



Verschraubungen im Stahlbau – (K)eine große Sache?

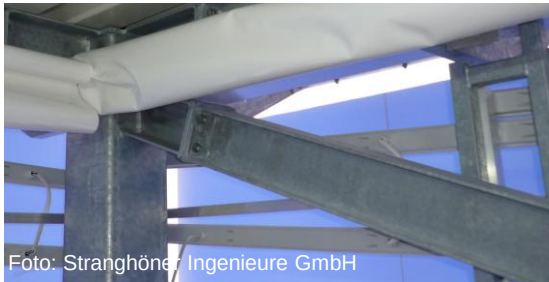
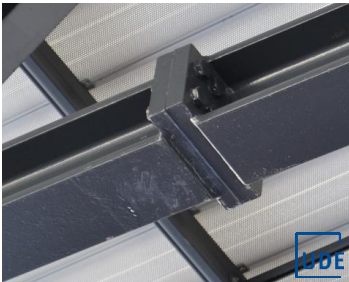
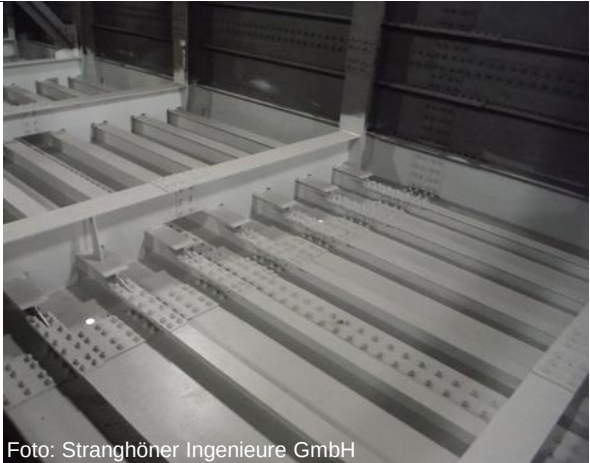
Prof. Dr.-Ing. habil. Natalie Stranghöner
Dr.-Ing. Dominik Jungbluth

Institut für Metall- und Leichtbau
Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle NRW71

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

(Nicht) vorgespannte geschraubte Verbindungen



DEUTSCHE NORMSeptember 2024

DIN EN 1090-2

DIN

ICS 91.080.13Ersatz für
DIN EN 1090-2:2018-09

**Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken –
Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken;
Deutsche Fassung EN 1090-2:2018+A1:2024**

Execution of steel structures and aluminium structures –
Part 2: Technical requirements for steel structures;
German version EN 1090-2:2018+A1:2024

Exécution des structures en acier et des structures en aluminium –
Partie 2: Exigences techniques pour les structures en acier;
Version allemande EN 1090-2:2018+A1:2024

+

DB StandardDezember 2020

DB

Technische Lieferbedingungen für die
**Ausführung von stählernen
Eisenbahnbrücken**
und sonstigen Ingenieurbauwerken

DBS
918 005

deutsche Bahn AG.

	Inhalt	Seite
	Vorwort	3
	Änderungen	3
	Einleitung	3
1	Anwendungsbereich	4
2	Normative Verweisungen und mitgeltende Regelwerke	4
2.1	Normative Verweisungen	4
2.2	Mitgeltende Regelwerke	5
2.3	Begriffe	10
2.4	Abkürzungsverzeichnis	12
2.5	Erläuterungen zur Anwendung des DBS 918 005	13
2.6	Erläuterungen zur Anwendung von Zulassungen	13

+

Deutscher
Ausschuß für Stahlbau DAST

2024

DAST – Richtlinie 024

+ Amendment A1:2026-08

Anziehen von geschraubten
Verbindungen der
Abmessungen M8 bis M39

⇒ MVV TB 2027/1, Anlage A 1.2.4/5

+

Deutscher
Ausschuß für Stahlbau DAST

~~2013~~
2026-11

DAST – Richtlinie 021

Schraubenverbindungen aus
feuerverzinkten Garnituren
M 39 bis M72 entsprechend
DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6

+

Bundesministerium für Verkehr

Zusätzliche Technische
Vertragsbedingungen und Richtlinien
für Ingenieurbauten

ZTV-ING

Januar 2026

Schraubenkategorien und Zielebenen des Vorspannens

Nicht vorgespannte Verbindungen

Schrauben, die nicht vorgespannt und nur handfest angezogen werden.

Zielebene II des Vorspannens – ZII

Geschraubte Verbindungen, die rein aus Gebrauchstauglichkeitsgründen vorgespannt werden, um

- Schlupf und
- Verformungen zu vermeiden.

⇒ **Kat. A und D** nach DIN EN 1993-1-8

Zielebene I des Vorspannens – ZI

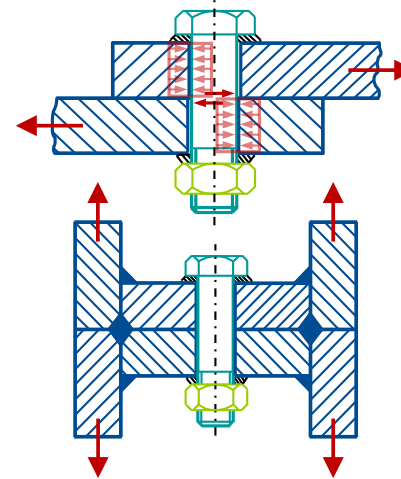
Geschraubte Verbindungen,

- die zur Sicherstellung der Tragfähigkeit vorgespannt werden und
- bei denen die Vorspannung in die Bemessung einfließt.

⇒ **Kat. B/ C sowie E** nach DIN EN 1993-1-8

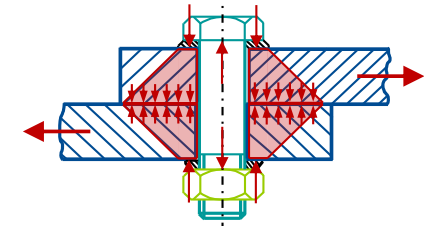
Schraubenkategorien nach DIN EN 1993-1-8

Scherverbindungen

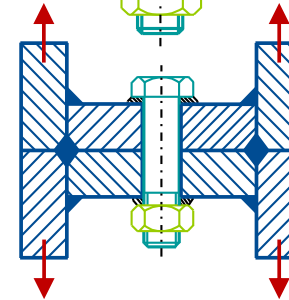


Kategorie A
Scher-/Lochleibungs-
verbindung
FK 4.6 bis 10.9

Kategorie B | C
Gleitfeste Verbindung
im GZG | GZB
FK 8.8 und 10.9

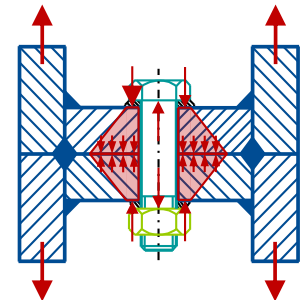


Zugverbindungen



Kategorie D
Nicht vorgespannte
Zugverbindung
FK 4.6 bis 10.9

Kategorie E
Vorgespannte
Zugverbindung
FK 8.8 und 10.9



Zielebene II

Gebrauchstauglichkeitsrelevantes Vorspannen

- ⇒ Vorspannungsfrei bemessene Kategorien A (und D) nach DIN EN 1993-1-8, die zur qualitativen Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit dennoch vorgespannt werden
- ⇒ Schlupfminimierung
- ⇒ Verformungssteifigkeit

Zielebene I

Tragsicherheitsrelevantes Vorspannen

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

DAST-Richtlinie 024, 2

ANMERKUNG: Vorgespannte Verbindungen der **Zielebene II** sind mit der **gleichen Sorgfalt** vorzuspannen wie Verbindungen der Zielebene I. Demnach sind ebenfalls die Anziehschritte mit kalibrierten Anziehgeräten gemäß den zutreffenden Abschnitten 5.3 bis 5.6 durchzuführen, allerdings dürfen bei der Kontrolle und Prüfung geringere Anforderungen angesetzt werden.

Nicht vorgespannte Verbindungen

Garnituren mit SB-Kennzeichnung

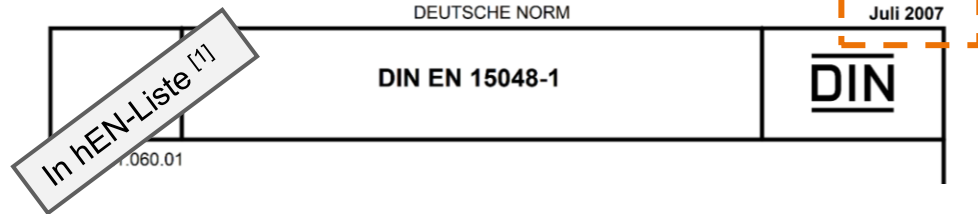


Foto: Fuchs Schraubenwerk GmbH



Empfohlene „Handfest“-Anziehdrehmomente $M_{A,h}$
unabhängig von der Festigkeitsklasse

DAST-Richtlinie 024, Tab. 1

Schraube	M8	M10	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
$M_{A,h}$ in Nm	5	10	15	35	60	90	110	165	220	350



Anziehen

DAST-Richtlinie 024, 4.2

- Nach DIN EN 1090-2 sind nicht vorgespannte geschraubte Verbindungen **„handfest“ anzuziehen**.
- Handfestanziehdrehmomente können aufgebracht werden.
- Schlagschrauber sind dabei gemäß DIN EN 1090-2 abzuschalten, sobald der Schrauber zu hämmern beginnt.

