

DIN EN ISO 6789-2



ICS 25.140.30

Einsprüche bis 2016-02-04
Ersatzvermerk
siehe unten

Entwurf

**Schraubwerkzeuge –
Handbetätigte Drehmomentwerkzeuge –
Teil 2: Anforderungen an die Kalibrierung und die Bestimmung der
Messunsicherheit (ISO/DIS 6789-2:2015);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 6789-2:2015**

Assembly tools for screws and nuts –
Hand torque tools –
Part 2: Requirements for calibration and determination of measurement uncertainty
(ISO/DIS 6789-2:2015);
German and English version prEN ISO 6789-2:2015

Outils de manoeuvre pour vis et écrous –
Outils dynamométriques à commande manuelle (ISO/DIS 6789-2:2015);
Version allemande et anglaise prEN ISO 6789-2:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-12-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fws@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Werkzeuge und Spannzeuge (FWS), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Ersatzvermerk

Vorgesehen mit E DIN EN ISO 6789-1:2016-01 als Ersatz für DIN EN ISO 6789:2003-10;
Ersatz für E DIN EN ISO 6789-2:2015-02

Gesamtumfang 107 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkzeuge und Spannzeuge (FWS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 6789-2:2015) wurde unter Beteiligung deutscher Fachleute vom Technischen Komitee ISO/TC 29 „Small tools“/SC 10 „Assembly tools for screws and nuts, pliers and nippers“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/SS I09 „Werkzeuge“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom CCMC gehalten wird.

Die vorliegende deutsche Sprachfassung wurde durch den Arbeitsausschuss NA 121-05-01 AA „Schraubwerkzeuge, Fügeworkzeuge“ des DIN-Normenausschusses Werkzeuge und Spannzeuge (FWS) erstellt.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 6789-1 siehe DIN EN ISO 6789-1

DIN EN ISO 6789 besteht aus den folgenden Teilen unter dem allgemeinen Titel *Schraubwerkzeuge — Handbetätigte Drehmoment-Werkzeuge*:

- *Teil 1: Anforderungen und Prüfverfahren für die Typprüfung und Annahmeprüfung — Mindestanforderungen an Kalibrierung und Kalibrierscheine;*
- *Teil 2: Anforderungen an die Kalibrierung und die Bestimmung der Messunsicherheit.*

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN ISO 6789-2 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 6789:2003-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Bezeichnungen für das Abtriebsteil von Drehmoment-Schraubwerkzeugen wurden erweitert, um auch Sechseck- und sonstige Abtriebsteile einzubeziehen.
- b) Die Anforderungen an das Kalibrierverfahren wurden verschärft, um die Schwankung der Ergebnisse zu verringern.
- c) Die Anforderungen an Kalibrierscheine wurden in Abhängigkeit davon, ob die Kalibrierung nach Teil 1 oder Teil 2 erfolgt, unterschiedlich festgelegt. Es wird anerkannt, dass Teil 1 nur sehr elementare Beiträge zur Messunsicherheit abdeckt, während eine Kalibrierung nach Teil 2 die Verfahren für die Berechnung von Messunsicherheiten festlegt, um die Schwankung zwischen den Kalibrierergebnissen zu verringern.
- d) Eine Methodik zur Berechnung der Messunsicherheit der Kalibrierung wird in Teil 2 dieser Norm ausführlich dargestellt.
- e) Für den Fall, dass das Intervall der maximalen relativen Messunsicherheit $W'_{mi(Tcal)}$ nicht bereits nach ISO/IEC 17025 ermittelt wurde, sind in Anhang C die Mindestanforderungen an die Kalibrierung des Drehmomentmessgeräts festgelegt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 6789-1, *Schraubwerkzeuge — Handbetätigte Drehmoment-Werkzeuge — Teil 1: Anforderungen und Prüfverfahren für die Typprüfung und Annahmeprüfung – Mindestanforderungen an Kalibrierung und Kalibrierscheine*

— Leerseite —

Schraubwerkzeuge — Handbetätigte Drehmomentwerkzeuge — Teil 2: Anforderungen an die Kalibrierung und die Bestimmung der Messunsicherheit (ISO/DIS 6789-2:2015)

Outils de manoeuvre pour vis et écrous — Outils dynamométriques à commande manuelle (ISO/DIS 6789-2:2015)

Assembly tools for screws and nuts — Hand torque tools — Part 2: Requirements for calibration and determination of measurement uncertainty (ISO/DIS 6789-2:2015)

ICS: 25.140.30

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: zweite parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.7f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Definitionen und Symbole	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole, Bezeichnungen und Einheiten	8
4 Anforderungen an die Kalibrierung	10
4.1 Kalibrierung während der Nutzung	10
4.2 Kalibrierverfahren	10
4.3 Kalibriersystem	10
5 Messabweichung	10
5.1 Berechnung der Messabweichung	10
5.2 Berechnungsbeispiele für die Messabweichung	11
6 Quellen der Messunsicherheit	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Ermittlung von Messunsicherheiten des Typs B, verursacht durch das Drehmoment-Schraubwerkzeug	13
6.2.1 Auflösung r der Skale, Messuhr oder elektronischen Anzeige	13
6.2.2 Schwankung aufgrund der Vergleichpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs b_{rep}	16
6.2.3 Schwankung aufgrund der Berührungsfläche zwischen dem Drehmoment- Schraubwerkzeug und der Kalibriereinrichtung	17
6.2.4 Schwankung aufgrund der längenbezogenen Positionsschwankung des Lastangriffspunkts b_l	19
6.3 Ermittlung der vom Drehmoment-Schraubwerkzeug verursachten Messunsicherheit des Typs A – Schwankung aufgrund der Wiederholpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs b_{re}	19
7 Bestimmung des Kalibrierergebnisses	20
7.1 Bestimmung der relativen Standardmessunsicherheit $w(T_{cal})$	20
7.2 Bestimmung der relativen erweiterten Messunsicherheit $W(T_{cal})$	21
7.3 Bestimmung des Intervalls der relativen Messunsicherheit $W'(T_{cal})$	21
8 Kalibrierschein	22
Anhang A (informativ) Rechenbeispiel für anzeigende Drehmoment-Schraubwerkzeuge (Typ I)	23
A.1 Anzeigendes Drehmoment-Schraubwerkzeug, Typ I, Klasse C	23
A.2 Messabweichung a_s	23
A.3 Quellen der Messunsicherheit	25
A.3.1 Auflösung	25
A.3.2 Vergleichpräzision	25

A.3.3	Längenbezogene Positionsschwankung des Drehmomentangriffspunkts	27
A.3.4	Wiederholpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs	28
A.3.5	Intervall der relative Standardmessunsicherheit der Kalibriereinrichtung W'_{cd}	30
A.4	Berechnung.....	30
A.4.1	Bestimmung der relativen Standardmessunsicherheit $w(T_{cal})$	30
A.4.2	Bestimmung des relativen erweiterten Messunsicherheit $W(T_{cal})$	30
A.4.3	Bestimmung des Intervalls der relativen Messunsicherheit $W'(T_{cal})$	30
A.4.4	Kalibrierergebnis	31
A.5	Bezeichnung	31
Anhang B (informativ) Rechenbeispiel für auslösende Drehmoment-Schraubwerkzeuge (Typ II)		32
B.1	Auslösendes Drehmoment-Schraubwerkzeug, Typ II, Klasse A.....	32
B.2	Messabweichung a_s	32
B.3	Quellen der Messunsicherheit.....	34
B.3.1	Auflösung r	34
B.3.2	Vergleichpräzision	34
B.3.3	Schwankung aufgrund der Berührungsfläche zwischen dem Drehmoment-Schraubwerkzeug und der Kalibriereinrichtung.....	36
B.3.4	Geometrische Auswirkungen des Abtriebssteils des Drehmoment-Schraubwerkzeugs	37
B.3.5	Längenbezogene Positionsschwankung des Drehmomentangriffspunkts	39
B.3.6	Wiederholpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs	40
B.3.7	Relative Standardmessunsicherheit der Kalibriereinrichtung w_{cd}	42
B.4	Berechnung.....	42
B.4.1	Bestimmung der relativen Standardmessunsicherheit $w(T_{cal})$	42
B.4.2	Bestimmung der relativen erweiterten Messunsicherheit $W(T_{cal})$	43
B.4.3	Bestimmung des Intervalls der relativen Messunsicherheit $W'(T_{cal})$	43
B.4.4	Kalibrierergebnis	43
B.5	Bezeichnung	44
Anhang C (normativ) Mindestanforderungen an die Kalibrierung der Drehmomentmesseinrichtung und Schätzung von deren Messunsicherheit		45
C.1	Einleitung	45
C.2	Symbole.....	45
C.3	Eigenschaften der Bezugs-Drehmomentmesseinrichtung – Aufbringung des Drehmoments	46
C.4	Kalibrierung der Messeinrichtung.....	47
C.4.1	Allgemeine Anforderungen	47
C.4.2	Anzeiger der Kalibriereinrichtung	47
C.4.3	Kombinierte relative Messunsicherheit der Kalibrierung der Messeinrichtung $w_{cd,c}$	47
C.4.4	Auflösung der Messeinrichtung b_T	47
C.4.5	Mindestwert des Messbereichs T_A	48
C.4.6	Vorbereitung der Kalibrierung	48
C.4.7	Kalibrierverfahren.....	49
C.4.8	Beurteilung der Drehmomentmesseinrichtung: Kalibrierergebnis	50
C.5	Bestimmung der Messunsicherheit	52
C.5.1	Bestimmung der relativen Messunsicherheit.....	52
C.5.2	Relative Standardmessunsicherheit w_{cd}	52
C.5.3	Relative erweiterte Messunsicherheit W_{cd}	52
C.5.4	Bestimmung des Intervalls der relativen Messunsicherheit W'_{cd}	53
C.6	Kalibrierschein und Gültigkeit.....	53
C.7	Rekalibrierung	53
Literaturhinweise.....		54

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 6789-2:2016) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 29 „Small tools“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC SS I09 „Werkzeuge“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom CCMC gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur zweiten parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 6789-2:2016 wurde vom CEN als prEN ISO 6789-2:2016 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der WTO-Grundsätze zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: Foreword - Supplementary information.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 29.

