

# 6

## Drehmomentwerkzeuge sind Messgeräte

### 6-1. Drehmomentwerkzeuge sind Messgeräte

- (1) Kontrolle der Drehmomentwerkzeuge — 76
- (2) Kalibrierung von Drehmomentwerkzeugen — 76

### 6-2. Rückverfolgbarkeit

- (1) Rückverfolgbarkeitssystem — 77
- (2) Diagramm der Drehmoment-Rückverfolgbarkeit  
und des nationalen Standard — 78
- (3) ISO 9000 betreffende Dokumente — 80

### 6-3. Verpflichtung zum JCSS-System und der Ausbau von Services

- (1) Überblick über das JCSS-System — 81
- (2) JCSS-Kalibrierservice — 82
- (3) Ablauf einer JCSS-Kalibrierung — 84

### 6-4. Genauigkeit und Unsicherheit

- (1) Genauigkeit — 85
- (2) Unsicherheit — 86
- (3) Messunsicherheits-Analyseverfahren — 88
- (4) Unsicherheitsbeispiel — 89
- (5) Genauigkeit von  
Drehmomentwerkzeugen — 91
- (6) Langlebigkeit und Genauigkeit des  
Tohnichi-Standards — 92

### 6-5. Werkzeugwartung

- (1) Werkzeugwartung — 93
- (2) Ausgewählte Prüfgeräte — 93
- (3) Prüfgeräte für Drehmomentwerkzeuge — 94
- (4) Tohnichi-Standards, ISO, JIS  
(ISO 6789, JIS B 4652) — 94
- (5) Benennung der Drehmoment-Handwerkzeuge — 95
- (6) Vorsichtsmaßnahmen bei der Kalibrierung  
von Drehmoment-Handwerkzeugen — 95

# Drehmomentwerkzeuge als Messgeräte

## Hauptmessgeräte

Zeiger-Drehmomentschrauber



Digitaler Drehmomentschraubendreher



Schieblehre\*



Digitaler Mikrometer\*



Messuhr\*



\* Bereitgestellt durch Mitutoyo

### Messteuerung nach ISO 9001: 2008 (Auszug)

#### Arbeitskraft

#### 6.2.2 ► Kompetenz, Achtsamkeit und Schulung

- Legen Sie die erforderliche Kompetenz der Mitarbeiter fest, die Arbeiten ausführen, die Auswirkungen auf die Produktqualität haben können.
- Bieten Sie Schulungen an oder ergreifen Sie andere Maßnahmen, um diese Anforderungen zu erfüllen.
- Bewerten Sie die Effektivität der ergriffenen Maßnahmen.
- Stellen Sie sicher, dass sich die Mitarbeiter der Bedeutung und Wichtigkeit ihrer Handlungen bewusst sind und wissen, wie diese zur Erreichung der Qualitätsziele beitragen.
- Führen Sie entsprechende Aufzeichnungen über Ausbildung, Schulungen, Fähigkeiten und Erfahrung.

#### Messgeräte

#### 7.6 ► Steuerung von Überwachungs- und Messvorrichtungen

Falls zur Sicherstellung gültiger Ergebnisse erforderlich, sind folgende Maßnahmen bezüglich der Messgeräte zu ergreifen:

- Sie sind in festgelegten Intervallen bzw. vor der Verwendung nach Messstandards zu kalibrieren oder zu prüfen, die den Vorgaben der internationalen oder nationalen Messnormen entsprechen.
- Bieten Sie Schulungen an oder ergreifen Sie andere Maßnahmen, um diese Anforderungen zu erfüllen.
- Sie sind zu kennzeichnen, sodass der Kalibrierstatus ermittelt werden kann.
- Sie sind vor Justierungen zu schützen, die das Messergebnis ungültig machen würden.
- Sie sind während des Betriebs, der Wartung und der Lagerung vor Beschädigungen und Abnutzung zu schützen.

Zudem hat die Organisation die Gültigkeit der vorherigen Messergebnisse zu bewerten und festzuhalten, wenn die Geräte den Anforderungen nicht entsprechen.

# 6-1

## Drehmomentwerkzeuge sind Messgeräte

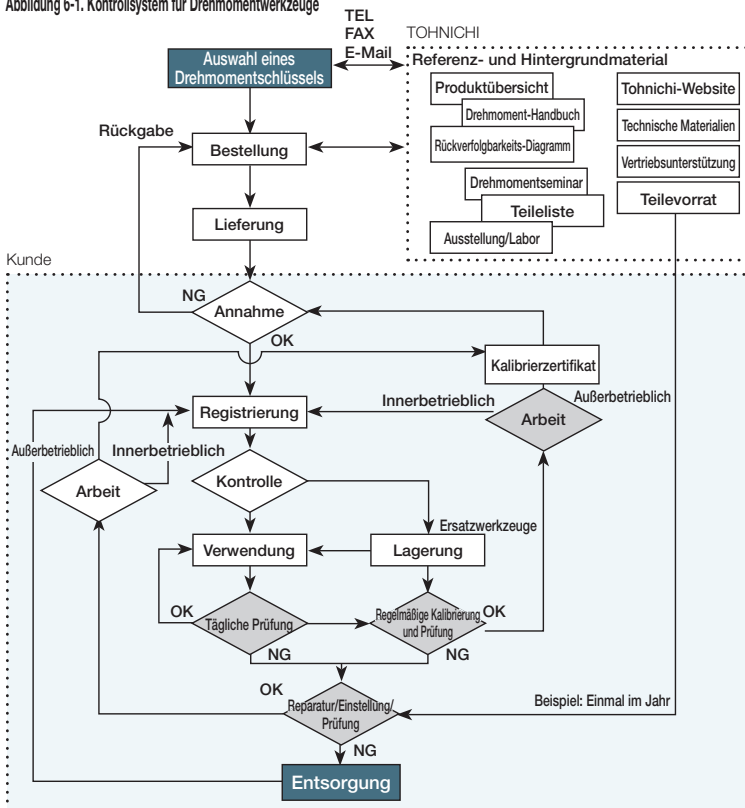
### (1) Kontrolle der Drehmomentwerkzeuge

Die Wartung von Drehmomentwerkzeugen (Abbildung 6-1) beinhaltet die Sicherstellung der Genauigkeit durch angemessene Prüfung der Messung der Werkzeuge bei Erhalt sowie auf täglicher Basis. Bei der Entscheidung, wie der Wartungsvorgang aufzubauen ist, sollten folgende Faktoren berücksichtigt werden: Bedeutung, Verwendungshäufigkeit und Drehmomentkapazität der Messinstrumente unter Bezugnahme auf ISO-Normen (ISO 6789), JIS-Standards (JIS B 4652) und der Nenngenauigkeiten des Herstellers. Das periodische Kalibrierintervall hängt von

denselben Faktoren ab, wird jedoch in der Regel auf mindestens 3 Monate und höchstens ein Jahr festgelegt. Wenn möglich sollte dieses Intervall an das zunehmende Alter des Werkzeugs angepasst werden, um eine effektivere Wartung zu ermöglichen.

**Da es sich bei Drehmomentwerkzeugen im Gegensatz zu gewöhnlichen Handwerkzeugen um Präzisionsmessgeräte handelt, ist bei der Lagerung und Handhabung mit besonderer Vorsicht vorzugehen, um die Genauigkeit und Haltbarkeit der Geräte zu gewährleisten.**

Abbildung 6-1. Kontrollsystem für Drehmomentwerkzeuge



### (2) Kalibrierung von Drehmomentwerkzeugen

Da das Drehmoment als Drehmoment = Kraft x Länge ausgedrückt wird, ist es erforderlich, dass das für die Kalibrierung benutzte Vergleichsnorm Gewichte für die Kraft und eine Skala oder Schieblehre für die Länge verwendet. Das als Standard für die Prüfung von Drehmomentwerkzeugen verwendete Vergleichsnorm sollte dreimal genauer sein, als das zu prüfende Gerät. Demzufolge ist zur Kalibrierung eines Drehmomentwerkzeugs mit einer Genauigkeit von 1% ein Vergleichsnorm mit einer Genauigkeit von unter  $\pm 0,3\%$  zu verwenden. Das Vergleichsnorm selbst ist in periodischen Abständen durch eine offizielle Organisation zu kalibrieren, um dessen Genauigkeit und Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten.

