

Auslegung und Berechnung von Verbindungen mit Schließringbolzen

unter dem Aspekt fehlender Produktnormen



ARCONIC

Dr.-Ing. Christoph Hans-Albert Städler
Customer Engineering Director Europe
Arconic Fastening Systems
hans-albert.staedler@arconic.com
mobile: +49 (0)1602246262



Gliederung

1. Motivation
2. Geregelte und nicht geregelte Bauprodukte
3. Schließringbolzen, Funktionsweise, Anwendungen
4. Produktinformationen über Schließringbolzen (SRB) und Schließringe (SR)
5. DVS-EFB Merkblatt 3435-2
6. Bemessung von Schließringbolzenverbindungen
7. Zusammenfassung und Ausblick

1. Motivation

Fertigungsverfahren im Stahlbau

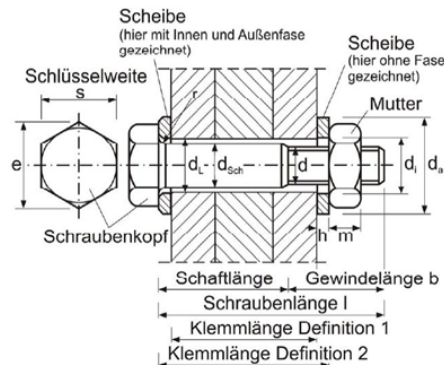
Stahlbau besteht aus der Herstellung von Tragwerken durch Konstruktionselemente und mit Hilfe geeigneter Verbindungstechniken.

Normen entsprechen den Regeln der Technik zur Sicherheit bei der Errichtung und späterhin den errichteten Tragwerken.

Verbreitete Fertigungsverfahren sind das **Verschrauben von Bauteilen**, aber auch Schweißen, Kleben und Nieten oder Kombinationen davon

Diesem Anspruch tragen ISO, EN und DIN Normen Rechnung. Beispiele sind Normen unter dem Begriff Eurocode zB. EN 1993-() aber auch nationale Normen zB. die DAST Richtlinie.

Normen unterteilen sich Produkt-, Ausführungs- und Berechnungsnormen



- **Produktnorm** (typische Inhalte)

- Gültigkeit
- Maße und Toleranzen sind beschrieben
- Werkstoffliche Verweise
- Lieferbarkeit
- Teilekennzeichnung

2. Geregelte und nicht geregelte Bauprodukte

BauPG als Umsetzung der EU Verordnung 305/11 (Harmonisierung der Vermarktung von Bauprodukten)

Geregelte Bauprodukte

Bauprodukte, die bauaufsichtlich eingeführten technischen Regeln (zB.DIN, EU Normen) entsprechen, die zur Erfüllung der Anforderungen der LBA von Bedeutung sind und die Produkte hinreichend bestimmen.

zB. Schraubengarnituren

- DIN EN 15048
- DIN EN 14399

Produktnormen der Schraubengarnituren sind harmonisch in Ausführungsnormen für Stahl- oder Aluminiumtragwerke nach DIN EN 1090-2 geregelt.

Nichtgeregelte Bauprodukte

Bauprodukte, die den Anforderungen an geregelte Bauprodukte nicht genügen aber bezüglich der Anforderungen als Bauprodukt nach allgemein anerkannten Prüfverfahren beurteilt werden können.

Dazu zählen:

Zustimmungen im Einzelfall

Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassungen (abZ)

Europäische technische Bewertung (ETA)

....