Einleitung

Diese Überarbeitung der vorigen Fassung ISO 6789:2003 ist auf das Erreichen der folgenden Verbesserungen ausgerichtet:

Die Norm wurde in zwei Teile gegliedert, um die Zertifizierung in zwei Stufen zu ermöglichen. Damit wird den unterschiedlichen Bedürfnissen der verschiedenen Anwender dieser Norm Rechnung getragen.

Teil 1 dieser Norm stellt den Entwicklern und Herstellern weiterhin die maßgeblichen Mindestanforderungen an die Entwicklung, Herstellung und Zertifizierung von handbetätigten Drehmoment-Schraubwerkzeugen zur Verfügung.

Teil 2 stellt ausführliche Verfahren zur Berechnung von Messunsicherheiten und Anforderungen an die Kalibrierung zur Verfügung. Dies erleichtert es den Nutzern von Kalibrierdiensten, die von verschiedenen Prüfstellen erhaltenen Ergebnisse miteinander zu vergleichen. Außerdem sind in Teil 2, Anhang C, Mindestanforderungen an die Kalibrierung von Drehmomentmeseinrichtungen dargestellt.

Der Zweck der vorliegenden Norm ISO 6789-2 ist die Festlegung der Anforderungen an eine Kalibrierung, bei der die Quellen der Messunsicherheit beurteilt und zur Festlegung eines Wertebereichs, in den die Ablesewerte wahrscheinlich fallen werden, verwendet werden. Bei der Anwendung von Drehmoment-Schraubwerkzeugen können weitere Messunsicherheiten auftreten. Die Unsicherheitsbeurteilung für jedes einzelne Drehmoment-Schraubwerkzeug ist zeitraubend und möglicherweise auch nicht wirtschaftlich sinnvoll. Es gilt daher als annehmbar, für ein gegebenes Modell eines Drehmoment-Schraubwerkzeugs dieselben Werte zu verwenden. Prüfstellen oder Hersteller können diese Daten erfassen und sie bei Kalibrierungen für dieses Drehmoment-Schraubwerkzeugmodell verwenden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 6789 legt das Verfahren für die Kalibrierung von handbetätigten Drehmoment-Schraubwerkzeugen fest und beschreibt das Verfahren für die Berechnung von Messunsicherheiten für die Kalibrierung. Anhang C legt die Mindestanforderungen an die Kalibrierung der Drehmoment-messeinrichtung für den Fall fest, dass das Intervall der maximalen relativen Messunsicherheit $W'_{cd}(T_{cal})_{max}$ nicht bereits nach einem rückverfolgbaren Kalibrierschein ermittelt wurde. Er gilt für die progressive (statische) und die kontinuierliche (quasi-statische) Kalibrierung von Drehmomentmesseinrichtungen, deren Drehmoment anhand der Messung der elastischen Formänderung eines verformbaren Körpers oder einer dem Drehmoment proportionalen gemessenen Variablen festgelegt wird.

Dieser Teil von ISO 6789 gilt für Drehmoment-Schraubwerkzeuge nach ISO 6789-1, Abschnitt 4, im Besonderen für anzeigende (Typ I) und auslösende Drehmoment-Schraubwerkzeuge (Typ II) nach ISO 1703:2005, mit den Bezeichnungen 6 1 00 11 0, 6 1 00 11 1 und 6 1 00 12 0, 6 1 00 12 1.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

ISO 1703:2005, *Assembly tools for screws and nuts — Designation and nomenclature*

ISO 6789-1:2015, *Assembly tools for screws and nut — Hand torque tools — Part 1: Requirements and methods for design conformance testing and quality conformance testing — Minimum requirements for calibration and calibration certificates*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*

3 Begriffe, Definitionen und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die Begriffe nach ISO 6789-1 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Ermittlungsverfahren Typ A der Messunsicherheit

Verfahren zur Ermittlung der Messunsicherheit durch statistische Analyse von Reihen von Beobachtungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Daten werden direkt aus den im Verlauf der Kalibrierung jedes Drehmoment-Schraubwerkzeugs erhaltenen Messungen entnommen und können nicht im Voraus erstellt werden.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.2, modifiziert: Die Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt]

3.1.2

Ermittlungsverfahren Typ B der Messunsicherheit

Verfahren zur Ermittlung der Messunsicherheit mit anderen Mitteln als der statistischen Analyse von Reihen von Beobachtungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Daten werden durch Versuche in Vorbereitung der Kalibrierung erhoben. Sie können entweder jedes Mal berechnet werden oder aber nur einmal berechnet und als typische Werte für ein Drehmoment-Schraubwerkzeugmodell des betreffenden Herstellers gespeichert und dann wieder verwendet werden.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.3, modifiziert: Die Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt]

3.1.3

Kalibriersystem

Kombination einer Kalibriereinrichtung und dem Belastungssystem zum Aufbringen der Anzugsdrehmomente, das als Messnormal für das handbetätigte Drehmoment-Schraubwerkzeug verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Kalibriersystem kann auch als Drehmomentmesseinrichtung bezeichnet werden, wie in ISO 6789-1 definiert.

3.1.4

Kalibriereinrichtung

Arbeits-Messnormal, das entweder mechanisch oder über einen elektronischen Drehmomentaufnehmer und Anzeigesystem zur Verfügung gestellt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Kalibriersystem kann auch als Drehmomentmesseinrichtung bezeichnet werden, wie in ISO 6789-1 definiert.

3.1.5

Bezugseinrichtung

Aufnehmer, der bekannte Kennwerte genau verarbeitet, als Norm für die Kalibrierung von Messumformern verwendet

[QUELLE: ISO 29464:2011, 3.39]

3.1.6

Messabweichung

gemessener Größenwert abzüglich eines Bezugsgrößenwerts

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2008, 2.16, modifiziert: Anmerkung 1 und Anmerkung 2 wurden gestrichen.]

3.2 Symbole, Bezeichnungen und Einheiten

Die in dieser Norm verwendeten Bezeichnungen sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Symbole, Bezeichnungen und Einheiten

Symbol	Bezeichnung	Einheit
T_A	Unterer Grenzwert des vom Hersteller angegebenen Messbereichs	N · m
T_E	Oberer Grenzwert des vom Hersteller angegebenen Messbereichs	N · m
T_{cal}	Zielwert des Kalibrierdrehmoments	N · m
$a_s(T_{cal})$	Berechnete Messabweichung des Drehmoment-Schraubwerkzeugs für das Kalibrierdrehmoment T_{cal}	%
$\bar{a}_s(T_{cal})$	Mittelwert der Messabweichung bei jedem Kalibrierdrehmoment T_{cal}	%
X	Ablesewert der Kalibriereinrichtung	N · m
$\bar{X}$	Mittelwert von X bei einer Messreihe	N · m
$X_a(T_{cal})$	Von Typ und Klasse des Drehmoment-Schraubwerkzeugs abhängiger Anzeige-, Einstell- oder Nennwert	N · m
$X_r(T_{cal})$	Mithilfe der Kalibriereinrichtung bestimmter Bezugswert	N · m

