

Allgemeines

Geschraubte Verbindungen, wie in **Bild 1** schematisch dargestellt, stellen eine klassische Verbindungstechnik im Stahlbau dar. Der Entwurf, die Berechnung und die Bemessung geschraubter Verbindungen erfolgt für vorwiegend ruhende Belastungen entsprechend DIN EN 1993-1-8.

Nicht vorwiegend ruhende Belastungen, wie sie in Brücken, Türmen, Masten, Schornsteinen und Kranbahnen vorkommen, werden bei Entwurf, Berechnung und Bemessung durch die entsprechenden Anwendungsnormen gesondert geregelt.

Die Ausführung und Kontrolle geschraubter Verbindung erfolgt in Übereinstimmung mit den Regeln nach DIN EN 1090-2, siehe **Tabelle 1**.

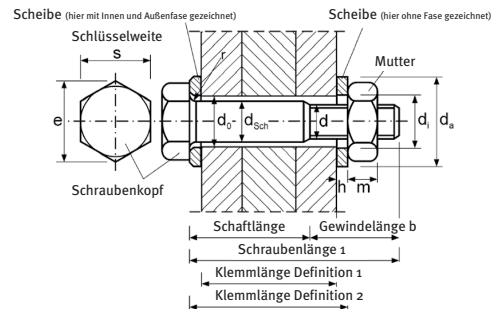


Bild 1 Schematische Darstellung einer Garnitur aus Sechskantschraube, Sechskantmutter und zwei Scheiben aus [1]

Normen für geschraubte Verbindungen im Stahlbau

Entwurf, Berechnung, Bemessung		Ausführung, Kontrolle	Produkte Garnituren für den Metallbau	
vorwiegend ruhende Belastung	nicht vorwiegend ruhende Belastung ¹⁾		nicht planmäßig vorgespannt	planmäßig vorspannbar
DIN EN 1993-1-8 DIN EN 1993-1-8/NA	DIN EN 1993-1-9 DIN EN 1993-1-9/NA	DIN EN 1090-2	DIN EN 15048-1	DIN EN 14399-1

¹⁾ Die Verwendung geschraubter Verbindungen unter nicht vorwiegend ruhender Belastung muss unter Berücksichtigung der einschlägigen Anwendungsnormen z.B. für Stahlbrücken, Türme, Maste, Schornsteine und Kranbahnen erfolgen.

Tabelle 1 Schematische Darstellung einer Garnitur aus Sechskantschraube

Garnituren für geschraubte Verbindungen bestehen aus einer Schraube, einer Mutter und einer bzw. zwei Scheiben. Diese Komponenten einer Garnitur sind genormte Produkte nach Tabelle 2, die in der Verantwortung eines Herstellers zu Garnituren zusammengestellt werden. Schraubengarnituren, die im Stahlbau eingesetzt werden sollen, müssen die Anforderungen einer der beiden Schirm-Produktnormen DIN EN 15048-1 oder DIN EN 14399-1 erfüllen. Ausführliche Erläuterungen hierzu sind in [1] enthalten. DIN EN 15048-1 regelt die Anforderungen an Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen, die in den Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 als deutsche Stahlbaugarnituren sowie als Standard-Metallbaugarnituren der Festigkeitsklasse 8.8

auf dem deutschen Markt verfügbar sind, siehe **Tabelle 2**. Garnituren für hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen entsprechend DIN EN 14399-1 werden als HV-Garnituren nach DIN EN 14399-4 in der Festigkeitsklasse 10.9 seit langem in Deutschland erfolgreich eingesetzt und sind daher aus Lagerbeständen verfügbar. Garnituren nach DIN EN 14399-1 dürfen auch für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen eingesetzt werden. Die CE-Kennzeichnung dieser Produkte entsprechend den Schirm-Produktnormen erlaubt die Verwendung dieser Garnituren im Stahlbau. Die Schraube und die Mutter einer Garnitur sind anhand ihrer spezifischen Kennzeichnungen vor und nach dem Einbau identifizierbar, siehe **Tabelle 2** und **Bild 2**.

