

# Physikalisch- Technische Bundesanstalt



**DKD**

---

**Richtlinie  
DKD-R 9-1**

**Kalibrierung und Überprüfung der  
Drehmomentmesseinrichtung von  
Torsionsprüfmaschinen**

---

Ausgabe 05/2021

<https://doi.org/10.7795/550.20210618A>



	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	2 / 22

## Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

Im DKD sind Kalibrierlaboratorien von Industrieunternehmen, Forschungsinstituten, technischen Behörden, Überwachungs- und Prüfinstitutionen seit der Gründung 1977 zusammengeschlossen. Am 03. Mai 2011 erfolgte die Neugründung des DKD als *technisches Gremium* der PTB und der akkreditierten Laboratorien.

Dieses Gremium trägt die Bezeichnung Deutscher Kalibrierdienst (DKD) und steht unter der Leitung der PTB. Die vom DKD erarbeiteten Richtlinien und Leitfäden stellen den Stand der Technik auf dem jeweiligen technischen Fachgebiet dar und stehen der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) für die Akkreditierung von Kalibrierlaboratorien zur Verfügung.

Die akkreditierten Kalibrierlaboratorien werden von der DAkkS als Rechtsnachfolgerin des DKD akkreditiert und überwacht. Sie führen Kalibrierungen von Messgeräten und Maßverkörperungen für die bei der Akkreditierung festgelegten Messgrößen und Messbereiche durch. Die von ihnen ausgestellten Kalibrierscheine sind ein Nachweis für die Rückführung auf nationale Normale, wie sie von der Normenfamilie DIN EN ISO 9000 und der DIN EN ISO/IEC 17025 gefordert wird.

### Kontakt:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

DKD-Geschäftsstelle

Bundesallee 100 38116 Braunschweig

Postfach 33 45 38023 Braunschweig

Telefon Sekretariat: 0531 592-8021

Internet: [www.dkd.eu](http://www.dkd.eu)

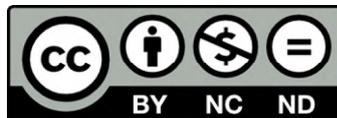
	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmeseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	3 / 22

*Zitiervorschlag für die Quellenangabe:*

*Richtlinie DKD-R 9-1 Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmeseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen, Ausgabe 05/2021, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin.*

*DOI: 10.7795/550.20210618A*

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt der Creative Commons Nutzerlizenz CC by-nc-nd 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>). In diesem Zusammenhang bedeutet „nicht-kommerziell“ (NC), dass das Werk nicht zum Zwecke der Einnahmenerzielung verbreitet oder öffentlich zugänglich gemacht werden darf. Eine Nutzung seiner Inhalte für die gewerbliche Verwendung in Laboratorien ist ausdrücklich erlaubt.



Autoren:

Dr. Jörg Ellermeier, Staatliche MPA Darmstadt, Darmstadt;  
Siegfried Gerber, MPA Universität Stuttgart, Stuttgart (federführend);  
Hermann Hauck, Hauck Prüftechnik GmbH, Hochdorf-Assenheim;  
Dr. Rolf Kumme, PTB, Fachbereich 1.2 Festkörpermechanik, Braunschweig;  
Daniel Nimptsch, Kögel Werkstoff- und Materialprüfsysteme GmbH, Leipzig;  
Max Pischtschan, Kögel Werkstoff- und Materialprüfsysteme GmbH, Leipzig;  
Helge Reinold, Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund;  
Jörg Wuttke, MTS Systems GmbH, Berlin;  
Christian Zimmermann, Hauck Prüftechnik GmbH, Hochdorf-Assenheim.

Herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) für den Deutschen Kalibrierdienst (DKD) als Ergebnis der Zusammenarbeit der PTB mit dem Fachausschuss *Werkstoffprüfmaschinen* des DKD und dem VMPA-Arbeitskreis *Prüfmaschinen und Prüfgeräte*.

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	4 / 22

## Vorwort

DKD-Richtlinien sind Anwendungsdokumente zu den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025. In den Richtlinien werden technische, verfahrensbedingte und organisatorische Abläufe beschrieben, die den akkreditierten Kalibrierlaboratorien als Vorbild zur Festlegung interner Verfahren und Regelungen dienen. DKD-Richtlinien können zum Bestandteil von Qualitätsmanagementhandbüchern der Kalibrierlaboratorien werden. Durch die Umsetzung der Richtlinien wird die Gleichbehandlung der zu kalibrierenden Geräte in den verschiedenen Kalibrierlaboratorien gefördert und die Kontinuität und Überprüfbarkeit der Arbeit der Kalibrierlaboratorien verbessert. Außerdem kann durch die Umsetzung der Richtlinien der Stand der Technik auf dem jeweiligen Gebiet in die Laborpraxis Eingang finden.

Die DKD-Richtlinien sollen nicht die Weiterentwicklung von Kalibrierverfahren und -abläufen behindern. Abweichungen von Richtlinien und neue Verfahren sind im Einvernehmen mit der Akkreditierungsstelle zulässig, wenn fachliche Gründe dafür sprechen.

Kalibrierungen der akkreditierten Laboratorien geben dem Anwender Sicherheit für die Verlässlichkeit von Messergebnissen, erhöhen das Vertrauen der Kunden und die Wettbewerbsfähigkeit auf dem nationalen und internationalen Markt und dienen als messtechnische Grundlage für die Mess- und Prüfmittelüberwachung im Rahmen von Qualitätssicherungsmaßnahmen.