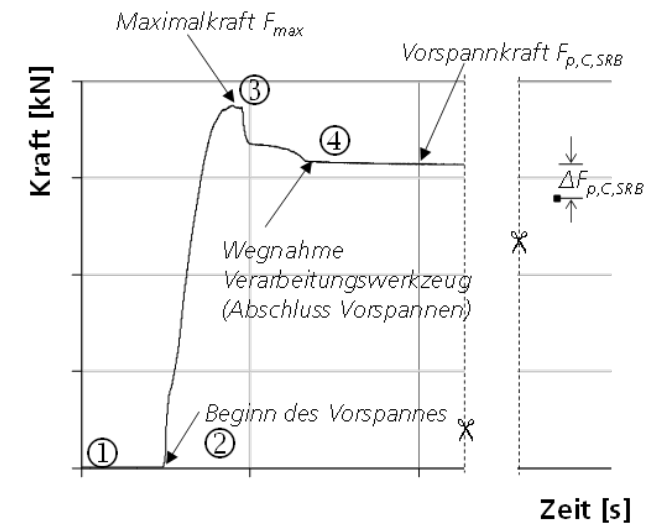
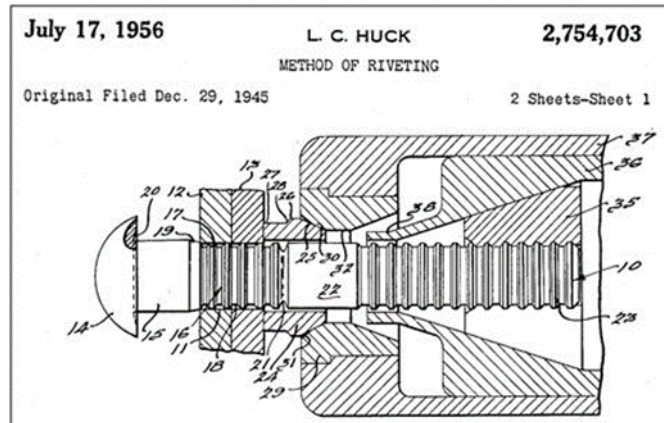
3. Schließringbolzen

Geschichte, Arten, Funktion

Mit Schrauben lassen sich ausgezeichnete Verbindungen erzeugen, allerdings ist diese Fügetechnologie auch mit einigen Nachteilen verbunden.

Diese Nachteile motivierten Ingenieure und Techniker nach Alternativen suchen.