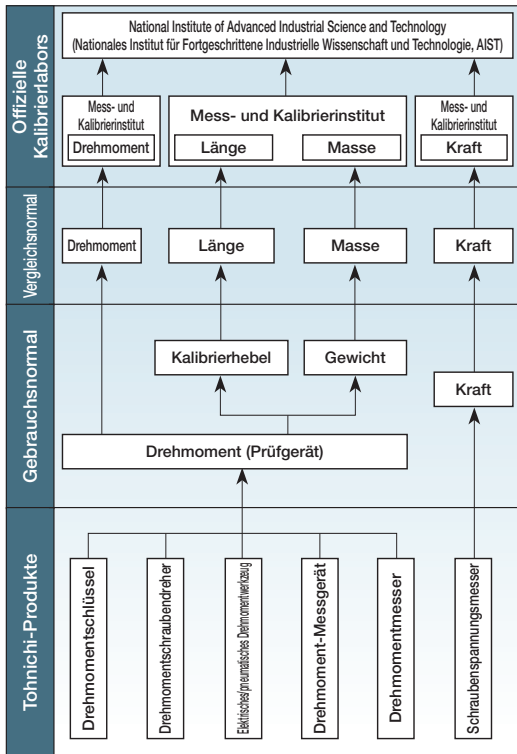
# 6-2

## Rückverfolgbarkeit

### (1) Rückverfolgbarkeitssystem

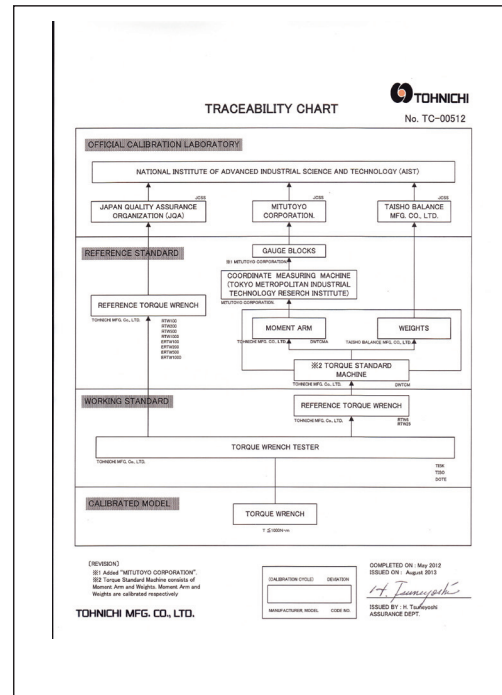
Im Allgemeinen werden Messgeräte mit präziseren Normgeräten kalibriert, die wiederum durch Normgeräte einer höheren Stufe kalibriert werden. So entsteht letztendlich eine Verbindung zum nationalen Standard und das Gerät kann, wenn es zertifiziert wird, als auf den nationalen Standard rückverfolgbar bezeichnet werden. Das Drehmoment lässt sich in Länge mal Kraft auflösen. Da die Einheiten der Länge und der Kraft durch offizielle Kalibrierlabors anerkannt wurden, sind diese Einheiten, in bestimmten Teilen Japans sogar das Drehmoment selbst, direkt auf die offiziellen Kalibrierlabors zurückzuführen.

Abbildung 6-2. Rückverfolgbarkeit von Tohnichi-Produkten



Tohnichi produziert eine große Vielzahl an Drehmomentwerkzeugen auf Basis dieses Rückverfolgbarkeitssystems (Abbildung 6-2). Services wie Kalibrierung und Reparatur sind sehr wichtige und notwendige Faktoren im Wartungsprozess. All diese in der betriebsinternen Wartung der Drehmomentwerkzeuge erforderlichen Services wie Prüfprotokolle, Kalibrierzertifikate und Rückverfolgbarkeitsdiagramme (Abbildung 6-3) sind auf Anfrage erhältlich. Verwenden Sie die bei Ihrem Tohnichi-Vertreter erhältlichen Anforderungsformulare zur Ausstellung eines Rückverfolgbarkeitsnachweises (Traceability Issue Request), die auch den allgemeinen Produktinformationen beiliegen.

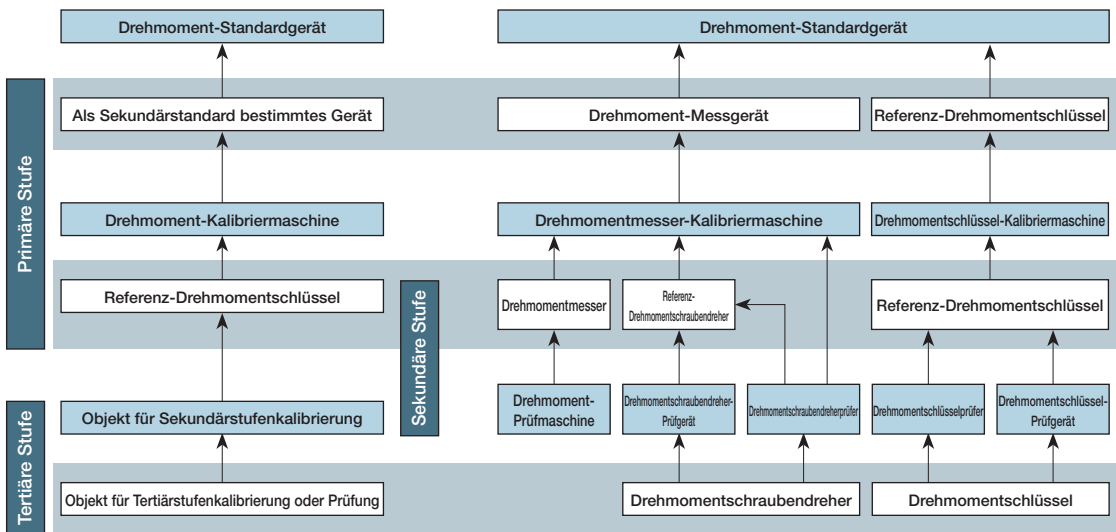
Abbildung 6-3. Rückverfolgbarkeitsdiagramm



### (2) Diagramm der Drehmoment-Rückverfolgbarkeit und des nationalen Standard

Um ein Rückverfolgbarkeitssystem unter Verwendung der SI-Einheiten zu gewährleisten, erfreut sich die Etablierung von Kalibriermethoden nach den nationalen Drehmomentstandards weltweit wachsender Beliebtheit. In Japan wurde ein Liefersystem unter Verwendung nationaler Drehmomentstandards aufgebaut, in dem reine Torsion messende "Drehmomentmesser" bereits in einem Bereich von 5 N·m bis 20 kN·m, "Referenz-Drehmomentschlüssel, die den Top-Standard an Drehmomentschlüssel-Prüfgeräten darstellen, in einem Bereich von 5 N·m bis 5 kN·m erhältlich sind. Von technischen Anforderungen und Anwendungsgrundsätzen bis zur durch das National Institute of Technology and Evaluation (Nationales Institut für Technik und Evaluierung, NITE) veröffentlichten Drehmomentstufenstruktur für Drehmomentmesser und Referenz-Drehmomentschlüssel sind alle Elemente in Abbildung 6-4 aufgeführt. Die aus Drehmomentschlüsseln und Drehmomentschraubendrehern bestehende Ebene mit Verknüpfungen zu Drehmoment-Prüfgeräten und -prüfern ist die "Tertiäre Stufe", die Ebene mit Verknüpfungen zu Referenz-Drehmomentschlüsseln und Referenz-Drehmomentschraubendrehern ist die "Sekundäre Stufe" und die Ebene mit Verknüpfungen zu Drehmomentkalibriermaschinen und als Sekundärstandard bestimmten Geräten ist die "Primäre Stufe".

Abbildung 6-4. Diagramm des Rückverfolgbarkeitssystems



Der Begriff "Kalibrierung" wird für die primäre und sekundäre Stufe verwendet, "Prüfung" für die tertiäre Stufe. "Prüfungen" sind für das JCSS-System ungeeignet.

- Als Sekundärstandard bestimmtes Gerät ... Als nationaler Standard bestimmtes Gerät, das die Drehmomenteinheiten (Drehmoment-Standardgerät) umsetzt.
- Als Sekundärstandard ..... Unter Verwendung des als Sekundärstandard bestimmten Geräts bestimmtes Gerät (Referenz-Drehmomentschlüssel) kalibrierter Referenz-Drehmomentschlüssel. Neben der Umsetzung der Drehmoment-Vergleichsnormale der Kalibrierstelle werden diese Geräte zur Wartung und Prüfung von Kalibriergeräten verwendet.
- Gebrauchsnormale ..... Hierbei handelt es sich um ein Drehmomentschlüssel-Normwerkzeug (Drehmomentschlüssel-Kalibriermaschine) des Belastungs-, Wägezellen- oder Drehmomentaufbautyps, das durch die Kalibrierstelle der primären Stufe zur vergleichenden Kalibrierung von Kalibriergeräten wie Referenz-Drehmomentschlüsseln verwendet wird.
- Reguläres Vergleichsnormale ..... Dieses Drehmomentmessgerät ist ein mit einem Hebel versehenes (Referenz-Drehmomentschlüssel) Werkzeug mit Sensorteil in Drehmomentschlüsselform (Drehmomentwandler), das das Drehmoment gemeinsam mit der Seitenkraft und dem Biegemoment übermittelt.
- Drehmomentschlüssel-Prüfgerät ..... Hierbei handelt es sich um ein Werkzeug zur Kalibrierung (oder Prüfung) von Drehmomentschlüsseln, das Drehmoment mittels einer Drehmomentbelastungsvorrichtung umsetzt. Es wird zur Kalibrierung mithilfe von Referenz-Drehmomentschlüsseln zur Erreichung höherer Standards verwendet.

