.2 Beanspruchung
 - 4.3 Bolzenform
- 5 Branchenrelevante Fachnormen zur Berechnung
 - 5.1 Stahlbau und Metallbau
 - 5.2 Verbundbau
 - 5.3 Tragwerke und Brücken
 - 5.4 Maschinenbau
 - 5.5 Anlagenbau (Druckgeräte)
 - 5.6 Kranbau
 - 5.7 Schienenfahrzeugbau
 - 5.8 Kraftwerksbau und Isoliertechnik, Ofenbau
 - 5.9 Schiffbau

1 Anwendungsbereich

Das vorliegende Merkblatt gibt einen Überblick über die anzuwendenden Regelwerke zur Konstruktion und Berechnung von Tragwerken und Verbindungen, die mittels Lichtbogenbolzenschweißverfahren nach DIN EN ISO 14555 hergestellt werden. Das Merkblatt gilt für schweißgeeignete Stahl- und Aluminiumwerkstoffe und beinhaltet relevante Grundlagen; es verweist auf branchen- oder produktspezifischen Berechnungsalgorithmen.

2 Hinweise und Grundsätze zur Berechnung

Prinzipiell gilt: Eine fachgerecht ausgeführte Bolzenschweißverbindung kann statisch mehr Beanspruchung als der Bolzen selbst oder das Blech ertragen. Im Regelfall erfolgt der Bruch bei Überschreiten der Belastungsgrenze im Bolzen- oder im Blechgrundwerkstoff außerhalb der Schweißzone. Das Tragvermögen der Schweißung braucht daher rechnerisch nicht berücksichtigt werden.

Bei dynamischer Beanspruchung einer Bolzenschweißung wird das Festigkeits- und Ermüdungsvermögen erheblich durch die Kerbwirkung im Schweißbereich gegenüber der statischen Tragfähigkeit gemindert.

3 Werkstofftechnische Besonderheiten (Schweißseignung)

Die nur kurzzeitige Erwärmung und schnelle Abkühlung der verbundenen Schmelzbäder bewirkt Gefügeveränderungen in der Schweiß- und Wärmeeinflusszone. Damit verbunden sind in der Regel Eigenspannungen, die bei Beanspruchung zu einem örtlichen Fließen führen können. Dies setzt eine ausreichende Verformungsfähigkeit (Zähigkeit) der Schweißzone voraus.

3.1 Werkstoffkennwerte

Als Berechnungsgrundlage werden die mechanischen Eigenschaften der entsprechenden Bolzenwerkstoffe nach DIN EN ISO 13918 verwendet (Tabelle 1).

