
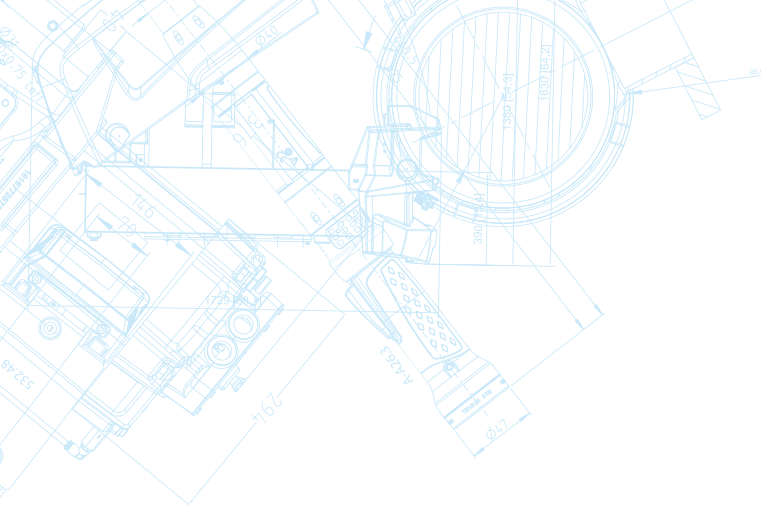


A man in a blue polo shirt is using a handheld probe to measure a large industrial machine. The machine has a long, curved component and is mounted on a metal frame. In the background, there are computer monitors and a control panel. The scene is set in a factory or laboratory environment.

Atlas Copeo

A technical drawing of a screw system, showing various components and dimensions. The drawing is overlaid on a blue background that also contains the text of the title.

**Taschenbuch
zur Kalibrierung
und Prüfung von
Schraubsystemen**



Kalibrierdienste von Atlas Copco

Mit seinen vom Deutschen Kalibrierdienst (DKD) akkreditierten Kalibrierlaboratorien an mehreren Standorten weltweit nimmt Atlas Copco unter den Werkzeugherstellern eine Sonderstellung ein. Die angebotenen Kalibrierdienste sind jedoch nicht auf das Drehmoment beschränkt. Atlas Copco ist auch ein Anbieter von Kalibrierdiensten im Bereich von Kraft- und Drehwinkelmessungen. Atlas Copco betreibt Kalibrierlaboratorien in mehr als 20 Ländern weltweit. Selbstverständlich können die meisten Kalibrierdienste und Maschinenfähigkeitsuntersuchungen auch bei Kunden vor Ort durchgeführt werden. Kunden fordern diese Vor-Ort-Dienste oftmals an, um Ausfallzeiten zu minimieren. Unsere akkreditierten Laboratorien sind nach ISO/IEC 17025 zertifiziert und erfüllen sämtliche Anforderungen von Qualitätsnormen wie ISO 9001, ISO 10012 und IATF 16949.

Kalibrierung und Prüfung von Schraubsystemen

1. Einführung	4
2. Warum prüfen und kalibrieren?	4
3. Begriffsklärungen	4
4. Wichtige Normen und Richtlinien	8
5. Prüf- und Kalibrierlaboratorien	10
6. Arten von Kalibrierungen	11
7. Kalibrierablauf	13
8. Anforderungen an Kalibrierscheine	15
9. Rekalibrierintervalle	16
10. Wer darf kalibrieren?	16
11. Besonderheiten bei der Winkelkalibrierung	17
12. Besonderheiten bei Kalibrierungen in der Schraubtechnik	18
13. Besonderheiten bei der Kraftkalibrierung	19
14. Hydraulikschlüssel	20
15. Was ist sinnvoll?	22
16. Qualitätssicherung, Haftung, Umweltschutz	22
17. Anforderungen der Industrie	25
18. Messmittel-Management	26
19. Vorteile durch Kalibrieren	27
20. Weitere Informationsquellen	27
21. Ihr professioneller Kalibrierdienstleister	28
22. Unsere Logistikkösungen	28
23. Schulungen, Seminare und Workshops	30
Anhang	31

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 Industriewerkzeugen 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 ordnungsgemäß gewarteten und exakt eingestellten Werkzeugen können vernünftige Produktionsergebnisse erzielt werden, und falsch ausgeführte Schraubvorgänge, die teuer und sicherheitskritisch sind, lassen sich damit vermeiden. So geht man Produktionsproblemen und gegebenenfalls sogar rechtlichen Konsequenzen aus dem Weg.

Messungen sind grundsätzlich ein wichtiger Bestandteil der industriellen Qualitätssicherung. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der internationalen Normen für Qualitätsmanagementsysteme (ISO 9001, ISO 10012, QS 9000, IATF 16949 usw.), aber auch im Zusammenhang mit der Produkthaftung (siehe Seite 22) 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 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.



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

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 Messgeräts 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 Messgeräts 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 physisch.

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

Prüfen

Prüfen heißt festzustellen, inwieweit eine Forderung – wie etwa die Funktion oder Genauigkeit eines Systems oder Messgeräts – erfüllt ist. In der Regel ist das Ergebnis einer Prüfung ein Messwert oder eine Reihe von Messwerten. Ein Prüfergebnis stellt immer einen Schätzwert dar, der mehr oder weniger genau ist und stets eine Messunsicherheit umfasst. Ziel einer Prüfung ist es, eine eindeutige Aussage zu einem unbekanntem Faktor treffen zu können.

Normale

Ein Normal ist die Definition einer vorgegebenen Messgröße, d. h. es ist eine Art von Referenz. 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



Ur-Kilogramm

justiert werden muss. Eine weitere bekannte Normale ist das Ur-Kilogramm (Masse) des Internationalen Büros für Maß und Gewicht (BIPM) in Sèvres in Frankreich. 2019 hat die Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) eine neue Definition gemäß der Planck-Konstante $6,62607015 \cdot 10^{-34} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ in Kombination mit der Definition von Meter

und Sekunde verabschiedet. Daneben gibt es Normale für andere physikalische Größen, etwa für Kraft, Temperatur oder Drehmoment. Die meisten Länder haben ihre eigenen nationalen Normale, die für das jeweilige Land gelten, aber international verglichen werden. Die im Produktionsprozess verwendeten Normale bezeichnet man als Werksnormale.

Verifizieren

Unter Verifizieren versteht man einen Prüfungsvorgang anhand einer Bezugseinheit, um zu bestätigen, dass ein Messgerät der vom Hersteller festgelegten Spezifikation entspricht.



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 Drehmomentspanne.

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) hingegen zeigt die Abweichung des Arbeitspunktes der Maschine vom Sollwert, also ob der gewünschte Arbeitspunkt auch eingehalten wird. C_{mk} berücksichtigt auch systematische Fehler der Maschine.

Je kleiner die Standardabweichung im

Verhältnis zum Toleranzfeld ist, desto größer wird der C_m -Wert und umso zuverlässiger wird der Fertigungsprozess. 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. 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!

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. Die Zertifikate werden oft zeitlich befristet vergeben und hinsichtlich Standards und Normen unabhängig kontrolliert.

Genauigkeit

Genauigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Messgeräts oder einer Maschine, Werte in der Nähe eines wahren Wertes zu liefern. In 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.

Messunsicherheit

Die Messunsicherheit ist ein Maß für die Präzision eines Messgeräts 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 Messgeräts spart Kosten, denn zu hohe Präzision kann teuer werden.



Rückführbarkeit: Auch Normale (Referenzen) 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 Normalen von höherer Genauigkeit kalibriert werden.

Toleranz

Die Toleranz ist die Differenz zwischen dem 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 Messgeräts über einen oder mehrere Schritte mit dem nationalen Normal für die Messgröße verglichen werden kann. Bei jedem Schritt wird eine Messeinrichtung mit einem Normal (Referenz) 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 unten). Jedes Normal oder Messgerät sollte mit höherrangigen Referenzen kalibriert werden. Als Richtwert gilt: Das für Kalibrierungen verwendete Normal (Referenz) sollte mindestens eine fünfmal höhere Genauigkeit haben als das zu kalibrierende Gerät.



Messmittel

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



Messwerkzeuge zur Qualitätssicherung, wie der oben abgebildete Messwertgeber, der an ein Datenanalysegerät angeschlossen ist, oder der Drehmoment-Drehwinkel-Schlüssel rechts, müssen immer korrekt basierend auf Referenzen von höherer Genauigkeit kalibriert sein.

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: Die Norm definiert Grundlagen und Begriffe zu Qualitätsmanagementsystemen. Sie beschreibt, welchen Anforderungen das Management eines Unternehmens genügen muss, um bestimmte Anforderungen bei der Umsetzung des Qualitätsmanagements zu erfüllen, und kann sowohl informativ für die Umsetzung innerhalb eines Unternehmens als auch zum Nachweis bestimmter Standards gegenüber Dritten dienen.

DIN EN ISO 9001: Diese internationale Norm legt die Grundanforderungen 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: Dies 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. Seit 2006 sind alle QS-9000-Zertifizierungen ungültig und die Norm wurde durch den internationalen QM-Standard IATF 16949 ersetzt.

IATF 16949: Anforderungen für Qualitätsmanagementsysteme. In dieser Spezifikation werden besondere Anforderungen bei der Anwendung von ISO 9001 für die Serien- und Ersatzteilproduktion in der Automobilindustrie beschrieben. Die vorherige Version dieser Norm war bekannt als ISO/TS 16949.

VDA 6.1 - 6.4: Das deutsche Regelwerk für die deutsche Automobilindustrie richtet sich an die Zulieferer deutscher Automobilhersteller und ist mit den Anforderungen von IATF 16949 vergleichbar. VDA 6 ist in zwei Bereiche unterteilt, Management und Produkte & Prozesse.

DIN EN ISO/IEC 17025: Diese Norm beschreibt die allgemeinen Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien. Mittels ISO/IEC 17025 können akkreditierte Laboratorien nachweisen, dass sie gültige Messergebnisse erzielen, wodurch das Vertrauen in ihre Arbeit gestärkt wird.

DIN EN ISO 10012: Diese Norm beschreibt die Anforderungen an das Qualitätsmanagement von Messmanagementsystemen. Die Norm dient als Orientierungshilfe für ein wirksames Management von Messprozessen und die metrologische Bestätigung von Messmitteln, und sie stellt sicher, dass die Messmittel und Messprozesse für den beabsichtigten Einsatz geeignet sind.



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.

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

EURAMET/cg-14: Dies ist eine der wichtigsten Normen für die Drehmomentkalibrierung. Sie beschreibt die Kalibrierverfahren für Drehmomentmessgeräte. Das Ergebnis des Kalibriervorgangs wird klassifiziert. Die jeweilige

Klasse beschreibt, wie genau die Messgeräte arbeiten. Diese Norm ist mit der deutschen Norm DIN 51309 vergleichbar, auf der sie basiert.

DIN 51309: siehe oben.

VDI/VDE 2646: Die deutsche Richtlinie definiert die Minimalanforderungen für die Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten. Sie wird oft als „Werkskalibriernorm“ bezeichnet, da das Verfahren deutlich einfacher ist als bei der EURAMET cg-14. Im Gegensatz zur EURAMET cg-14 erfolgt hier keine Klassifizierung der Messergebnisse.

