

Ausführung geschraubter Verbindungen nach DIN EN 1090-2

Univ.-Prof. em. Dr.-Ing. Herbert Schmidt
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Natalie Stranghöner

Stahlbau-Kalender-Tag 2011
Stuttgart, 20. Mai 2011

Inhalt

- Einleitung

- Schraubengarnituren
 - für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen nach DIN EN 15048
 - für planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen nach DIN EN 14399
 - Kennzeichnung
 - Korrosionsschutz

- Installation nicht planmäßig vorgespannter Schraubenverbindungen
 - Schraubenlöcher
 - Festlegung der Garnituren
 - Einbau und Anziehen der Garnituren

- Installation planmäßig vorgespannter Schraubenverbindungen
 - Begrifflichkeiten und Zielsetzung
 - Kontaktflächen
 - Einbau und Voranziehen der Garnituren
 - Wiederverwendbarkeit gelöster Garnituren
 - Planmäßiges Vorspannen zur Erhöhung der Tragsicherheit
 - Planmäßiges Vorspannen zur Erhöhung der Gebrauchstauglichkeit

DIN EN 1090-2:2008-12

DEUTSCHE NORM		Dezember 2008
	DIN EN 1090-2	<u>DIN</u>
ICS 91.080.10	Ersatzvermerk siehe unten	
<p>Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008</p>		



DEUTSCHE NORM		Entwurf	März 2011
	DIN EN 1090-2/A1	<u>DIN</u>	
ICS 91.080.10	Entwurf		Einsprüche bis 2011-05-14 Vorgesehen als Änderung von DIN EN 1090-2:2008-12
<p>Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008/FprA1:2011</p>			



Schraubengarnituren

■ Schraubengarnituren

Nicht planmäßig vorgespannte
Schraubenverbindungen



Harmonisierte Schirm-Produktnorm

DIN EN 15048-1

Planmäßig vorgespannte
Schraubenverbindungen



Harmonisierte Schirm-Produktnorm

DIN EN 14399-1

DIN EN 15048-1 - Nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen

Schirm-Produktnorm

⇒ Fixiert alle aus der Sicht des Stahlbaus wichtigen technischen Anforderungen an Garnituren aus Schrauben, Muttern und Scheiben, **ohne** auf einzelne spezielle Produkte einzugehen.

DEUTSCHE NORM		Juli 2007
DIN EN 15048-1	DIN	
ICS 21.060.01		
<p>Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 15048-1:2007</p>		



© Andrews Fasteners

Zentrale Forderungen

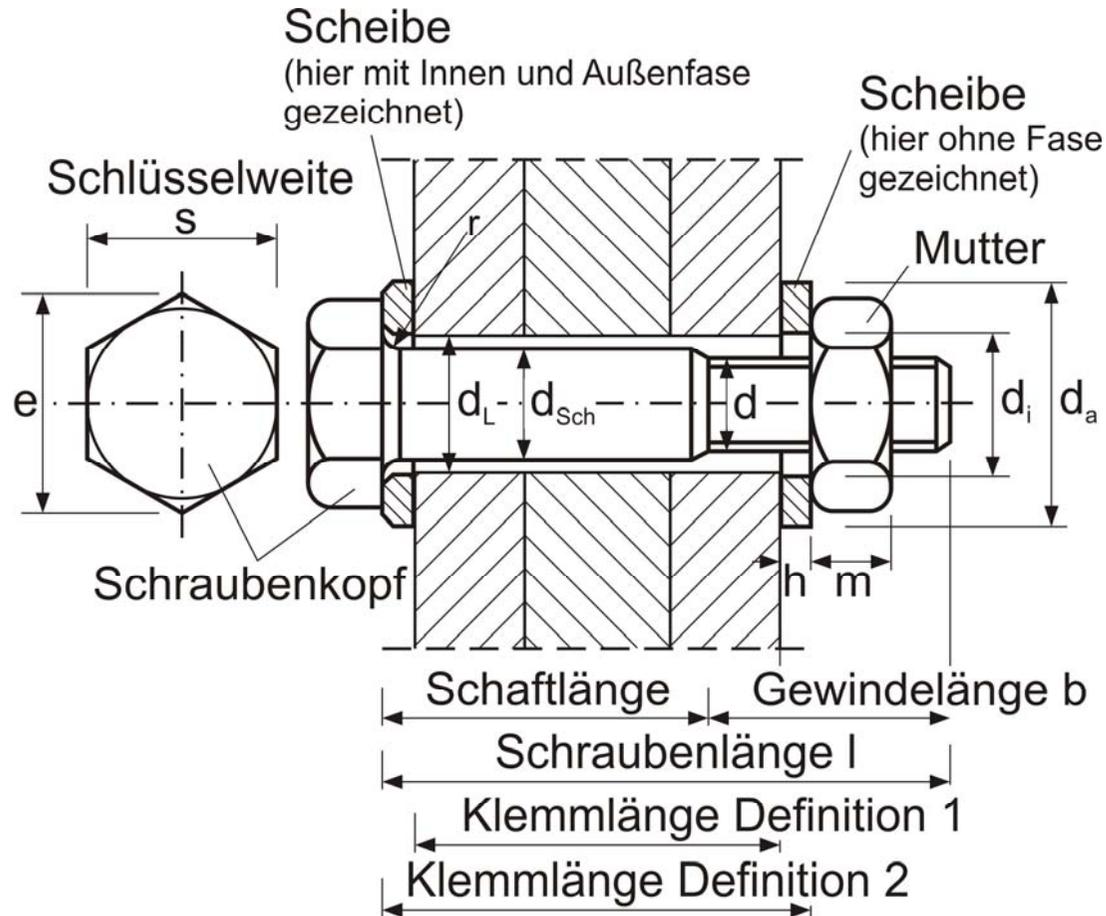
- Maße und Toleranzen sind in einer europäischen oder internationalen Produktnorm beschrieben
- in Garnituren lieferbar
- CE-Kennzeichnung
- Zusatzkennzeichen „SB“ (Structural Bolting) auf Schrauben und Muttern

Beschränkungen

- M12 – M36
- Festigkeitsklassen
Schrauben: 4.6, 5.6, 8.8, 10.9
Muttern: 4, 5, 6, 8, 10, 12
- Scheiben:
Härteklasse HV 100, 200, 300

Garnitur aus Sechskantschraube, -mutter und zwei Scheiben

Allgemeine Darstellung mit schematischer Geometrie und allgemeinen Bezeichnungen



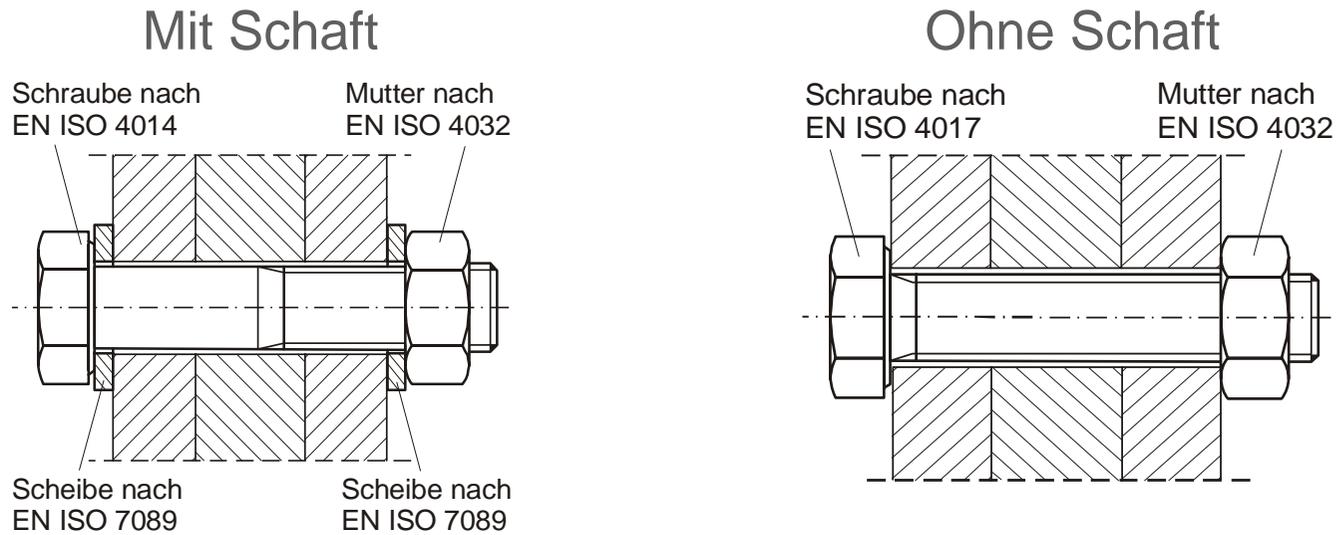
Sechskantschrauben nach DIN EN 15048-1

Auswahl von in Deutschland einsetzbaren Sechskantschrauben für Stahlbauverbindungen nach DIN EN 15048-1

