



DIN EN 14831

DIN

ICS 21.060.10; 21.060.20

**Verbindungselemente –
Anziehverhalten –
Vereinfachtes Drehmoment/Drehwinkel-Verfahren;
Deutsche Fassung EN 14831:2005**

Fasteners –
Tightening performance –
Torque/Angle simplified test method;
German version EN 14831:2005

Eléments de fixation –
Aptitude au serrage –
Méthode d'essai simplifiée Couple/Angle;
Version allemande EN 14831:2005

Gesamtumfang 25 Seiten

Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente (FMV) im DIN

Norm vor Anwendung auf Aktualität prüfen/Check standard for current issue prior to usage

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom CEN/TC 185 „Mechanische Verbindungselemente mit und ohne Gewinde und Zubehör“ unter Mitwirkung des FMV-AA 2.7 „Spezielle Prüfverfahren“ erarbeitet.

Dieses vereinfachte Prüfverfahren wurde entwickelt, um die systematische Anwendung von umfangreicheren Verfahren zu vermeiden. Im Schiedsfall soll jedoch der Drehmoment/Vorspannkraft-Versuch nach DIN EN ISO 16047 angewendet werden.

Dieses vergleichende Prüfverfahren kann zur Überprüfung der Gleichmäßigkeit eines Fertigungsprozesses (z. B. Aufbringen eines Überzugs oder einer Schmierung, Kugelstrahlen) oder zum Vergleich von Herstellungslosen aus verschiedenen Fertigungen angewendet werden. Es kann auch zum Erkennen von Verbindungselementen eingesetzt werden, die nicht den Festlegungen entsprechen.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Europäischen Normen bestehen mit der gleichen Norm-Nummer identische DIN-Normen. Für die im Abschnitt 2 zitierte Internationale Norm wird im Folgenden auf die entsprechende DIN-Norm verwiesen:

ISO 965-2 siehe DIN ISO 965-2

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 965-2, *Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Teil 2: Grenzmaße für Außen- und Innengewinde allgemeiner Anwendung — Toleranzklasse mittel*

Deutsche Fassung

Verbindungselemente —
Anziehverhalten —
Vereinfachtes Drehmoment/Drehwinkel-Verfahren

Fasteners — Tightening performance —
Torque/Angle simplified test method

Eléments de fixation — Aptitude au serrage —
Méthode d'essai simplifiée Couple/Angle

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 3. März 2005 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Symbole und Einheiten	5
5 Grundlage der Prüfung	6
6 Prüfeinrichtung	6
6.1 Prüfstand.....	6
6.2 Prüfanordnung	7
6.3 Referenzverbindungselemente.....	11
6.4 Proben	11
7 Durchführung der Prüfung	11
7.1 Allgemeines	11
7.2 Durchführung der Prüfung von Muttern.....	12
7.3 Durchführung der Prüfung von Schrauben.....	12
8 Auswertung der Ergebnisse	13
9 Prüfbericht	13
Anhang A (normativ) Kalibrierverfahren zur Ermittlung des Drehwinkels θ_{test}	14
Anhang B (normativ) Ermittlung der Prüfgrenzwerte für das Drehmoment (T_{min} und T_{max})	17
Anhang C (informativ) Beispiel für die Ermittlung der Prüfgrenzwerte für das Drehmoment (T_{min} und T_{max})	21
Literaturhinweise	23

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14831:2005) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 185 „Mechanische Verbindungselemente mit und ohne Gewinde und Zubehör“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2005 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument enthält Literaturhinweise.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren für Verbindungselemente mit metrischem ISO-Gewinde von M6 bis M16 für Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 bis 12.9 und für Muttern der Festigkeitsklassen 8 bis 12 zur Prüfung ihres Anziehverhaltens im elastischen Bereich fest.

Es gilt für Verbindungselemente aus Stahl mit metrischem ISO-Gewinde nach ISO 68-1.

Es gilt für Verbindungselemente mit einer Reibungszahl von 0,06 bis einschließlich 0,18. Bei höheren Reibungszahlwerten nimmt die Streuung der Prüfergebnisse zu und das Prüfverfahren sollte nicht angewendet werden. Dieses Dokument gilt nicht für niedrigere Reibungszahlen, die für sehr spezifische Anwendungsfälle vorgesehen sind und die eine besondere Schmierung erfordern.

Dieses vergleichende Prüfverfahren kann zur Überprüfung der Gleichmäßigkeit eines Fertigungsprozesses (z. B. Aufbringen eines Überzuges, Schmierung, Kugelstrahlen) oder zum Vergleichen von unterschiedlichen Herstellungslosen angewendet werden. Es kann auch zum Erkennen von Verbindungselementen eingesetzt werden, die nicht den Festlegungen entsprechen.

ANMERKUNG Dieses vereinfachte Prüfverfahren wurde entwickelt, um die systematische Anwendung von umfangreicheren Verfahren zu vermeiden.

Im Streitfall dient der Drehmoment/Vorspannkraft-Versuch nach EN ISO 16047 als Schiedsprüfung.

Dieses Dokument ist nicht anwendbar für die Bewertung von Verbindungselementen im tatsächlichen Montagezustand; die Messung der im Betrieb auftretenden Reibungszahlen ist nicht möglich.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 20898-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkraften, Regelgewinde (ISO 898-2:1992)*

EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben (ISO 898-1:1999)*

EN ISO 4759-3, *Toleranzen und Verbindungselemente — Teil 3: Flache Scheiben für Schrauben und Muttern — Produktklassen A und C (ISO 4759-3:2000)*

EN ISO 7093-1, *Flache Scheiben — Große Reihe — Teil 1: Produktklasse A (ISO 7093-1:2000)*

EN ISO 16047, *Verbindungselemente — Drehmoment/Vorspannkraft-Versuch (ISO 16047:2005)*

ISO 965-2, *General purpose metric screw threads — Tolerances — Part 2: Limits of sizes for general purpose external and internal screw threads — Medium quality*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Herstellungslos

Menge von Verbindungselementen mit gleicher Bezeichnung, einschließlich Produktklasse, Festigkeitsklasse und Größe, die aus Stangen, Draht, Walzdraht oder Flachzeug aus einer einzigen Schmelze, durch gleiche oder ähnliche Prozessschritte, entweder gleichzeitig oder fortlaufend, und, soweit zutreffend, mit gleichen Prozessen für die Wärmebehandlung und/oder das Aufbringen eines Überzuges hergestellt wurde

ANMERKUNG 1 Gleicher Prozess für Wärmebehandlung oder Aufbringen eines Überzuges bedeutet:

- bei einem kontinuierlichen Prozess, gleicher Behandlungszyklus ohne Änderung der Prozessparameter;
- bei einem diskontinuierlichen Prozess, gleicher Behandlungszyklus für gleiche aufeinander folgende Beladungen (Herstellmengen).