VDI/VDE 2645-2: Diese relativ neue Norm beschreibt sehr umfassende Verfahren für die Maschinenfähigkeitsuntersuchung (MFU) bei den in Schraubsystemen verwendeten Elektrowerkzeugen. Bei diesen Verfahren werden verschiedene Arten von statistischen Analysen von Messwerten angewendet, um eine Bewertung der Werkzeugleistung vorzunehmen. Diese Norm bezieht sich ausschließlich auf Werkzeuge, die eine kontrollierbare Zielvariable haben, zum Beispiel das Drehmoment. Werkzeuge mit Stillstandsmoment sind von dieser Norm ausgenommen.

VDI/VDE 2647: Diese Richtlinie legt das Verfahren für Maschinentypentests (Homologation, siehe Seite 13) bei Elektrowerkzeugen fest. Sie ist sehr umfassend und dient zur Verifizierung, ob ein bestimmter Werkzeugtyp für einen spezifischen Produktionsprozess geeignet ist.

VDI/VDE 2648: Diese Richtlinie beschreibt Verfahren zur rückführbaren Kalibrierung von Drehwinkelmessgeräten oder Drehwinkelsensoren, bei denen der Drehwinkel direkt (Blatt 1) oder indirekt mittels eines Gyroskops (Blatt 2) gemessen wird. Dies ist derzeit auf dem internationalen Markt der einzige verifizierte Kalibrierstandard für die Winkelkalibrierung bei Messwertgebern und dient somit als Grundlage für viele nationale Normen in diesem Bereich.

ISO 5393: legt ein Leistungsprüfverfahren für Elektro-Montagewerkzeuge fest. Dies ist die einzige internationale Norm in Bezug auf diese Thematik, und sie wurde vor Kurzem aktualisiert und erweitert, um auch mit Druckluft sowie elektrisch oder mit Batterie betriebene Schraubsysteme abzudecken. Diese Norm dient nicht der Empfehlung oder Festlegung von Akzeptanzkriterien.

DIN EN ISO 6789: Diese Norm beschreibt das Kalibrierverfahren für Drehmomentschlüssel und ist in zwei Teile unterteilt. Teil 1 ist für die Hersteller der Schlüssel vorgesehen und beschreibt die Mindestanforderungen für die Konformitätserklärung. Teil 2 beschreibt hingegen die Anforderungen für die Kalibrierung und die Bestimmung der Messunsicherheit. Dieser zweite Teil ist für industrielle Anwender relevant.

ISO: Die Internationale Organisation für Normung erstellt Normen und Standards, die sicherstellen sollen, dass Materialien, Produkte, Prozesse und Dienstleistungen für den vorgesehenen Zweck geeignet sind.

DIN EN ISO 376: Diese Norm beschreibt das Kalibrierverfahren für Kraftaufnehmer. Diese Messwertgeber können unter anderem zur Kalibrierung von Pressensystemen eingesetzt werden, die bei vielen Montageprozessen zur Anwendung kommen. Der Kalibriervorgang umfasst sowohl Spannung als auch Druck. Im Zuge der Einführung dieser Norm wurde eine Reihe von nationalen Normen vereinheitlicht und ersetzt.

VDI 2862: Es handelt sich zwar nicht um einen Kalibrierstandard, aber diese Richtlinie beschreibt die Klassifizierung von Verbindungen mithilfe von Gewindefeststellungen und bietet Unterstützung bei der Auswahl der richtigen Werkzeuge für eine bestimmte Anwendung. Dies wiederum hat großen Einfluss auf die Art der für bestimmte Werkzeuge erforderlichen Kalibrierung.

! **VDI:** Verein Deutscher Ingenieure, der aktiv nationale Richtlinien und Spezifikationen für Bereiche entwickelt, in denen keine internationale Norm verfügbar oder diese veraltet ist oder nicht den derzeitigen Anforderungen der Industrie entspricht. Einige der VDI-Richtlinien sind im Laufe der Jahre zu richtigen internationalen Standards geworden und/oder dienen häufig als Grundlage für internationale Normen.



Ein Kalibrierfachmann bei der Durchführung einer professionellen Kalibrierung in einem akkreditierten Kalibrierlaboratorium

5 Prüf- und Kalibrierlaboratorien

Der Anwender hat die Wahl zwischen verschiedenen Laboratorien und einer Reihe von unterschiedlichen Kalibrier- und Prüfverfahren. Nicht immer ist es einfach zu erkennen, was für den eigenen Zweck angemessen ist. In nahezu jedem Land gibt es eine Akkreditierungsstelle, die die Qualität von nationalen Kalibrierlaboratorien gewährleisten soll. Akkreditierte Laboratorien unterliegen einer ständigen objektiven Beurteilung und Überwachung. Dadurch wird die hohe Qualität und Zuverlässigkeit der von den akkreditierten Kalibrierlaboratorien ausgeführten Kalibrierdienste sichergestellt. Grundsätzlich wird zwischen sogenannten DKD-Kalibrierlaboratorien und Werkskalibrierlaboratorien unterschieden.

DKD-Kalibrierlaboratorien

DKD-Kalibrierlaboratorien führen Kalibrierungen von Messgeräten für die bei der Akkreditierung festgelegten Messgrößen und Messbereiche durch. Die ausgestellten DKD-Kalibrierscheine sind ein Nachweis für die Einhaltung festgelegter Standards oder Verfahren und für die Rückführung auf die nationalen Normale. Diese Rückführung wird unter anderem von der Normenfamilie DIN EN ISO 9000 und der DIN EN ISO/IEC 17025 gefordert. Der DKD ist Mitglied in der ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation). Dadurch ist eine gegenseitige Anerkennung von Kalibrierscheinen bei den ILAC-Mitgliedsstaaten möglich.

Werkskalibrierlaboratorien

Die sogenannten Werkskalibrierlaboratorien sind nicht durch eine nationale Behörde oder Institution akkreditiert. Sie führen Messungen und 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. Daher ist es sehr fragwürdig, ob die von diesen Laboren ausgestellten Kalibrierscheine von einem Gericht bei Produkthaftungsverfahren überhaupt anerkannt würden. Bei diesen Haftungsverfahren muss das Gericht bestimmen, ob angemessene Qualitätssicherungsprozesse zur Anwendung gekommen sind und ob die Kalibrierverfahren nach dem aktuellen Stand der Technik durchgeführt wurden. Nur in Ausnahmefällen erfüllen Werkskalibrierlaboratorien all diese Anforderungen.



Akkreditierte Laboratorien führen Kalibrierungen bei Messgeräten durch, die in der dazugehörigen Akkreditierung klar definiert sind. Diese Arbeiten werden regelmäßig von der nationalen Akkreditierungsstelle verifiziert und überwacht.

Werkskalibrierlaboratorien sind nicht durch eine nationalen Behörde oder Institution akkreditiert und es mangelt an unabhängiger Kontrolle und Verifizierung von Verfahren und Ergebnissen.

6 Arten von Kalibrierungen

Viele Laboratorien und Kalibrierdienste bieten oft eine große Auswahl an Mess- und Kalibrierdienstleistungen an. Die richtige Auswahl ist keine belanglose Angelegenheit, sondern im Hinblick auf Qualität und Sicherheit von entscheidender Bedeutung. Zunächst muss festgelegt werden, ob ein Produktionswerkzeug oder ein Messgerät kalibriert werden soll, da die Verfahren sehr unterschiedlich sind und auch unterschiedliche Ziele haben. Produktionswerkzeuge müssen die Anforderungen hinsichtlich Rückführbarkeit und Stabilität in der Fertigungslinie erfüllen, während Messgeräte eine viel höhere Genauigkeit erfordern, jedoch nicht unbedingt die gleiche Robustheit aufweisen müssen wie Produktionswerkzeuge. In beiden Fällen ist das Problem der Rückführbarkeit von Ergebnissen besonders zu beachten.

DKD-Kalibrierung (Messgeräte)

Eine DKD-Kalibrierung erfolgt nach definierten Normen und Standards mittels validierter Messverfahren, die nur DKD-akkreditierte Kalibrierlabore durchführen. Die verwendeten Messmittel müssen auf das nationale Normal rückführbar sein. Außerdem muss die Messunsicherheit

berechnet und im Zertifikat angegeben werden. DKD-Laboratorien verfügen über eine hohe messtechnische Kompetenz.

Ein DKD-Kalibrierzertifikat ist deswegen nicht nur im Rahmen des ILAC-Abkommens international gültig, sondern bietet auch eine hohe Beweiskraft bei der Produkthaftung (siehe Seite 15).

DKD-Kalibrierungen von Drehmoment-messgeräten werden in der Regel nach der europäischen Norm EURAMET cg-14 oder einer vergleichbaren nationalen Norm durchgeführt. Drehwinkelkalibrierungen mit DKD-Zertifikat werden nach Richtlinie VDI/VDE 2648 oder einer entsprechenden nationalen Anpassung dieser Richtlinie erbracht (siehe Seite 9).



Durchführung einer DKD-Kalibrierung von Messgeräten



ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation): ein von nahezu allen Industrieländern unterzeichnetes Abkommen. Zertifikate von akkreditierten Laboratorien der Mitgliedsstaaten werden von anderen ILAC-Mitgliedsstaaten anerkannt.

Trend: Die Anzahl von akkreditierten Kalibrierungen nimmt immer mehr zu, um die Vielzahl an zweifelhaften Kalibrierungen, die von fragwürdigen nicht akkreditierten Kalibrierdiensten angeboten werden, zu reduzieren.

Werkskalibrierung (Messgeräte)

Werkskalibrierungen (mitunter auch „Standardkalibrierung“ oder „ISO-Kalibrierung“ 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 nicht unbedingt an die Anforderungen nationaler oder internationaler Standards. Die Rückführbarkeit der Prüfmittel auf das nationale Normal kann, muss aber nicht gegeben sein. Meist erfolgt auch keine Angabe zur Messunsicherheit. Eine förmliche Verpflichtung für den Inhalt des Zertifikates besteht nicht. Dies ist in der Tat ein Problem, dass in den letzten Jahren zugenommen hat, da mehrere nicht akkreditierte Kalibrierdienstleister vermehrt zweifelhafte Kalibrierdienste zu einem sehr günstigen Preis anbieten. Aus diesem Grund geht der allgemeine Trend in Richtung akkreditierter Kalibrierungen, die für Vertrauenswürdigkeit und dokumentierte Messergebnisse sorgen.

Auch viele DKD-Laboratorien bieten Werkskalibrierungen als eine vereinfachte und kostengünstige Alternative an. Seriöse Kalibrierlaboratorien, die Werkskalibrierungen anbieten, arbeiten nach festgelegten, validierten Prüfverfahren, die sich oft in vereinfachter Form an nationale oder internationale Standards anlehnen und die für den Anwender ersichtlich sind. Diese Laboratorien sorgen auch dafür, dass ihre Mess- und Prüfmittel rückführbar kalibriert sind.

DKD-Kalibrierung (Produktionswerkzeuge)

Etliche Länder (insbesondere in Asien sowie in Nord- und Südamerika) bieten akkreditierte Kalibrierungen für Produktionswerkzeuge an. Der Grund, warum diese Kalibrierungen nicht weltweit angeboten werden, ist eine laufende Debatte darüber, ob und wie dynamische Produktionswerkzeuge kalibriert werden können. Dieser Umstand hat dazu geführt, dass einige nationale

Institute diese Art der Akkreditierung anbieten und andere nicht. Ein weiteres großes Problem ist, dass die nationalen Institute, die diese Akkreditierungen anbieten, sich bislang nicht auf ein gemeinsames Kalibrierverfahren einigen konnten. Daher gibt es sehr viele unterschiedliche Kalibrierverfahren und Ergebnisse, die nicht vergleichbar sind, sodass eine internationale Anerkennung dieser Kalibrierzertifikate in den meisten Fällen nicht möglich ist. Aus diesem Grund ist diese Art von akkreditierten Kalibrierungen leider nicht durch ein ILAC-Abkommen geregelt.



