



FUCHS

Innovationen verbinden.

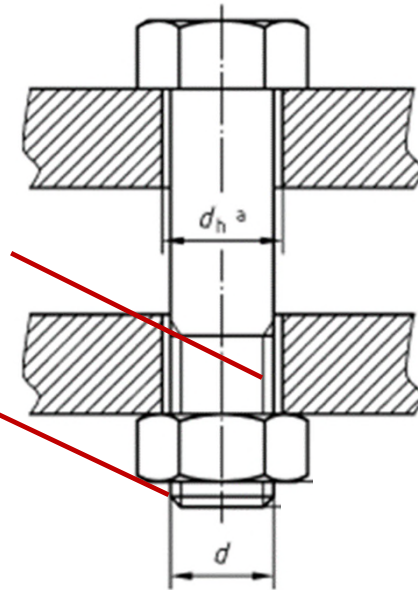


Die richtige Schraubenlänge –
Auswahl und Abnahmebedingungen

eforum Online-Fachtagung | Dr.-Ing. Volker Dünkel

Die richtige Schraubenlänge

- Technische Anforderungen
 - Länge des **freien belasteten Gewindes**
 - **Überstand** des Schraubenendes
- Paketdicke als Kriterium zur **Auswahl**
 - **Nenn-Länge** der Schraube
- Einbaubedingungen auf der Baustelle
 - **Anpassung** der Klemmlänge
- Verschrauben / Anziehen / Vorspannen / Kontrolle
 - **Abnahme**



Technische Anforderungen – grundsätzlicher Überstand

Überstand l_p des Schraubenendes gegenüber der Außenfläche der Mutter

DIN 18800-7 unterschied in Element (809) zwei Anforderungen:

- Planmäßig **vorgespannte** Verbindungen => mindestens **1xP**
- Verbindungen mit zusätzlicher **Zug**beanspruchung => mindestens **1xP**
- **nicht** planmäßig **vorgespannte** Verbindungen
ohne zusätzlich **Zug**beanspruchung => **0xP** ausreichend

DIN EN1090-2 enthält in Abschnitt 8.2.2 die einheitliche Anforderung:

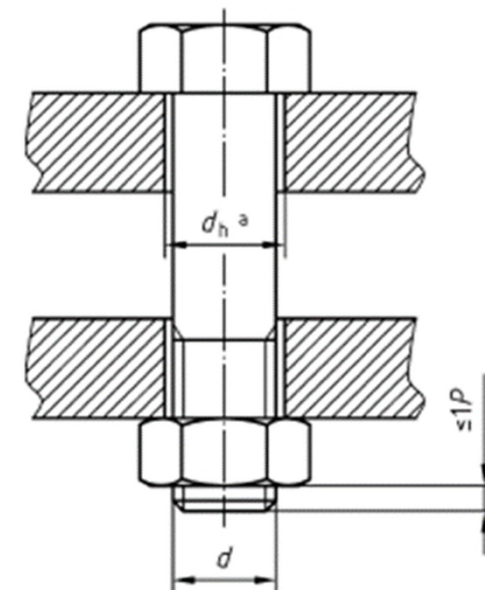
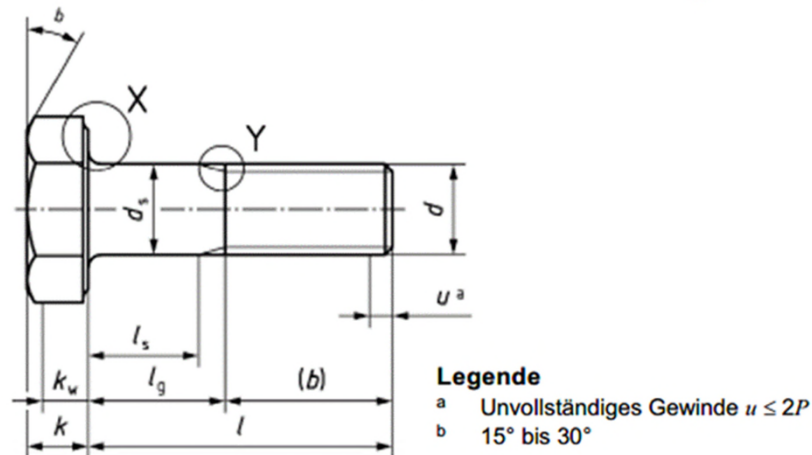
- **vorgespannte** und **nicht vorgespannte** Garnituren => mindestens **1xP**