Unter Verwendung dieser Geräte wird durch den Aufbau eines Drehmoment-Liefersystems durch JCSS (siehe 6-3.) ein Rückverfolgbarkeitssystem für Drehmomentwerkzeuge etabliert, das mit dem für andere Einheiten vergleichbar ist. Außerhalb der zur Verfügung stehenden Drehmomentbereiche ist jedoch wie bisher eine lokale Kalibrierung unter Verwendung der Formel [Kraft x Länge = Drehmoment] (Montageeinheit) erforderlich. Da durch JCSS nur Geräte der tertiären und sekundären Stufe bereitgestellt werden, sind zudem nur Drehmomentschlüssel-Prüfgeräte und Drehmomentschraubendreher-Prüfgeräte abgedeckt.

Es wird vorausgesetzt, dass Drehmomentschlüssel und Drehmomentschraubendreher auf den neuen Standard übertragen und wie unten beschrieben nach JIS B 4652 kalibriert werden.

### Etablierung eines Standard für Drehmoment-Handwerkzeuge - Anforderungen und Prüfmethoden (JIS B 4652)

Nach dem oben beschriebenen Aufbau des Drehmoment-Liefersystems war es erforderlich, Standards für Drehmoment-Handwerkzeuge zu entwickeln, da die Inhalte des zuvor verwendeten JIS-Standards B 4650 für manuelle Drehmomentschlüssel in erster Linie Bestimmungen bezüglich Drehmomentschlüssel-Produktspezifikationen enthielten, was zu folgenden Problemen führte:

- 1) Der Standard bezog sich ausschließlich auf Drehmomentschlüssel und enthielt keine Bestimmungen zu Drehmomentschraubendrehern.
- 2) Es gab zahlreiche Spezifikationen in Bezug auf die Herstellung nach den verschiedenen Modellen und Materialien und die Kalibriermethode war unklar.
- 3) Der Standard entsprach nicht den internationalen Standards.

Hier wurde die internationale Norm ISO 6789:2003 (Schraubwerkzeuge - Handbetätigte Drehmoment-Werkzeuge - Anforderungen und Prüfverfahren für die Typprüfung, Annahmeprüfung und das Rekalibrierverfahren) übersetzt und durch die Japan Measuring Instruments Federation als japanische Industrienorm vorgelegt, die am 20. April 2008 als JIS B 4652 etabliert wurde.

# 6-2

## Rückverfolgbarkeit

### (3) ISO 9000 betreffende Dokumente

Als Messinstrumente verwendete Drehmomentwerkzeuge müssen nach ISO 9000 ebenfalls kontrolliert und kalibriert werden und auf nationale Standards rückführbar sein. Tohnichi bietet in Abbildung 6-5 dargestellte Kalibrierzertifikate an. Alternativ können auf Wunsch des Kunden wie in Abbildung 6-6 gezeigt auch Prüfzertifikate oder Rückverfolgbarkeits-Diagramme ausgestellt werden. Tohnichi speichert die Historien dieser ausgestellten Dokumente für eine gewisse Zeitspanne und unterstützt Sie bei der Pflege Ihres Drehmoment-Verwaltungssystems in Übereinstimmung mit ISO 9000.

Abbildung 6-5. Mit Drehmomentschlüsseln bereitgestelltes Kalibrierzertifikat

		<b>Certificate of Calibration</b> 校正証明書																
<b>Name:</b> TORQUE WRENCH <b>Model:</b> DB280N-1/2-S <b>Max. Capacity:</b> 280 <b>Units:</b> N-m <b>Date of Calibration:</b> 19/02/2013 (Day/Month/Year) <b>Set Torque</b>		<b>Date of First Used:</b> / / <b>Serial No.:</b> 302453D <b>Accuracy ± (%):</b> 3 <b>Temperature (°C):</b> 24 <b>Inspector:</b> K. FUJIHARA																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lower</th> <th>Upper</th> <th>Actual Readings</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>29.2 30.9</td> <td>OW 30.8 30.7 30.7 30.7 30.6                      OCW 30.7 30.7 30.7 30.5 30.7</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>48.6 51.5</td> <td>OW 50.8 50.7 50.9 50.9 50.8                      OCW 50.3 50.3 50.4 50.5 50.4</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>145.7 154.6</td> <td>OW 150.5 150.4 150.7 150.7 150.6                      OCW 150.0 149.9 150.0 149.9 149.8</td> </tr> <tr> <td>280</td> <td>271.9 288.6</td> <td>OW 281.1 281.0 280.7 280.9 280.8                      OCW 279.4 279.2 279.1 279.1 279.3</td> </tr> </tbody> </table>	Lower	Upper	Actual Readings	30	29.2 30.9	OW 30.8 30.7 30.7 30.7 30.6 OCW 30.7 30.7 30.7 30.5 30.7	50	48.6 51.5	OW 50.8 50.7 50.9 50.9 50.8 OCW 50.3 50.3 50.4 50.5 50.4	150	145.7 154.6	OW 150.5 150.4 150.7 150.7 150.6 OCW 150.0 149.9 150.0 149.9 149.8	280	271.9 288.6	OW 281.1 281.0 280.7 280.9 280.8 OCW 279.4 279.2 279.1 279.1 279.3	上記製品は、国家標準にトランスミットした参照標準を基準とした標準器を用い、当社の作業標準に従って校正が行われ、校正作業における検査または試験結果が製品仕様を満足していることを証明します。 We certify that product identified above was calibrated using reference standard that is traceable to the national standards specifications and according to TOHNICHI STANDARDS. We have verified that these test results comply with product specifications. Measured values are within tolerance according to ISO9000. The uncertainty of measurement of the reference standard used is ±1%.		
Lower	Upper	Actual Readings																
30	29.2 30.9	OW 30.8 30.7 30.7 30.7 30.6 OCW 30.7 30.7 30.7 30.5 30.7																
50	48.6 51.5	OW 50.8 50.7 50.9 50.9 50.8 OCW 50.3 50.3 50.4 50.5 50.4																
150	145.7 154.6	OW 150.5 150.4 150.7 150.7 150.6 OCW 150.0 149.9 150.0 149.9 149.8																
280	271.9 288.6	OW 281.1 281.0 280.7 280.9 280.8 OCW 279.4 279.2 279.1 279.1 279.3																
<b>標準器 Standard Equipment</b> トルクレンチ TORQUE WRENCH TESTER	<b>Model</b> T18K1000N-1	<b>Serial No.</b> 705342W																
<b>参照標準 Reference Standard</b> 参照用トルクレンチ RTH1000 REFERENCE TORQUE WRENCH	<b>公的機関 Official Facility</b> (株)日本品質保証機構 JAPAN QUALITY ASSURANCE ORGANIZATION	<b>製造番号 Serial No.</b> 701572Y																
参照用トルクレンチ RTH200 REFERENCE TORQUE WRENCH	(株)日本品質保証機構 JAPAN QUALITY ASSURANCE ORGANIZATION	701570Y																
<b>株式会社 東日製作所</b> TOHNICHI MFG. CO., LTD. 16-5, OMORI-NISHI 1-CHOME, OTA-KU, TOKYO 143-8571, JAPAN TEL: 03-3762-2452 FAX: 03-3761-3852 00512		TOHNICHI MFG. CO., LTD. Head of Calibration 																

Abbildung 6-6. ISO betreffendes Dokument

1. Kalibrierzertifikat  
(In Verbindung mit Prüfzertifikat)
2. Prüfzertifikat
3. Rückverfolgbarkeits-Diagramm

# 6-3

## Verpflichtung zum JCSS-System und der Ausbau von Services

Seit November 2011 ist die akkreditierte Prüfstelle von Tohnichi als zugelassener Kalibrierservice-Anbieter der JCSS-Sekundärstufe registriert.

### (1) Überblick über das JCSS-System

Das Japan Calibration Service System (JCSS) setzt sich aus dem System zur Bereitstellung nationaler Standards und dem Akkreditierungssystem für Kalibrierlabors zusammen und wurde mit dem im November 1993 verabschiedeten, geänderten Messgesetz eingeführt. Im Rahmen des Akkreditierungssystems für Kalibrierlabors des JCSS werden Kalibrierlabors bewertet und als akkreditierte Kalibrierlabors anerkannt, die die Anforderungen des Messgesetzes, einschlägige Vorschriften und die Norm ISO/IEC 17025 erfüllen. International Accreditation Japan (IAJapan)/NITE, fungiert als Akkreditierungsstelle des JCSS-Systems und führt Akkreditierungen unter Einhaltung von ISO/IEC 17011 und einschlägiger internationaler Kriterien durch.

