

## DIN 51309



ICS 19.060

Ersatz für  
DIN 51309:2005-12**Werkstoffprüfmaschinen –  
Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten für statische Drehmomente**Materials testing machines –  
Calibration of static torque measuring devicesMachines d'essai des matériaux –  
Étalonnage des instruments de mesure statique moment de torsion

Gesamtumfang 25 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Inhalt

|                                                                                                                                                         | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort . . . . .                                                                                                                                       | 4     |
| 1 Anwendungsbereich . . . . .                                                                                                                           | 5     |
| 2 Normative Verweisungen . . . . .                                                                                                                      | 5     |
| 3 Begriffe . . . . .                                                                                                                                    | 5     |
| 4 Symbole . . . . .                                                                                                                                     | 5     |
| 5 Merkmale des Drehmomentmessgerätes . . . . .                                                                                                          | 7     |
| 5.1 Beschreibung und Kennzeichnung des Drehmomentmessgerätes . . . . .                                                                                  | 7     |
| 5.2 Drehmomenteinleitung . . . . .                                                                                                                      | 7     |
| 5.3 Messung des Drehmomentes über die Verformung . . . . .                                                                                              | 7     |
| 6 Kalibrierung des Drehmomentmessgerätes . . . . .                                                                                                      | 7     |
| 6.1 Allgemeines . . . . .                                                                                                                               | 7     |
| 6.1.1 Anforderungen . . . . .                                                                                                                           | 7     |
| 6.1.2 Überlastungsprüfung . . . . .                                                                                                                     | 8     |
| 6.2 Auflösung des Anzeigegerätes . . . . .                                                                                                              | 8     |
| 6.2.1 Skalenanzeige . . . . .                                                                                                                           | 8     |
| 6.2.2 Ziffernanzeige . . . . .                                                                                                                          | 8     |
| 6.2.3 Anzeigeschwankung . . . . .                                                                                                                       | 8     |
| 6.2.4 Auflösung und deren Einheit . . . . .                                                                                                             | 8     |
| 6.2.5 Messbereichsanfangswert . . . . .                                                                                                                 | 8     |
| 6.3 Vorbereitung der Kalibrierung . . . . .                                                                                                             | 9     |
| 6.3.1 Anzeigegerät . . . . .                                                                                                                            | 9     |
| 6.3.2 Temperatúrausgleich . . . . .                                                                                                                     | 9     |
| 6.3.3 Aufnehmernullwert $I_S$ . . . . .                                                                                                                 | 9     |
| 6.3.4 Einbaurichtung, Aufnehmeranschluss . . . . .                                                                                                      | 9     |
| 6.4 Durchführung der Kalibrierung . . . . .                                                                                                             | 9     |
| 6.4.1 Kalibrierumfang und -verfahren . . . . .                                                                                                          | 9     |
| 6.4.2 Vorbelastungen . . . . .                                                                                                                          | 10    |
| 6.4.3 Einbaustellungen . . . . .                                                                                                                        | 10    |
| 6.4.4 Anzahl der Messreihen und der Drehmomentstufen . . . . .                                                                                          | 10    |
| 6.4.5 Belastungsbedingungen . . . . .                                                                                                                   | 11    |
| 6.4.6 Um den Nullwert korrigierter Anzeigewert $X_j (M_K)$ . . . . .                                                                                    | 11    |
| 6.4.7 Beurteilung des Drehmomentmessgerätes . . . . .                                                                                                   | 12    |
| 6.4.8 Kurzzeitkriechen . . . . .                                                                                                                        | 14    |
| 7 Klassifizierung des Drehmomentmessgerätes . . . . .                                                                                                   | 15    |
| 7.1 Allgemeines . . . . .                                                                                                                               | 15    |
| 7.2 Klassifizierungsprinzip . . . . .                                                                                                                   | 15    |
| 7.3 Messbereichsanfangswert und Klassifizierungskriterien . . . . .                                                                                     | 15    |
| 7.3.1 Messbereichsanfangswert . . . . .                                                                                                                 | 15    |
| 7.3.2 Klassifizierungskriterien . . . . .                                                                                                               | 15    |
| 7.4 Kalibrierschein und Rekalibrierung . . . . .                                                                                                        | 16    |
| 7.4.1 Kalibrierschein . . . . .                                                                                                                         | 16    |
| 7.4.2 Rekalibrierung . . . . .                                                                                                                          | 17    |
| 8 Bezeichnung . . . . .                                                                                                                                 | 17    |
| Anhang A (normativ) Anwendung von kalibrierten Drehmomentmessgeräten . . . . .                                                                          | 18    |
| Anhang B (normativ) Empfohlene Maße für Drehmomentaufnehmer einschließlich Kupplungen für deren Adaption in Drehmoment-Kalibriereinrichtungen . . . . . | 19    |
| Anhang C (informativ) Bestimmung der relativen erweiterten Messunsicherheit $W$ bei der Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten . . . . .                | 20    |
| C.1 Allgemeines . . . . .                                                                                                                               | 20    |
| C.2 Bestimmung der Messunsicherheit des ausgeglichenen Kalibrierergebnisses bei der Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten . . . . .                    | 20    |