Symbol	Bezeichnung	Einheit
$\bar{X}_r(T_{\text{cal}})$	Mittleres Kalibrierergebnis für das Kalibrierdrehmoment T_{cal}	N · m
r	Auflösung der Anzeige (Typ I und Typ II, nur Klassen A, D und G)	N · m
$b_{\text{rep}}(T_{\text{cal}})$	Schwankung aufgrund der Vergleichpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs (Typ I und Typ II, nur Klassen A, D und G)	N · m
$b_{\text{od}}(T_{\text{cal}})$	Schwankung aufgrund von geometrischen Auswirkungen des Abtriebsteils des Drehmoment-Schraubwerkzeugs	N · m
$b_{\text{int}}(T_{\text{cal}})$	Schwankung aufgrund von geometrischen Auswirkungen der Berührungsfläche zwischen dem Abtriebsteil des Drehmoment-Schraubwerkzeugs und der Kalibriereinrichtung	N · m
$b_l(T_{\text{cal}})$	Schwankung aufgrund der längenbezogenen Positionsschwankung des Lastangriffspunkts	N · m
$b_{\text{re}}(T_{\text{cal}})$	Schwankung aufgrund der Wiederholpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs	N · m
$b_e(T_{\text{cal}})$	Berechnete Messabweichung der Drehmomentmesseinrichtung	N · m
$b_{\text{ep}}(T_{\text{cal}})$	Berechnete Messabweichung der Drehmomentmesseinrichtung	%
w_r	Relative Standardmessunsicherheit aufgrund der Auflösung der Anzeige (Typ I und Typ II, nur Klassen A, D und G)	%
$w_{\text{rep}}(T_{\text{cal}})$	Relative Standardmessunsicherheit aufgrund der durch die Vergleichpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs verursachten Schwankung (Typ I und Typ II, nur Klassen A, D und G)	%
$w_{\text{od}}(T_{\text{cal}})$	Relative Standardmessunsicherheit aufgrund von geometrischen Auswirkungen des Abtriebsteils des Drehmoment-Schraubwerkzeugs	%
$w_{\text{int}}(T_{\text{cal}})$	Relative Standardmessunsicherheit aufgrund von geometrischen Auswirkungen der Berührungsfläche zwischen dem Abtriebsteil des Drehmoment-Schraubwerkzeugs und der Kalibriereinrichtung	%
$w_l(T_{\text{cal}})$	Relative Standardmessunsicherheit aufgrund der längenbezogenen Positionsschwankung des Lastangriffspunkts	%
$w_{\text{re}}(T_{\text{cal}})$	Relative Standardmessunsicherheit aufgrund der Wiederholpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs	%
$w(T_{\text{cal}})$	Relative Standardmessunsicherheit für den Drehmomentwert des Drehmoment-Schraubwerkzeugs beim Kalibrierdrehmoment T_{cal}	%
k	Erweiterungsfaktor $k = 2$, der auf die Messunsicherheit angewendet wird, um ein Vertrauensintervall von annähernd 95 % zu erreichen	
$W(T_{\text{cal}})$	Relative erweiterte Messunsicherheit des Drehmoment-Schraubwerkzeugs beim Kalibrierdrehmoment T_{cal}	%
$W'(T_{\text{cal}})$	Intervall der relativen Messunsicherheit des Drehmoment-Schraubwerkzeugs beim Kalibrierdrehmoment T_{cal}	%
$W_{\text{cd}}(T_{\text{cal}})$	Relative erweiterte Messunsicherheit der Kalibriereinrichtung	%
$W'_{\text{cd}}(T_{\text{cal}})_{\text{max}}$	Intervall der maximalen relativen Messunsicherheit der Kalibriereinrichtung	%

4 Anforderungen an die Kalibrierung

4.1 Kalibrierung während der Nutzung

Wenn der Anwender Verfahren zur Prüfmittelüberwachung durchführt, müssen Drehmoment-Schraubwerkzeuge in diese Verfahren mit einbezogen werden. Das Kalibrierungsintervall ist in Abhängigkeit von bestimmten Einsatzfaktoren zu wählen, z. B. erforderliche höchstzulässige Messabweichung, Häufigkeit der Anwendung, typische Belastung während der Anwendung sowie Umgebungsbedingungen während des Arbeitsvorgangs und Lagerungsbedingungen. Das Intervall ist entsprechend den für die Prüfmittelüberwachung festgelegten Verfahren und unter Auswertung der bei aufeinander folgenden Kalibrierungen erhaltenen Ergebnisse anzupassen.

Falls der Anwender kein Verfahren zur Prüfmittelüberwachung durchführt, kann, je nachdem, welcher Wert zuerst erreicht wird, entweder eine Gebrauchsdauer von 12 Monaten oder die Absolvierung von 5 000 Lastwechseln als Vorgabewert für das Kalibrierungsintervall angesetzt werden. Das Intervall beginnt mit der ersten Nutzung des Drehmoment-Schraubwerkzeugs.

Falls vom Anwender, dessen Kunden oder nach geltendem Recht gefordert, dürfen auch kürzere Kalibrierungsintervalle angewendet werden.

Das Drehmoment-Schraubwerkzeug muss kalibriert werden, wenn es einer Überbelastung ausgesetzt wurde, die die in Teil 1 dieser Normenreihe, 5.1.6, angegebenen Werte überschreitet, nach einer Reparatur oder nach unsachgemäßer Handhabung, die Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit des Drehmoment-Schraubwerkzeugs und die Erfüllung der für die Annahmeprüfung geltenden Anforderungen haben könnte.

4.2 Kalibrierverfahren

Das Kalibrierverfahren für die Drehmoment-Schraubwerkzeuge muss mit dem Messverfahren in dieser Normenreihe, Teil 1, Abschnitt 6, übereinstimmen und die in Teil 1 dieser Normenreihe, 5.1.5, angegebenen Anforderungen erfüllen. Außerdem ist die Anforderung an das Messgerät, wie in Teil 1 dieser Normenreihe, 6.1, festgelegt, durch 4.3 dieser Norm ersetzt worden.

4.3 Kalibriersystem

Das Kalibriersystem muss für die Messung des festgelegten Bereichs des Drehmoment-Schraubwerkzeugs geeignet sein.

Das Intervall der relativen Messunsicherheit $W'_{cd}(T_{cal})$ der Kalibriereinrichtung darf für jeden Zielwert des Drehmoments höchstens ein Viertel des für das Drehmoment-Schraubwerkzeug erwarteten Intervalls der maximalen relativen Messunsicherheit $W'(T_{cal})$ betragen.

Für die Kalibriereinrichtung muss ein gültiger Kalibrierschein vorliegen, der von einer akkreditierten Prüfstelle ausgestellt wurde, die die Anforderungen von ISO/IEC 17025 erfüllt. Alternativ muss das Messgerät von einer Prüfstelle kalibriert werden, die das nationale Messnormal hält.

5 Messabweichung

5.1 Berechnung der Messabweichung

Die Kalibrierwerte müssen nach den Anforderungen in dieser Normenreihe, Teil 1, 6.5, zu messen und aufzuzeichnen.

Die Ermittlung der Messabweichung muss mittels der folgenden Gleichung erfolgen:

$$a_s(T_{cal}) = \frac{(x_a - x_r) \cdot 100}{x_r} \quad (1)$$

Dabei ist

a_s	die berechnete Messabweichung des Drehmoment-Schraubwerkzeugs in Prozent;
X_a	der angezeigte Wert des Drehmoment-Schraubwerkzeugs;
X_r	der Bezugswert (bestimmt mithilfe der Kalibriereinrichtung);
$\bar{a}_{s(T_{cal})} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{s,j}$	der Mittelwert der Messabweichung bei jedem Kalibrierdrehmoment T_{cal} ;
$j = 1, 2, \dots, n$	die Anzahl der einzelnen Messungen bei jedem Kalibrierdrehmoment T_{cal} .

5.2 Berechnungsbeispiele für die Messabweichung

BEISPIEL 1 Berechnung der Messabweichung von anzeigenden und auslösenden Drehmoment-Schraubwerkzeugen (außer Typ II, Klassen B, C, E und F):

- Anzeigewert der Messuhr, mechanischen Skale oder elektronischen Anzeige (Typ I, Klassen A, B, C, D und E); oder
- Einstellwert der mechanischen Skale oder elektronischen Anzeige (Typ II, Klassen A, D und G).

$$X_a = 100 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Bezugswerte (mithilfe der Kalibriereinrichtung bestimmt):

$$X_{r1} = 104 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r2} = 96,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r3} = 102,6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r4} = 99,0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r5} = 101,0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Berechnete Messabweichungen des Drehmoment-Schraubwerkzeugs in %:

$$A_{s1} = \frac{(100,0 - 104,0) \times 100}{104,0} = -3,8 \%$$

$$A_{s2} = \frac{(100,0 - 96,5) \times 100}{96,5} = +3,6 \%$$

$$A_{s3} = \frac{(100,0 - 102,6) \times 100}{102,6} = -2,5 \%$$

$$A_{s4} = \frac{(100,0 - 99,0) \times 100}{99,0} = +1,0 \%$$

$$A_{s5} = \frac{(100,0 - 101,0) \times 100}{101,0} = -1,0 \%$$

BEISPIEL 2 Berechnung der Messabweichung von auslösenden Drehmoment-Schraubwerkzeugen, verstellbar, ohne Skale (Typ II, Klassen B, C, E und F):

- eingestellter Nennwert (Typ II, Klassen B und E); oder
- unterster Grenzwert oder voreingestellter Wert (Typ II, Klassen C und F):
- $X_a = 100 \text{ N} \cdot \text{m}$