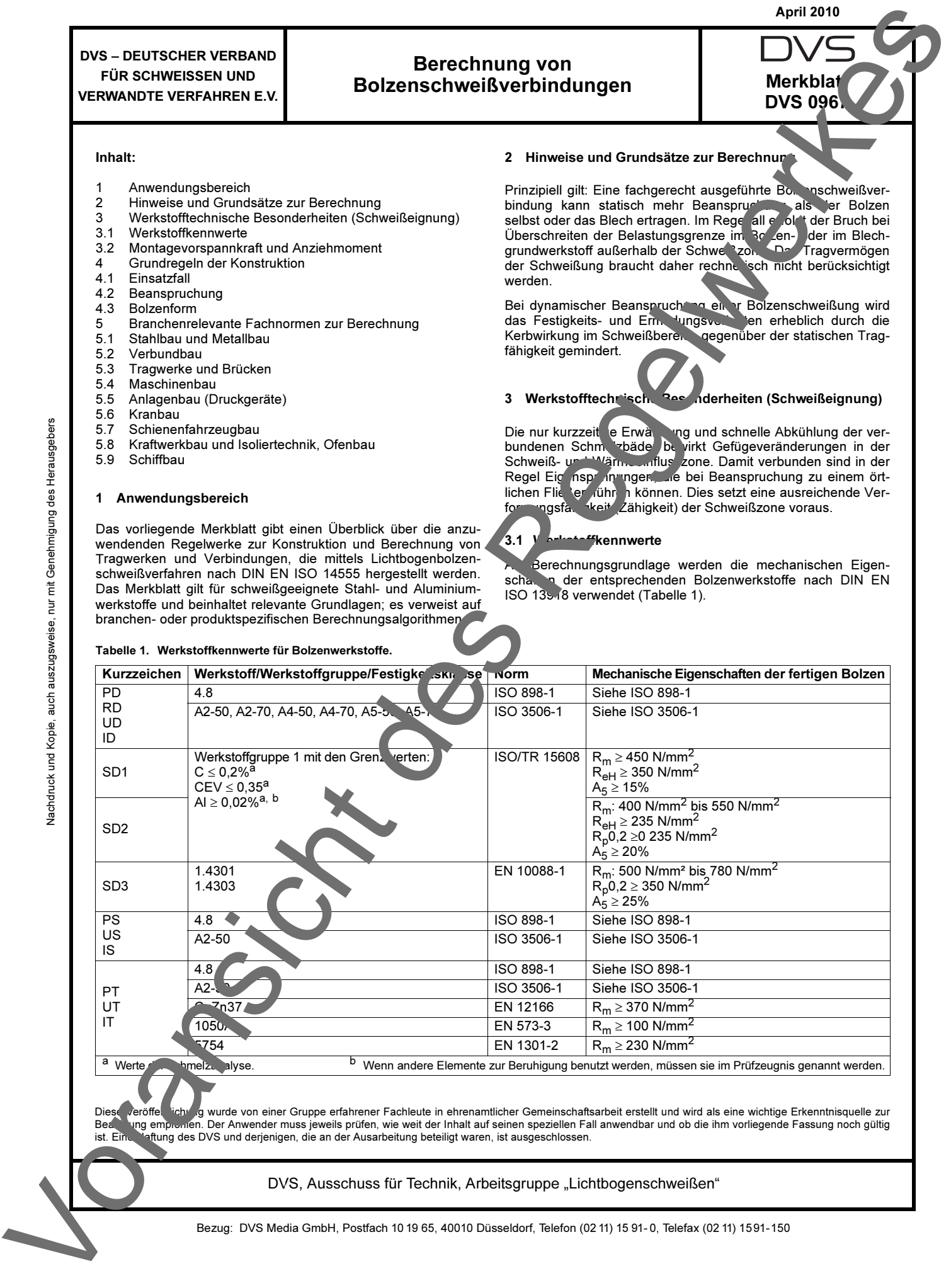
Tabelle 1. Werkstoffkennwerte für Bolzenwerkstoffe.

Kurzzeichen	Werkstoff/Werkstoffgruppe/Festigkeitsklasse	Norm	Mechanische Eigenschaften der fertigen Bolzen
PD RD UD ID	4.8 A2-50, A2-70, A4-50, A4-70, A5-50, A5-70	ISO 898-1 ISO 3506-1	Siehe ISO 898-1 Siehe ISO 3506-1
SD1	Werkstoffgruppe 1 mit den Grenzwerten: C ≤ 0,2% ^a CEV ≤ 0,35 ^a Al ≥ 0,02% ^{a, b}	ISO/TR 15608	R _m ≥ 450 N/mm ² R _{eH} ≥ 350 N/mm ² A ₅ ≥ 15%
SD2			R _m : 400 N/mm ² bis 550 N/mm ² R _{eH} ≥ 235 N/mm ² R _{p0,2} ≥ 235 N/mm ² A ₅ ≥ 20%
SD3	1.4301 1.4303	EN 10088-1	R _m : 500 N/mm ² bis 780 N/mm ² R _{p0,2} ≥ 350 N/mm ² A ₅ ≥ 25%
PS US IS	4.8 A2-50	ISO 898-1 ISO 3506-1	Siehe ISO 898-1 Siehe ISO 3506-1
PT UT IT	4.8 A2-50 C70Zn37 1050 6754	ISO 898-1 ISO 3506-1 EN 12166 EN 573-3 EN 1301-2	Siehe ISO 898-1 Siehe ISO 3506-1 R _m ≥ 370 N/mm ² R _m ≥ 100 N/mm ² R _m ≥ 230 N/mm ²