In der letzten Ausgabe 2018 wurde diese lediglich für Sechskantmuttern (**ohne Klemmteil** z. B. nach EN 14399-4 oder ISO 4032) geltende Anforderung fälschlicherweise auch für zusätzliche Sicherungselemente übernommen.

Technische Anforderungen – grundsätzlicher Überstand

Diese Anforderung ergibt sich auf Grund der **unvollständig** ausgeformten Gewindegeometrie im Bereich der **Schraubenkuppe** in Verbindung mit der beidseitig **angesenkten Sechskantmutter**.

links: unvollständiges Gewinde „ $u \leq 2xP$ “



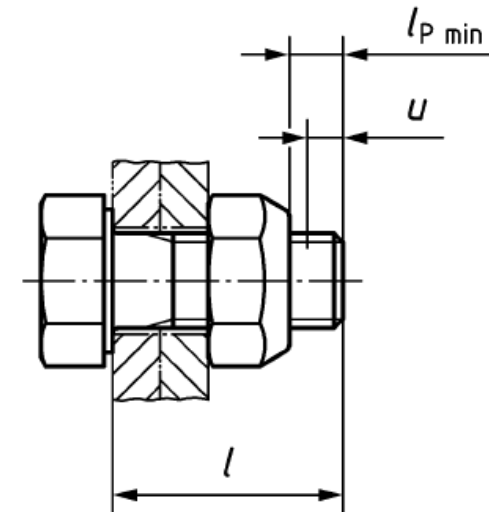
rechts: EN 15048-2 - Prüfung der axialen Tragfähigkeit bei einer für die Anwendung unzulässigen Klemmlänge \Rightarrow Soll-Überstand „ $l_p \geq 1xP$ “

Technische Anforderungen – Überstand zur Verliersicherung

Neben der Grundanforderung **Überstand mindestens „1xP“** kann es jedoch anwendungsspezifische Zusatzanforderungen geben:

- Falls für nicht vorgespannte Verbindungen eine Sicherung durch punktuelle Verformung der Gewinde (**Körnerschlag**) unmittelbar außerhalb der Mutter vorgesehen ist, dann muss die gemäß Anhang B der DIN 7990 **verlängerte Schraubenkuppe „+3“** auch als **vergrößerter Überstand „1xP + 3 mm“** nach dem Anziehen verbleiben.
- Falls für nicht feuerverzinkte Schrauben nach ISO 4014 oder ISO 4017 zur Sicherung eine Mutter **mit Klemmteil** entsprechend ISO 2320 eingesetzt wird, dann muss gemäß DIN 78 ein **Mindest-Überstand von „ $l_{P \min} = 3xP$ “** nach dem Anziehen verbleiben.

Nur unter diesen Randbedingungen kann eine entsprechende **Verliersicherung** erwartet werden.



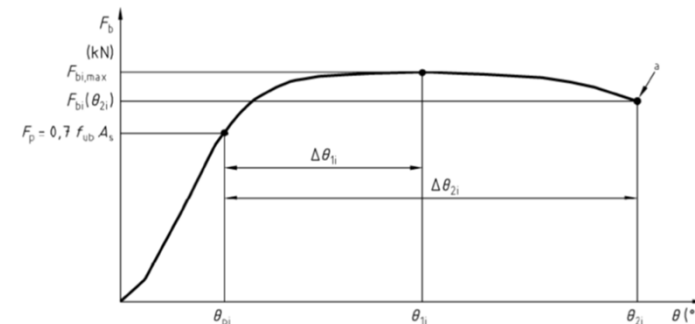
Technische Anforderungen – verformungsfähiges Gewinde

Zum Nachweis der für das **Kombinierte Anziehverfahren** ausreichenden **Verformungsfähigkeit** von vorspannbaren Garnituren werden in EN 14399-2 zwei Weiterdrehwinkel von der Regelvorspannkraft

- bis zur **Maximal-Last** und
- bis zum erneuten **Unterschreiten der Regelvorspannkraft** betrachtet.

