

# Prüfen und Kalibrieren in der Schraubtechnik



## **Kalibrier- und Zertifizierungsdienste von Atlas Copco Tools**

*Mit seinen vom Deutschen Kalibrierdienst (DKD) akkreditierten Kalibrier- und Zertifizierungsdiensten für Druckluft- und Elektroschrauber, Drehmoment- und Drehwinkelmesswertaufnehmer sowie Drehmomentschlüssel nimmt Atlas Copco Tools unter den Werkzeugherstellern eine Sonderstellung ein. Kalibrierlaboratorien werden in Essen und Dingolfing unterhalten. Die DKD-Laboratorien sind nach ISO/IEC 17 025 zertifiziert.*

*Beide Labore bieten Anwendern, die nach ISO 9001 oder ISO TS 16 949 zertifiziert sind, die Wahl zwischen DKD-Kalibrierung auf der einen und preisgünstiger Werkskalibrierung auf der anderen Seite. Das Angebot umfasst die Kalibrierung von Messmitteln und Messketten sowie die Zertifizierung von Werkzeugen.*

*Wir führen Kalibrierungen und Referenzmessungen sowie Untersuchungen der Maschinen- und Prozessfähigkeit auch bei Ihnen vor Ort durch.*

*Anlaufadressen rund um die Themen Prüfen, Messen und Kalibrieren haben wir für Sie auf Seite 29 zusammengestellt.*

# Prüfen und Kalibrieren in der Schraubtechnik

Kapitel . . . . .	Seite
<b>1. Einführung . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>2. Warum prüfen und kalibrieren? . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>3. Begriffsklärungen: . . . . .</b>	<b>5</b>
Kalibrieren, Justieren, Prüfen, Eichen, Normale, Zertifizieren, Genauigkeit, Messunsicherheit, Toleranz, Rückführbarkeit, Messmittel	
<b>4. Wichtige Normen und Standards . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>5. Prüf- und Kalibrierlaboratorien . . . . .</b>	<b>11</b>
DKD-Laboratorien, Werkslaboratorien	
<b>6. Prüf- und Kalibriermöglichkeiten . . . . .</b>	<b>12</b>
DKD-Kalibrierung, Werkskalibrierung, Maschinenfähigkeitsuntersuchung, Homologation	
<b>7. Kalibrierablauf . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>8. Kalibrier- und Prüfscheine . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>9. Rekalibrierintervalle . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>10. Wer darf kalibrieren? . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>11. Besonderheiten bei Kalibrierungen in der Schraubtechnik (<i>Kapitel neu aufgenommen!</i>) . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>12. Was ist sinnvoll? . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>13. Qualitätssicherung, Haftung, Umweltschutz . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>14. Anforderungen der Industrie . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>15. Vorteile durch Prüfen und Kalibrieren . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>16. Weitere Informationsquellen . . . . .</b>	<b>29</b>
 <b>Anhang</b>	
Beispielzertifikat MFU . . . . .	30
Beispielzertifikat DKD . . . . .	32
Checkliste zur Auswahl eines Kalibrierdienstleisters . . . . .	33



*Elektrischer Tensorschrauber mit Steuerung*

## 1. Einführung

Dieses Taschenbuch soll Ihnen den Weg weisen zu Zuverlässigkeit, Qualität und Sicherheit im Umgang mit Schraubmontagewerkzeugen – zum Beispiel im Hinblick auf die Produkthaftung. Es erläutert die wichtigsten Definitionen rund ums Prüfen und Kalibrieren im Zusammenhang mit Industrierwerkzeugen und gibt zahlreiche Tipps, beispielsweise wann und wie Elektro- und Druckluftschrauber geprüft werden sollten oder wer die dazu passenden Messmittel kalibrieren darf und wie das vor sich geht.

## 2. Warum prüfen und kalibrieren?

Druckluft- und Elektrowerkzeuge müssen regelmäßig geprüft und zertifiziert werden. Dies geschieht mit kalibrierten Messgeräten. Damit wird sichergestellt, dass die Werkzeuge richtig und präzise arbeiten – bei den heutigen Qualitätsanforderungen ist das unerlässlich, weil letztlich der Hersteller die Verantwortung für seine Produkte trägt. Nur mit exakt eingestellten Werkzeugen können teure und sicherheitskritische Falschmessungen vermieden werden. So geht man Produktionsproblemen und gegebenenfalls sogar rechtlichen Konsequenzen – im Zusammenhang mit der Produkthaftung – aus dem Weg.

Messungen sind – grundsätzlich – ein wichtiger Bestandteil der industriellen Qualitätssicherung. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der internationalen Normen für Qualitätsmanagementsysteme (zum Beispiel ISO 9000 ff., VDA 6.4, QS 9000, ISO/TS 16 949), aber auch im Zusammenhang mit der Produkthaftung (*siehe Seite 24*) und im Umweltschutz.

Richtiges Messen setzt genaue Messgeräte voraus. Diese Genauigkeit wird durch Prüfen und Kalibrieren der Messgeräte sichergestellt. Wie die Geräte geprüft werden sollen, ergibt sich aus unterschiedlichen Normen. Einige fordern regelmäßiges Kalibrieren,



*Damit Messgeräte exakt messen, müssen sie regelmäßig geprüft und kalibriert werden*

damit die Abweichung der Anzeige des Messgeräts vom richtigen Wert der untersuchten Messgröße bekannt ist. Die Messgeräte müssen je nach Einsatzgebiet adäquat kalibriert werden, damit sie mit der passenden Präzision arbeiten.

### 3. Begriffsklärungen

Um Missverständnisse zu vermeiden, werden hier wichtige Definitionen eindeutig geklärt. Manche Begriffe werden in der Praxis oft in falschen Zusammenhängen benutzt oder falsch verstanden.

#### Kalibrieren

Unter Kalibrieren versteht man das Feststellen und Dokumentieren der Abweichung der Anzeige eines Messgerätes oder einer Steuereinheit vom richtigen Wert der Messgröße. Das heißt: Auf einer definierten Messeinrichtung werden zwei Werte miteinander verglichen, von denen einer eine bekannte, feste, nicht veränderbare Größe ist.

Beim Kalibrieren eines Messgerätes wird unter vorgegebenen Bedingungen der Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgröße ermittelt und dokumentiert. Eingangsgröße ist die zu messende physikalische Größe – zum Beispiel Drehmoment oder Drehwinkel. Ausgangsgröße ist oft das elektrische Ausgangssignal des Messgeräts, es kann aber auch ein Ablesewert sein.

**Kalibrieren:** Auf einer definierten Messeinrichtung werden zwei Werte miteinander verglichen, von denen einer eine bekannte, feste, nicht veränderbare Größe ist.

#### Justieren

Justieren ist der Vorgang, bei dem ein Messgerät so eingestellt oder abgeglichen wird, dass die Messabweichungen vom Sollwert möglichst klein werden und innerhalb der Gerätespezifikationen liegen. Der Justiervorgang verändert das Messgerät bleibend.

Justieren hängt oft sehr eng mit Kalibrieren zusammen. Das Ziel beider Vorgänge ist, Abweichungen zu erkennen und zu dokumentieren. Liegt die Anzeige eines Messgerätes oder die Ausgangsgröße einer Steuereinheit beim Kalibrieren außerhalb der zulässigen Toleranzen, muss das Gerät justiert werden, bis die gemessenen Werte innerhalb dieser Toleranzen liegen.

**Justieren:** Liegt die Anzeige eines Messgerätes beim Kalibrieren außerhalb der zulässigen Toleranzen, muss das Gerät justiert werden.

#### Prüfen

Prüfen heißt festzustellen, inwieweit eine Forderung – wie etwa die Funktion oder Genauigkeit des Messgerätes – erfüllt ist. Dies kann im einfachsten Fall auch eine Sichtprüfung sein.

## Eichen

Das Eichen umfasst die Qualitätsprüfung und Kennzeichnung nach den Eichvorschriften, ist also ein gesetzlich geregelter Bereich. Eichungen sind unter anderem vorgeschrieben bei Messmitteln für die Preisfindung (Ladenwaagen, Tanksäulen) und bei Medizinprodukten, wie dem Fieberthermometer. Das Eichen wird von den Eichämtern durchgeführt und darf nicht mit dem Begriff Kalibrieren verwechselt werden.

## Normale

Ein Normal ist eine Größe, die als Definition für andere Messgrößen dient. Eines der in Deutschland bekanntesten Normale ist in Form einer Atomuhr bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig (PTB) zu finden, wo Zeit „normalisiert“ wird – und zwar indem die *Sekunde* über eine atomphysikalische Konstante definiert wird. Und diese lässt sich über Cäsium-Atomuhren realisieren. Damit wissen wir alle, wie lang eine Sekunde oder eine Stunde ist und ob unsere Uhr richtig läuft oder ob sie justiert werden muss.

Daneben gibt es Normale für andere physikalische Größen, etwa für Masse (das Ur-Kilogramm), Kraft, Temperatur oder Drehmoment. Jedes Land hat sogenannte nationale Normale, die für das jeweilige Land gelten, aber international verglichen werden. Die im Produktionsprozess verwendeten Normale bezeichnet man als Werksnormale.

## Zertifizieren

Als Zertifizierung bezeichnet man die Bestätigung der Abläufe auf Standard- und Normenkonformität durch eine unabhängige, akkreditierte Zertifizierungsgesellschaft. Durch das dabei erlangte Zertifikat bestätigt das Unternehmen oder die Organisation die Einhaltung der Normenvorgaben gegenüber dem Kunden und der Öffentlichkeit. Die Zertifikate werden oft zeitlich befristet vergeben und hinsichtlich Standards und Normen unabhängig kontrolliert.

## Genauigkeit

Genauigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Messgerätes oder einer Maschine, Werte der Ausgangsgröße in der Nähe eines wahren Wertes zu liefern. Im Zusammenhang mit der Genauigkeit werden oft die sogenannten Maschinenfähigkeitswerte  $C_m$  und  $C_{mk}$  erwähnt, die die Automobilindustrie etabliert hat, um die Eignung von Werkzeugen qualitativ zu erfassen.