Bezugswerte (mithilfe der Kalibriereinrichtung bestimmt)

$$X_{r1} = 104,0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r2} = 103,0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r3} = 102,8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r4} = 102,0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r5} = 101,0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r6} = 101,2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r7} = 101,7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r8} = 101,9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r9} = 102,2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$X_{r10} = 102,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Berechnete Abweichungen der Drehmoment-Schraubwerkzeuge in %:

$$A_{s1} = \frac{(100,0 - 104,0) \times 100}{104,0} = -3,85 \%$$

$$A_{s2} = \frac{(100,0 - 103,0) \times 100}{103,0} = -2,91 \%$$

$$A_{s3} = \frac{(100,0 - 102,8) \times 100}{102,8} = -2,72 \%$$

$$A_{s4} = \frac{(100,0 - 102,0) \times 100}{102,0} = -1,96 \%$$

$$A_{s5} = \frac{(100,0 - 101,0) \times 100}{101,0} = -0,99 \%$$

$$A_{s6} = \frac{(100,0 - 101,2) \times 100}{101,2} = -1,19 \%$$

$$A_{s7} = \frac{(100,0 - 101,7) \times 100}{101,7} = -1,67 \%$$

$$A_{s8} = \frac{(100,0 - 101,9) \times 100}{101,9} = -1,86 \%$$

$$A_{s9} = \frac{(100,0 - 102,2) \times 100}{102,2} = -2,15 \%$$

$$A_{s10} = \frac{(100,0 - 102,5) \times 100}{102,5} = -2,46 \%$$

6 Quellen der Messunsicherheit

6.1 Allgemeines

Beispiele für die Berechnungen zu Schlüssel n des Typs I sind in Anhang A und zu Schlüssel n des Typs II in Anhang B angegeben.

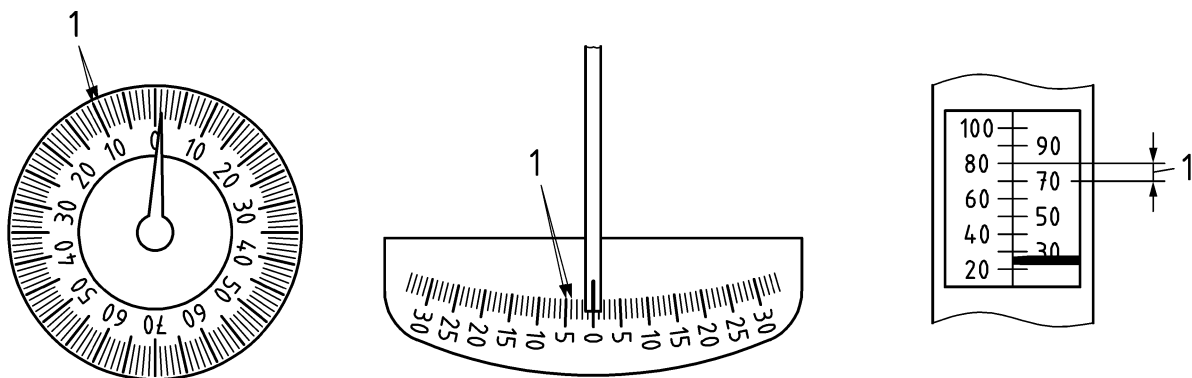
6.2 Ermittlung von Messunsicherheiten des Typs B, verursacht durch das Drehmoment-Schraubwerkzeug

6.2.1 Auflösung r der Skale, Messuhr oder elektronischen Anzeige

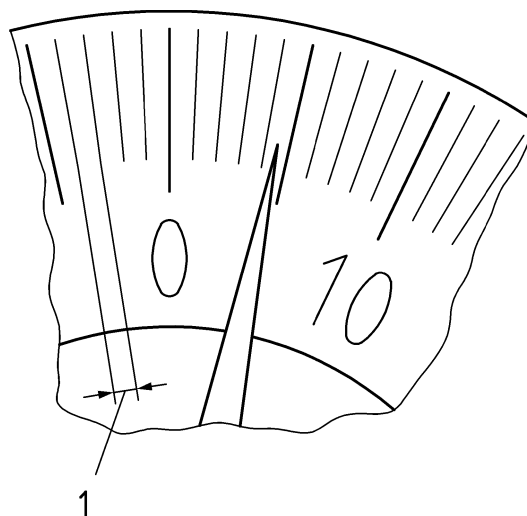
6.2.1.1 Bestimmung der Auflösung r bei analogen Skalen oder Messuhren

Der Drehmomentwert muss aus der Position des aktiven oder beweglichen Cursors oder Zeigers auf einer Skale oder Messuhr abzulesen sein. Für die Aufnahme der Ablesewerte dürfen keine nachgeordneten Zeiger (Speicheranzeige) verwendet werden.

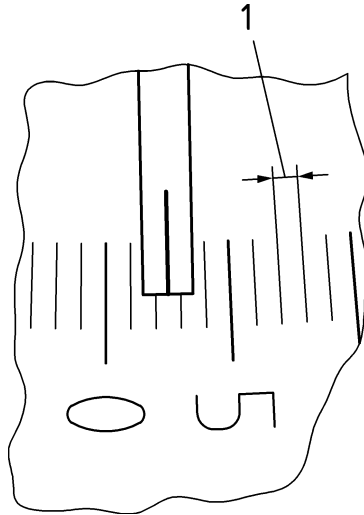
Wenn die Breite des Zeigers weniger als $1/5$ der Skalen- oder Messuhrinkremente beträgt, ist die Auflösung $1/5$ der Breite des Skalen- oder Messuhrinkrements. Wenn die Breite des Zeigers $1/5$ oder mehr (jedoch weniger als $1/2$) der Skalen- oder Messuhrinkremente beträgt, ist die Auflösung $1/2$ der Breite des Skalen- oder Messuhrinkrements. Wenn die Breite des Zeigers mehr als $1/2$ des Skalen- oder Messuhrinkrements beträgt, ist die Auflösung der Wert des Skalen- oder Messuhrinkrements.



a) Beispiele für Skalen und Messuhren



b) Skale oder Messuhr, wo die Breite des Zeigers bis zu $1/5$ der Breite der Inkremente beträgt



c) Skale oder Messuhr, wo die Breite des Zeigers mehr als $\frac{1}{5}$, jedoch höchstens die Breite eines halben Inkrements beträgt

Legende

1 Hauptskalen- oder Messuhrinkrement (in diesen Beispielen $1 \text{ N} \cdot \text{m}$)

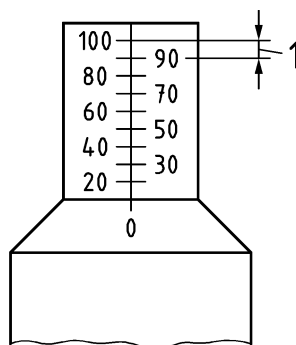
Bild 1 — Beispiele für verschiedene Zeigerbreiten von Skalen und Messuhren

BEISPIEL 1 Die Auflösung in Bild 1b) wird bestimmt mit: $r = \frac{1}{5} \times 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 0,2 \text{ N} \cdot \text{m}$

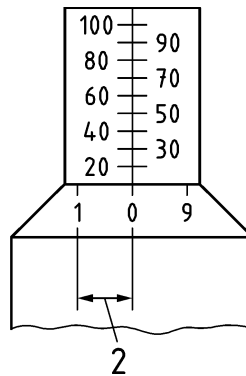
BEISPIEL 2 Die Auflösung in Bild 1c) wird bestimmt mit: $r = \frac{1}{2} \times 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 0,5 \text{ N} \cdot \text{m}$

Wenn eine „Mikrometer“-Skale an einem Drehmoment-Schraubwerkzeug verwendet wird, darf eine zweite Skale mit der Hauptskala angemessenen Teilstrichen verwendet werden, um eine direkte Teilablesung des Werts zu ermöglichen und das kann die Auflösung verbessern.