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

Maschinenfähigkeitsuntersuchungen (Produktionswerkzeuge)

Eine Maschinenfähigkeitsuntersuchung (manchmal auch Werkzeugkalibrierung oder Vergleichsmessung genannt) dient dazu, die C_m - und C_{mk} -Werte einer Maschine festzustellen. Mithilfe der Ergebnisse und der entsprechenden statistischen Auswertung 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 auf Seite 13). Oft wird dann jeweils eine Serie von sogenannten „weichen“ und „harten“ Schraubfällen simuliert, um zu sehen, wie das Werkzeug die Aufgaben erfüllt.

Im Gegensatz zu einer „akkreditierten Werkzeugkalibrierung“ (siehe oben) ist die Maschinenfähigkeitsuntersuchung (MFU) ein Prozess, der international von der Industrie anerkannt wird. Die bekannteste internationale Norm mit einer Beschreibung des Ablaufs solcher MFUs ist ISO 5393. Ein weiterer Standard, der seit einigen Jahren international zunehmend Anerkennung findet, ist die deutsche Richtlinie VDI/VDE 2645-2.



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

Homologation (Produktionswerkzeuge)

Im Gegensatz zur MFU, bei der eine einzelne Maschine geprüft wird, ist eine Homologation ein Maschinentypentest. Für diesen Test werden im Normalfall bis zu drei Maschinen des gleichen



Typs diesem sehr zeitaufwendigen Verfahren unterzogen. Die 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 durchgeführt. Auch wenn vermutet wird, dass Qualitätsprobleme auf einen Werkzeugtyp zurückzuführen sind, können Homologationen durchgeführt werden, um umfassende Informationen zum Verhalten des Werkzeugtyps zu bekommen.

7 Kalibrierablauf

Der typische Ablauf einer Kalibrierung umfasst eine Reihe von festgelegten Schritten (siehe Grafik auf der nächsten Seite):

1. Funktionstest und visuelle Prüfung auf Beschädigungen des Gerätes. Hier wird nach eventuellen Mängeln an Gehäuse, Display, Kabeln und Kontakten geschaut. Untersucht wird auch das Zubehör des Gerätes und ob die zur Kalibrierung erforderlichen technischen Unterlagen vorliegen (wie technische Daten, Bedienungsanleitung, Serviceunterlagen).

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 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 und Kosten der Reparatur zu vereinbaren. Falls das Gerät nicht reparaturfähig sein sollte, wird eine Verschrottung vorgeschlagen.

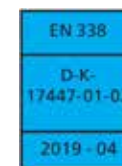
3. Ist das Gerät kalibrierfähig, wird je nach festgelegter Norm oder festgelegtem Standard ein Kalibrierverfahren durchgeführt. Falls das Gerät optimiert werden muss und dies mit dem Kunden vereinbart ist, wird nach erfolgter Justierung das Kalibrierverfahren noch einmal durchgeführt.

4. Nach erfolgter Kalibrierung prüft das Fachpersonal des Labors die Messdaten auf Plausibilität. Bei Abweichungen wird der Kalibriervorgang nochmals durchgeführt oder das Gerät wird zur Reparatur gegeben.

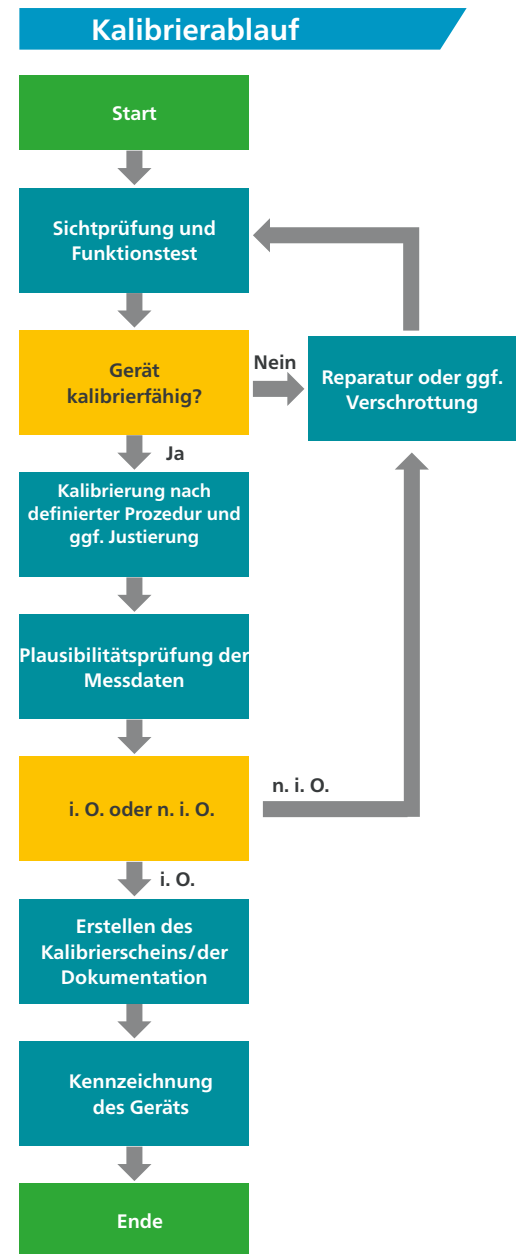
5. Bei bestandener Plausibilitätsprüfung werden ein Kalibrierschein und alle relevanten Dokumente nach geltenden Vorschriften und Normen erstellt. Zuletzt wird das kalibrierte Gerät gekennzeichnet. Die Kennzeichnung umfasst im Normalfall ein empfohlenes Rekalibrierdatum. Die Verantwortung für das richtige Kalibrierintervall liegt jedoch letztendlich beim Kunden.



Werks-Kalibriermarke



DKD-Kalibriermarke (Maßstab: 1:1)



Typischer Kalibrierablauf von Sichtprüfung und Funktionstest über Kalibrierung und Plausibilitätsprüfung bis zur Dokumentation und Kennzeichnung des Geräts.

8 Anforderungen an Kalibrierscheine

Welche Angaben sollte ein Kalibrierschein enthalten? Die von den verschiedenen Serviceanbietern ausgegebenen Kalibrierscheine unterscheiden sich sehr stark.

Der Inhalt eines DKD-Kalibrierscheins ist klar definiert und muss folgende Angaben umfassen:

- Eindeutige Identifikation des Messmittels (Typ und Seriennummer)
- Kalibrierdatum
- Auftraggeber und Anschrift
- Auflistung der Kalibriermittel und deren Rückführbarkeit auf die nationalen Normale
- Kalibrierverfahren / Norm
- Umgebungsbedingungen
- Kalibrierergebnisse (ggf. vor und nach einer Justierung)
- Messunsicherheit
- Bestätigungsintervall
- Justage- oder Kalibrierwert
- Mögliche Einschränkungen hinsichtlich der Verwendung (ergebnisabhängig)
- Individuelle Kalibriernummer für das Messmittel
- Eindeutige Identifikation des DKD-Kalibrierlabors
- Namen und Unterschriften der Personen, die die Kalibrierung durchgeführt haben
- Name und Unterschrift des Leiters des Kalibrierlabors oder seines Stellvertreters

Wenn es um Werkskalibrierungen geht, ist die Situation nicht so klar. Da die sogenannte Werkskalibrierung in alleiniger Verantwortung des Kalibrierdienstleisters 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 und deren Rückführbarkeit auf die nationalen Normale
- Kalibrierverfahren / Norm
- Kalibrierergebnis
- Individuelle Kalibriernummer für das Messmittel
- Umgebungsbedingungen
- Identifikation der Institution und Unterschrift der Person, die die Kalibrierung durchgeführt hat

Analog zu einem Kalibrierschein wird nach einer Maschinenfähigkeitsuntersuchung (MFU) ein Zertifikat erstellt, das jedoch zum Teil von der Art der Maschine und vom angewendeten Verfahren abhängig ist. Es sollte zumindest folgende Angaben enthalten:

- Eindeutige Identifikation des Messmittels
- Auftraggeber und Anschrift
- Datum des Prüfungsvorgangs
- Eingesetzte Referenzmittel
- Prüfmethode/-norm
- Maximal-, Minimal-, Soll- und erzielte Messwerte
- Justagewert
- Festgelegte Fehlergrenzen
- Ermittelte C_m - und C_{mk} -Wert
- Identifikation der Institution und Unterschrift der Person, die die Kalibrierung durchgeführt hat

Rechts: Mindestangaben seriöser Labore auf einem Kalibrierschein. Beispiele für Zertifikate bei einer akkreditierten Kalibrierung und einer Maschinenfähigkeitsuntersuchung sind im Anhang zu finden.

In allen Fällen, ob nun Werks- oder DKD-Kalibrierung, sind fehlende oder unvollständige Angaben ein Zeichen für mangelnde Kompetenz des Labors oder Dienstleisters und sollten vom Auftraggeber in Frage gestellt werden. Ein ordnungsgemäßer Kalibrierschein wird bei Problemen mit der Produkthaftung und zum Nachweis der Rückführbarkeit von Ergebnissen benötigt. Fehlende, irreführende oder falsche Angaben sind ein schwerwiegendes Risiko für Kunden.

9 Rekalibrierintervalle

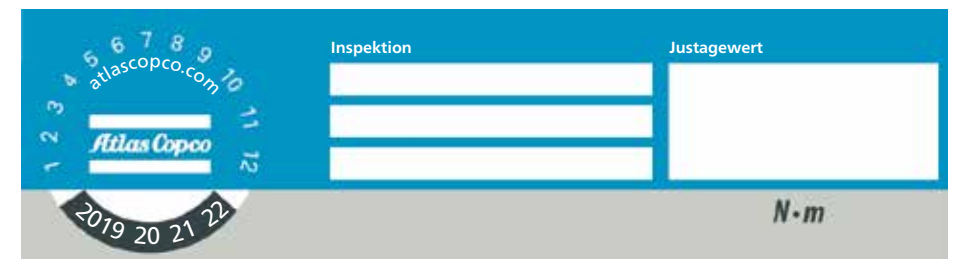
Eine häufig gestellte Frage ist die nach den erforderlichen Kalibrierintervallen für Mess- und Produktionsmittel. Diese Frage lässt sich nicht eindeutig beantworten, da ein Kalibrierergebnis immer eine Momentaufnahme der aktuellen Bedingungen ist, die sich im Laufe der Zeit ändern können. Die erforderlichen Kalibrierintervalle sind unter anderem von folgenden Faktoren abhängig:

- Mess- oder Produktionsgröße
- Zulässige Toleranzen
- Zustand der Mess- und Produktionsmittel
- Stabilität der zurückliegenden Kalibrierergebnisse
- Erforderliche Genauigkeit
- Qualitätssicherungsanforderungen
- Umgebungsbedingungen

! Die Rekalibrierintervalle sind von der jeweiligen Anwendung abhängig und müssen individuell festgelegt werden. In vielen Fällen wird eine jährliche Kalibrierung für Mess- und Produktionsmittel empfohlen.

Das bedeutet, dass der Abstand zwischen zwei Kalibrierungen letztlich vom Anwender und Anwenderfall abhängt und individuell festgelegt und überwacht werden muss. In der Regel ist der Qualitätsmanager des Unternehmens für diese Aufgabe zuständig. Bei neuen Messmitteln kann zum Beispiel eine schrittweise Annäherung an das praxisingerechte Kalibrierintervall sinnvoll sein.