Links: Hoher  $C_m$ -Wert, aber niedriger  $C_{mk}$ -Wert. Übertragen auf einen Schrauber heißt das: Er arbeitet sehr wiederholgenau, aber erzielt immer falsche Werte.

Mitte: Niedriger  $C_m$ -Wert und niedriger  $C_{mk}$ -Wert. Der Schrauber liefert bei fast jeder Schraube ein anderes Ergebnis.

Rechts: Hoher  $C_m$ -Wert und hoher  $C_{mk}$ -Wert. Das heißt: Der Schrauber liefert in diesem speziellen Prozess wiederholgenau immer den richtigen Wert oder liegt in der vorgegebenen Drehmoment-Spanne.

Der *Maschinenfähigkeitsindex* ( $C_m$ -Wert) gibt die prinzipielle Fähigkeit der Maschine wieder, Qualität zu produzieren, wenn der Arbeitspunkt der Maschine in der Mitte der Spezifikationsgrenzen liegt: Er gibt an, wie wiederholgenau die Maschine arbeitet. Systematische Fehler werden nicht berücksichtigt. Der *kritische Maschinenfähigkeitsindex* ( $C_{mk}$ -Wert) zeigt die Abweichungen des Arbeitspunktes der Maschine vom Sollwert – also, ob der gewünschte Arbeitspunkt auch eingehalten wird. Hier werden auch systematische Fehler der Maschinen berücksichtigt.

Je kleiner die (statistische) Standardabweichung im Verhältnis zum Toleranzfeld ist, desto größer wird der  $C_m$ -Wert und um so zuverlässiger wird der Fertigungsprozess. Eine Maschine liefert immer sehr ähnliche Werte. Wenn Sie drei Pfeile auf eine Dartscheibe werfen, landen diese immer in einem (bestimmten) Feld, allerdings nicht unbedingt in der Mitte. Ist der Mittelwert optimal eingestellt, also genau auf Toleranzfeldmitte, so ist der  $C_{mk}$ -Wert gleich dem  $C_m$ -Wert: Die Pfeile landen alle im Zentrum. Bei Mittelwertverschiebungen wird der  $C_{mk}$ -Wert kleiner.

Das Ziel ist es, möglichst hohe  $C_m$ - und  $C_{mk}$ -Werte zu erzielen. Das Beispiel in der Abbildung mit den Zielscheiben stellt die beiden Werte im Zusammenhang anschaulich dar.

Ein hoher  $C_{mk}$ -Wert kann nur bei hohem  $C_m$ -Wert erreicht werden!

### Literatur-Tipp

Wer genauer in die Statistik einsteigen möchte, findet die Grundlagen in dem kostenlos erhältlichen Taschenbuch „Statistische Verfahren für die Schraubfallanalyse“. Sie können es über die E-Mail-Adressen auf der Rückseite dieses Heftes bestellen.

Ein hoher  $C_{mk}$ -Wert kann nur bei hohem  $C_m$ -Wert erreicht werden!

## Messunsicherheit

Die Messunsicherheit ist ein Maß für die Präzision eines Messgerätes unter Betriebsbedingungen. Sie ist keine feste Größe, sondern wird für jedes Messgerät einzeln bestimmt. Die Messunsicherheit dient als Entscheidungshilfe dafür, ob sich ein Messgerät für die in einem Qualitätsprozess geforderte Genauigkeit eignet oder nicht. Eine optimale Auswahl des richtigen Messgerätes spart Kosten, denn zu hohe Präzision kann teuer werden.

## Toleranz

Die Toleranz ist die Differenz zwischen oberem und unterem Grenzwert, also die zulässige Abweichung von einem Sollwert. Anders ausgedrückt: Die Abweichung von einem Sollwert ist erlaubt, solange der gemessene Wert innerhalb der definierten Toleranz liegt.

## Rückführbarkeit

Rückführbarkeit beschreibt einen Vorgang, durch den der angezeigte Messwert eines Messgerätes über einen oder mehrere Schritte mit dem nationalen Normal für die Messgröße verglichen werden kann. Bei jedem Schritt wird eine Messeinrichtung oder eine Maßverkörperung mit einem Normal verglichen, das seinerseits mit dem Normal einer höheren Ebene kalibriert wurde.

Die Messwerte der Normale sind mit Unsicherheiten behaftet. Diese nehmen zu, je weiter man sich in der Kalibrierhierarchie vom höchsten Normal entfernt (*siehe Bild auf der nächsten Seite*). Jedes Normal oder Messgerät sollte mit höherrangigen Normalen kalibriert werden. Als Richtwert gilt: Das höherrangige Normal hat nur ein Fünftel der Unsicherheit des nachfolgenden Normals.

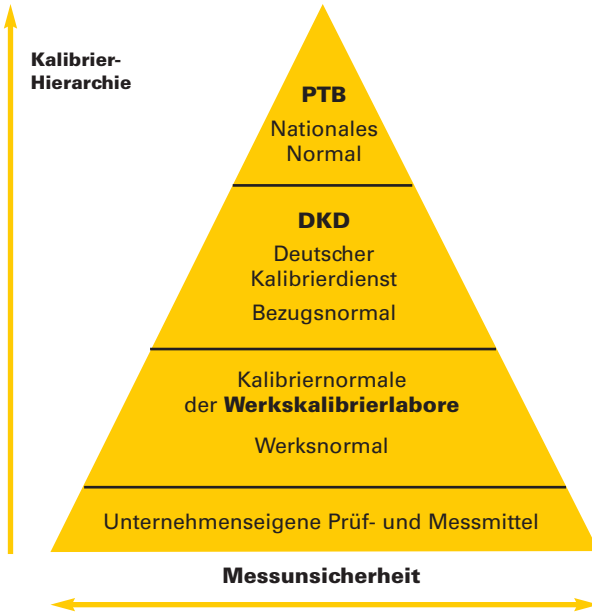
## Messmittel

Messmittel sind sowohl die Messgeräte, mit denen gemessen wird, als auch die Normale, mit denen die Messgeräte geprüft werden. Des Weiteren unterscheidet man oft zwischen Messmitteln für qualitätsrelevante Messungen im Sinne der Prüfmittelüberwachung und solchen, die hierfür nicht verwendet werden.

*Messwerkzeuge zur Qualitätssicherung, wie dieser Drehmoment-Drehwinkel-Schlüssel, müssen immer korrekt kalibriert sein*







*Rückführbarkeit:*

*Auch Normale sind nicht immer ganz genau. Die Unsicherheiten der Messwerte steigen innerhalb der Kalibrierhierarchie von oben nach unten zu den nachgeordneten Normalen.*

*Jedes Normal oder Messgerät sollte daher mit höherrangigen Normalen kalibriert werden.*

## 4. Wichtige Normen und Richtlinien

Die wichtigsten Normen und Richtlinien, die für Qualitätsmanagement und industrielle Produktion relevant sind, werden hier kurz zusammengefasst erläutert (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

**DIN EN ISO 9000:** Sie definiert Grundlagen und Begriffe zu Qualitätsmanagementsystemen. Die Norm beschreibt, welchen Anforderungen das Management eines Unternehmens genügen muss, um einem bestimmten Standard bei der Umsetzung des Qualitätsmanagements zu entsprechen und kann sowohl informativ für die Umsetzung innerhalb eines Unternehmens als auch zum Nachweis bestimmter Standards gegenüber Dritten dienen.

**DIN EN ISO 9001:** Sie legt die Anforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem fest für den Fall, dass eine Organisation nachweisen muss, dass ihre Produkte den Anforderungen der Kunden genügen sowie gesetzliche Anforderungen erfüllen und dass sie anstrebt, die Kundenzufriedenheit zu erhöhen. Die Norm beschreibt modellhaft das gesamte Qualitätsmanagementsystem.

**QS 9000:** Sie ist ein amerikanisches Regelwerk und wurde entwickelt, um spezielle Anforderungen der Automobilhersteller auf dem US-Markt zu harmonisieren. Es enthält auch eine Anpassung des ISO-9001-Systems an die Forderungen der Automobilindustrie.

### Übrigens ...

Wer die genauen Formulierungen der Definitionen und Fachbegriffe sucht, wird beim VIM fündig, dem „International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology“, zu Deutsch: Internationales Vokabular für Messtechnik.

**VDA 6.1-6.4:** Das deutsche Regelwerk für die Automobilindustrie richtet sich an die Zulieferer deutscher Automobilhersteller und ist für diese bindend.

**ISO/TS 16 949:** Technische Spezifikation für Qualitätsmanagementsysteme. Hier werden besondere Anforderungen bei der Verwendung von ISO 9001 für die Serien- und Ersatzteilproduktion in der Automobilindustrie beschrieben.

**DIN EN ISO/IEC 17 025:** Sie beschreibt die allgemeinen Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.

**DIN EN ISO 10 012:** Sie stellt die Anforderungen an das Qualitätsmanagement von Messmanagementsystemen dar. Diese Norm trägt dazu bei, dass ein wirksames Messmittelmanagement sichergestellt wird und dass Messmittel und die Messprozesse für den beabsichtigten Einsatz geeignet sind.

### **Die in der Schraubtechnik wichtigsten Kalibrier- und Prüfverfahren beschreiben die folgenden Normen und Richtlinien:**

**DIN 51 309:** Eine der wichtigsten Normen für die Drehmoment-Kalibrierung. Sie beschreibt die Kalibrierverfahren für Drehmomentmessgeräte. Das Ergebnis des Kalibriervorgangs wird klassifiziert. Die jeweilige Klasse beschreibt, wie genau die Messgeräte arbeiten.

**VDI/VDE 2646:** Die Richtlinie definiert die Minimal-Anforderungen für die Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten. Diese Richtlinie wird daher oft als „Werkskalibriernorm“ angesehen, da das Verfahren deutlich einfacher ist als bei der DIN 51 309. Im Gegensatz zur DIN 51 309 erfolgt hier keine Klassifizierung der Messergebnisse.