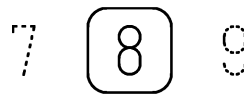
Die Auflösung beträgt die Hälfte des Inkrementwerts der Hauptskala, wenn keine zweite Skale vorhanden ist. Ist eine zweite Skale vorhanden, beträgt die Auflösung die Hälfte des Inkrementwerts der zweiten Skale.



a) Mikrometerskale ohne Teilstriche der zweiten Skale



b) Mikrometerskale mit Teilstrichen der zweiten Skale



c) teilweise abgedeckte zweite Skale

Legende

- 1 Hauptskaleninkrement (in diesen Beispielen 10 N · m)
- 2 Inkrement der zweiten Skale (in diesen Beispielen 1 N · m)

Bild 2 — Beispiele für Mikrometerskalen

BEISPIEL 3 Die Auflösung in Bild 2a) wird bestimmt mit: $r = \frac{1}{2} \times 10 \text{ N} \cdot \text{m} = 5 \text{ N} \cdot \text{m}$

BEISPIEL 4 Die Auflösung in Bild 2b) wird bestimmt mit: $r = \frac{1}{2} \times 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 0,5 \text{ N} \cdot \text{m}$

BEISPIEL 5 Die Auflösung in Bild 2c) wird bestimmt mit: $r = \frac{1}{2} \times 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 0,5 \text{ N} \cdot \text{m}$

6.2.1.2 Bestimmung der Auflösung r bei digitalen Skalen oder Messuhren

Bei Drehmoment-Schraubwerkzeugen mit einer digitalen Skale oder Messuhr ist die Auflösung r wie folgt zu bestimmen:

Falls die Anzeige, wenn am Gerät der niedrigste kalibrierte Drehmomentwert anliegt, um nicht mehr als ein Inkrement schwankt, muss der Wert von r bei Schraubwerkzeugen des Typs I einem einzelnen Inkrement des angezeigten Werts entsprechen oder bei Schraubwerkzeugen des Typs II muss der Wert einem einzelnen Inkrement der letzten aktiven Digitalzahl entsprechen, oder, falls die Ablesewerte schwanken, der Hälfte des Schwankungsbereichs; siehe Tabelle 2.

Tabelle 2 — Drei Beispiele für die Auflösung

	Erstes Beispiel für ein Inkrement $r = 0,001$	Zweites Beispiel für ein Inkrement $r = 0,02$	Drittes Beispiel für ein Inkrement $r = 0,05$
Ablesewert der Anzeige	0,001	0,02	0,05
Ablesewert der Anzeige plus ein Inkrement	0,002	0,04	0,10
Ablesewert der Anzeige plus zwei Inkremente	0,003	0,06	0,15

6.2.2 Schwankung aufgrund der Vergleichpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs b_{rep}

Die Vergleichpräzision wird im Falle anzeigender Drehmoment-Schraubwerkzeuge des Typs I durch die Fähigkeit beeinflusst, den Wert, bei dem die Belastung angehalten werden sollte, genau zu bestimmen, im Falle auslösender Drehmoment-Schraubwerkzeuge des Typs II durch die Fähigkeit des Mechanismus, nach der Einstellung des Schraubwerkzeugs wieder in genau dieselbe Stellung zurückzukehren. Bei Drehmoment-Schraubwerkzeugen von sowohl des Typs I als auch des Typs II schließt sie Parallaxenfehler ein.

Für anzeigende Drehmoment-Schraubwerkzeuge aller Klassen des Typs I wird das folgende Verfahren zur Bestimmung der Vergleichpräzision b_{rep} beschrieben. Dieser Wert darf für eine ausreichende Anzahl von Prüfkörpern (mindestens zehn) eines Modells des Drehmoment-Schraubwerkzeugs statistisch bestimmt werden und dessen Festlegung braucht bei späteren Kalibrierungen dieses Modells nicht jedes Mal wiederholt zu werden. Das Schraubwerkzeug ist nach 5.3 auf der Kalibriereinrichtung zu positionieren und fünf Vorbelastungen mit dem oberen Grenzwert des Messbereichs T_E zu unterziehen. Das Schraubwerkzeug ist mit jedem Kalibrierungswert des Drehmoment-Schraubwerkzeugs zu belasten, und der Wert der Kalibriereinrichtung ist aufzuzeichnen. Diese Belastung ist bei jedem Kalibrierungswert fünfmal zu wiederholen. Der Prüfablauf ist insgesamt viermal zu wiederholen, womit sich vier Sätze von jeweils fünf Ablesungen ergeben. Das Schraubwerkzeug ist nach jedem Satz von fünf Ablesungen aus der Kalibriereinrichtung zu entnehmen und dann wieder einzusetzen. Falls diese Kalibrierungen von verschiedenen Prüfern durchgeführt werden, müssen mindestens zwei Folgen von einem anderen Prüfer durchgeführt werden.

Für auslösende Drehmoment-Schraubwerkzeuge des Typs II, Klassen A, D und G wird das folgende Verfahren zur Bestimmung der Vergleichpräzision b_{rep} beschrieben. Dieser Wert darf für eine ausreichende Anzahl von Prüfkörpern (mindestens zehn) eines Modells des Drehmoment-Schraubwerkzeugs statistisch bestimmt werden und dessen Festlegung braucht bei späteren Kalibrierungen dieses Modells nicht jedes Mal wiederholt zu werden.

Das Schraubwerkzeug ist nach 5.3 auf der Kalibriereinrichtung zu positionieren und fünf Vorbelastungen mit dem oberen Grenzwert des Messbereichs T_E zu unterziehen.

Das Schraubwerkzeug ist auf den in ISO 6789-1:2015, 6.5.3, festgelegten unteren Grenzwert einzustellen und es sind fünf aufeinander folgende Messungen aufzuzeichnen. Daraufhin ist das Drehmoment-Schraubwerkzeug wieder bei jedem Kalibrierungswert einzustellen, und es sind fünf weitere aufeinander folgende Messungen aufzuzeichnen. Es sind insgesamt vier Reihen von jeweils fünf Ablesungen zu erhalten und anhand der folgenden Gleichung zu beurteilen:

Schwankung aufgrund der Vergleichpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs bei jedem Kalibrierungswert:

$$b_{\text{rep}} = \bar{X}_{\text{max},i} - \bar{X}_{\text{min},i} \quad (2)$$

Dabei ist

X der Ablesewert der Kalibriereinrichtung;

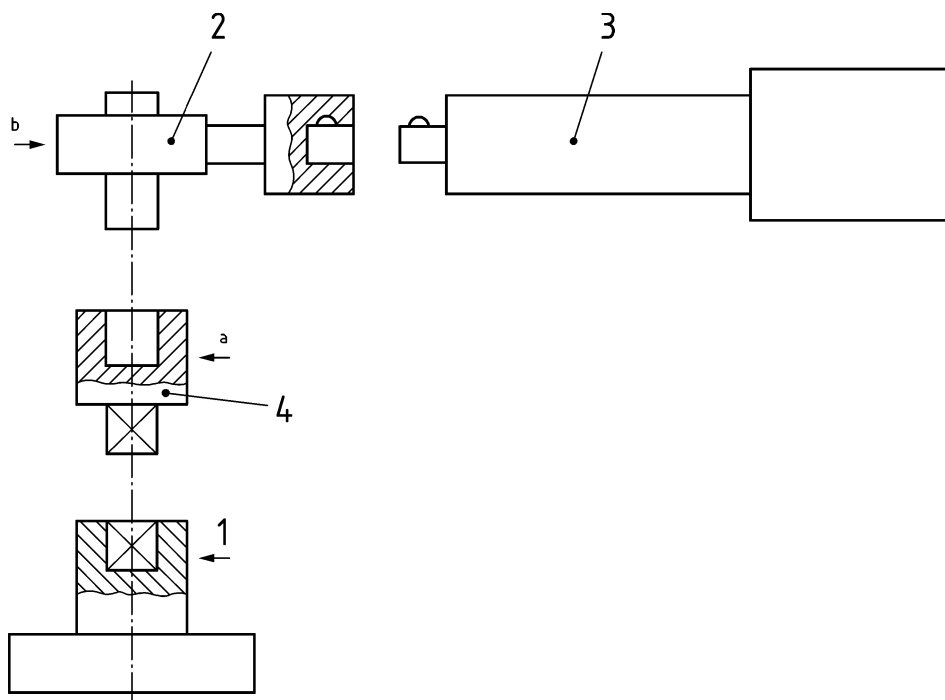
$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j$ der Mittelwert der Messreihe i mit $i = 1 \dots 5$;

$j = 1, 2, \dots, n$ die Anzahl der einzelnen Messungen für Reihe i .

6.2.3 Schwankung aufgrund der Berührungsfläche zwischen dem Drehmoment-Schraubwerkzeug und der Kalibriereinrichtung

6.2.3.1 Allgemeines

Die Schwankung aufgrund der Berührungsfläche wird in Form zweier verschiedener Einflüsse nach 6.2.3.2 und 6.2.3.3 beurteilt, siehe auch Bild 3.



Legende

- a siehe 6.2.3.2
- b siehe 6.2.3.1
- 1 siehe Anhang C
- 2 austauschbarer Kopf
- 3 Drehmoment-Schraubwerkzeug
- 4 Adapter

Bild 3 — Berührungsfläche zwischen dem Drehmoment-Schraubwerkzeug und der Kalibriereinrichtung

6.2.3.2 Schwankung aufgrund von geometrischen Auswirkungen des Abtriebssteils des Drehmoment-Schraubwerkzeugs b_{od}

Knarren-, Sechskant- und Vierkant-Abtriebssteile des Drehmoment-Schraubwerkzeugs haben einen besonderen Einfluss, weil sie sich möglicherweise verformen und weil sie, wenn sie nicht immer in derselben Ausrichtung eingesetzt werden, Schwankungen der Ablesewerte verursachen können. Austauschbare Abtriebsköpfe können ebenfalls Schwankungen verursachen.