Diese Sicherheit gegen Versagen kann

- durch **duktilen Bruch** des Gewindes oder
- durch **Abstreifen** der gepaarten Gewinde erzielt werden.



HV-Garnituren nach EN 14399-4 oder EN 14399-8 sollen

- wie auch Stahlbauschrauben DIN 7990 oder DIN 7968 - mit möglichst langem **gewindefreien Schaft** innerhalb der Paketdicke verbaut werden. Auf Grund der entsprechend geringen Länge des verbleibenden **freien belasteten Gewindes** ist dessen **Verformungsfähigkeit** beschränkt.

Technische Anforderungen – verformungsfähiges Gewinde

Für die Länge l_{th} des freien belasteten Gewindes (**vollständige Gewindegänge**) zwischen dem Auslauf und der Mutter gelten gemäß Abschnitt 8.2.2 der EN 1090-2 drei abweichende Anforderungen:

- **nicht** vorgespannte Schrauben => mindestens **1xP**
- vorgespannte HV-Garnituren => mindestens **2xP**
- vorgespannte HR-Garnituren => mindestens **4xP**



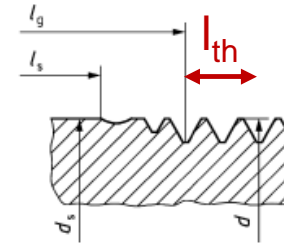
links: M20-4.6 im Zugversuch nach EN 15048-2 mit maximaler Klemmlänge => **Einschnürung**

rechts: M20-10.9 Anziehversuch nach EN 14399-2 mit maximaler Klemmlänge => **Bruch** unter 45° (statt **Abstreifen** der Gewinde)



Technische Anforderungen – verformungsfähiges Gewinde

Der Auslauf darf je nach Produktnorm eine Länge von $1,5xP \leq l_g - l_s \leq 3xP$ für HV oder $l_g - l_s \leq 2xP$ für DIN 7990 aufweisen.



Die tabellierte **Nenn-Klemmlängen** Σt und **Nenn-Paketdicken** t_s berücksichtigen die jeweiligen Anforderungen und ermöglichen so die **Auswahl** einer jeweils sachgerechten **Nenn-Länge** der Schraube.

EN 14399-4:	$l_{g,max} + 2 P$	$< \Sigma t <$	$l_{min} - P - m_{max}$
DIN 7990:	$l_{g,max} + P$	$< \Sigma t <$	$l_{min} - P - m_{max}$
EN 14399-4:	$l_{g,max} + 2 P - 2 h_{min}$	$< t_s <$	$l_{min} - P - m_{max} - 2 h_{max}$
DIN 7990:	$l_{g,max} + P - h_{min}$	$< t_s <$	$l_{min} - P - m_{max} - h_{nenn}$

Auf Grund der konservativen Abschätzung aller Toleranzen ist diese **Vorzugsgröße** in jedem Fall innerhalb der **5 mm Stufe** geeignet. Dies schließt die anforderungsgerechte Anwendung von Schrauben der benachbarten **Nenn-Längen** jedoch nicht grundsätzlich aus.

Technische Anforderungen – vergrößerte Gewindelänge

Nach DAST-Richtlinie 021 für HV-Garnituren M39 bis M72 kann bei Sonderanwendungen **ohne Scherbeanspruchung** für z. B. ziehendes Vorspannen durch hydraulische Längung und Anlegen der Mutter bei der Bestellung eine **vergrößerte Gewindelänge „b“** vereinbart werden.
=> Die festgelegten üblichen **Schaftlängen** ändern sich entsprechend.