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>C.2.1 Modell</b>                          | <b>20</b> |
| <b>C.2.2 Messunsicherheitsbudget</b>         | <b>21</b> |
| <b>Anhang D (informativ) Kalibrierablauf</b> | <b>24</b> |
| <b>Literaturhinweise</b>                     | <b>25</b> |

## Bilder

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Bild B.1 — Adaptionen an einem Drehmomentaufnehmer mit zylindrischen Wellenenden</b>                 | <b>19</b> |
| <b>Bild D.1 — Beispiel der Vorbelastungen und Messreihen für die Klassen 0,05 und 0,1</b>               | <b>24</b> |
| <b>Bild D.2 — Beispiel der Vorbelastungen und Messreihen für Vierkantnehmer der Klassen 0,2 und 0,5</b> | <b>24</b> |
| <b>Bild D.3 — Beispiel der Vorbelastungen und Messreihen für Vierkantnehmer der Klassen 1 bis 5</b>     | <b>24</b> |

## Tabellen

|                                                                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabelle 1 — Symbole, Einheiten und Benennung</b>                                                                                                                         | <b>5</b>  |
| <b>Tabelle 2 — Anzahl der erforderlichen Messreihen</b>                                                                                                                     | <b>10</b> |
| <b>Tabelle 3 — Klassifizierungsmerkmale der Drehmomentmessgeräte</b>                                                                                                        | <b>16</b> |
| <b>Tabelle B.1 — Empfohlene Maße für zylindrische Wellenenden eines Drehmomentaufnehmers</b>                                                                                | <b>19</b> |
| <b>Tabelle C.1 — Verteilungsfunktionen für die Berechnung der relativen Standardabweichungen für die aus den experimentell bestimmten Spannweiten berechneten Kennwerte</b> | <b>21</b> |
| <b>Tabelle C.2 — Beispiel für die tabellarische Berechnung der relativen Standardmessunsicherheit <math>w</math> für Drehmomentmessgeräte für statische Drehmomente</b>     | <b>23</b> |

## Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitskreis „Drehmomentmessgeräte“ im Arbeitsausschuss NA 062-08-11 AA „Werkstoffprüfmaschinen“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) zusammen mit dem Fachausschuss „Drehmoment“ des Deutschen Kalibrierdienstes erarbeitet. Die verwendeten Definitionen entsprechen dem Internationalen Wörterbuch der Metrologie [1].

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

## Änderungen

Gegenüber DIN 51309:2005-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Begriff „Interpolation“ durch „Regression“, „interpolierte“ Werte durch „ausgegliche“ Werte ersetzt;
- b) Bestimmung der Auflösung überarbeitet;
- c) Parameter im Kopf der Tabelle 3, die auch negative Werte haben können, wurden mit Betragsstrichen versehen;
- d) Verweisung auf DKD-R 10-5 (Wechseldrehmoment) – außer im Anwendungsbereich – sowie Anhang E ersatzlos gestrichen;
- e) Literaturhinweise überarbeitet.

## Frühere Ausgaben

DIN 51309: 1998-02, 2005-12

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist anzuwenden für Drehmomentmessgeräte, bei denen das Drehmoment durch Messung der elastischen Formänderung eines Verformungskörpers oder einer ihr proportionalen Messgröße definiert wird. Das Drehmomentmessgerät wird als das gesamte Gerät vom Drehmomentaufnehmer bis einschließlich des Anzeigegepätes definiert.