ANMERKUNG 2 Das Herstellungslos darf aus Gründen der Handhabung in eine Anzahl von Herstellmengen aufgeteilt und dann wieder zu einem Herstellungslos zusammengefügt werden.

[In Anlehnung an EN ISO 15330:1999]

3.2

Prozesszyklus beim Aufbringen eines Überzuges

Verfahrensabfolge bei der Oberflächenbehandlung und/oder beim Aufbringen eines Überzuges während einer Zeitdauer, während der die Betriebsparameter, einschließlich Temperatur, Konzentration, Oberfläche, Stromdichte oder andere Parameter, die die mechanischen oder funktionellen Eigenschaften der Verbindungselemente beeinflussen können, eingestellt und gehalten werden

3.3

Wärmebehandlungszyklus

Verfahrensabfolge bei der Wärmebehandlung während einer bestimmten Zeitdauer, während der die Betriebsparameter, wie Temperatur, Klima, Druck, Haltezeit oder andere Parameter, die die mechanischen oder funktionellen Eigenschaften der Verbindungselemente beeinflussen können, eingestellt und gehalten werden

4 Symbole und Einheiten

d	Nenndurchmesser der Schraube oder Mutter, mm
d_e	Außendurchmesser des Unterlegteils, mm
d_h	Durchmesser des Durchgangslochs (Anziehvorrückung oder Unterlegteil/Unterlegscheibe), mm
d_w	Außendurchmesser der Auflagefläche der Schraube oder Mutter, mm
D_b	wirksamer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Mutter- oder Schraubenkopfaufgabe, mm (siehe EN ISO 16047)
d_2	Nenn-Flankendurchmesser, mm
F	Kraft
$F_{p, \max}$	Vorspannkraft, entsprechend T_p bei $\mu_{\min}$, N
$F_{p, \min}$	Vorspannkraft, entsprechend T_p bei $\mu_{\max}$, N
F_p	Vorspannkraft, entsprechend T_p , N
$F_{\text{test, max}}$	maximale Vorspannkraft, N

$F_{\text{test, min}}$	Mindest-Vorspannkraft, N
F_{test}	Nenn-Vorspannkraft, N
H	Höhe der Anziehvorrichtung, mm
h	Dicke des Unterlegteils, mm
L	Seitenabmessung der Anziehvorrichtung, mm
L_c	Klemmlänge, mm
n	Anzahl der geprüften Schrauben oder Muttern
P	Steigung des Gewindes, mm
r_m	mittlerer wirksamer Radius der Auflagefläche, mm
T	Drehmoment
$\bar{T}$	mittleres Drehmoment für die Kalibrierung, Nm
T_{max}	maximaler Drehmomentwert, Nm
T_{min}	Mindest-Drehmomentwert, Nm
T_p	Voranziehdrehmoment, Nm
T_{test}	Drehmoment entsprechend F_{test} , Nm
θ	Drehwinkel
θ_{test}	gemessener Wert des Winkels zwischen T_p und T_{test} , in Grad
μ_{max}	oberer Grenzwert des festgelegten Reibungszahlbereiches
μ_{min}	unterer Grenzwert des festgelegten Reibungszahlbereiches

5 Grundlage der Prüfung

Die Grundlage dieser Prüfung ist das Aufbringen einer festgelegten Vorspannkraft auf die Schraube durch Drehen des zu prüfenden Verbindungselementes (Schraube oder Mutter) unter Referenzbedingungen.

Nach dem Aufbringen eines Voranziehdrehmomentes wird das zu prüfende Verbindungselement bis zu einem festgelegten Prüfwinkel angezogen.

Das endgültige Drehmoment wird überprüft und mit einem festgelegten Drehmomentbereich verglichen.