Die vorliegende Richtlinie wurde im Rahmen des Fachausschusses *Werkstoffprüfmaschinen* und des VMPA-Arbeitskreises *Prüfmaschinen und Prüfgeräte* erstellt und vom Vorstand des DKD genehmigt.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	6
2	Begriffe, Definitionen .....	6
3	Allgemeine Inspektion der Torsionsprüfmaschine.....	9
4	Kalibrierung der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine .....	9
4.1	Allgemeines .....	9
4.2	Bestimmung der Auflösung .....	10
4.2.1	Analoge Anzeigeeinrichtungen.....	10
4.2.2	Digitale Anzeigeeinrichtungen.....	10
4.2.3	Anzeigeschwankungen .....	10
4.2.4	Einheit.....	10
4.3	Vorabbestimmung der relativen Auflösung der Drehmomentmesseinrichtung .....	10
4.4	Durchführung der Kalibrierung .....	11
4.4.1	Einbau des Drehmomentaufnehmers .....	11
4.4.2	Temperatenausgleich.....	11
4.4.3	Vorbelasten der Torsionsprüfmaschine und des Drehmomentaufnehmers.....	11
4.4.4	Durchführung .....	11
4.4.5	Aufbringen der Drehmomentstufen.....	12
4.4.6	Überprüfung von Zusatzeinrichtungen.....	13
4.4.7	Bestimmung der relativen Umkehrspanne.....	14
4.5	Beurteilung der Drehmomentanzeigeeinrichtung.....	14
4.5.1	Relative Anzeigeabweichung .....	14
4.5.2	Relative Wiederholpräzision.....	15
4.5.3	Übereinstimmung zwischen zwei Drehmomentmessgeräten.....	15
5	Messunsicherheit .....	16
5.1	Einleitung .....	16
5.2	Zunehmende Drehmomente.....	16
5.2.1	Schätzwert für die relative Anzeigeabweichung.....	16
5.2.2	Wiederholpräzision.....	16
5.2.3	Auflösung.....	17
5.2.4	TransfERNormal.....	17
5.2.5	Erweiterte Unsicherheit .....	17
5.3	Abnehmende Drehmomente .....	18
6	Klasse der Drehmomentanzeigebereiche der Torsionsprüfmaschine .....	18
7	Dokumentation der Messergebnisse .....	20
7.1	Allgemeine Angaben .....	20
7.2	Ergebnisse der Überprüfung .....	20
8	Intervalle der Überprüfung.....	20
9	Literaturverzeichnis .....	21

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	6 / 22

## 1 Einleitung

Diese Richtlinie gilt für die statische Kalibrierung und Überprüfung von Torsionsprüfmaschinen nach einem Verfahren, welches auf der Kalibrierung von Werkstoffprüfmaschinen nach DIN EN ISO 7500-1 [1] aufbaut.

Die Überprüfung besteht aus:

- einer allgemeinen Inspektion der Torsionsprüfmaschine einschließlich der Maschinenteile für die Torsionsaufbringung;
- einer Kalibrierung der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine;
- einer Bestätigung, dass die ermittelten Eigenschaften der Torsionsprüfmaschine die für eine festgelegte Klasse angegebenen Grenzwerte einhalten.

Anmerkung: Diese Richtlinie DKD-R 9-1 betrifft die statische Kalibrierung und Überprüfung von Drehmomentmesseinrichtungen. Die Kalibrierergebnisse sind nicht notwendigerweise für Hochgeschwindigkeitsprüfungen oder dynamische Prüfungen gültig.

Warnhinweis: Bei einigen der in dieser Richtlinie festgelegten Prüfungen werden Prozesse angewendet, die zu gefährlichen Situationen führen könnten.

Diese Richtlinie kann auch für die Kalibrierung und Überprüfung von Anzeigeeinrichtungen von Prüfmaschinen bzw. Prüfvorrichtungen mit der Messgröße Drehmoment, wie z. B. Schraubenprüfständen, Bremsenprüfständen usw. genutzt werden. Diese Richtlinie ist nicht dazu gedacht, um Messmittel wie z. B. Drehmomentschlüssel zu kalibrieren.

Bei den Torsionsprüfmaschinen ist zu unterscheiden, ob hier ausschließlich ein Drehmoment oder gleichzeitig neben dem Drehmoment auch eine Kraft auf den Prüfling aufgebracht wird. Bei der zuletzt genannten Art handelt es sich um eine Axial-Torsionalprüfmaschine. Diese Richtlinie betrachtet bei der Kalibrierung der Axial-Torsionalprüfmaschine diese ausschließlich als Torsionsprüfmaschine. Die Kalibrierung erfolgt daher ohne das Einbringen von definierten Kräften. Der Laststrang der Axial-Torsionalprüfmaschine muss jederzeit während der Kalibrierung auf Kraft Null ausgegeregelt werden. Der Kalibrierschein sollte dann den Hinweis enthalten, dass das Prüfsystem bei der Kraft Null kalibriert wurde.

## 2 Begriffe, Definitionen

### Formelzeichen

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
$a$	%	relative Auflösung der Drehmomentanzeigeeinrichtung der Torsionsprüfmaschine bei dem aufgebrauchten Drehmoment
$a_z$	%	relative Auflösung der Drehmomentanzeigeeinrichtung der Torsionsprüfmaschine im entlasteten Zustand bei angezeigtem Drehmoment $M_i$
$b$	%	relative Wiederholpräzision der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine
$b_{al}$	%	zulässiger Wert von $b$ für eine vorgegebene Klasse
$E$	%	geschätzte mittlere relative Abweichung aus zunehmenden Drehmomenten

$E'$	%	geschätzte mittlere relative Umkehrspanne aus abnehmenden Drehmomenten
$f_0$	%	relative Nullpunktabweichung der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine
$k$		Erweiterungsfaktor zur Berechnung der erweiterten Unsicherheit aus der kombinierten Unsicherheit
$M$	N·m	bei zunehmendem Drehmoment am Drehmomentaufnehmer angezeigtes Bezugsdrehmoment
$M'$	N·m	bei abnehmendem Drehmoment am Drehmomentaufnehmer angezeigtes Bezugsdrehmoment
$M_c$	N·m	bei zunehmendem Drehmoment am Drehmomentmessgerät angezeigtes Bezugsdrehmoment während der ergänzenden Messreihe im kleinsten benutzten Drehmomentanzeigebereich
$M_i$	N·m	bei zunehmendem Drehmoment an der Drehmomentanzeigeeinrichtung der Torsionsprüfmaschine angezeigtes Drehmoment
$M_i'$	N·m	bei abnehmendem Drehmoment an der Drehmomentanzeigeeinrichtung der Torsionsprüfmaschine angezeigtes Drehmoment
$\bar{M}_i, \bar{M}$	N	arithmetische Mittelwerte aus mehreren Messungen von $M_i$ und $M$ bei der gleichen Drehmomentstufe
$M_{ic}$	N·m	bei zunehmendem Drehmoment an der Torsionsprüfmaschine angezeigtes Drehmoment während der ergänzenden Messreihe im kleinsten benutzten Drehmomentanzeigebereich
$M_{i0}$	N·m	Restanzeige an der Drehmomentanzeigeeinrichtung der zu überprüfenden Torsionsprüfmaschine nach Entlastung
$M_N$	N·m	Maximalwert des kalibrierten Drehmomentanzeigebereiches der Torsionsprüfmaschine
$q$	%	mittlere relative Anzeigeabweichung der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine
$q_i$	%	$i$ -te Messung der relativen Anzeigeabweichung der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine
$q_{al}$	%	zulässiger Wert von $q$ für eine vorgegebene Klasse
$q_{auf}$	%	relative Anzeigeabweichung der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine bei zunehmendem Drehmoment, entsprechend $q_i$ während der Messreihe zur Umkehrspannenbestimmung
$q_{ab}$	%	relative Anzeigeabweichung der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine bei abnehmendem Drehmoment
$q_c$	%	relative Anzeigeabweichung der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine bei Prüfung der Zusatzeinrichtung
$q_{max}$	%	Maximalwert von $q$ an jedem Kalibrierpunkt
$q_{min}$	%	Minimalwert von $q$ an jedem Kalibrierpunkt
$q_{T1}$	%	relative Anzeigeabweichung, die an einem Überlappungspunkt mit Drehmomentmessgerät 1 bestimmt wird
$q_{T2}$	%	relative Anzeigeabweichung, die an einem Überlappungspunkt mit Drehmomentmessgerät 2 bestimmt wird