Vereinfachte Bezeichnung	Produktnorm	Gewindelänge	Schaftdurchmesser	Schlüsselweite	Produktklasse	FK
Standard-Metallbau-schrauben	EN ISO 4014	mittellang: $b \approx (2,2 \div 2,5) \cdot d$	normal: $d_{Sch} = d$	normal: $s \approx (1,5 \div 1,6) \cdot d$	A/B ¹⁾	5.6 8.8 10.9
	EN ISO 4016				C	4.6
	EN ISO 4017	lang: $b \approx l$	normal: $d_{Sch} = d$	normal: $s \approx (1,5 \div 1,6) \cdot d$	A/B ¹⁾	5.6 8.8 10.9
	EN ISO 4018				C	4.6
Deutsche Stahlbau-schrauben	DIN 7990	besonders kurz: $b \approx (1,2 \div 1,6) \cdot d$	normal: $d_{Sch} = d$	normal: $s \approx (1,5 \div 1,6) \cdot d$	C	4.6 5.6
	DIN 7968	besonders kurz: $b \approx (1,2 \div 1,5) \cdot d$	Pass-: $d_{Sch} = d+1$	normal: $s \approx (1,5 \div 1,6) \cdot d$	C	5.6

¹⁾ $\leq M24 / > M24$

■ Typische Standard-Metallbaugarnituren



Standard-Metallbaugarnituren

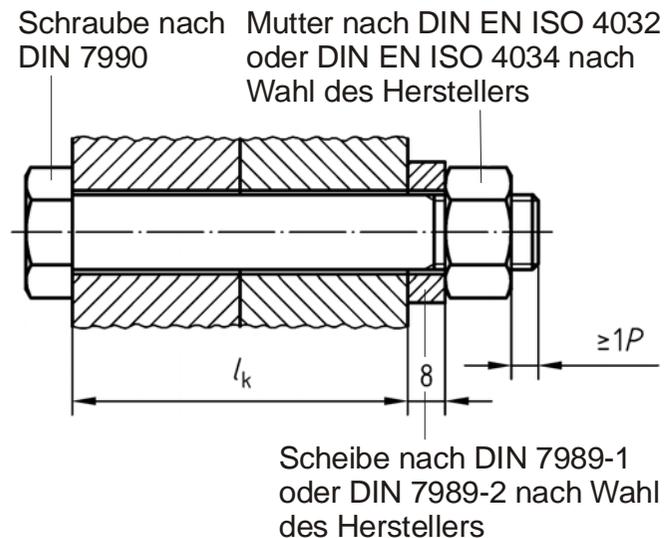
Wesentliche Vorteile

- + kleines Lagersortiment, da keine enge Längenabstufung
- + in „normalen runden“ Löchern keine Scheiben erforderlich

Wesentliche Nachteile

- geringere Abschertragfähigkeit (bei Gewinde in der Scherfuge)
- etwas größere Verformungen in Scher-/Lochleibungsverbindungen (insbesondere bei Schrauben mit durchgehendem Gewinde)

Deutsche Stahlbaugarnitur



Wesentliche Vorteile

- + verformungsärmere Scher-/Lochleibungsverbindungen (Kat. A nach DIN EN 1993-1-8)
- + Abschertragfähigkeit entspricht dem höheren Wert für Schaft in der Scherfuge
- + seit Jahrzehnten im deutschen Stahlbau eingeführt

Wesentliche Nachteile

- feine Klemmlängenabstufung in 5-mm-Stufen (aufgrund der kurzen Gewindelänge erf.)
- dickere Scheibe unter der Mutter (aufgrund der kurzen Gewindelänge aus geometrischen Gründen erforderlich, damit die Mutter das Klemmpaket verspannt und nicht gegen den Gewindeauslauf angezogen wird)

DIN EN 14399-1 - Planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen

Schirm-Produktnorm

- ⇒ Fixiert alle aus der Sicht des Stahlbaus wichtigen technischen Anforderungen an Garnituren aus Schrauben, Muttern und Scheiben ähnlich wie DIN EN 15048-1.
- ⇒ Verweist auf Normenteile DIN EN 14399-3 bis -10 (System HR und HV).
- ⇒ Dennoch: System HR und HV sind nur Beispiele für geeignete Garnituren, da:
„Beispiele für Komponenten, die die Anforderungen dieses Dokumentes erfüllen, sind in den Normen EN 14399-3, EN 14399-4, ... festgelegt.“
- ⇒ Vorspannen von Standard-Metallbauschrauben FK 8.8 nach DIN EN ISO 4014 und 4017 möglich!

DEUTSCHE NORM		Juni 2006
	DIN EN 14399-1	DIN
ICS 21.060.10; 21.060.20		Ersatz für DIN EN 14399-1:2005-06 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit
Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14399-1:2005		

Vorspannbare Sechskantschrauben

In Deutschland für planmäßig vorgespannte Stahlbauverbindungen auf der Grundlage von DIN EN 14399-1, zusammen mit DIN EN 1993-1-8/NA, einsetzbare Sechskantschrauben

Vereinfachte Bezeichnung	Produktnorm	Gewindelänge	Schaftdurchmesser	Schlüsselweite	Produktklasse	FK
Vorspannbare Spezialschrauben „H“	EN 14399-4 „HV“	kurz: $b \approx (1,4 \div 1,9) \cdot d$	normal: $d_{Sch} = d$	groß: $s \approx (1,6 \div 1,7) \cdot d$	B	10.9
	EN 14399-8 „HVP“	besonders kurz: $b \approx (1,2 \div 1,5) \cdot d$	Pass-: $d_{Sch} = d+1$	groß: $s \approx (1,6 \div 1,7) \cdot d$	B	10.9
	EN 14399-3 „HR“	mittellang: $b \approx (2,2 \div 3,3) \cdot d$	normal: $d_{Sch} = d$	groß: $s \approx (1,6 \div 1,7) \cdot d$	B	8.8 10.9
Vorspannbare Standard-Metallbau-schrauben	EN 14399-1 + EN ISO 4014	mittellang: $b \approx (2,2 \div 2,5) \cdot d$	normal: $d_{Sch} = d$	normal: $s \approx (1,5 \div 1,6) \cdot d$	A/B ¹⁾	8.8
	EN 14399-1 + EN ISO 4017	lang: $b \approx l$	normal: $d_{Sch} = d$	normal: $s \approx (1,5 \div 1,6) \cdot d$	A/B ¹⁾	8.8

¹⁾ $\leq M24$ / $> M24$

Vorspannbare Sechskantmuttern

In Deutschland für planmäßig vorgespannte Stahlbauverbindungen auf der Grundlage von EN 14399-1, zusammen mit DIN EN 1993-1-8/NA, einsetzbare Sechskantmuttern