**VDI/VDE 2647:** Diese Richtlinie hat mit „Kalibrieren“ nichts zu tun, sei hier dennoch angeführt. Denn sie beschreibt, wie sogenannte Maschinenfähigkeitsuntersuchungen (MFU, *siehe Seite 13*) durchgeführt werden sollen. Diese Richtlinie ist sehr umfassend und wird in den meisten Fällen in einer vereinfachten Form für die Prüfung von Schraubwerkzeugen eingesetzt.

**VDI/VDE 2648:** Die Richtlinie VDI/VDE 2648 beschreibt Verfahren zur rückführbaren Kalibrierung von Drehwinkelmessgeräten oder Drehwinkelsensoren, bei denen der Drehwinkel direkt (Blatt 1) oder indirekt (Blatt 2) gemessen wird.



**ISO 6789:** Diese Norm beschreibt die Kalibrierprozedur für einfache Drehmomentschlüssel, wie Knickschlüssel oder Schleppzeiger.

**DKD-R 3-7:** Diese Richtlinie beschreibt das Kalibrierverfahren für höherwertige elektronische Drehmomentschlüssel und für Drehmomentschlüssel höherer Genauigkeit als sie nach ISO 6789 klassifiziert werden. Analog zu DIN 51 309 werden hier die Messergebnisse klassifiziert.

## 5. Prüf- und Kalibrierlaboratorien

Der Anwender wird oft vor die Wahl zwischen verschiedenen Laboratorien und damit auch Mess- und Prüfverfahren gestellt. Nicht immer ist es einfach zu erkennen, was für den eigenen Zweck angemessen ist. Grundsätzlich wird zwischen sogenannten DKD-Kalibrierlaboratorien und Werkskalibrierlaboratorien unterschieden.

### DKD-Kalibrierlaboratorien

Der Deutsche Kalibrierdienst DKD ist ein Zusammenschluss qualifizierter Kalibrierlaboratorien. Diese Labore werden von der Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes akkreditiert und überwacht. Sie führen Kalibrierungen von Messgeräten für die bei der Akkreditierung festgelegten Messgrößen und Messbereiche durch. Die ausgestellten DKD-Kalibrierscheine sind ein Nachweis für die Rückführung auf die nationalen Normale. Diese Rückführung wird unter anderem von der Normenfamilie DIN EN ISO 9000 ff. und der DIN EN ISO/IEC 17 025 gefordert.

Der **Deutsche Kalibrierdienst** DKD ist ein Zusammenschluss qualifizierter Kalibrierlaboratorien, die von der Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes akkreditiert und überwacht werden.

Der DKD ist Mitglied in der ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation). Dadurch ist eine gegenseitige Anerkennung von Kalibrierscheinen und Prüfberichten bei den Mitgliedsstaaten möglich.

Damit sind Kalibrierscheine von DKD-Laboratorien nicht nur in Europa, sondern in vielen auch anderen Ländern der Welt gültig.

**Werkskalibrierlabore** sind oft unternehmens-eigene Labore, die nicht durch eine nationale Behörde oder Institution akkreditiert werden.

## Werkskalibrierlaboratorien

Die sogenannten Werkskalibrierlaboratorien sind oft unternehmens-eigene Labore, die eng an die Produktion des Unternehmens angebunden sind. Es gibt jedoch auch alleinstehende Werkslabore ohne Anknüpfung an einen Produktionsprozess. Diese Labore sind nicht durch eine nationale Behörde oder Institution akkreditiert. Sie führen Messungen und gegebenenfalls Kalibrierungen nach eigenen Verfahren durch; nur selten halten sie sich strikt an die gültigen Normen und Standards. Ihre Messmittel können, müssen jedoch nicht rückführbar kalibriert sein. Die Qualität dieser Labore wird normalerweise nicht durch unabhängige Institute überwacht.

## 6. Prüf- und Kalibriermöglichkeiten

Werks- und vor allem DKD-Laboratorien bieten oft eine große Auswahl an Mess- und Kalibrierdienstleistungen an. Die gängigsten Prüf- beziehungsweise Kalibriermöglichkeiten für Prüf- und Messmittel sind die DKD-Kalibrierung sowie die Werkskalibrierung; für Elektro- und Druckluftwerkzeuge die Maschinenfähigkeitsuntersuchung sowie die Homologation.

### DKD-Kalibrierung

Eine DKD-Kalibrierung erfolgt nach definierten Normen und Standards mittels validierter Messverfahren, die nur DKD-akkreditierte Kalibrierlabore durchführen. Sie kann – bezogen auf Messmittel für Schraubwerkzeuge – für den Rechtslauf oder für Rechts- und Linkslauf vorgenommen werden. Die Angabe der Rückführbarkeit

*Tretlager haben Rechts- und Linksgewinde. Damit die Drehmomente stimmen, müssen die Schrauber rechts- wie linkerherum gleich genau anziehen können*



der verwendeten Messmittel auf das nationale Normal sowie die Angabe der Messunsicherheit sind zwingend erforderlich. DKD-Laboratorien verfügen über eine hohe messtechnische Kompetenz. Ein DKD-Kalibrierzertifikat ist deswegen nicht nur international gültig, sondern bietet auch eine hohe Beweiskraft und Schutz bei der Produkthaftung (*siehe Seite 24*).

DKD-Kalibrierungen für Drehmoment werden nach der Norm DIN 51 309 durchgeführt, die dem europäischen Standard EA-10/14 entspricht. Drehwinkel-Kalibrierungen mit DKD-Zertifikat werden nach Richtlinie VDI/VDE 2648 erbracht (*siehe Seite 10*).

## Werkskalibrierung

Werkskalibrierungen (auch Standardkalibrierungen genannt) sind meist vereinfachte Prüfverfahren, die in alleiniger Verantwortung des Kalibrierlabors liegen. Der Prüfumfang kann zwischen den Anbietern sehr unterschiedlich sein und ist oft sehr eingeschränkt. Werkskalibrierungen halten sich an keine normativen oder international vereinbarten Vorgaben. Die Rückführbarkeit der Prüfmittel auf das nationale Normal kann, muss aber nicht gegeben sein. Meist erfolgt auch keine Angabe über die Messunsicherheit. Eine förmliche Verpflichtung für den Inhalt des Zertifikates besteht nicht. Die Werkskalibrierung kann als Rechtslauf oder als Rechts- und Linkslauf durchgeführt werden.

Auch viele DKD-Laboratorien bieten Werkskalibrierungen als eine vereinfachte und kostengünstige Alternative an. Seriöse Kalibrierlaboratorien, die Werkskalibrierungen anbieten, arbeiten nach festgelegten und anerkannten (validierten) Prüfverfahren (zum Beispiel VDI/VDE 2646, *siehe Seite 10*), die sich oft in vereinfachter Form an internationale Normen oder Standards anlehnen und die für den Anwender ersichtlich sind. Diese Laboratorien sorgen auch dafür, dass ihre Mess- und Prüfmittel rückführbar kalibriert sind.

## Maschinenfähigkeitsuntersuchung (MFU)

Eine Maschinenfähigkeitsuntersuchung (manchmal auch Vergleichs- oder Referenzmessung genannt) erfolgt über einen relativ kurzen Zeitraum und dient dazu, die  $C_m$ - und  $C_{mk}$ -Werte einer Maschine festzustellen (*siehe Seiten 6/7*). Mit Hilfe dieser Werte kann man beurteilen, ob sich eine Maschine für den speziellen Anwendungsfall eignet oder nicht.

Die Anwendungsfälle können in gut ausgestatteten Laboratorien nachgestellt werden, um den eigentlichen Schraubfall zu simulieren (*zum Beispiel auf einer Messbank, siehe Bild rechts*). Oft wird dann



*Die Maschinenfähigkeit von Schraubwerkzeugen muss regelmäßig auf rückführbar kalibrierten Messeinrichtungen, wie dieser Messbank, überprüft werden*

### Literatur-Tipp

Mehr zum Thema Maschinenfähigkeit erfahren Sie im Taschenbuch „Prozesssicherheit in der Schraubmontage“, das Sie kostenlos bei Atlas Copco beziehen können (per E-Mail an eine der Adressen auf der Rückseite dieses Taschenbuchs).

jeweils eine Serie von sogenannten weichen und harten Schraubfälen simuliert, um zu sehen, wie das Werkzeug die Aufgaben erfüllt.

## Homologation

Eine Homologation ist ein Maschinentypentest. Für diesen Test werden im Normalfall bis zu drei Maschinen des gleichen Typs sehr zeitaufwendigen Verfahren unterzogen. Diese Tests werden zeitweise unter extremen Bedingungen durchgeführt und erfolgen über einen deutlich längeren Zeitraum als die MFU. Hier werden auch die  $C_m$ - und  $C_{mk}$ -Werte des Maschinentyps ermittelt.

Oft wird eine Homologation durchgeführt, um die Freigabe eines Maschinentyps für einen Produktionsprozess zu erhalten. In der Automobilbranche werden Homologationen oft gefordert und nach der Richtlinie VDI/VDE 2647 in Anlehnung an ISO 5393 durchgeführt.

Auch wenn vermutet wird, dass Qualitätsprobleme auf einen Werkzeugtyp zurückzuführen sind, können Homologationen durchgeführt werden, um umfassende Informationen über das Verhalten des Werkzeugtyps zu bekommen.