$r$	N·m	Auflösung der Drehmomentanzeigeeinrichtung der Torsionsprüfmaschine
$r_z$	N·m	Auflösung der Drehmomentanzeigeeinrichtung der Torsionsprüfmaschine im unbelasteten Zustand
$u_c$	%	kombinierte Unsicherheit
$u_i$	%	Unsicherheitskomponente
$u_{rep}$	%	Unsicherheitskomponente infolge der Wiederholpräzision
$u_{res}$	%	Unsicherheitskomponente infolge der Auflösung
$u_{std}$	%	Unsicherheitskomponente infolge des verwendeten Kalibriernormals
$U$	%	erweiterte Unsicherheit aus zunehmenden Drehmomenten
$U'$	%	erweiterte Unsicherheit aus abnehmenden Drehmomenten
$v$	%	relative Umkehrspanne der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine

## Definitionen

Drehmomentmessgerät	Alle Komponenten des Drehmomentmessgeräts (vom Drehmomentaufnehmer bis zum Anzeigegerät), welches für die Kalibrierung der Torsionsprüfmaschine verwendet wird
Drehmomentaufnehmer	Applizierter Drehmomentmesskörper
Kalibrierung	Tätigkeit, die die Beziehung zwischen den von der Torsionsprüfmaschine angezeigten Drehmomentwerten (mit den zugehörigen Messunsicherheiten) und denen, die durch eine oder mehrere Kalibriernormale gemessen wurden, herstellt
Überprüfung	Bestätigung anhand der Auswertung von Messungen nach dieser Richtlinie, dass die ermittelten Eigenschaften der Torsionsprüfmaschine die für eine bestimmte Klasse vorgegebenen Grenzwerte erfüllen

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	9 / 22

### 3 Allgemeine Inspektion der Torsionsprüfmaschine

Die Kalibrierung der Torsionsprüfmaschine darf nur durchgeführt werden, wenn sie sich in einwandfreiem Betriebszustand befindet. Deshalb muss vor der Kalibrierung der Drehmomentmesseinrichtung eine allgemeine Inspektion der Torsionsprüfmaschine vorgenommen werden. Diese muss folgende Punkte erfüllen:

- einwandfreier Betriebszustand, der frei von Mängeln ist, wie z. B. starke Abnutzung;
- keine störenden oder schädlichen Umgebungseinflüsse (Erschütterungen, elektrische Störungen, Korrosionserscheinungen, usw.);
- die Torsionsprüfmaschine muss eine gleichmäßige, ruckfreie Änderung des Torsionsmoments erlauben und das Anfahren bestimmter Drehmomentstufen mit ausreichender Genauigkeit ermöglichen.

Anmerkung: Eine gute metrologische Praxis erfordert vor jeglicher Wartung oder Justage an der Torsionsprüfmaschine die Durchführung eines Kalibrierdurchlaufs, um den „vorgefundenen“ Zustand der Torsionsprüfmaschine zu erfassen und zu dokumentieren.

## 4 Kalibrierung der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine

### 4.1 Allgemeines

Diese Kalibrierung muss in allen verwendeten Drehmomentanzeigebereichen mit jeder verwendeten Anzeigeeinrichtung durchgeführt werden. Dabei ist auch je nach Verwendung die Drehrichtung (rechts- und/oder linksdrehend) zu berücksichtigen. Jede Zusatzeinrichtung (z. B. Schleppzeiger, Schreibgerät), die die Messeinrichtung beeinflussen kann, ist, falls sie benutzt wird, nach 4.4.6 zu überprüfen.

Verfügt die Torsionsprüfmaschine über mehrere Messeinrichtungen, so ist jede Messeinrichtung im Sinne einer Einzelprüfmaschine zu betrachten.

Die Kalibrierung muss mit Drehmomentmessgeräten bzw. Hebelarm und Kraftmessgeräten oder Hebelarm und Massen durchgeführt werden. Wenn mehr als ein Drehmomentmessgerät zur Kalibrierung eines Messbereiches erforderlich ist, muss eine Überlappungsstufe zwischen dem Drehmomentmessgerät für den größeren Messbereich und dem Drehmomentmessgerät für den kleineren Messbereich gegeben sein.

Die Kalibrierung darf mit konstant angezeigten Drehmomentstufen  $M_i$  durchgeführt werden oder kann mit konstanten Bezugsdrehmomentstufen  $M$  durchgeführt werden. Die Kalibrierung kann mit einem langsam zunehmenden Drehmoment bei zunehmenden Drehmomentstufen oder mit einem langsam abnehmenden Drehmoment bei abnehmenden Drehmomentstufen durchgeführt werden.

Anmerkung: Das Wort „konstant“ bedeutet, dass bei den drei durchgeführten Messreihen der gleiche Nennwert von  $M_i$  (oder  $M$ ) zur Anwendung kommt (siehe 4.4.5).

Die für die Kalibrierung genutzten Messgeräte müssen einen gültigen Anschluss an das internationale Einheitensystem haben.

Die verwendeten Drehmomentmessgeräte müssen den Anforderungen nach DIN 51309 [3] und die Kraftmessgeräte der DIN EN ISO 376 [7] entsprechen. Die Klasse der Geräte muss mindestens der in der Tabelle 1 angegebenen Klasse entsprechen, für die die Torsionsprüfmaschine kalibriert wird.

Torsionsprüfmaschine der Klasse	Klasse des Drehmoment- messgerätes	Klasse des Kraftmessgerätes
0,5	0,2	0,5
1	0,5	1
2	1	2
3	2	2

**Tabelle 1:** Mindestanforderung an ein für die Kalibrierung verwendetes Drehmomentmessgerät bzw. Kraftmessgerät

## 4.2 Bestimmung der Auflösung

### 4.2.1 Analoge Anzeigeeinrichtungen

Die Teilstriche der Skale der Anzeigeeinrichtung müssen gleich breit sein, die Zeigerbreite muss der Teilstrichbreite annähernd entsprechen.