Die im Rahmen des JCSS-Systems akkreditierten Kalibrierlabors erfüllen die Anforderungen des Messgesetzes und diejenigen von ISO/IEC 17025.

Durch akkreditierte Kalibrierlabors ausgestellte Kalibrierzertifikate mit dem obigen JCSS-Symbol gewährleisten die Rückverfolgbarkeit auf nationale Messstandards und die technische und betriebliche Kompetenz des Labors und werden dank der Vereinbarung über die gegenseitige Anerkennung (MRA) von ILAC und APLAC weltweit akzeptiert.

(Die Referenzmaterialhersteller erfüllen die Anforderungen von ISO Guide 34:2009 und ISO/IEC 17025:2005)

Auszug des National Institute of Technology and Evaluation (NITE)

Abbildung 6-7. JCSS-Symbol



Abbildung 6-8. JCSS-Symbol mit MRA





### (2) JCSS-Kalibrierservice

Das folgende Diagramm (Abbildung 6-9) ist die Darstellung der Rückverfolgbarkeit auf den nationalen Standard aus der Perspektive eines Drehmomentschlüssels. In Abbildung 6-10 aufgeführte Drehmomentschlüssel-Prüfgeräte der sekundären Stufe mit einem Drehmomentbereich von 10 Nm bis 1000 Nm, für die Tohnichiregistriert ist, werden mithilfe eines Referenz-Drehmomentschlüssels

nach dem JCSS-System kalibriert. Das durchakkreditierte Kalibrierlabor nach dem JCSS-System ausgestellte Kalibrierzertifikat ist mit einem JCSS-Symbol und dem MRA-Konformitätssymbol versehen und bescheinigt, dass das Drehmoment direkt auf den in Abbildung 6-11 aufgeführten nationalen Standard rückführbar ist.

Abbildung 6-9 Rückverfolgbarkeits-Diagramm aus der Perspektive des Kalibrierservice

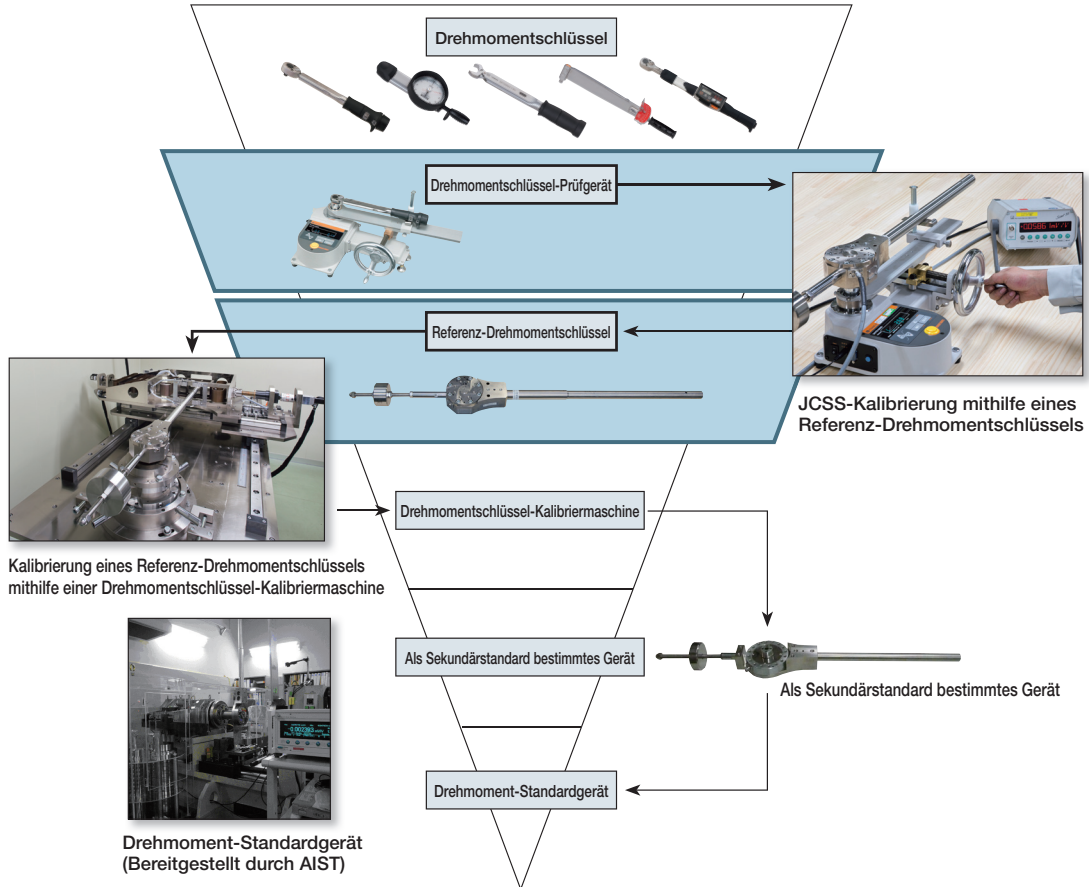


Abbildung 6-10 JCSS-Registrierungszertifikat und MRA-Bescheinigung  
(Registrierung des Drehmomentbereichs von 10 N·m bis 1000 N·m)

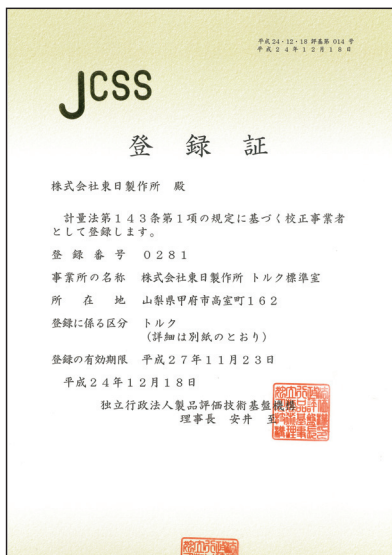
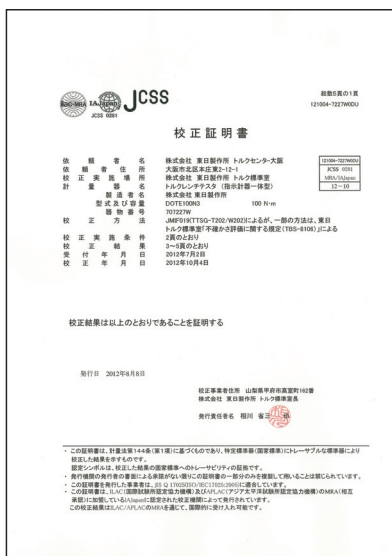


Abbildung 6-11. Beispiel eines JCSS-Kalibrierzertifikats (nur erste Seite)

