

Deutscher  
Ausschuß für Stahlbau DAST

2018

DAST – Richtlinie 024

Anziehen von geschraubten  
Verbindungen der  
Abmessung M12 bis M36

Stahlbau Verlags- und Service GmbH

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

*Offen im Denken*

Institut für  
Metall- und Leichtbau

## ***Erfahrungen aus der Praxis im Umgang mit der DAST-Richtlinie 024***

Prof. Dr.-Ing. habil. Natalie Stranghöner

Dr.-Ing. Dominik Jungbluth

3. Fachtagung  
**Mechanische Verbindungsmittel  
im Stahlbau**

25. März 2021 | Online-Fachtagung

## Moselbrücke Winnigen i. Z. der BAB A61, 1972



- Anwendungsbereich der DAST-Richtlinie 024
- Einbindung in DIN EN 1993-1-8/NA
- Schraubenkategorien / Zielebenen des Vorspannens
- Anziehverfahren
- Anziehen von Garnituren der Festigkeitsklasse 8.8
- Prüfung/Kontrolle
- Garnituren < M12
- Nicht genormter Verschraubungsfall
- Zusammenfassung



## Anziehen von geschraubten Verbindungen der Abmessungen M12 bis M36

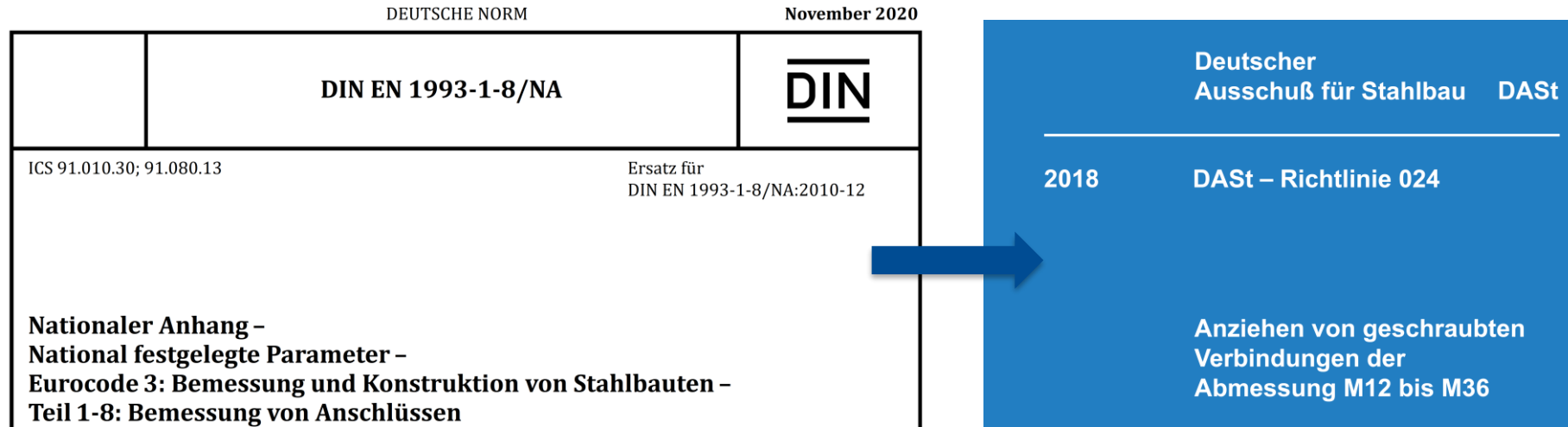
### Anwendungsbereich

- Ergänzende Regelungen zu
  - DIN EN 1090- 2 und
  - DIN EN 1993-1-8
- Handfestes Anziehen
- Anziehen auf ein vorgegebenes Vorspannkraftniveau
  - $F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$
  - $F_{p,C}^* = 0,7 f_{yb} A_s$
  - $F_v < F_{p,C}$
- Verwendung von Einzelkomponenten aus Garnituren
- ...
- Einschraubtiefe
- Kriterien zur Festlegung von Anziehparametern mittels einer Verfahrensprüfung

Juni 2018

| DEUTSCHER<br>AUSSCHUSS FÜR<br>STAHLBAU | Anziehen von geschraubten Verbindungen<br>der Abmessungen M12 bis M36      | DAST-Richtlinie 024  |
|--|--|--|
| <b>Inhaltsverzeichnis</b>              |  | <b>1 Anwendungsbereich</b>   |
| 1                                      | Anwendungsbereich..... 1   | Diese Richtlinie behandelt das Anziehen von geschraubten Verbindungen und gibt ergänzende Regelungen zur DIN EN 1090-2 und DIN EN 1993-1-8 an. Sie behandelt das handfeste Anziehen von nicht vorgespannten geschraubten Verbindungen und das Anziehen von vorgespannten geschraubten Verbindungen auf ein vorgegebenes Vorspannkraftniveau. Dies umfasst auch das Anziehen vorgespannter geschraubter Verbindungen auf Vorspannkraftniveau kleiner als das Mindestvorspannkraftniveau $F_{p,c}$ nach DIN EN 1090-2. Des Weiteren gibt sie Regelungen für die Verwendung von Einzelkomponenten aus Garnituren in geschraubten Verbindungen an. |
| 2                                      | Begriffe..... 2  |  |
| 3                                      | Allgemeines..... 2   |  |
| 4                                      | Nicht vorgespannte geschraubte Verbindungen aus Garnituren..... 4          |  |
| 4.1                                    | Allgemeines..... 4   |  |
| 4.2                                    | Anziehen..... 4  |  |
| 4.3                                    | Kontrolle und Prüfung..... 4   |  |
| 5                                      | Vorgespannte geschraubte Verbindungen aus Garnituren..... 4                |  |
| 5.1                                    | Allgemeines..... 4   |  |
| 5.2                                    | Vorspannkraftniveau und zulässige Anziehverfahren..... 4                   |  |
| 5.3                                    | Anziehen von HV-Garnituren auf $F_{p,c}$ ..... 5                           | Diese Richtlinie gilt für geschraubte Verbindungen aus den nachfolgenden Garnituren:   |
| 5.3.1                                  | Verfahren..... 5   |  |
| 5.3.2                                  | Kontrolle und Prüfung..... 5   |  |
| 5.4                                    | Anziehen von HV-Garnituren auf $F_{p,c}^*$ ..... 5                         | <b>Nicht vorgespannte Verbindungen mit Garnituren nach DIN EN 15048-1, Abmessungen M12 bis M36</b>   |
| 5.4.1                                  | Verfahren..... 5   | Keine weiteren Einschränkungen.  |
| 5.4.2                                  | Kontrolle und Prüfung..... 5   |  |
| 5.5                                    | Anziehen von HV-Garnituren auf beliebige Vorspannkraftniveau $F_v$ ..... 8 | <b>Vorgespannte Verbindungen mit Garnituren der k-Klasse K1, Abmessungen M12 bis M36</b>   |
| 5.5.1                                  | Verfahren..... 8   |  |
| 5.5.2                                  | Kontrolle und Prüfung..... 8   |  |
| 5.6                                    | Anziehen von Garnituren der Festigkeitsklasse 8.8 auf $F_{p,c}^*$ ..... 8  | HV-Schrauben und HV-Muttern nach DIN EN 14399-4 und DIN EN 14399-8, Festigkeitsklasse 10.9 in Kombination mit zwei gefasteten Scheiben nach DIN EN 14399-6 (je eine kopf- und mutterseitig angebracht).  |
| 5.6.1                                  | Verfahren..... 8   |  |
| 5.6.2                                  | Kontrolle und Prüfung..... 9   |  |

# Neu: Verankerung der DASt-Richtlinie 024 in DIN EN 1993-1-8/NA



DIN EN 1993-1-8/NA:2020-11

## NDP zu 3.4.2(1) Anmerkung

Die Vorspannkraft  $F_V$  wird wie folgt angesetzt und ist mit den Verfahren nach **DASt-Richtlinie 024** aufzubringen:

$$F_V \leq F_{p,C}$$

## NCI zu 3.5 Schraubverbindungen mit Bauteilen mit Innengewinden und Bauteilen mit Außengewinden

Regelungen zur Einschraubtiefe bei geschraubten Verbindungen mit z. B. Gewindestangen, Sacklochverbindungen etc. sind **DASt-Richtlinie 024** zu entnehmen.