Eine dieser Alternativen ist das **Fügen mit Schließringbolzen (SRB)**

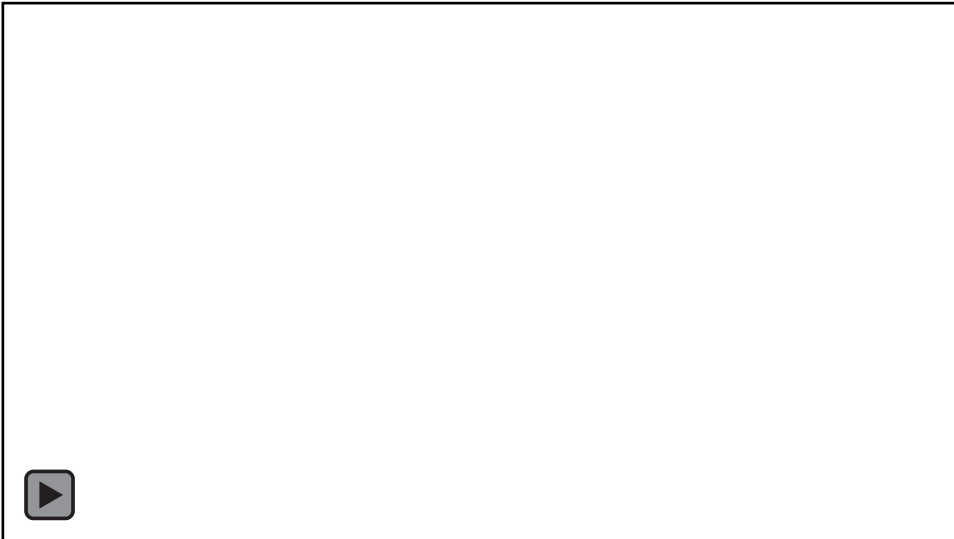


3.Schließringbolzen

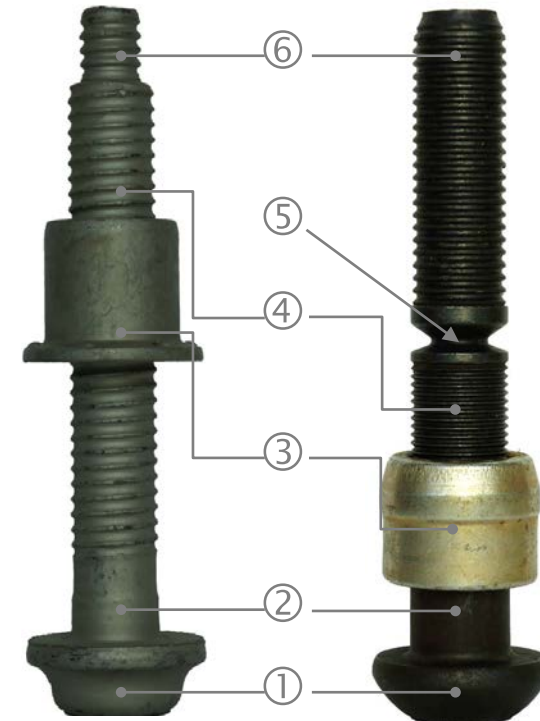
Funktionsweise

Idee:

- dauerhafte Vorspannkraft
- keine spezielle Konditionierung erforderlich (Schmierung)
- geringe Streuungen in der Montagevorspannkraft
- besondere Eignung gegenüber selbsttätigem Losdrehen



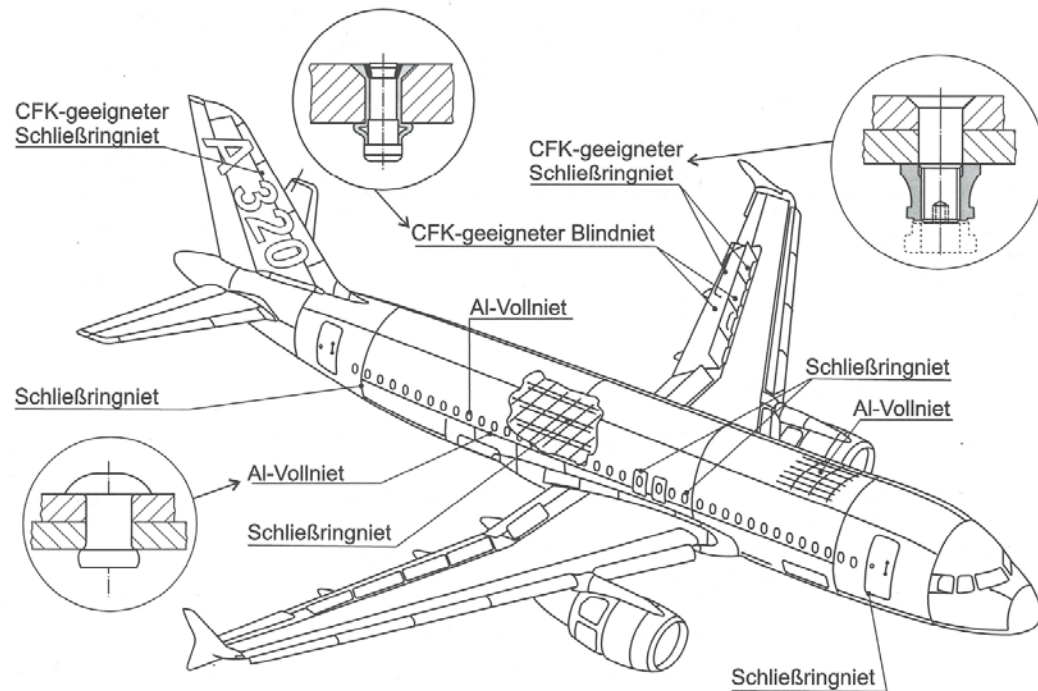
- ① Kopf
- ② Glatter Schaft
- ③ Schließring
- ④ Schließrillen
- ⑤ Sollbruchstelle
- ⑥ Zugteil