Die Auflösung  $r$  und  $r_z$  der Anzeigeeinrichtung ergibt sich aus dem Verhältnis der Zeigerbreite zum Mittenabstand zweier benachbarter Teilstriche (Skalenteilungswert) multipliziert mit dem Wert des Drehmoments, die einem Skalenteilungswert entspricht. Als Verhältnis wird 1:2, 1:5 oder 1:10 empfohlen; soll dieses Verhältnis 1:10 betragen, so muss der Teilstrichabstand 2,5 mm oder größer sein.

### 4.2.2 Digitale Anzeigeeinrichtungen

Die Auflösung entspricht dem Ziffernschritt der Ziffernskala.

### 4.2.3 Anzeigeschwankungen

Wenn die Anzeige um mehr als den zuvor ermittelten Wert der Auflösung schwankt (unbelastete Drehmomentmesseinrichtung, eingeschalteter Motor oder Antriebsmechanismus und Beachtung jeglichen elektrischen Rauschens), so ist die Auflösung  $r$  und  $r_z$  mit der halben Spannweite der Schwankung zusätzlich addiert mit einem Ziffernschritt anzusetzen.

Für Torsionsprüfmaschinen mit automatischer Messbereichsumschaltung ändert sich die Auflösung bei Messbereichsumschaltung oder bei Änderung des Verstärkungsfaktors des Messsystems

Anmerkung 1: Die so berechnete Auflösung enthält nur den Anteil des Störsignals, aber nicht den regeltechnischen Einfluss.

### 4.2.4 Einheit

Die Auflösungen  $r$  und  $r_z$  müssen in Einheiten des Drehmoments angegeben werden.

## 4.3 Vorabbestimmung der relativen Auflösung der Drehmomentmesseinrichtung

Die relative Auflösung  $a$  der Drehmomentmesseinrichtung ergibt sich nach der Beziehung wie in Gleichung (1) gezeigt:

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	11 / 22

$$a = \frac{r}{M_i} \cdot 100 \text{ bzw.} \tag{1}$$

$$a_z = \frac{r_z}{M_i} \cdot 100$$

Dabei

sind  $r$  und  $r_z$  die Auflösungen nach 4.2;

ist  $M_i$  das im betrachteten Kalibrierpunkt von der Drehmomentanzeige der Torsionsprüfmaschine angezeigte Drehmoment.

Die relative Auflösung muss für jeden Kalibrierpunkt und Umschaltpunkt bei Messbereichsumschaltung bestimmt werden und darf die in Tabelle 2 festgelegten Werte für die geforderte Klasse der Maschine nicht überschreiten.

## 4.4 Durchführung der Kalibrierung

### 4.4.1 Einbau des Drehmomentaufnehmers

Drehmomentaufnehmer sind so in die Maschine einzubauen, dass jegliche Auswirkungen von Biegungen und Axial-/Querkräften minimiert werden, siehe DIN 51309 [3]. Es ist darauf zu achten, dass das Kalibrierdrehmoment auf der vom Hersteller als Messseite definierten Adaptionsfläche eingeleitet wird, sofern diese für die Messung von Bedeutung ist.

Die Drehrichtung der Kalibrierung muss im Kalibrierschein eindeutig definiert sein.

### 4.4.2 Temperatenausgleich

Die Kalibrierung muss bei einer Umgebungstemperatur zwischen 10 °C und 35 °C durchgeführt werden. Die Temperatur, bei der die Kalibrierung durchgeführt wurde, muss im Kalibrierschein angegeben werden.

Eine ausreichende Zeit bis zum Beginn der Messung muss sichergestellt sein, sodass der Drehmomentaufnehmer eine konstante Temperatur angenommen hat. Die Temperatur des Drehmomentaufnehmers darf sich von Beginn bis Ende jedes Kalibrierdurchlaufs um nicht mehr als 2 °C ändern. Falls notwendig, muss für die angezeigten Werte eine Temperaturkorrektur vorgenommen werden.

### 4.4.3 Vorbelasten der Torsionsprüfmaschine und des Drehmomentaufnehmers

Unmittelbar vor der Kalibrierung muss der in der Torsionsprüfmaschine eingebaute Drehmomentaufnehmer in der zu kalibrierenden Richtung mindestens dreimal bis zum Endwert des zu kalibrierenden Messbereiches nach jeweiliger Zwischenentlastung auf Null belastet werden. Ebenso muss nach der Drehung des Drehmomentaufnehmers in der zu kalibrierenden Richtung mindestens einmal bis zum Endwert des zu kalibrierenden Messbereiches vorbelastet werden. Entsprechendes gilt beim Einsatz von Kraftmessgeräten.

### 4.4.4 Durchführung

Es ist eines oder eine Kombination der folgenden Verfahren anzuwenden:

- a) ein nominales an der Drehmomentanzeigeeinrichtung der Torsionsprüfmaschine angezeigtes Drehmoment  $M_i$  wird von der Torsionsprüfmaschine aufgebracht und das angezeigte bzw. berechnete Bezugsdrehmoment  $M$  ist aufzuzeichnen;

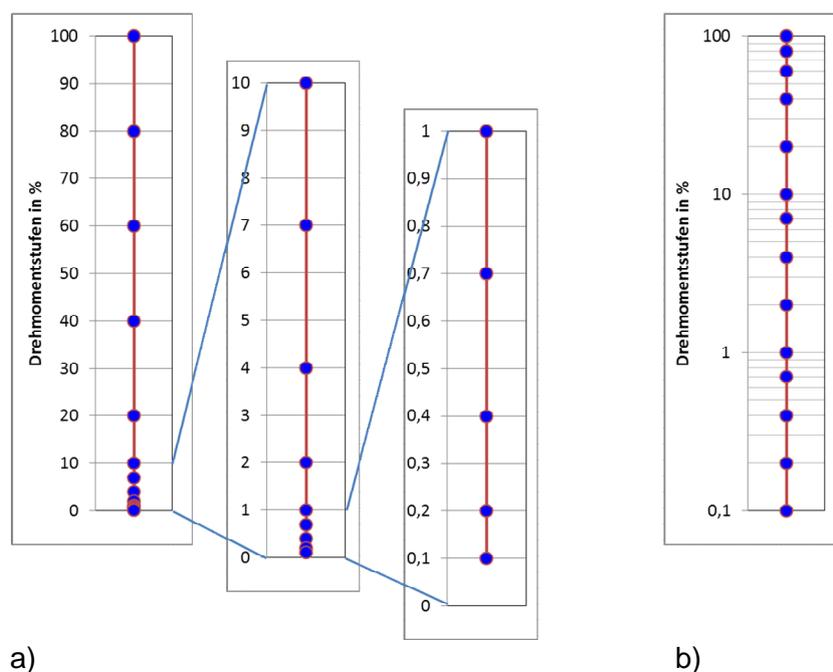
- b) ein nominelles vom Drehmomentmessgerät angezeigtes bzw. berechnetes Bezugsdrehmoment  $M$  wird von der Torsionsprüfmaschine aufgebracht und das von der Drehmomentanzeigeeinrichtung der Torsionsprüfmaschine angezeigte Drehmoment  $M_i$  ist aufzuzeichnen.