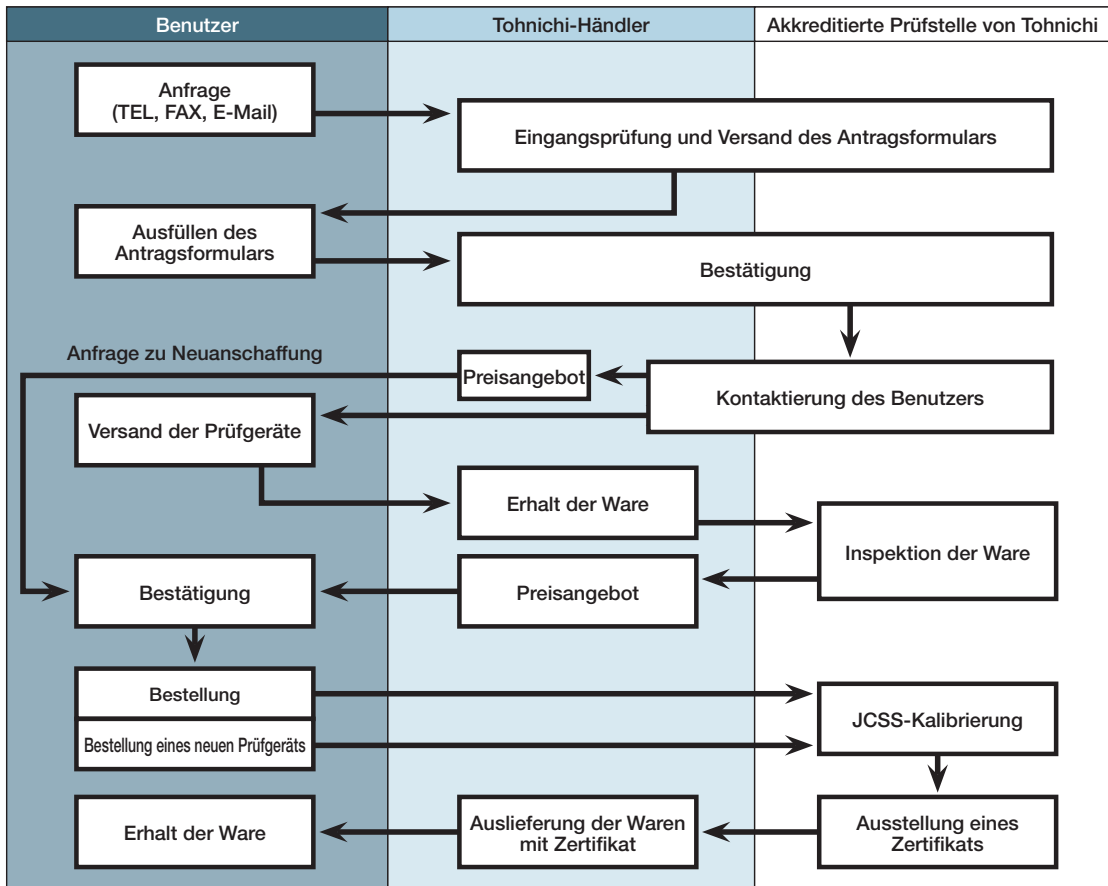


### (3) Ablauf einer JCSS-Kalibrierung

Abbildung 6-12 zeigt ein Ablaufdiagramm des JCSS-Kalibriersystems. Vorab wird ein Antragsformular zur Ermittlung der Anforderungen versandt. Die akkreditierte Prüfstelle von Tohnichi führt die Kalibrierung durch.

Im Rahmen des JCSS-Kalibriersystems können nicht nur neu erworbene Drehmomentschlüssel-Prüfgeräte von Tohnichi sondern auch gebrauchte Prüfgeräte kalibriert werden. Für weitere Informationen wenden Sie sich an Tohnichi.

Abbildung 6-12 Ablauf einer JCSS-Kalibrierung



# 6-4

## Genauigkeit und Unsicherheit

### (1) Genauigkeit

Genauigkeit ist der allgemein positive Zustand, der die Richtigkeit und Präzision der durch Messgeräte oder Messergebnisse erhaltenen Werte beinhaltet. Richtigkeit ist ferner der Zustand mit geringer Abweichung, Präzision hingegen der Zustand mit geringer Verteilung.

#### Genauigkeit = Abweichung + Verteilung

**Abweichung:** Bei Drehmomentmessgeräten mit Einteilung ist dies die Differenz zwischen den Teilstrichwerten und den Messwerten. Bei Drehmomentmessgeräten ohne Einteilung (voreingestellten Geräten) ist dies die Differenz zwischen dem eingestellten Drehmomentwert und dem gemessenen Drehmomentwert.

**Verteilung:** Der Standard für die Verteilung ist  $2\sigma$  oder  $3\sigma$ .

Abbildung 6-13. Verhältnis zwischen Abweichung und Verteilung

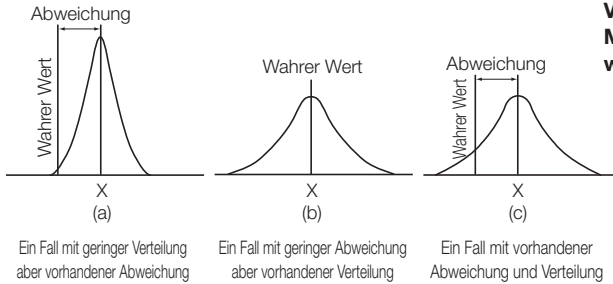


Abbildung 6-14. Verhältnis von Messwert und wahren Wert

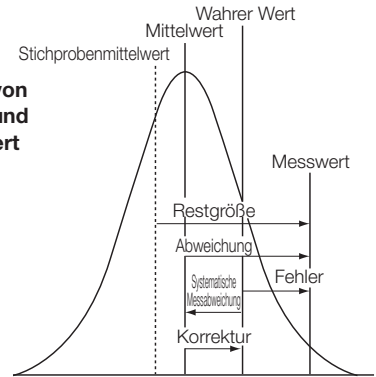


Tabelle 6-1. Glossar von in der Messtechnik verwendeten Begriffen (Auszug aus JIS Z 8103, Glossar von in der Messtechnik verwendeten Begriffen)

Begriff	Definition
Wahrer Wert	Ein mit der Definition einer gegebenen bestimmten Größe übereinstimmender Wert (siehe Abbildung 6-14). Bemerkungen: Mit Ausnahme bestimmter Fälle ist dies ein ideeller Wert, der praktisch unerreichbar ist.
Messwert	Der durch eine Messung erhaltene Wert (siehe Abbildung 6-14).
Fehler	Der durch Abzug des wahren Werts vom Messwert erhaltene Wert (siehe Abbildung 6-14). Bemerkungen: Das Verhältnis eines Fehlers zum wahren Wert wird als relativer Fehler bezeichnet. In Fällen, in denen keine Verwechslungsgefahr besteht, kann er auch einfach als Fehler bezeichnet werden.
Systematische Messabweichung	Ein durch Abzug des wahren Werts vom Mittelwert des Messwerts erhaltener Wert (siehe Abbildung 6-14).
Abweichung	Ein durch Abzug des Mittelwerts vom Messwert erhaltener Wert (siehe Abbildung 6-14).
Restgröße	Ein durch Abzug des Stichprobenmittelwerts vom Messwert erhaltener Wert (siehe Abbildung 6-14).
Korrektur	Ein algebraisch zum unkorrigierten Ergebnis einer Messung addierter Wert zur Kompensierung eines systematischen Fehlers (siehe Abbildung 6-14). Bemerkungen : 1. Die Korrektur entspricht dem Negativ des geschätzten systematischen Fehlers. 2. Das Verhältnis der Korrektur zum angezeigten Wert oder berechneten Wert wird als Korrekturrate bezeichnet und der Wert der als Prozentsatz ausgedrückten Korrekturrate als Korrekturprozentsatz. 3. Der zur Kompensierung des mutmaßlichen systematischen Fehlers vor der Korrektur mit dem Messergebnis multiplizierte Faktor wird als Korrekturfaktor bezeichnet.
Verteilung	Die Ungleichmäßigkeit der Größen der Messwerte. Auch als Ungleichförmigkeitsgrad bezeichnet. Bemerkungen: Um das Ausmaß der Verteilung auszudrücken wird beispielsweise der Begriff "Standardabweichung" verwendet.

# 6-4 Genauigkeit und Unsicherheit

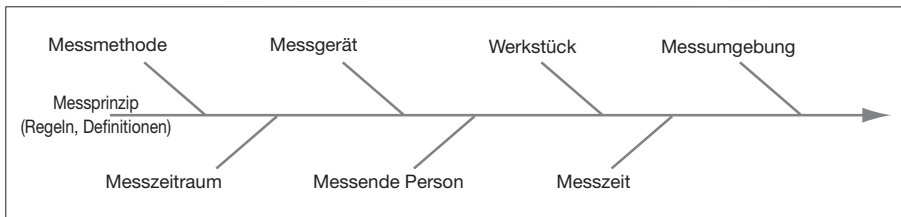
## (2) Unsicherheit

Ohne das herkömmliche Konzept des wahren Werts (der gemeinhin unbekannt ist) zu übernehmen, ergibt sich die Unsicherheit aus dem Datenverlust (bereits bekannt) im Datenbereich unter Verwendung der gemessenen Ergebnisse selbst. (Abbildung 6-13) Die Methoden zur Ermittlung der Unsicherheit sind den folgenden beiden Typen zuzuordnen:

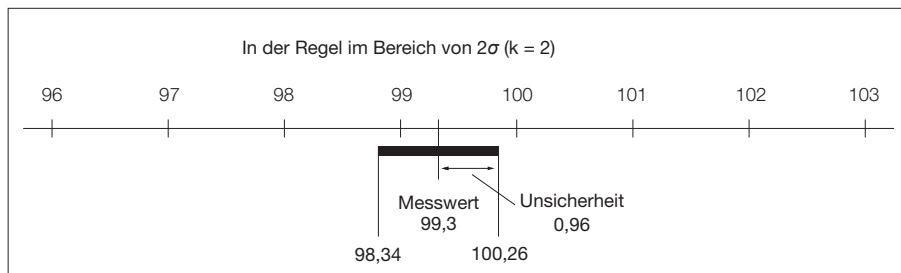
- ① **Ermittlung durch statistische Analyse einer Reihe von Messwerten.**  
(Unsicherheitstyp A)
- ② **Ermittlung mithilfe anderer Mittel als der statistischen Analyse einer Reihe von Messwerten.**  
(Unsicherheitstyp B)

Überdies hinaus werden für Typ A und Typ B die Standardunsicherheiten und die Standardabweichungen (oder ähnlichen Werte) aus der Normalverteilung, der Rechteckverteilung und der Trapezverteilung kalkuliert. Diese werden schließlich in der Fehlerfortpflanzungsregel zusammengefasst (Die kombinierte Standardunsicherheit). In diesen Verfahren wird die Gesamtunsicherheit als erweiterte Unsicherheit bezeichnet.