6 Prüfeinrichtung

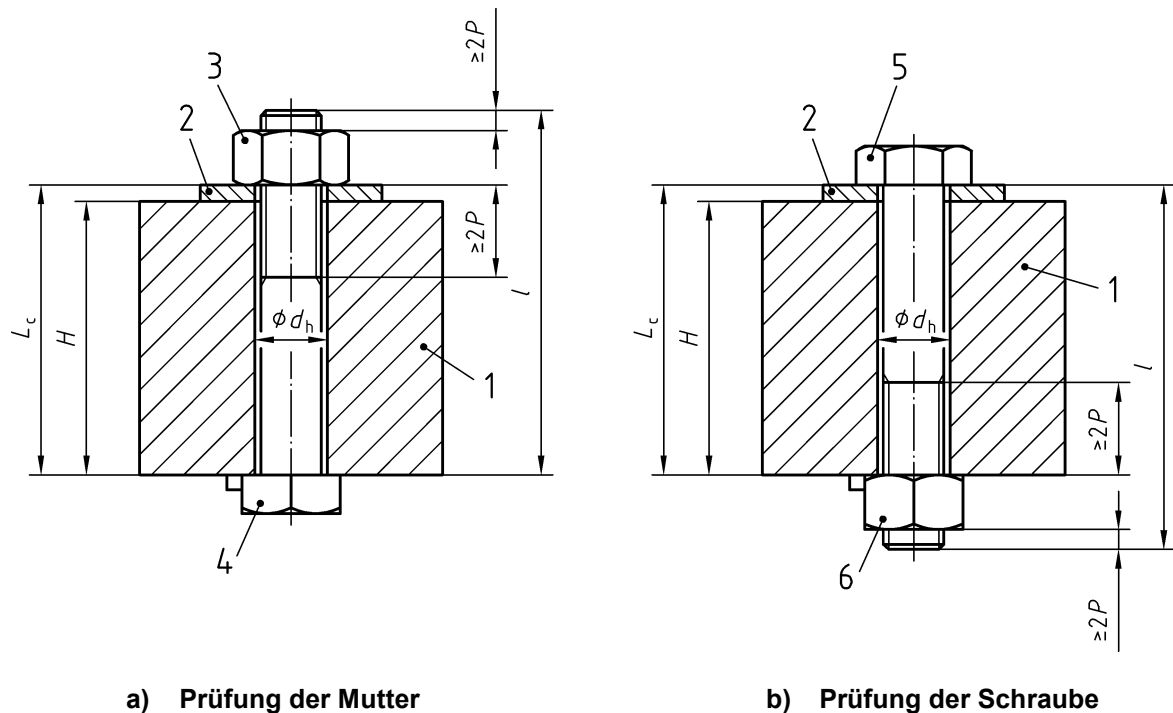
6.1 Prüfstand

Der Drehmomentschlüssel muss ein Anziehdrehmoment mit einer Genauigkeit von $\pm 2 \%$ des Messwertes aufbringen können. Die Genauigkeit der Winkelmessung muss $\pm 2^\circ$ oder $\pm 2 \%$ des gemessenen Wertes betragen, wobei der jeweils größere Wert gilt.

6.2 Prüfanordnung

6.2.1 Allgemeines

Die Prüfanordnung besteht aus einer Anziehvorrichtung und einem Unterlegteil, siehe Bild 1.



a) Prüfung der Mutter

b) Prüfung der Schraube

Legende

- 1 Anziehvorrichtung
- 2 Unterlegteil
- 3 Versuchsmutter
- 4 Referenzschraube
- 5 Versuchsschraube
- 6 Referenzmutter

Bild 1 — Prüfanordnung

Das Referenzverbindungselement (Referenzschraube/-mutter) und das Unterlegteil/die Unterlegscheibe dürfen sich während der Prüfung nicht verdrehen. Eine zur Verhinderung der Verdrehung verwendete Einrichtung darf nicht auf die Auflagefläche des zu prüfenden Verbindungselementes übergreifen.

6.2.2 Anziehvorrichtung

Die Anziehvorrichtung muss aus vergütetem Stahl mit einer Härte gleich oder höher als 50 HRC hergestellt sein. Sie muss trocken und sauber sein.

Die Auflagefläche darf keinen Überzug aufweisen.

Maße der Anziehvorrichtung, siehe Bild 2 und Tabelle 1.

Maße in Millimeter

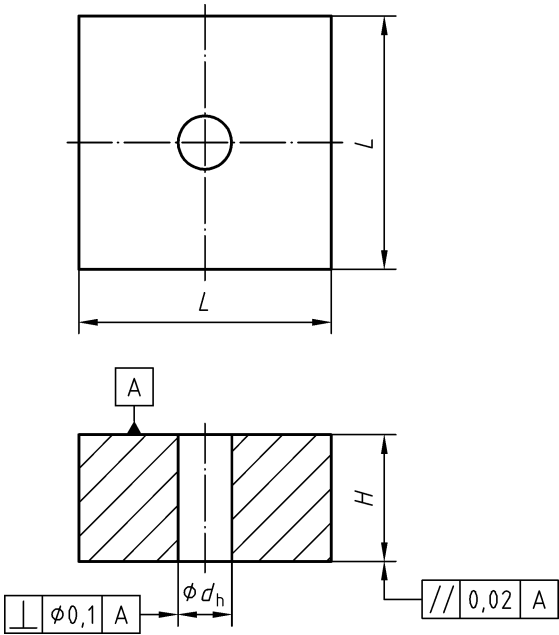


Bild 2 — Anziehvorrichtung

Tabelle 1 — Maße der Anziehvorrichtung

Maße in Millimeter

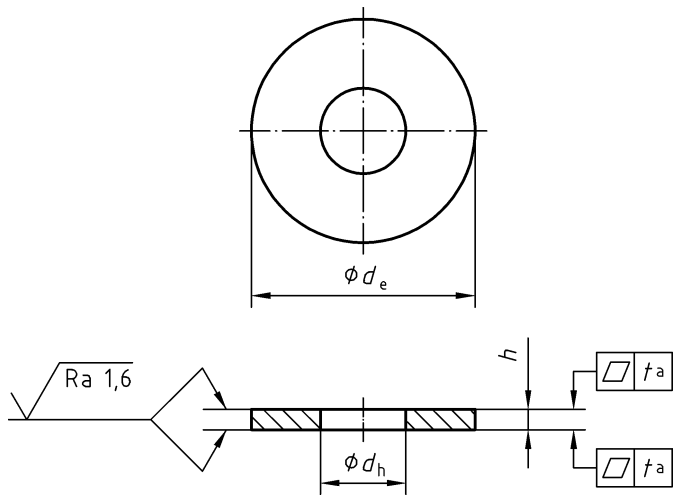
Gewinde des zu prüfenden Verbindungs- elementes <i>d</i>	M6	M8	M10	M12	M14	M16	
<i>L</i>	50 ± 0,5						
<i>d_h</i> min.	6,40	8,40	10,50	13,00	15,00	17,00	
<i>d_h</i> max.	6,55	8,55	10,65	13,18	15,18	17,18	
<i>H_{nom}</i> für die Prüfung von Muttern	25	25	35	35	50	50	
<i>H_{nom}</i> für Schrauben (mit Gewinde bis Kopf)	9,00	12,00	15,00	18,00	21,00	24,00	
<i>l</i>	<i>H_{nom}</i> für Schrauben mit Schaft						
30	20						
35							
40	30	25					
45							
50	35	35	25				
55		35	35				
60	45	45	35	35	38		
65			45	45			
70		50	45	45	50	38	
80		60	65	60		50	
90				78	65	60	65
100				78	78	78	85
110							95
120						110	
130							
140							
150					120		
160							

6.2.3 Unterlegteil/Unterlegscheibe

Das Unterlegteil/die Unterlegscheibe muss aus einem Herstellungslos entnommen werden. Sie müssen gratfrei, ohne Überzug, trocken und sauber sein. Die Härte des Unterlegteils muss mindestens 200 HV betragen und die Unterlegscheibe muss entsprechend EN ISO 7093-1 die Härteklasse 200 HV aufweisen. Die Rauheit R_a darf höchstens 1,6 betragen.