## 7. Kalibrierablauf

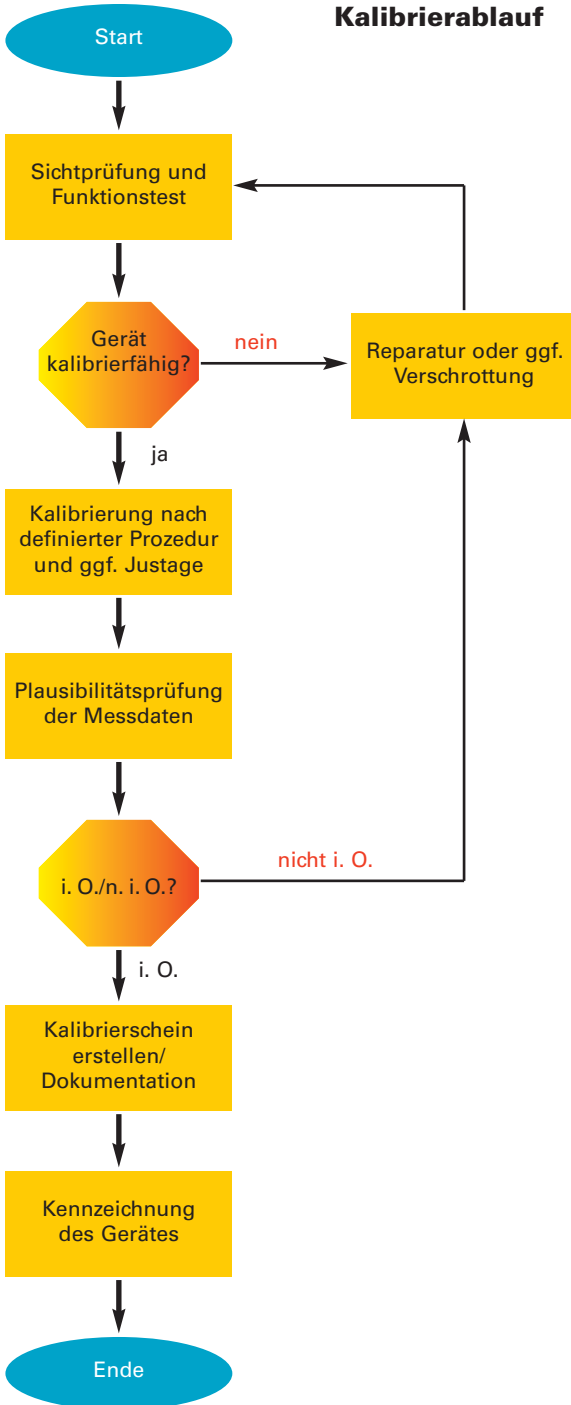
Der typische Ablauf einer Kalibrierung wird im Normalfall wie folgt aussehen (*Grafik auf der nächsten Seite*):

1. Funktionstest und visuelle Prüfung auf Beschädigungen des Gerätes. Hier wird nach eventuellen Mängeln an Gehäuse, Kabeln und Kontakten geschaut. Untersucht wird auch das Zubehör des Gerätes und ob die zur Kalibrierung nötigen technischen Unterlagen vorliegen (wie technische Daten, Bedienungsanleitung, Serviceunterlagen). Falls das Gerät mit einer Anzeige ausgestattet ist, wird sie auch auf Lesbarkeit oder Kontrast überprüft.

Dann wird das Gerät einer Funktionsprüfung unterzogen. Es wird untersucht, ob eine einwandfreie Funktion sichergestellt ist. Überprüft werden sowohl die Grundeinstellungen als auch die Selbsttestfunktionen und der Nullpunktgleich.

2. Nach dem Funktionstest und der Funktionsprüfung wird entschieden, ob das Gerät in dem aktuellen Zustand kalibrierfähig ist, oder ob es repariert werden muss. Falls eine Reparatur notwendig ist, setzt sich das Kalibrierlabor mit dem Auftraggeber in Verbindung, um Umfang, Kosten und Termin der Reparatur zu verein-

## Kalibrierablauf



*Typischer Kalibrierablauf von Sichtprüfung und Funktionstest über Kalibrierung und Plausibilitätsprüfung bis zur Dokumentation und Kennzeichnung des Gerätes*

baren. Falls das Gerät nicht reparaturfähig sein sollte, wird eine Verschrottung vorgeschlagen.

3. Ist das Gerät kalibrierfähig, wird je nach Art der Kalibrierung eine Kalibrierroutine nach definierter Vorgehensweise durchgeführt. Falls festgestellt wird, dass das Gerät auch justiert werden muss und dies mit dem Kunden vereinbart ist, wird nach erfolgter Justierung die Kalibrierprozedur noch einmal durchgeführt.

4. Nach erfolgter Kalibrierung prüft das Fachpersonal des Labors die Messdaten auf Plausibilität. Bei Abweichungen führt es entweder die Kalibrierprozedur nochmals durch – oder das Gerät wird zur Reparatur gegeben.

5. Bei bestandener Plausibilitätsprüfung wird ein Kalibrierschein und eine Dokumentation nach geltenden Vorschriften und Normen erstellt. Zuletzt wird das kalibrierte Gerät gekennzeichnet. Die Kennzeichnung umfasst im Normalfall sowohl ein empfohlenes Rekalibrierdatum als auch eine eindeutige Identifikation, wo die Kalibrierung durchgeführt wurde.



Werks-Kalibriermarke



DKD-Kalibriermarke

## 8. Kalibrier- und Prüfscheine

Kalibrierscheine werden für Messmittel ausgestellt, Prüfscheine für Maschinen. Doch wie sollen diese Scheine aussehen?

Der Inhalt eines DKD-Kalibrierscheins ist klar definiert, die Darstellung ist entsprechend vorgegeben. Der Auftraggeber weiß somit genau, was er zu erwarten hat. Die aufgezeichneten Informationen über durchgeführte Kalibrierungen müssen bei einer DKD-Kalibrierung die folgenden Angaben umfassen:

- Eindeutige Identifikation des Messmittels
- Kalibrierdatum
- Auftraggeber und Anschrift
- Auflistung der Kalibriermittel und deren Rückführbarkeit auf die nationalen Normale
- Identifikation des Test- oder Kalibrierverfahrens
- Umgebungsbedingungen
- Kalibrierergebnisse, die nach oder, falls zutreffend, vor einer Justierung oder Reparatur erzielt wurden
- Angabe zur Messunsicherheit
- Bestätigungsintervall
- Ermittelter Justierwert (Kalibrierwert)



- Grafische Darstellung der Kalibrierergebnisse
- Eventuelle Einschränkung hinsichtlich der Verwendung (ergebnisabhängig)
- Individuelle Kalibriernummer für das Messmittel
- DKD-Stempel
- Eindeutige Identifikation des DKD-Kalibrierlabors
- Namen und Unterschriften der Personen, die die Kalibrierung durchgeführt haben
- Name und Unterschrift des Leiters des Kalibrierlabors.

Da die sogenannte Werkskalibrierung in alleiniger Verantwortung des Kalibrierlabors liegt, können die resultierenden Werkskalibrierscheine sehr unterschiedlich aussehen. Hier gibt es derzeit keine bindenden Vorgaben: Alles – von einem „Kassenbon“ ohne Unterschrift und Stempel bis hin zu einem umfassenden mehrseitigen Kalibrierschein – wird auf dem Markt vorkommen. Die qualitativ hochwertigen und seriösen Kalibrierlaboratorien werden aber auch bei einer Werkskalibrierung dafür sorgen, dass zumindest die folgenden Angaben dargestellt werden:

- Eindeutige Identifikation des Messmittels
- Kalibrierdatum
- Auflistung der Kalibriermittel
- Prüfmethode/-norm
- Kalibrierergebnis
- Festgelegte Fehlergrenzen
- Umgebungsbedingungen
- Identifikation der Institution und Unterschrift der Person, die die Kalibrierung durchgeführt hat.

*Links: **Mindestangaben** seriöser Labore auf einem Kalibrierschein.*

Analog zu einem Kalibrierschein wird nach einer Maschinenfähigkeitsuntersuchung (MFU, *siehe Seite 13*) ein Zertifikat erstellt, das zumindest die folgenden Angaben enthalten soll (*siehe auch Anhang Seite 30/31*):

- Eindeutige Identifikation des Messmittels
- Auftraggeber und Anschrift
- Datum des Prüfungsvorgangs



*Prüfsiegel für Maschinenfähigkeitsuntersuchung oder Wartung*

- Eingesetzte Referenzmittel
- Prüfmethode/-norm
- Maximal-, Minimal-, Soll- und erzielte Messwerte
- Eingestellter Kalibrierwert
- Festgelegte Fehlergrenzen
- Ermittelte  $C_m$ - und  $C_{mk}$ -Wert
- Identifikation der Institution und Unterschrift der Person, die die Prüfung durchgeführt hat.

Beispiele von DKD-Kalibrierscheinen und MFU-Zertifikaten finden Sie im Anhang.

## 9. Rekalibrierintervalle

Eine häufig gestellte Frage ist die nach den erforderlichen Kalibrierintervallen für Mess- und Prüfmittel. Diese Frage lässt sich nicht eindeutig beantworten, da eine Kalibrierung immer eine Momentaufnahme ist und unter anderem von folgenden Faktoren abhängt:

- Messgröße
- Zulässige Toleranzen
- Beanspruchung der Mess- und Prüfmittel
- Stabilität der zurückliegenden Kalibrierungen
- Erforderliche Messgenauigkeit
- Qualitätssicherungsanforderungen
- Umgebungsbedingungen.

Der Abstand zwischen zwei Kalibrierungen hängt vom Anwendungsfall ab und muss individuell festgelegt werden. In vielen Fällen wird für Messmittel und Normale ein jährlicher Rekalibrier-Rhythmus empfohlen.

Das bedeutet, dass der Abstand zwischen zwei Kalibrierungen letztlich vom Anwender und Anwendungsfall abhängt und individuell festgelegt und überwacht werden muss. Bei neuen Messmitteln kann zum Beispiel eine schrittweise Annäherung an das praxisgerechte Kalibrierintervall sinnvoll sein. Man beginnt mit einem relativ kurzen Zeitintervall. Das Zeitintervall für die darauf folgenden Kalibrierungen wird je nach Langzeitstabilität der Messmittel entsprechend verlängert oder verkürzt. In vielen Fällen ist ein jährlicher Rekalibrier-Rhythmus für Messmittel und Normale angebracht.