Man beginnt mit einem relativ kurzen Zeitintervall. Das Zeitintervall für die darauf folgenden Kalibrierungen wird je nach Langzeitstabilität der Kalibrierergebnisse entsprechend verlängert oder verkürzt. In vielen Fällen ist jedoch ein jährlicher Rekalibrier-Rhythmus für Mess- und Produktionsmittel angebracht. Bei vielen sicherheitskritischen Anwendungen wird hingegen ein Intervall von 6 Monaten oder sogar 3 Monaten angewendet.



Prüfsiegel für Maschinenfähigkeitsuntersuchung und/oder Wartung

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.

Tatsächlich sind viel mehr Faktoren ausschlaggebend als nur das Kalibriersiegel am Gerät. Das angewendete Kalibrierverfahren und die Dokumentation der erzielten Ergebnisse sind von größter Bedeutung. Man sollte auf folgende Fragen achten:

1. Wurden alle Messbereiche des Kalibrierobjekts gemessen?
2. Liegen die Messwerte im laborspezifischen Bereich? (Labore werden auf ihre Messbereiche und Messunsicherheiten hin zertifiziert. Wenn sie eine höhere Genauigkeit angeben, als sie messen können, ist das unseriös und zeigt gravierende Unkenntnis.)
3. Ist das Labor überhaupt technisch in der Lage und kompetent, die Kalibrierung auszuführen?
4. Erhält man ein umfassendes Kalibrierprotokoll (siehe Abschnitt 8, Seite 15) oder nur einen Kalibrierschein ohne Angabe von Kalibrierergebnissen und Messunsicherheiten?

5. Hat der Kalibrierdienstleister vor der Kalibrierung Sicherheits- und Funktionstests 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 (Drehmoment, Kraft usw.) die DKD-Zertifizierung gilt. Nicht jede Kalibrierung ist eine DKD-Kalibrierung, nur weil sie von einem DKD-Laboratorium durchgeführt wurde.

Grundsätzlich besitzen DKD-Laboratorien eine hohe messtechnische Kompetenz. In einem verbindlich festgelegten Konformitätsverfahren ist sichergestellt, dass bei der Kalibrierung 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 umfassende Checkliste für die Auswahl eines geeigneten Kalibrierdienstes finden Sie im Anhang.

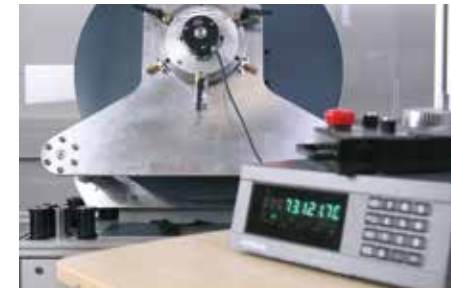


Achten Sie darauf, dass Sie einen seriösen Partner wählen (und keinen „Low Budget“-Kalibrierdienstleister, der Kalibrierungen mit sehr zweifelhafter Qualität durchführt)!

11 Besonderheiten bei der Winkelkalibrierung

Drehwinkelkalibrierungen werden nach der Richtlinie VDI/VDE 2648 durchgeführt (siehe Seite 9). Man unterscheidet zwischen direkt messenden Systemen, wie zum Beispiel Drehmoment-Drehwinkel-Sensoren (VDI/VDE 2648, Teil 1) und indirekt messenden Systemen, beispielsweise Drehmoment-Drehwinkel-Schlüssel (VDI/VDE 2648, Teil 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 durchgeführt werden. Die Messungen werden normalerweise in beide Richtungen durchgeführt, rechts- und linksherum.



Drehwinkelkalibriersystem für direkte und indirekte Messsysteme.



Achtung!

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

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 dieser 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, um die ordnungsgemäße Funktion und die Ergebnisse unter realen Betriebsbedingungen zu verifizieren.



12 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

Drehmomentkalibrierungen 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.

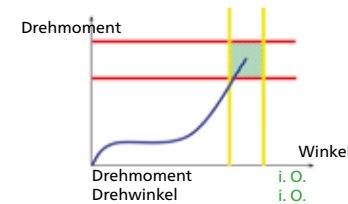
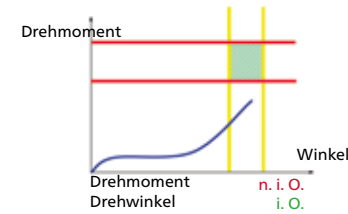
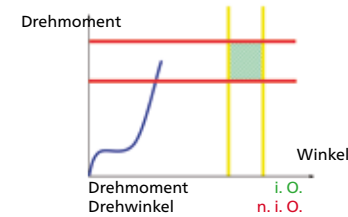
Drehwinkel

Drehwinkelkalibrierungen 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 Anwendungen 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. Dies gilt auch für Geräte zur Qualitätskontrolle, die das „eingebaute Drehmoment“ (z. B. Drehmoment-Drehwinkel-Schlüssel) messen, da hier der Drehwinkel als wesentlicher Parameter für die Auswertung von Ergebnissen verwendet wird.

Drehmoment und Drehwinkel

Je anspruchsvoller die Schraubverbindungen, umso drängender wird in Betrieben das Thema Drehwinkelkalibrierung. Vor allem bei sicherheitskritischen Verschraubungen (der sogenannten Kategorie A der Richtlinie VDI 2862), gilt es, neben der Steuergröße (z. B. Drehmoment) auch eine Kontrollgröße (z. B. Winkel) zu dokumentieren. Hier bietet sich der Drehwinkel oft als die praktikabelste Lösung an. Sicherheitskritische Verschraubungen sind zum Beispiel die Befestigungen von Gurten oder Airbags oder von Rotorblättern an Windkraftanlagen oder Erdgasschlüssen bei Weißwaren (z. B. Waschmaschinen). Versagen diese Schraubverbindungen, besteht unmittelbare Gefahr für Leib und Leben.



Drehmoment-Drehwinkel-Diagramme

Die Schraubverbindung kann nur dann als korrekt angesehen werden, wenn beide Variablen gleichzeitig i. O. sind (Grafik unten).

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 auf Seite 19)

! Atlas Copco hat einen eigenen Standard für die Prüfung und Kalibrierung von Presswerkzeugen entwickelt. Dieser Standard bezieht sich nicht nur auf die Kraftkalibrierung, sondern auch auf die Wegkalibrierung, da beide Variablen in einem Montageprozess erforderlich sind.

! Achten Sie darauf, dass die Drehwinkelkalibrierung von Messwertgebern oder Schlüsseln nur in Verbindung mit einer Drehmomentkalibrierung durchgeführt wird. Die Drehmomentkalibrierung dient als Grundlage für die Festlegung bestimmter wesentlicher Parameter.

13 Besonderheiten bei der Kraftkalibrierung

In vielen Produktionsanlagen werden Kraftsysteme eingesetzt, die üblicherweise bei der Montage von Lagern oder Steckern zur Anwendung kommen. Offensichtlich müssen diese Pressensysteme ebenfalls kalibriert werden, um die ordnungsgemäße Funktion und Qualität von Produkten sicherzustellen.

Da es sich bei dieser Art von Systemen um Produktionswerkzeuge handelt, ist eine MFU (siehe Seite 12) eine geeignete Möglichkeit der Kalibrierung, um die ordnungsgemäße Funktion sicherzustellen. Nach dem derzeitigen Stand gibt es jedoch kein internationales und verifiziertes Verfahren, das hier angewendet werden könnte. Aus diesem Grund wenden Hersteller dieser Systeme ihre eigenen Verfahren an. In den meisten Fällen benötigen diese Systeme eine Kraftkalibrierung, aber auch eine Wegkalibrierung, da beide Variablen in einem Montageprozess zur Anwendung kommen. Vor allem die Wegkalibrierung wird oftmals bei der Kalibrierung dieser Systeme vergessen, dies ist jedoch für die gesamte Montagequalität von wesentlicher Bedeutung.

Die Kraftkalibrierung von Messgeräten zur Ausführung einer Kalibrierung oder MFU der oben genannten Werkzeuge ist standardisiert. Eine Kraftkalibrierung bei Kraftaufnehmern wird nach der internationalen Norm ISO 376 durchgeführt.



Hydraulischer Drehmomentschlüssel (links) und Kalibrierung eines solchen Werkzeugs (vorne im Bild ist die Hydraulikpumpe zu sehen).

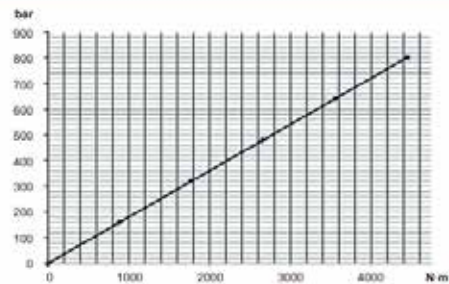


14 Hydraulikschlüssel

Hydraulische Drehmomentschlüssel werden häufig in der chemischen und petrochemischen Industrie, im Rohrleitungsbau und bei der Montage von Windkraftanlagen eingesetzt. Diese Werkzeuge verwenden hohe Öldrücke, um ein sehr hohes Drehmoment zu erreichen, das oftmals deutlich über 20.000 Nm liegt. Hydraulische Drehmomentschlüssel arbeiten jedoch sehr langsam, sodass sie hauptsächlich in den letzten Phasen des Schraubvorgangs eingesetzt werden. Sie unterscheiden sich stark von elektrisch betriebenen Schraubersystemen, die in den vorherigen Kapiteln beschrieben wurden. Diese kontrollierten Systeme werden üblicherweise in zwei Phasen betrieben, mit einer sehr schnellen Auslaufphase gefolgt von einer wesentlich langsameren und genaueren finalen Schraubphase. Hydraulische Drehmomentschlüssel werden durch spezielle Pumpeneinheiten mit einem Öldruck von bis zu 700 bar betrieben und gesteuert. Der Pumpendruck selbst wird mit einem Druckmesser eingestellt; mit dem Druck wird ein ungefährer Drehmomentwert eingestellt. Das Verhältnis zwischen Druck und Drehmoment wird anhand einer Tabelle festgelegt, die mit dem Drehmomentschlüssel mitgeliefert wird – Druck versus Drehmoment (siehe Seite 20).

Dynamische Prüfungen sind nicht möglich

Diese Werkzeuge kommen häufig bei kritischen Anwendungen zum Einsatz und müssen daher genauso geprüft und kalibriert werden wie normale Elektro- oder Druckluftschrauber. Dynamische Prüfungen nach ISO 5393 oder VDI/VDE 2645 sind hier jedoch nicht sinnvoll. Diese Standards beschreiben hochdynamische Prozesse, die zwar auf elektrisch gesteuerte Schraubssysteme zutreffen, jedoch nicht auf Hydraulikschlüssel.



Drehmoment-Druck-Diagramm für die Einstellung von hydraulischen Drehmomentschlüsseln Der Öldruck dient als Variable für die Einstellung des erforderlichen Drehmoments

Mit Schlüsseln dieser Art ist der Prozess nahezu statisch, da die abschließende Schraubphase lediglich einen Winkel von einigen wenigen Grad abdeckt und sehr langsam ausgeführt wird. Dementsprechend gibt es auf dem Markt viele Dienstleister, die ganz unterschiedlich arbeiten, mitunter auch nicht professionell. Zudem werden ganz unterschiedliche Prüfverfahren angewendet, die nicht einmal die Grundanforderungen erfüllen, um eine ordnungsgemäße Funktion und vernünftige Ergebnisse sicherstellen zu können.