Maße siehe Bild 3 und Tabelle 2.

Maße in Millimeter



- ^a Für M6 bis M10: $t = 0,2 \text{ mm}$
Für M12 bis M16: $t = 0,3 \text{ mm}$

Bild 3 — Unterlegteil/Unterlegscheibe

Tabelle 2 — Maße des Unterlegteils/der Unterlegscheibe

Maße in Millimeter

Gewinde des zu prüfenden Verbindungs- elementes <i>d</i>		M6	M8	M10	M12	M14	M16
<i>d_e</i>	min. ^a	17,57	23,48	29,48	36,38	43,38	49,38
<i>d_h</i>	min.	6,60	9,00	11,00	13,50	15,50	17,50
	max.	6,82	9,22	11,27	13,77	15,77	17,77
<i>h</i>	min.	1,40	1,80	2,30	2,70	2,70	2,70
	max.	1,8	2,2	2,7	3,3	3,3	3,3
ANMERKUNG $d_{e, \text{min}}$ und h nach EN ISO 7093-1; d_h nach EN 20273, Reihe mittel, Toleranzfeld H13.							
Dickenunterschied Δh nach EN ISO 4759-3.							
^a $d_{e, \text{min}}$ muss größer als der Außendurchmesser der Auflagefläche des zu prüfenden Verbindungselementes sein.							

6.3 Referenzverbindungselemente

6.3.1 Allgemeines

Die Referenzverbindungselemente müssen ohne Überzug, trocken und sauber sein. Vor der Prüfung darf kein Schmiermittel aufgebracht werden.

Die Referenzverbindungselemente müssen aus einem Herstellungslos entnommen werden. Sie dürfen mit einem Schutzmittel gegen Korrosion behandelt werden, das vor jeder Prüfreihe vollständig durch ein Reinigungsbad in einem Lösungsmittel entfernt werden muss.

6.3.2 Referenzschrauben (für die Prüfung von Muttern)

Die Festigkeitsklasse der Referenzschraube nach EN ISO 898-1 muss mit der Festigkeitsklasse der zu prüfenden Mutter nach EN 20898-2 übereinstimmen, sie darf jedoch nicht unter Festigkeitsklasse 8.8 liegen.

Die Schraube muss die Gewindetoleranzklasse 6g nach ISO 965-2 aufweisen. Alle Schraubengewinde müssen gewalzt sein.

Die Länge der Referenzschraube muss Bild 1a) entsprechen.

6.3.3 Referenzmuttern (für die Prüfung von Schrauben)

Für die Prüfung von Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 und niedriger muss die Mutter Typ 1 entsprechen und die Festigkeitsklasse 10 nach EN 20898-2 aufweisen. Für die Prüfung von Schrauben der Festigkeitsklasse 12.9 ist eine Mutter der Festigkeitsklasse 12 zu verwenden.

Die Referenzmuttern müssen die Gewindetoleranzklasse 6H aufweisen.

6.4 Proben

Die zu prüfenden Verbindungselemente müssen aus dem gleichen Herstellungslos entnommen werden. Sie sind im Lieferzustand zu prüfen; **vor der Prüfung darf kein zusätzliches Schmiermittel aufgebracht werden.**

Falls nicht anders festgelegt, sind zehn (10) Verbindungselemente zu prüfen.

7 Durchführung der Prüfung

7.1 Allgemeines

Diese Prüfung ist bei einer Umgebungstemperatur zwischen 10 °C und 35 °C durchzuführen. Die Prüfanordnung und die Probe müssen die Umgebungstemperatur zwischen 10 °C und 35 °C angenommen haben.

Referenzverbindungselemente und Unterlegteile/Unterlegscheiben dürfen nur einmal verwendet werden.

Der Wert des Drehwinkels (θ_{test}) ist nach Anhang A zu bestimmen.

Tabelle 3 — Voranziehdrehmomentwerte (T_p) für Festigkeitsklassen 8.8, 10.9 und 12.9

Gewinde ^a	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Voranziehdrehmoment, T_p Nm	3	6	15	25	35	60
^a Regelgewinde und Feingewinde sind mit dem gleichen Voranziehdrehmoment T_p anzuziehen.						

7.2 Durchführung der Prüfung von Muttern

Siehe auch Bild 1a).

- Die Anziehvorrichtung wird aufgebaut.
- Eine neue Referenzschraube wird eingelegt.
- Die Schraube wird gegen Verdrehen während der Prüfung gesichert.
- Das Unterlegteil/die Unterlegscheibe wird auf der Seite der Mutter angebracht. Die Fläche des Unterlegteils/der Scheibe mit dem Ausbruch (siehe EN ISO 4759-3) muss auf der Seite der Anziehvorrichtung liegen. Es ist sicherzustellen, dass das Loch des Unterlegteils/der Scheibe in einer Linie mit dem Loch in der Anziehvorrichtung angeordnet ist.

Beim Prüfen einer Kombimutter (Mutter mit U-Scheibe) darf kein Unterlegteil/keine Scheibe verwendet werden.

- Die zu prüfende Mutter wird aufgesetzt.
- Die Mutter wird bis zum Voranziehdrehmoment T_p angezogen (siehe Tabelle 3).
- Es wird mit der Messung des Drehwinkels begonnen.
- Die Mutter wird durch stetiges Drehen bis zum Winkel θ_{test} angezogen (Anziehggeschwindigkeit mindestens 5 min^{-1} und höchstens 60 min^{-1}).
- Das beim Winkel θ_{test} erreichte Drehmoment T_{test} wird gemessen.
- Die Werte T_p , θ_{test} und T_{test} werden aufgezeichnet.
- Es wird überprüft, ob sich das Unterlegteil/die Scheibe während der Prüfung nicht verdreht hat.