**Tabelle 6-15. Unsicherheitsfaktoren bei allgemeinen Messungen**

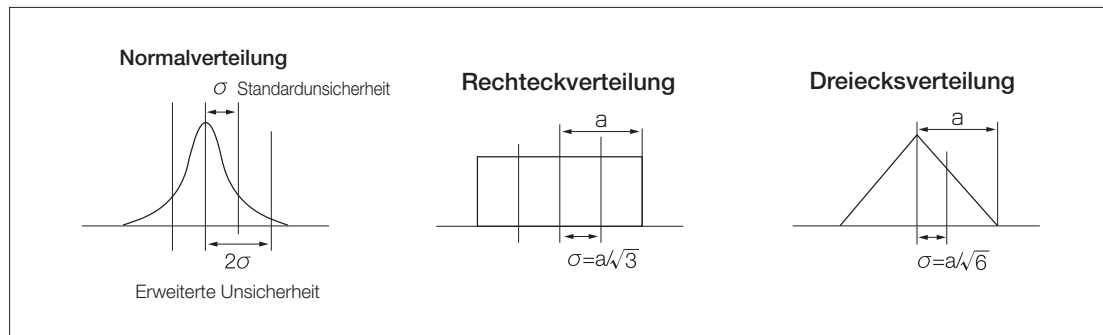


**Tabelle 6-9. Unsicherheit**



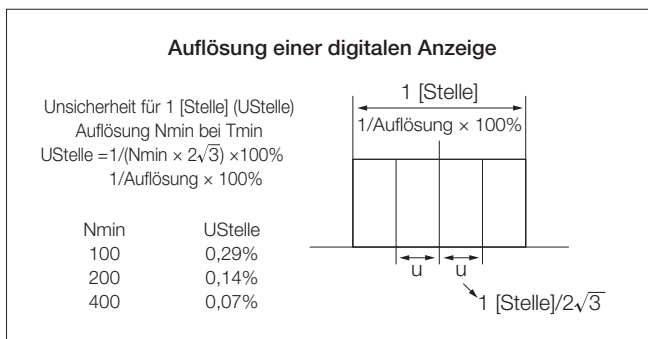
Bei der Normalverteilung entspricht  $\sigma$  (Standardfehler) der Standardunsicherheit und  $2\sigma$  entspricht gewöhnlich der erweiterten Unsicherheit. Bei der Rechteckverteilung entspricht die Dividierung der halben Verteilungsbreite ( $a$ ) durch  $\sqrt{3}$  der erweiterten Unsicherheit ( $a/\sqrt{3}$ ). Bei der Dreiecksverteilung entspricht die Dividierung der halben Verteilungsbreite durch  $\sqrt{6}$  der Standardunsicherheit ( $a/\sqrt{6}$ ).

**Tabelle 6-17. Schätzung der Unsicherheit**



Bei der Ermittlung der Auflösung einer digitalen Anzeige für die Unsicherheit von 1 [Stelle], entspricht die Dividierung von 0,5 [Stelle] (halbe Breite von 1 [Stelle]) durch  $\sqrt{3}$  der Standardunsicherheit ( $1 \text{ [Stelle]}/2\sqrt{3}$ ). Wenn beispielsweise von einer Auflösung ( $N_{\min}$ ) unter Verwendung der Mindestdrehmomentkapazität ( $T_{\min}$ ) von 100 ausgegangen wird, entspricht 1 [Stelle] 1% und die Unsicherheit der Auflösung ( $U_{\text{Stelle}}$ ) entspricht 0,29%.

**Tabelle 6-18. Beispiel der Schätzung der Unsicherheit aus der Rechteckverteilung**



### (3) Messunsicherheits-Analyseverfahren

- ① Festlegung der Mess- und Kalibriermethode (Präzise Beschreibung des Verfahrens). Präzise Beschreibung der Grundsätze und Messmethoden, Messvorrichtungen und -geräte.
- ② Ausführung des mathematischen Modells (Notieren der Formeln oder Auflistung der Hauptfaktoren).
  - a) Beschreibung der Formeln, wenn diese die Unsicherheit wiedergeben können.
  - b) Wenn die Unsicherheit nicht durch numerische Formeln wiedergegeben werden kann, Angabe der Unsicherheitsfaktoren und Kombination durch Addieren.
  - c) Durchführung des Signifikanztests durch Experimente, basierend auf der Versuchsplanung und der Faktoranalyse. Anschließende Schätzung der Unsicherheiten der einzelnen Faktoren.
- ③ Berichtigung der Werte (Beschreibung der Berichtigungsbestände und -methoden, falls vorhanden). Wenn Berichtigungen vorgenommen werden, sollte die Schätzung der Unsicherheiten nach der Datenkorrektur erfolgen.
- ④ Analyse und Schätzung der Unsicherheitsfaktoren (einschließlich der Typ A- und Typ B-Zuordnung) zeigen die Unsicherheitsfaktoren auf, klassifizieren sie und führen eine Schätzung der Standardabweichung (oder ähnlicher Werte) pro Faktor wie folgt durch:
  - a) Unsicherheit des Standards (auch als Standardunsicherheit bezeichnet).
  - b) Die Unsicherheit im Vergleich zum Standard. Unsicherheit aufgrund von Faktoren wie den Kalibriergeräten, der Kalibrierumgebung, dem Kalibrierintervall, dem Werkstück usw. (in der Standardunsicherheit beschrieben, Aufzeigen der Grundlagen der Ermittlungsmethode).
- ⑤ Berechnung der kombinierten Standardunsicherheit (Quadratwurzel der Quadratsumme)

$$uc = \left( \sum_{i=1}^n u_i^2 \right)^{1/2} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_n^2}$$

(Die offensichtlichen Unterschiede zwischen Typ A und Typ B verschwinden).

- ⑥ Berechnung der erweiterten Unsicherheit

$$u = k \cdot uc$$

k: Erweiterungsfaktor

(In der Regel wird  $k = 2$  verwendet. Wenn nicht, ist der Grund dafür anzuführen).

## (4) Unsicherheitsbeispiel

### ① Theoretische Formel

Drehmoment [N·m] = Masse des Eigengewichts [kg] × Erdbeschleunigung [m/s<sup>2</sup>] × Nutzlänge des Kalibrierhebels L [mm]

### ② Hypothetische Modelle

- Drehmomentkalibrierkit DOTCL100N
- Drehmomentschlüssel-Prüfgerät DOTE100N3

### ③ Kalibrierunsicherheit des Drehmomentschlüssel-Prüfgeräts

Erweiterte Unsicherheit des Drehmomentkalibrierkits: UIA

Erweiterte Unsicherheit des Drehmomentkalibrierarbeit: UIB

Erweiterte Unsicherheit des gemessenen Drehmoments: UIT ( $UIT^2 = UIA^2 + UIB^2$ )

Erweiterte Unsicherheit des Drehmomentschlüssel-Prüfgeräts: UC

Erweiterte Unsicherheit des Drehmomentschlüssel-Prüfgeräts: UT ( $UT^2 = UIT^2 + UC^2$ )

### ④ Unsicherheit des Drehmomentkalibrierkits

Faktoren	Standardunsicherheit
· Masse (Standardeigengewicht)	0,0004%
· Zu messende Masse	0,01%
· Erdbeschleunigung	0,005%
※ (Siehe S. 23, "Erdbeschleunigung")	
· Berichtigungen des spezifischen Gewichts	0,015%
· Vertikale/horizontale Umstellung	0,014%

#### Kombinierte Standardunsicherheit der Kraft

$$uf = \sqrt{0,0004^2 + 0,01^2 + 0,005^2 + 0,015^2 + 0,014^2} = 0,023\%$$

· Skala (Kalibrierung)	0,006%
· Hebellänge (Fertigungstoleranz)	0,02%
· Drahtdurchmesser	0,02%
· Hebeldehnung	0,014%

#### Kombinierte Standardunsicherheit der Hebellänge

$$ul = \sqrt{0,006^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + 0,014^2} = 0,032\%$$

#### Kombinierte Standardunsicherheit des Drehmomentkalibrierkits

$$ua = \sqrt{uf^2 + ul^2} = \sqrt{0,023^2 + 0,032^2} = 0,04\%$$

#### Erweiterte Standardunsicherheit des Drehmomentkalibrierkits ( $k = 2$ )

$$UIA = 2 \times ua = 0,08\%$$



## Genauigkeit und Unsicherheit

## ⑤ Unsicherheit der Drehmomentkalibrierung

Faktoren	Standardunsicherheit
· Horizontalität des Drahts	0,06%
· Neigungswinkel des Hebels (Horizontalität)	0,06%
· Hebellänge (Winkel des Antriebs)	0,03%
· Newton-Umrechnung	0,03%
· Wiederholte Unsicherheit	0,1%