ANMERKUNG 1 Sacklochverbindungen dürfen nur mit speziellem Nachweis (Verfahrensprüfung) vorgespannt werden, siehe **DASt-Richtlinie 024**.

## NCI zu Abschnitt 3.1.1 Verzinkte Schrauben

...

**Galvanisch verzinkte Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 dürfen nicht verwendet werden.**

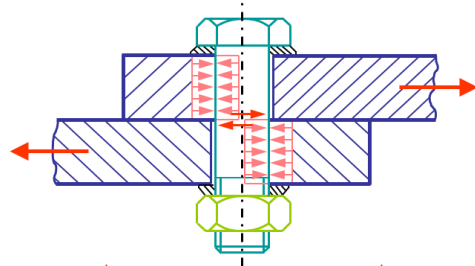
ANMERKUNG 1 Ein anderer metallischer Korrosionsschutzüberzug ist z.B. die galvanische Verzinkung. Die galvanische Verzinkung bei Schrauben reicht als Korrosionsschutz allein nur in trockenen Innenräumen (Korrosionskategorie C1 nach DIN EN ISO 12944-2) aus.

ANMERKUNG 2 Zur Vermeidung wasserstoffinduzierter Versprödung siehe auch DIN EN ISO 4042.

⇒ Galvanisch verzinkte Schrauben der FK 8.8 sind jetzt zulässig!

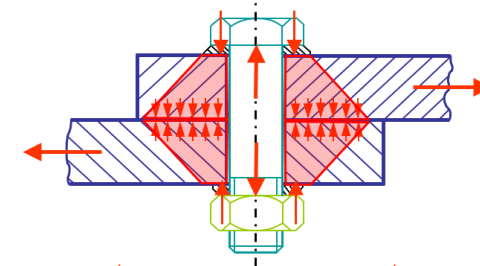
## Schraubenkategorien nach DIN EN 1993-1-8

### Scherverbindungen

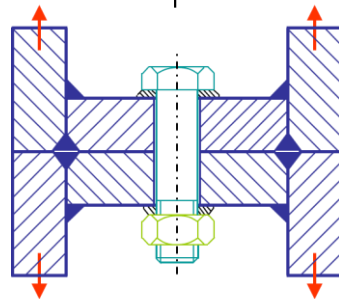


**Kategorie A**  
Scher-/Lochleibungs-  
verbindung  
FK 4.6 bis 10.9

**Kategorien B | C**  
Gleitfeste Verbindung  
im GZG | GZT  
FK 8.8 und 10.9

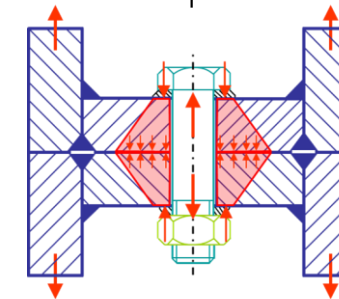


### Zugverbindungen



**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

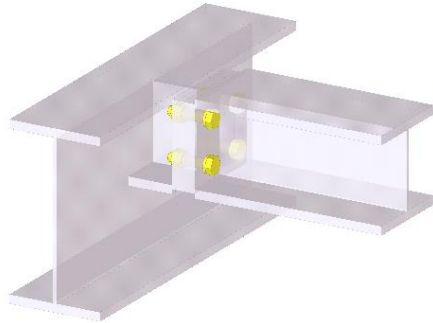
- ⇒ Vorspannungsfrei bemessene Kategorien A (und D) nach DIN EN 1993-1-8, die zur qualitativen Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit dennoch vorgespannt werden
- ⇒ Schlupfminimierung
- ⇒ Verformungssteifigkeit

### Zielebene I

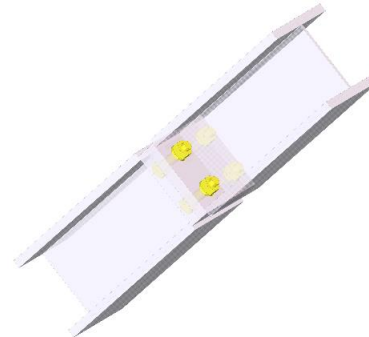
#### Tragsicherheitsrelevantes Vorspannen

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

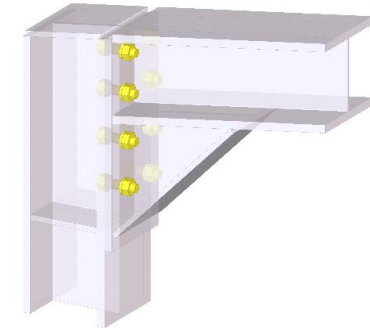
Voranschluss eines Bühnenträgers  
am Unterzug



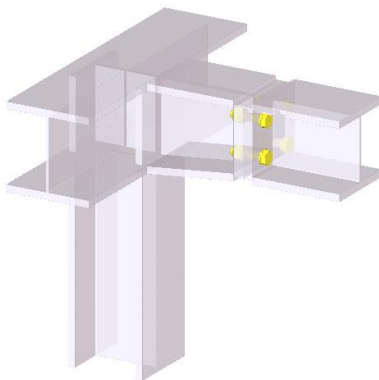
Gestoßener Verbandsstab



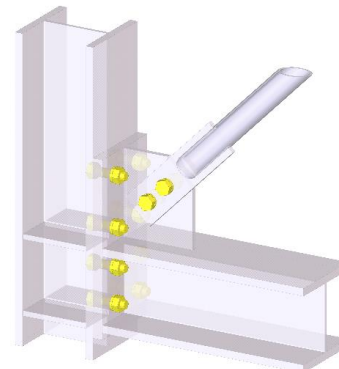
Rahmenecke



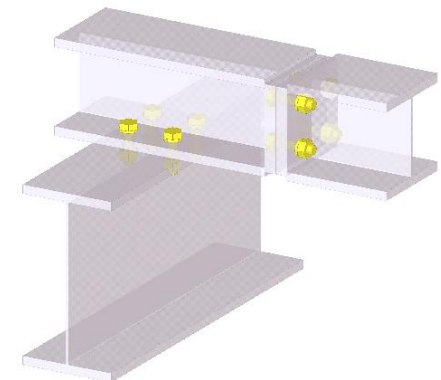
Herausgezogene Rahmenecke



Anschluss innerhalb der  
Wandscheibe eines Gerüsts



Durchlaufpfette



## Abmessungen M12 bis M36

### Nicht vorgespannte Verbindungen mit Garnituren nach DIN EN 15048-1



© FUCHS  
Schraubenwerk GmbH



© J. vom Cleff A. Sohn GmbH & Co. KG

### Vorgespannte Verbindungen mit HV-Garnituren der k-Klasse K1 nach DIN EN 14399-4/-8/-6, FK 10.9



© UDE/IML

### Vorgespannte Verbindungen aus Einzelkomponenten

➔ **Verfahrensprüfung**

- HV-Schrauben nach DIN EN 14399-4 in ein Bauteil mit Innengewinde.
- Bauteile mit Außengewinde in Kombination mit
  - Muttern nach DIN EN ISO 4032 und Scheiben nach DIN EN ISO 7089 oder DIN EN ISO 7090 mit einer Härte von mindestens HV 200
  - HV-Muttern nach DIN EN 14399-4 und Scheiben nach DIN EN 14399-6 oder
  - sonstigen Bauteilen mit Innengewinde.