Falls sich eines der Teile während des Anziehens bewegt hat, so ist dieser Vorfall aufzuzeichnen und als Ersatz für die fragliche Prüfung ist eine neue Prüfung durchzuführen.

7.3 Durchführung der Prüfung von Schrauben

Siehe auch Bild 1b).

- Die Anziehvorrichtung wird aufgebaut.
- Eine neue Referenzmutter wird eingelegt.
- Die Mutter wird gegen Verdrehen während der Prüfung gesichert.

- Das Unterlegteil/die Unterlegscheibe wird auf der Seite der Schraube angebracht. Die Fläche des Unterlegteils/der Scheibe mit dem Ausbruch (konkave Auflagefläche) muss auf der Anziehvorrichtung liegen. Es ist sicherzustellen, dass das Loch des Unterlegteils/der Scheibe in einer Linie mit dem Loch in der Anziehvorrichtung angeordnet ist.

Beim Prüfen einer Kombischraube (Schraube mit Unterlegscheibe) darf kein Unterlegteil/keine Scheibe verwendet werden.

- Die zu prüfende Schraube wird aufgesetzt.
- Die Schraube wird bis zum Voranziehdrehmoment T_p angezogen (siehe Tabelle 3).
- Es wird mit der Messung des Drehwinkels begonnen.
- Die Schraube wird durch stetiges Drehen bis zum Winkel θ_{test} angezogen. (Anziehggeschwindigkeit mindestens 5 min^{-1} und höchstens 60 min^{-1}).
- Das beim Winkel θ_{test} erreichte Drehmoment T_{test} wird gemessen.
- Die Werte T_p , θ_{test} und T_{test} werden aufgezeichnet.
- Es wird überprüft, ob sich das Auflageteil/die Scheibe während der Prüfung nicht verdreht hat.

Falls sich eines der Teile während des Anziehens bewegt hat, so ist dieser Vorfall aufzuzeichnen und als Ersatz für die fragliche Prüfung ist eine neue Prüfung durchzuführen.

8 Auswertung der Ergebnisse

Die Grenzwerte des Drehmomentes sind nach Anhang B zu berechnen.

Falls nicht anders vereinbart, muss jeder gemessene Drehmomentwert (T_{test}) innerhalb der oberen und unteren Drehmomentgrenzwerte liegen.

9 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Verweis auf dieses Dokument;
- Folgende Maße:
 - Anziehvorrichtung: Maß H ;
 - Unterlegteil/Unterlegscheibe: d_e und h ;
 - Prüfanordnung: Klemmlänge $L_c = H + h$
- Einzelangaben für die Verbindungselemente: Bezeichnung einschließlich der Festigkeitsklasse;
- Einzelangaben für das Unterlegteil/die Scheibe (z. B. Härte, Rauheit);
- Einzelangaben für die geprüften Verbindungselemente: Bezeichnung, Oberflächenausführung (Überzug, Schmiermittel usw.) und Nummer des Herstellungsloses;
- Referenzwerte (T_p und θ_{test});
- die während der Prüfung gemessenen einzelnen Drehmomentwerte (T_{test}).

Anhang A (normativ)

Kalibrierverfahren zur Ermittlung des Drehwinkels θ_{test}

A.1 Zweck

Dieses Kalibrierverfahren dient zur Ermittlung des zur Durchführung der Prüfung erforderlichen Drehwinkelwertes (θ_{test}) für die jeweiligen zu prüfenden Schrauben oder Muttern, siehe Abschnitt 6.

A.2 Einflussfaktoren

Die folgenden Parameter gelten als Einflussfaktoren:

- Nenndurchmesser und Gewindesteigung;
- Klemmlänge L_c ;
- Vorspannkraft;
- Oberflächenausführung der zu prüfenden Verbindungselemente (Überzug, Schmierung usw.);
- Steifigkeit der Verbindungselemente, der Anziehvorrichtung und des Auflageteils;
- Drehgeschwindigkeit;
- usw.

A.3 Vorberechnete Werte für F_{test} und T_p

Die Vorspannkraft F_{test} entspricht einer Vergleichsspannung (von Mises) von etwa 90 % der Elastizitätsgrenze bei einer Schraube der Festigkeitsklasse 8.8 und bei einer Reibungszahl = 0,18.

Tabelle A.1 — Werte für F_{test}

Gewinde	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Vorspannkraft, F_{test} kN	8	15	24	35	48	67

Das F_{test} entsprechende Drehmoment T_{test} wird mit einer Reibungszahl = 0,12 berechnet, siehe Bild A.1. Das Voranziehdrehmoment T_p beträgt etwa 30 % dieses Drehmomentes (siehe Tabelle 3).

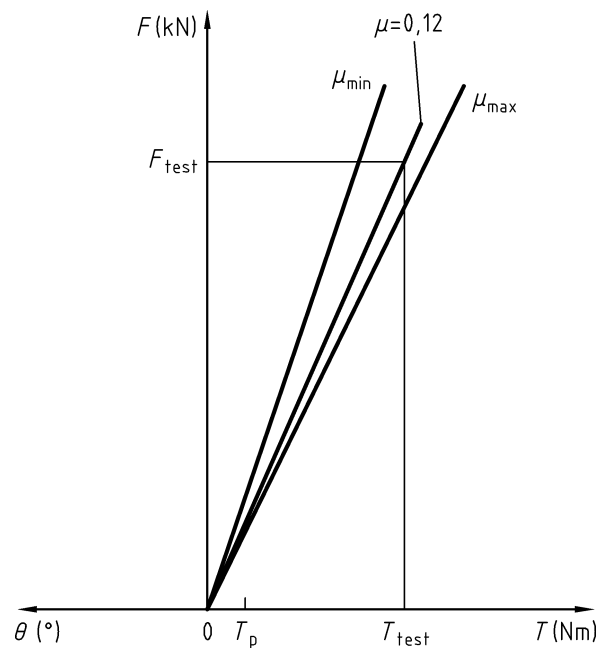


Bild A.1

A.4 Experimentelle Ermittlung von θ_{test}

A.4.1 Schritt 1: Ermittlung des mittleren Drehmomentes $\bar{T}$ der Verbindungselemente für die Kalibrierung

Das mittlere Drehmoment $\bar{T}$ der für die Kalibrierung verwendeten Verbindungselemente wird auf einer Drehmoment/Vorspannkraft-Prüfmaschine ermittelt. Die Verbindungselemente müssen den festgelegten Reibungszahlbereich aufweisen.