Das Wort „nominell“ bedeutet, dass es nicht notwendig ist, die exakten Werte des Drehmoments in jeder Messreihe zu wiederholen, aber sie sollten annähernd gleich sein.

#### 4.4.5 Aufbringen der Drehmomentstufen

Es müssen drei Messreihen bei zunehmendem Drehmoment durchgeführt werden. Für Torsionsprüfmaschinen, die nicht mehr als fünf Drehmomentstufen besitzen, dürfen die für jede Drehmomentstufe in Tabelle 2 angegebenen Grenzwerte nicht überschritten werden. Für Torsionsprüfmaschinen, die mehr als fünf Drehmomentstufen besitzen, muss jede Messreihe mindestens fünf Drehmomentstufen enthalten, die im Bereich von 20 % bis 100 % des Höchstwerts des kalibrierten Drehmomentanzeigebereiches möglichst gleichmäßig verteilt sind.

Wenn eine Kalibrierung bei einem Drehmoment unterhalb 20 % der oberen Grenze des Drehmomentanzeigebereiches durchgeführt wird, müssen zusätzliche Drehmomentmessungen durchgeführt werden. Für jede vollständige Dekade unterhalb 20 % der oberen Grenze des Drehmomentanzeigebereiches sind fünf oder mehr unterschiedliche Kalibrierdrehmomentstufen auszuwählen, so dass das Verhältnis zwischen zwei benachbarten Kalibrierdrehmomentstufen weniger oder gleich 2 beträgt. Beispielsweise etwa 10 %, 7 %, 4 %, 2 %, 1 %, 0,7 %, 0,4 %, 0,2 %, 0,1 % usw. der oberen Grenze des Drehmomentanzeigebereiches bis zur unteren Grenze der Kalibrierung, siehe Abbildung 1. Die unterste Dekade braucht keine vollständige Dekade zu sein und erfordert keine fünf Kalibrierpunkte.



**Abbildung 1:** Mögliche Drehmomentstufen bei der Kalibrierung einer Torsionsprüfmaschine in a) linearer und b) logarithmischer Darstellung, entsprechend [4].

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	13 / 22

Die untere Grenze des Drehmomentanzeigebereiches darf nicht kleiner sein als  $r$  multipliziert mit:

- 400 für Klasse 0,5;
- 200 für Klasse 1;
- 100 für Klasse 2;
- 67 für Klasse 3.

Bei Torsionsprüfmaschinen mit automatischer Messbereichsumschaltung müssen Messungen bei mindestens zwei Drehmomentstufen in jedem Teil des Messbereiches, in dem sich die Auflösung nicht ändert, durchgeführt werden. Die verschiedenen Drehmomentstufenbereiche (oberer bzw. unterer Bereich) können in einem Kalibriervorgang kalibriert werden.

Vor Beginn der 2. Messreihe ist der Drehmomentaufnehmer um mindestens  $90^\circ$  zu drehen und erneut vorzubelasten.

Für jede Drehmomentstufe ist die relative Anzeigeabweichung und die relative Wiederholpräzision der Drehmomentmesseinrichtung der Torsionsprüfmaschine zu berechnen (siehe 4.5).

Vor jeder Messreihe ist ein Nullabgleich vorzunehmen. Das Ablesen der Restanzeige muss ungefähr 30 s nach vollständiger Rücknahme des Drehmoments erfolgen. Bei einer analogen Anzeigeeinrichtung muss außerdem kontrolliert werden, ob sich der Zeiger frei auf die Nullstellung einpendelt; bei einer digitalen Anzeigeeinrichtung, dass jeder Wert unter Null deutlich erkennbar ist, z. B. durch ein negatives Vorzeichen.

Die relative Nullpunktabweichung jeder Messreihe muss nach Gleichung (2) berechnet werden:

$$f_0 = \frac{M_{10}}{M_N} \cdot 100 \quad (2)$$

#### 4.4.6 Überprüfung von Zusatzeinrichtungen

Je nachdem, ob die Torsionsprüfmaschine üblicherweise mit oder ohne Zusatzeinrichtungen (Schleppzeiger, Schreibgerät) verwendet wird, muss deren ordnungsgemäßer Zustand und Reibungswiderstand mittels eines der folgenden Verfahren überprüft werden:

- a) Die Torsionsprüfmaschine wird üblicherweise mit Zusatzeinrichtungen verwendet: In jedem benutzten Drehmomentanzeigebereich müssen drei Messreihen bei zunehmendem Drehmoment durchgeführt werden (siehe 4.4.5), während die Zusatzeinrichtungen zugeschaltet sind. Im kleinsten benutzten Drehmomentanzeigebereich muss eine ergänzende Messreihe ohne Zusatzeinrichtungen durchgeführt werden.
- b) Die Torsionsprüfmaschine wird üblicherweise ohne Zusatzeinrichtungen verwendet: In jedem benutzten Drehmomentanzeigebereich müssen drei Messreihen bei zunehmendem Drehmoment durchgeführt werden (siehe 4.4.5), während die Zusatzeinrichtungen abgeschaltet sind. Im kleinsten benutzten Drehmomentanzeigebereich muss eine ergänzende Messreihe mit Zusatzeinrichtungen durchgeführt werden.

In beiden Fällen muss die relative Anzeigeabweichung  $q$  von den drei Hauptmessreihen berechnet werden, während die relative Wiederholpräzision  $b$  von allen vier Messreihen

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	14 / 22

ermittelt werden muss. Die für  $b$  und  $q$  erhaltenen Werte müssen innerhalb der in Tabelle 2 für die vorgesehene Maschinenklasse angegebenen Grenzwerte liegen. Ferner müssen folgende Bedingungen erfüllt werden:

$$q_c = 100 \left| \frac{M_i - M_c}{M_c} \right| \leq 1,5 \cdot q_{al} \quad (3)$$

In der oben aufgeführten Gleichung (3) ist der Wert  $q_{al}$  der maximal zulässige Grenzwert aus Tabelle 2 für die entsprechende Klasse.