3. Schließringbolzen

Anwendungen- Luft- und Raumfahrt

Airbus Industries A 320



NASA Design Manual RP 1228 Lockbolts

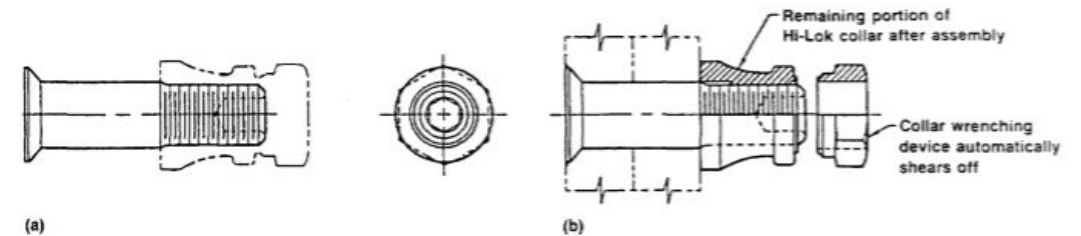


Figure 49.—Hi-Lok installation.

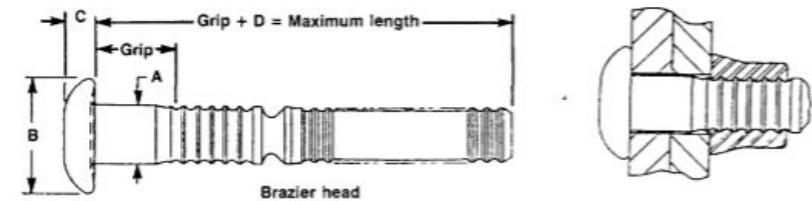


Figure 50.—Installed Huckbolt fastener.

3. Schließbringbolzen

Anwendungen- Fahrzeugindustrie

Schienenfahrzeuge, Schiene



LKW, Busse



3. Schließbringbolzen

Anwendungen- Bauwesen

Wind- und Solar Energie



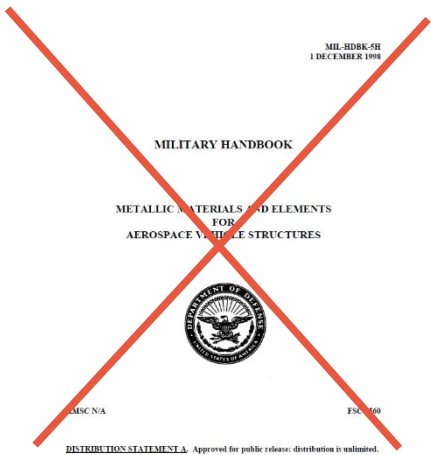
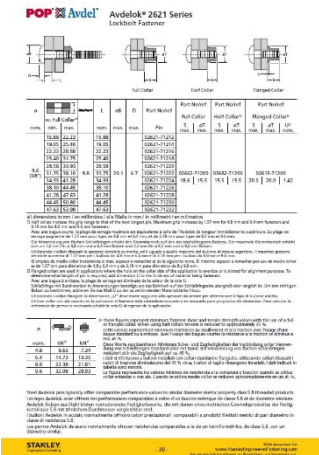
Tragwerke, Brücken



4. Produktinformationen SRB

Datenblätter, Leistungsblätter, bauaufsichtliche Zulassungen, Merkblätter

- Datenblätter
- Leistungsblätter
- Prüfberichte
- Merkblatt DVS-EFB 3435-2
- 3.1 Zeugnisse
- ISO 898-1
- Herstellernorm
- Hersteller oder Anwendernorm
- Bauaufsichtliche Zulassungen, technische Bewertungen
- Berechnung von Verbindungen nach Eurocode und VDI2230
- Entsprechend EN 10204
- Werkstoffe, Kopfkennzeichnungen,.....