Vereinfachte Bezeichnung	Produkt-norm	Mutter-höhe	Schlüssel-weite	Produkt-klasse	FK
Vorspannbare Spezialmuttern „H“	EN 14399-4 „HV“	klein: $m \approx 0,8 \cdot d$	groß: $s \approx (1,6 \div 1,7) \cdot d$	B	10
	EN 14399-3 „HR“	mittel: $m \approx 0,9 \cdot d$	groß: $s \approx (1,6 \div 1,7) \cdot d$	B	8 10
Vorspannbare Standard-Metallbaumuttern	EN 14399-1 + EN ISO 4032	mittel: $m \approx 0,9 \cdot d$	normal: $s \approx (1,5 \div 1,6) \cdot d$	A/B ¹⁾	8

1) $\leq M16$ / $> M16$

Vorspannbare runde flache Scheiben

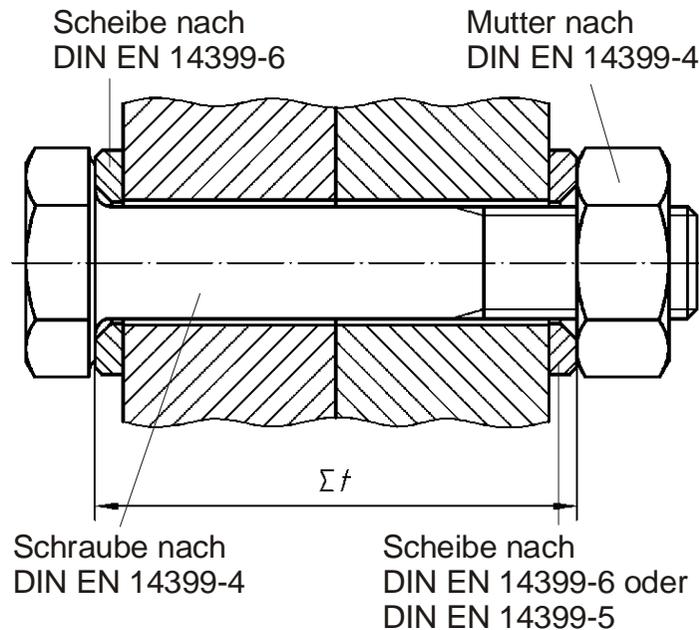
In Deutschland für planmäßig vorgespannte Stahlbauverbindungen auf der Grundlage von EN 14399-1, zusammen mit EN 1993-1-8/NA, einsetzbare runde flache Scheiben

Vereinfachte Bezeichnung	Produkt-norm	Dicke ¹⁾ [mm]	Außen-Ø ¹⁾ [mm]	Innen-Ø ¹⁾ [mm]	Fasen	Produkt-klasse	Härte [HV]
Vorspannbare Spezial-scheiben „H“	EN 14399-5	mittel: $h = 3,0 \div 6,0$	$d_a \approx e$	$d_i = d+1$	ohne	A	300÷370
	EN 14399-6				innen und außen		
Vorspannbare Spezial-scheiben	EN 14399-1 + DIN 34820	dünn: $h = 2,5 \div 5,0$	$d_a = e + (3 \div 5)$	$d_i = d+1$	innen und außen	A	300

¹⁾ Bei Angabe einer Bandbreite: kleinerer Wert: M12, größerer Wert: M36

Vorspannbare Spezialschrauben „H“

System HV



HV-Garnituren M24



schwarz und leicht geölt



feuerverzinkt und mit geschmierter (molykotisierter) Mutter

System HV (10.9)

- kurze Gewindelänge deshalb enge Klemmlängenabstufung
⇒ Nachteil: teure Lagerhaltung und Fehleranfälligkeit beim Einbau
- Garnitur erreicht ihr duktils Verformungsvermögen durch plastische Verformung der gepaarten Gewinde

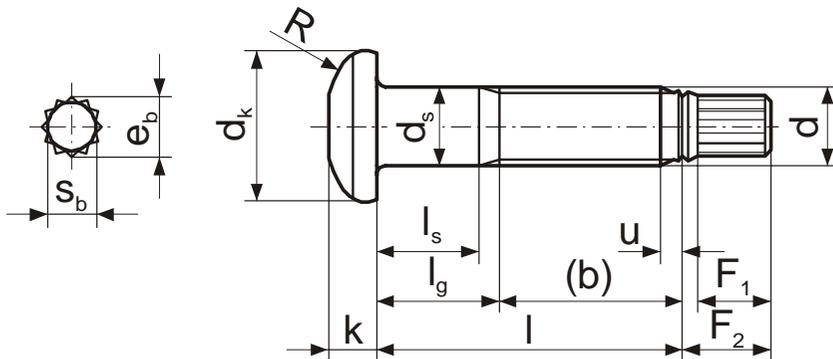
System HR (8.8/10.9)

- größere Gewindelänge als HV-Schrauben
⇒ Vorteil: weniger enge Klemmlängenabstufung als bei HV-Schrauben!
- Höhe der HR-Mutter ist größer als die der HV-Mutter
- Garnitur erreicht ihr duktils Verformungsvermögen durch plastische Verlängerung der Schraube

Sonderformen vorspannbarer Schraubengarnituren

HRC-Schrauben

DIN EN 14399-10



- Sonderschrauben des Systems HR
 - Geriffeltes Abscherende
- ⇒ Beim Anziehen mit einem speziellen „Abscherschrauber“ bricht das Abscherende unter der kalibrierten Vorspannkraft infolge der dazu gehörenden Torsionsbeanspruchung in der Kerbe weg.

DTI-Scheiben

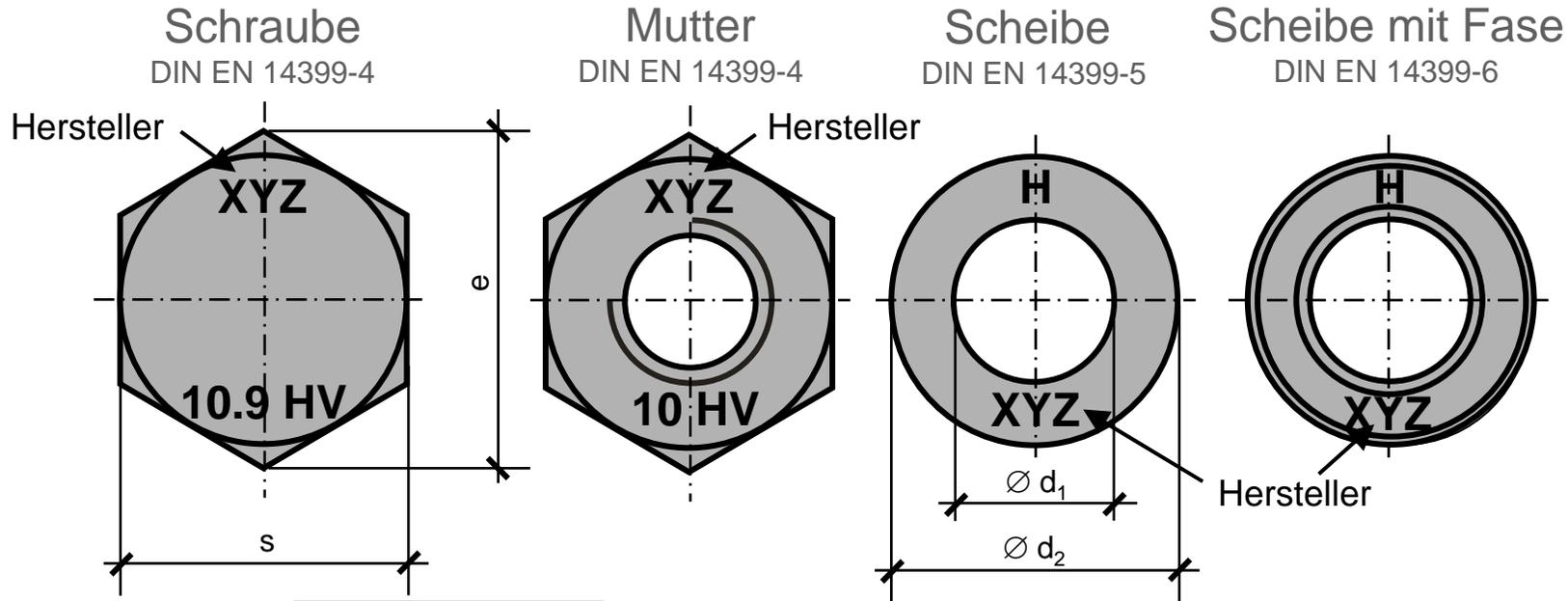
DIN EN 14399-9



- Direkte Kraftanzeiger für HR- oder HV-Garnituren
 - **D**irect **T**ension **I**ndicator – DTI oder **L**oad **I**ndicating **W**asher – LIW
 - Werden unter dem Schraubenkopf oder unter der Mutter angeordnet.
- ⇒ Unter der Einwirkung der Vorspannkraft werden die Überstände plastisch zusammen gedrückt, wobei der verbleibende Restspalt ein Maß für die Kraft ist. Anhand dieses Restspaltes sind die Scheiben kalibriert.