^a Werte nach Schmelzanalyse. ^b Wenn andere Elemente zur Beruhigung benutzt werden, müssen sie im Prüfzeugnis genannt werden.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Berechnung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers



Bolzen müssen aus schweißgeeigneten Werkstoffen bestehen. Unlegierte Stahlbolzen sind schweißgeeignet, wenn die Aufhärtung gering ist. Dies trifft in der Regel bei einem Kohlenstoffgehalt $C \leq 0,20\%$ zu. Es muss beruhigter Stahl verwendet werden. Austenitische nichtrostende Stähle sind allgemein schweißgeeignet. Automatenstähle sind im Allgemeinen nicht schweißgeeignet.

3.2 Montagevorspannkraft und Anziehmoment

Berechnet man die Montagevorspannkraft (Zugkraft) und das Anziehmoment einer Schraube nach VDI-Richtlinie 2230 für 90% der Mindeststreckgrenze unter Annahme eines Reibbeiwertes von $\mu = 0,18$, so erhält man die Werte der Tabelle 2. Liegen die Streckgrenzen der Werkstoffe über den Mindestwerten, erhöhen sich die zulässigen Momente und Kräfte proportional.

Aus dem Drehmoment bei Beginn der Verformung des Bolzens kann man, unter Berücksichtigung eines entsprechenden Sicherheitsbeiwertes, das zulässige maximale Anzugsmoment der Mutter ermitteln. Aus dem Anzugsmoment lässt sich unter Berücksichtigung der Reibbeiwerte, des mittleren Auflagedurchmessers und der Gewindesteigung auch die Zugkraft am Bolzen errechnen. Anhaltspunkt für die Mindestzugkraft und das Mindestdrehmoment einer Schweißverbindung ohne bleibende Verformung der Fügeteile gibt Tabelle 2. Voraussetzung ist, dass das Fügeteil eine ausreichende Wanddicke hat. Die Werte gelten für kaltgewalzte Gewindebolzen mit Regelgewinde ohne Oberflächenschutz und ohne Gewindegewinde (Reibwert $\mu = 0,18$). Für AlMg3 liegen keine gesicherten Reibbeiwerte vor. Die Tabelle 2 liefert daher nur Anhaltspunkte unter der Annahme $\mu = 0,18$.

Über die gesamte Bolzenlänge muss mindestens der Spannungsquerschnitt vorhanden sein. Die Werte gelten für die angegebenen Dehngrenzen.

Das Ausgangsmaterial für Gewindebolzen A2-50 kann wegen der Kaltverformung mit seinen Festigkeitswerten nahe bei A2-70 liegen. Vorversuche werden hierbei empfohlen. Ist das Bolzenschweißen an Gewindebolzen der Festigkeitsklasse A2-70 vorgesehen, so sind diese nach DIBt Z-30.3-6 grundsätzlich in die Festigkeitsklasse 50 einzustufen.

4 Grundregeln der Konstruktion

4.1 Einsatzfall

Bei der Anwendung von Bolzenschweißverbindungen muss je nach Einsatzfall unterschieden werden. Dies reicht von einfachen Haltefunktionen bis zu ermüdungsbeanspruchten Bolzenschweißverbindungen mit hoher Beanspruchung. Die in Abschnitt 5 empfohlenen Regelwerke sind entsprechend zu beachten.