### Vorgespannte Verbindungen aus Standard-Metallbaugarnituren, FK 8.8

Garnituren aus Schrauben nach **DIN EN ISO 4014/ 4017**, FK 8.8, Muttern nach DIN EN ISO 4032, FK 8 und Scheiben nach DIN EN ISO 7089/7090 mit einer Härte von mindestens HV 200



© UDE/IML



Nachweis der

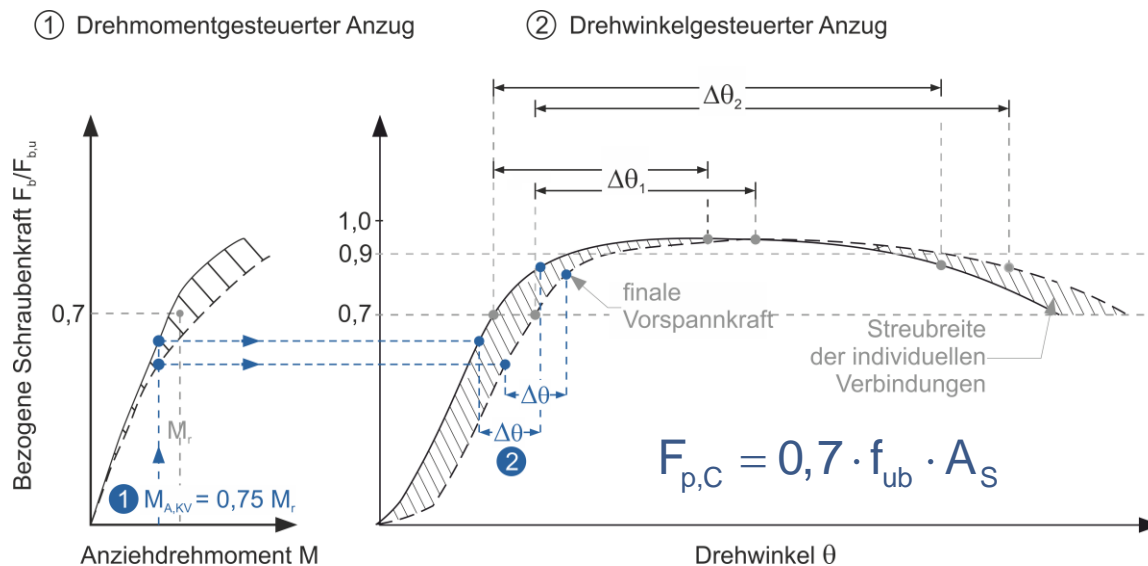
- Eignung zum Vorspannen und
- k-Klasse K1 (chargenabhängig)



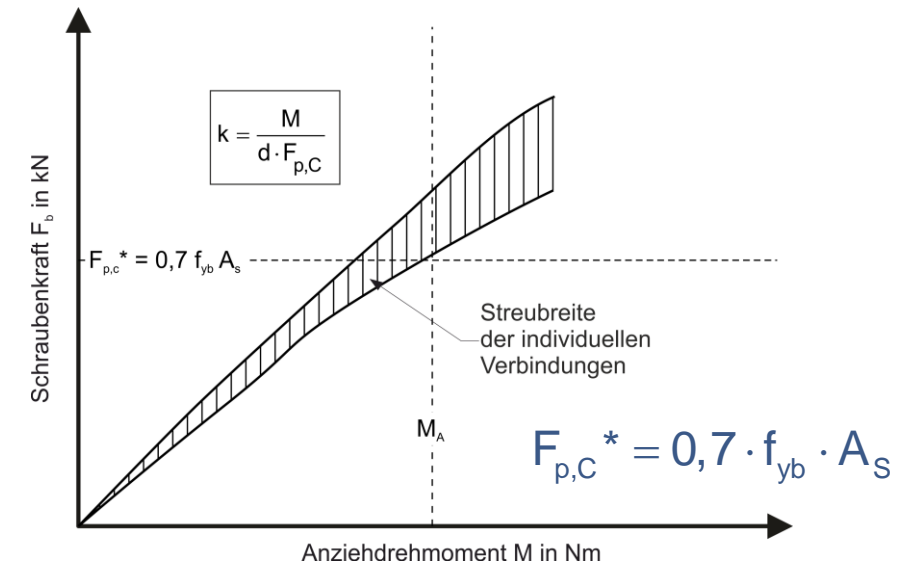
## Vorspannkraftniveaus und Anziehverfahren

- $F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s \Rightarrow$  Kombiniertes Vorspannverfahren (KV)
- $F_v < F_{p,C} \Rightarrow$  Verfahrensprüfung
- $F_{p,C}^* = 0,7 f_{yb} A_s \Rightarrow$  Modifiziertes Drehmoment-Vorspannverfahren (MDV)
- $F_v < F_{p,C}^* \Rightarrow$  Modifiziertes Drehmoment-Vorspannverfahren mit proportional reduziertem Anziehdrehmoment  $M_A$

### Kombiniertes Vorspannverfahren (KV)



### Modifiziertes Drehmoment-Vorspannverfahren (MDV)



## Voranziehdrehmomente $M_{Vor}$ nach DASt-Richtlinie 024

Vorspannkraftniveau  $F_{p,C}$

**Tabelle 4.** Voranziehdrehmomente  $M_{Vor}$  für den ersten Anziehschritt des Kombinierten Verfahrens nach DIN EN 1090-2 für HV-Schraubengarnituren nach DIN EN 14399-4, -8 und -6, k-Klasse K1

| Voranzieh-drehmomente                                  | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30  | M36  |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| $M_{Vor}$ in Nm  | 75  | 190 | 340 | 490 | 600 | 940 | 1240 | 2100 |
| 1) $M_{Vor}$ ersetzt $0,75 M_{r,1}$ nach DIN EN 1090-2 |     |     |     |     |     |     |      |      |

- ⇒ **Voranziehdrehmomente  $M_{Vor}$  weichen** von denen der DIN EN 1090-2 **geringfügig ab, um praxistaugliche Werte** zu haben.
- ⇒ Werte entsprechen den Voranziehdrehmomenten  $M_{A,MKV}$  für das modifizierte Kombinierte Vorspannverfahren der „alten“ DIN EN 1993-1-8/NA.