Zugversuch

an Garnituren
aus Schrauben
und Muttern
nach
DIN EN 15048-2

Hier:
Gewindestange
M48 – 8.8



Kontrolle und Prüfung

DAST-Richtlinie 024, 4.3

- Alle Verbindungen** sind einer **Sichtprüfung** zu unterziehen.
- Überprüfung auf
 - fehlende Garnituren,
 - zu geringe Gewindeüberstände und
 - zu große Restspalte.

[1] hEN-Liste: Harmonisierte Normen, die im „Official Journal of the European Union (OJ)“ veröffentlicht sind.

M8 bis M10: Garnituren für nicht vorgespannte Schraubenverbindungen

Lochspiel und –toleranz nach DAST-Richtlinie 024

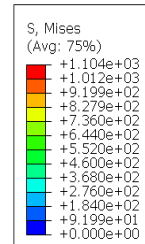
DAST-Richtlinie 024, 4.1

SB-Garnituren nach DIN EN 15048-1 der Schraubendurchmesser **M8 und M10** mit Lochspiel nach DIN EN 20273, **Reihe mittel**, und Lochtoleranz H12 nach DIN EN ISO 286-2

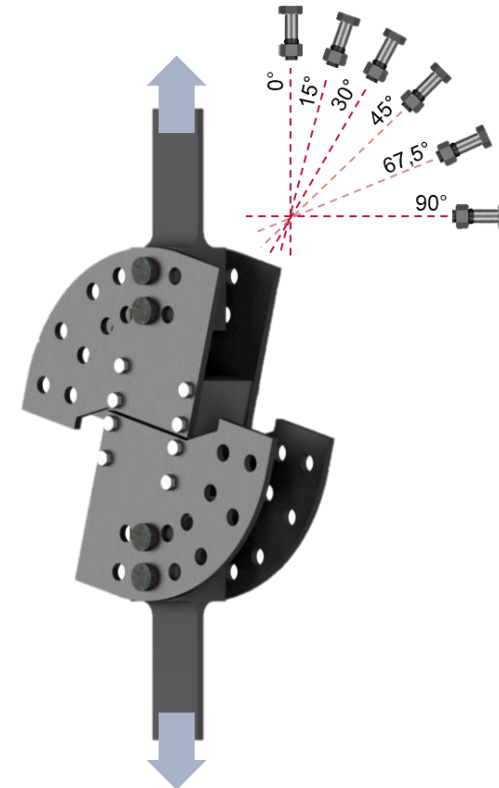
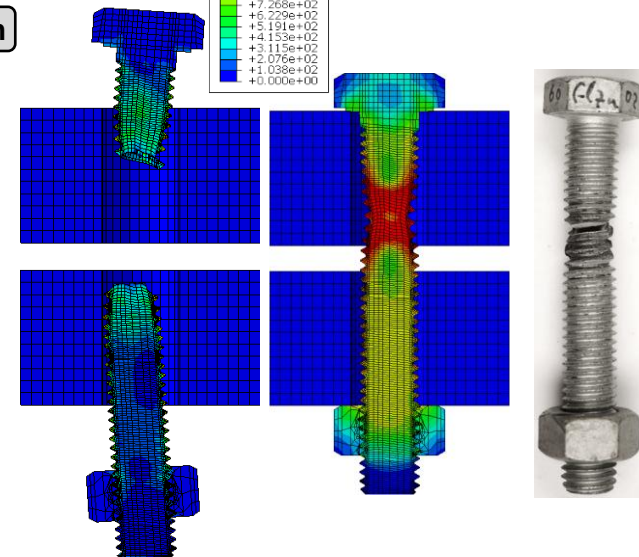
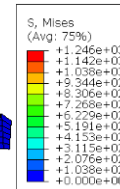
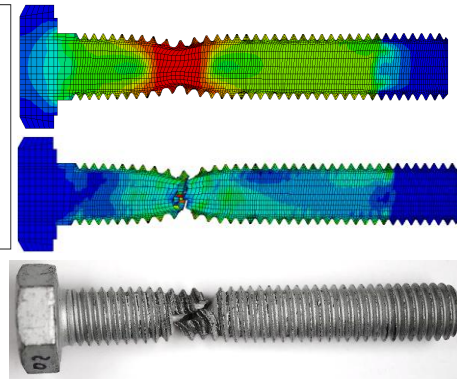
- Einsatz als Kategorie A Verbindung
- Einsatz als Kategorie D Verbindungen ebenfalls möglich:
Reduzierung der Zugtragfähigkeit ist experimentell nachzuweisen.
- Feuerverzinkte Schrauben: Zugtragfähigkeit aufgrund der geringeren Flankenüberdeckung der Gewinde, siehe auch DIN EN ISO 10684, zusätzlich um 10 % zu reduzieren.

Lochspiel nach DIN EN 20273, Reihe mittel

- M10 $\Rightarrow$ 1 mm
- M8 $\Rightarrow$ 1 mm
- M6 $\Rightarrow$ 0,6 mm



M10, ISO 4017, FK 10.9, flZn



Vorgespannte Verbindungen

Vorspannbare Garnituren M12-M36

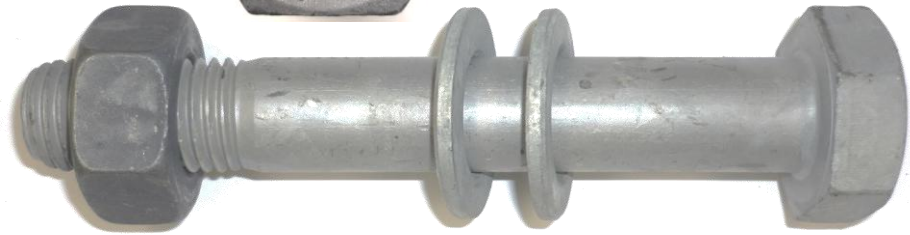
DEUTSCHE NORM

April 2015

DIN EN 14399-1

DIN

ICS 21.060.01

Ersatz für
DIN EN 14399-1:2006-06

M39-M72 ⇒ DAST-Richtlinie 021

Deutscher
Ausschuß für Stahlbau DAST

2013

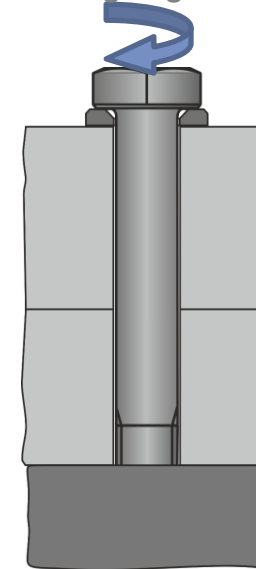
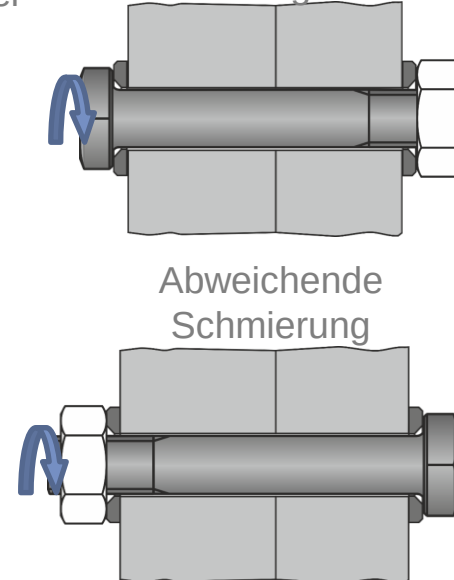
DAST – Richtlinie 021

2026-11

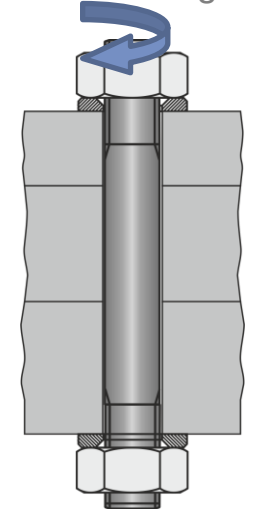
Schraubenverbindungen aus
feuerverzinkten Garnituren
M 39 bis M72 entsprechend
DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6

Verfahrensprüfung

- Mehrfachverwendungen
- keine Garnitur nach DIN EN 14399
- nicht definierte Anziehparameter
- Vorspannen von Gewindestangen
- etc.

Sack- und
DurchgangslöcherKopfseitiger
AnzugAbweichende
Schmierung

Gewindestangen



DAST-Richtlinie 024, 11

„...ist die Durchführung und Anerkennung der Verfahrensprüfung mit der zuständigen Bauaufsicht abzustimmen.“

Modifiziertes Drehmoment-Vorspannverfahren (MDV) – Anziehen

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

HV-Garnituren M12-M36 – k-Klasse K1

Handfestes
Anziehen

Fixierung der
Bauteile

Vorspannen mit
 $M_{vor} = 0,75 M_A$

Vollständiges
Zusammenziehen
der Bauteile

Vorspannen mit
 M_A

Aufbringung
der finalen
Vorspannkraft

DAST-Richtlinie 024, 5.4.1

Zielebene I: Nachziehen mit $1,0 M_A$ nach 3 bis 7 Tagen zur Vermeidung von übermäßigen Vorspannkraftverlusten.