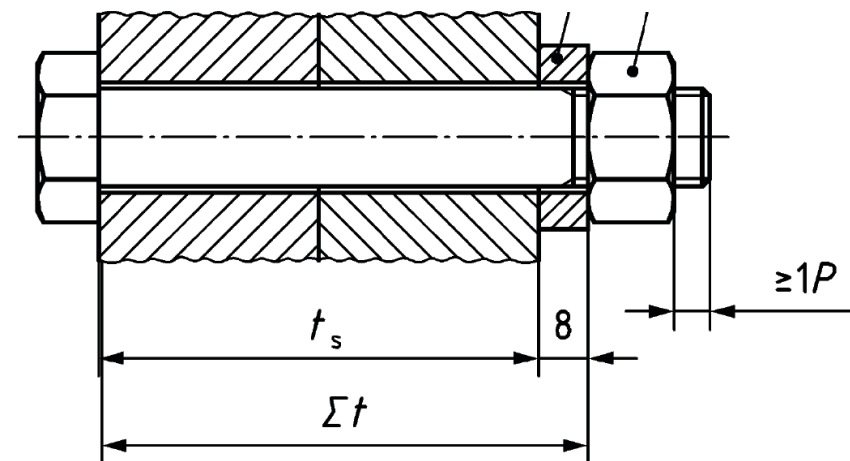
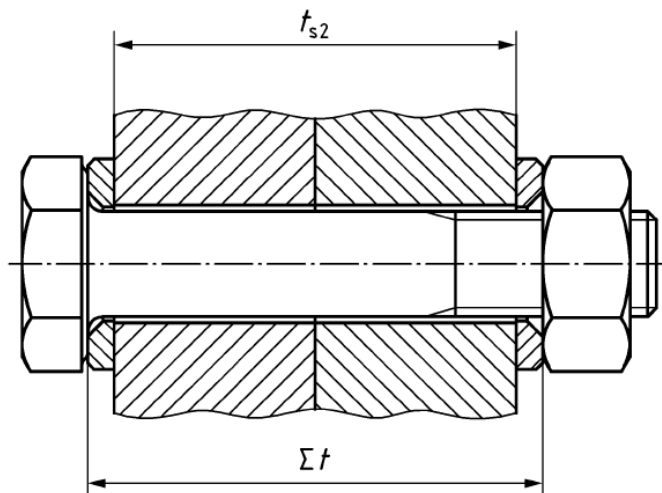
Neben den beiden weiterhin geltenden Grundanforderung **Überstand „ $l_p \geq 1xP$ “** und **freies belastetes Gewinde „ $l_{th} \geq 2xP$ “** zwischen Auslauf und Mutter müssen dann sowohl bei der Konstruktion als auch bei der Ausführung anwendungsspezifische Zusatzanforderungen beachtet werden.

Paketdicke als Kriterium zur Auswahl der Schraubenlänge

Die Tabellen in den Produktnormen (z.B. EN 14399-4 oder DIN 7990) dienen zur **Auswahl** einer für das zu verspannende „Paket“ geeigneten **Nenn-Länge** der Schraube.

Die **Paketdicke** t_s berücksichtigt lediglich die verspannten Bleche und Profile.

In der **Klemmlänge** Σt sind neben den verspannten Blechen und Profilen auch die der Garnitur zugeordneten **Scheiben** eingeschlossen (z. B. **2x** EN 14399-6 oder **1x** DIN 7989).