Internationale Kalibrierstandards noch nicht verfügbar

Einige nationale Ausschüsse arbeiten derzeit an einem Standard für die Prüfung und Kalibrierung von hydraulischen Drehmomentschlüsseln. Bis dieser herausgegeben wird, muss unbedingt sichergestellt werden, dass die verwendeten Kalibrierverfahren zumindest die Grundanforderungen in Bezug auf die Rückführbarkeit und Wiederholbarkeit der Prüfergebnisse erfüllen. Bei einigen der derzeit verwendeten Kalibrierverfahren, vor denen der Anwender gewarnt werden sollte, wird der hydraulische Drehmomentschlüssel nur in einem begrenzten Drehmomentbereich

geprüft, d. h. der Anwender kann sich nicht sicher sein, ob das Werkzeug im gesamten Bereich ordnungsgemäß arbeitet. Aktuell gibt es einige Prüfsysteme, die Messungen über 20.000 Nm vornehmen können. Dementsprechend können Drehmomentschlüssel, die oberhalb dieses Drehmomentbereichs eingesetzt werden, nur bis zum maximalen Drehmomentwert des Prüfsystems geprüft werden. Höhere Drehmomentwerte werden dann oftmals hochgerechnet. Es liegt auf der Hand, dass derartige Vorgehensweisen unseriös und auch extrem gefährlich sind, da der Anwender sich nicht sicher sein kann, dass der Drehmomentschlüssel bei höheren Drehmomenten ordnungsgemäß funktioniert. Dies gilt auch für Prüfverfahren, die lediglich Messungen an zwei oder drei Messpunkten umfassen und bei denen die anderen Werte dann entsprechend eingefügt werden, um Zeit und Geld zu sparen. Da die verwendeten Kalibrierverfahren noch nicht standardisiert wurden, sind derartige Vorgehensweise auf dem Markt leider keine Seltenheit. Anwender müssen daher ihre Dienstleister genau unter die Lupe nehmen.



Wenn keine rückführbar gemessenen Werte verfügbar sind und das Prüfverfahren nicht dokumentiert wird, ist es schwierig, eine gleichbleibend hohe Qualität zu erzielen. Im Falle von Produkthaftungsverfahren wird es auch schwierig, einen Nachweis zu liefern, dass ein Hersteller eine sichere Prozesskette lückenlos gewährleisten konnte.

Eine überarbeitete und erweiterte Fassung der Richtlinie VDI 2862 wurde Ende 2013 veröffentlicht. Neben der Verwendung von Schraubwerkzeugen legt dieser Standard auch Anforderungen für die Klassifizierung von Schraubvorgängen fest, die nicht nur für die Automobilindustrie gelten, wie zuvor, sondern auch für die Industrie im Allgemeinen, wenn dort hydraulische Drehmomentschlüssel häufig zum Einsatz kommen.



Hydraulische Drehmomentschlüssel werden häufig in der Prozess- und Windkraftindustrie eingesetzt.

Daher sind die Hersteller verpflichtet, Schraubergebnisse bei Hydraulikschlüsseln zu dokumentieren und regelmäßige Kalibrierungen vorzunehmen, vor allem wenn sie für Schraubverbindungen der Kategorie A (= Klassifizierung der Schraubverbindung als sicherheitskritisch, da bei einem Versagen das Risiko für Leib und Leben besteht) verwendet werden. Schraubverbindungen sind oftmals besonders wichtig für die Sicherheit, nicht nur bei Industrieanlagen und Windparks. In petrochemischen Anlagen stellen fehlerhafte Schraubverbindungen eine erhebliche Gefahr für die Umwelt dar, was im Fall des Falles schwerwiegende Haftungsprobleme nach sich ziehen kann.

! Prüfverfahren mit eingefügten und hochgerechneten Messwerten sind unseriös und stellen ein erhebliches Risiko dar!

15 Was ist sinnvoll?

Um die Frage zu beantworten, was für jeden einzelnen Anwender sinnvoll ist, müssen die jeweiligen Bedürfnisse berücksichtigt werden und es muss grundsätzlich zwischen Schraubern in der Produktion auf der einen und Messmitteln auf der anderen Seite unterschieden werden. In der Regel ist der Qualitätsmanager eines Unternehmens derjenige, der die Regeln für die Kalibrierung und Prüfung von Messgeräten und Werkzeugen festlegt. Diese Person ist auch dafür verantwortlich, die erforderliche Qualität zu erzielen und die Dokumentation der Ergebnisse für künftige Zwecke sicherzustellen. Es gibt jedoch einige allgemeine Empfehlungen, die in der Industrie recht verbreitet sind und nachfolgend zusammengefasst werden.

Produktionsmittel

Produktionsmittel wie Elektro- und Druckluftschrauber müssen regelmäßig geprüft werden. Standardisierte Maschinenfähigkeitsuntersuchungen (MFU) nach ISO 5393 sind eine sehr vorteilhafte Lösung, da sie weltweit anerkannt werden. Gleiches könnte auch schon bald für die Richtlinie VDI/VDE 2645-2 gelten, die zunehmend an Akzeptanz gewinnt. DKD-Werkzeugkalibrierungen (siehe Seite 12) sind in einem globalen Kontext hingegen weniger empfehlenswert, da die Verfahren nicht international gültig sind und in den verschiedenen Märkten auch zu sehr voneinander abweichen. Für die lokale Produktion ist dies jedoch unter Umständen eine geeignete Option.

Homologationen (siehe Seite 13) werden nur im Hinblick auf eine spezifische Anforderung empfohlen (d. h. Angebotsspezifikationen) oder wenn der begründete Verdacht besteht, dass das Werkzeug Qualitätsprobleme verursacht. Homologationen sind sehr umfassend und bieten Informationen, die weit über das hinausgehen, was bei einer MFU oder einer Werkzeugkalibrierung an Informationen geliefert wird. Diese Art von Prüfungen ist als abschließende Verifizierung bei F&E-Projekten durchaus sinnvoll. Hier zeigen die Ergebnisse, ob ein Werkzeug die Sollwerte erreicht, die für die Entwicklung des Produkts zu Beginn eines Projekts festgelegt wurden.

! Sämtliche Produktionswerkzeuge müssen in regelmäßigen Abständen ordnungsgemäß geprüft werden.
DKD-Kalibrierungen sind die beste Wahl für die Kalibrierung von Messmitteln.

Messmittel

Bei Messmitteln wie Drehmoment-Messwertgebern werden DKD-Kalibrierungen in der Regel empfohlen. Normen wie beispielsweise ISO 9001, ISO 10012 und IATF 16949 verlangen, dass Messmittel rückführbar kalibriert werden. DKD-Kalibrierungen erfüllen diese Anforderungen jederzeit und die ausgegebenen Kalibrierscheine werden international anerkannt; dadurch können oftmals Kosten gespart werden. Im Allgemeinen geht der Trend also hin zu akkreditierten Kalibrierungen, da die Anzahl von zweifelhaften Kalibrierdiensten (nicht akkreditiert) stetig wächst, wodurch für die Industrie große Probleme entstehen.

Wenn es keine spezifischen Anforderungen für die Kalibrierung oder Prüfung basierend auf Qualitätsstandards gibt, können Werkskalibrierungen als Alternative empfohlen werden. Zudem gibt es einige Messgrößen, für die die Akkreditierungsstellen bislang noch keine Akkreditierungen ausgeben, beispielsweise Ultraschall. Auch in diesen Fällen sind Werkskalibrierungen eine mögliche Alternative.

Messwertgeber und andere Messgeräte, die als Referenznormale dienen, müssen stets einer DKD-Kalibrierung unterzogen werden. Anderenfalls ist die Rückführbarkeit auf nationale Referenznormale nicht sichergestellt. Diese Rückführbarkeit ist üblicherweise der alleinige Zweck von Referenz-Messmitteln.



16 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 9001 ergab sich zumindest eine erste Definition, die für die Industrie 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 gibt die Norm DIN EN ISO 9001 Antworten und praktische Hinweise. Nach dieser Normenreihe zertifizierte Organisationen und Unternehmen verpflichten sich, definierte Vorgehensweisen einzuhalten. Hierzu sind beispielsweise die Dokumentation und Rückführbarkeit von Ergebnissen sowie genau arbeitende Messmittel zwingende Voraussetzung. Alle Messmittel und Referenzen müssen in regelmäßigen Abständen ordnungsgemäß kalibriert werden, und diese Kalibrierungen müssen bestimmte Anforderungen erfüllen.

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. Ein konkretes Beispiel ist das Produkthaftungsgesetz, das auf der EG-Richtlinie 85/374 EWG beruht und mittlerweile in allen Mitgliedsstaaten der EU umgesetzt wurde. Vergleichbare Gesetze werden auch in anderen Ländern weltweit umgesetzt.

! Eine ordnungsgemäße Qualitätssicherung trägt zur Kosteneinsparung bei – dadurch werden nicht nur direkte Kosten für Rückrufaktionen reduziert, sondern auch Imageschäden minimiert.

Das Produkthaftungsgesetz ist für jedes Unternehmen und jede Organisation, die Produkte in der Europäischen Union verkauft oder vertreibt, verbindlich. Gleiches gilt auch für andere Länder mit ähnlichen Gesetzen. 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. Aufgrund der schnelleren Produktion, der Notwendigkeit, die Kosten zu senken, und die entsprechend kürzeren Lebenszyklen von Produkten ist die Anzahl von Rückrufaktionen in den letzten Jahre drastisch angestiegen. All dies sind die Folgen einer unzureichenden Umsetzung der erforderlichen Schritte für die Sicherstellung der Qualität in der Produktion. Glücklicherweise ist dank der Rückführbarkeit ein effektiver Rückruf möglich. Die Kosten sind jedoch stets sehr hoch im Vergleich zu einer Qualitätssicherung von Anfang an.

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

Die Leichtbauweise von Fahrzeugen führt zu Ressourcen- und Energieeinsparungen. Dieser Trend bedeutet jedoch auch, dass die Anzahl von sicherheitskritischen Schraubverbindungen steigt. Das Risiko eines Versagens dieser Verbindungen muss auf ein absolutes Minimum beschränkt werden, da diese direkte Auswirkungen auf die Sicherheit haben. Die für die Kalibrierung dieser Schraubsysteme verwendeten Geräte müssen höchsten Standards entsprechen, um die strengen Anforderungen zu erfüllen.

Dies bedeutet, dass eine ordnungsgemäße Qualitätssicherung langfristig maßgeblich zur Kosteneinsparung beiträgt und damit nicht nur bessere Produkte für die Kunden bereitstellt, sondern auch Imageschäden für das Unternehmen im Markt reduziert.

Produkthaftung bis zu 60 Jahren ist im Fahrzeug- und Flugzeugbau keine Ausnahme. Im Rahmen des Produkthaftungsgesetzes müssen die für die Messaufgabe geeigneten Prüfmittel vom Hersteller 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 zugrunde gelegt wurden. Werden diese Maßnahmen eingehalten, kann der Hersteller Ersatzansprüchen leichter entgegenreten.

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 ein integraler Bestandteil der gesamten Prozesskette – von der Produktplanung und Produktentwicklung über den Einsatz bis hin zur Entsorgung und stofflichen Verwertung des Produkts. Umweltmanagementsysteme werden nach ISO 14001 geprüft und zertifiziert.