ANMERKUNG: Für Verbindungen der Kategorie E wird das Vorspannen auf eine Vorspannkraft $F_{p,C}$ nach Abschnitt 5.3 empfohlen.

ANMERKUNG: Der erste Anziehschritt dient zum vollständigen Zusammenziehen der Bauteile und darf daher nicht beliebig klein gewählt werden.

DAST-Richtlinie 024, 2

ANMERKUNG: Vorgespannte Verbindungen der **Zielebene II** sind mit der **gleichen Sorgfalt** vorzuspannen wie Verbindungen der Zielebene I. ...

DAST-Richtlinie 024, 5.4.2, Tab. 8

Zielebene I: Unabhängig von der Ausführungsklasse EXC2 bis EXC4 sind nach dem zweiten Anziehschritt ausgewählte Verbindungen mit einem **Kontrollanziehdrehmoment von $1,0 M_A$** zu überprüfen. ...

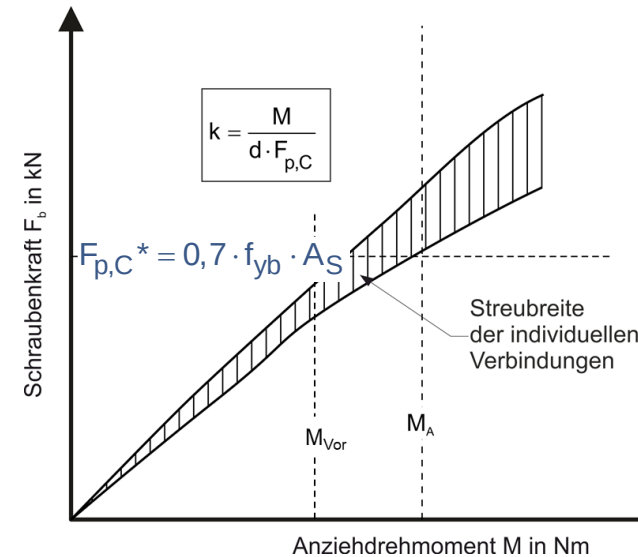


Foto: mageba

Drehmomentschlüssel

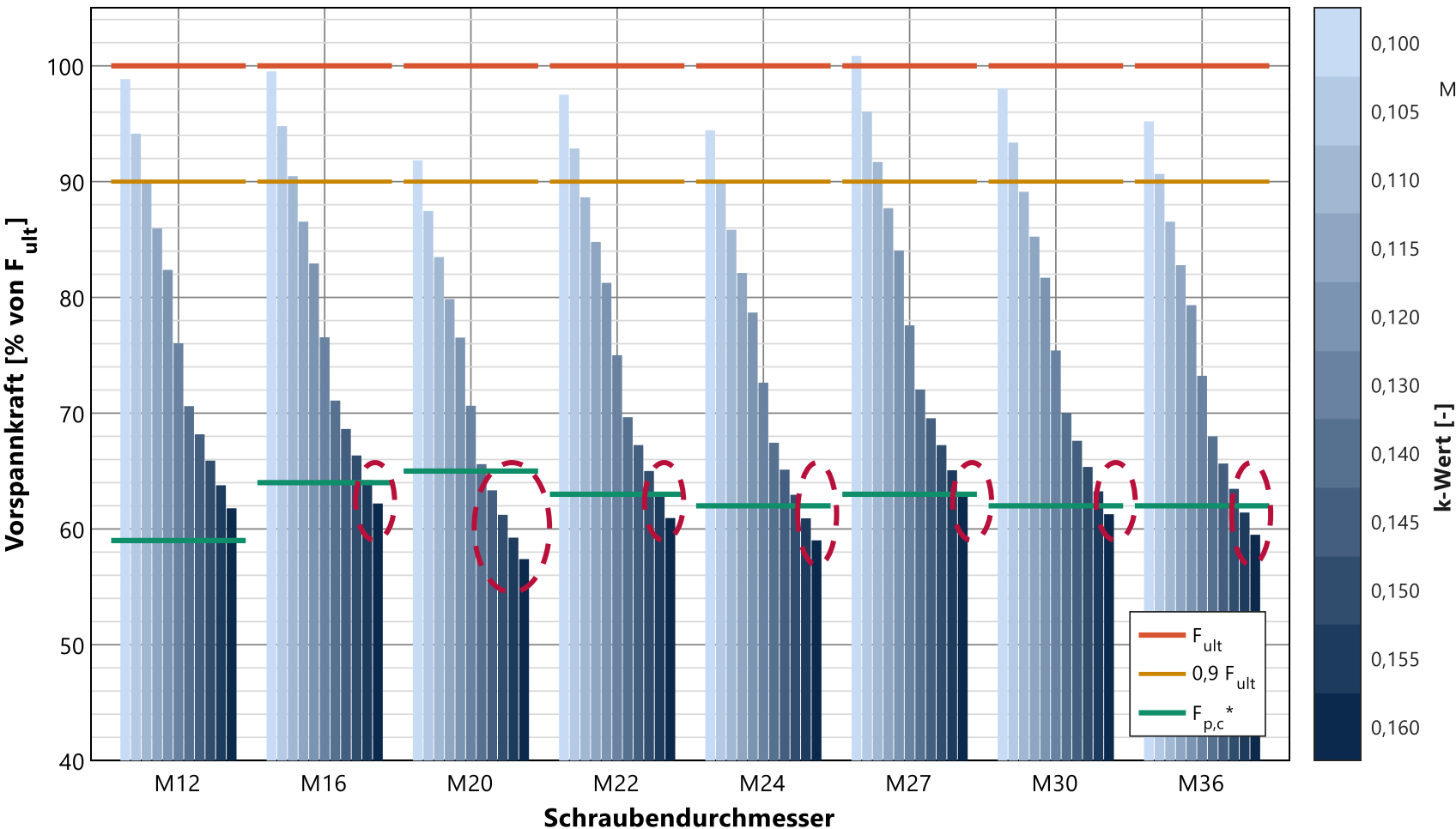


Fotos: Stranghörer Ingenieure GmbH

k-Klasse K1 hat für HV-Schrauben die folgenden Einschränkungen:

- Große k_i -Werte $\Rightarrow$ Gefahr, dass $F_{p,C}^*$ nicht zuverlässig erreicht wird
- Geringe k_i -Werte $\Rightarrow$ Gefahr des Überziehens der Verbindung