## 10. Wer darf kalibrieren?

Es gibt so gut wie keine Einschränkungen, wer Kalibrierungen durchführen darf. Bei der Wahl eines Kalibrierunternehmens oder eines Kalibrierlabors sollten Sie auf die Seriosität und die Vorgehensweisen achten. Da Kalibrieren kein rechtlich geschützter Begriff ist, gibt es auf dem Markt leider einige weniger seriöse Firmen und so manche „Low-Budget“-Kalibrierlabore, die „Kalibrierungen“ mit sehr zweifelhafter Qualität durchführen.

Schwarze Schafe erkennen!

Tatsächlich sind viel mehr Faktoren ausschlaggebend als nur das Kalibriersiegel am Gerät. Man sollte auf folgende Fragen achten:

1. Wurden alle Messbereiche des Gerätes korrekt gemessen?
2. Liegen die Messwerte im laborspezifischen Bereich? (Labore werden auf ihre Messbereiche und Messunsicherheiten hin zertifiziert. Wenn sie eine bessere Genauigkeit angeben, als sie messen können, ist das unseriös.)
3. Ist das Labor überhaupt technisch in der Lage und kompetent, die Kalibrierung auszuführen?
4. Erhält man ein umfassendes Messprotokoll (*siehe Kapitel 8, Seite 16*) oder nur einen Kalibrierschein ohne Angabe von Messwerten und Messunsicherheiten?
5. Wurden Sicherheitstest und Funktionstest durchgeführt?

Eine gute Möglichkeit, die Sicherheit und Zuverlässigkeit bei Kalibrierungen zu gewährleisten, ist die Wahl eines DKD-zertifizierten Kalibrierlabors. Dabei sollte jedoch beachtet werden, für welche Messgrößen (Kraft, Drehmoment, elektrische Größen etc.) die DKD-Zertifizierung gilt. Nicht jede Kalibrierung ist eine DKD-Kalibrierung, nur weil sie von einem DKD-Laboratorium durchgeführt wurde!

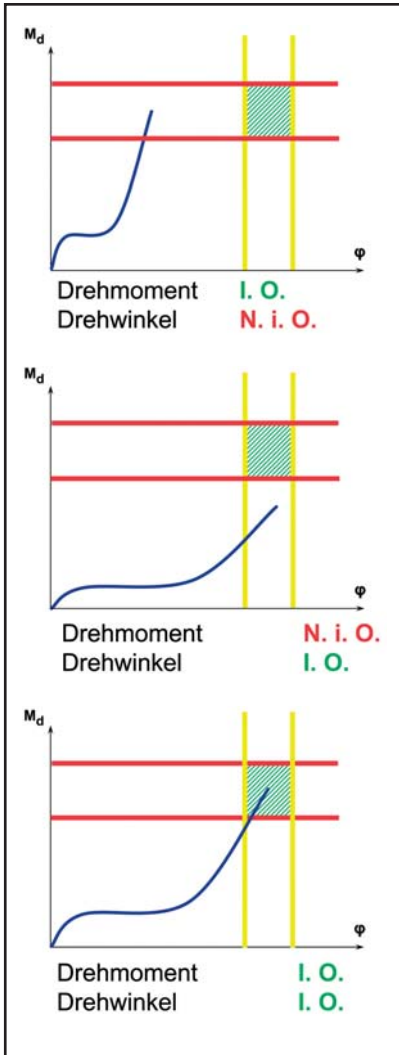
**Achtung!** Nicht jede Kalibrierung ist eine DKD-Kalibrierung, nur weil sie von einem DKD-Labor durchgeführt wurde.

Grundsätzlich besitzen DKD-Laboratorien eine hohe messtechnische Kompetenz. In einem verbindlich festgelegten Konformitätsverfahren ist sichergestellt, dass bei der Messgeräteprüfung garantiert nur validierte Messmethoden und korrekt rückgeführte Messmittel angewendet werden. Die DKD-Laboratorien werden laufend vom DKD überwacht und stellen so durchgängig eine gleichbleibend hohe Qualität der Kalibrierungen sicher.

Eine Checkliste, was Sie bei der Auswahl eines geeigneten Kalibrierdienstleisters beachten sollten, finden Sie im Anhang (*Seite 33*).

# 11. Besonderheiten bei Kalibrierungen in der Schraubtechnik

Bei Kalibrierungen in der Schraubtechnik sind vor allem zwei Messgrößen von Bedeutung: Drehmoment und Drehwinkel. Beide können für sich allein oder zusammenwirkend betrachtet werden.



## Drehmoment

Drehmoment-Kalibrierungen sind in der Schraubtechnik die häufigste Überwachungsmaßnahme, um die Funktionen der eingesetzten Messmittel und die Qualität der Schraubverbindung sicherzustellen. Mit den entsprechenden Messmitteln wird üblicherweise direkt in der Produktion überprüft, welche Verschraubungsqualität ein Schraubwerkzeug liefert.

## Drehwinkel

Drehwinkel-Kalibrierungen sind bei sogenannten **drehwinkelgesteuerten Schraubverfahren** von Bedeutung. Diese Verfahren werden heute in der Praxis noch nicht ganz so häufig angewandt wie die **drehmomentgesteuerten Schraubverfahren**, sind bei manchen Applikationen aber sinnvoll und gewinnen an Bedeutung. Wer Verschraubungen über den Drehwinkel steuert, muss bei den eingesetzten Messmitteln daher auch den Drehwinkel kalibrieren, um sicherzustellen, dass die Messungen (und damit die Verschraubungen) stimmen.

## Drehmoment und Drehwinkel

Je anspruchsvoller die Schraubverbindungen, umso drängender wird in Betrieben das Thema Drehwinkelkalibrierung. Vor allem bei sicherheitskritischen Verschraubungen (der sogenannten Kategorie A in der Richtlinie VDI 2862) gilt es, neben der Steuergröße (zum Beispiel Drehmoment) auch eine Kontrollgröße zu dokumentieren. Hier bietet sich der Drehwinkel oft als die praktikabelste Lösung an. Sicherheitskritische Verschraubungen sind zum Beispiel die Befestigungen von Gurten oder Airbags im Auto oder von Rotorblät-

*Drehmoment-Drehwinkel-Diagramme: Nur wenn beide Parameter gleichzeitig in Ordnung sind, ist die gesamte Verschraubung i. O. (drittes, unterstes Bild).  $M_d$  steht für das Drehmoment, der griechische Buchstabe Phi ( $\varphi$ ) für den Drehwinkel*

tern an Windkraftanlagen; versagen diese Schraubverbindungen, besteht unmittelbare Gefahr für Leib und Leben.

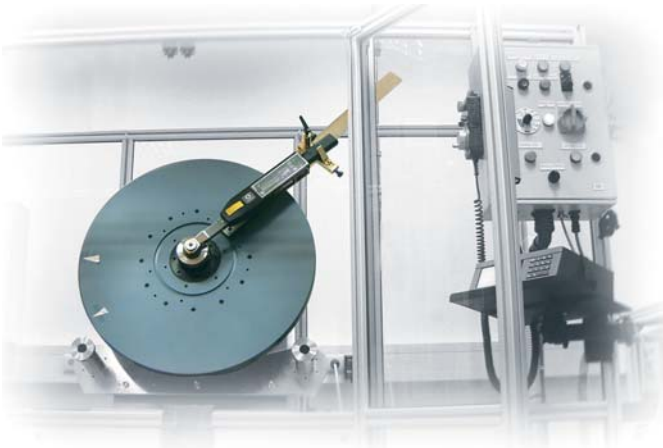
Bei Schraubverbindungen, die in einem kombinierten Drehmoment-Drehwinkel-Verfahren angezogen werden, müssen beide Werte – Drehmoment *und* Drehwinkel – in einem zulässigen „Fenster“ liegen, damit die Verschraubung insgesamt als „i. O.“ bewertet wird (siehe Grafiken links, Seite 20).

Drehwinkelkalibrierungen werden nach der Richtlinie VDI/VDE 2648 (siehe Seite 10) durchgeführt. Man unterscheidet zwischen direkt messenden Systemen, wie zum Beispiel Drehmoment-Drehwinkel-Sensoren (VDI/VDE 2648, Blatt 1), und indirekt messenden Systemen, zum Beispiel einem Drehmoment-Drehwinkel-Schlüssel (VDI/VDE 2648, Blatt 2).

Im ersten Fall, den **direkt messenden Systemen**, erfolgt die Messung, indem ein 0°-Punkt definiert wird und die Messungen von diesem Punkt aus in unterschiedlichen Stufen gefahren werden.

Bei den **indirekt messenden Systemen** ist die Sache etwas komplizierter. Hochqualitative Drehmoment-Drehwinkel-Schlüssel arbeiten mit Gyroskopen (sogenannten „Kreiselinstrumenten“, wie sie auch in Flugzeugen eingesetzt werden). Hier ist kein definierter 0°-Punkt vorhanden. Aus diesem Grund spricht man auch von **referenzlosen Systemen**. Die Kalibrierung referenzloser Systeme ist sehr komplex und nur einigen wenigen qualifizierten DKD-Laboratorien mit spezieller Ausrüstung vorbehalten. Während einer solchen Kalibrierung wird unter anderem der Drehwinkel unter Drehmomentbelastung gemessen.

**Achtung!** Achten Sie unbedingt darauf, dass die Winkelkalibrierung von Messwertgebern oder Schlüsseln nur im Zusammenhang mit einer Drehmomentkalibrierung durchgeführt wird. Denn die Drehmomentkalibrierung dient als Grundlage für die Ermittlung einiger Schlüsselparameter.



*Drehwinkelkalibrier-  
anlage für indirekt  
messende Systeme*

## 12. Was ist sinnvoll?

Um die Frage zu beantworten, was für jeden einzelnen Anwender sinnvoll ist, muss grundsätzlich zwischen Werkzeugen auf der einen und Prüf- und Messmitteln auf der anderen Seite unterschieden werden. Die oft erwähnte „Kalibrierung der Werkzeuge“ ist per Definition nicht möglich. Meist ist in diesem Fall eine Vergleichsmessung oder Maschinenfähigkeitsuntersuchung (MFU, *Seite 13*) gemeint. Kalibrierungen, ob DKD- oder Werkskalibrierung, können stattdessen bei Mess- und Prüfmitteln, wie Messwertgebern, durchgeführt werden. Eine grobe Übersicht, was im Einzelfall sinnvoll ist, gibt die Tabelle auf der nächsten Seite.