**Kombinierte Standardunsicherheit der Drehmomentkalibrierarbeit:**

$$ub = \sqrt{0,06^2 + 0,06^2 + 0,03^2 + 0,03^2 + 0,1^2} = 0,14\%$$

**Erweiterte Unsicherheit der Drehmomentkalibrierarbeit:**

$$UIB = 2 \times ub = 0,28\%$$

**Erweiterte Unsicherheit des Kalibrierdrehmoments:**

$$UIT = \sqrt{UIA^2 + UIB^2} = 0,29\%$$

## ⑥ Kalibrierunsicherheit des Drehmomentschlüssel-Prüfgeräts

Faktoren	Standardunsicherheit
· Auflösung des Drehmomentschlüssel-Prüfgeräts (Nullpunkt)	0,06%
· Auflösung des Drehmomentschlüssel-Prüfgeräts (Anzeige)	0,06%
· Reibung des Achslagerbereichs	0,005%
· Unsicherheit des Messgeräts	0,14%
· Unsicherheit der Anzeige	0,14%

**Kombinierte Standardunsicherheit des Drehmomentschlüssel-Prüfgeräts:**

$$uc = \sqrt{0,06^2 + 0,06^2 + 0,005^2 + 0,14^2 + 0,14^2} = 0,22\%$$

**Erweiterte Unsicherheit des Drehmomentschlüssel-Prüfgeräts:**

$$UC = 2 \times uc = 0,44\%$$

**Erweiterte Unsicherheit des Drehmomentschlüssel-Prüfgeräts:**

$$UT = \sqrt{UIT^2 + UC^2} = 0,52\%$$

## ⑦ Rückverfolgbarkeit von Drehmomentwerkzeugen

Die erweiterte Unsicherheit des Drehmomentschlüssel-Prüfgeräts muss unter  $\pm 1\%$  liegen ( $k = 2$ ).

Die erweiterte Unsicherheit des Drehmoments des Drehmomentkalibrierkits sollte unter  $\pm 0,3\%$  liegen ( $k = 2$ ).

Demzufolge wird eine Standardunsicherheit des Kalibrierkits von unter 0,15% erwartet.

Jede Standardunsicherheit untergeordneter Eigenschaften, die unter 0,015% liegt, kann vernachlässigt werden.

## (5) Genauigkeit von Drehmomentwerkzeugen

Ein Fall, bei dem die Kalibrierung eines Drehmomentschlüssels oder Drehmomentschraubendrehers mit einem Messinstrument ausgeführt wird. Passen Sie den auf dem Index der Skaleneinteilung des zu kalibrierenden Messinstruments angezeigten Wert an den Messpunkt an und lesen Sie die Zahlen vom Messinstrument ab.

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

$A_s(\%)$ : Berechnete Abweichung des Drehmomentwerkzeugs  
 $X_a$ : Angezeigter Wert des Drehmomentwerkzeugs  
 $X_r$ : Bezugswert (Kalibriergeräte)

Der aus der Abweichung des Drehmomentwerkzeugs berechnete Wert =  $\frac{\text{Anzeigewert des Drehmomentwerkzeugs} - \text{Messwert der Kalibriergeräte}}{\text{Messwert der Kalibriergeräte}} \times 100$



Angezeigter Wert des Drehmomentwerkzeugs

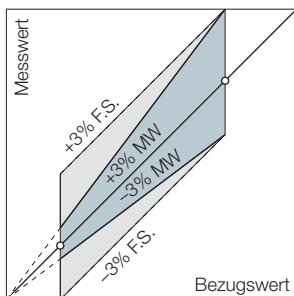


Bezugswert (Kalibriergeräte)

Berechnungsbeispiel  $A_s (\%)$   $X_a = 50$   $X_r = 52$

$$A_s = \frac{(50 - 52) \times 100}{52} = -3,85\%$$

### Abbildung 6-19. Genauigkeitsunterschied zwischen MW und FS



Das Konzept der Tohnichi-Produktgenauigkeit ist das Ablesen der einzelnen Werte, die zwischen Anzeigewert und Messwert unterscheiden. Abbildung 6-19 veranschaulicht das Konzept der einzelnen Messwerte (MW) und der Skalendwerte (F.S.).

Im Fall von F.S. sind mit 3% Genauigkeit und 3% Unterschied zum Hochwertpunkt alle Messpunkte abgedeckt. Im Gegensatz dazu gilt der Messwert von 3% für jeden der Messpunkte.

Tabelle 6-2. Liste der Genauigkeit der Drehmomentwerkzeuge

Beschreibung	Modellbezeichnung	Genauigkeit
Digitales Drehmomentschlüssel-Prüfgerät	TF, TCC, DOTE	±1% + Stelle
Digitaler Drehmomentmesser	TME	
Digitales Drehmomentschraubendreher-Prüfgerät	TDT	
Digitaler Drehmomentschlüsselprüfer	LC	
Digitaler, rotierender Drehmomentprüfer	ST	
Digitaler Drehmomentschraubendreher	STC	±1%
Digitaler Drehmomentschlüssel	CEM, CTA, CTB	±2% + 1Stelle
Digitales Drehmoment-Messgerät	ATGE, BTGE	
Drehmomentmesser	TM	±2%
Drehmoment-Messgerät	ATG, BTG	
Drehmomentschlüssel-Prüfgerät	DOT	
Digitaler Drehmomentschlüssel	CPT	±3%
Drehmomentschraubendreher	RTD, LTD, NTD, FTD, MTD, RNTD, A/BMRD, A/BMLD usw.	
Drehmomentschlüssel	QL(E), CL(E), DQL(E), TW, SP, QSP, PQL, MPQL usw.	
Halbautomatischer Drehmomentschlüssel	A, AC	±4%
Drehmomentschlüssel	QSPCA12N ~ 70N	
Elektrisches/pneumatisches Drehmomentwerkzeug	U, UR, AUR, AP, DAP, ME, MC, HAT usw.	±5%
Drehmomentschlüssel	QSPCA6N	±6%

## (6) Lebensdauer und Genauigkeit des Tohnichi-Standards

### ■ Drehmoment-Handwerkzeuge

Garantierte 100.000 Zyklen bei maximalem Drehmomentwert oder ein Jahr bei ordnungsgemäßer Handhabung ab der Inbetriebnahme.

Bei ordnungsgemäßer Kalibrierung, Einstellung und ggf. dem Austausch von Teilen nach jeweils 100.000 Zyklen können Drehmomentschlüssel der Modelle mit bis zu 420N m 1.000.000 mal, der Modelle mit bis zu 1000N m 500.000 mal und der Modelle mit über 1000 N m 250.000 mal verwendet werden.

### ■ Elektrische und pneumatische Drehmomentwerkzeuge

Garantierte 500.000 Zyklen oder ein Jahr bei ordnungsgemäßer Handhabung ab der Inbetriebnahme.

Erforderliche periodische Kalibrierung und Instandsetzung

# 6-5

## Werkzeugwartung

### (1) Werkzeugwartung

Alle Drehmomentwerkzeuge versagen und verursachen Funktionsstörungen, da sie über lange Zeiträume verwendet werden. Um dies zu verhindern, sind periodische Prüfungen und Kalibrierungen erforderlich.

Tägliche Prüfung : Zur Vermeidung einer großen Anzahl defekter Produkte

Periodische Kalibrierung : Zur Kontrolle der Genauigkeit jedes einzelnen Drehmomentwerkzeugs

**Tabelle 6-3. Tägliche Prüfung und periodische Kalibrierung**

		Selbstverwaltung	Zentralverwaltung
Genauigkeitsprüfung		Tägliche Prüfung durch Bediener	Regelmäßige Prüfung im Reparaturraum/der akkreditierten Prüfstelle
Drehmomentverschlechterung		Früherkennung trägt dazu bei, große Produktionsdefekte zu verhindern.	Erkennung von Defekten innerhalb der Periodendauer.
Fehlfunktion		Vermeidbar	Verwendung bis zum Ausfall.
Verwendbarer Typ		Auslösender Drehmomentschlüssel und elektrisches/ pneumatisches Drehmomentwerkzeug	Anzeigender Drehmomentschlüssel
Prüfgerät		Drehmomentschlüsselprüfer	Drehmomentschlüssel-Prüfgeräte, DOT/DOTE/TCC/TF
Korrespondenz	Arbeiter	Genauigkeitsprüfung und Austausch	Austausch
	Werkzeugbau	Drehmomentschlüssel-Prüfgerätecheck, Einstellung und Reparatur	Prüfung aller Werkzeuge, Einstellung und Reparatur

### (2) Ausgewählte Prüfgeräte

Prüfer für die tägliche Prüfung... Da keine Belastungsvorrichtung verwendet und der Prüfer von Hand betätigt wird, besteht die Gefahr, dass die Prüfergebnisse durch Belastungsposition, -geschwindigkeit und -richtung beeinträchtigt werden.