## Voranziehdrehmomente $0,75 M_{r,1}$ nach DIN EN 1090-2:2018-09

**Tabelle 20** — Drehmoment  $0,75 M_{r,1}$  [Nm] für den ersten Schritt des kombinierten Verfahrens

| Festigkeits-<br>klasse | Schraubendurchmesser<br>mm |     |     |     |     |     |     |     |       |       |
|------------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
|                        | 12                         | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 24  | 27  | 30    | 36    |
| 8.8                    | 53                         | 85  | 132 | 182 | 258 | 351 | 446 | 652 | 886   | 1 548 |
| 10.9                   | 67                         | 106 | 165 | 227 | 322 | 439 | 557 | 815 | 1 107 | 1 935 |

... Wenn  $M_{r,1}$  verwendet wird, darf, **sofern nichts anderes festgelegt wird, vereinfachend**  $0,75 M_{r,1} = 0,094 d F_{p,C}$  angesetzt werden, wie in Tabelle 20 angegeben...

## Vorspannkraftniveau $F_{p,C}$

**Tabelle 5.** Weiterdrehwinkel  $\Delta\theta$  für den zweiten Anziehschritt des Kombinierten Verfahrens nach DIN EN 1090-2 einschließlich resultierender Nennlängen von HV-Schrauben nach DIN EN 14399-4 und -8

| Klemmlänge<br>$\Sigma t$ <sup>1) 2)</sup> | Weiterdrehwinkel<br>$\Delta\theta$ in ° | Nennlänge $\ell_{nom}$ in mm von HV-Schrauben nach<br>DIN EN 14399-4<br>mit Klemmlängen nach DIN EN 14399-4, Tab. A.1 <sup>3)</sup> |              |              |              |              |              |               |               |
|---|---|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
|   |   | M12   | M16          | M20          | M22          | M24          | M27          | M30           | M36           |
| $\Sigma t < 2d$                           | 60                                      | ≤ 35  | ≤ 45         | ≤ 60         | ≤ 65         | ≤ 70         | ≤ 80         | ≤ 90          | ≤ 105         |
| $2d \leq \Sigma t < 6d$                   | 90                                      | 45...<br>85   | 55...<br>110 | 70...<br>140 | 75...<br>150 | 80...<br>165 | 90...<br>190 | 100...<br>210 | 115...<br>250 |
| $6d \leq \Sigma t \leq 10d$               | 120                                     | ≥ 95  | ≥ 120        | ≥ 150        | ≥ 160        | ≥ 175        | ≥ 200        | ≥ 220         | ≥ 260         |

1) einschließlich aller Futterbleche und Scheiben  
2)  $d$ : Nenndurchmesser der Schraube  
3) nicht genannte Nennlängen müssen im Einzelfall zugeordnet werden

- ⇒ Weiterdrehwinkel entsprechen den Angaben in DIN EN 1090-2
- ⇒ Ergänzt durch Angabe der resultierenden Nennlängen  $\ell_{nom}$

## Vorspannkraftniveau $F_{p,C}^*$

**Tabelle 7.** Regelvorspannkraft  $F_{p,C}^*$  und Anziehdrehmomente  $M_A$  für das modifizierte Drehmoment-Vorspannverfahren für HV-Schraubengarnituren nach DIN EN 14399 4, -8 und -6

| HV-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 |
| max. Voranziehdrehmoment max. $M_{Vor}$ in Nm | 75  | 190 | 340 | 490 | 600 | 940  | 1240 | 2100 |

- ⇒ Voranziehdrehmomente max.  $M_{Vor}$  entsprechen  $M_{Vor}$  für das Kombinierte Vorspannverfahren.
- ⇒ Voranziehdrehmomente max.  $M_{Vor}$  entsprechen den Voranziehmomenten  $M_{A,MKV}$  für das modifizierte Kombinierte Vorspannverfahren nach der „alten“ DIN EN 1993-1-8/NA.
- ⇒ Anziehdrehmomente  $M_A$  entsprechen den Anziehmomenten  $M_A$  für das modifizierte Drehmoment-Vorspannverfahren nach der „alten“ DIN EN 1993-1-8/NA bzw. dem traditionellen Drehmoment-Vorspannverfahren nach DIN 18800-7.

## Garnituren der Festigkeitsklasse 8.8 aus

- **Modifiziertes Drehmoment-Vorspannverfahren**
- **k-Klasse K1** nach DIN EN 14399-1 mit geeigneter Schmierung (wie hergestellt oder feuerverzinkt)
- **Prüfung der Eignung der Garnitur zum Vorspannen sowie die k-Klasse K1** mittels **Verfahrensprüfung** nach DIN EN 14399-1 und DIN EN 14399-2 (Prüflos aus mindestens 10 (besser 20) Schraubengarnituren)
- Genauigkeit des Anziehgeräts:  $\pm 4\%$  gemäß Kalibrierbescheinigung

Galvanisch verzinkte Garnitur

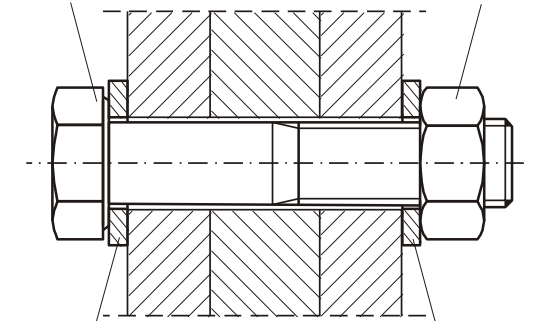


Feuerverzinkte Garnitur



Schraube nach  
EN ISO 4014

Mutter nach  
EN ISO 4032



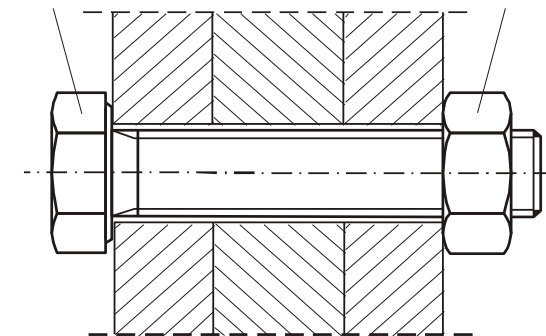
Scheibe nach  
EN ISO 7089/7090

Scheibe nach  
EN ISO 7089/7090

Exemplarisch dargestellt  
mit zwei Scheiben

Schraube nach  
EN ISO 4017

Mutter nach  
EN ISO 4032



Exemplarisch dargestellt  
ohne Scheiben

© UDE/IML

⇒ DAST-Richtlinie 024 enthält Angabe von tabellierten Vorspannkraften und Anziehdrehmomenten

⇒ Aber: Wenn Verfahrensprüfung „sowieso“ durchgeführt wird, können auch projektspezifische Anziehparameter festgelegt werden.

⇒ **Prüfung** ist **chargenabhängig**, da Vielfalt an Garnituren auf dem Markt!