Kennzeichnung – Schraubengarnituren nach DIN EN 14399-i

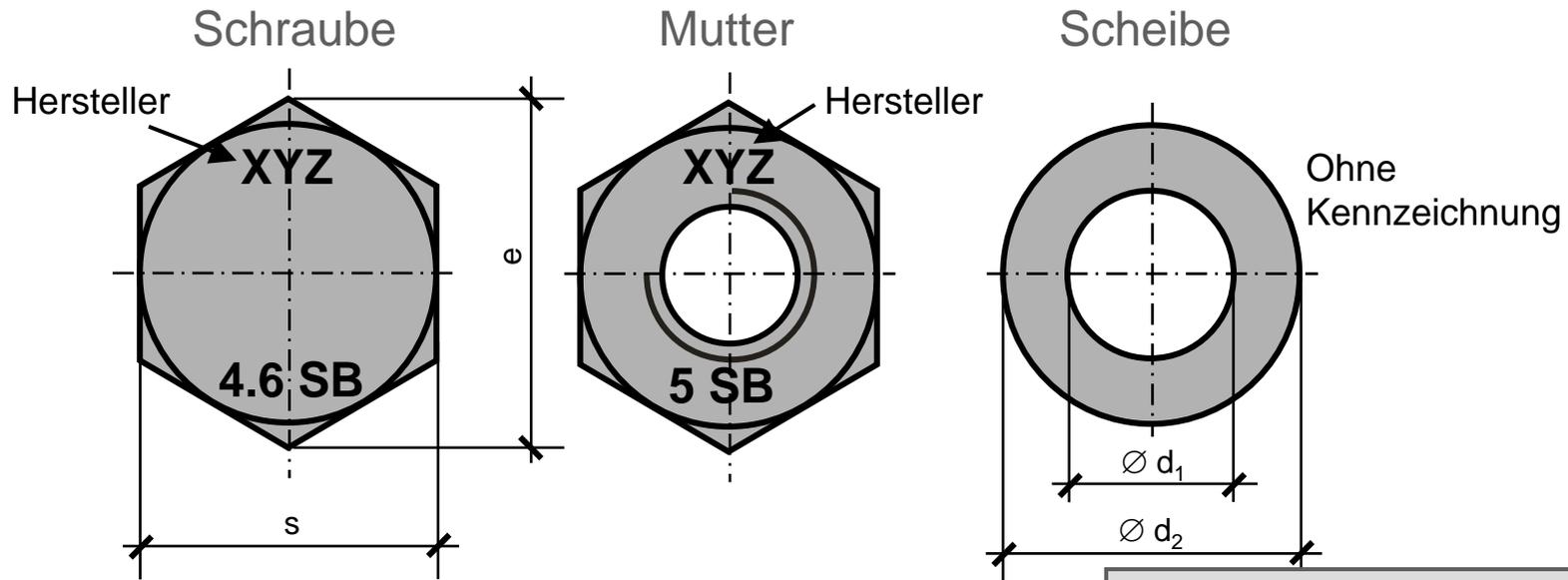
z. B. System HV



M36 - Garnitur



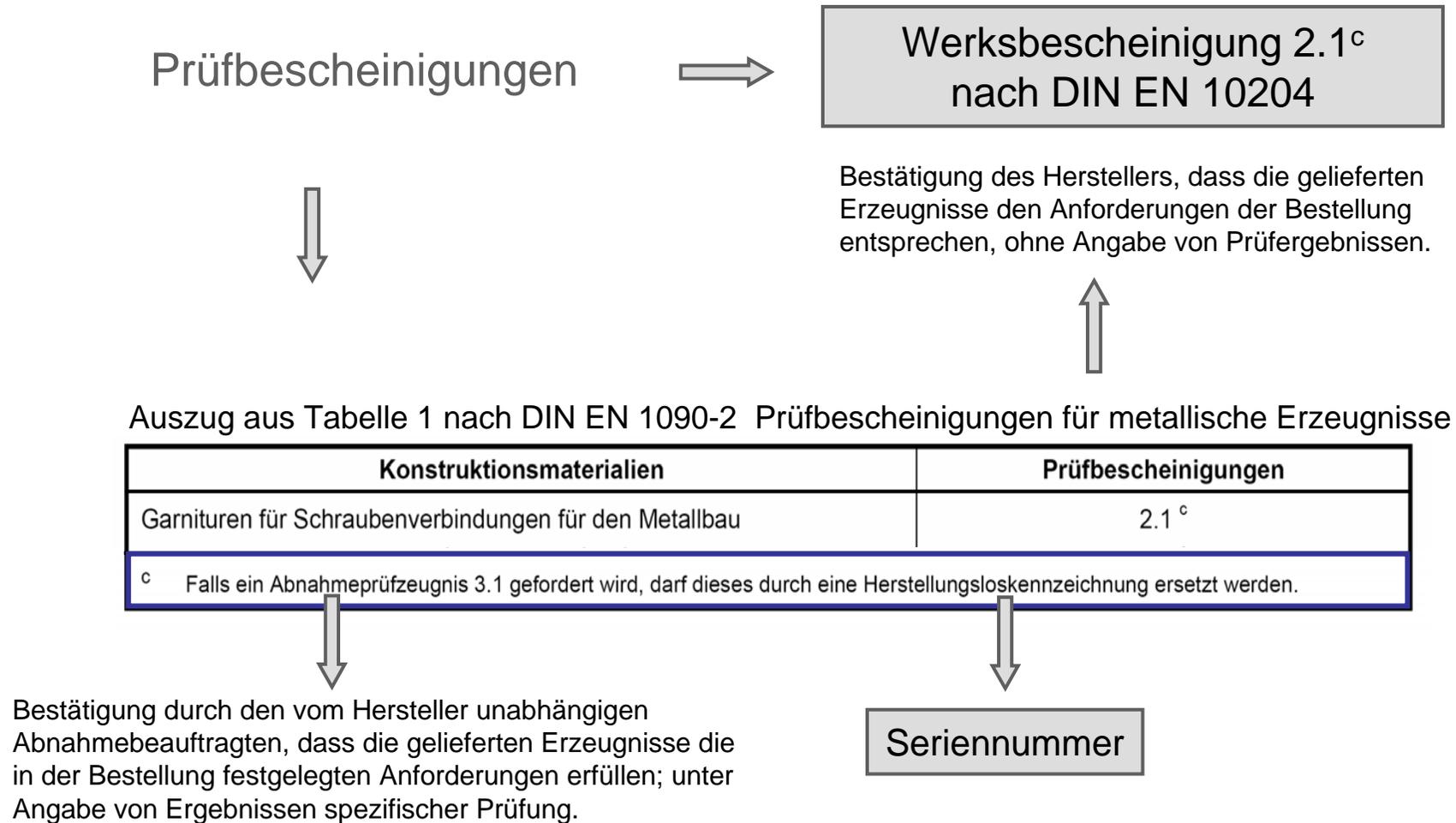
Kennzeichnung – Schraubengarnituren nach DIN EN 15048-1