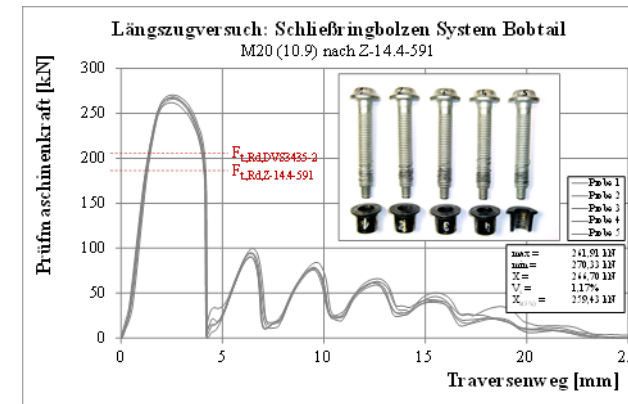
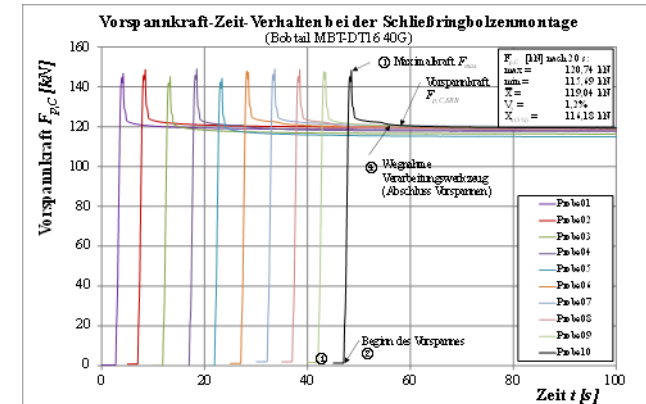
4. Produktinformationen SRB

Experimenteller Befund (zum Erwerb von abZ)

Beispiele:

Prüfumfang zum Erwerb einer abZ

- Funktionsprüfung
- Dimensionierung
- Werkstoffeigenschaften
- Vorspannkraft
- Statisch Querkzug
- Statisch Längszug
- Schwingfestigkeit auf Quer- und Längszug
- Sicherungswirkung nach DIN 65151
- Exzentrische Beanspruchbarkeit



5. DVS-EFB Merkblatt 3435-2

Bemessung nach DVS-EFB 3435-2

Das DV-EFB Merkblatt 3435-2 setzt die Arbeit des Merkblattes DVS-EFB 3435-1 fort.

Berechnung von SRB Verbindungen unter statischer und schwingender Beanspruchung

Einschränkungen:

- Einzelblechdicken $\geq 3\text{mm}$
- Verbindung mit einem SRB mit planparallelen und wendelförmigen Schließrillen
- Scher- und zugbeanspruchte Verbindungen der Fk 5.8, 8.8, 10.9 nach ISO 898-1
- Schließringbolzen und Schließringe auch aus austenitischem Stahl und Aluminium
- Tabellenwerte 5 bis 36 mm bzw. 3/16" bis 13/8"

Das Merkblatt ist gegliedert in

- Grundsätze für die Konstruktion mit Schließringbolzen
- Bemessung von Verbindungen im Stahlbau nach Eurocode 3 mit Berechnungsbeispielen

Betrachtete Verbindungskategorien entsprechen den des Eurocode DIN EN 1993-1-8

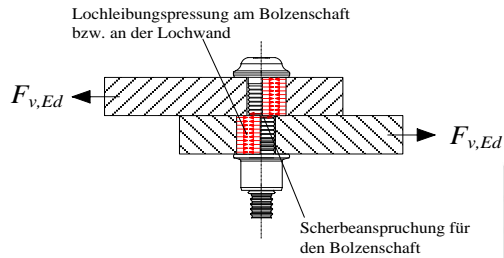
Auf die Möglichkeit der Anwendung bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweise wird hingewiesen