Austauschbare Abtriebsköpfe des Drehmoment-Schraubwerkzeugs müssen einschließlich des Mittenabstandes identifiziert und dokumentiert werden.

Das im Folgenden beschriebene Verfahren dient zur Bestimmung der vom Abtriebsenteil verursachten Schwankung b_{od} . Dieser Wert darf für eine ausreichende Anzahl von Prüfkörpern (mindestens zehn) eines Modells des Schraubwerkzeugs statistisch bestimmt werden und dessen Festlegung braucht bei späteren Kalibrierungen dieses Modells nicht jedes Mal wiederholt zu werden. Falls sich das Abtriebsenteil nicht drehen lässt, ist diese Schwankung gleich Null zu setzen.

Das Schraubwerkzeug ist nach 5.3 auf der Kalibriereinrichtung zu positionieren und fünf Vorbelastungen mit dem unteren Grenzwert des Messbereichs T_A zu unterziehen.

Das Drehmoment-Schraubwerkzeug wird aus der Kalibriereinrichtung entnommen und das Abtriebsteil um 60° (bei Sechskant-Abtriebsteilen) oder 90° (bei Vierkant-Abtriebsteilen) gedreht. Für mindestens vier gleichmäßig über 360° verteilte Positionen werden jeweils zehn Messungen beim unteren Grenzwert des Messbereichs T_A ohne Veränderung des Lastangriffspunkts aufgezeichnet.

Dieser Einfluss wird mithilfe der folgenden Gleichung berechnet:

Schwankung aufgrund des Einflusses des Abtriebsteils:

$$b_{od} = \bar{X}_{\max,i} - \bar{X}_{\min,i} \quad (3)$$

Dabei ist

X	der Ablesewert der Kalibriereinrichtung;
$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j$	der Mittelwert der für die Einbauposition i durchgeführten Messreihe;
$i = 1, 2, 3, 4, \dots, m$	mit m als der Anzahl der möglichen Einbaupositionen;
$j = 1, 2, \dots, n$	die Anzahl der einzelnen Messungen für Einbauposition i .

6.2.3.3 Schwankung b_{int} , die durch geometrische Auswirkungen der Berührungsfläche zwischen dem Abtriebsteil des Drehmoment-Schraubwerkzeugs und der Kalibriereinrichtung verursacht ist

Sechskant- und Vierkant-Abtriebsberührungsflächen zwischen dem Abtriebsteil des Drehmoment-Schraubwerkzeugs und der Kalibriereinrichtung haben Einfluss, weil sie sich möglicherweise verformen und weil sie, wenn sie nicht immer in derselben Ausrichtung eingesetzt werden, Schwankungen der Ablesewerte verursachen können.

Die Berührungsfläche zwischen dem Abtriebsteil des Drehmoment-Schraubwerkzeugs und der Kalibriereinrichtung muss identifiziert und dokumentiert werden.

Das im Folgenden beschriebene Verfahren dient zur Bestimmung der Schwankung aufgrund der Abtriebsberührungsfläche b_{int} . Dieser Wert darf für eine ausreichende Anzahl von Prüfkörpern (mindestens zehn) eines Modells des Schraubwerkzeugs statistisch bestimmt werden und dessen Festlegung braucht bei späteren Kalibrierungen dieses Modells nicht jedes Mal wiederholt zu werden.

Das Schraubwerkzeug ist nach 5.3 auf der Kalibriereinrichtung zu positionieren und fünf Vorbelastungen mit dem unteren Grenzwert des Messbereichs T_A zu unterziehen.

Das Drehmoment-Schraubwerkzeug wird aus der Kalibriereinrichtung entnommen und das Abtriebsteil um 60° (bei Sechskant-Abtriebsteilen) oder 90° (bei Vierkant-Abtriebsteilen) gedreht. Für mindestens vier gleichmäßig über 360° verteilte Positionen werden jeweils zehn Messungen beim unteren Grenzwert des Messbereichs T_A ohne Veränderung des Lastangriffspunkts aufgezeichnet.

Dieser Einfluss wird mithilfe der folgenden Gleichung berechnet:

Schwankung aufgrund des Einflusses der Abtriebsberührungsfläche:

$$b_{int} = \bar{X}_{\max,i} - \bar{X}_{\min,i} \quad (4)$$

Dabei ist

X	der Ablesewert der Kalibriereinrichtung;
$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j$	der Mittelwert der für die Einbauposition i durchgeführten Messreihe;
$i = 1, 2, 3, 4, \dots, m$	mit m als der Anzahl der möglichen Einbaupositionen;
$j = 1, 2, \dots, n$	die Anzahl der einzelnen Messungen für die Einbauposition i .

6.2.4 Schwankung aufgrund der längenbezogenen Positionsschwankung des Lastangriffspunkts b_l

Bei den meisten Drehmomentschlüsseln lässt sich eine gewisse Schwankung im Drehmoment in Abhängigkeit vom genauen Lastangriffspunkt am Griff beobachten. Dies gilt sowohl für anzeigende als auch für auslösende Drehmomentschlüssel, nicht jedoch für Drehmomentschraubendreher beider Typen. Bei Drehmomentschraubendrehern ist der Wert von b_l gleich Null zu setzen.

Wenn der Angriffspunkt auf dem Drehmoment-Schraubwerkzeug nicht gekennzeichnet ist und keine Angaben des Herstellers verfügbar sind, muss die Bemessung von der Rotationsachse zum Angriffspunkt dokumentiert werden.

Das im Folgenden beschriebene Verfahren dient zur Bestimmung der Schwankung des Lastangriffspunkts b_l . Dieser Wert darf für eine ausreichende Anzahl von Prüfkörpern (mindestens zehn) eines Modells des Schraubwerkzeugs statistisch bestimmt werden und dessen Festlegung braucht bei späteren Kalibrierungen dieses Modells nicht jedes Mal wiederholt zu werden.

Das Schraubwerkzeug ist nach 5.3 auf der Kalibriereinrichtung zu positionieren und fünf Vorbelastungen mit dem unteren Grenzwert des Messbereichs T_A zu unterziehen.

Danach werden für zwei Positionen mit geändertem Lastangriffspunkt jeweils zehn Messungen beim unteren Grenzwert des Messbereichs T_A aufgezeichnet. Die beiden Lastangriffspunkte müssen sich in einem Abstand von jeweils 10 mm zu beiden Seiten der Mitte des Handhaltebereichs oder des gekennzeichneten Angriffspunkts befinden.

Der Mittelwert der zehn Ablesungen am längsten Punkt wird vom Mittelwert der Messwerte des kürzesten Punktes subtrahiert, und der Modul dieses Werts ist definiert als die Schwankung des Lastangriffspunkts b_l , siehe Gleichung (5):

$$b_l = \overline{X}_{\text{kurz}} - \overline{X}_{\text{lang}} \quad (5)$$

6.3 Ermittlung der vom Drehmoment-Schraubwerkzeug verursachten Messunsicherheit des Typs A – Schwankung aufgrund der Wiederholpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs b_{re}

In der vorliegenden Norm wird nur ein Messunsicherheitstyp A, berücksichtigt. Bei der Kalibrierung nach 4.2 tritt eine Schwankung der Ablesewerte bei jedem Kalibrierdrehmoment T_{cal} auf. Dies gilt sowohl für Typ I- als auch für Typ II-Schraubwerkzeuge.

Diese als b_{re} festgelegte Schwankung ist anhand von Gleichung (6) zu ermitteln:

$$b_{re} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_r)^2} \quad (6)$$

Dabei ist

X_r der Ablesewert der Kalibriereinrichtung;

$\bar{X}_r = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j$ der Mittelwert der Messreihe;

$j = 1, 2, 3, \dots, n$ mit n als der Anzahl der einzelnen Messungen.

7 Bestimmung des Kalibrierergebnisses

7.1 Bestimmung der relativen Standardmessunsicherheit $w(T_{\text{cal}})$

Die dem Drehmoment T_{cal} zugeordnete relative Standardmessunsicherheit $w(T_{\text{cal}})$ wird für unkorrelierte Eingangsgrößen durch die folgenden Gleichungen angegeben.

Für anzeigende Drehmoment-Schraubwerkzeuge gilt:

$$w(T_{\text{cal}}) = \sqrt{\left[\frac{w_{\text{cd}}(T_{\text{cal}})}{2} + \frac{b_{\text{ep}}(T_{\text{cal}})}{\sqrt{3}} \right]^2 + 2w_r^2(T_{\text{cal}}) + w_{\text{rep}}^2(T_{\text{cal}}) + w_{\text{od}}^2(T_{\text{cal}}) + w_{\text{int}}^2(T_{\text{cal}}) + w_l^2(T_{\text{cal}}) + w_{\text{re}}^2(T_{\text{cal}})} \quad (7)$$

Weil die Ablesungen zweimal (beim Nullpunkt bzw. Kleinstwert der Skale und beim Kalibrierungswert) vorgenommen werden, erscheint die Messunsicherheit der Auflösung r im Ergebnis zweimal. Diese beiden zufälligen Anteile werden geometrisch addiert.