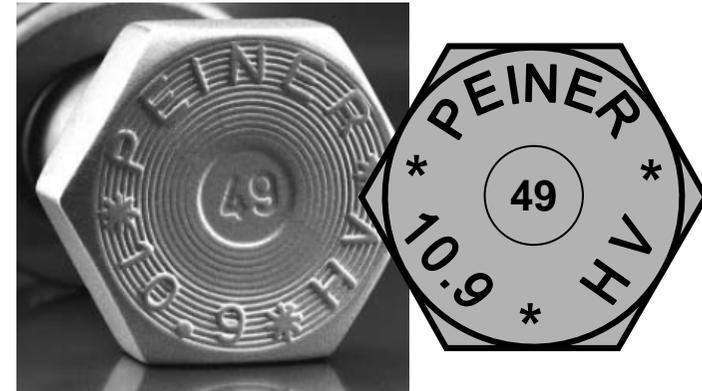
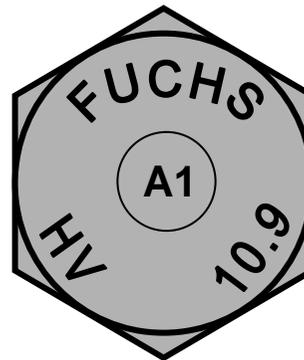
© Andrews Fasteners



■ Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204



■ Rückverfolgbarkeit über Seriennummer bei HV-Schrauben



Hersteller	FRIEDBERG	FUCHS	PEINER
Loskennzeichnung/ Seriennummer	13K (K → Fertigungsjahr)	A1	49
Festigkeitsklasse	10.9	10.9	10.9
Produktkennzeichen	HV	HV	HV

Eindeutige Zuordnung zum Abnahmeprüfzeugnis 3.1 (derzeit) über Kombination:

- Seriennummer (Dies ist bisher eine freiwillige Angabe der deutschen Schraubenhersteller.)
- Durchmesser der Schraube
- Länge der Schraube

Korrosionsschutz

DIN EN 1090-2 verlangt eine **vergleichbare Korrosionsbeständigkeit** der Verbindungsmittel und der anzuschließenden Bauteile.

Feuerverzinkte Schraubengarnituren

DIN EN 10684 – enthält Vorgaben zu:

- Gewindetoleranz für Schrauben mit Gewindeuntermaß
- Gewindetoleranz für Muttern mit Gewindeübermaß
- M8 bis M64 bis FK 10.9 (Schrauben) bzw. 12 (Muttern)
- < M8 ⇒ von Feuerverzinkung wird explizit abgeraten

... zusätzlich

Richtlinie für die Herstellung feuerverzinkter Schrauben (DSV und GAV)

DIN EN 1993-1-8/NA – Forderungen (analog zu DIN 18800-7)

- feuerverzinkte Garniturkomponenten sind unabhängig von der Festigkeitsklasse von ein und demselben Schraubenhersteller zu beziehen (⇒ Gewindepassthroughfähigkeit)
- bei hochfesten feuerverzinkten Garnituren ist des Weiteren sicher zu stellen, dass sie unter der Verantwortung des Schraubenherstellers verzinkt worden sind (⇒ Vermeidung von Anrissen durch flüssigmetallinduzierte Rissbildung oder wasserstoffinduzierte Versprödung)

■ Korrosionsschutz – zusätzliche Kennzeichnung

Feuerverzinkung

Kennzeichnung **tZn**

Feuerverzinkte Schrauben

- unterschritten mit 6az ⇒ **U**
- hinter FK ⇒ z. B. 8.8U

Feuerverzinkte Muttern

- überschritten mit 6AZ ⇒ **Z**
- hinter FK ⇒ z. B. 8Z

Verboten

- Paarung ungekennzeichneter feuerverzinkter Schrauben und Muttern
⇒ Gewindeüberschneidung, deshalb Verschrauben unmöglich
- Kombination feuerverzinkter Schrauben der Kennzeichnung **U** mit feuerverzinkten Muttern der Kennzeichnung **Z** ⇒ Reduktion der Abstreiftragfähigkeit

1. Sonderregelung

Verpackung und Lieferung feuerverzinkter Schrauben und zugehöriger Muttern in einem versiegelten Behälter
⇒ *zusätzliche Kennzeichnung entbehrlich*

2. Sonderregelung

Feuerverzinkte HR- und HV-Garnituren (DIN EN 14399-3 und -4)
⇒ Kompensation der Zinkschichtdicke mit der Mutter
⇒ verzinkte HV-/HR-Schrauben: Normaltoleranz 6g
⇒ verzinkte HV-/HR-Muttern: Gewindeübermaß 6AZ
⇒ *zusätzliche Kennzeichnung entbehrlich*

3. Sonderregelung

Deutsche Stahlbauschrauben (DIN 7990 und DIN 7968)
⇒ Kompensation der Zinkschichtdicke mit Schraube
⇒ verzinkte deutsche Stahlbauschrauben: Gewindeuntermaß 6az
⇒ *zusätzliche Kennzeichnung entbehrlich*

„Andere“ Korrosionsschutzüberzüge

DIN EN 1090-2 erwähnt nur Feuerverzinkung.

⇒ **DIN EN 1993-1-8/NA** (analog zu DIN 18800-1):

andere metallische Korrosionsschutzüberzüge, z. B. galvanische Verzinkung, sind zugelassen, sofern

- die Verträglichkeit mit dem Stahl gesichert ist,
- eine wasserstoffinduzierte Versprödung vermieden wird und
- ein adäquates Anziehverhalten nachgewiesen wird.

z.B. Galvanische Verzinkung

- nur in trockenen Innenräumen
⇒ Korrosivitätskategorie C1
- verboten für FK 8.8 und 10.9
(Wasserstoffaustreibung...)
- niedrigfeste Schrauben sind aus Sicht der Wasserstoffversprödung unproblematisch
- Schutzwirkung kleiner als bei feuerverzinkten Verbindungsmitteln

z.B. Sherardisieren
(in Großbritannien verbreitet)

- Zinküberzug wird in Trommel durch erhitzten Zinkstaub aufgebracht
 - Schichtdicke kleiner als beim Feuerverzinken, aber größer als beim galvanischen Verzinken
 - Überzug ist sehr dicht ⇒ Korrosionsschutzwirkung nicht viel schlechter als beim Feuerverzinken
 - Wesentlicher Vorteil: Wegfall der Wasserstoffversprödung
- ⇒ Aus korrosionsschutztechnischer Sicht ist nichts gegen den Einsatz sherardisierter Verbindungsmittel einzuwenden



Installation

nicht planmäßig vorgespannter Schraubenverbindungen

Schraubenlöcher

Lochherstellung

- Bohren
- Thermisches Schneiden
- Stanzen

Stanzen

- ⇒ nur zulässig für $d_L \geq t$
- ⇒ EXC3 und EXC4:
nur zulässig, wenn Löcher mit 2 mm Untermaß gestanzt und anschließend aufgerieben werden



Unzulässig durch
manuelles
Brennschneiden
aufgeweitete Löcher

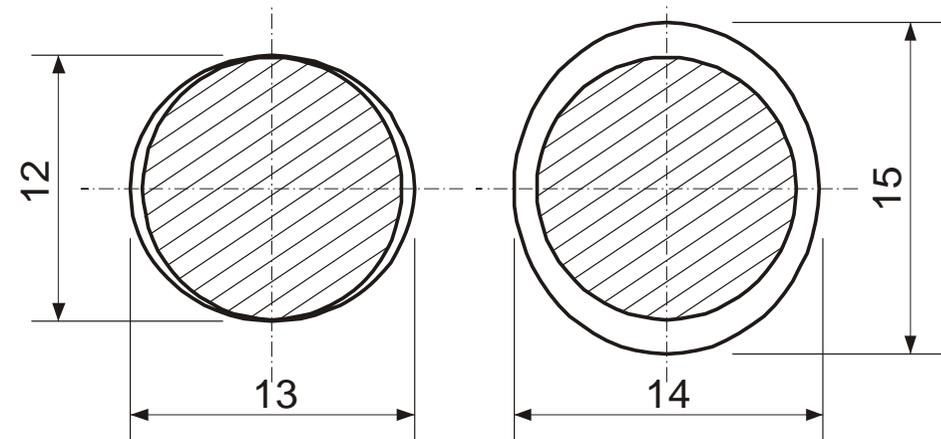
Maße der Löcher

Nennlochspiel	
Schraube	Δd [mm]
M12 u. M14	1
M16 bis M24	2
$\geq M27$	3

Toleranzen normale Schrauben

Bezogen auf	Toleranz [mm]
Lochdurchmesser	$\pm 0,5$
Loch-Ovalisierung	$\pm 1,0$ (Toleranzkl. 1)