Annahme	Toleranz	Begrenzung
<p>Tatsächliches Maximum für die jeweiligen Verbindungselemente</p> <p>Bezüglich der größten in der Praxis zugelassenen Klemmlänge mit Überstand „l_p 1xP“ wird auf Abschnitt 6.2.4 der EN 15048-2:2016 verwiesen.</p>	<p>praktisch nutzbar</p>	<p>Mindestbruchkraft der Schraube und Abstreifkraft der gepaarten Gewinde</p> <p>für die Anwendung abgesichert durch Zugversuche an Ganzschrauben nach Abschnitt 9.1 und 9.2 der ISO 898-1:2013 und Prüfkraftversuche an Muttern nach Abschnitt 9.1 der ISO 898-2:2012.</p>
<p>Maximum</p> <p>für die eindeutige Auswahl einer Schraubenlänge an Hand der Soll-Maße der Konstruktion</p> <p>Minimum</p> <p>für die eindeutige Auswahl einer Schraubenlänge an Hand der Soll-Maße der Konstruktion</p>	<p>konservativ</p>	<p>In Tabellen (z.B. in der EN 14399-4) je Durchmesser und Nennlänge zugeordnete Spanne von 5 mm für die nominellen Vorzugsbereiche von Klemmlänge und Paketdicke.</p>
<p>Tatsächliches Minimum für die jeweiligen Verbindungselemente</p> <p>Zur praktischen Überprüfung der freien belasteten Gewindelänge „l_{th} = 2xP“ wird auf die Anmerkung in Abschnitt 9.3.5 der ISO 898-1:2013 verwiesen.</p>	<p>praktisch nutzbar</p>	<p>Mindestbruchkraft der Schraube und Verformungsvermögen der Garnitur</p> <p>für die Anwendung abgesichert durch Anziehversuche nach Abschnitt 6.4 der EN 14399-2:2015 unter Berücksichtigung der Fertigungstoleranzen.</p>

Klemmlänge als Kriterium zur Auswahl der Schraubenlänge

Wenn die in den Auswahltabellen grundsätzlich vorgesehenen Scheiben durch Alternativen mit **gleicher Gesamtdicke** ersetzt werden, ändert sich die **Klemmlänge** nicht.

Beidseitig **Keilsicherungsscheiben-Paare** an Stelle von HV-Scheiben (z.B. HEICO-LOCK HLK-Scheiben gemäß Zulassung Z-14.4-702

abweichend: M27 und M30 => +3 mm

oder NORD-LOCK SC-Keilsicherungsscheiben gemäß ETA 13/0246 und Zulassung Z-14.4-705 abweichend: M12 => +3 mm)

Diese Sicherungselemente  haben sich bei Stoßbelastung für **vorgespannte** Verbindungen z. B. in Kranbahnen bewährt.

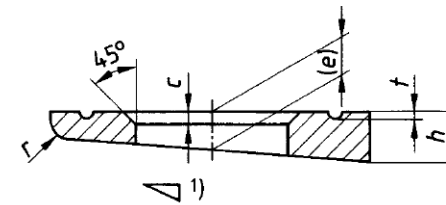
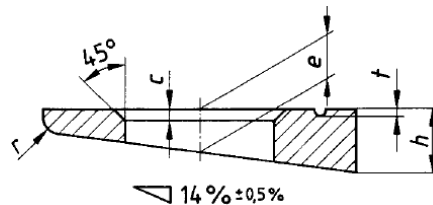
Scheiben ähnlich DIN 7989 jedoch mit entsprechend der Höhe eines mitverbauten **Federrings** DIN 127  verminderter Scheibendicke.

Diese federnden Elemente werden zur Bewertung des handfesten Anziehens von **nicht vorgespannten** Verbindungen genutzt.

Paketdicke als Kriterium zur Auswahl der Schraubenlänge

Keilscheiben DIN 6917 für alte I-Profile und DIN 6918 für alte U-Profile

Als ausgeführte Neigung sind maximal zulässig:
 vorwiegend ruhend < 4%
 nicht vorwiegend ruhend < 2%



1) Neigung 8% ± 0,5%: zwei Rillen
 Neigung 5% ± 0,5%: ohne Rillen, Formbuchstabe A in der Bezeichnung

sind zum **Ausgleich der Neigung** dieser Profile vorzusehen.
 (Dies gilt für Keilscheiben nach DIN 435 und DIN 434 entsprechend.)