- Regeln zur Bemessung im Maschinenbau mit Berechnungsbeispielen

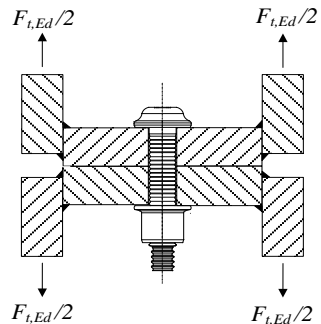
6. Bemessung von Schließringbolzenverbindungen

Bemessung nach Eurocode DIN EN 1993-1-8

Scher-/ Lochleibungsverbindung (Kat. A)

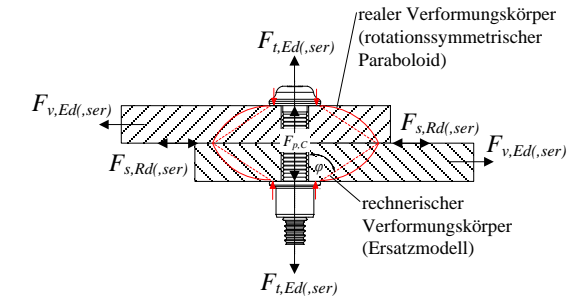


Zugverbindung (Kat.D)

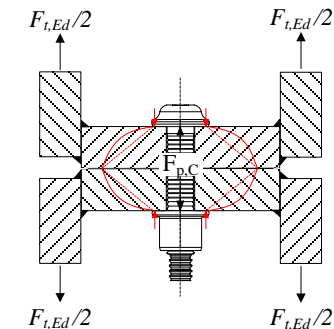


Kategorie	Nachweiskriterium	Anmerkungen
Scherverbindungen		
A Scher-/Lochleibungsverbindung	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Keine Vorspannung erforderlich. Schließringbolzen der Festigkeitsklassen 5.8 bis 10.9 dürfen verwendet werden.
B Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Es sind hochfeste Schließringbolzen der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 zu verwenden.
C Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\Sigma F_{v,Ed} \leq N_{tot,Rd}$	Es sind hochfeste Schließringbolzen der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 zu verwenden.
Zugverbindungen		
D Nicht vorgespannt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Keine Vorspannung erforderlich. Schließringbolzen der Festigkeitsklassen 5.8 bis 10.9 dürfen verwendet werden.
E Vorgespannt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Es sind hochfeste Schließringbolzen der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 zu verwenden.

Gleitfeste Verbindung (Kat. B, C) mit $F_{t,Ed} > 0$



Vorgespannte Zugverbindung (Kat. E)



5. Bemessung von Schließringbolzenverbindungen

Bemessung nach Eurocode DIN EN 1993-1-8:2010-12 und DVS-EFB 3435-2

Beispiel: Tragwiderstände Abscheren, Lochleibung, Gleiten

Versagenskriterium	Verbindungen mit Schließringbolzen
Abscheren je Scherfuge	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <p>wenn die Rillen des SRB in der Scherfuge liegen, ist der Spannungsquerschnitt A_s zu verwenden</p> <ul style="list-style-type: none">- wenn der Schaft des SRB in der Scherfuge liegt, ist der Schaftquerschnitt A zu verwenden- der Beiwert für Abscheren von SRB der Festigkeitsklassen 5.8, 8.8 und 10.9 beträgt $\alpha_v = 0,55$- alternativ ist die charakteristische Abschertragfähigkeit $F_{v,Rk}$ einem bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis zu entnehmen
Lochleibung	nach DIN EN 1993-1-8
Gleiten	<p>nach DIN EN 1993-1-8, jedoch:</p> $F_{s,Rd(,ser)} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M3(,ser)}} F_{p,C,SRB}$ <p>(mit $k_s = 1,0$ (normales Loch))</p>