# Vorspannkraftniveau $F_{p,C}$ – KV – Kontrolle und Prüfung

## Zielebene I des Vorspannens

entspricht DIN EN 1090-2

| Gesamtanzahl der in einem Tragwerk zu kontrollierenden geschraubten Verbindungen   |   |   |
|--|---|---|
| Ausführungs-klasse   | 1. Anziehschritt <sup>(1)</sup>   | 2. Anziehschritt                          |
| EXC2   | -   | 5 %                                       |
| EXC3/4   | 5 %   | 10 %                                      |
| <sup>(1)</sup> Der erste Anziehschritt muss durch Sichtprüfung der Verbindungen überprüft werden, um sicherzustellen, dass das Klemmpaket vollständig zusammengezogen ist. |   |   |
| Kontrolle nach dem ersten Anziehschritt  |   |   |
| Parameter  | Kriterium   | Bewertung                                 |
| Voranziehdrehmoment $M_{Vor}$  | Weiterdrehwinkel $\leq 15^\circ$  | Ok  |
|  | Weiterdrehwinkel $> 15^\circ$   | fehlerhaft                                |
| Zustand der Fuge   | vollständig zusammengezogen   | Ok  |
|  | nicht vollständig zusammengezogen   | fehlerhaft                                |
| Kontrolle vor dem zweiten Anziehschritt  |   |   |
| Sichtprüfung der Markierungen aller Muttern relativ zu den Schraubengewinden   |   |   |
| Kontrolle nach dem zweiten Anziehschritt   |   |   |
| Parameter  | Kriterium   | Bewertung                                 |
| Ausgeführter Weiterdrehwinkel $\Delta\theta_{ausgef.}$   | $\Delta\theta - 15^\circ \leq \Delta\theta_{ausgef.} \leq \Delta\theta + 30^\circ$          | Ok  |
|  | $\Delta\theta_{ausgef.} < \Delta\theta - 15^\circ$  | fehlerhaft<br>⇒ Korrektur des Drehwinkels |
|  | $\Delta\theta_{ausgef.} > \Delta\theta + 30^\circ$<br>(oder Schrauben- oder Mutterversagen) | fehlerhaft<br>⇒ Ersatz der Garnitur       |

# Vorspannkraftniveau $F_{p,C}^*$ – MDV – Kontrolle und Prüfung

## Zielebene I des Vorspannens

entspricht DIN 18800-7

| Gesamtanzahl der in einem Tragwerk zu kontrollierenden geschraubten Verbindungen   |   |  |
|--|---|--|
| Ausführungsklasse  | 1. Anziehschritt <sup>(1)</sup>                             | 2. Anziehschritt   |
| EXC2   | -   | 5 %  |
| EXC3/4   | -   | 10 %   |
| <sup>(1)</sup> Der erste Anziehschritt muss durch Sichtprüfung der Verbindungen überprüft werden, um sicherzustellen, dass diese vollständig zusammengezogen sind. |   |  |
| Kontrolle nach dem ersten Anziehschritt  |   |  |
| Parameter  | Kriterium   | Bewertung  |
| Zustand der Fuge   | vollständig zusammengezogen                                 | Ok   |
|  | nicht vollständig zusammengezogen                           | fehlerhaft   |
| Kontrolle nach dem zweiten Anziehschritt   |   |  |
| Parameter  | Kriterium   | Bewertung  |
| Ausgeführter Weiterdrehwinkel $\Delta\theta_{\text{ausgef.}}$ bei Ansatz des Kontrollanziehdrehmoments $1,10 M_A$  | $\Delta\theta_{\text{ausgef.}} < 30^\circ$                  | Ok   |
|  | $30^\circ \leq \Delta\theta_{\text{ausgef.}} \leq 60^\circ$ | fehlerhaft<br>⇒ Garnitur belassen und zwei benachbarte Verbindungen im gleichen Anschluss prüfen   |
|  | $\Delta\theta_{\text{ausgef.}} > 60^\circ$                  | fehlerhaft<br>⇒ Ersatz der Garnitur und zwei benachbarte Verbindungen im gleichen Anschluss prüfen |

Keine unmittelbare Kontrolle, sondern Kontrolle nach einigen Tagen (ca. 72 h)

# Zielebene II des Vorspannens

## Beliebige Vorspannkraftniveaus – Kontrolle und Prüfung

Aus Gebrauchstauglichkeitsgründen vorgespannte Verbindungen der Zielebene II sind **wie nicht vorgespannte Verbindungen** zu behandeln.

Danach gilt DIN EN 1090-2 mit

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

⇒ **Dies entbindet die Firmen natürlich nicht davon, die Montage der geschraubten Verbindungen sorgfältig auszuführen (und dann auch eigenverantwortlich zu kontrollieren)!**





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 |
| $M_{A,h}$ [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.
  - ⇒ **Damit sind die angegebenen Werte für eine Garnitur der FK 10.9 sehr gering, von Fall zu Fall können diese Werte auch zu gering sein!**
- Beanspruchung einer 4.6-Schraube im Spannungsquerschnitt des Gewindes zu ca. 25 % bis 30 % der Streckgrenze.
- Überbeanspruchung der Schrauben durch handfestes Anziehen ausgeschlossen.

## Kontrolle und Prüfung

Alle Verbindungen sind einer **Sichtprüfung** zu unterziehen mit Überprüfung auf:

- fehlende Garnituren,
- zu geringe Gewindeüberstände und
- zu große Restspalte.

## Abmessungen M12 bis M36

Vorgespannte Verbindungen mit HR-Garnituren der k-Klassen K1/K2 nach DIN EN 14399-3/-7/-5/-6, FK 8.8/10.9



→ aBG/vBG

© UDE/IML

Vorgespannte Verbindungen mit HRC-Garnituren der k-Klassen K0/K2 nach DIN EN 14399-10/-5/-6, FK 10.9



→ aBG/vBG

© UDE/IML

Vorgespannte Verbindungen mit Direkten Kraftanzeigern, k-Klassen K0/K1/K2 nach DIN EN 14399-9/-3/-4/-8/-5/-6, FK 8.8/10.9



→ aBG/vBG

© UDE/IML

Vorgespannte Verbindungen aus Standard-Metallbaugarnituren, FK 80/100

Garnituren aus Schrauben nach DIN EN ISO 4014/ 4017, FK 80/100, Muttern nach DIN EN ISO 4032, FK 80/100 und Scheiben nach DIN EN ISO 7089/7090 mit einer Härte von mindestens HV 200 aus **nichtrostendem Stahl**



→ (aBZ)/aBG  
(ZiE)/vBG

© UDE/IML

## Zu vermeidende Angaben

- Verallgemeinernde Angaben zum Vorspannen ohne Zuordnung zu den Anschlüssen
- Unpräzise Bezeichnung über die Vorspannkraft: „Volle Vorspannkraft“
  - ⇒ Was soll diese sein?  $F_{p,C}$ ?  $F_{p,C}^*$ ?  $F_v$ ?
  - ⇒ Welche Anziehparameter?
- Prinzipielle Angabe eines standardisierten Schriftstempels zum Vorspannen von Schraubverbindungen unabhängig von
  - Zielebene der Vorspannung und
  - Angabe, ob vorspannbare Verbindungen auf der Zeichnung enthalten sind oder nicht.