Professionelle Software sorgt mit Unterstützung eines Technikers und einer automatisierten Auswertung der Ergebnisse für ordnungsgemäße Kalibrierergebnisse.

17 Anforderungen der Industrie

In der Industrie haben die 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 Norm DIN EN ISO 9001 ist als wesentliches Qualitätssicherungselement die Prüf- und Produktionsmittelüberwachung 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.

! Prüf- und Produktionsmittel müssen regelmäßig kalibriert werden und auf nationale Normale rückführbar sein.

Die Rückführung der Kalibrierergebnisse auf nationale Normale sollte von Laboren, die Kalibrierscheine ausstellen, bestätigt werden. Die internationale Anerkennung dieser Werkzertifikate wurde jedoch wegen der enormen Zunahme teilweise unqualifizierter Kalibrierdienstleister immer fraglicher. Daher verlangen Inspektoren zunehmend Kalibrierscheine, die in der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC, siehe Seite 28) akkreditiert sind.

Nationale Akkreditierungsstellen wie beispielsweise die DAkkS in Deutschland, die UKAS in Großbritannien oder ACCREDIA in Italien sind als Mitgliedsorganisationen akkreditiert und genießen nicht nur innerhalb der Europäischen Union, sondern in den meisten Industrieländern 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 10012 oder IATF 16949.

IATF 16949 vereint Anforderungen unterschiedlicher nationaler Standards und basiert auf der ISO 9001. Die Norm wird von so gut wie allen Automobilherstellern weltweit anerkannt und zeigt einen Weg aus dem Zertifizierungslabyrinth 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, EAQS in Frankreich und AVSQ in Italien).

Große Automobilhersteller wie Daimler, General Motors und Ford haben beschlossen, nur noch Zulieferer zu beauftragen, die nach IATF 16949 zertifiziert sind (siehe Kasten unten). Damit gilt IATF 16949 automatisch für die gesamte Lieferkette der Automobilindustrie, also sowohl für direkte als auch indirekte Lieferanten. Eine Umstellung auf IATF 16949 wird daher auch wegen der weltweiten Anerkennung aller großen Automobilhersteller dringendst empfohlen.



! **IATF 16949** enthält einen direkten Bezug auf die ISO/IEC 17025 (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 17025 Anforderungen an die technische Kompetenz enthält, die nicht durch die ISO 9001 abgedeckt werden. Das Kalibrierlabor muss daher nicht nur ein Qualitätsmanagementsystem 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 Kommunikationsprozesse innerhalb des Labors existieren und dass eine Kommunikation über die Wirksamkeit des Managementsystems stattfindet. Das Labor muss auch für Informationsrückfluss von seinen Kunden sorgen; dies bezieht sich sowohl auf positive als auch auf negative Informationen. Der Informationsrückfluss sollte für die Verbesserung des Managementsystems, der Prüf- und Kalibrierfähigkeit und des Kundendienstes genutzt werden, ISO/IEC 17025 fordert ausdrücklich die kontinuierliche Verbesserung des gesamten Managementsystems im Labor.

18 Messmittel-Management

Neben den genannten Normen und Standards muss im Zusammenhang mit dem Kalibrieren in der Schraubtechnik auch auf DIN EN ISO 10012 hingewiesen werden.

Diese Norm enthält allgemeine Anforderungen für die Lenkung und die metrologische Bestätigung von Messmitteln. 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 soll.

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 10012 wird oft bei der Festlegung von Produkteigenschaften sowie bei der Bewertung und Auditierung von Messmittel-Managementsystemen eingesetzt.

Konkretisiert werden in der DIN EN ISO 10012 unter anderem die Anforderungen, alle Messmittel mit Normalen zu kalibrieren, die auf nationale oder internationale 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 enthalten muss.

Um sowohl die hier aufgeführten 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 sowohl die hier aufgeführten Anforderungen der Industrie als auch viele andere abzudecken, kann eine jährliche DKD-Kalibrierung der eingesetzten Messmittel viel Aufwand und Ärger ersparen.

19 Vorteile durch Kalibrieren

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

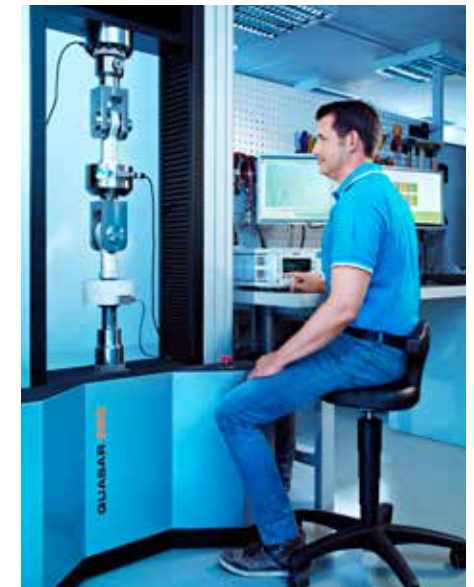
Die Hauptvorteile im Überblick:

- Sicherheit für den Hersteller oder Lieferanten
- Sicherheit für den Anwender
- Rückführbarkeit der Ergebnisse
- Qualitätssicherung in der Produktion
- Erfüllung der Qualitätsnormen
- Höhere Kundenzufriedenheit
- Internationale Anerkennung (bei DKD-Zertifikaten)
- Erfüllung der strengen Anforderungen, zum Beispiel denen der Automobilindustrie
- Nachweisbarkeit bei der Produkthaftung

Kaum ein Unternehmen kann heute auf diese 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 und 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 Kalibrierung der Prüf- und Messmittel verzichten können.

! Hauptvorteile: Rückführbarkeit der Ergebnisse, weniger Nacharbeit und Nachweisbarkeit bei Produkthaftungsverfahren.



20 Weitere Informationsquellen

Weitere empfohlene Informationsquellen zur Kalibrierung und Qualitätssicherung:

www.atlascopco.com/en-us/itba/service/service-offerings/maintenance/calibration

Atlas Copco, Ihr kompetenter Kalibrierdienstleister, bietet einen umfassenden Service einschließlich Messmittel-Management.

www.european-accreditation.org

Zusammenschluss der europäischen Zertifizierungsorganisationen für gegenseitige Anerkennung. Die meisten europäischen Akkreditierungsstellen sind Mitglieder der EA.

www.ilac.org

ILAC: Internationaler Zusammenschluss von Akkreditierungsorganisationen. Die EA ist Mitglied des ILAC. Dadurch gewinnen DKD-Zertifikate bei den ILAC-Mitgliedern Anerkennung.

www.iso.org

ISO: Internationale Organisation für Normung. Entwickelt und veröffentlicht internationale Normen, die für die Industrie weltweit relevant sind.

Falls Sie Fragen zu diesem Thema haben, können Sie sich jederzeit an Ihren Ansprechpartner vom Atlas Copco Service wenden: www.atlascopco.com

Wir informieren Sie gern über unsere professionellen Schulungen zu verschiedenen Themen, darunter auch Kalibrierungen. Diese und andere Kurse passen wir individuell auf Ihren Bedarf an und können sie auch bei Ihnen vor Ort durchführen.

Im Anhang finden Sie Beispielzertifikate von Maschinenfähigkeitsuntersuchung und DKD sowie eine Checkliste für die Auswahl eines Kalibrierdienstleisters.

21 Ihr professioneller Kalibrierdienstleister

Atlas Copco ist Ihr Partner für Kalibrierungen. Als Experte in Sachen Schraubwerkzeuge und Qualitätssicherungsausrüstung möchten wir Sie bei der Kalibrierung Ihrer Mess- und Prüfmittel unterstützen, damit Sie sich auf Ihre wesentlichen Aufgaben konzentrieren können. Wir führen sowohl DKD- als auch Werkskalibrierungen durch.

Die von Atlas Copco verwendeten Mess- und Prüfmittel werden regelmäßig kontrolliert und kalibriert und sind direkt auf die nationalen Normale rückführbar.

Wir bieten unsere Kalibrierdienste in mehr als 20 Märkten an und wir können die meisten Kalibrierungen direkt bei Ihnen vor Ort durchführen, damit Sie Ausfallzeiten minimieren und Logistikprobleme vermeiden können.

22 Unsere Logistiklösungen

Wiederverwendbares Transportsystem und Abholservice

Atlas Copco bietet Transportmöglichkeiten, die speziell auf Ihre Bedürfnisse zugeschnitten sind, vom versicherten Versand mit Sendungsverfolgung bis hin zu Abhol- und Lieferservice. Wir sorgen dafür, dass Ihre wertvollen Geräte sicher, effizient und umweltfreundlich gehandhabt werden.

Wir bieten folgende Möglichkeiten an:

Standardversand: Sie können den Versandstatus Ihrer Messmittel jederzeit prüfen. Auf Anfrage können wir die Geräte auch per Nachtexpress versenden.

Wiederverwendbares Transportsystem:

Sie rufen uns einfach an und wir holen Ihre Mess- und Prüfmittel ab, die umweltfreundlichen und wiederverwendbaren Versandbox versendet und zurückgeschickt werden. Sie behalten die



Box, bis Sie sie das nächste Mal benötigen. Wir übernehmen die volle Verantwortung für den Versand. Diese Lösung ist benutzerfreundlich und reduziert die Verwaltungskosten unserer Kunden.

Abhol- und Lieferservice: Wenn Ihre Mess- und Prüfmittel eine besondere Behandlung erfordern, bieten wir einen Abhol- und Lieferservice mit geschulten Fahrern an. Sie können sicher sein dass Ihre Geräte bei uns in sicheren Händen sind.

Atlas Copco hat nationale Akkreditierungen für Kalibrierzentren weltweit erhalten – und auch Vor-Ort-Kalibrierungen sind fast überall möglich.

Brasilien	Rede Brasileira de Calibração (RBC)
Deutschland	Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS)
China	China National Accreditation Service for Conformity Assessment (CNAS)
Osteuropa	Czech Accreditation Institute (CAI)
Indien	National Accreditation Board for Testing and Calibration Laboratories (NABL)
Italien	Accredia - L'Ente Italiano di Accreditamento (ACCREDIA)
Mexiko	Entidad mexicana de acreditación, a.c. (EMA)
Südafrika	South African National Accreditation System (SANAS)
Großbritannien	The United Kingdom Accreditation Service (UKAS)
USA	Laboratory Accreditation Bureau (L-A-B)
Weltweit	International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

23 Schulungen, Seminare und Workshops

Atlas Copco bietet eine Vielzahl an Schulungskursen, Seminaren und Workshops an, damit unsere Kunden ihr Fachwissen auffrischen und vertiefen können.