#### 4.4.7 Bestimmung der relativen Umkehrspanne

Wenn gefordert, muss die relative Umkehrspanne  $v$  durch Kalibrierung bei den gleichen Drehmomentstufen, zuerst bei zunehmendem, dann bei abnehmendem Drehmoment ermittelt werden. In diesem Fall muss die Kalibrierung mit einem nach DIN 51309 für abnehmende Drehmomente Fall II kalibrierten Drehmomentmessgerät bzw. einem nach DIN EN ISO 376 Fall D für abnehmende Kräfte kalibrierten Kraftmessgerät vorgenommen werden. Um die Umkehrspanne zu bestimmen, ist nur eine Messreihe bei abnehmendem Drehmoment erforderlich.

Die Messreihe für abnehmende Drehmomente kann direkt im Anschluss an die Messreihe 1, 2, 3 oder die Messreihe zur Überprüfung der Zusatzeinrichtung durchgeführt werden.

Die relative Anzeigeabweichung bei zunehmendem und abnehmendem Drehmoment berechnet sich wie folgt aus den Gleichungen (4) bzw. (5):

$$q_{auf} = \frac{M_i - M}{M} \cdot 100 \quad (4)$$

$$q_{ab} = \frac{M'_i - M'}{M'} \cdot 100 \quad (5)$$

Aus dem Unterschied zwischen den bei zunehmendem und bei abnehmendem Drehmoment gefundenen Werten wird die relative Umkehrspanne berechnet aus der Gleichung (6):

$$v = q_{auf} - q_{ab} \quad (6)$$

Diese Bestimmung muss im kleinsten und größten Drehmomentanzeigebereich der Torsionsprüfmaschine durchgeführt werden.

## 4.5 Beurteilung der Drehmomentanzeigeeinrichtung

### 4.5.1 Relative Anzeigeabweichung

Bei jeder kalibrierten Drehmomentstufe ist für jede der drei Messreihen die relative Anzeigeabweichung wie in den Gleichungen (7), (8), (9) und (10) zu berechnen:

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	15 / 22

$$q_1 = \frac{(M_{i1} - M_1)}{M_1} \cdot 100 \quad (7)$$

$$q_2 = \frac{(M_{i2} - M_2)}{M_2} \cdot 100 \quad (8)$$

$$q_3 = \frac{(M_{i3} - M_3)}{M_3} \cdot 100 \quad (9)$$

$$q = \frac{(q_1 + q_2 + q_3)}{3} \quad (10)$$

Die Indizes 1, 2 und 3 stellen die abgelesenen und berechneten Werte der drei Messreihen bei jeder Drehmomentstufe dar.

#### 4.5.2 Relative Wiederholpräzision

Die relative Wiederholpräzision  $b$  ist für jede Drehmomentstufe die Differenz zwischen  $q_{\max}$  und  $q_{\min}$ . Sie ergibt sich aus der Gleichung (11)

$$b = q_{\max} - q_{\min} \quad (11)$$

Dabei ist

$q_{\max}$  der algebraische Höchstwert von  $q_1$ ,  $q_2$  und  $q_3$  (ggf. ist auch  $q_c$  zu berücksichtigen);

$q_{\min}$  der algebraische Minimalwert von  $q_1$ ,  $q_2$  und  $q_3$  (ggf. ist auch  $q_c$  zu berücksichtigen).

#### 4.5.3 Übereinstimmung zwischen zwei Drehmomentmessgeräten

Wenn zwei Drehmomentmessgeräte für die Kalibrierung einer (überlappenden) Drehmomentstufe erforderlich sind (siehe 4.1), dann darf der Betrag der relativen Anzeigeabweichung zwischen beiden Drehmomentmessgeräten nicht größer sein als der Betrag der Wiederholpräzision der entsprechenden in Tabelle 2 angegebenen Klasse der Torsionsprüfmaschine, d. h. wie in Gleichung (12) gezeigt:

$$|q_{T1} - q_{T2}| \leq b_{al} \quad (12)$$

Dabei ist

$q_{T1}$  die relative Anzeigeabweichung mit Drehmomentmessgerät 1;

$q_{T2}$  die relative Anzeigeabweichung mit Drehmomentmessgerät 2;

$b_{al}$  die zulässige Wiederholpräzision nach Tabelle 2.

Als ein alternatives Verfahren kann die aufsummierte Unsicherheit jedes verwendeten Kraftmessgerätes ermittelt und mit den Differenzen der Anzeigeabweichungen verglichen werden, die sich mit jedem Gerät ergeben, wie in Gleichung (14) gezeigt:

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	16 / 22

$$|q_{T1} - q_{T2}| \leq \sqrt{U_{T1}^2 + U_{T2}^2} \quad (13)$$

Dabei stellen  $U_{T1}$  und  $U_{T2}$  die relative erweiterte Unsicherheit der Messungen, angegeben in Prozent, bei dem gleichen nominellen Drehmoment mit dem Drehmomentmessgerät 1 und Drehmomentmessgerät 2 dar.

## 5 Messunsicherheit

### 5.1 Einleitung

Es ist möglich, die Messunsicherheit der Drehmomentmesseinrichtung während der Kalibrierung entweder aus den angegebenen Grenzwerten oder aus den von der Messeinrichtung gelieferten Anzeigen zu berechnen. Eine mögliche Berechnung für die Kalibrierung mittels eines Drehmomentaufnehmers ist in den folgenden Abschnitten ausführlich beschrieben.

Üblicherweise wird die Anzeigeabweichung  $q$ , wenn sie den Spezifikationen von Tabelle 2 entspricht, bei der Kalibrierung in der Regel nicht als ein systematischer Fehler korrigiert. Daher sollte der Bereich, innerhalb dessen die geschätzte relative Abweichung  $E$  vernünftigerweise erwartet werden kann,  $E = q \pm U$  sein, wobei  $q$  die in 4.5.1 definierte relative Anzeigeabweichung und  $U$  die erweiterte Messunsicherheit sind [6].

### 5.2 Zunehmende Drehmomente

#### 5.2.1 Schätzwert für die relative Anzeigeabweichung

Der beste Schätzwert für die mittlere relative Anzeigeabweichung des von der Torsionsprüfmaschine angezeigten Drehmoments ist  $q$ , die relative Anzeigeabweichung. Zu diesem Schätzwert der mittleren relativen Anzeigeabweichung gehört eine erweiterte Messunsicherheit  $U$ , gegeben durch Gleichung (14):

$$U = k \cdot u_c = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2} \quad (14)$$

Dabei sind

- $k$  der Erweiterungsfaktor;
- $u_c$  die kombinierte Unsicherheit;
- $u_1$  bis  $u_n$  die jeweiligen Standardunsicherheiten.