Die Kalibrierverbindungselemente müssen aus einem Herstellungslos (Schrauben oder Muttern) entnommen werden. Falls nicht anders vereinbart, muss die Kalibrierung an zehn (10) Proben durchgeführt werden. Die Unterlegteile müssen 6.2.3 und die Referenzverbindungselemente 6.3 entsprechen.

Bei jeder Prüfung wird der Einzelwert für T_i bei der festgelegten Vorspannkraft F_{test} gemessen (siehe A.3). Danach wird der Mittelwert für $\bar{T}$ wie folgt berechnet:

$$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{n}$$

ANMERKUNG Die Klemmlänge der Kalibrierschraube sollte etwa gleich groß sein wie die Klemmlänge der Schrauben des Herstellungsloses für die Prüfung nach dem Drehmoment/Drehwinkelverfahren ($L_c = H + h$).

A.4.2 Schritt 2: Drehmoment/Drehwinkel-Verhältnis

Dieser Schritt wird auf einer Anziehvorrichtung durchgeführt.

Dieser Schritt dient zur Ermittlung des Wertes für θ_{test} . Die Kalibrier- und Referenzverbindungselemente und die Unterlegteile/Unterlegscheiben müssen mit den in A.4.1 festgelegten Teilen identisch sein.

Es sind mindestens zehn (10) Proben zu verwenden.

Jedes Kalibrierverbindungselement wird zuerst bis zu 30 % von $\bar{T}$ angezogen; der Anziehvorgang wird angehalten und es wird mit der Messung des Drehwinkels begonnen; der Anziehvorgang wird bis zum Erreichen des Wertes $\bar{T}$ fortgesetzt.

Der Drehwinkel θ_i zwischen 30 % von $\bar{T}$ und $\bar{T}$ wird gemessen.

ANMERKUNG Es wird angenommen, dass beim Aufbringen von $\bar{T}$ die Vorspannkraft F_{test} erreicht wird, die dem ermittelten Wert entspricht. θ_{test} wird wie folgt berechnet:

$$\theta_{\text{test}} = \frac{\sum \theta_i}{n}$$

Anhang B (normativ)

Ermittlung der Prüfgrenzwerte für das Drehmoment ($T_{\min}$ und $T_{\max}$)

Die Werte von $T_{\min}$ und $T_{\max}$ werden auf der Grundlage des Voranziehdrehmomentes T_p und des Drehwinkels θ_{test} berechnet, die bei der Kalibrierung ermittelt werden (siehe Anhang A).

Für die nachstehende Berechnung ist eine Entscheidung hinsichtlich des D_b -Wertes zu treffen (wirksamer oder theoretischer Wert von D_b).

Die Berechnung wird in den folgenden vier Schritten vorgenommen.

Schritt 1: Berechnung von $F_{p, \min}$

$F_{p, \min}$ ist der Mindestwert der Kraft, die dem Voranziehdrehmoment T_p in Tabelle 3 in Verbindung mit dem oberen Grenzwert des Reibungszahlbereiches, $\mu_{\max}$, entspricht (siehe Bild B.1).

$$F_{p, \min} = \frac{T_p}{\frac{P}{2\pi} + \mu_{\max} \left(0,58 d_2 + \frac{D_b}{2}\right)}$$

$F_{p, \min}$ entspricht etwa 30 % von $F_{\text{test}, \min}$.

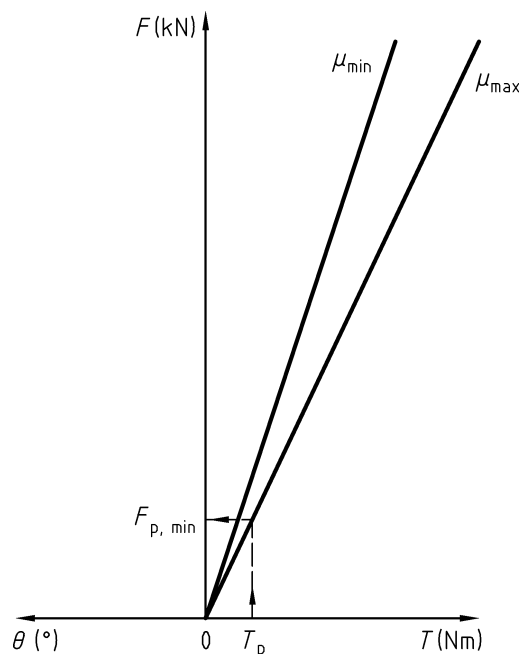


Bild B.1

Schritt 2: Berechnung von $F_{\text{test, min}}$

$F_{\text{test, min}}$ ist der Mindestwert der Kraft bei Beendigung der Prüfung; er entspricht $F_{p, \text{min}} + [0,7 \times F_{\text{test}}]$ als Ergebnis aus dem in der Kalibrierungsprüfung nach Anhang A ermittelten Drehwinkel θ_{test} (siehe Bild B.2).