DAST-Ri 024 - F_v/F_{ult} in %



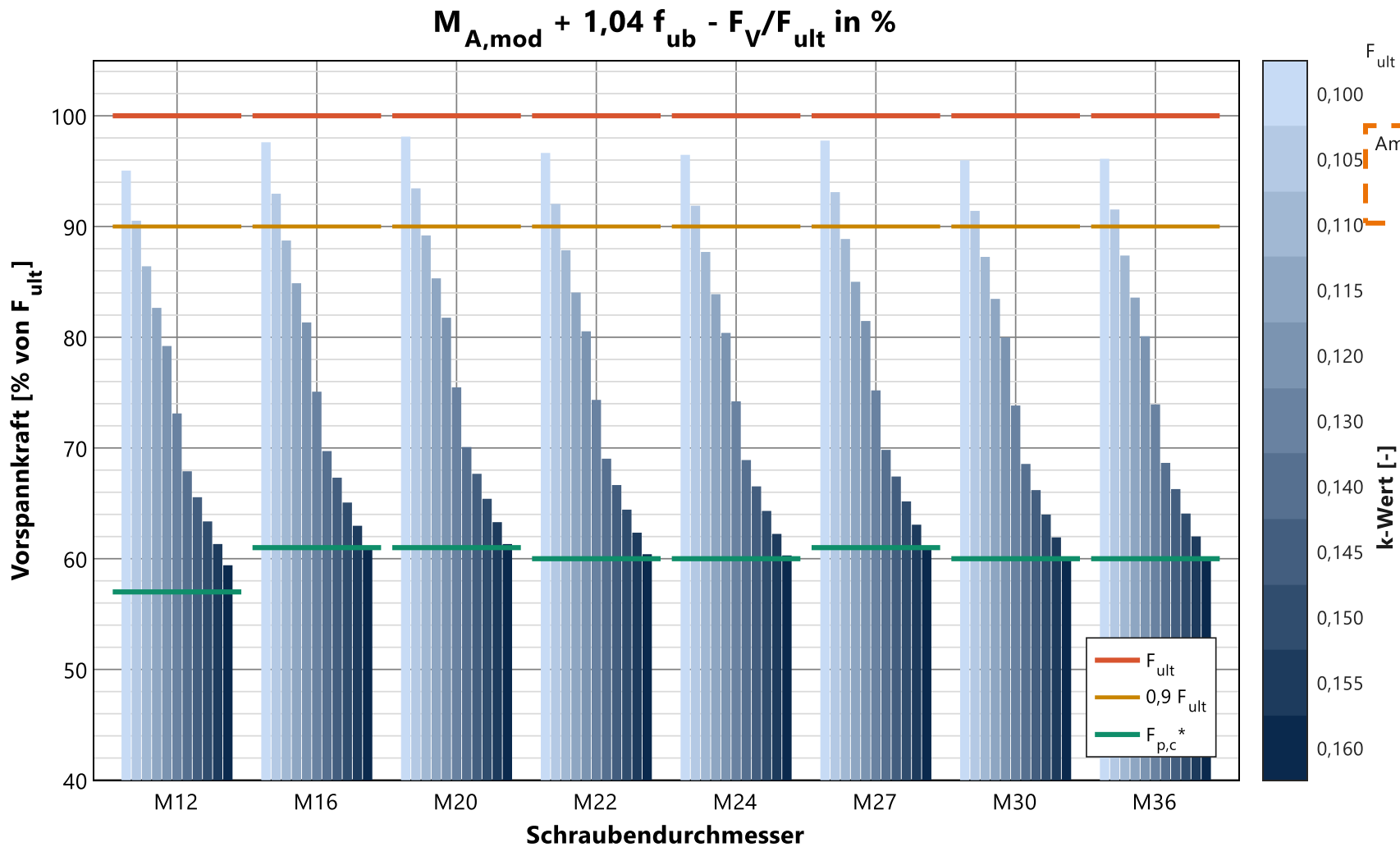
DAST-Ri 024 - F_v

	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
A_s	84.3	157	245	303	353	459	561	817
$F_{ult} = f_{ub,nom} A_s$	84.3	157	245	303	353	459	561	817
$0,9 F_{ult}$	75.9	141.3	220.5	272.7	317.7	413.1	504.9	735.3
M_A - DAST-Rili 024	100	250	450	650	800	1250	1650	2800
$F_{p,C}^*$	50	100	160	190	220	290	350	510
0,100	83	156	225	295	333	463	550	778
0,105	79	149	214	281	317	441	524	741
0,110	76	142	205	269	303	421	500	707
0,115	72	136	196	257	290	403	478	676
0,120	69	130	188	246	278	386	458	648
0,130	64	120	173	227	256	356	423	598
0,140	60	112	161	211	238	331	393	556
0,145	57	108	155	204	230	319	379	536
0,150	56	104	150	197	222	309	367	519
0,155	54	101	145	191	215	299	355	502
0,160	52	98	141	185	208	289	344	486

nahe $F_{p,C}^*$ nahe F_{ult}
rote Umrandung: $F_v \geq F_{ult}$ (—) bzw. $F_v \leq F_{p,C}^*$ (--)

DAST-Richtlinie 024 + Amendment A1 – Vorspannparameter MDV

- Berücksichtigung der Mindestzugfestigkeit von $1,04 f_{ub,nom} = f_{ub,min}$ in Verbindung mit **geringerer Torsion** bei kleinen k-Werten und somit höheren möglichen Vorspannkraften sowie
- Anpassung der Anziehdrehmomente für M16 bis M36 und
- Korrektur der Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ für den Durchmesser M20 auf $F_{p,C}^* = 0,7 f_{ub} A_s = 155 \text{ kN}$



$M_{A,mod} + 1,04 f_{ub} - F_V$

	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
A_s	84.3	157	245	303	353	459	561	817
$F_{ult} = 1,04 f_{ub,nom} A_s$	87.7	163.3	254.8	315.1	367.1	477.4	583.4	849.7
$0,9 F_{ult}$	78.9	147.0	229.3	283.6	330.4	429.6	525.1	764.7
Amendment A1 M_A	100	255	500	670	850	1260	1680	2940
$F_{p,C}^*$	50	100	155	190	220	290	350	510
0,100	83	159	250	305	354	467	560	817
0,105	79	152	238	290	337	444	533	778
0,110	76	145	227	277	322	424	509	742
0,115	72	139	217	265	308	406	487	710
0,120	69	133	208	254	295	389	467	681
0,130	64	123	192	234	272	359	431	628
0,140	60	114	179	218	253	333	400	583
0,145	57	110	172	210	244	322	386	563
0,150	56	106	167	203	236	311	373	544
0,155	54	103	161	196	228	301	361	527
0,160	52	100	156	190	221	292	350	510

nahe $F_{p,C}^*$ (blue) nahe F_{ult} (red)

rote Umrandung: $F_V \geq F_{ult}$ (—) bzw. $F_V \leq F_{p,C}^*$ (--)

Modifiziertes Drehmoment-Vorspannverfahren (MDV) - Anziehparameter

Vorspannkraftniveau $F_{p,C}^* = 0,7 f_{yb} A_s$

HV-Garnituren M12-M36 – k-Klasse K1 DAST-Richtlinie 024, 5.4.1

Schraubengarnitur	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ in kN	50	100	160	190	220	290	350	510
Anziehdrehmoment M_A in Nm	100	250	450	650	800	1250	1650	2800
Voranziehdrehmoment M_{Vor} in Nm	75	190	340	490	600	940	1240	2100

Deutscher
Ausschuß für Stahlbau DAST

2024 DAST – Richtlinie 024
+ Amendment A1:2026-08

Anziehen von geschraubten
Verbindungen der
Abmessungen M8 bis M39

Problematik

- k_i -Fenster der K-Klasse K1 ($0,10 \leq k_i \leq 0,16$)
⇒ teilweise zu groß für MDV
- Kleine k_i -Werte
⇒ Gefahr des Überziehens der HV-Garnitur
- Große k_i -Werte
⇒ Gefahr, dass $F_{p,C}^*$ nicht erreicht wird

Lösung

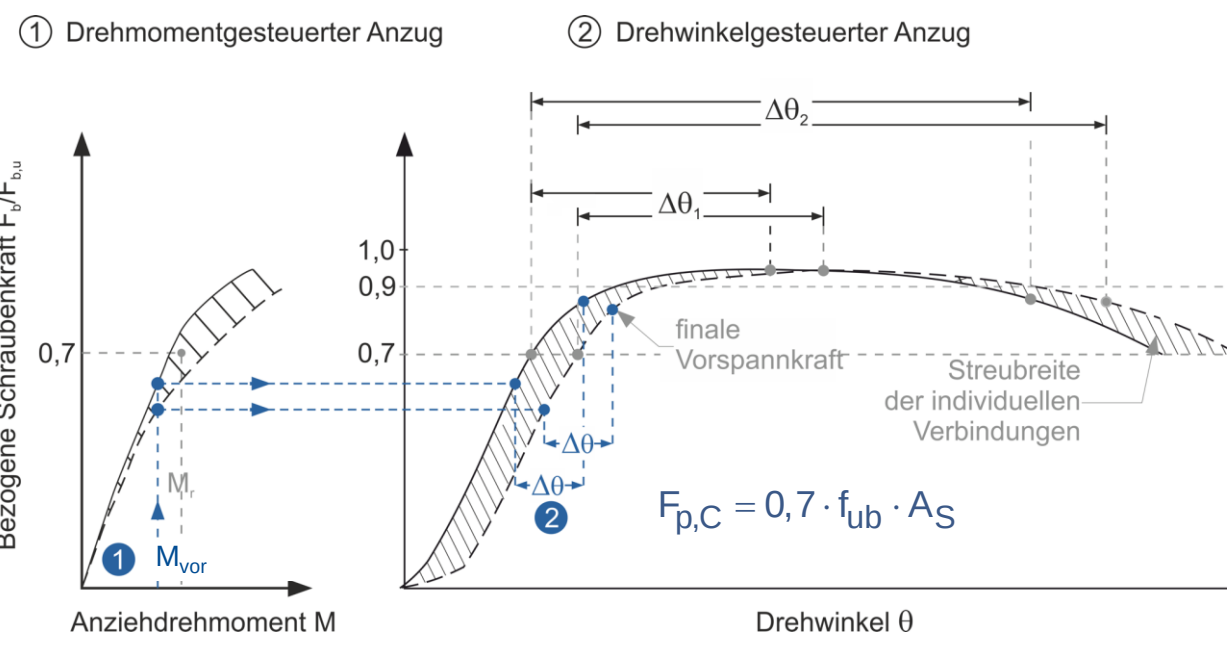
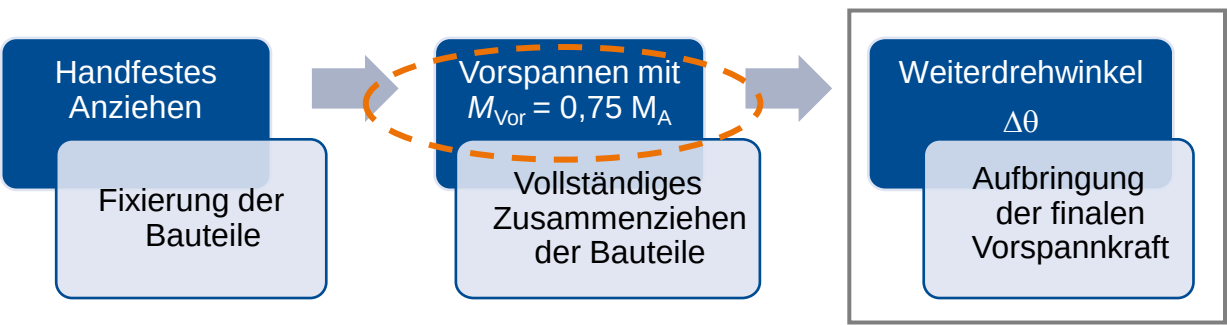
- ⇒ Anpassung der Vorspannkraft für M20
- ⇒ Anpassung der Anzieh- und Voranziehdrehmomente für M16 bis M36