Tolerierte Ist-Löcher für eine Schraube M12



Regel-Nennlochspiel $\Delta d = 1$ mm
Lochtoleranz $-0,5$ mm
Ovalitätstoleranz $+1$ mm

Sonder-Nennlochspiel $\Delta d = 2$ mm
Lochtoleranz $+0,5$ mm
Ovalitätstoleranz -1 mm

■ Einbauposition

Schraube

- ⇒ keine Angaben in DIN EN 1090-2
- ⇒ handwerkliche Regeln:
 - Vertikal angeordnete Schrauben:**
von oben nach unten
 - Horizontal angeordnete Schrauben:**
„von fest auf lose“ einstecken, d. h.
vom bereits fixierten zum anschließenden Bauteil

Mutter

- ⇒ Herstellerkennzeichen sichtbar:
außen
- ⇒ beim Aufschrauben frei drehbar

Keilscheibe

- ⇒ ... nicht so ! 



Restspalte

DIN EN 1090-2 verlangt eine „weitgehend flächige Anlage“ der verbundenen Teile nach dem Zusammenziehen.

- ⇒ Moderater Restspalt beeinträchtigt – unter Berücksichtigung der Gewährleistung der Übertragbarkeit der Bemessungsschnittkräfte - weder statische Zugtragfähigkeit noch Scher-/ Lochleibungstragfähigkeit der Garnituren.
- ⇒ Korrosionsgefahr bei sehr kleinem Restspalt (z. B. $\leq 0,3$ mm; Spaltkorrosion) eher größer als bei einem größeren Spalt (z. B. 3 mm).
- ⇒ **Tolerierbarer Restspalt: ≤ 2 mm** (an der Kante ≤ 4 mm).

Restspalt tolerierbar



Restspalt nicht tolerierbar



■ Futterung von Luftspalten

- ⇒ EN 1090-2 erlaubt explizit die Minimierung von Luftspalten mit Hilfe von Futterblechen („Zwischenlagen“) als Ausrichtmaßnahme bei der Montage.
- ⇒ Für kritische Schnittstellen, wo erfahrungsgemäß Toleranzprobleme zu erwarten sind, sollten bei der Montage vorbereitete Futterbleche vorgehalten werden.
- ⇒ Die Futterung muss handwerklich fachgerecht durchgeführt werden, also z. B. **nicht** so


 Beispiele **nicht** fachgerechter Futterungen



Handfestes Anziehen

- Nach DIN EN 1090-2 ist jede Garnitur mindestens handfest anzuziehen!

Empfohlene „Handfest“-Anziehmomente (unabhängig von FK)								
Schraube	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
$M_{A,handfest}$ [Nm]	15	35	60	90	110	165	220	350

- ⇒ Werte sind so gewählt, dass sie in einer leicht geölten schwarzen Schraubengarnitur knapp 10 % der Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ für eine 10.9-HV-Schraube erzeugen.
 - ⇒ Beanspruchung einer 4.6-Schraube im Spannungsquerschnitt des Gewindes zu ca. 25 bis 30 % der Streckgrenze.
 - ⇒ Überbeanspruchung der Schrauben durch handfestes Anziehen ausgeschlossen.
- Nach DIN EN 1090-2 ist eine Schraubengruppe ausgehend vom Bereich der höchsten Steifigkeit hin zum Bereich der geringsten Steifigkeit anzuziehen.
- ⇒ „Flächige Anlage“ des Anschlusses ohne innere lokale Zwängungen.
 - ⇒ Die in der Praxis verbreitete Regel, größere Anschlüsse „von der Mitte nach außen fortschreitend“ anzuziehen, greift in manchen Fällen zu kurz, da der Bereich der höchsten Steifigkeit nicht immer in der Mitte liegt.



Installation

planmäßig vorgespannter Schraubenverbindungen

■ Begrifflichkeiten und Zielsetzung

Planmäßig vorgespannt

DIN EN 15048-1, DIN EN 14399-1
u. DIN EN 1090-2

- ⇒ EN 1090-2 u. EN 1993-1-8: preloaded
- ⇒ DIN EN 1993-1-8: vorgespannt

Nicht Planmäßig vorgespannt

DIN EN 15048-1, DIN EN 14399-1
u. DIN EN 1090-2

- ⇒ EN 1090-2 u. EN 1993-1-8: non-preloaded
- ⇒ DIN EN 1993-1-8: nicht vorgespannt

Zielsetzung des planmäßigen Vorspannens

Zielebene I

Erhöhung der Tragsicherheit

- ⇒ Kategorien B, C und E nach
DIN EN 1993-1-8

Zielebene II

Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit

- ⇒ Vorspannungsfrei bemessene Kategorien
A oder D nach DIN EN 1993-1-8, die zur
qualitativen Verbesserung der Gebrauchs-
tauglichkeit dennoch vorgespannt werden
- ⇒ Schlupfminimierung
- ⇒ Verformungssteifigkeit

Kontaktflächen

... für gleitfeste Verbindungen

Tabelle 18 — Für Reibflächen anzunehmende Einstufungen

Oberflächenbehandlung	Gleitflächenklasse	Haftreibungszahl μ
Oberflächen mit Kugeln oder Sand gestrahlt, loser Rost entfernt, nicht körnig.	A	0,50
Oberflächen mit Kugeln oder Sand gestrahlt: a) spritzaluminisiert oder mit einem zinkbasiertem Produkt spritzverzinkt; b) mit Alkali-Zink-Silikat-Anstrich mit einer Dicke von 50 μm bis 80 μm	B	0,40
Oberflächen mittels Drahtbürsten oder Flammstrahlen gereinigt, loser Rost entfernt	C	0,30
Oberflächen im Walzzustand	D	0,20

[DIN EN 1090-2]

... für andere als gleitfeste Verbindungen

- ⇒ Vorspannkraftverluste durch Kriechen der Beschichtung beachten
- ⇒ EN 1090-2 macht dazu nur undifferenzierte Angaben
- ⇒ Empfehlung der Verfasser: weiterhin Tabelle 4 von DIN 18800-7 beachten

■ Wiederverwendbarkeit gelöster Garnituren

Schraubengarnituren bis $F_{p,C}$ angezogen

- ⇒ Wiederverwendbarkeit ausgeschlossen, da Schraube beim Anziehen planmäßig bis in den plastischen Bereich beansprucht.

Schraubengarnituren mit Hilfe des modifizierten Drehmomentenverfahrens nur bis $F_{p,C}^*$ angezogen

- ⇒ Wiederverwendbarkeit möglich, wenn folgende Bedingungen eingehalten sind:
- (1) Überprüfen der Schraube nach dem Lösen auf bleibende Schädigung.
Eine „nicht bleibende Schädigung“ liegt dann vor, wenn die Schraube
 - nicht sichtbar verbogen ist und
 - wenn sich die Mutter noch von Hand auf die gesamte Gewindelänge aufschrauben lässt.
 - (2) Verwendung einer neuen geschmierten Mutter desselben Herstellers.