Seminar: Qualitätsmanagement – Kalibrierung für Schraubsysteme

Dieses Seminar befasst sich mit der Kalibrierung von Messmitteln in Verbindung mit Maschinenfähigkeitsuntersuchungen bei Schraubwerkzeugen. Das Programm umfasst Präsentationen und praktische Übungen. Die Teilnehmer vertiefen ihr Fachwissen in folgenden Bereichen: Kalibrierung und

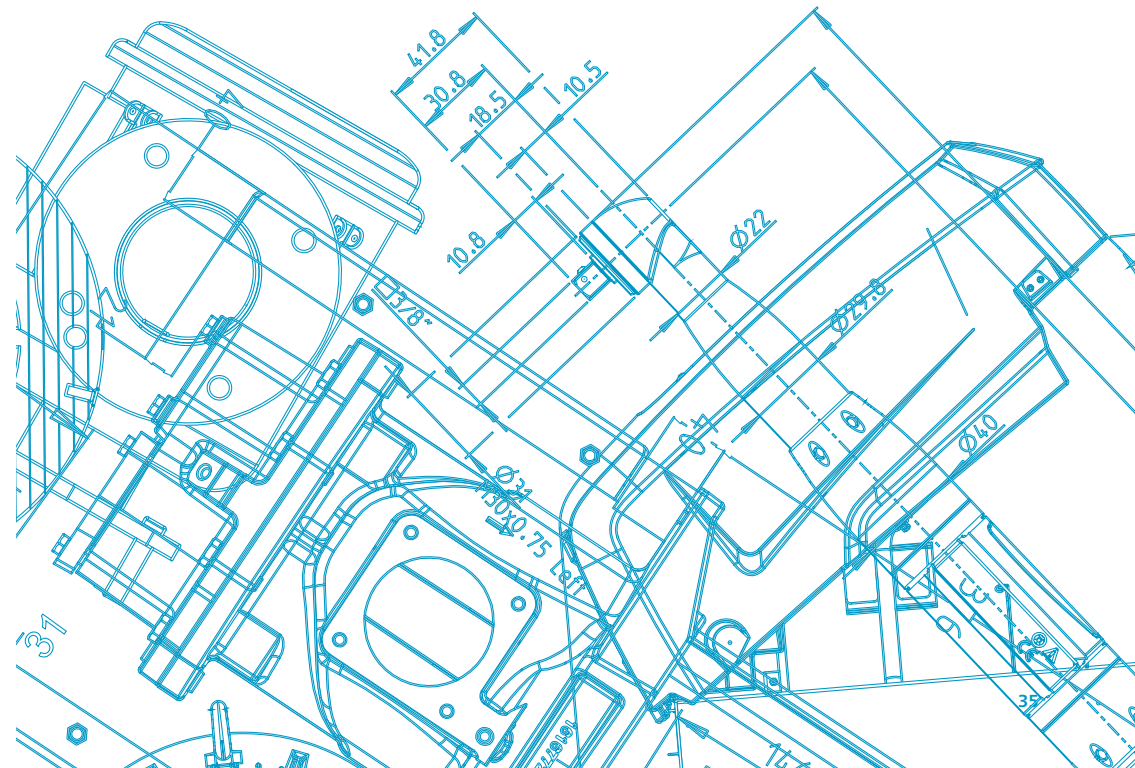
Maschinenfähigkeitsuntersuchungen, Normen, Standards und Richtlinien für Schraub- und Kalibriersysteme, Kalibrierung mit Verweis auf die Produkthaftung und Produktsicherheit, Schraubprozesse mit Verweis auf Kalibrierungen, Messmittelfähigkeit, Kontrollmessungen, Grundprinzipien von Statistiken in diesem Bereich. Schwerpunkte des Seminars:

- Bedeutung von Kalibrierungen und Maschinenfähigkeitsuntersuchungen
- Arten von Kalibrierungen und Prüfungen
- Normen und Standards
- Kalibrierung und Werkzeugprüfung in der Praxis
- Unterschiede zwischen Maschinenfähigkeitsuntersuchung, Kalibrierung und Justierung
- Lesen und Interpretieren von Zertifikaten
- Wie man gute, seriöse Zertifikate von verdächtigen Zertifikaten unterscheidet



Experten von Atlas Copco bereiten die Teilnehmer auf bevorstehende ISO- oder Zertifizierungsaudits in Workshops vor, die auf die speziellen Anforderungen des Kunden zugeschnitten sind.

Anhang





Zertifikat CERTIFICATE

Zertifikats-Nr.: 40092304
Certificate No.:

Hersteller / Manufacturer: ATLAS COPCO TOOLS AB
 Maschinentyp / Tool Type: ETV ES61-100-B13
 Steuerung / Controller: Power Focus 600
 Serien-Nr.: B 5690878
 Serien-Nr.: A 4450252
 Kunden-ID: Customer ID:
 Kunden-ID: Customer ID:
 Kunden-ID: Customer ID:

Vorgegebene Werte zum Schraubfall [N·m] Target values [N·m]	Md - Max	Md - Soll Md - target	Md - Min Md - min	Toleranz tolerance
	107,50	100	92,50	7,5%

Erzielte Messwerte [N·m] für den Schraubfall 30°

Results [N·m] for joint 30°

Nr. No.	Referenz Reference	Nr. No.	Referenz Reference	Nr. No.	Referenz Reference	Nr. No.	Referenz Reference	Nr. No.	Referenz Reference
1	97,98	6	101,47	11	101,96	16	101,91	21	102,25
2	100,65	7	100,57	12	99,79	17	101,22	22	100,09
3	100,06	8	102,37	13	101,76	18	102,33	23	103,72
4	99,95	9	100,63	14	101,45	19	100,74	24	102,94
5	100,93	10	102,14	15	103,20	20	102,29	25	100,58

Erzielte Messwerte [Drehwinkel] für den Schraubfall 30°

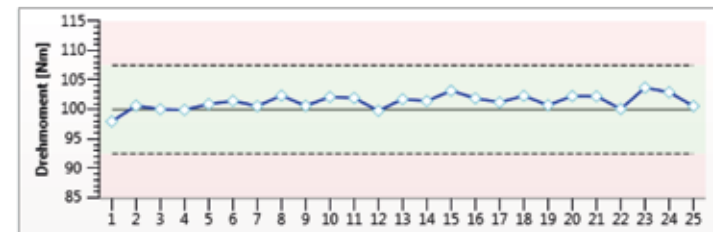
Results [Angle] for joint 30°

Nr. No.	Referenz Reference	Nr. No.	Referenz Reference	Nr. No.	Referenz Reference	Nr. No.	Referenz Reference	Nr. No.	Referenz Reference
1	29	6	31	11	32	16	32	21	32
2	31	7	31	12	30	17	32	22	31
3	30	8	32	13	32	18	32	23	33
4	30	9	31	14	32	19	31	24	33
5	31	10	32	15	33	20	32	25	31

Statistik der Referenz Statistics of Reference

Anz. Messungen No. of lightnings	25		Justierwert [N·m] =>>> Adjustment value [N·m] =>>>	203,5
Mittelwert Referenz Mean value of reference	101,32	N m	Standardabweichung Standard deviation	
Höchster Wert Max. torque	103,72	N m	1σ =>>>	1,267
Niedrigster Wert Min. torque	97,98	N m	3σ =>>>	3,601
			6σ =>>>	7,601

Toleranzklasse Class of tolerance	Cm	Cmk
7,5% =>>>	1,973	1,626



Zertifikat CERTIFICATE

Kunde / Customer: Muster GmbH
D-12345 Musterstadt
Zertifikats-Nr.: 40092304
Certificate No.:

Gegenstand der Prüfung Test Object

Hersteller / Manufacturer: ATLAS COPCO TOOLS AB
 Maschinentyp / Tool Type: ETV ES61-100-B13
 Steuerung / Controller: Power Focus 600
 Sonderantrieb / Special drive: -
 Crawlfoot: -
 Serien-Nr.: B 5690878
 Serien-Nr.: A 4450252
 Serien-Nr.: -
 Kunden-ID: Customer ID:
 Kunden-ID: Customer ID:
 Kunden-ID: Customer ID:
 Hersteller / Manufacturer: -

Md: min 40 N·m
max 100 N·m
Test-Md 100 N·m

Motor: Serien-Nr.:
Motor: Ser. No.:
Drehmomentsensor: Serien-Nr.:
Torque Transducer: Ser. No.:
Drehwinkelsensor: Serien-Nr.:
Angle encoder: Ser. No.:
 Artikelnummer: Article number:
 TC-Faktor: TC-Factor: 0,000

Referenz (Gebrauchsnorm) Reference:

Hersteller / Manufacturer: ATLAS COPCO
 Prüfgerät* / Testing device*: JSB 3860 (Local)
 Sensor: 3 - Brake - 25-250 Nm
 Rückführung / Standard: EN1961 D-K-17447-01-02 2014-07
 Serien-Nr.: 3860.576
 Serien-Nr.: 188.1724

*Die Messunsicherheit der Gegenmessenrichtung beträgt 1%.
 Die Ergebniswerte wurden mit der oben genannten Gegenmessenrichtung ermittelt.
 *The uncertainty of the measuring device is 1%.
 All results are measured with the testing device mentioned above.

Die Prüfung des Werkzeuges erfolgte auf einer Messbank. Das Werkzeug wurde in der Messvorrichtung werkzeugunabhängig fixiert.
 The test of the tool was performed on a simulator bench. The test object was fixed on a mounting plate.

Das Verfahren zur Prüfung der Maschinenfähigkeit erfolgte dynamisch und in Anlehnung an die Richtlinie VDI/VDE 2647.
 The process of testing the machine capability was done dynamically and lean upon the guideline of VDI/VDE 2647.

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 DAkkS D-K-17447-01, belegbar sichergestellt.
 This certificate documents the traceability to national standards which implement the unit of measurement according to the International Systems of Units (SI). The traceability of the stated results is given through the accredited laboratory D-K-17447-01.

Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich. Es wird empfohlen diese aber alle 12 Monate zu wiederholen.
 The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.
 It is recommended to repeat this every 12 months.

Prüfdatum / Date of measurement: 29.01.2015
 Bearbeiter / Responsible: D. Kubulek
 Druckdatum / Date of print: 29.01.2015

Atlas Copco Tools Central Europe GmbH
 Langemarckstraße 35
 45141 Essen
 Internet: www.atlascopco.de
 www.kalibrierdienst.de
 Tel. +49 (0) 201 - 21 77 - 0
 Fax +49 (0) 201 - 21 77 - 197
 cal-service@de.atlascopco.com

Beispielzertifikat für Kalibrierung, Seite 1

Kalibrierlaboratorium für mechanische und dimensionelle Messgrößen
Calibration laboratory for mechanical and dimensional measuring quantities



akkreditiert durch die / *accredited by the*
Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH



als Kalibrierlaboratorium im / *as calibration laboratory in the*
Deutschen Kalibrierdienst **DKD**

EN12345
D-K-
17447-01-02
2019-08

Kalibrierschein
calibration certificate

Kalibrierzeichen
calibration mark

<p>Gegenstand: <i>object:</i></p> <p>Hersteller: <i>manufacturer:</i></p> <p>Typ: <i>type:</i></p> <p>Fabrikat/Serien-Nr.: <i>serial number:</i></p> <p>Auftraggeber: <i>customer:</i></p> <p>Auftragsnummer: <i>order no.:</i></p> <p>Anzahl der Seiten: <i>number of pages:</i></p> <p>Datum der Kalibrierung: <i>date of calibration:</i></p>	<p>Drehmomentsensor</p> <p>Atlas Copco BLM s.r.l.</p> <p>IRTT-B 5A-106</p> <p>12345678</p> <p>Mustermann Mustermannstraße 1 99999 Musterdorf</p> <p>12345678</p> <p>4</p> <p>2019-08-13</p>	<p>Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Die DAKKS 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.</p> <p><i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). The DAKKS is signatory to 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.</i></p>
--	---	--

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

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature are not valid.

Datum <i>date</i>	Leiter des Kalibrierlaboratoriums <i>head of the calibration laboratory</i>	Bearbeiter <i>person in charge</i>
2019-08-13	Emil Gümüsdagli	Johannes Klicker

Atlas Copco Tools Central Europe GmbH
 Langemarkstraße 35
 D-45141 Essen

Fon: +49 (0)201 / 2177 - 767
 Fax: +49 (0)201 / 2177 - 197

cal-service@de.atlascopco.com
 www.kalibrierdienst.de
 www.atlascopco.de

Beispielzertifikat für Kalibrierung, Seite 2

Seite 2 zum Kalibrierschein vom 2013-05-23
 Page 2 of the calibration certificate from 2013-05-23

EN376
D-K-
17447-01-02
2013-05

In case of doubts the German text of this certificate is valid.