$$F_{\text{test, min}} = F_{p, \text{min}} + 0,7 F_{\text{test}}$$

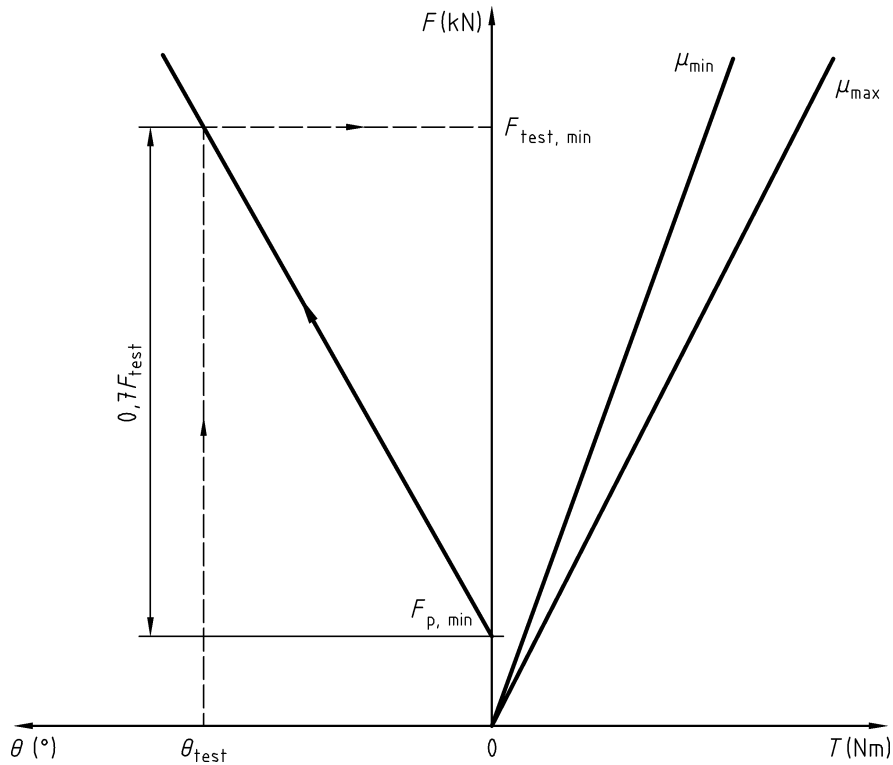


Bild B.2

Schritt 3: Berechnung von T_{max}

T_{max} ist der obere Drehmomentgrenzwert; er wird aus $F_{\text{test, min}}$ für den oberen Grenzwert des Reibungsbereiches μ_{max} berechnet (siehe Bild B.3).

$$T_{\text{max}} = F_{\text{test, min}} \left[\frac{P}{2\pi} + \mu_{\text{max}} \left(0,58 d_2 + \frac{D_b}{2} \right) \right]$$

$$T_{\text{max}} = (F_{p, \text{min}} + 0,7 F_{\text{test}}) \times \left[\frac{P}{2\pi} + \mu_{\text{max}} \left(0,58 d_2 + \frac{D_b}{2} \right) \right]$$

$$T_{\text{max}} = \underbrace{F_{p, \text{min}} \left[\frac{P}{2\pi} + \mu_{\text{max}} \left(0,58 d_2 + \frac{D_b}{2} \right) \right]}_{T_p} + 0,7 F_{\text{test}} \left[\frac{P}{2\pi} + \mu_{\text{max}} \left(0,58 d_2 + \frac{D_b}{2} \right) \right]$$

$$T_{\text{max}} = T_p + 0,7 F_{\text{test}} \left[\frac{P}{2\pi} + \mu_{\text{max}} \left(0,58 d_2 + \frac{D_b}{2} \right) \right]$$

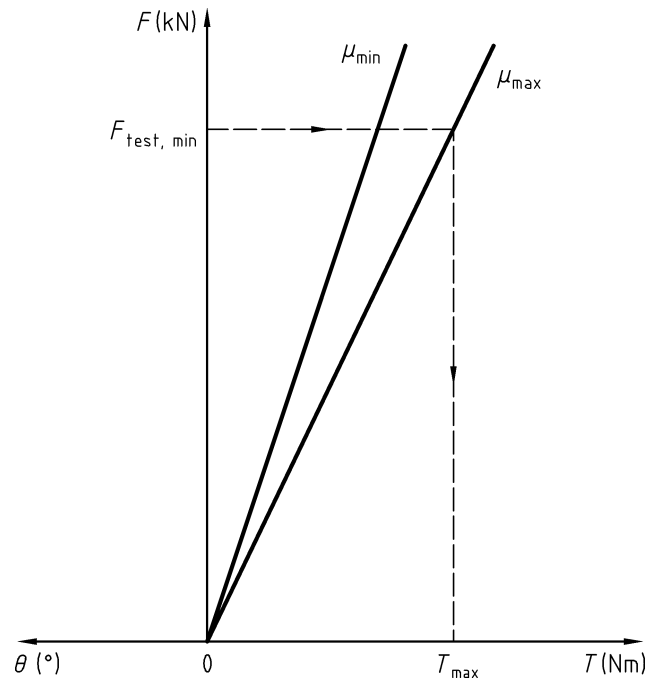


Bild B.3

Schritt 4: Berechnung von $T_{\min}$

$T_{\min}$ ist der untere Drehmomentgrenzwert; er wird auf gleiche Weise aus $F_{\text{test, max}}$ für den unteren Grenzwert des Reibungszahlbereiches $\mu_{\min}$ berechnet (siehe Bild B.4).

$$T_{\min} = F_{\text{test, max}} \left[\frac{P}{2\pi} + \mu_{\min} \left(0,58 d_2 + \frac{D_b}{2} \right) \right]$$

Bei $F_{\text{test, max}} = F_{p, \text{ max}} + 0,7 F_{\text{test}}$ ergibt sich:

$$T_{\min} = T_p + 0,7 F_{\text{test}} \left[\frac{P}{2\pi} + \mu_{\min} \left(0,58 d_2 + \frac{D_b}{2} \right) \right]$$