Garnitur	Schrauben			Muttern			Scheiben				Anmerkung 1: Als DIN-Normen übernommene EN- und EN ISO-Normen werden ohne den Zusatz „DIN“ angegeben. Anmerkung 2: Scheiben (vierkant und keilförmig) zur Verwendung mit I- und U-Trägern sind in den Produktnormen DIN 434, DIN 435, DIN 6917 und DIN 6918 genormt.
	Schirm-Produkt-norm	Produktnorm	FK ¹⁾	Kennzeichnung ⁴⁾	Produktnorm	FK ²⁾³⁾	Kennzeichnung	Produktnorm	HK ⁵⁾	Kennzeichnung	
Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Metallbau											
DIN EN 15048-1	DIN 7990 ¹²⁾	4.6	SB	7990 SB	EN ISO 4034	5	SB	DIN 7989-1	100	ohne	A D A-D
	DIN 7969			4 ⁶⁾	DIN 7989-2						
	EN ISO 4016 EN ISO 4018				EN ISO 7091						
	DIN 7990 ¹²⁾	5.6	7968 SB	7990 SB	EN ISO 4034	5	DIN 7989-1				
	DIN 7968 ¹²⁾			5	DIN 7989-2						
	EN ISO 4014 EN ISO 4017				EN ISO 7089	200 300					
	EN ISO 4014 EN ISO 4017	8.8 ⁷⁾	SB	EN ISO 4032	EN ISO 4032	8	EN ISO 7090	200 300			
EN ISO 10642	10.9 ⁷⁾	10					EN ISO 7091 DIN 34820	100 300			
Garnituren für hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau											
DIN EN 14399-1	EN ISO 4014 EN ISO 4017	8.8	H... ⁸⁾	EN ISO 4032	EN ISO 4032	8	H... ⁸⁾	DIN 34820	300	H ⁹⁾	A B C D E A-D A-E B-E C-E
	EN 14399-3			EN 14399-3	EN 14399-7	HR					
	EN 14399-7			EN 14399-3	EN 14399-7	HR					
	EN 14399-3	10.9	HV	EN 14399-3	EN 14399-3	10	HV	EN 14399 -6 ¹⁰⁾			
	EN 14399-7			EN 14399-7	HR						
	EN 14399-4			EN 14399-4	HR						
	EN 14399-8			EN 14399-8	HRD						
	EN 14399-10	HRC	EN 14399-10	HRD							

Tabelle 2 Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte und hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen im Metallbau

Geschraubte Verbindungen werden hinsichtlich ihrer Beanspruchungsart in Scher- und Zugverbindungen unterschieden, siehe **Tabellen 3** und **4**.

Scherverbindungen werden entsprechend ihrer Wirkungsweise in Scher-/Lochleibungsverbindungen (Kategorie A) und gleitfeste Verbindungen (Kategorien B und C) unterteilt. Bei Scher-/Lochleibungsverbindungen (SL-Verbindungen) erfolgt die Kraftübertragung durch Beanspruchung der Schraube auf Abscherung und durch Beanspruchung der Lochleibung zwischen Schraubenschaft bzw. -gewinde und Lochwandung. Gleitfeste Verbindungen übertragen Beanspruchungen senkrecht zur Schraubenachse durch Haftreibung in den Kontaktflächen zwischen den zu verbindenden Bauteilen. Die gleitfeste Verbindung ist daher immer als planmäßig vorgespannte Verbindung auszuführen, die über eine geeignete Kontaktflächenbehandlung verfügen muss.

Die Beanspruchung von Zugverbindungen erfolgt in Richtung der Schraubenachse. Werden Zugverbindungen mit planmäßiger Vorspannung der Schrauben (Kategorie E) ausgeführt, sind ausschließlich hochfeste planmäßig vorspannbare Garnituren in den Festigkeitsklasse 8.8 oder 10.9 zu verwenden. Zugverbindungen ohne planmäßige Vorspannung (Kategorie D) dürfen auch mit Garnituren der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 ausgeführt werden. Die Kombination aus Scher- und Zugbeanspruchung von Verbindungen wird zusätzlich außerhalb der benannten Kategorien betrachtet. Der Nachweis der Tragsicherheit einer Schraubenverbindung wird unter Verwendung der Nachweiskriterien nach **Tabelle 3** geführt. Die Berechnung der unterschiedlichen Tragfähigkeiten ist in

Arbeitshilfe 2.4, **Tabellen 5** und **6** zusammengestellt, die Tragfähigkeitswerte gängiger Abmessungen und Werkstoffe finden sich in den dortigen **Tabellen 7** bis **11**.

Das Nennlochspiel Δd für normale runde Löcher ist nach DIN EN 1090-2 in Abhängigkeit des Nenndurchmessers der Schrauben vorgegeben. Das zulässige Nennlochspiel beträgt:

- für M12 und M14: $\Delta d = 1 \text{ mm}$,
- für M16 bis M24: $\Delta d = 2 \text{ mm}$,
- ab M27: $\Delta d = 3 \text{ mm}$.