6. Bemessung von Schließringbolzenverbindungen

Bemessung nach Eurocode DIN EN 1993-1-8:2010-12 und DVS-EFB 3435-2

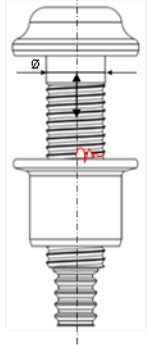
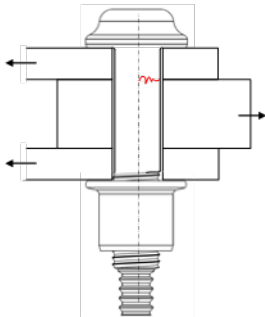
Beispiel: Tragwiderstände auf Zug und bei kombinierter Beanspruchung

Zug	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{yb} A}{1,10 \gamma_{M,SRB}} \text{ mit } \gamma_{M,SRB} = 1,10$ <p>bei wendelförmigen Rillen ist der Spannungsquerschnitt mit $A = A_s$ des SRB zu verwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei planparallelen Rillen ist der Kernquerschnitt mit $A = A_{d3}$ des SRB zu verwenden - der Beiwert bei Zugbeanspruchung für SRB der FK 5.8, 8.8 und 10.9 beträgt $k_2 = 1,0$ - alternativ ist die charakteristische Zugtragfähigkeit $F_{t,Rk}$ einem bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis zu entnehmen
Kombinierte Beanspruchung	<p>Kategorie A + Kategorie D:</p> $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$ <p>Kategorie B bzw. Kategorie C + Kategorie E:</p> $F_{v,Ed(,ser)} \leq F_{s,Rd(,ser)} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu (F_{p,C,SRB} - 0,8 \cdot F_{t,Ed(,ser)})}{\gamma_{M3(,ser)}}$

6. Bemessung von Schließringbolzenverbindungen

Bemessung nach Eurocode DIN EN 1993-1-9 und DVS-EFB 3435-2

Beispiel: Ermüdungsfestigkeit auf Längszug und Querkzug

Kerbfall	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderungen
63		<p>Vorspannbare Schließringbolzen der Festigkeitsklasse 10.9 und dazugehörige Schließringe nach Z-14.4-591 für die Nenndurchmesser M12, M14, M16, M20 und 25,4 mm.</p> <p>Für die Nenndurchmesser M12, M14, M16 und M20 darf der Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_c$ um 6 % erhöht werden.</p>	<p>$\Delta\sigma$ ist am Spannungsquerschnitt des Schließringbolzens nach Tabelle 4 der Anlage 4 der Z-14.4-591 zu ermitteln.</p> <p>Biegung und Zug infolge von Abstützkraften sowie weitere Biegebeanspruchungen (z. B. sekundäre Biegespannungen) sind zu berücksichtigen.</p> <p>Die reduzierte Spannungsschwingbreite darf hierbei berücksichtigt werden.</p>
100 (m = 5)		<p>SRB-Systeme bestehend aus SRB (FK 5.8, 8.8 und 10.9) und dazugehörigen Schließringen in ein- oder zweischnittigen SL-Verbindungen (Schließrillen nicht in der Scherfläche):</p> <ul style="list-style-type: none">- Passschließringbolzen- SRB ohne Lastumkehr	<p>$\Delta\tau$ ist am Schaftquerschnitt des SRB zu ermitteln.</p>

7. Zusammenfassung und Ausblick

Für Schließringbolzensysteme gibt es keine aktuellen Produktnormen

Sie können jedoch wie Verbindungselemente, für die Produktnormen existieren, bemessen werden.

Fehlende nationale oder internationale Produktnormen sind für die Bemessung von Verbindungen mit Schließringbolzen kein Nachteil.

Das Merkblatt DVS-EFB 3435-2 beinhaltet die Methodik der Auslegung und Berechnung von Verbindungen mit Schließringbolzen

Die Methodik der Bemessung unterteilt sich je nach Anwendungsfall in

- Regeln zur Bemessung im Stahlbau (nach Eurocode 3)

- Regeln zur Bemessung im Maschinenbau (nach VDI 2230)

Erweiterungen des Merkblattes sind im Arbeit bzw. der Planung

Das Merkblatt wird inzwischen auch in den USA und Indien angewendet

Vielen Dank fürs Zuhören