## Erforderliche Angaben

- Detaillierte Angabe, welche der dargestellten Schraubverbindungen vorgespannt werden sollen
- Zuordnung der Anschlüsse zu den Zielebenen der Vorspannung: Zielebene I oder II?
- Zuordnung der Anschlüsse, die nur handfest angezogen werden
- Konkrete Angabe des zu verwendenden Anziehverfahrens (nur Handfest, KV, MDV, ...?)
- Angabe der zu verwendenden Anziehparameter (in tabellarischer Form)
- Spezifizierung des Nachziehens der vorgespannten Verbindungen zum Ausgleich von Vorspannkraftverlusten
- Angaben zu Kontrolle und Prüfung

## Empfehlung

- ⇒ MDV: Nachziehen der vorgespannten Verbindungen der Zielebene I mit  $1,0 M_A$  nach „wenigen Tagen“ (ca. 72 h)!
- ⇒ Verringerung der Vorspannkraftverluste bis zu ca. 10 %

# Garnituren für nicht vorgespannte Schraubenverbindungen < M12

Derzeit sind Standard-Metallbaugarnituren M6/M8/M10 bauaufsichtlich nicht abgedeckt ⇒ Regelungslücke

- DBS 918 005 ⇒ Schrauben, Muttern und Scheiben kleiner M12 sind für tragende Konstruktionen nicht zulässig. DBS 918 005, 6.2.1
- M12 ⇒ zu stringente Untergrenze für den „normalen“ Stahlbau
- Schraubengarnituren M6, M8 und M10 nach ISO 4014 ff sind technisch und sicherheitsmäßig ohne Zweifel durch DIN EN 1993-1-8 und DIN EN 1090-2 abgedeckt.
- Ausnahme: Zugbeanspruchung (wegen des maximalen Nennlochspiels)

| Empfehlung                             | M6   | M8         | M10        |
|--|--|------------|------------|
| Nennlochspiel                          | max $\Delta d = 0,5 \text{ mm}$                                  |            |            |
| Lochtoleranz                           | H13 nach DIN EN ISO 286-2 (statt pauschal $\pm 0,5 \text{ mm}$ ) |            |            |
| <b>Ausnutzung<br/>Zugtragfähigkeit</b> | <b>30%</b>   | <b>70%</b> | <b>70%</b> |
| Zugtragfähigkeit bei Feuerverzinkung   | (tZn nicht zulässig)   | 60%        | 60%        |



DIN 18800-7, 5.3.1 (517):  
...Schrauben, Muttern und Scheiben kleiner M12 dürfen nur für einen **Ausnutzungsgrad auf Zug kleiner als 50%** verwendet werden.

⇒ Für M6 evtl. zu großzügig und für M8/M10 zu konservativ.

Gewindeeingriff reicht aufgrund des Gewindeübermaßes der Mutter oder Gewindeuntermaßes der Schraube (wegen Feuerverzinkung) nicht aus, um die vollen Prüf- und Mindestbruchkräfte nach DIN EN ISO 898-1/ zu erreichen.

⇒ Prüf- und Mindestbruchkräfte werden in DIN EN ISO 10684 für M8 und M10 um bis zu 10 % niedriger vorgegeben.



## Nicht genormter Verschraubungsfall



© mageba

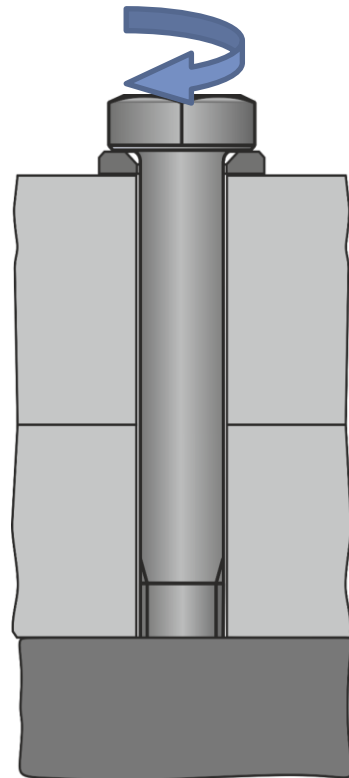


© MAURER SE

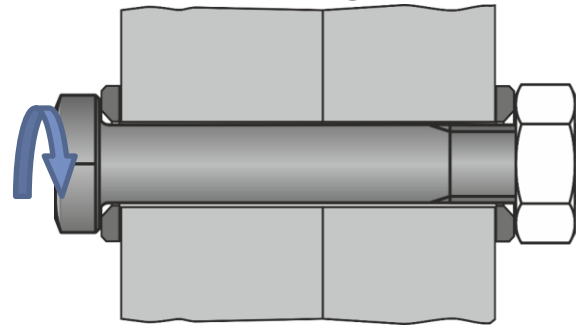
Verfahrensprüfung bei

- Verwendung von Einzelkomponenten einer CE-gekennzeichneten Garnitur,
- Zu einer Garnitur abweichenden Rahmenbedingungen im geplanten Einsatz.

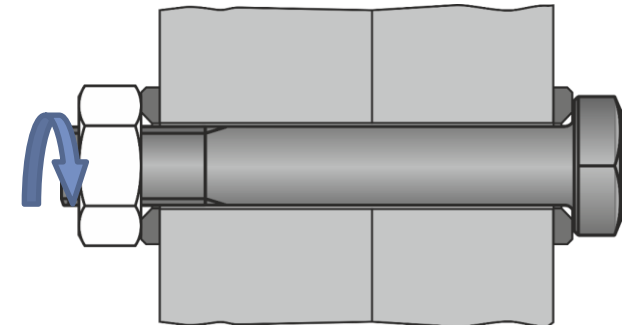
Sack- und Durchgangslöcher



Kopfseitiger  
Anzug



Abweichende  
Schmierung



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

## Verfahren 1

Eine genaue Berechnung der Einschraubtiefe kann auf Basis der **VDI-Richtlinie 2230-1** erfolgen.

## Verfahren 2

Auf der sicheren Seite liegend reicht die Einschraubtiefe aus, wenn das Verhältnis der Einschraubtiefe zum Schraubendurchmesser mindestens folgenden Wert erreicht:

$$\xi = \frac{600}{f_u} \cdot \left( 0,3 + 0,4 \cdot \frac{f_{ub}}{500} \right) \text{ und } f_u \leq f_{ub}$$