Maschinen und Werkzeuge sollten regelmäßig überprüft werden.

Als allgemeine Empfehlung gilt, dass alle Maschinen und Werkzeuge, die in einem Produktionsprozess eingesetzt werden, in definierten Zeitabständen überprüft werden sollten. Hier ist eine MFU sinnvoll. Nur wenn das Werkzeug für Hobbyzwecke und nicht im professionellen Betrieb eingesetzt wird, kann man auf diese Überprüfung verzichten.

Homologationen sind nur dann sinnvoll und nötig, wenn mit den Werkzeugen echte Probleme auftreten.

Eine Homologation (*siehe Seite 14*) hat nur dann Sinn, wenn es hierfür eine konkrete Anforderung gibt oder wenn zu vermuten ist, dass sich auftretende Qualitätsprobleme auf das Werkzeug zurückführen lassen. Dieser Werkzeugtest ist sehr umfassend und gibt zahlreiche Informationen, die weit über das hinausgehen, was in einer MFU zu finden ist. Sie wird nach speziellen Kundenvorgaben und Werksnormen durchgeführt und dient dann als Typfreigabe eines Werkzeugtyps.

Für Messwertgeber wird meistens eine DKD-Kalibrierung empfohlen. Die DIN EN ISO 9000/9001 fordert, Prüfmittel rückführbar zu kalibrieren. Eine DKD-Kalibrierung erfüllt diese Forderung jederzeit, und die Kalibrierscheine sind international anerkannt, was oft zusätzlichen Aufwand erspart.

Wo kein (normengebundener) Anspruch an die Qualitätssicherung besteht, ist eine Werkskalibrierung eher zu empfehlen. Zudem gibt es Messgrößen, für die beim DKD zurzeit noch keine Akkreditierung erfolgen kann. Auch in diesen Fällen stellt die Werkskalibrierung eine praktikable Alternative dar.

Bei der Kalibrierung von Messwertgebern oder anderen Prüfmitteln, die als Normale eingesetzt werden, sollen diese auf jeden Fall DKD-kalibriert werden, da sonst keine Rückführbarkeit auf die nationalen Normale gegeben ist. Und diese Rückführbarkeit ist ja meist gerade Sinn und Zweck eines Normals, egal ob Werks- oder Bezugsnormal.

	DKD	Werk	MFU	HL
<b>Druckluftwerkzeuge</b>				
Anwendungen ohne QS-Anforderung	X	X	✓	○
Anwendungen mit QS-Anforderung	X	X	✓	○
<b>Elektrowerkzeuge</b>				
Anwendungen ohne QS-Anforderung	X	X	✓	○
Anwendungen mit QS-Anforderung	X	X	✓	○
<b>Messwertgeber</b>				
Anwendungen ohne QS-Anforderung	○	✓	X	X
Anwendungen mit QS-Anforderung	✓	○	X	X
<b>Elektrische Anzeigeräte</b>				
Anwendungen ohne QS-Anforderung	○	✓	X	X
Anwendungen mit QS-Anforderung	✓	○	X	X
<b>Werksnormale</b>				
	✓	○	X	X
✓ empfohlen    ○ möglich    X nicht möglich				
DKD: DKD-Kalibrierung; <b>Werk</b> : Werkskalibrierung; <b>QS</b> : Qualitätssicherung; <b>MFU</b> : Maschinenfähigkeitsuntersuchung; <b>HL</b> : Homologation				

### 13. Qualitätssicherung, Haftung, Umweltschutz

„Qualität“ wird sehr häufig als universeller Ausdruck in vielen unterschiedlichen Situationen verwendet. Oft werden Kunden mit diesem Begriff sogar absichtlich in die Irre geleitet, um sie in Sicherheit zu wiegen. Mit der Einführung der DIN EN ISO 9000 ff. ergab sich zumindest eine erste Definition, die für die Herstellerindustrie von sehr großer Bedeutung ist. Damit ist es möglich, Qualität an gewissen Maßstäben festzumachen und Vergleiche anzustellen, was sowohl Konsumenten als auch Produzenten Sicherheit gibt.

Wie kann man eine durchgängig hohe Qualität sicherstellen? Unter anderem geben die DIN EN ISO 9000 ff. Antworten und praktische Hinweise. Nach dieser Normenreihe zertifizierte Organisationen

und Unternehmen verpflichten sich, definierte Vorgehensweisen einzuhalten. Hierzu sind beispielsweise genau arbeitende Messmittel zwingende Voraussetzung. Alle Messmittel und Normale müssen regelmäßig kalibriert werden. Solche Prüfungen müssen dokumentiert werden.

Qualitätssicherung ist das Fundament der Produkthaftung.

Qualitätssicherung ist das Fundament der **Produkthaftung**. Produkthaftung bezeichnet die Haftung auf Schadensersatz für die Lieferung einer fehlerhaften Kaufsache und für Schäden, die dadurch an anderen Rechtsgütern entstehen. Die Haftung besteht zunächst gegenüber jedem Abnehmer, wenn ein Verschulden des Herstellers belegt werden kann. Das Produkthaftungsgesetz beruht auf der EG-Richtlinie 85/374 EG und ist mittlerweile in allen Mitgliedstaaten der EU umgesetzt worden.

Produkthaftung bis zu 60 Jahren ist im Fahrzeug- und Flugzeugbau keine Ausnahme.

Das Produkthaftungsgesetz ist für jedes Unternehmen und jede Organisation, die Produkte in der Europäischen Union verkauft oder vertreibt, verbindlich. Die Auswirkungen der Produkthaftung werden insbesondere in den USA deutlich, wo bei fehlerhaften Waren oder Produkten teilweise enorme Schadensersatzansprüche durchgesetzt werden. Weniger spektakulär, aber meist mindestens genauso kostenintensiv sind dagegen die heute immer wieder vorkommenden Rückrufaktionen der Hersteller und Importeure. Produkthaftung bis zu 60 Jahren ist im Fahrzeug- und Flugzeugbau keine Ausnahme. Im Rahmen des Produkthaftungsgesetzes müssen die für die Messaufgabe geeigneten Prüfmittel ausgesucht, deren sachgerechter Einsatz lückenlos nachgewiesen und eine systematische Prüfmittelüberwachung durchgeführt werden. Diese Verpflichtung erfordert auch von Unternehmen eine exakte Dokumentation und das Vorhalten der Standards, die bei der Herstellung des Produktes zu Grunde gelegt wurden. Werden diese Maßnahmen eingehalten, kann der Produzent Ersatzansprüchen leichter entgegentreten.

Mit Qualität sind nicht nur Aspekte der Sicherheit und Verantwortlichkeit für das Produkt verbunden, sondern auch solche des Umweltschutzes. Schließlich sind geprüfte und korrekt arbeitende Messgeräte und Werkzeuge auch die Voraussetzung für eine effiziente und umweltbewusste Produktion. Deswegen ist Umweltschutz zunehmend integraler Bestandteil der gesamten Prozesskette – von der Produktplanung und Produktentwicklung über den Einsatz bis hin zur Entsorgung und stofflichen Verwertung des Produkts. Das Umweltmanagement-System wird nach ISO 14 001 geprüft und zertifiziert.



## 14. Anforderungen der Industrie

In der Industrie haben die (in der Mehrzahl deutschen) Automobilhersteller beim Thema Qualitätssicherung und Sicherheit die Vorreiterrolle gespielt. Anforderungen der Automobilindustrie werden oft nach und nach in anderen Branchen als Standard anerkannt und umgesetzt.

Was fordert die Industrie überhaupt? In der Normenreihe DIN EN ISO 9000 bis 9004 ist als wesentliches Qualitätssicherungselement die Prüfmittelüberwachung enthalten. Diese soll sicherstellen, dass alle Prüfmittel, die für die Produktqualität relevant sind, korrekt messen. Um dies zu gewährleisten, müssen die Prüfmittel regelmäßig kalibriert werden und auf nationale Normale rückführbar sein. Weiterhin müssen die ermittelten Messwerte dokumentiert werden.

Prüfmittel müssen regelmäßig kalibriert werden und auf nationale Normale rückführbar sein.

Die Rückführung der Kalibrierergebnisse auf die nationalen Standards wurde und wird von manchen Laboren oft in einem seriemäßigen „Werkszertifikat“ bescheinigt. Die internationale Anerkennung solcher Zertifikate wurde jedoch wegen der enormen Zunahme teilweise unqualifizierter Kalibrierdienstleister immer fraglicher. Daher verlangen ISO-9000-Inspektoren (nicht nur im europäischen Ausland) zunehmend Kalibrierscheine, die im Zusammenschluss der europäischen Zertifizierungsorganisationen für gegenseitige Anerkennung (European Cooperation for Accreditation EA) akkreditiert sind.

Der Deutsche Kalibrierdienst (DKD) ist als deutsche Mitgliedsorganisation akkreditiert und genießt in den Ländern der Europäischen Union sowie in vielen anderen Ländern uneingeschränkte Akzeptanz. Somit ist gesichert, dass alle geforderten Bedingungen an die Kompetenz des Dienstleisters eingehalten werden.

Auch wenn die Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001 in den meisten Branchen als Mindestvoraussetzung anerkannt ist, reichen diese Anforderungen bereits heute häufig nicht mehr aus. Der Trend zum Beispiel in der Automobilindustrie geht hin zum internationalen Standard ISO/TS 16 949. Dieser Standard vereint Anforderungen unterschiedlicher nationaler Normen und Standards und basiert auf der ISO 9001. Die Norm wird von so gut wie allen Automobilherstellern weltweit anerkannt und zeigt einen Weg aus dem Zertifizierungs-labyrinth der Automobilindustrie. Früher waren häufig Mehrfachzertifizierungen nötig, da es in den verschiedenen europäischen Ländern und Amerika unterschiedliche Normen gab (zum Beispiel QS 9000 in den USA, VDA 6.1 in Deutschland, EAQF in Frankreich und AVSQ in Italien).