DAST-Richtlinie 024+A1, 5.4.1

Schraubengarnitur	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ in kN	50	100	155	190	220	290	350	510
Anziehdrehmoment M_A in Nm	100	260	500	670	850	1260	1680	2940
Voranziehdrehmoment M_{Vor} in Nm	75	200	380	500	640	950	1260	2210

Kombiniertes Verfahren (KV)

Vorspannkraftniveau $F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$
HV-Garnituren M12-M36 – k-Klasse K1



Hydraulischer Drehmomentschrauber

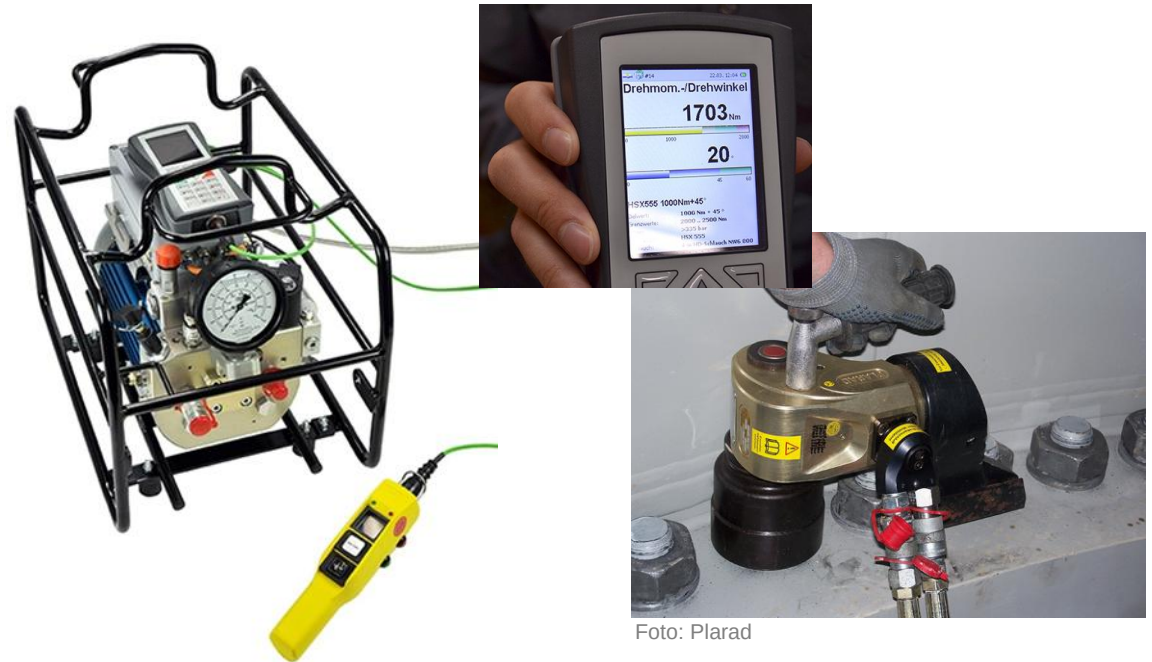
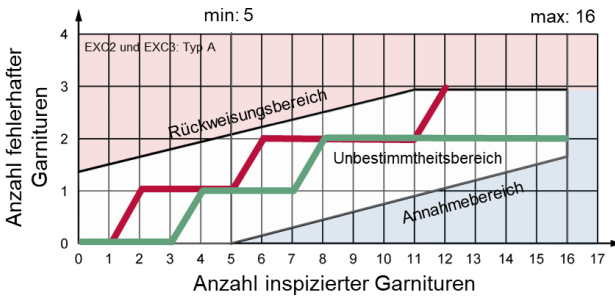


Foto: Stranghörer Ingenieure GmbH

Prüfung und Kontrolle Sequentieller Stichprobenplan Typ A



Kontrolle und Prüfung

Mindest-Gewindeüberstand $\ddot{U}_a$

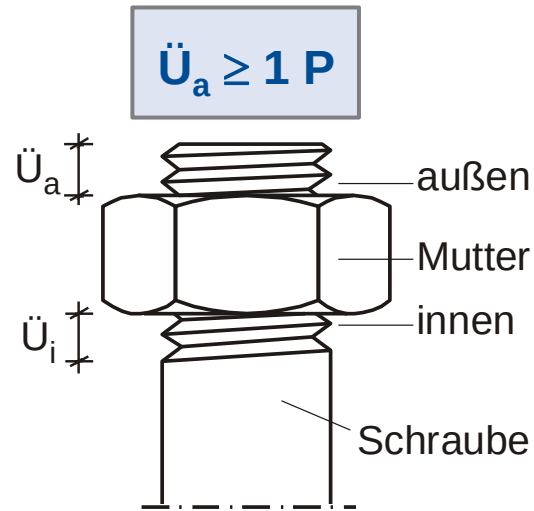
⇒ gilt für **alle** nicht vorgespannten und vorgespannten Verbindungen

⇒ $\ddot{U}_a \geq 1 \text{ Gewindegang}$ (nach dem Anziehen)

Mindest-Gewindelänge $\ddot{U}_i$

⇒ für **nicht vorgespannte** Verbindungen:
 $\ddot{U}_i \geq 1 \text{ Gewindegang}$ (nach dem Anziehen)

⇒ für **vorgespannte HV-Verbindungen**
 $\ddot{U}_i \geq 2 \text{ Gewindegänge}$ (nach dem Anziehen)



$\ddot{U}_{i,\text{nicht vorgespannt}} \geq 1 P$

$\ddot{U}_{i,\text{vorgespannt HV}} \geq 2 P$



Foto: Stranghörer Ingenieure GmbH



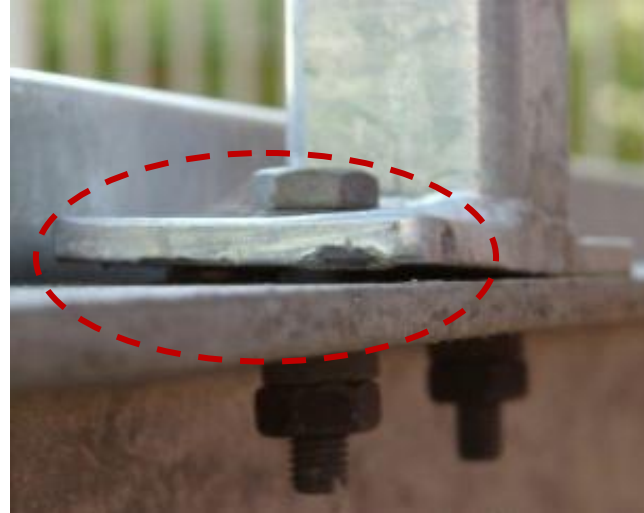
Foto: Stranghörer Ingenieure GmbH

Restspalte

... nicht tolerierbar



... tolerierbar



Nicht vorgespannt/Zielebene II

Zielebene I

DAST-Richtlinie 024, 4.3/5.3.2

Gemäß DIN EN 1090-2 sind die verbundenen Teile **vor** der **Verschraubung** so zusammenzuziehen, dass **eine weitgehend flächige Anlage** erzielt wird. Futterbleche dürfen für Anpassungen eingesetzt werden. Die Restspalte dürfen an den Kanten bis zu **4 mm/2 mm** betragen, wenn im mittigen Bereich der Verbindung, also **im Bereich der Schraubenlöcher, ein Anliegen der Kontaktflächen** erreicht wird und kein planmäßiger Kontaktstoß festgelegt ist. Die Regelungen gelten für die in DIN EN 1090-2 angegebenen Materialdicken (Bleche und Profilbleche mit $t \geq 4$ mm und Profilquerschnitte mit $t \geq 8$ mm).

Kontrolle und Prüfung

Unzulässige Schraubenlöcher

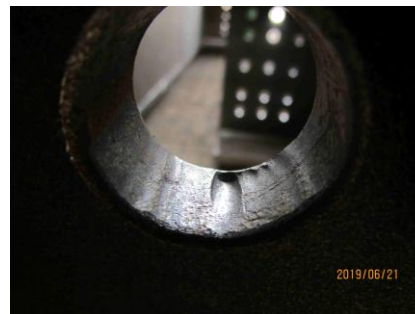
Unzulässig durch manuelles
Brennschneiden aufgeweitete Löcher



Unzulässiges Aufweiten



Foto: Alireza Eghdam, DB AG



Fotos: Gerald Luza, austroSteel

Unzulässige Futterung



Schraubensicherung

Beispielhafte konstruktive Sicherungsmaßnahmen

- Hohe und dauerhafte Vorspannkraft
- Vermeidung von Querverschiebungen (z. B. Reduktion des Lochspiels, Passverbindungen)
- Klemmlängenverhältnis $L_K/d > 5$

Alternativ oder ergänzend

- Verliersicherung (Zielebene II)
 - **Muttern mit Klemmteil** nach DIN EN ISO 7040, DIN EN ISO 7042, DIN EN ISO 7719 und DIN EN ISO 10511
 - ⇒ Kombination aus Mutter und Schraube oder Gewindestange muss die Anforderungen an eine Garnitur nach DIN EN 15048 erfüllen
- Losdreh Sicherung (Zielebene I oder II)
 - z. B. **Keilsicherungsscheiben** mit abZ/aBG oder ZiE/vBG
- ...