Sie sind demzufolge **zusätzlich** zu HV-Scheiben der Garnitur nach EN 14399-1 einzubauen und bei der Ermittlung der **Paketdicke** zu berücksichtigen.

Ursprünglich waren sie als **Ersatz** der HV-Scheiben DIN 6916 in Garnituren aus HV-Schrauben DIN 6914 mit HV-Muttern DIN 6915 vorgesehen.
 Die Senkung c für den großen Radius unter Kopf und das Kennzeichen des Garniturherstellers wird heute als **Zwischenlage** nicht mehr benötigt.

Paketdicke als Kriterium zur Auswahl der Schraubenlänge

Aus CAD-Konstruktionen werden auf Grundlage der Nenn-Dicken der **Profile und Bleche** Stücklisten mit Nenn-Längen der Schrauben generiert.

Da diese Nenn-Dicken aus wirtschaftlichen Gründen nicht regelmäßig überschritten werden und die Überzugsdicken bei wenigen Trennfugen keinen wesentlichen Beitrag liefern, ist die Abschätzung der **Paketdicke** grundsätzlich konservativ.

Wenn die Paketdicke der **Obergrenze** der jeweiligen Nenn-Länge entspricht oder bei unsicherer Paketdicke, lieber die **nächst längere** Schraube wählen!

Wurden **zu lange** Schrauben vorgesehen, dann sind zur **Anpassung** der Klemmlänge Futterbleche, Unterlegbleche oder zusätzliche Scheiben (Scheiben lediglich unter Kopf beim Anziehen durch Drehen der Mutter) zulässig, um das erforderliche **freie belastete Gewinde** l_{th} darzustellen.

Wurden aber **zu kurze** Schrauben vorgesehen, dann können diese ohne den erforderlichen **Überstand** $l_p \geq 1 \times P$ nicht verwendet werden!

Anpassung der Klemmlänge – Tabelle 16 der EN 1090-2

Die Gesamtdicke der zusätzlichen Scheiben darf **12 mm** nicht überschreiten.

In **vorgespannten** Verbindungen dürfen zusätzlich zur Mindestanzahl der vorgeschriebenen Scheiben auf der Seite, auf der nicht gedreht wird,

bis zu zwei Scheiben oder
eine Scheibe und ein Unterlegblech oder
auf der Seite, auf der gedreht wird,
ein Unterlegblech angeordnet werden.

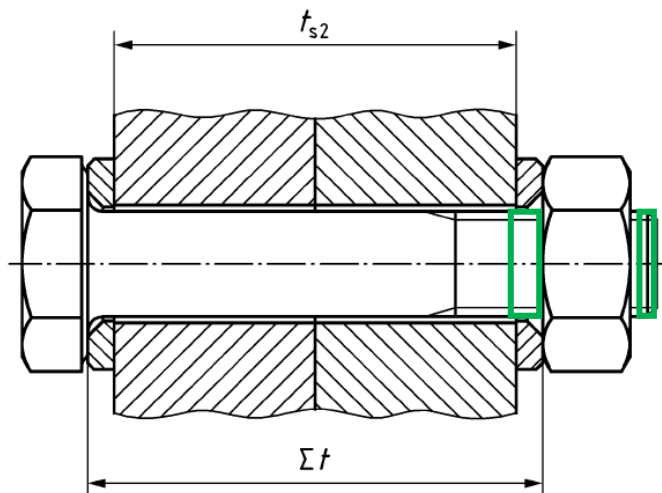
In **nicht vorgespannten** Verbindungen dürfen zusätzlich zur Mindestanzahl der vorgeschriebenen Scheiben

bis zu drei Scheiben oder
zwei Scheiben und ein Unterlegblech oder
eine Scheibe und ein Unterlegblech oder
ein Unterlegblech angeordnet werden.