Das Nennlochspiel darf bei Nenndurchmessern M12 und M14 unter den Bedingungen von DIN EN 1993-1-8 auf 2 mm vergrößert werden. Bei Passschrauben haben nach DIN EN 1090-2 Schraubenloch und -schaft einen identischen Nenndurchmesser (Nennlochspiel $\Delta d = 0$). Der Einbau von Passschrauben wird über die vorgegebene Toleranzklasse für das Loch der Passschraube gewährleistet. Die Bestellung von Garnituren für den Metallbau erfolgt unter Verweis auf die Schirm-Produktnorm sowie unter Angabe der Liefermenge, der Produktbezeichnung und im Falle hochfester vorspannbarer Garnituren unter Festlegung der k-Klasse. Sonstige Anforderungen dürfen zwischen Lieferanten und Käufer vereinbart werden. Beispiele von Bestellangaben sind in **Tabelle 5** zusammengestellt. Bezüglich der Klemmlängendefinition ist zu beachten, dass für HV-Garnituren - auch für nicht planmäßig vorgespannte Verbindungen - die geänderte Klemmlängendefinition **2** gemäß **Bild 1** gilt, nach der die Klemmlänge als Dicke des zu klemmenden Bauteilpakets einschließlich der beiden Scheiben, also als lichter Abstand zwischen Kopf und Mutter definiert ist.