Dieses Dokument ist anzuwenden für die Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten für die statische Kalibrierung von Prüfmaschinen. Darüber hinaus kann sie für Drehmomentmessgeräte für allgemeine Anwendungen (z. B. als Drehmomentsensoren in Montageschrauben, Leistungsprüfständen usw.) sowie für den Einsatz als Transfornormale angewendet werden. Es wird ein Verfahren für die Klassifizierung dieser Geräte beschrieben sowie ein Vorschlag zur Bestimmung der Messunsicherheit gegeben (siehe informativer Anhang C).

Wenn das Drehmomentmessgerät für die Messung von Wechseldrehmomenten eingesetzt werden soll, ist die DKD-Richtlinie DKD-R 10-5, Statische Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten mit Wechseldrehmoment [2], anzuwenden. Diese Norm ist nicht anzuwenden für Drehmomentschlüssel.

## 2 Normative Verweisungen

ISO 1174-1, *Assembly tools for screws and nuts — Driving squares — Part 1: Driving squares for hand socket tools*

## 3 Begriffe

In diesem Dokument werden keine Begriffe aufgeführt.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

## 4 Symbole

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in Tabelle 1 angegebenen Symbole.

**Tabelle 1 — Symbole, Einheiten und Benennung**

| Symbole          | Benennung                                                                                     | Einheit |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| $M$              | <b>Drehmoment</b>                                                                             | N m     |
| $M_{\text{nom}}$ | Nenndrehmoment                                                                                | N m     |
| $M_A$            | Messbereichsanfangswert                                                                       | N m     |
| $M_E$            | Messbereichsendwert                                                                           | N m     |
| $M_K$            | Kalibrierdrehmoment                                                                           | N m     |
|                  | AE = Anzeigeeinheit des Ausgangssignals (z. B. N m, mV/V, V, Hz)                              | AE      |
| $I$              | <b>unkorrigierter Anzeigewert des Anzeigegepätes</b>                                          | AE      |
| $I_s$            | Anzeigewert vor Einbau in die Kalibriereinrichtung und in vertikaler Lage (Aufnehmernullwert) | AE      |
| $I_{0,j}$        | Anzeigewert vor der Belastung in Einbaustellung $j$ (Nullwert)                                | AE      |
| $I_{f,j}$        | Anzeigewert nach der Entlastung in Einbaustellung $j$                                         | AE      |

Tabelle 1 (fortgesetzt)

| Symbole       | Benennung                                                                                                   | Einheit |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| $I_j(M_K)$    | Anzeigewert bei zunehmendem Kalibrierdrehmoment $M_K$ in Einbaustellung $j$                                 | AE      |
| $I'_j(M_K)$   | Anzeigewert bei abnehmendem Kalibrierdrehmoment $M_K$ in Einbaustellung $j$                                 | AE      |
| $X$           | <b>um den Nullwert korrigierter Anzeigewert des Anzeigegerätes</b>                                          | AE      |
| $X_j(M_K)$    | um den Nullwert korrigierter Anzeigewert bei zunehmendem Kalibrierdrehmoment $M_K$ in Einbaustellung $j$    | AE      |
| $X'_j(M_K)$   | um den Nullwert korrigierter Anzeigewert bei abnehmendem Kalibrierdrehmoment $M_K$ in Einbaustellung $j$    | AE      |
| $Y$           | <b>Kalibrierergebnis</b>                                                                                    | AE      |
| $Y(M_K)$      | Kalibrierergebnis beim Kalibrierdrehmoment $M_K$ ohne Hysterese (Fall I)                                    | AE      |
| $Y_h(M_K)$    | Kalibrierergebnis beim Kalibrierdrehmoment $M_K$ mit Hysterese (Fall II)                                    | AE      |
| $Y_E$         | Kalibrierergebnis beim Messbereichsendwert $M_E$                                                            | AE      |
| $Y_a(M_K)$    | ausgeglichenes Kalibrierergebnis beim Kalibrierdrehmoment $M_K$ ohne Hysterese (Fall I)                     | AE      |
| $Y_{ah}(M_K)$ | ausgeglichenes Kalibrierergebnis beim Kalibrierdrehmoment $M_K$ mit Hysterese (Fall II)                     | AE      |
|               | <b>Größen für die Messunsicherheitsbetrachtung</b>                                                          |         |
| $b(M_K)$      | Vergleichspräzision beim Kalibrierdrehmoment $M_K$                                                          | AE      |
| $b'(M_K)$     | Wiederholpräzision beim Kalibrierdrehmoment $M_K$                                                           | AE      |
| $f_a(M_K)$    | Regressionsabweichung beim Kalibrierdrehmoment $M_K$                                                        | AE      |
| $f_q(M_K)$    | Anzeigeabweichung beim Kalibrierdrehmoment $M_K$                                                            | AE      |
| $f_0$         | Nullpunktabweichung                                                                                         | AE      |
| $h(M_K)$      | Umkehrspanne des Drehmomentmessgerätes beim Kalibrierdrehmoment $M_K$                                       | AE      |
| $r$           | Auflösung des Anzeigegerätes                                                                                | N m     |
| $w_{KE}(M_K)$ | relative Standardmessunsicherheit des Drehmomentwertes $M_K$ der Kalibriereinrichtung                       | %       |
| $W_{KE}(M_K)$ | relative erweiterte Messunsicherheit des Drehmomentwertes $M_K$ der Kalibriereinrichtung                    | %       |
| $w_b$         | durch die Vergleichspräzision bedingte relative Messunsicherheit                                            | %       |
| $w_{b'}$      | durch die Wiederholpräzision bedingte relative Messunsicherheit                                             | %       |
| $w_{fa}$      | durch die Regressionsabweichung bedingte relative Messunsicherheit                                          | %       |
| $w_0$         | durch die Nullpunktabweichung bedingte relative Messunsicherheit                                            | %       |
| $w_r$         | durch die Auflösung des Anzeigegerätes bedingte relative Messunsicherheit                                   | %       |
| $w(M_K)$      | relative Standardmessunsicherheit des ausgeglichenen Kalibrierergebnisses beim Kalibrierdrehmoment $M_K$    | %       |
| $W(M_K)$      | relative erweiterte Messunsicherheit des ausgeglichenen Kalibrierergebnisses beim Kalibrierdrehmoment $M_K$ | %       |
| $W'(M_K)$     | relatives Unsicherheitsintervall des Kalibrierergebnisses beim ausgeglichenen Kalibrierdrehmoment $M_K$     | %       |