<p>1 Kalibrierverfahren / Calibration Procedure :</p> <p>2 Kalibriereinrichtung / Calibration device :</p> <p>2.1 Messunsicherheit für jede Drehmomentstufe in % / <i>Uncertainty of measurement related to torque in %</i></p> <p>2.2 DKD Bezugsnorm / <i>Reference transducer :</i></p> <p>2.3 Anzeigegerät / <i>Indication device :</i></p> <p>2.4 Einstellung des Anzeigegebietes / <i>Settings of the indication device :</i></p> <p>2.5 Anschlusskabel / <i>Input cable :</i></p> <p>2.6 Einspannteile / <i>Adaptors :</i></p> <p>3 Kalibriergegenstand / Calibration device :</p> <p>3.1 Anzeigegerät / <i>Indication device :</i></p> <p>3.2 Einstellung des Anzeigegebietes / <i>Settings of the indication device :</i></p> <p>3.3 Anschlusskabel / <i>Input cable :</i></p> <p>3.4 Kalibrierwert alt / <i>calibration value old :</i> Kalibrierwert neu / calibration value new :</p> <p>4 Kalibrieranordnung / Calibration installation :</p> <p>4.1 Einbaustellungen / <i>Mounting positions :</i></p> <p>4.2 Einspannteile / <i>Adaptors :</i></p> <p>4.3 Drehmomentvektor / <i>Torque vector :</i></p> <p>5 Umgebungsbedingungen / Conditions :</p> <p>5.1 Ort der Kalibrierung / <i>Place of calibration :</i></p> <p>5.2 Vor der Kalibrierung / <i>Before the calibration :</i></p> <p>5.3 Nach der Kalibrierung / <i>After the calibration :</i></p> <p>5.4 Relative Luftfeuchte / <i>Relative humidity :</i></p> <p>6 Aufnehmernullsignale / Transducer zero signals :</p> <p>vor Einbau / <i>before mounting :</i></p> <p>nach Kalibrierung / <i>after calibration :</i></p> <p>7 Zusätzliche Angaben / Additional information :</p>	<p>DIN 51309:2005-12 Klasse 1 / <i>DIN 51309:2005-12 Class 1</i></p> <p>2kN·m - Drehmoment- Bezugsnormmesseinrichtung Drehmoment / <i>Exp. Messunsicherheit /</i> Torque in N·m <i>Exp. Uncertainty (k = 2) in % :</i></p> <table border="0"> <tr><td>100</td><td>0,1</td></tr> <tr><td>200</td><td>0,1</td></tr> <tr><td>300</td><td>0,1</td></tr> <tr><td>400</td><td>0,1</td></tr> <tr><td>500</td><td>0,1</td></tr> </table> <p>TT 1 - 1000 Nm, 36782-04 MGC+ mit ML30, Ch1 DNR #010058 HBM (Deutschland)</p> <p>Speisespannung / <i>Supply voltage :</i> 5V Filtereinstellung / <i>Filter settings :</i> 1,5 Hz Bessel Auflösung / <i>Resolution :</i> 0,000001 Anzeigeinheit / <i>Indication unit :</i> mV/V</p> <p>Raute, 3m 6-Leiter Lamellenkupplung Typ Flexmod</p> <p>IRTT-B 500A-20, 43360080 MGC+ mit ML30, Ch2 DNR #010058 HBM (Deutschland)</p> <p>Speisespannung / <i>Supply voltage :</i> 5 V Ziffernschritt / <i>Numerical resolution :</i> 0,01 Anzeigeinheit / <i>Indication unit :</i> N·m</p> <p>16229-903010-0,2m 4-Leiter 453,40 Nm 454,63 Nm</p> <p>2 x 90° 4-Kant nach DIN3120 / 4-Square according to DIN3120 horizontal</p> <p>Permanentes Laboratorium Essen 21 °C 21 °C 26 %</p> <p>entfällt entfällt</p> <p>Berechnete Werte sind um die jeweilige Nullanzeige reduziert. Die Ergebnisse sind in der letzten Stelle gerundet. <i>Calculated values are reduced by the respective zero signal. The calculated values are rounded in the last decimal.</i></p>	100	0,1	200	0,1	300	0,1	400	0,1	500	0,1
100	0,1										
200	0,1										
300	0,1										
400	0,1										
500	0,1										

*Abweichend zu DIN51309:2005 wurde auch das relative Unsicherheitsintervall für Fall I bestimmt.
 In deviation to DIN51309:2005 also the relative uncertainty interval for case I was determined.*

$$U^*(M_{K1}) = \frac{U_{rel}(M_{K1})}{\sqrt{2}} \cdot 100\% + k \cdot (M_{K1})$$

Atlas Copco Tools Central Europe GmbH
 Langemarkstr. 35
 D - 45141 Essen

Fon: +49 (0)201 / 2177 - 767
 Fax: +49 (0)201 / 2177 - 197

cal-service@de.atlascopco.com
 www.kalibrierdienst.de
 www.atlascopco.de

Beispielzertifikat für Kalibrierung, Seite 3

Seite 3 zum Kalibrierschein vom 2013-05-23
Page 3 of the calibration certificate from 2013-05-23

EN376
D-K-
17447-01-02
2013-05

8 Auswertung / Analysis

8.1 Kalibrierergebnis / Calibration results

Drehmoment / torque	Fall I / case I		Fall II / case II	
	Signal / signal	rel. Uns.-intervall / rel. uncert. interval $k=2$	Signal / signal	rel. Uns.-intervall / rel. uncert. interval $k=2$
in N·m	in N·m	in %	in N·m	in %
Rechtsdrehmoment / clockwise torque				
0	0,00		-0,07	0,628
100	99,80	0,620	99,88	0,360
200	199,86	0,345	199,98	0,281
300	299,94	0,229	300,06	0,244
400	400,08	0,199	400,16	0,202
500	500,25	0,202	500,25	
Linksdrehmoment / anticlockwise torque				

8.2 Klasseneinstufung nach DIN 51309:2005 / Classification according to DIN 51309:2005

Klasse / Class	Fall I / case I		Fall II / case II	
	von / from	bis / to	von / from	bis / to
	in N·m		in N·m	
Rechtsdrehmoment / clockwise torque				
1	100	500	100	500
2				
5				
Linksdrehmoment / anticlockwise torque				
1				
2				
5				

9 Kennwerte nach DIN 51309:2005 / Classification criteria according to DIN 51309:2005

M_k	Fall I / case I				Fall II / case II				r
	$\frac{b}{Y}$	$\frac{f_0}{Y}$	$\frac{f_1}{Y}$	$\frac{f_2}{Y}$	$\frac{b}{Y_0}$	$\frac{h}{Y_0}$	$\frac{f_0}{Y_0}$	$\frac{f_1}{Y_0}$	
in N·m	in %	in %	in %	in %	in %	in %	in %	in %	in N·m
500	0,134	-	0,049	0,134	-	-	0,049	0,01	
400	0,175	-	0,020	0,175	-	0,052	0,039	0,01	
300	0,217	-	-0,022	0,217	-	0,107	0,021	0,01	
200	0,310	-	-0,070	0,310	-	0,150	-0,010	0,01	
100	0,491	-	-0,205	0,491	-	0,180	-0,123	0,01	
0	-	0,068	-	-	0,068	-	-	-	

Angaben in die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k=2$ ergibt. Sie wurde gemäß DAKS-DRD-3 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt in Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95% im zugeordneten Wertebereich.

Stated in the extended measurement uncertainty which results from the standard measurement uncertainty multiplied by the extension factor $k=2$. Determined according to DAKS-DRD-3. Generally, the reading is located in the associated range with a probability of approx. 95%.

Atlas Copco Tools Central Europe GmbH
Langemarkstr. 35
D - 45141 Essen

Fon: +49 (0)201 / 2177 - 767
Fax: +49 (0)201 / 2177 - 197

cal-service@de.atlascopco.com
www.kalibrierdienst.de
www.atlascopco.de

Beispielzertifikat für Kalibrierung, Seite 4

Seite 4 zum Kalibrierschein vom 2013-05-23
Page 4 of the calibration certificate from 2013-05-23

EN376
D-K-
17447-01-02
2013-05

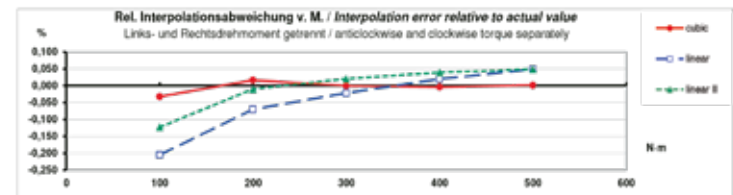
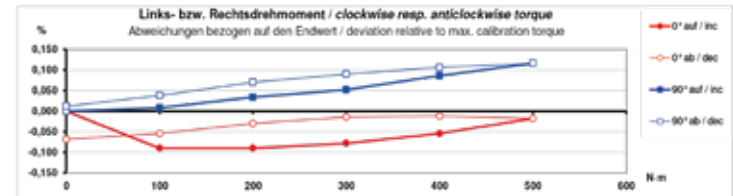
10 Messdaten / measuring data in N·m

N·m	Rechtsdrehmoment / clockwise torque							
	1. Vorbel. preload	2. Vorbel. preload	3. Vorbel. preload	0° auf / inc	0° ab / dec	Vorbel. preload	90° auf / inc	90° ab / dec
0	-0,01	0,06	0,06	0,00	-0,34	0,34	0,00	0,06
100	-	-	-	99,55	99,73	-	100,04	100,19
200	-	-	-	199,55	199,85	-	200,17	200,35
300	-	-	-	299,61	299,93	-	300,26	300,45
400	-	-	-	399,73	399,94	-	400,43	400,53
500	520,55	524,68	524,84	499,91	499,91	524,56	500,58	500,58

N·m	Linksdrehmoment / anticlockwise torque							
	1. Vorbel. preload	2. Vorbel. preload	3. Vorbel. preload	0° auf / inc	0° ab / dec	Vorbel. preload	90° auf / inc	90° ab / dec

11 Darstellung der Ergebnisse in Diagrammen / Results in diagrams

Bezugswert / Reference value: 500,00 N·m



Hinweis:

Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die weiteren Unterzeichner innerhalb und außerhalb Europas sind den Internetseiten von EA (www.european-accreditation.org) und ILAC (www.ilac.org) zu entnehmen.

The Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH is signatory to the multilateral agreement of the European co-operation for Accreditation (EA) and the ILAC for the mutual recognition of calibration certificates. The other signatories within and outside of Europe are found in the websites of EA (www.european-accreditation.org) and ILAC (www.ilac.org).

Atlas Copco Tools Central Europe GmbH
Langemarkstr. 35
D - 45141 Essen

Fon: +49 (0)201 / 2177 - 767
Fax: +49 (0)201 / 2177 - 197

cal-service@de.atlascopco.com
www.kalibrierdienst.de
www.atlascopco.de

Herausgeber: Atlas Copco
www.atlascopco.com
Verfasser: Michael Skibinski
Bearbeitet von: Kim Ngan Nguyen
Titelbild: Tore Marklund
Sonstige Bilder: Sergio Castelli, Jochen Stapel,
Heiko Wenke, Tore Marklund.