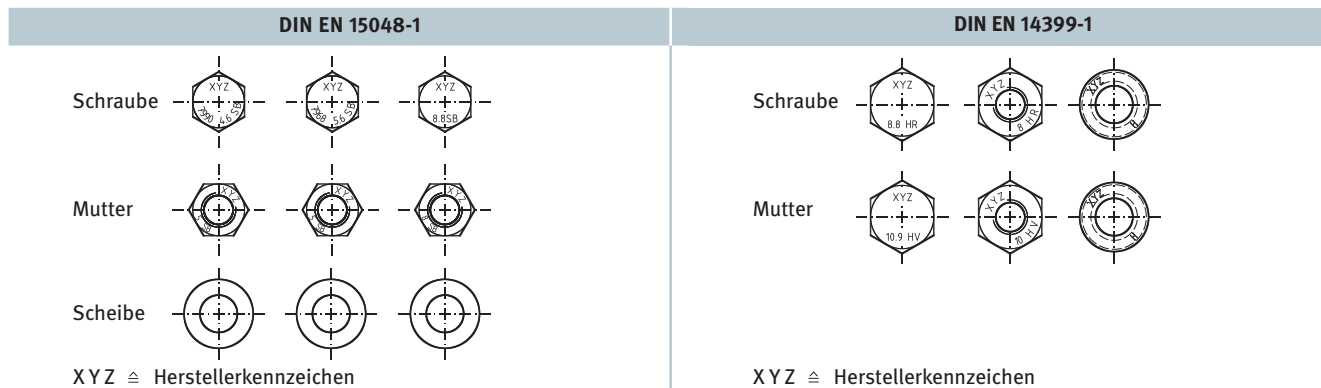


Bild 2 Kennzeichnung von Garnituren

Kategorie	Ausführungsform	FK	Vorspannung	Oberflächenbehandlung ⁴⁾	Nachweiskriterium ¹⁾	
A	Scher - / Lochleibungs - verbindung	4.6	handfest angezogen ³⁾	keine besondere erforderlich	$F_{v,Ed} \leq \begin{cases} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{cases}$	¹⁾ Die Berechnung der Tragfähigkeiten F_{Rd} unter vorwiegend ruhender Belastung erfolgt nach Arbeitshilfe 2.4, Tabelle 5. ²⁾ Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 dürfen als Qualitätssicherungsmaßnahme nach den Regeln von DIN EN 1090-2 oder DIN EN 1993-1-8/NA vorgespannt werden.
		5.6				
		8.8 ²⁾ 10.9 ²⁾				
B	Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	8.8	planmäßig vorgespannt auf Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ nach DIN EN 1090-2	nach DIN EN 1090-2, Tab. 18 und Anhang F.4	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{v,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq \begin{cases} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{cases}$	³⁾ Empfehlungen für „Handfest“-Anziehmomente enthalten Arbeitshilfe 2.4 und [1]. ⁴⁾ Oberflächenbehandlung zur Sicherstellung des Tragverhaltens und der rechnerischen Tragfähigkeiten. Nicht berücksichtigt ist die Oberflächenbehandlung für den Schutz vor Korrosion.
		10.9				
C	Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	8.8 10.9	planmäßig vorgespannt auf Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ nach DIN EN 1090-2		$F_{v,Ed} \leq \begin{cases} F_{s,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{cases}$ $\sum F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	
D	Nicht vorgespannt	4.6	handfest angezogen ³⁾	keine besondere erforderlich		⁵⁾ Für vorgespannte Verbindungen müssen Vorspannkraftverluste durch Setzen und/oder Kriechen vermieden oder berücksichtigt werden. Für die Oberflächenbehandlung, z. B. als Korrosionsschutz, gelten daher für die durch die vorgespannten Schrauben beanspruchten Oberflächen besondere Anforderungen an die Eigenschaften der Beschichtung, insbesondere an die Trockenschichtdicke.
		5.6 8.8 ²⁾ 10.9 ²⁾				
E	Vorgespannt	8.8	planmäßig vorgespannt auf Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ nach DIN EN 1090-2	nach DIN EN 1090-2, Anhang F.4 ⁵⁾	$F_{t,Ed} \leq \begin{cases} F_{t,Rd} \\ B_{p,Rd} \end{cases}$	
		10.9	nicht voll vorgespannt auf Regelvorspannkraft $F_{p,C}^*$ nach DIN EN 1993-1-8/NA			

Tabelle 3 Kategorien und Nachweiskriterien von Schraubenverbindungen nach DIN EN 1993-1-8

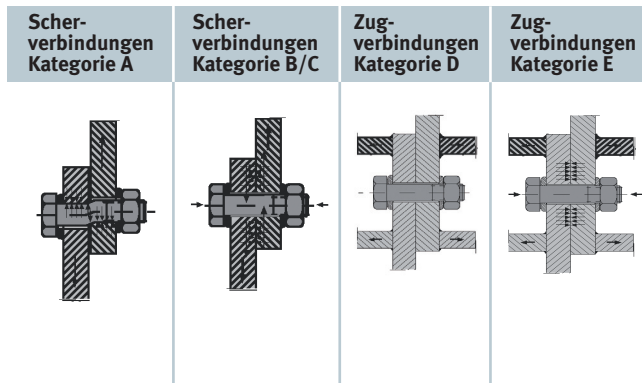


Tabelle 4 Wirkungweisen der Ausführungen

Normen zur Arbeitshilfe 2.3 Geschraubte Verbindungen - Allgemeines

- DIN EN 1090-2:2008-12, Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008
- DIN EN 1993-1-8:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009
- DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- DIN EN 14399-1:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14399-1:2005
- DIN EN 15048-1:2007-07, Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 15048-1:2007

Produktnormen nach Tabelle 2:

- DIN 434:2000-04, Scheiben, vierkant, keilförmig für U-Träger
- DIN 435:2000-01, Scheiben, vierkant, keilförmig für I-Träger
- DIN 6917:1989-10, Scheiben, vierkant, keilförmig für HV-Schrauben an I-Profilen in Stahlkonstruktionen
- DIN 6918:1990-04, Scheiben, vierkant, keilförmig für HV-Schrauben an U-Profilen in Stahlkonstruktionen
- DIN 7968:2007-07, Sechskant-Passschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
- DIN 7969:2007-10, Senkschrauben mit Schlitz mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
- DIN 7990:2008-04, Sechskantschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
- DIN 34820:2004-05, Flache Scheiben mit Fasen für den Stahlbau
- DIN 7989-1:2001-04, Scheiben für Stahlkonstruktionen – Teil 1: Produktklasse C
- DIN 7989-2:2001-04, Scheiben für Stahlkonstruktionen – Teil 2: Produktklasse A
- DIN EN 14399-3:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 3: System HR – Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern; Deutsche Fassung EN 14399-3:2005
- DIN EN 14399-4:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 4: System HV – Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern; Deutsche Fassung EN 14399-4:2005
- DIN EN 14399-5:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 5: Flache Scheiben; Deutsche Fassung EN 14399-5:2005 + AC:2006
- DIN EN 14399-6:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 6: Flache Scheiben mit Fase; Deutsche Fassung EN 14399-6:2005 + AC:2006
- DIN EN 14399-7:2008-03, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 7: System HR – Garnituren aus Senkschrauben und Muttern; Deutsche Fassung EN 14399-7:2007
- DIN EN 14399-8:2008-03, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 8: System HV – Garnituren aus Sechskant-Passschrauben und Muttern; Deutsche Fassung EN 14399-8:2007
- DIN EN 14399-10:2009-07, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 10: System HRC – Garnituren aus Schrauben und Muttern mit kalibrierter Vorspannung; Deutsche Fassung EN 14399-10:2009