Verliersicherung

Mutter mit Polyamid
Klemmteil nach
DIN EN ISO 7040



Losdreh Sicherung

Keilsicherungsscheibe



So nicht ...



Fotos: Stranghörer Ingenieure GmbH

Wiederverwendung von HV-Garnituren

DAST-Richtlinie 024, 8

Handfest angezogen

Wiederverwendung als nicht vorgespannte Garnitur möglich

Zielebene II ($F_{p,C}^*$)

- Wiederverwendung mit neuer HV-Mutter und HV-Scheibe möglich, wenn Gewinde nicht verformt
- Test: Aufdrehen der Mutter

Zielebene I ($F_{p,C} | F_{p,C}^*$)

Nur einmaliges Vorspannen. Mehrfaches Vorspannen muss über Verfahrensprüfung nachgewiesen werden.

Kombiniertes Verfahren ($F_{p,C}$)

Keine Wiederverwendung, weil Gewinde nennenswert plastisch verformt wurden.

Zukünftig...

Mehrfaches Vorspannen

Wiederholtes Vorspannen gelingt – abhängig von:

- Anziehverfahren,
- Tribologie und
- Schmierung der gepaarten Reibflächen.

Reuse – Stand heute

Prinzipiell möglich - Garnituren aus chloridhaltiger Umgebung konnten nach

- ca. 15-jähriger Nutzung,
 - einfacher Reinigung und
 - neuer Schmierung
- erfolgreich wieder vorgespannt werden.

... bisher fehlen hierzu Regelungen

Vorspannkraftverluste

Zielebene I

GV-Verbindungen (Kat. B/C)

DAST-Richtlinie 024, 6.1.1

- **Unter den Scheiben Grundbeschichtung** mit **max. NDFT von 100 µm** nach DIN EN 1090-2, F.4
- Bei NDFTs > 100 µm: Haftreibungszahl nach DIN EN 1090-2, Anhang G nachzuweisen.
- Potenzielle **Vorspannkraftverluste** sind **implizit in** der **Haftreibungszahl enthalten**.

Auf Zug und Ermüdung beanspruchte Verbindungen (Kat. E + Ermüdung)

DAST-Richtlinie 024, 6.1.2

- **Unter den Scheiben Grundbeschichtung** mit **max. NDFT von 100 µm** nach DIN EN 1090-2, F.4
- Vorspannkraft für **Ermüdungsnachweis**
 - Kombiniertes Verfahren: $F_{p,C}$
 - Modifiziertes Drehmoment-Vorspannverfahrens: **max. 0,9 $F_{p,C}^*$**

Zielebene II

DAST-Richtlinie 024, 6.2

- **Keine Maskierung der Schraubenlöcher**, da Vorspannkraft im rechnerischen Nachweis nicht enthalten
- Anforderungen an den Korrosionsschutz nach DIN EN 1090-2, F.7.2
- Höhere Schichtdicken führen zu einer Zunahme von Vorspannkraftverlusten, sodass die Steifigkeit der Verbindung abnimmt und somit größere Verformungen zu erwarten sind.

Vorspannprotokoll					
Musterfirma GmbH					
Auftrag:	Klinikum Süd	Kunde:	Musterkunde AG		
Auftragsnr.:	27145	Ausführende Firma:	Musterfirma GmbH		
Bauwerk:	Dachkonstruktion Achse B	Bauteil/Position:	Kopfplattenstoß / Pos. 14		
Zugehörige Zeichnung:	27145_Z234.4	Datum:	02.02.2023		
Werkzeug:	Gedore Drehmomentschrauber LDA-07 Solution	Kalibrierdatum:	11.01.2021		
Skizze ggf. mit Vorspannreihenfolge:					
Reihenfolge! Zielebene II Vereinfachtes Vorspannprotokoll oder eine Arbeitsanweisung, aus der die Vorspannparameter hervorgehen					
Prüfungen vor der Verschraubung:					
- Fase der Scheiben nach außen gerichtet - Kennzeichnung der Mutter sichtbar - Schmierzustand der Garnitur wurde nicht verändert - Vorspannen erfolgt über Drehen der Mutter - Die Garnituren wurden trocken gelagert und sind frei von Verschmutzungen					
Schraubengarnituren:	EN 14399-4/-6 - M16×100 - 10.9/10 - tZn - K1				
Vorspannung gemäß:	DAST-Richtlinie 024, modifiziertes Drehmomentverfahren				
1. Schrauben einsetzen und Mutter von Hand aufdrehen 2. Schrauben mit $M_{A,h}$ handfest anziehen 3. Voranziehmoment $M_{A,vor}$ auf alle Schrauben aufbringen 4. Voranziehmoment M_A auf alle Schrauben aufbringen					

Vermerk	1. Vorspannschritt	2. Vorspannschritt	3. Vorspannschritt	Kontrolle und Prüfung	
	Handfestes Anziehen $M_{A,h} = 35 \text{ Nm}$	Voranziehmoment $M_{A,vor} = 190 \text{ Nm}$	Anziehdrehmoment $M_A = 250 \text{ Nm}$	Anziehdrehmoment M und Weiterdrehwinkel $\Delta\theta$ $M_A = 250 \text{ Nm} \mid \Delta\theta < 30^\circ$	
Ausgeführt Name, Datum	Müller, 02.02.23	Müller, 02.02.23	Müller, 02.02.23	-	-
Intern geprüft Name, Datum	Ayadi, 02.02.23	Ayadi, 02.02.23	Ayadi, 02.02.23	-	-
Kontrolle und Prüfung Name, Datum, Bew.	-	-	-	Peters, 04.02.23	i.O.
...iert werden. Zinknasen auf Schraube ...ellt, daher $M = 210 \text{ Nm}$...ährend Verschraubung angezeigt. Verschraubung wurde wiederholt					
Montage ausgeführt:	Montage intern überwacht:		Kontrolle und Prüfung durchgeführt:		
Name, Datum, Unterschrift	Name, Datum, Unterschrift		Name, Datum, Unterschrift		

Geschraubte Verbindungen

ZII Zielebene II Verbindungen

Vorspannung aus Qualitätssicherungsgründen

Vorspannung wird zur Sicherstellung der Tragfähigkeit nicht benötigt

Schraubengarnituren: HV = EN 14399-4/-6 – 10.9/10 – tZn – K1
ISO4017 = ISO 4017 – 8.8U – tZn

Schraubenkat. nach DIN EN 1993-1-8: ☐ A ☐ D ☐ A/D
Vorspannmethode: ☐ MDV nach DAST-Richtlinie 024
☐ KV nach DAST-Richtlinie 024

Kontrolle und Prüfung:
Gemäß DAST-Richtlinie 024 sind alle Verbindungen einer Sichtprüfung zu unterziehen. Diese beinhaltet eine Überprüfung des Montagezustandes, z.B. auf fehlende Garnituren, zu geringe Gewindeüberstände und zu große Restspalte.
Eine Drehmomentüberprüfung ist nicht erforderlich.

ZI Zielebene I Verbindungen

Vorspannung aus Tragsicherheitsgründen

Vorspannung wird zur Sicherstellung der Tragfähigkeit benötigt

Schraubengarnituren: HV = EN 14399-4/-6 – 10.9/10 – tZn – K1

Schraubenkat. nach DIN EN 1993-1-8: ☐ B ☐ C ☐ E
Vorspannmethode: ☐ MDV nach DAST-Richtlinie 024 auf $F_{p,C}^*$
☐ KV nach DAST-Richtlinie 024 auf $F_{p,C}$

Kontrolle und Prüfung:
Drehmomentverfahren: Gemäß DAST-Richtlinie 024 mit Kontrollanziehmoment.
Kombiniertes Verfahren: Gemäß DAST-Richtlinie 024 Kontrolle des Voranziehmomentes und der Markierung auf Mutter und Bauteil.