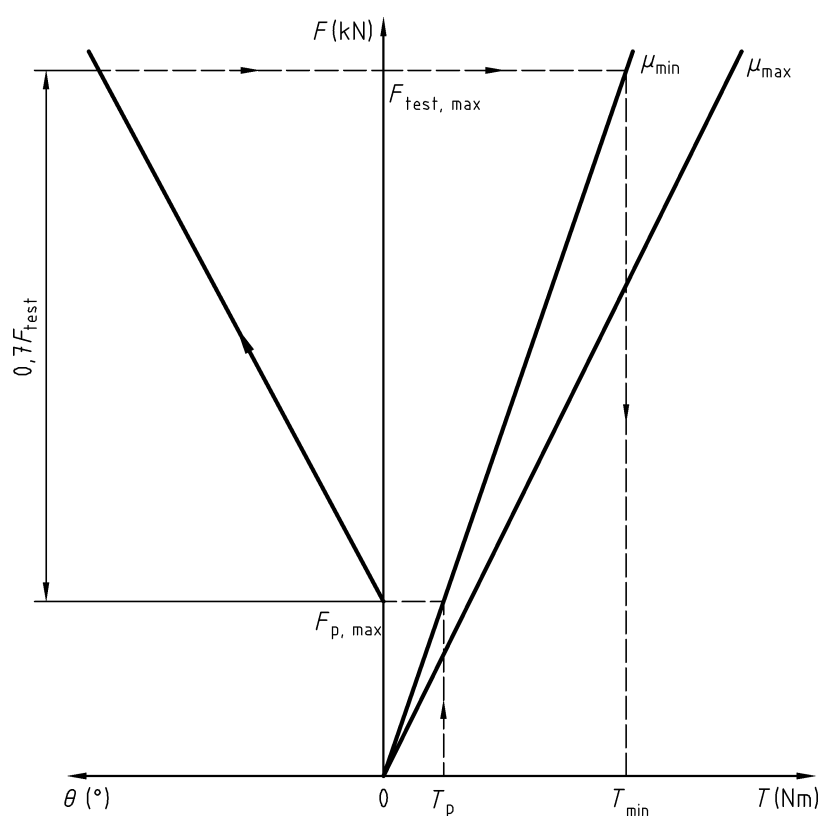


Bild B.4

Anhang C (informativ)

Beispiel für die Ermittlung der Prüfgrenzwerte für das Drehmoment ($T_{\min}$ und $T_{\max}$)

C.1 Beispiel

Die folgende Berechnung wird durchgeführt für:

- Sechskantschrauben M10 nach EN ISO 4014;
- Reibungszahlbereich zwischen 0,12 und 0,18;
- theoretischer Wert D_b .

$$P = 1,5 \text{ mm}$$

$$d_2 = 9,026 \text{ mm}$$

$$D_b = \frac{d_{w \min} + d_{h \min}}{2}$$

$$\text{mit } d_{w \min} = 14,63 \text{ mm}$$

$$d_{h \min} = 11 \text{ mm (siehe Tabelle 2)}$$

$$D_b = 12,82 \text{ mm}$$

$$T_p = 15 \text{ Nm (siehe Tabelle 3)}$$

$$F_{\text{test}} = 24\,000 \text{ N (siehe Tabelle A.1)}$$

$$\text{Für } \mu_{\max} = 0,18: T_{\max} = 15 + (0,7 \times 24\,000) \times \left\{ \left(\frac{1,5}{2\pi} + 0,18 \times [(0,58 \times 9,026) + 6,41] \right) \times 10^{-3} \right\}$$

$$T_{\max} = 54,2 \text{ Nm}$$

$$\text{Für } \mu_{\min} = 0,12: T_{\min} = 15 + (0,7 \times 24\,000) \times \left\{ \left(\frac{1,5}{2\pi} + 0,12 \times [(0,58 \times 9,026) + 6,41] \right) \times 10^{-3} \right\}$$

$$T_{\min} = 42,5 \text{ Nm}$$

C.2 Drehmomente für Produkte nach EN ISO 4014 und EN ISO 4017

Das Beispiel in Tabelle C.1 zeigt die Drehmomentwerte, die mit den theoretischen Werten von D_b , welche von $d_{h\min}$ (siehe Tabelle 2) und $d_{w\min}$ abgeleitet wurden, und für Reibungszahlen von 0,06 bis 0,18 für Produkte nach EN ISO 4014 und EN ISO 4017 berechnet wurden.

Tabelle C.1 — Berechnete Drehmomentwerte

Schrauben nach ISO 4014 und ISO 4017					Drehmoment Nm						
mm					Reibungszahl μ						
Nenn- durch- messer d	P	d_h min.	d_w min.	D_b min.	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
M6	1	6,60	8,88	7,74	6,23	7,02	7,80	8,6	9,4	10,1	10,9
M8	1,25	9,00	11,63	10,32	13,96	15,92	17,88	19,8	21,8	23,8	25,7
M10	1,5	11,00	14,63	12,82	30,75	34,66	38,57	42,5	46,4	50,3	54,2
M12	1,75	13,50	16,63	15,07	52,16	58,94	65,72	72,5	79,3	86,0	92,8
M14	2	15,50	19,64	17,57	78,26	89,11	99,96	110,8	121,7	132,5	143,4
M16	2	17,50	22,49	20,00	127,06	144,43	161,81	179,2	196,6	214,0	231,3

C.3 Empfehlungen für die Anpassung der Drehmomentgrenzwerte für die praktische Anwendung

In dem in C.1 angegebenen Beispiel wurden die unteren und oberen Drehmomentgrenzwerte 42,5 Nm und 54,2 Nm für einen vereinbarten Reibungszahlbereich von 0,12 bis 0,18 ermittelt.

Aufgrund der Messunsicherheit und dem Prinzip dieses vereinfachten Verfahrens kann eine Erweiterung dieses theoretischen Bereichs erforderlich sein. Die Erweiterung des Grenzwertbereichs um 5 % kann dabei angemessen sein.

Das Ausmaß einer Grenzwertenerweiterung sollte vor der Prüfung festgelegt und vereinbart werden.

Im vorliegenden Beispiel ergibt eine 5 %ige Erweiterung die Drehmomentgrenzwerte 40,4 Nm (unterer Grenzwert) bzw. 56,9 Nm (oberer Grenzwert).

Literaturhinweise

EN 20273, *Mechanische Verbindungselemente — Durchgangslöcher für Schrauben (ISO 273:1979)*

EN ISO 4014, *Sechskantschrauben mit Schaft — Produktklassen A und B (ISO 4014:1999)*

EN ISO 15330, *Verbindungselemente — Verspannungsversuch zur Entdeckung von Wasserstoffversprödung — Verfahren mit parallelen Auflageflächen (ISO 15330:1999)*

ISO 68-1, *ISO General purpose screw threads — Basic profile — Part 1: Metric screw threads*