Unterschieden werden die Beanspruchungen Druck, Zug, Schrägzug, Schub, Biegung, Torsion mit zentrischer oder exzentrischer Lasteinleitung

- Festigkeitsnachweis über Schnittkräfte und Momente
- Resultierende Spannungen: Normalspannung, Tangentialspannung
- Bei der Bemessung den kleinsten Querschnitt (Bolzen oder Blech) heranziehen

4.2 Beanspruchung

Bei der Bestimmung der Beanspruchbarkeit ist zwischen statischer und dynamischer Beanspruchung zu unterscheiden. Zur Berechnung des auftretenden Lastfalls sind neben der Beachtung der Beanspruchung in Blechdickenrichtung auch die jeweilig herrschenden Temperaturverhältnisse, d.h. die Einsatztemperatur zu beachten.

Die Bemessung der Bolzen hat so zu erfolgen, dass die Tragsicherheit, die Gebrauchstauglichkeit und die Lagesicherheit des gesamten Bauteiles gewährleistet sind.

Statische Beanspruchung

Für die Berechnung der Beanspruchungswerte an Kopf- und Gewindebolzen gelten die in Abschnitt 5 für die jeweiligen Einsatzfälle genannten Regelwerke. Hierin werden für die Festigkeit eines Bauteils „charakteristische Werte“ eingesetzt, die statistisch abgesichert sind. Für Bolzen nach DIN EN ISO 13918 sind dies die Streckgrenze ($f_{y,b,k}$) und die Zugfestigkeit ($f_{u,b,k}$).

Ausgehend von der erforderlichen Beanspruchung gelten Grenzspannungen σ bzw. τ beispielsweise für Kopf- und Gewindebolzen nach folgenden Gleichungen sowohl für die Schweißnaht als auch für den Bolzen:

$$\sigma_{b,r,d} = \frac{f_{y,b,k}}{\gamma_M}$$

$$\tau_{b,r,d} = 0,7 \frac{f_{y,b,k}}{\gamma_M}$$

$f_{y,b,k}$ Streckgrenze des Bolzenwerkstoffs, charakteristischer Wert für Werkstoffe von Kopf- und Gewindebolzen

γ_M Teilsicherheitsbeiwert für den Werkstoff (z. B. für unlegierten Baustahl $\gamma_M = 1,1$)

$\sigma_{b,r,d}$ Grenzwert der Zugspannung

$\tau_{b,r,d}$ Grenzwert der Schubspannung

Tabelle 2. Montagevorspannkraft und Anziehmoment (Merkblatt DVS 0904, Tabelle 5).

Gewindebolzen	S235 (4.8) $\mu = 0,18$ $R_{eH} \geq 340 \text{ N/mm}^2$		1.4301 / 1.4303 A2-50 / (A2-70)* $\mu = 0,18$ $R_{p0,2} \geq 210 (450) \text{ N/mm}^2$		EN-AW AlMg3 (F 23) $\mu = 0,18$ $R_{p0,2} \geq 170 \text{ N/mm}^2$	
	Montagevorspannkraft (kN)	Anziehmoment (Nm)	Montagevorspannkraft (kN)	Anziehmoment (Nm)	Montagevorspannkraft (kN)	Anziehmoment (Nm)
M 3	1,1	0,8	0,7 (1,4)	0,5 (1,0)	0,5	0,4
M 4	1,8	1,1	1,1 (2,4)	1,1 (2,4)	1,0	0,9
M 5	3,0	3,6	1,9 (4,0)	2,3 (4,8)	1,6	1,9
M 6	4,3	6,1	2,7 (5,7)	3,8 (8,1)	2,2	3,1
M 8	8,0	15	4,9 (10,4)	9,5 (20)	4,0	7,5
M 10	13	30	7,8 (17)	19 (39)		
M 12	19	53	12 (24)	33 (69)		
M 16	35	135	22 (46)	82 (176)		
M 20	55	260	34 (72)	160 (343)		
M24	90	450	49 (104)	104 (593)		
			* Werte in Klammern gelten für den Werkstoff A2-70 mit 450 N/mm^2			