Große Automobilhersteller, wie Daimler, General Motors und Ford, haben beschlossen, nur noch Zulieferer zu beauftragen, die nach ISO/TS 16 949 zertifiziert sind (siehe Kasten). Damit gilt die ISO/TS 16 949 automatisch für die gesamte Lieferkette der Automobilindustrie, also sowohl für direkte als auch indirekte Lieferanten. Für bestehende Zertifikate anderer Automobilmormen wurden Übergangsfristen für eine Umstellung gesetzt. Des Weiteren setzen auslaufende Laufzeiten anderen Normen Grenzen. Eine Umstellung auf die ISO/TS 16 949 wird auch wegen der weltweiten Anerkennung aller großen Automobilhersteller dringendst empfohlen.

*Die ISO/TS 16 949 enthält einen direkten Bezug auf die DIN ISO/IEC 17 025 (Allgemeine Anforderungen an Test- und Kalibrierlabore), welche ihrerseits klare Anforderungen an die Kalibrierlabore stellt. Dort wird betont, dass die Einführung eines Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001 für ein Kalibrierlabor nicht ausreicht, weil die ISO/IEC 17 025 Anforderungen an die technische Kompetenz enthält, die nicht durch die ISO 9001 abgedeckt werden. Das Prüflabor muss daher nicht nur ein Qualitätsmanagement-System betreiben, sondern auch nachweisen, dass es technisch kompetent ist. Dies bedeutet, das Labor muss in der Lage sein, technische Mindestanforderungen zu erfüllen und fachlich fundierte Ergebnisse zu erzielen.*

*Weiter wird gefordert, dass das Top-Management gewährleisten muss, dass geeignete Prozesse der Kommunikation innerhalb des Labors existieren und dass eine Kommunikation über die Wirksamkeit des Managementsystems stattfindet. Das Labor muss auch für Informationsrückfluss von seinen Kunden sorgen; das bezieht sich sowohl auf positive als auch auf negative Informationen. Der Informationsrückfluss sollte für die Verbesserung des Managementsystems, der Prüf- und Kalibriertätigkeit und des Kundendienstes genutzt werden. Die neue ISO/IEC 17 025 fordert ausdrücklich die kontinuierliche Verbesserung des gesamten Managementsystems im Labor.*

## **Messmittel-Management**

Neben den genannten Normen und Standards muss im Zusammenhang mit dem Prüfen und Kalibrieren in der Schraubtechnik auch auf die DIN EN ISO 10 012 hingewiesen werden.

Diese Norm enthält allgemeine Anforderungen und Anleitungen für die Lenkung und die metrologische Bestätigung von Messmitteln. Sie legt Anforderungen an das Qualitätsmanagement von Messmittel-Managementsystemen fest. Die Norm trägt dazu bei, ein wirksames Messmittel-Management sicherzustellen, und sie prüft, ob Messmittel und die Messprozesse für den beabsichtigten Einsatz geeignet sind. Ein konformes Messmittel-Management ist unerlässlich, wenn die Produktqualität stimmen und das Risiko falscher Messergebnisse beherrscht werden sollen.

Zweck des Messmittel-Managements ist es, Vertrauen in die ermittelten Messergebnisse zu schaffen. Damit trägt das Messmittel-Management dazu bei, Qualitätsschwankungen bei den hergestellten Produkten und erbrachten Dienstleistungen zu verhindern. Die DIN EN ISO 10 012 wird oft bei der Festlegung von Produkteigenschaften sowie bei der Bewertung und Auditierung von Messmittel-Managementsystemen eingesetzt.

Konkretisiert werden in der DIN EN ISO 10 012 unter anderem die Anforderungen, alle Messmittel mit Normalen zu kalibrieren, die auf internationale oder nationale Normale rückführbar sind. Der Betrieb hat den dokumentierten Nachweis aufrechtzuerhalten, dass alle Kalibrierungen der Rückführbarkeitskette durchgeführt worden sind. Es muss auch sichergestellt werden, dass alle Messmittel sicher und dauerhaft gekennzeichnet sind, um den Status der Kalibrierung anzugeben. In der Kennzeichnung muss deutlich angegeben werden, zu welchem Zeitpunkt das Messmittel erneut kalibriert werden muss. Weiter wird festgelegt, welche Mindestangaben eine Kalibrierbescheinigung zu erfüllen hat.

Um sowohl die hier aufgelisteten Anforderungen der Industrie als auch viele andere abzudecken, kann eine jährliche DKD-Kalibrierung der eingesetzten Messmittel viel Aufwand und Ärger ersparen. Kalibrierungen durch DKD-Laboratorien geben dem Anwender Sicherheit für die Verlässlichkeit von Messergebnissen, erhöhen das Vertrauen der Kunden und die Wettbewerbsfähigkeit der beteiligten Unternehmen auf dem nationalen und internationalen Markt. Eine DKD-Kalibrierung garantiert richtige, international vergleichbare und nicht zuletzt auditfähige Messdaten.

Um die Anforderungen der Industrie abzudecken, kann eine jährliche DKD-Kalibrierung der eingesetzten Messmittel viel Aufwand und Ärger ersparen.

## 15. Vorteile durch Prüfen und Kalibrieren

Das Prüfen und Kalibrieren von Werkzeugen, Prüf- und Messmitteln bedeutet einen gewissen Zeit- und Kostenaufwand. Deswegen ist es wichtig zu wissen, was dadurch bewegt wird und welche konkreten Vorteile dies einem Unternehmen bietet.

Die Haupt-Vorteile im Überblick:

- Sicherheit für den Hersteller beziehungsweise Lieferanten
- Sicherheit für den Anwender
- Definierte Messunsicherheit
- Qualitätssicherung in der Produktion
- Erfüllung der Qualitätsnormen

- Höhere Kundenzufriedenheit
- Internationale Anerkennung (bei DKD-Zertifikaten)
- Erfüllung der strengen Forderungen zum Beispiel der Automobilindustrie ist möglich.

**Wichtigster Vorteil:**

Nachweisbarkeit bei der Produkthaftung

Wahrscheinlich am wichtigsten ist aber der folgende Punkt:

- Nachweisbarkeit bei der Produkthaftung (bei DKD-Zertifikaten).

Kaum ein modernes Unternehmen kann heute auf diese Sicherheiten und Vorteile verzichten!

Prüfen und Kalibrieren wird oft auf den ersten Blick als unnötige Belastung und als Kostenfaktor gesehen. Diese Sicht ändert sich spätestens dann, wenn der Hersteller für seine Produkte geradestehen muss. Im Vergleich mit eventuell drohenden Schadensersatzforderungen sind die Kosten für eine sorgfältige Prüfung oder Kalibrierung eher marginal und daher als eine sehr kosteneffiziente Investition zu verstehen. Dies bedeutet, dass Unternehmen, die langfristig und seriös auf dem Markt agieren möchten und außerdem die bestehende Kundenzufriedenheit sichern wollen, nicht auf eine qualitativ hochwertige Prüfung der Werkzeuge und Kalibrierung der Prüf- und Messmittel verzichten können.



*Wer regelmäßig prüft und kalibriert, kann sich in vielerlei Hinsicht zurücklehnen*

## 16. Weitere Informationsquellen

Unter folgenden Links im Internet sind weitere Informationen zum Thema Prüfen und Kalibrieren zu finden:

- [www.ptb.de](http://www.ptb.de): Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig
- [www.dkd.eu](http://www.dkd.eu): Offizielle Web-Site des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD)
- [www.european-accreditation.org](http://www.european-accreditation.org): EA (siehe Seite 25): Zusammenschluss der europäischen Zertifizierungsorganisationen für gegenseitige Anerkennung. Der DKD ist Mitglied der EA
- [www.ilac.org](http://www.ilac.org): ILAC: Internationaler Zusammenschluss von Akkreditierungsorganisationen. Die EA ist Mitglied des ILAC, dadurch gewinnen DKD-Zertifikate bei den ILAC-Mitgliedern Anerkennung

Falls Sie Fragen haben, können Sie sich jederzeit an Ihre Atlas-Copco-DKD-Kalibrierlaboratorien wenden:

[cal-service@de.atlascopco.com](mailto:cal-service@de.atlascopco.com)

Labor Essen: Tel.: +49 (0)201-2177-767

Labor Dingolfing: Tel.: +49 (0)8731-3758-40

[www.atlascopco.de](http://www.atlascopco.de)

Wir informieren Sie gern über unsere professionellen Schulungen zum Thema Prüfen und Kalibrieren. Diese Schulungen passen wir individuell auf Ihren Bedarf an und können sie auch bei Ihnen vor Ort durchführen.

Übrigens: Wir bieten nicht nur Drehmomentkalibrierungen und Maschinentests an, sondern auch die Winkelkalibrierung von Drehmomentsensoren.

### Anhang

Auf den nächsten Seiten finden Sie Beispielzertifikate von Maschinenfähigkeitsuntersuchung und DKD sowie eine Checkliste für die Auswahl eines Kalibrierdienstleisters.

# ZERTIFIKAT

## Elektroschrauber

**Zertifikatsnummer:** CKOH-6KAJLM-00**Kunde**      **Musterfirma GmbH & Co. KG**  
D - 70469 Stuttgart**Gegenstand der Prüfung**Hersteller: ATLAS COPCO TOOLS  
Maschinentyp: ETP S4-10-106 CTADS  
Steuereinheit: PF 3007-G-HW

Beispiel-Zertifikat einer  
Maschinenfähigkeits-  
Untersuchung, Seite 1

Kunden ID Nr.:  
Kunden ID Nr.:**Referenz**Hersteller: BLM  
Sensor: Bremse 3  
Prüfgerät: 3860 / 2-D  
Bezugsnormal: D1214 DKD-K-41401 08-09Serien - Nr.: 188 . 50 . 137  
Serien - Nr.: 3860SKY . 100

Die Prüfung des Werkzeuges (Prüfling) erfolgte auf einer Messbank. Der Prüfling wurde in der Messvorrichtung werkerunabhängig fixiert.