Anziehschritte Drehmomentverfahren nach DAST-Richtlinie 024 für HV-Garnituren nach DIN EN 14399-4 der k-Klasse K1

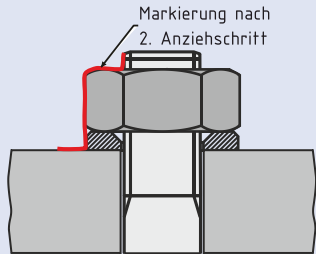
1. Handfestes Anziehen mit $M_{A,h}$ | 2. Vorspannen mit $M_{A,vor}$ | 3. Vorspannen mit M_A

HV-Schraubengarnitur	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
$F_{p,C}^*$ in kN	50	100	155	190	220	290	350	510
$M_{A,h}$ in Nm	15	35	60	90	110	165	220	350
$M_{A,vor}$ in Nm	75	200	380	500	640	950	1260	2210
M_A in Nm	100	260	500	670	850	1260	1680	2940

Anziehschritte Kombiniertes Verfahren nach DAST-Richtlinie 024 für HV-Garnituren nach DIN EN 14399-4 der k-Klasse K1

1. Handfestes Anziehen mit $M_{A,h}$ | 2. Vorspannen mit $M_{A,vor}$ | 3. Markierung von Schraubengewinde Mutter, Scheibe und Bauteil mit durchgehender Linie | 3. Weiterdrehwinkel $\Delta\theta$

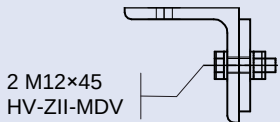
HV-Schraubengarnitur	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
$F_{p,C}$ in kN	59	110	172	212	247	321	393	572
$M_{A,h}$ in Nm	15	35	60	90	110	165	220	350
$M_{A,vor}$ in Nm	75	200	380	500	640	950	1260	2210
$\Delta\theta$ in °	$\Sigma t < 2d$: 60° $2d \leq \Sigma t < 6d$: 90° $6d \leq \Sigma t < 10d$: 120°							



Abkürzungen:

ZII Zielebene II Verbindung
ZI Zielebene I Verbindung
N nicht vorgespannt
MDV Modifiziertes Drehmoment-Vorspannverfahren
KV Kombiniertes Vorspannverfahren

Beschriftung in Zeichnung:

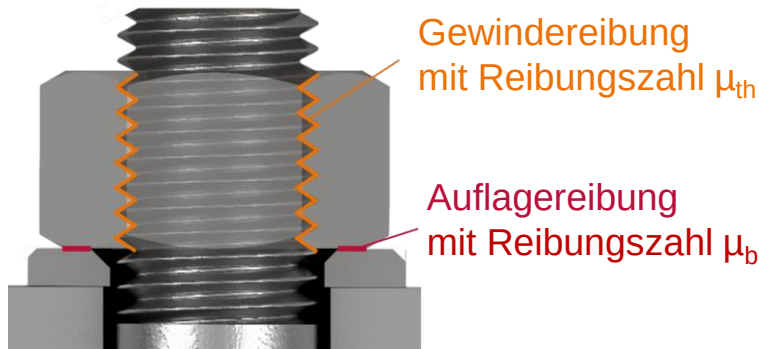


⇒ Richtlinie **BFS-RL 07-105 „Planstempel Schraubverbindungen“** erscheint in Kürze

⇒ Auf Basis der DAST-Richtlinie 024 entwickelter alternativer Planstempel-Entwurf