Sohnstraße 65 | 40237 Düsseldorf | Postfach 10 48 42 | Düsseldorf
T: +49(0)211.6707.828 | F: +49(0)211.6707.829 | zentrale@bauforumstahl.de | www.bauforumstahl.de

EN 15048-1	Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindung
100 Schrauben	ISO 4014 – M20 × 75 – 8.8 – tZn
100 Muttern	ISO 4032 – M20 – 8Z – tZn
100 Scheiben	ISO 7091 – 20 – 100 HV – tZn
EN 15048-1	Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindung
150 Schrauben	ISO 4017 – M12 × 60 – 8.8U – tZn
150 Muttern	ISO 4032 – M12 – 8 – tZn
300 Scheiben	ISO 7089 – 12 – 300 HV – tZn
EN 14399-1	Schraubengarnituren zum Vorspannen
100 Garnituren Schraube/Mutter	EN 14399 -4 – M16 × 80 – 10.9/10 – HV
200 Scheiben	EN 14399 -6 – 16
	k-Klasse: K1
EN 14399-1	Schraubengarnituren zum Vorspannen
150 Schrauben	EN 14399 -4 – M20 × 90 – 10.9 – HV – tZn
150 Muttern	EN 14399 -4 – M20 – 10 – HV – tZn
300 Scheiben	EN 14399 -6 – 20 – tZn
	k-Klasse: K1

Tabelle 5 Beispiele von Bestellangaben

- DIN EN ISO 4014:2011-06, Sechskantschrauben mit Schaft – Produktklassen A und B (ISO 4014:2011); Deutsche Fassung EN ISO 4014:2011
- DIN EN ISO 4016:2011-06, Sechskantschrauben mit Schaft – Produktklasse C (ISO 4016:2011); Deutsche Fassung EN ISO 4016:2011
- DIN EN ISO 4017:2011-07, Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf – Produktklassen A und B (ISO 4017:2011); Deutsche Fassung EN ISO 4017:2011
- DIN EN ISO 4018:2011-07, Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf – Produktklasse C (ISO 4018:2011); Deutsche Fassung EN ISO 4018:2011
- DIN EN ISO 4032:2001-03, Sechskantmuttern, Typ 1 - Produktklassen A und B (ISO 4032:1999); Deutsche Fassung EN ISO 4032:2000
- DIN EN ISO 4034:2001-03, Sechskantmuttern - Produktklasse C (ISO 4034:1999); Deutsche Fassung EN ISO 4034:2000
- DIN EN ISO 7089:2000-11, Flache Scheiben - Normale Reihe, Produktklasse A (ISO 7089:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7089:2000
- DIN EN ISO 7090:2000-11, Flache Scheiben mit Fase - Normale Reihe, Produktklasse A (ISO 7090:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7090:2000
- DIN EN ISO 7091:2000-11, Flache Scheiben - Normale Reihe, Produktklasse C (ISO 7091:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7091:2000
- DIN EN ISO 10642:2004-06, Senkschrauben mit Innensechskant (ISO 10642:2004); Deutsche Fassung EN ISO 10642:2004

Literatur zur Arbeitshilfe 2.3 Geschraubte Verbindungen - Allgemeines:

- [1] Schmidt, H., Stranghöner, N., Ausführung geschraubter Verbindungen nach DIN EN 1090-2, in: Stahlbau-Kalender 2011, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn & Co. KG, Berlin, 2011.
- [2] Ungerer, D., Schneider, S., Stahlbaunormen – DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen, in: Stahlbau-Kalender 2011, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2011.
- [3] Hasselmann, U., Valtinat, G., Geschraubte Verbindungen, in: Stahlbau-Kalender 2002, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2002.
- [4] Kindmann, R., Stracke, M., Verbindungen im Stahl- und Verbundbau, 2. Auflage. Berlin: Ernst und Sohn 2009.
- [5] Wiegand, H., Kloos, K. H., Thomala, W., Schraubenverbindungen - Grundlagen, Berechnung, Eigenschaften, Handhabung; 5. Auflage. Berlin: Springer