Vorspannkraft

Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$

$$F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_S$$

Reduzierte Vorspannkraft $F_{p,C}^*$

$$F_{p,C}^* = 0,7 \cdot f_{yb} \cdot A_S$$

Bruch-, Fließ- und Vorspannkraft [kN] von Schraubengarnituren		Zugrunde liegendes Produkt-Regelwerk											
		EN 14399-i							DASt-Ri 021				
		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36	M42	M48	M56	M64
10.9	Nom. Zugbruchkraft $F_{b,u} = A_{s,nom} \cdot f_{ub}$	84,3	157	245	303	353	459	561	817	1121	1473	2030	2676
	Nom. Zugfließkraft $F_{b,y} = A_{s,nom} \cdot f_{yb}$	75,9	141	221	273	318	413	505	735	1009	1326	1827	2408
	Volle Vorspannkraft $F_{p,C}^{1)}$	59,0	110	172	212	247	321	393	572	---	---	---	---
	<i>Red. Vorspannkraft $F_{p,C}^{*2)}$</i>	<i>50,0</i>	<i>100</i>	<i>160</i>	<i>190</i>	<i>220</i>	<i>290</i>	<i>350</i>	<i>510</i>	<i>710</i>	<i>930</i>	<i>1280</i>	<i>1680</i>
8.8	Nom. Zugbruchkraft $F_{b,u} = A_{s,nom} \cdot f_{ub}$	67,4	126	196	243	282	367	449	654				
	Nom. Zugfließkraft $F_{b,y} = A_{s,nom} \cdot f_{yb}$	54,0	100	157	194	226	294	359	523				
	Volle Vorspannkraft $F_{p,C}^{2)}$	47,0	88,0	137	170	198	257	314	458				
	<i>Red. Vorspannkraft $F_{p,C}^{*2)}$</i>	<i>35,0</i>	<i>70,0</i>	<i>110</i>	<i>130</i>	<i>150</i>	<i>200</i>	<i>245</i>	<i>355</i>				

¹⁾ nach EN 1993-1-8 und EN 1090-2 ²⁾ nach DIN EN 1993-1-8/NA

■ Planmäßiges Vorspannen – Vorspannverfahren (Anziehverfahren)

Zur Erhöhung
der Tragsicherheit

- Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$
 $F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_S$
- Drehmoment-Vorspannverfahren
- **Kombiniertes Vorspannverfahren** ¹⁾
- Vorspannkraftgesteuertes Anziehen
(z. B. Einsatz von DTI-Scheiben)
- Torsionsfestigkeitsgesteuertes
Anziehen (z. B. Anziehen von HRC-
Schrauben)
- {Streckgrenzengesteuertes Anziehen
(Maschinenbau)} ²⁾
- {Ziehende Vorspannverfahren} ²⁾

Zur Verbesserung
der Gebrauchstauglichkeit

- Reduzierte Vorspannkraft $F_{p,C}^*$
 $F_{p,C}^* = 0,7 \cdot f_{yb} \cdot A_S$
- Modifiziertes Drehmoment-
Vorspannverfahren nach DIN EN
1993-1-8/NA
- Modifiziertes Kombiniertes
Vorspannverfahren nach DIN EN
1993-1-8/NA
- Drehimpuls-Vorspannverfahren nach
DIN EN 1993-1-8/NA

¹⁾ Einziges der vier Normverfahren von DIN EN 1090-2,
das gemäß DIN EN 1993-1-8/NA in Deutschland
eingesetzt werden sollte (darf ???)

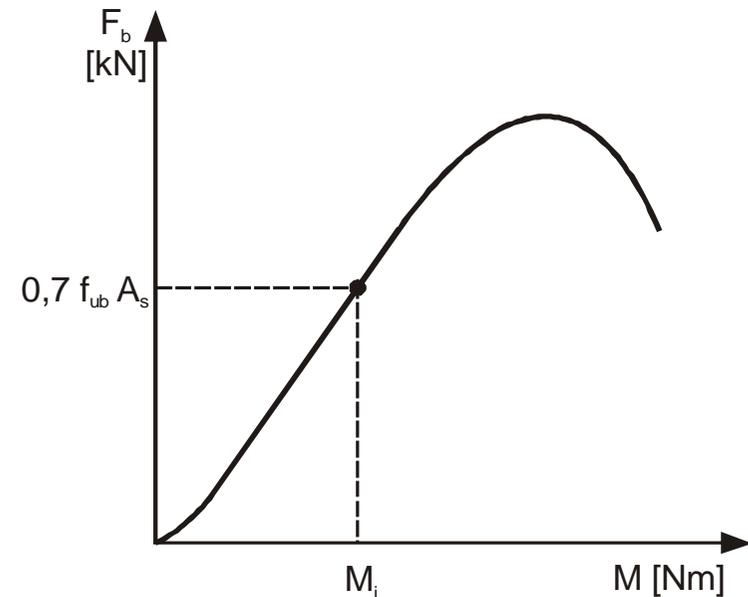
²⁾ Nur mit Verfahrensprüfung einsetzbar

Kalibrierte Schmierung / k-Klasse

k-Klasse

- ⇒ Beschreibt die Qualität der Schmierung im Anlieferungszustand der Schraubengarnitur
- ⇒ Auf ihrer Basis gewährleistet der Hersteller, dass nach sachgemäßen Anziehen der Garnitur die Schraube die gewünschte Vorspannkraft aufweist.
- ⇒ Nach DIN EN 14399-2 gilt:

$$k = \frac{M}{d \cdot F_{p,C}}$$



Definition der k-Klassen nach EN 14399-1

Wortlaut EN 14399-1, Tabelle 6		Bemerkungen der Verfasser
k-Klasse	zu liefernde Information	
K0	keine Anforderung an den k-Faktor	---
K1	Bereich der individuellen Prüfwerte k_i	entspricht im Prinzip der traditionellen deutschen Vorspanntechnologie
K2	Mittelwert des k-Faktors k_m , Variationskoeffizient des k-Faktors V_k	sehr kostenaufwendig

■ Kalibrierte Schmierung / k-Klasse

k-Klasse K2

- anspruchvollste k-Klasse
- spezifischer k_m -Wert wird für das jeweilige Los bei jeder Lieferung vom Hersteller mitgeliefert
- für HV- u. HR-Systeme gilt

$$0,10 \leq k_m \leq 0,23$$

$$V_k \leq 0,10$$

k-Klasse K1

- Hersteller garantiert, dass seine individuellen Prüf-werte k_i innerhalb eines zulässigen Streubandes liegen
- keine Statistik für jedes Los erforderlich
- für HV- u. HR-Systeme gilt

$$0,10 \leq k_i \leq 0,16$$

k-Klasse K0

- einfachste k-Klasse
- Hersteller stellt lediglich sicher, dass Garnitur überhaupt geschmiert ist
- ohne quantitative Kalibrierung

Qualität der Schmierung für das Drehmoment-Vorspannverfahren von großer Bedeutung.

⇒ Normforderung nach k-Klasse K2

Beim Kombinierten Vorspannverfahren muss nur sichergestellt sein, dass die Mutter ausreichend geschmiert ist.