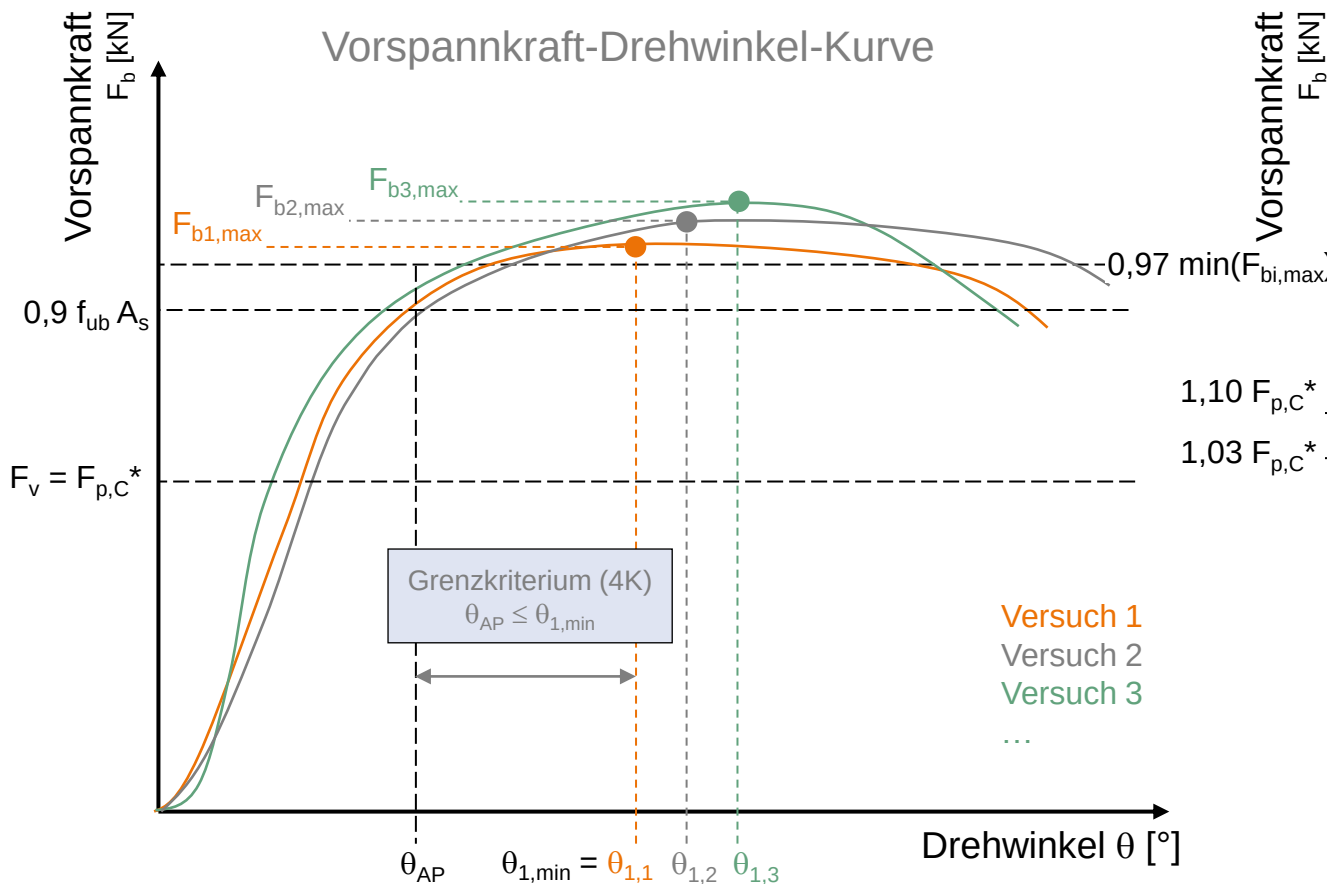
Grenzkriterien für Verfahrensprüfungen

Reibungsanteile
einer Schraubengarnitur



Gewindereibung
mit Reibungszahl μ_{th}

Auflagereibung
mit Reibungszahl μ_b

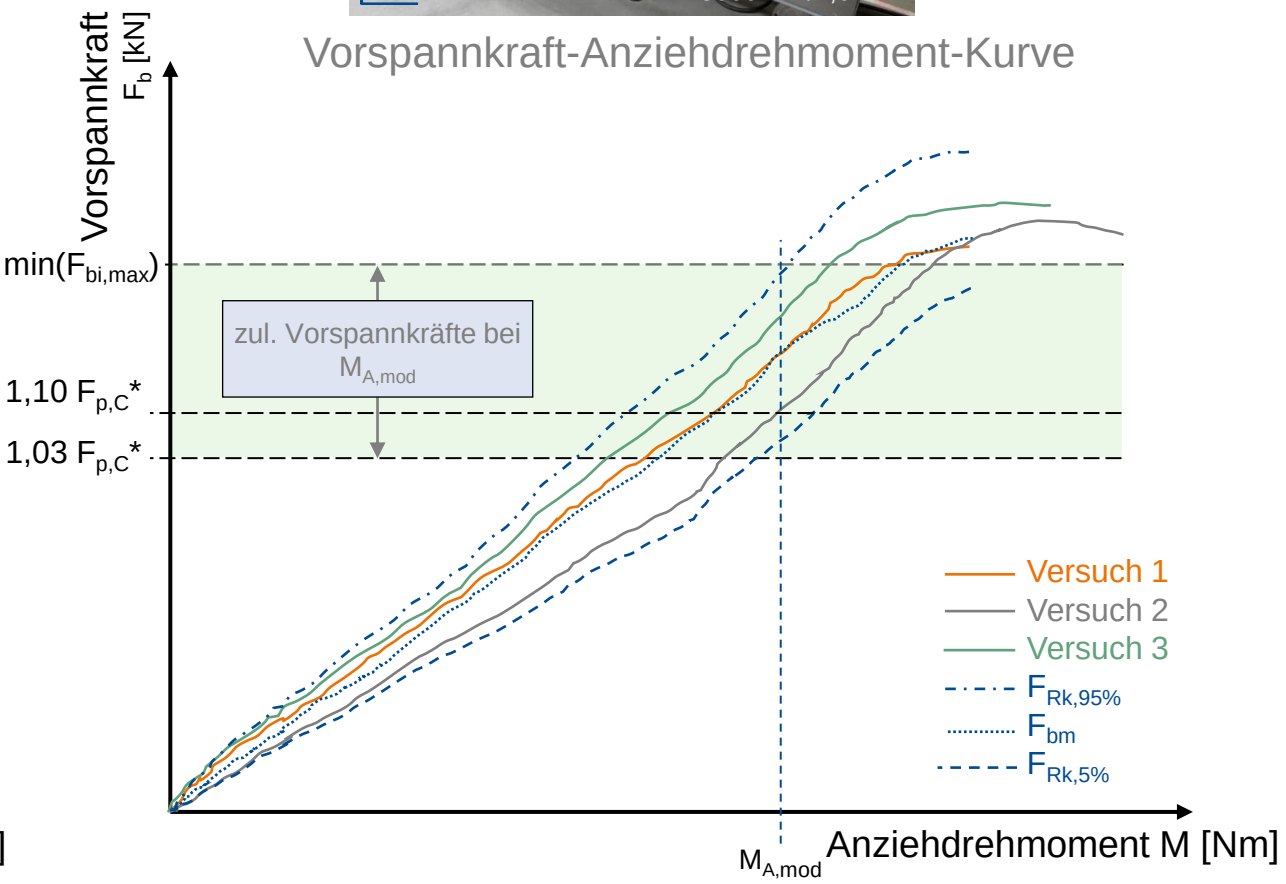


Anziehprüfstände für mechanische Verbindungsmittel

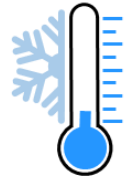


M6 bis M90 –
bis 15000 Nm/1,0 MN
sowie 40000 Nm/4,5 MN

Vorspannkraft-Anziehdrehmoment-Kurve



Baustellentypische Temperaturen



Niedrige Temperatur



Hohe Temperatur

Verunreinigung



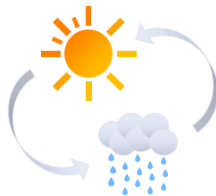
Unsachgemäße Lagerung



Foto: Stranghörer Ingenieure GmbH



mit wechselnden
Wetterverhältnissen



Nässe und Regen



Chloride



Sand



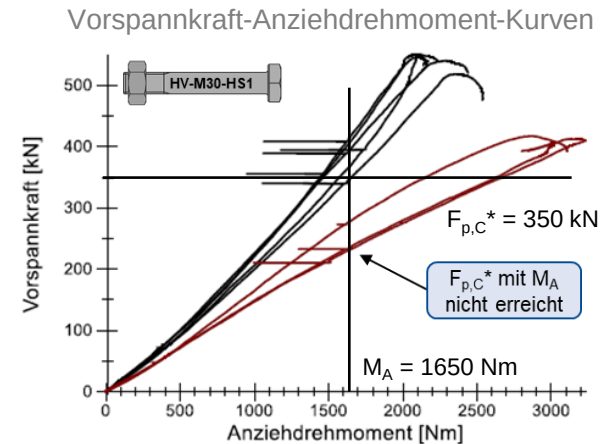
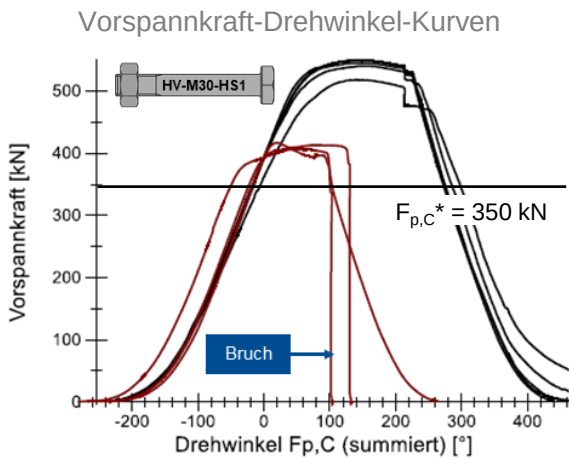
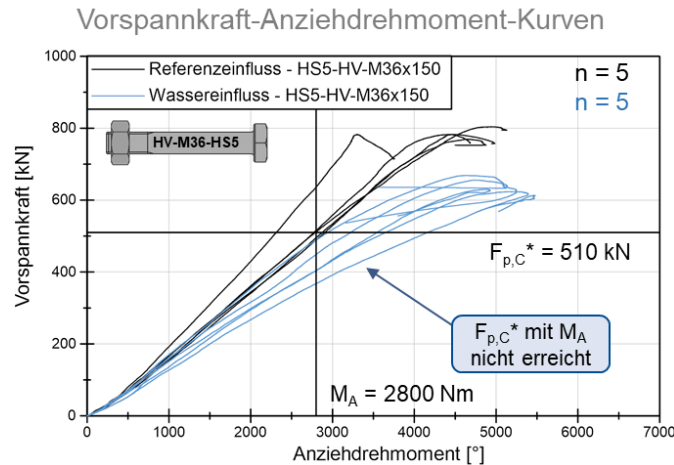
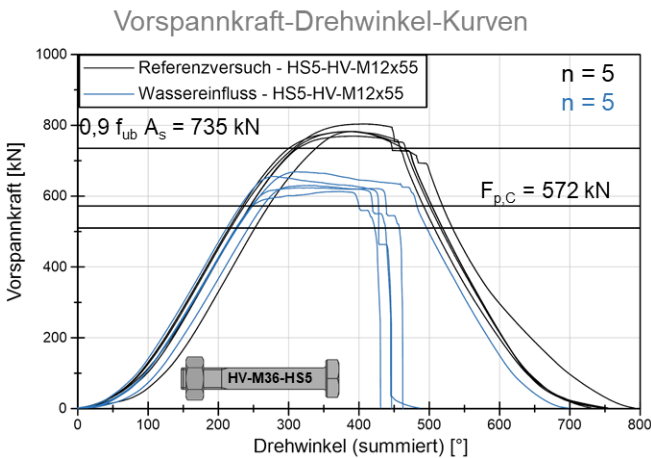
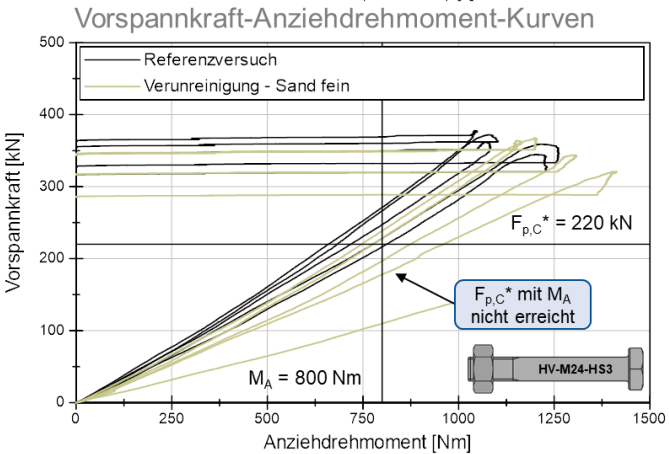
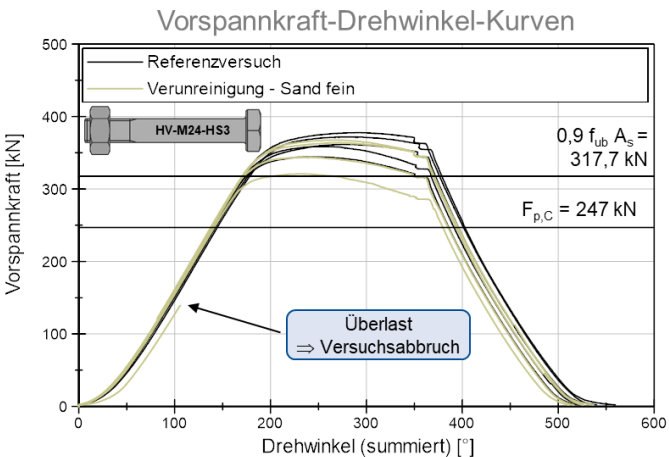
Sand fein
Korngröße: 0,1-0,4 mm



Wasser

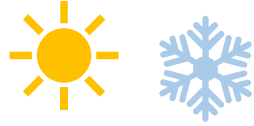


Raureif



Verändernde Einflussfaktoren der Schmierung $\Rightarrow$ zu vermeiden

Hohe und tiefe Temperaturen



- Ungünstige Änderung der Werkstoffeigenschaften und somit Einfluss auf die Duktilität der Verbindung

Schnee, Regen, Wind und Tau

- Auswaschung der kalibrierten Schmierung
- Potentielle Chlorideinwirkung aus Kartonage $\Rightarrow$ Gefahr von Wasserstoffversprödung



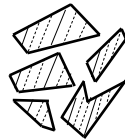
Unsachgemäßer Transport und Lagerung

- Mechanische Beschädigung der Garnituren (Abplatzung der Feuerverzinkung)
- Ungünstige Änderung der Reibeigenschaften



Betonschlämme

- Potentielle Chlorideinwirkung $\Rightarrow$ Gefahr von Wasserstoffversprödung
- Ungünstige Änderung der Reibeigenschaften
- Einflüsse auf die generelle Montierbarkeit



Lagerung der Garnituren in verschmutztem Behälter



Fotos: Stranghörer Ingenieure GmbH

$\Rightarrow$ Vorspannbare Garnituren mit **feuchtigkeitsbeständiger Muttern-Schmierung**

$\Rightarrow$ **Schutz der Garnituren** vor Feuchtigkeit, Schmutz und Beschädigung beim Transport, bei der Lagerung und dem Handling



Prof. Dr.-Ing. habil. Natalie Stranghöner
Dr.-Ing. Dominik Jungbluth
Universität Duisburg-Essen
Institut für Metall- und Leichtbau

+49-201-183-2757
www.uni-due.de/iml

natalie.stranghoener@uni-due.de
dominik.jungbluth@uni-due.de