Prüfgerät für die Kalibrierung... Dank der Verwendung einer Belastungsvorrichtung sind die Kalibrierwerte stabil.

**Tabelle 6-4. Ausgewählte Prüfgeräte**

Artikel	Typ	Prüfer		Prüfgerät			
		LC	ST	TDT	DOT	DOTE	TF, TCC
Gegenstand	Drehmomentschlüssel	Elektrowerkzeug, Drehmomentschlüssel	Drehmomentschraubendreher	Drehmomentschlüssel	Drehmomentschlüssel	Drehmomentschlüssel	
Genauigkeit	$\pm 1\% + 1$ Stelle	$\pm 1\% + 1$ Stelle	$\pm 1\% + 1$ Stelle	$\pm 2\%$	$\pm 1\% + 1$ Stelle	$\pm 1\% + 1$ Stelle	
Drehmomentbereich	Klein-Mittelgroß-Groß	Klein-Mittelgroß-Groß	Klein	Klein-Mittelgroß	Klein-Mittelgroß-Groß	Klein-Mittelgroß-Groß	
Analog	x	x	x	o	x	x	
Digital	o	o	o	x	o	o	
Manuell	o	o	o	o	o	o (TCC)	
Elektrisch/Pneumatisch	x	x	x	o (DOT-MD)	o (DOTE-MD)	o (TF)	
Richtung	Rechts	Rechts/Links	Rechts/Links	Rechts	Rechts/Links	Rechts/Links	

### (3) Prüfgeräte für Drehmomentwerkzeuge

Tabelle 6-5. Beispiele für Drehmomentwerkzeuge und Prüfgeräte/Prüfer

Drehmomentwerkzeuge	Typisches Modell	Prüfgerät/Prüfer
Druckluftschraubendreher	U, UR, AUR	TCF + TP + Display
Halbautomatischer Airtork	A, AC	DOT·DOTE·LC·TF·TCC Drehmomentschlüssel-Prüfgerät
Vollautomatischer Airtork	HAT, AP, DAP	TCF + TP + Display, ST
Mehrspindel-Gerät	ME, MC, MG	TCF + TP + Display, ST
Handdrehmomentschraubendreher	RTD, LTD, AMRD, BMRD	TDT, ATGE, TCF + Display
Handdrehmomentschlüssel.	QL, SP, QSP, TW, QSPCA	DOT·DOTE·LC·TF·TCC Drehmomentschlüssel-Prüfgerät
Prüfgerät, Prüfer, Drehmomentmesser	DOTE, LC, TF, TDT, TME	Kalibrierkit (Gewicht + Kalibrierhebel/-scheibe)

### (4) Tohnichi-Standards, ISO, JIS (ISO 6789, JIS B 4652)

Tabelle 6-6. Zulässige Abweichung des Drehmomentwerts

A. Modelle mit Zeiger	Tohnichi-Standard	Schraubenschlüssel, Schraubendreher	± 3%	
	ISO-Norm, JIS-Standard	Schraubenschlüssel	Unter 10 N·m ± 6%	Über 10 N·m ± 4%
B. Verstellbare Modelle	Tohnichi-Standard	Schraubenschlüssel, Schraubendreher	± 3%	
		Schraubenschlüssel	Unter 10 N·m ± 6%	Über 10 N·m ± 4%
	ISO-Norm, JIS-Standard	Schraubendreher	± 6%	
C. Voreingestellte Modelle	Tohnichi-Standard	Schraubenschlüssel, Schraubendreher	± 3%*	
	ISO-Norm, JIS-Standard	Schraubenschlüssel	Unter 10 N·m ± 6%	Über 10 N·m ± 4%
		Schraubendreher	± 6%	

Zulässige Abweichung von JIS/ISO, gegliedert durch den maximalen Drehmomentbereich der Drehmomentwerkzeuge.

\*QSPCA basiert auf ISO-Norm und JIS-Standard

Tabelle 6-7. Messverfahren

A. Modelle mit Zeiger	1. Tohnichi-Standard	Vorbelastung bei maximaler Kapazität → Entlastung → Nullpunkteinstellung → 5-malige Messung an jedem Messpunkt
	2. ISO-Norm	
	3. JIS-Standard	
B. Verstellbare Modelle	1. Tohnichi-Standard	5-malige Vorbelastung bei maximaler Kapazität → 5-malige Messung an jedem Messpunkt
	2. ISO-Norm	
	3. JIS-Standard	
C. Voreingestellte Modelle	1. Tohnichi-Standard	5-malige Vorbelastung bei eingestelltem Drehmomentwert → 5-malige Messung
	2. ISO-Norm	
	3. JIS-Standard	

Tabelle 6-8. Messpunkt

A. Modelle mit Zeiger	Tohnichi-Standard	20%
	ISO-Norm, JIS-Standard	60%
B. Verstellbare Modelle	Tohnichi-Standard	100% ※
	ISO-Norm, JIS-Standard	des maximalen Drehmomentwerts
C. Voreingestellte Modelle	Tohnichi-Standard	Eingestellter Drehmomentwert
	ISO-Norm, JIS-Standard	

※ Wenn der untere Grenzwert des Messbereichs weniger als 20% des maximalen Drehmoments des Drehmomentwerkzeugs beträgt, wird beim Tohnichi-Standard auch an diesem Punkt gemessen.

## (5) Benennung der Drehmoment-Handwerkzeuge

Tabelle 6-9. Benennung der Drehmomentwerkzeuge

Typ I Anzeigendes Drehmomentwerkzeug (ISO, JIS)		Gleichwertiges Tohnichi-Modell
Klasse A	Schlüssel mit Torsions- oder Biegestab	F, CF
Klasse B	Schlüssel mit hoher Gehäusesteifigkeit und Skala, Zeiger oder Anzeigeeinheit	DB, CDB, T
Klasse C	Schlüssel mit hoher Gehäusesteifigkeit und elektronischer Anzeige	CEM
Klasse D	Schraubendreher mit Skala, Zeiger oder Anzeigeeinheit	FTD
Klasse E	Schraubendreher mit elektronischer Anzeige	STC
Typ II Verstellbares Drehmomentwerkzeug (ISO, JIS)		Gleichwertiges Tohnichi-Modell
Klasse A	Variabler Drehmomentschlüssel mit Einteilung oder Anzeigeeinheit	QL, CL, PQL
Klasse B	Stationärer Drehmomentschlüssel	QSP, CSP, QSPCA
Klasse C	Variabler Drehmomentschlüssel ohne Einteilung	—
Klasse D	Variabler Drehmomentschraubendreher mit Einteilung oder Anzeigeeinheit	LTD, RTD
Klasse E	Stationärer Drehmomentschraubendreher	NTD, RNTD
Klasse F	Variabler Drehmomentschraubendreher ohne Einteilung	—
Klasse G	Drehmomentschlüssel mit Biegestab/variabler Drehmomentschlüssel mit Einteilung	—

## (6) Vorsichtsmaßnahmen bei der Kalibrierung von Drehmoment-Handwerkzeugen

Gemeinsame Faktoren	Kalibriergerät	Die maximal zulässige Unsicherheit der Kalibriergeräte: die Messung sollte $\pm 1\%$ des angezeigten Werts betragen. (einschließlich Koeffizient $k = 2$ )
	Kalibriertemperatur	Sollte im Bereich von 18 bis 28°C liegen und Temperaturschwankungen von weniger als $\pm 1^\circ\text{C}$ ausgesetzt sein (Die maximale relative Luftfeuchtigkeit sollte 90% betragen).
Typ I Anzeigende Drehmomentwerkzeuge	Installation	Innerhalb von $\pm 3\%$ , aufgebrauchte Kraft innerhalb von $\pm 10^\circ$ , Schraubendrehergradient innerhalb von $\pm 5^\circ$ .
	Vorbelastung	Ausführen einer Vorbelastung bis zum Maximalwert in Arbeitsrichtung und Nullstellen nach der Entlastung.
	Belastungsmethode	Stufenweise Belastung mit ansteigender Kraft bis zum Erreichen des angezeigten Drehmomentwerts.
Typ II Verstellbare Drehmomentwerkzeuge	Installation	Neigung innerhalb von $\pm 3\%$ , aufgebrauchte Kraft innerhalb von $\pm 10^\circ$ , Schraubendrehergradient innerhalb von $\pm 5^\circ$ .
	Vorbelastung	Ausführen einer 5-maligen Belastung bis zur maximalen Kapazität (Nennleistung des Drehmomentwerkzeugs) in Arbeitsrichtung und Berechnen des Durchschnitts.
	Belastungsmethode	Nach stufenweiser Belastung mit ansteigender Kraft bis zu 80% des Drehmomentzielwerts, langsame Ausübung einer letzten Belastung über 0,5 bis 4 Sekunden bis zum Erreichen des Drehmomentzielwerts.