Das Verfahren zur Prüfung der Maschinenfähigkeit erfolgte dynamisch und in Anlehnung an die Richtlinie der VDI/VDE 2647.

Die Messungen ergaben, dass der Mittelwert des Prüflings innerhalb einer Abweichung zum Mittelwert der Referenzmessung von  $\pm 2\%$  des Referenzmesswertes liegt.

Dieses Zertifikat dokumentiert die indirekte Rückführbarkeit auf nationale Standards zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Die Rückführung der Messmittel ist gemäß DIN ISO 9001 durch das akkreditierte Kalibrierlabor DKD-K-41401 belegbar sichergestellt.

Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich. Es wird empfohlen, diese alle 12 Monate zu wiederholen.

Datum der Messungen :

29. November 2008

Bearbeiter:



J.-P. Strohschein

Gegenzeichn. :



J. Stapel

# ZERTIFIKAT

## Elektroschrauber

**Zertifikatsnummer:** CKOH-6KAJLM-00

Hersteller: ATLAS COPCO TOOLS  
 Maschinentyp: ETP S4-10-106 CTADS  
 Steuereinheit: PF 3007-G-HW

Serien - Nr.: C 7733320  
 Serien - Nr.: C 358065

Kunden ID Nr.:  
 Kunden ID Nr.:

Vorgegebene Werte zum Schraubfall [N-m]	Md - Max	Md - Soll	Md - Min	Toleranz [%]
	13,20	12,00	10,80	+/- 10

### Kombinierte statistische Auswertung ( "HART" und "WEICH" )

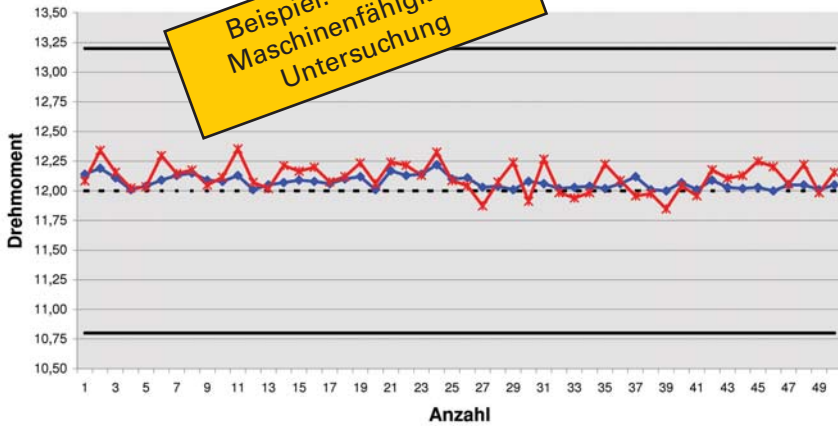
Anzahl Verschraubungen	50
Mittelwert Prüfling	12,07 N-m
Mittelwert Referenz	12,11 N-m
Abweichung	0,04 N-m
Abweichung [%]	0,35 %

Standardabweichung	
1s =>	0,121
3s =>	0,364
6s =>	0,728
+3 Sigma =>	12,48 N-m
-3 Sigma =>	11,75 N-m

$C_m = 3,29$

$C_{mk} = 2,98$

**Beispiel: Seite 2 zur Maschinenfähigkeits-Untersuchung**



— Md - Max    - - - Md - Soll    — Md - Min    ● Prüfling    × Referenz

# DEUTSCHER KALIBRIERDIENST

# DKD

Kalibrierlaboratorium für die Messgröße Drehmoment  
Calibration Laboratory for the measuring value torque

Akkreditiert durch die / accredited by the  
Akkreditierungsstelle des DKD bei der

PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT (PTB)



**Atlas Copco** **Atlas Copco Tools Central Europe GmbH**  
Werkzeuge, Methoden und Systeme für die Industrie



DKD-K-41401

**Beispiel-Zertifikat des DKD**

**Original**  
**Kalibrierschein**  
Calibration certificate

Kalibrierzeichen  
Calibration mark

308
DKD-K-41401
08-11

**Gegenstand:** Torque Transducer  
*Object:*

**Hersteller:** Atlas Copco Tools AB  
*Manufacturer:* Stockholm, Schweden

**Typ:** IRTT 180A - 13  
*Type:* DMCplus

**Fabrikat/Serien-Nr.** 54538  
*Serial number:*

**Auftraggeber:** Atlas Copco Tools GmbH  
*Applicant:* D-45141 Essen

**Auftragsnummer** intern  
*Order No.* 26.11.2008

**Anzahl der Seiten:** 7  
*Number of pages:*

**Datum der Kalibrierung:** 27.11.2008  
*Date of calibration:*

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).  
Der DKD ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.  
Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

*This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).  
The DKD is signatory of the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.  
The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.*

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.

*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Accreditation Body of the DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.*

Stempel Seal	Datum Date	Leiter des Kalibrierlaboratoriums Head of the calibration laboratory	Bearbeiter Person in charge
	28.11.2008		

Postanschrift/Mail address	Telefon-Durchwahl / Telephone extension	Telefax
<b>Atlas Copco Tools Central Europe GmbH</b> Werkzeuge, Methoden und Systeme für die Industrie Langemarckstr. 35 D - 45141 Essen	+49(0)201 / 2177 - 772	+49(0)201 / 2177 - 197



Fragenkatalog zur Auswahl des Kalibrierdienstleisters	Ja	Nein
<b>Normenkonformität</b>		
● Ist der Kalibrierdienstleister nach ISO/IEC 17 025 akkreditiert? (Forderung aus der ISO/TS 16 949)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Hat der Kalibrierdienstleister ein akkreditiertes Qualitätsmanagementsystem (zum Beispiel ISO 9001)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Wird genau nach den Normen bzw. Standards kalibriert (statt „in Anlehnung an ...“)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Ist das Kalibrierlabor für die von Kunden geforderten Messgrößen, wie Drehmoment oder Drehwinkel, akkreditiert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Ist das Kalibrierverfahren validiert (zum Beispiel nach DIN 51 309)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Werden Sicherheitstests und Funktionstests vor der Kalibrierung durchgeführt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Messunsicherheit</b>		
● Ist die Angabe zur Messunsicherheit vorhanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Wird die Messunsicherheit mit einem Rechenmodell belegt und garantiert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Reicht die Messunsicherheit für den späteren Einsatzfall des Kunden aus?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Erfolgt vor der Kalibrierung eine Akklimatisierung des Kalibrierobjektes und der Kalibriereinrichtung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Ist die Rückführbarkeit der Transfernormale gewährleistet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Werden die Transfernormale nach jedem Transport rekali­briert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Liegen die Messwerte im akkreditierten Bereich des Laboratoriums (zum Beispiel 1 bis 5000 N·m)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Personal</b>		
● Gibt es einen Nachweis über das messtechnische Know-how des Dienstleisters?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Entspricht der Ausbildungsstand des Laborleiters und des Laborpersonals den Forderungen der ISO/IEC 17025?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Ist der Ausbildungsstand des Kalibrierlabors dokumentiert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Sind die Mitarbeiter durch unabhängige Begutachter abgenommen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Besteht eine mehrjährige Kalibriererfahrung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>(weiter auf Seite 34)</i>		

## Fragenkatalog zur Auswahl des Kalibrierdienstleisters

Ja Nein

(Fortsetzung von Seite 33)

### Zertifikat

Enthält das Kalibrierzertifikat alle notwendigen Angaben?

- |  |                          |                          |
|--|--------------------------|--------------------------|
| ● Identifikation des Messmittels                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ● Kalibrierdatum   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ● Angaben zur Rückführbarkeit                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ● Auflistung der Kalibriermittel                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ● Prüfnorm   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ● Messunsicherheitsangaben   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ● Kalibrierergebnis  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ● Festgelegte Fehlergrenzen  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ● Umgebungsbedingungen   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ● Identifikation der Institution und Unterschrift des Kalibrierers | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### Versicherung

- |  |                          |                          |
|--|--------------------------|--------------------------|
| ● Hat der Kalibrierdienstleister eine Versicherung für die Produkthaftung, die auch Rückrufaktionen abdeckt? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--|--------------------------|--------------------------|

*Wenn (und nur wenn) Sie so gut wie alle Fragen mit „ja“ beantworten können, brauchen Sie sich über die Qualität und die Zuverlässigkeit Ihres Kalibrierdienstleisters keine Sorgen zu machen!*

Herausgeber: Atlas Copco Tools Central Europe GmbH  
Langemarckstr. 35, D - 45141 Essen  
tools.de@de.atlascopco.com  
www.atlascopco.de

Autor: Michael Skibinski

Redaktion: Thomas Preuß

3. Auflage: Dezember 2008

Titelfoto: Jochen Stapel

Copyright © 2008 by Atlas Copco Tools

## **Erweitern Sie Ihr Wissen und steigern Sie Ihre Produktivität!**

Atlas Copco Tools bietet Ihnen ein großes Sortiment an technischer Fachliteratur und Handbüchern, Produkt- und Kundendienstvideos, technischen Informationsblättern und Ersatzteillisten.

### **Atlas Copco Tools Central Europe GmbH**

Langemarckstr. 35  
D - 45141 Essen  
Tel. +49-201-2177-0  
Fax +49-201-2177-100  
tools.de@de.atlascopco.com

### **Atlas Copco Tools Österreich**

Csokorgasse 11  
A - 1111 Wien  
Tel. +43-1-76012-310  
Fax +43-1-76012-319  
tools.at@at.atlascopco.com

### **Atlas Copco Tools Schweiz**

Büetigenstr. 80  
CH - 2557 Studen  
Tel. +41-32-3741600  
Fax +41-32-3741630  
tools.ch@ch.atlascopco.com