Einbaubedingungen auf der Baustelle

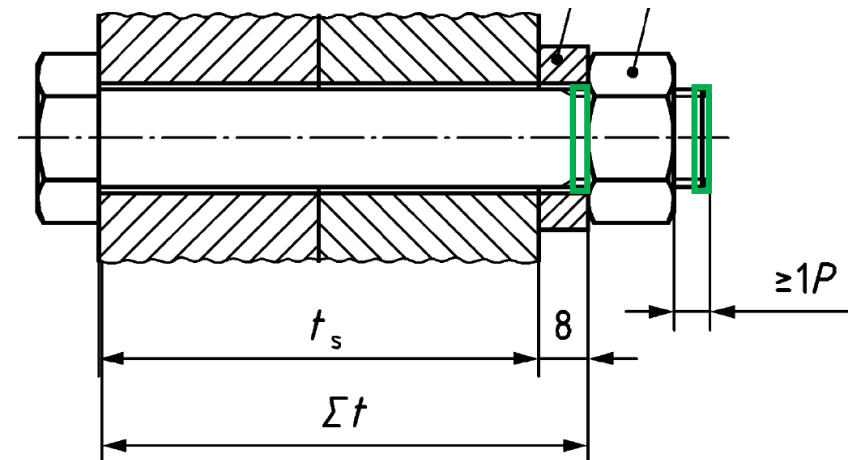
Die Überprüfung der **minimalen Klemmlänge** kann nur vor dem Aufschrauben der Mutter durch Blick in die Bohrung erfolgen.

Da die Dicke der HV-Scheiben „ $h < 2xP$ “ kleiner als die geforderte Länge des freien belasteten Gewindes „ $l_{th} \geq 2xP$ “ ist, darf bei **vorgespannten Verbindungen nur vollständig ausgeformtes Gewinde hervorstehen**. Andernfalls muss die Klemmlänge durch Zwischenlagen unter dem Schraubenkopf angepasst werden.



Einbaubedingungen auf der Baustelle

Bei **nicht vorgespannten** Schrauben nach DIN 7990 oder DIN 7968 darf der **Schaft** aber über die Auflagefläche **hervorstehen**, solange die 8 mm dicke Scheibe DIN 7989 die erforderliche Länge „ $l_{th} \geq 1 \times P$ “ des **freien belasteten Gewindes** zwischen dem Auslauf und der Mutter herstellt.



Die **jeweils 5 mm** umfassenden Bereiche zur **Auswahl** der Nenn-Länge der Schrauben wurden jeweils innerhalb der theoretisch möglichen Paketdicke oder Klemmlänge festgelegt.

Verschrauben, Anziehen und Vorspannen

Bei **vorgespannten** Verbindungen ergibt sich gegenüber dem handfesten Anziehen eine **zusätzliche Verlängerung** der Schraube (und auch eine auf Grund der höheren Steifigkeit geringere Stauchung der verspannten Teile).

Eine **nicht vorspannbare** Garnitur, deren Mutter nach den **handfesten Anziehen** den Soll-Überstand noch nicht erreicht hat, muss demzufolge gegen eine **um 5 mm längere** ausgetauscht werden.

Der für die Nutzung geforderte **Überstand „1xP“** muss erreicht sein.

Eine **vorspannbare** Schraube „wächst“ aber beim Drehen der Mutter. Demzufolge kann eine Garnitur, deren Mutter nach dem **handfesten Anziehen** den Soll-Überstand noch nicht erreicht hat, durch das weitere Drehen der Mutter beim Vorspannen anforderungsgerecht werden.

Der geforderte **Überstand „1xP“** muss nach dem Vorspannen erreicht sein.

Quellenangabe:

Die Darstellungen zur Geometrie von Verbindungselementen wurden aus DIN-Normen entnommen.



Ihr Kontakt

Dr.-Ing. Volker Dünkel

Leiter Forschung und Entwicklung

Telefon: +49 (0) 271 4095 130

v.duenkel@fuchs-schrauben.de

FUCHS Schraubenwerk GmbH

Bismarckstraße 24

D-57076 Siegen

Telefon: +49 (0) 271 4095 0

Fax: +49 (0) 271 4095 102

www.fuchs-schrauben.de