## 5 Merkmale des Drehmomentmessgerätes

### 5.1 Beschreibung und Kennzeichnung des Drehmomentmessgerätes

Bestandteile eines Drehmomentmessgerätes sind alle Komponenten vom Drehmomentaufnehmer bis zum Anzeigegerät.

Alle Teile des Drehmomentmessgerätes (einschließlich Kabel für den elektrischen Anschluss) müssen einzeln und eindeutig (z. B. mit dem Namen des Herstellers, dem Typ, 4- oder 6-Leiter-Schaltung o. Ä. und der Werksnummer) gekennzeichnet werden. Am Drehmomentaufnehmer muss das Nenndrehmoment angegeben und die Messeite gekennzeichnet werden, sofern diese für die Messung von Bedeutung ist.

**ANMERKUNG** Unter „Messeite des Drehmomentaufnehmers“ wird die Seite verstanden, an der das zu messende Drehmoment eingeleitet wird. Durch angeschlossene Kabel, Schleifringe oder Gehäuseabstützungen können Nebenschlüsse entstehen, die das Messergebnis beeinflussen.

### 5.2 Drehmomenteinleitung

Der Drehmomentaufnehmer und seine Einbauteile müssen so ausgelegt werden, dass sowohl Links- als auch Rechtsdrehmomente querkraft- und biegemomentfrei eingeleitet werden können.

Empfohlene Maße für Einbauteile sind im Anhang B angegeben.

### 5.3 Messung des Drehmomentes über die Verformung

Die elastische Formänderung des Verformungskörpers des Drehmomentaufnehmers kann mit elektrischen, mechanischen, optischen oder sonstigen Mitteln erfasst werden.

## 6 Kalibrierung des Drehmomentmessgerätes

### 6.1 Allgemeines

#### 6.1.1 Anforderungen

Die Kalibrierung besteht darin, dass bekannte Drehmomente – die Kalibrierdrehmomente  $M_K$  – in das Drehmomentmessgerät eingeleitet und dabei dessen Anzeigewerte aufgezeichnet werden. Die Anwendung von kalibrierten Drehmomentmessgeräten erfolgt nach Anhang A.

Ein elektrisches Anzeigegerät ist gegen ein gleichartiges austauschbar, wenn seine Abweichungen auf das Ergebnis der Messunsicherheit infolge seiner technischen Spezifikation und seiner Messunsicherheit nur unwesentlichen Einfluss haben (die zusätzliche Messunsicherheit durch den Austausch des Anzeigegerätes sollte höchstens  $1/3$  der relativen Standardmessunsicherheit des Kalibrierergebnisses  $w(M_K)$  betragen).