⇒ Normforderung nach k-Klasse K1

Drehmoment-Vorspannverfahren nach DIN EN 1090-2

Soll-Anziehmomente [Nm] von Schraubengarnituren			Zugrunde liegendes Produkt-Regelwerk											
			EN 14399								DASt-Ri 021			
			M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36	M42	M48	M56	M64
10.9-HR/HV EN 1090-2 K2	$M_{A,Soll} =$ $1,10 \cdot k_m \cdot d \cdot F_{p,C}$	min ¹⁾	78	193	377	513	652	954	1296	2265	---	---	---	---
		max ¹⁾	179	445	868	1181	1500	2195	2981	5209	---	---	---	---
10.9-HV modifiziert K1	$M_{A,Soll}^* =$ $0,15 \cdot d \cdot F_{p,C}^*$	genau	96	237	464	631	801	1171	1591	2778	4450	6683	10742	16182
		rund ²⁾	100	250	450	650	800	1250	1650	2800	4500	6500	10000	15000
8.8-HR EN 1090-2 K2	$M_{A,Soll} =$ $1,10 \cdot k_m \cdot d \cdot F_{p,C}$	min ¹⁾	62	155	302	412	521	763	1037	1813				
		max ¹⁾	143	357	694	947	1199	1755	2386	4170				
8.8-SB modifiziert K1	$M_{A,Soll}^* =$ $0,15 \cdot d \cdot F_{p,C}^*$	genau	68	168	330	448	570	833	1131	1977				
		rund ²⁾	70	170	300	450	600	900	1200	2100				

¹⁾ nach EN 1993-1-8 / EN 1090-2 (K2) ²⁾ nach DIN EN 1993-1-8/NA (K1)

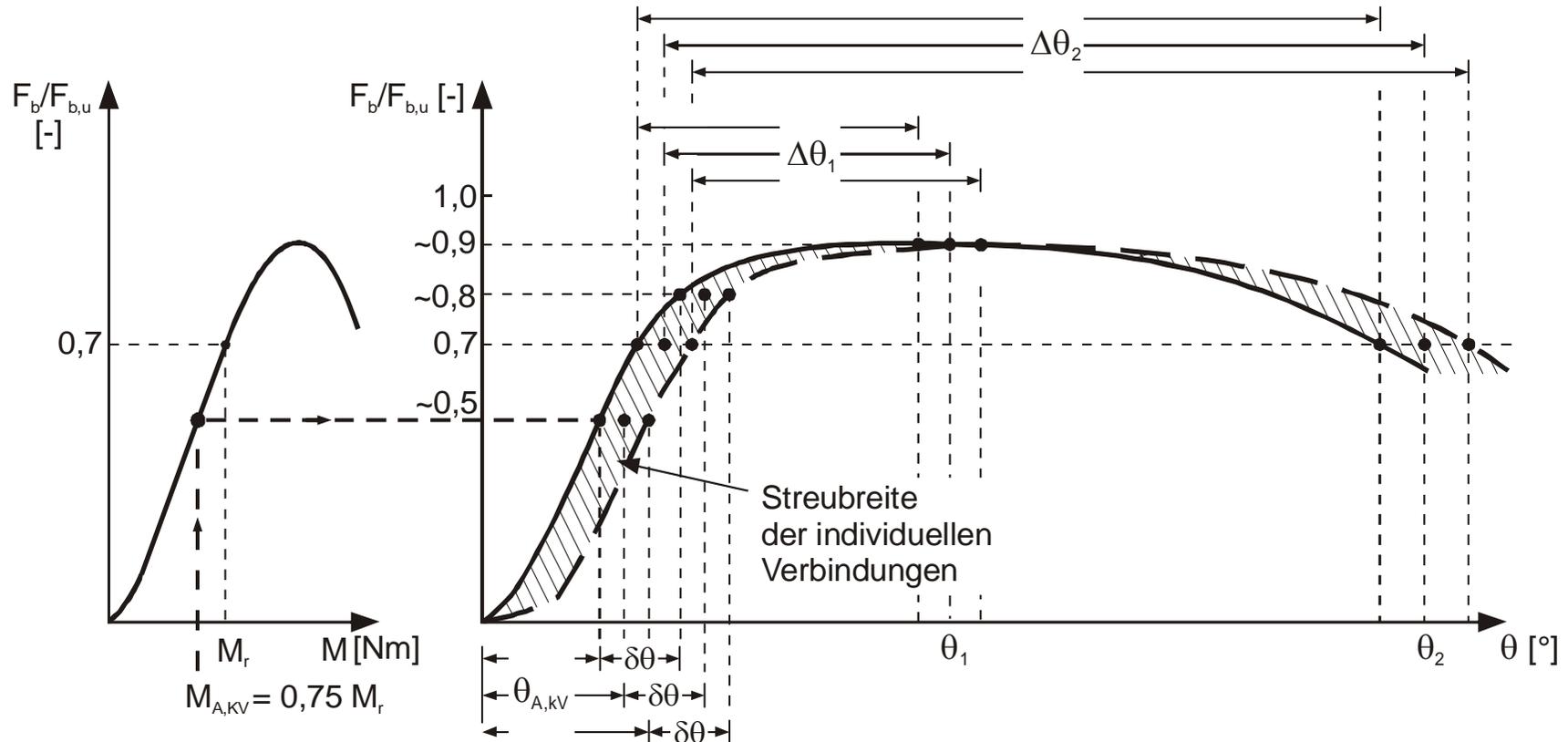
Kombiniertes Vorspannverfahren nach DIN EN 1090-2

1. Anziehschritt

Vorspannkraft-Anziehmoment-Kurve

2. Anziehschritt

Vorspannkraft-Drehwinkel-Kurve



■ Kombiniertes Vorspannverfahren nach DIN EN 1090-2

1. Anziehschritt:

Es wird **drehmomentgesteuert** auf ein Voranziehmoment von 75% des Referenz-Anziehmomentes angezogen

2. Anziehschritt:

Es wird ein **Weiterdrehwinkel** nach folgender Tabelle aufgebracht:

Weiterdrehwinkel des zweiten Anziehschrittes der Kombinierten Vorspannverfahren				
Klemmlänge: Gesamtnennndicke „ Σt “ der zu verbindenden Teile (einschließlich aller Futterbleche und Scheiben) (d = Schrauben- \emptyset)	Im 2. Anziehschritt aufzubringender Weiterdrehwinkel		Zähigkeits-/ Duktilitätskriterien nach EN 14399-3 und -4	
	Kombiverfahren EN 1090-2 10.9-HR/HV $\delta\theta$	modifiziertes Kombiverfahren 10.9-HV $\delta\theta^*$	$\Delta\theta_1$	$\Delta\theta_2$
$\Sigma t < 2d$	60°	45°	$\geq 90^\circ$	$\geq 210^\circ$
$2d \leq \Sigma t < 6d$	90°	60°	$\geq 120^\circ$	$\geq 240^\circ$
$6d \leq \Sigma t < 10d$	120°	90°	$\geq 150^\circ$	$\geq 270^\circ$

■ Modifiziertes Drehmomentverfahren nach DIN EN 1993-1-8/NA

... ist identisch mit traditionellem Drehmomentverfahren nach DIN 18800-7 !

- ⇒ Garnituren mit Schmierung nach k-Klasse K1 ausreichend
- ⇒ Anziehen mit gerundeten modifizierten Soll-Anziehmomenten $M_{A,Soll}^*$ (seit fast fünf Jahrzehnten in Deutschland bewährt)
- ⇒ Nachziehen möglich, Feinjustieren auf Höhe des Soll-Anziehmomentes möglich

Sonderfall Schraubengarnituren mit Durchmessern > M36

- ⇒ In der DAST-Richtlinie 021 geregelt

Sonderfall Schraubengarnituren mit Durchmessern < M12

Empfohlene gebrauchstauglichkeitsorientierte Vorspannkraft und zugehörige Soll-Anziehmomente für Standard-Metallbaugarnituren M8 bis M12 (schwarz, leicht geölt)

	A_s [mm ²]	FK 5.6		FK 8.8		FK 10.9	
		$F_{p,C}^*$ [kN]	$M_{A,Soll}^*$ [Nm]	$F_{p,C}^*$ [kN]	$M_{A,Soll}^*$ [Nm]	$F_{p,C}^*$ [kN]	$M_{A,Soll}^*$ [Nm]
M8	36,6	8	12	17	26	24	37
M10	58,0	13	24	27	50	35	70
M12	84,3	18	42	40	90	50	120

Andere geschraubte Verbindungen

- ⇒ Nicht jede Verbindung mit Gewindeteilen, die **keine** Schraube/Mutter-Kombination darstellt, ist deshalb schon eine „**besondere Verbindung**“, für die nach EN 1090-2 eine Verfahrensprüfung erforderlich wäre
- ⇒ Ankerschrauben, Gewindebolzen, Gewindestangen, Schraubmuffen, Spannschlösser, Gewindelöcher, Sacklöcher usw. sind durch EN 1090-2 abgedeckt
- ⇒ ... **diese „Verbindung“ allerdings nicht !!!**





Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!