Für auslösende Drehmoment-Schraubwerkzeuge gilt:

$$w(T_{\text{cal}}) = \sqrt{\left[\frac{w_{\text{cd}}(T_{\text{cal}})}{2} + \frac{b_{\text{ep}}(T_{\text{cal}})}{\sqrt{3}} \right]^2 + w_r^2(T_{\text{cal}}) + w_{\text{rep}}^2(T_{\text{cal}}) + w_{\text{od}}^2(T_{\text{cal}}) + w_{\text{int}}^2(T_{\text{cal}}) + w_l^2(T_{\text{cal}}) + w_{\text{re}}^2(T_{\text{cal}})} \quad (8)$$

Dabei ist

$$b_{\text{ep}}(T_{\text{cal}}) = \frac{b_e(T_{\text{cal}})_{\text{max}}}{\bar{X}_r(T_{\text{cal}})} \text{ in \%} \quad (9)$$

Die Gleichungen für die Berechnung der Messunsicherheitsэлеmente sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 — Verteilungsfunktionen für die Berechnung der relativen Messunsicherheiten für anhand experimentell bestimmter Schwankungen berechnete charakteristische Werte

Abschnitt	Charakteristischer Wert	Verteilungsfunktion	Relative Standardmessunsicherheit w in %
6.2.1	Messunsicherheit aufgrund der Schwankung in der Auflösung w_r von Skale, Messuhr oder elektronischer Anzeige	Typ B Rechteckverteilung	$w_r(T_{\text{cal}}) = \frac{r \times 0,5}{\sqrt{3}} \times \frac{100}{\bar{X}(T_{\text{cal}})}$
6.2.2	Messunsicherheit aufgrund der Vergleichpräzision von Drehmoment-Schraubwerkzeugen w_{rep}	Typ B Rechteckverteilung	$w_{\text{rep}}(T_{\text{cal}}) = \frac{b_{\text{rep}} \times 0,5}{\sqrt{3}} \times \frac{100}{\bar{X}(T_{\text{cal}})}$

6.2.3.2	Messunsicherheit aufgrund geometrischer Auswirkungen des Abtriebs teils des Drehmoment-Schraubwerkzeugs w_{od}	Typ B Rechteckverteilung	$w_{od}(T_{cal}) = \frac{b_{od} \times 0,5}{\sqrt{3}} \times \frac{100}{\bar{X}(T_{cal})}$
6.2.3.3	Messunsicherheit aufgrund geometrischer Auswirkungen der Berührungsfläche zwischen dem Abtriebsteil des Drehmoment-Schraubwerkzeugs und der Kalibriereinrichtung w_{int}	Typ B Rechteckverteilung	$w_{int}(T_{cal}) = \frac{b_{int} \times 0,5}{\sqrt{3}} \times \frac{100}{\bar{X}(T_{cal})}$
6.2.4	Messunsicherheit aufgrund der längenbezogenen Positionsschwankung des Lastangriffspunktes w_l	Typ B Rechteckverteilung	$w_l(T_{cal}) = \frac{b_l \times 0,5}{\sqrt{3}} \times \frac{100}{\bar{X}(T_{cal})}$
6.3	Messunsicherheit aufgrund der Wiederholpräzision w_{re}	Typ A Normalverteilung	$w_{re}(T_{cal}) = \frac{b_{re}}{\sqrt{n}} \times \frac{100}{\bar{X}(T_{cal})}$

7.2 Bestimmung der relativen erweiterten Messunsicherheit $W(T_{cal})$

Die relative erweiterte Messunsicherheit $W(T_{cal})$ des Kalibrierergebnisses für das Drehmoment-Schraubwerkzeug wird anhand der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor k berechnet. Der Vorgabewert für $k = 2$. Es ist eine Überprüfung vorzunehmen, um einen Vertrauensbereich von etwa 95 % sicherzustellen.

$$W(T_{cal}) = k \times w(T_{cal}) \quad (10)$$

ANMERKUNG Nähere Informationen zum Wert von k können dem ISO/IEC Guide 98-3 (GUM), Anhang C und Anhang G entnommen werden.

7.3 Bestimmung des Intervalls der relativen Messunsicherheit $W'(T_{cal})$

Das Intervall der relativen Messunsicherheit W' muss mit einer Kalibrierung einschließlich aller systematischen und zufälligen Komponenten mithilfe von Gleichung (11) berechnet werden.

$$W'(T_{cal}) = |\bar{a}_S(T_{cal})| + W(T_{cal}) \quad (11)$$

Dabei ist

$\bar{a}_S(T_{cal})$ der Mittelwert der Messabweichung bei jedem Kalibrierdrehmoment T_{cal}

8 Kalibrierschein

Kalibrierscheine nach ISO 6789-2 müssen ISO/IEC 17025:2005, 5.10 entsprechen und mindestens die folgenden zusätzlichen Angaben enthalten:

- a) Kennung des Kalibrierscheins, der sich entnehmen lässt, dass der Kalibrierschein ISO 6789-2 entspricht;
- b) Kennung des Drehmoment-Schraubwerkzeugs (Typ und Seriennummer);
- c) wenn ein austauschbares Element mit dem Schraubwerkzeug verwendet wurde, ist die effektive Länge oder die Bemessung dieses austauschbaren Elements aufzuzeichnen;
- d) festgelegter Drehmomentbereich oder fester Drehmomentwert des Drehmoment-Schraubwerkzeugs;
- e) Kennung (Typ und Seriennummer) der Kalibriereinrichtung;
- f) Funktionsrichtung(en);
- g) alle im Verlauf der Kalibrierung aufgezeichneten Ablesewerte (siehe ISO 6789-1:2015, 6.6);
- h) für alle Schraubwerkzeuge ausgenommen auslösende Schraubwerkzeuge des Typs II, Klassen B, C, E und F der Mittelwert an jedem Kalibrierungspunkt;
- i) für auslösende Schraubwerkzeuge des Typs II, Klassen B, C, E und F das Nenndrehmoment und der Mittelwert;
- j) die relative erweiterte Messunsicherheit des Drehmoment-Schraubwerkzeugs $W(T_{\text{cal}})$ für den Mittelwert bei jedem Kalibrierungspunkt;
- k) das Intervall der relativen Messunsicherheit $W'(T_{\text{cal}})$ bei jedem Kalibrierungspunkt.

Anhang A (informativ)

Rechenbeispiel für anzeigende Drehmoment-Schraubwerkzeuge (Typ I)

A.1 Anzeigendes Drehmoment-Schraubwerkzeug, Typ I, Klasse C

Drehmomentschlüssel: mit festem Gehäuse und elektronischer Messung und festem Vierkantabtrieb 10.

Messbereich: 20 N·m bis 100 N·m

Letzte aktive Digitalzahl: 0,1 N·m

Angegebene Messabweichung: $a_s \pm 1 \%$

Angegebenes Intervall der relativen Messunsicherheit W' : $\pm 2 \%$

Kalibriereinrichtung:

Intervall der relativen Messabweichung $W'_{cd} = \pm 0,5 \%$

Intervall der relativen Messabweichung $w_{cd} = \pm 0,1 \%$

Vierkantbuchse 10

A.2 Messabweichung a_s

In Tabelle A.1 sind die Ablesewerte nach 5.1 angegeben.

Die folgende Berechnung verwendet Gleichungen aus 5.1:

$$a_s = \frac{(X_a - X_r) \times 100}{X_r}$$

$$\bar{a}_{s(T_{cal})} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{s,j} \quad n = 5$$

Kalibrierung rechtsdrehend.