Bei der Austauschbarkeit muss darauf geachtet werden, dass eine geänderte Speisespannung oder Trägerfrequenz, aber auch verschiedene Kabeinflüsse das Messergebnis wesentlich beeinflussen können. Bei Messungen mit einem ausgetauschten Anzeigegerät muss insbesondere die Speisespannung nach den Angaben des Kunden eingestellt werden.

**ANMERKUNG 1** Der Austausch der Anzeigeeinheit hat meist relativ geringen Einfluss bei Drehmomentmessgeräten, bei denen ein wesentlicher Teil der elektrischen Versorgung und/oder der Verstärkung des Ausgangssignals durch aktive, im Aufnehmer integrierte, elektronische Schaltungen gewährleistet wird.

Es muss sichergestellt werden, dass

- a) Drehmomenteinleitungsteile zur Adaption von Drehmomentmessgeräten in Kalibriereinrichtungen mindestens das 1,5-fache des maximalen Kalibrierdrehmomentes übertragen können;

- b) bei Belastung mit dem maximalen Kalibrierdrehmoment eine maximale axiale Längenänderung des Drehmomentmessgerätes einschließlich seiner Adaptionsteile von 1 mm nicht überschritten wird.

ANMERKUNG 2 Diese Anforderung ist wichtig für die Funktionssicherheit luftgelagerter Hebel-Masse-Systeme von Drehmoment-Kalibriereinrichtungen.

- c) nur solche Adaptionsteile in Kalibriereinrichtungen zur Anwendung kommen, die die resultierende Materialbeanspruchung im Verformungskörper durch Überlagerung von Störgrößen (Axialkraft, Querkraft und Biegemoment) und Kalibrierdrehmoment auf das 1,2-fache der bei Einleitung mit dem zu kalibrierenden Drehmoment ohne Störgrößen entstehenden Spannungen begrenzen.

### 6.1.2 Überlastungsprüfung

Es muss sichergestellt werden, dass vor der ersten Kalibrierung eine Überlastung des Drehmomentaufnehmers einschließlich seiner Adaptionsteile stattgefunden hat, bei der das Nenndrehmoment mindestens viermal um 8 % bis 12 % überschritten und dieser Wert jeweils 1 min bis 1,5 min gehalten wurde.

ANMERKUNG Hierdurch sollen Folgeschäden an der Kalibriereinrichtung durch ein unerwartetes Versagen des Drehmomentaufnehmers einschließlich seiner Adaptionsteile bei den Kalibrierbelastungen, etwa durch Bruch, ausgeschlossen werden.

## 6.2 Auflösung des Anzeigegerätes

### 6.2.1 Skalenanzeige

Die Teilstriche auf der Skala müssen gleich breit sein und die Breite des Zeigers muss ungefähr gleich der Breite eines Teilstriches sein.

Die numerische Auflösung einer Skalenanzeige ist definiert als kleinster noch schätzbarer Bruchteil eines Skalenteiles und ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der Breite des Zeigers und dem Mittenabstand zweier benachbarter Teilstriche (Teilstrichabstand). Es müssen Verhältnisse  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{5}$  oder  $\frac{1}{10}$  gewählt werden. Ein Abstand von 1,25 mm oder größer ist für die Abschätzung eines Zehntels des Skalenteils auf der Skala erforderlich.

### 6.2.2 Ziffernanzeige

Die numerische Auflösung einer Ziffernanzeige ist definiert als ein Ziffernschritt der letzten veränderlichen Ziffer auf dem Ziffernanzeigegerät.

### 6.2.3 Anzeigeschwankung

Die Schwankung der Anzeige wird bei mechanisch unbelastetem Gerät beobachtet und aufgezeichnet.

### 6.2.4 Auflösung und deren Einheit

Die Auflösung  $r$  wird aus der Summe der numerischen Auflösung und der halben Anzeigeschwankung bestimmt und in der Drehmomenteinheit bzw. in deren Vielfachen oder Teilen angegeben.

### 6.2.5 Messbereichsanfangswert

Unter Berücksichtigung der Auflösung  $r$ , mit der die Anzeige des Gerätes abgelesen werden kann, muss das in ein Drehmomentmessgerät eingeleitete Mindestdrehmoment (Messbereichsanfangswert  $M_A$ ) den in Tabelle 3 angegebenen Werten entsprechen.