$u_1$  bis  $u_n$  enthalten Beiträge, die sich auf die Wiederholpräzision, die Auflösung und das Transfornormal beziehen. Andere Unsicherheitsbeiträge, die berücksichtigt werden müssen, können die Einflüsse der Drehmomenteinleitung und des Bedienungspersonals betreffen.

#### 5.2.2 Wiederholpräzision

Der auf die Wiederholpräzision bezogene Beitrag der Standardunsicherheit  $u_{rep}$  ist die Standardabweichung des Schätzwerts der relativen mittleren Anzeigeabweichung und wird wie in Gleichung (15) berechnet:

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	17 / 22

$$u_{\text{rep}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (q_i - q)^2} \quad (15)$$

Dabei ist

- $n$  die Anzahl der Ablesungen bei jeder angezeigten Prüfstufe;
- $q_i$  die Anzeigeabweichung bei angezeigter Prüfstufe (%);
- $q$  der Mittelwert der Anzeigeabweichung bei angezeigter Prüfstufe (%).

### 5.2.3 Auflösung

Die Unsicherheit aufgrund der Auflösung der Torsionsprüfmaschine bei jedem Drehmoment ist die Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der beiden folgenden Komponenten:

- Die Unsicherheitskomponente aufgrund der Auflösung der Anzeige der Torsionsprüfmaschine bei dem wirkenden Drehmoment, gegeben durch die relative Auflösung  $a$  dividiert durch zweimal Quadratwurzel von drei und
- die Unsicherheitskomponente aufgrund der Auflösung der Anzeige der Torsionsprüfmaschine im entlasteten Zustand, gegeben durch die relative Auflösung  $a_z$  (berechnet nach 4.3 und mit dem Kalibriermoment  $M_i$  wie in Gleichung (1)) dividiert durch zweimal Quadratwurzel von drei.

Die Unsicherheit aufgrund der Auflösung wird in Gleichung (16) angezeigt:

$$u_{\text{res}} = \sqrt{\left(\frac{a}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{a_z}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad (16)$$

### 5.2.4 Transfornormal

Die Standardunsicherheit bezogen auf das Transfornormal  $u_{\text{std}}$  ist gegeben durch Gleichung (17):

$$u_{\text{std}} = \sqrt{u_{\text{cal}}^2 + A^2 + B^2 + C^2} \quad (17)$$

Dabei sind

- $u_{\text{cal}}$  die relative Kalibrierunsicherheit des Transfornormals;
- $A, B$  und  $C$  mögliche Unsicherheitsbeiträge, die sich aufgrund der Temperatur, der Drift und der linearen Annäherung an die Ausgleichsfunktion ergeben.

### 5.2.5 Erweiterte Unsicherheit

Sobald alle relevanten Standardunsicherheiten berücksichtigt worden sind (einschließlich der oben genannten anderen Beiträge), ist die kombinierte Unsicherheit  $u_c$  zur Ermittlung der erweiterten Unsicherheit  $U$  mit einem Erweiterungsfaktor  $k$  zu multiplizieren. Es wird empfohlen, einen Wert von  $k = 2$  einzusetzen, obwohl  $k$  auch aus der Anzahl der wirksamen Freiheitsgrade berechnet werden kann. Die in [6] festgelegten Prinzipien sollten berücksichtigt werden.

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	18 / 22

Die geschätzte mittlere relative Abweichung  $E$  kann innerhalb des Bereichs liegend erwartet werden, der in Gleichung (18) gezeigt wird:

$$E = q \pm U \quad (18)$$

und das mittlere erzeugte Drehmoment  $M$  kann, wie in Gleichung (19) gezeigt, angegeben werden als:

$$M \approx M_i - \frac{M_i}{100} (q \pm U) \quad (19)$$

### 5.3 Abnehmende Drehmomente

Bei abnehmenden Drehmomenten ist die kombinierte Unsicherheit  $u_c'$  aus den Unsicherheitsbeiträgen von  $q$  und  $v$  zu berechnen. Es wird angenommen, dass der Unsicherheitsbeitrag der relativen Umkehrspanne  $v$  gleich dem der relativen Anzeigeabweichung  $q$  bei zunehmendem Drehmoment ist. Die kombinierte Unsicherheit  $u_c'$  wird daher wie in Gleichung (20) gezeigt abgeschätzt:

$$u_c' = \sqrt{2} \cdot u_c \quad (20)$$

Zur Berechnung der erweiterten Unsicherheit  $U'$  ist die kombinierte Unsicherheit  $u_c'$  mit dem Erweiterungsfaktor  $k$  zu multiplizieren. Es kann etwa erwartet werden, dass die geschätzte relative Abweichung  $E'$  innerhalb des Bereiches liegt wie in Gleichung (21) gezeigt:

$$E' = (q + v) \pm U' \quad (21)$$

Dabei ist

- $q$  die relative Anzeigeabweichung bei zunehmendem Drehmoment;
- $v$  die relative Umkehrspanne.

Das erzeugte mittlere abnehmende Drehmoment  $M'$  kann wie in Gleichung (22) gezeigt angegeben werden:

$$M' \approx M_i' - \frac{M_i'}{100} [(q + v) \pm U'] \quad (22)$$

## 6 Klasse der Drehmomentanzeigebereiche der Torsionsprüfmaschine

In Tabelle 2 sind die maximal zulässigen Grenzwerte für die verschiedenen relativen Abweichungen der Drehmomentmesseinrichtung und die relative Auflösung der Drehmomentanzeigeeinrichtung aufgeführt, die für die Einstufung der Drehmomentanzeigebereiche der Torsionsprüfmaschine in eine Klasse maßgeblich sind.

Wo zutreffend wird die Einstufung aller Drehmomentanzeigebereiche einer Torsionsprüfmaschine durch die Einstufung für die „Überprüfung der Zusatzeinrichtungen“ und durch die „relative Umkehrspanne“ eingeschränkt.

Die Einstufung eines Drehmomentanzeigebereiches darf nur dann als normgerecht betrachtet werden, wenn sich die Überprüfung wenigstens über den Messbereich von 20 % bis 100 % des Höchstwerts des kalibrierten Drehmomentanzeigebereichs erstreckt. Wenn der Endwert aus technischen Gründen nicht erreicht werden kann, genügt es auch, wenn die Anforderungen bis wenigstens 80 % des Höchstwerts erfüllt werden. In diesem Fall ist ein entsprechender Hinweis im Kalibrierschein erforderlich. In jedem Fall ist die Mindestanzahl der Drehmomentstufen zu berücksichtigen.