Tabelle A.1

Einstellwerte $X_a(T_{cal})$ 20 N·m = 20 %	Bezugswert $X_r(T_{cal})$ N·m	Messabweichung	
		$X_a - X_r$ N·m	$a_s(T_{cal})$ %
X_1	20,185	-0,185	-0,917
X_2	20,134	-0,134	-0,666
X_3	20,113	-0,113	-0,562
X_4	20,165	-0,165	-0,818
X_5	20,175	-0,175	-0,867
	$\overline{X_r}(T_{cal})$		$b_{re\ max}$
	20,154		-0,766
Einstellwerte $X_a(T_{cal})$ 60 N·m = 60 %	Bezugswert $X_r(T_{cal})$ N·m	Messabweichung	
		$X_a - X_r$ N·m	$a_s(T_{cal})$ %
X_1	60,281	-0,281	-0,466
X_2	60,136	-0,136	-0,226
X_3	60,134	-0,134	-0,223
X_4	60,151	-0,151	-0,251
X_5	60,234	-0,234	-0,388
	$\overline{X_r}(T_{cal})$		$b_{re\ max}$
	60,187		0,311
Einstellwerte $X_a(T_{cal})$ 100 N·m = 100 %	Bezugswert $X_a(T_{cal})$ N·m	Messabweichung	
		$X_a - X_r$ N·m	$a_s(T_{cal})$ %
X_1	100,110	-0,110	-0,110
X_2	100,100	-0,100	-0,100
X_3	100,262	-0,262	-0,261
X_4	100,192	-0,192	-0,192
X_5	100,124	-0,124	-0,124
	$\overline{X_r}(T_{cal})$		$b_{re\ max}$
	100,158		0,119

A.3 Quellen der Messunsicherheit

A.3.1 Auflösung

A.3.1.1 Auflösung r (siehe 6.2.1.2)

Letzte aktive Digitalzahl: 0,1 N·m

$$r = 0,1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

A.3.1.2 Relative Standardmessunsicherheit w_r

Bei Anwendung der nachstehenden aus Tabelle 3 entnommenen Gleichung ergeben sich die in Tabelle A.2 angegebenen Werte.

$$w_r = \frac{r \times 0,5}{\sqrt{3}} \times \frac{100}{\bar{X}_r(T_{\text{cal}})}$$

Tabelle A.2

$X_a(T_{\text{cal}})$ N·m	r N·m	$\bar{X}_r(T_{\text{cal}})$ N·m	$w_r(T_{\text{cal}})$ %
20	0,1	20,154	0,143
60	0,1	60,187	0,048
100	0,1	100,158	0,029

A.3.2 Vergleichpräzision

A.3.2.1 Schwankung aufgrund der Vergleichpräzision b_{rep}

Tabelle A.3 enthält die nach 6.2.2 erhaltenen Ablesewerte.

Tabelle A.3

Satz	Ablesewerte	T_{cal} 20 N·m	T_{cal} 60 N·m	T_{cal} 100 N·m
I	X_1	20,197	60,251	100,258
	X_2	20,158	60,193	100,298
	X_3	20,189	60,186	100,172
	X_4	20,147	60,162	100,168
	X_5	20,078	60,145	100,015
	$\bar{X}$	20,154	60,187	100,182
II	X_1	20,154	60,366	100,288
	X_2	20,138	60,187	100,229
	X_3	20,121	60,212	100,211
	X_4	20,088	60,229	100,147
	X_5	20,053	60,232	100,047
	$\bar{X}$	20,111	60,245	100,184
III	X_1	20,197	60,146	100,439
	X_2	20,174	60,150	100,392
	X_3	20,125	60,174	100,336
	X_4	20,131	60,214	100,148
	X_5	20,097	60,224	99,998
	$\bar{X}$	20,145	60,182	100,263
IV	X_1	20,188	60,233	100,449
	X_2	20,152	60,201	100,366
	X_3	20,122	60,193	100,212
	X_4	20,135	60,190	100,078
	X_5	20,099	60,185	99,987
	$\bar{X}$	20,139	60,200	100,218

Die folgende Berechnung basiert auf Gleichung (2).

$$b_{\text{rep}} = \overline{X_{\text{max},i}} - \overline{X_{\text{min},i}}$$

$$b_{\text{rep},20} = 20,154 \text{ N} \cdot \text{m} - 20,111 \text{ N} \cdot \text{m} = 0,043 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$b_{\text{rep},60} = 60,245 \text{ N} \cdot \text{m} - 60,182 \text{ N} \cdot \text{m} = 0,063 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$b_{\text{rep},100} = 100,263 \text{ N} \cdot \text{m} - 100,182 \text{ N} \cdot \text{m} = 0,081 \text{ N} \cdot \text{m}$$

A.3.2.2 Relative Standardmessunsicherheit w_{rep}

Bei Anwendung der nachstehenden aus Tabelle 3 entnommenen Gleichung ergeben sich die in Tabelle A.4 angegebenen Werte.

$$w_{\text{rep}} = \frac{b_{\text{rep}} \times 0,5}{\sqrt{3}} \times \frac{100}{\bar{X}_r(T_{\text{cal}})}$$

Tabelle A.4

$X_a(T_{\text{cal}})$ N · m	b_{rep} N · m	$\bar{X}_r(T_{\text{cal}})$ N · m	$w_{\text{rep}}(T_{\text{cal}})$ %
20	0,043	20,154	0,062
60	0,063	60,187	0,030
100	0,081	100,158	0,023

A.3.3 Längenbezogene Positionsschwankung des Drehmomentangriffspunkts

A.3.3.1 Schwankung aufgrund der längenbezogenen Positionsschwankung des Drehmomentangriffspunkts b_1

$$T_A = 20 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Tabelle A.5 enthält die nach 6.2.4 erhaltenen Ablesewerte.

Tabelle A.5

	Reihe 1 Kurz (10 mm) N · m	Reihe 2 Lang (10 mm) N · m
X_1	20,174	20,099
X_2	20,101	20,033
X_3	20,132	20,072
X_4	20,125	20,015
X_5	20,126	20,127
X_6	20,177	20,068
X_7	20,097	20,067
X_8	20,144	20,082
X_9	20,199	20,087
X_{10}	20,195	20,095
$\bar{X}$	20,147	20,075

Die folgende Berechnung basiert auf Gleichung (5).

$$b_l = \overline{X}_{\text{kurz}} - \overline{X}_{\text{lang}}$$

$$b_l = 20,147 \text{ N} \cdot \text{m} - 20,075 \text{ N} \cdot \text{m} = 0,072 \text{ N} \cdot \text{m}$$

A.3.3.2 Relative Standardmessunsicherheit w_l

Bei Anwendung der nachstehenden aus Tabelle 3 entnommenen Gleichung ergeben sich die in Tabelle A.6 angegebenen Werte.

$$w_l = \frac{b_l \times 0,5}{\sqrt{3}} \times \frac{100}{\overline{X}_r(T_{\text{cal}})}$$

Tabelle A.6

$X_a(T_{\text{cal}})$ N · m	b_l N · m	$\overline{X}_r(T_{\text{cal}})$ N · m	$w_l(T_{\text{cal}})$ %
20	0,072	20,154	0,103
60	0,072	60,187	0,035
100	0,072	100,158	0,021

A.3.4 Wiederholpräzision des Drehmoment-Schraubwerkzeugs

A.3.4.1 Schwankung aufgrund der Wiederholpräzision b_{re}

Tabelle A.7 enthält die nach 6.3 erhaltenen Ablesewerte.

Kalibrierwerte rechtsdrehend.

Tabelle A.7

Einstellwerte $X_a(T_{\text{cal}})$ 20 N · m = 20 %	Bezugswert $X_r(T_{\text{cal}})$ N · m	$(X_r - \overline{X}_r)^2$ N · m	b_{re} N · m
X_1	20,185	0,000 936	0,015 3
X_2	20,134	0,000 416	0,010 2
X_3	20,113	0,001 714	0,020 7
X_4	20,165	0,000 112	0,005 3
X_5	20,175	0,000 424	0,010 3
	$\overline{X}_r(T_{\text{cal}})$		$b_{\text{re max}}$
	20,154		0,020 7

Einstellwerte $X_a(T_{cal})$ 60 N·m= 60 %	Bezugswert $X_r(T_{cal})$ N·m	$(X_r - \bar{X}_r)^2$ N·m	b_{re} N·m
X_1	60,281	0,008 798	0,046 9
X_2	60,136	0,002 621	0,025 6
X_3	60,134	0,002 830	0,026 6
X_4	60,151	0,001 310	0,018 1
X_5	60,234	0,002 190	0,023 4
	$\bar{X}_r(T_{cal})$		$b_{re \text{ max}}$
	60,187		0,046 9
Einstellwerte $X_a(T_{cal})$ 100 N·m= 100 %	Bezugswert $X_r(T_{cal})$ N·m	$(X_r - \bar{X}_r)^2$ N·m	b_{re} N·m
X_1	100,110	0,002 266	0,023 8
X_2	100,100	0,003 318	0,028 8
X_3	100,262	0,010 899	0,052 2
X_4	100,192	0,001 183	0,017 2
X_5	100,124	0,001 129	0,016 8
	$\bar{X}_r(T_{cal})$		$b_{re \text{ max}}$
	100,158		0,052 2

Die folgende Berechnung basiert auf Gleichung (6).

$$b_{re} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_{r(T_{cal})})^2} \quad n = 5$$

A.3.4.2 Relative Standardmessunsicherheit w_{re}

Bei Anwendung der nachstehenden aus Tabelle 3 entnommenen Gleichung ergeben sich die in Tabelle A.7 angegebenen Werte.

$$w_{re} = \frac{b_{re}}{\sqrt{n}} \times \frac{100}{\bar{X}_{r(T_{cal})}} \quad n = 5$$

Tabelle A.8

$X_a(T_{cal})$ N·m	$b_{re \text{ max}}$ N·m	$\bar{X}_r(T_{cal})$ N·m	$w_{re(T_{cal})}$ %
20	0,020 7	20,154	0,046
60	0,046 9	60,187	0,035
100	0,052 2	100,158	0,023