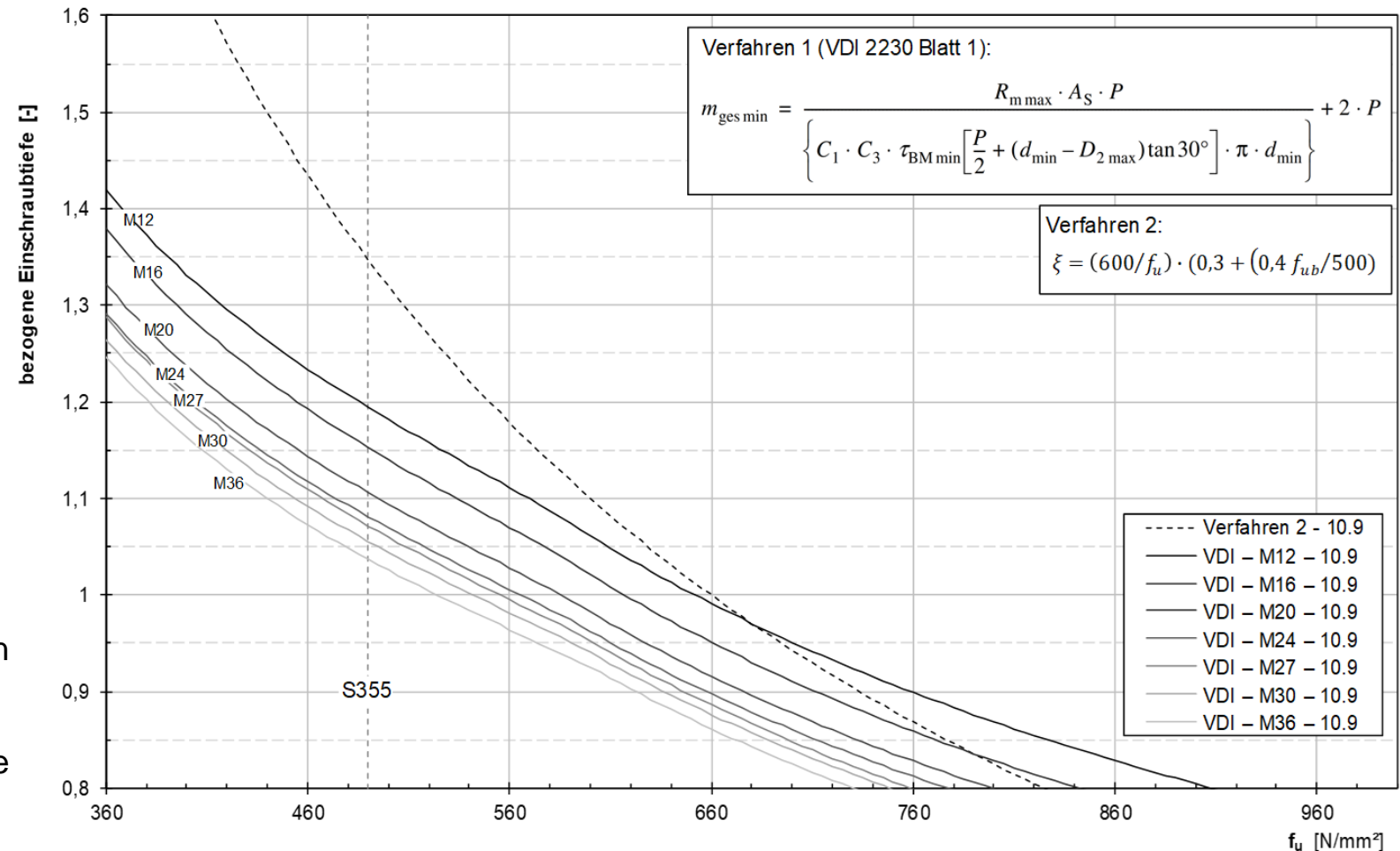
mit

$f_u$  Zugfestigkeit des Bauteils mit Innengewinde in  $\text{N/mm}^2$  und

$f_{ub}$  Zugfestigkeit des Bauteils mit Außengewinde in  $\text{N/mm}^2$ .

## Einschraubtiefe nach Verfahren 1 (VDI 2230 Blatt 1 (m/d)) und Verfahren 2

Schraube 6g – tZn und Sackloch 6AZ





## Kriterien zur Festlegung geeigneter Anziehparameter

Sicheres Einbringen der  
Zielvorspannkraft  $F_V$

| Nr. | Grenzkriterium             |
|-----|----------------------------|
| 1   | $F_{b \min} \geq 1,03 F_V$ |
| 2   | $F_{Rk,5\%} \geq 1,03 F_V$ |
| 3   | $F_{bm} \geq 1,1 F_V$      |

Vermeidung  
von Plastizierungen

| Nr. | Grenzkriterium                   |
|-----|----------------------------------|
| 4   | $F_{Rk,95\%} \leq 0,97 F_{Mzul}$ |
| 5   | $F_{b \max} \leq 0,97 F_{Mzul}$  |

$F_{b \min}$  kleinster Messwert  
 $F_{b \max}$  größter Messwert  
 $F_{bm}$  Mittelwert der Messwerte  
 $F_{Rk,5\%}$  5% Fraktile aller Messwerte  
 $F_{Rk,95\%}$  95% Fraktile aller Messwerte

$F_V$  Zielvorspannkraft  
 $F_{Mzul}$  zulässige Montagevorspannkraft  
aus Vergleichsspannung infolge Vorspannung und  
Schubspannung aus Torsionsmoment  
nach VDI 2230-1

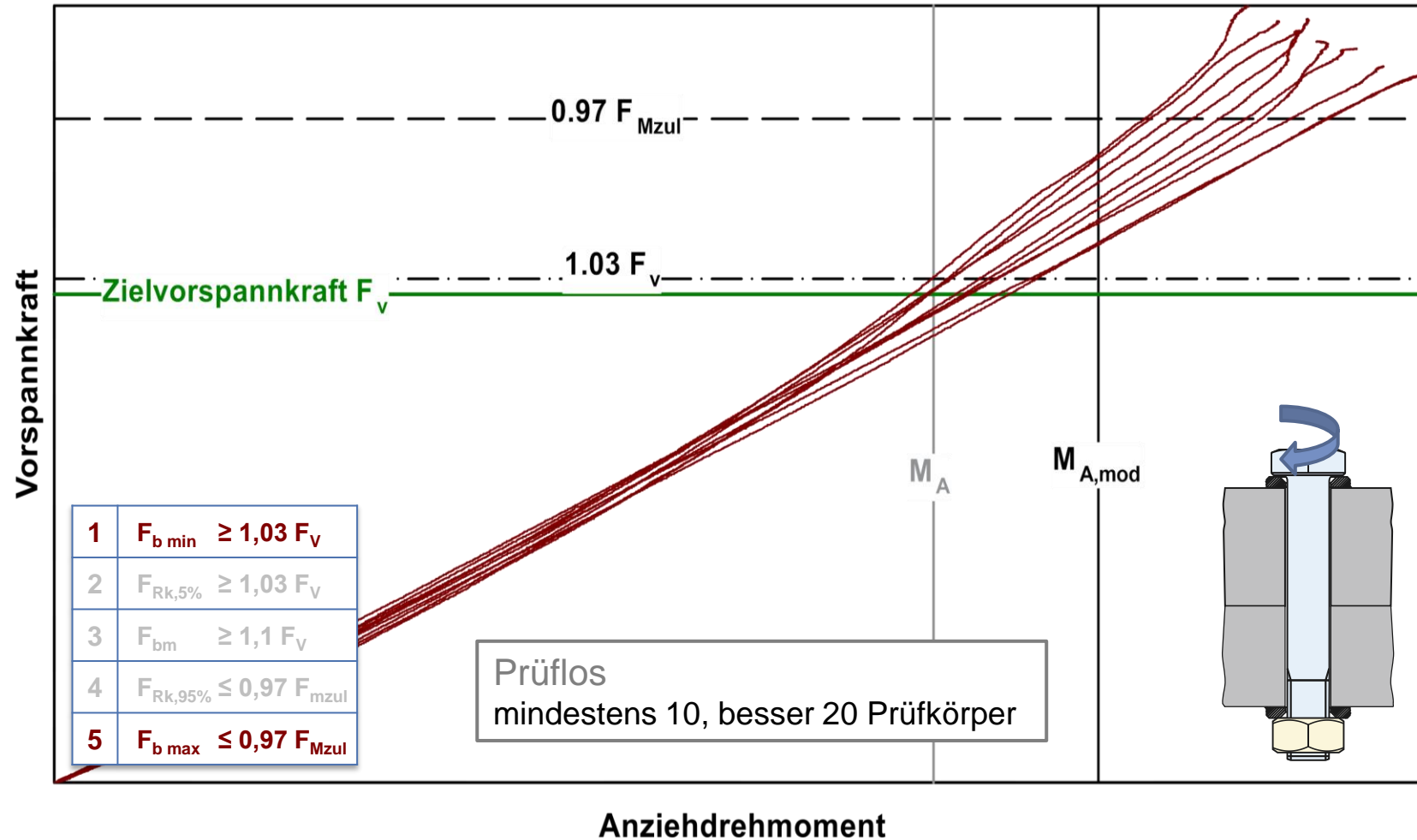
Anziehprüfstand für  
mechanische Verbindungsmittel  
am Institut für Metall- und Leichtbau  
der Universität Duisburg-Essen



© UDE/IML

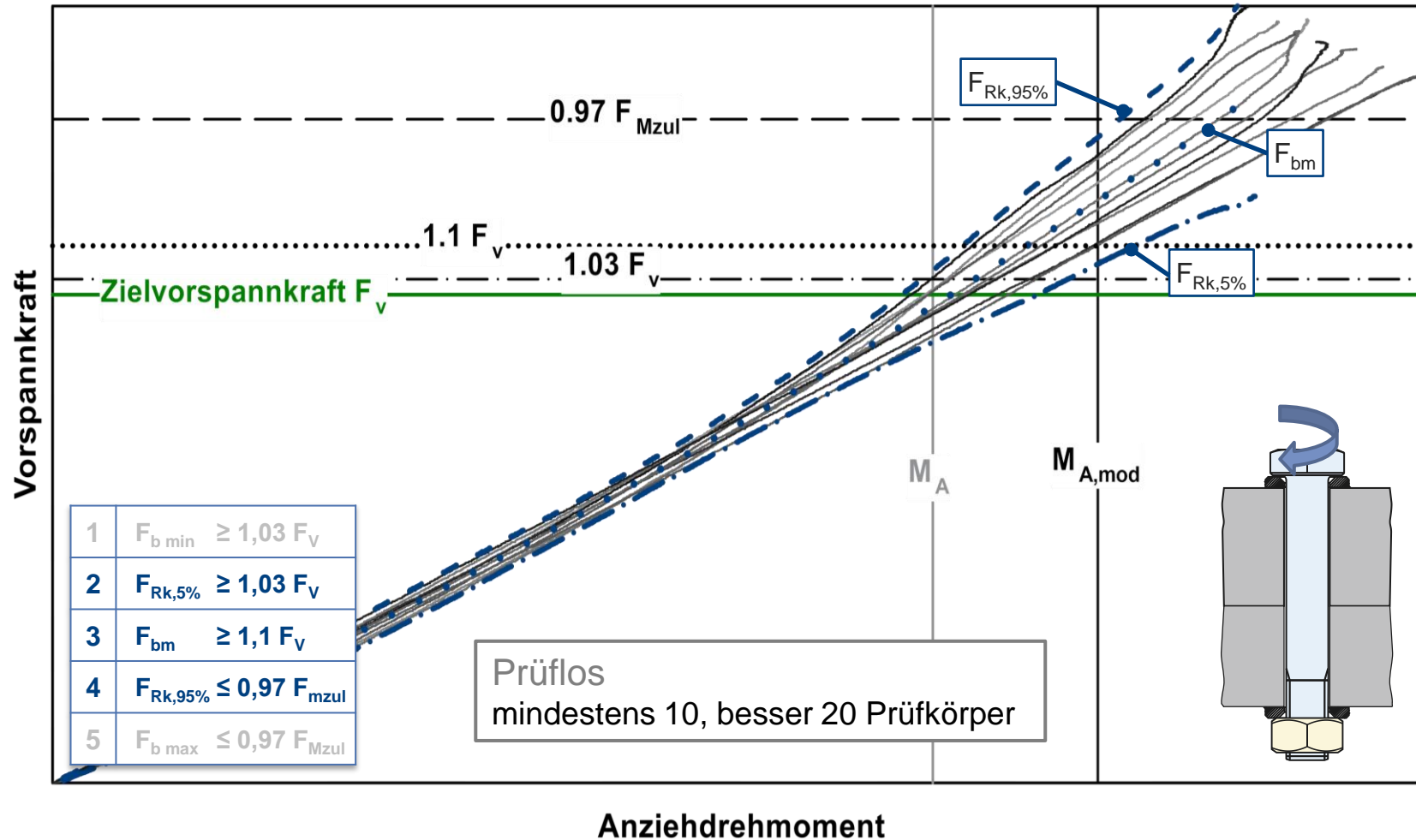
## Beispiel: Kopfseitiges Anziehen von HV-Schrauben in Muttern

### Vorspannkraft-Anziehdrehmoment-Kurven



## Beispiel: Kopfseitiges Anziehen von HV-Schrauben in Muttern

### Vorspannkraft-Anziehdrehmoment-Kurven



## DAST-Richtlinie 024 ...

- ist über DIN EN 1993-1-8/NA eingeführt,
- führt die Zielebenen I und II der Vorspannung ein,
- ist derzeit beschränkt auf HV-Garnituren und Standard-Metallbaugarnituren ISO 4014/4017, FK 8.8,
- öffnet zu „beliebigen“ Vorspannkraftniveaus,
- gibt einheitliche Regelungen zur Verfahrensprüfung für den nicht genormten Verschraubungsfall,
- regelt Einschraubtiefen,

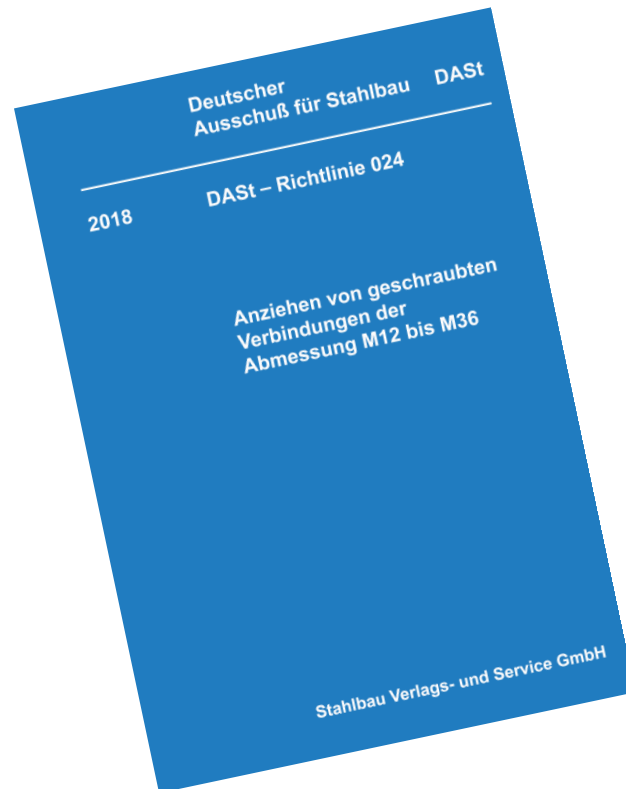
aber

- gibt **keine** Regelungen für HR-/HRC-Garnituren,
- macht **keine** spezifischen Aussagen zu Angaben auf Ausführungszeichnungen,
- erzwingt durch die Vielfalt der Möglichkeiten jeweils spezifische Betrachtungen der Schraubfälle.

⇒ Revision der DAST-Richtlinie 024 steht an ...

- Hinweise sind willkommen!
- Kommentare bitte per E-Mail zukommen lassen.

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



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

Universität Duisburg-Essen  
Fakultät Ingenieurwissenschaften  
Abteilung Bauwissenschaften  
Institut für Metall- und Leichtbau  
Prüf- und Zertifizierungsstelle NRW71

Universitätsstr. 15  
45141 Essen

Fon: 0201 183-2757  
Fax: 0201 183-2710

E-Mail: [natalie.stranghoener@uni-due.de](mailto:natalie.stranghoener@uni-due.de)  
[dominik.jungbluth@uni-due.de](mailto:dominik.jungbluth@uni-due.de)

Internet: [www.uni-due.de/iml](http://www.uni-due.de/iml)