Klasse der Drehmomentanzeigebereiche der Torsionsprüfmaschine	Maximal zulässiger Grenzwert					
	%					
	Relative				Relative Auflösung	Relative erweiterte Messunsicherheit
Anzeigeabweichung	Wiederholpräzision	Umkehrspanne <sup>1)</sup>	Nullpunktabweichung	Relative Auflösung		
	$q$	$b$	$v$	$f_0$	$a$	$U$
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	± 0,05	0,25	0,4
1	± 1,0	1,0	± 1,5	± 0,1	0,5	0,7
2	± 2,0	2,0	± 3,0	± 0,2	1,0	1,3
3	± 3,0	3,0	± 4,5	± 0,3	1,5	2,0

<sup>1)</sup> Nach 4.4.7 wird die relative Umkehrspanne nur auf Anforderung bestimmt.

**Tabelle 2:** Kenngrößen der Drehmomentmesseinrichtung

Durch Einhalten dieser Richtlinie wird die Unsicherheit explizit so berücksichtigt, wie von einigen Akkreditierungsnormen gefordert. Die Reduzierung der zulässigen Anzeigeabweichung um den Betrag der Unsicherheit würde zu einer doppelten Berücksichtigung der Unsicherheit führen. Die Klasseneinteilung einer zur Erfüllung der Anforderungen nach einer bestimmten Klasse kalibrierten und zertifizierten Torsionsprüfmaschine bietet keine Sicherheit dafür, dass die Genauigkeit einschließlich Unsicherheit kleiner sein wird als ein festgelegter Wert. Beispielsweise hat eine Torsionsprüfmaschine der Klasse 1 nicht notwendigerweise eine Anzeigeabweichung einschließlich Unsicherheit von weniger als 1,0 %.

Anmerkung 1: Bei der Kalibrierung von Werkstoffprüfmaschinen nach DIN EN ISO 7500-1 haben Untersuchungen gezeigt (siehe [4], [5]), dass eine Vielzahl von Prüfmaschinen unter Aufsummierung der Anzeigeabweichung mit der Messunsicherheit die bisherigen Klassengrenzen nicht mehr erreichen. Daher wurde vom DIN Normungsgremium NA 062-08-11 AA für die Kalibrierung von Werkstoffprüfmaschinen nach DIN EN ISO 7500-1 eine entsprechende Hilfe bei der Berücksichtigung der Messunsicherheit bei der Klassifizierung von Werkstoffprüfmaschinen gegeben [2]. Durch Berücksichtigung der Messunsicherheit gemäß Tabelle 2 werden die Grenzwerte der Anzeigeabweichung nicht reduziert.

Anmerkung 2: Bezüglich der in Tabelle 2 angegebenen relativ hohen Grenzwerte der relativen erweiterten Messunsicherheit sei angemerkt, dass bei der Berechnung der Messunsicherheit  $U$  auch die Wiederholpräzision und die Anzeigauflösung der zu kalibrierenden Torsionsprüfmaschine als erhebliche Anteile eingehen können. Die Messunsicherheit der für die Kalibrierung eingesetzten Drehmomentmessgeräte liegt deutlich darunter.

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	20 / 22

## 7 Dokumentation der Messergebnisse

### 7.1 Allgemeine Angaben

Der Kalibrierschein muss mindestens die folgenden Informationen enthalten.

- a) Verweisung auf diese Richtlinie, d. h. DKD-R 9-1;
- b) Kennzeichnung der Torsionsprüfmaschine (Hersteller, Typ, Herstellungsjahr wenn bekannt, Seriennummer) und, wenn verfügbar, die Kennzeichnung der Drehmomentmesseinrichtung (Hersteller, Typ, Seriennummer);
- c) Aufstellungsort der Torsionsprüfmaschine;
- d) Bezeichnung des für die Kalibrierung verwendeten Normal;
- e) Kalibriertemperatur;
- f) Datum der Überprüfung;
- g) Name oder Zeichen des Kalibrierlaboratoriums.

### 7.2 Ergebnisse der Überprüfung

Die Ergebnisse der Überprüfung müssen Folgendes enthalten:

- a) Besonderheiten, die bei der allgemeinen Inspektion der Torsionsprüfmaschine festgestellt wurden;
- b) für jede verwendete Drehmomentmesseinrichtung die Art der Drehmomentaufbringung bei der Kalibrierung (rechtsdrehend, linksdrehend, rechtsdrehend/linksdrehend), die Klassenzuordnung für jeden kalibrierten Drehmomentanzeigebereich sowie, wenn gefordert, die Einzelwerte für die relativen Fehler der Anzeigenabweichung, Wiederholpräzision, Umkehrspanne, Nullpunktabweichung und Auflösung;
- c) die untere Grenze des jeweiligen Drehmomentanzeigebereichs, für den die Beurteilung gilt.

## 8 Intervalle der Überprüfung

Die Zeitspanne zwischen zwei Überprüfungen hängt vom Typ der Torsionsprüfmaschine, ihrem Erhaltungszustand und der Häufigkeit ihres Einsatzes ab. Wenn nicht anderweitig festgelegt, wird empfohlen, dass die Überprüfung in Abständen von nicht mehr als 12 Monaten durchgeführt wird.

Die Torsionsprüfmaschine muss in jedem Fall überprüft werden, wenn sie zu einem neuen Aufstellungsort gebracht wird und dazu auseinander gebaut wurde oder falls größere Reparaturen oder Justagen durchgeführt wurden.

	Kalibrierung und Überprüfung der Drehmomentmesseinrichtung von Torsionsprüfmaschinen <a href="https://doi.org/10.7795/550.20210618A">https://doi.org/10.7795/550.20210618A</a>	DKD-R 9-1	
		Ausgabe:	05/2021
		Revision:	0
		Seite:	21 / 22

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN ISO 7500-1:2018-06: Metallische Werkstoffe – Kalibrierung und Überprüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen – Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen – Kalibrierung und Überprüfung der Kraftmesseinrichtung
- [2] DIN EN ISO 7500-1 Beiblatt 4: Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen – Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen – Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung; Beiblatt 4: Informationen zur Berücksichtigung der Messunsicherheit bei der Klassifizierung von Werkstoffprüfmaschinen
- [3] DIN 51309: Werkstoffprüfmaschinen Kalibrierung von Drehmomentmessgeräten für statische Drehmomente
- [4] Gerber, S.; Ellermeier, J.: Neue DIN EN ISO 7500-1 für die Kalibrierung von Werkstoffprüfmaschinen. Vortrag auf dem Werkstofftechnischen Kolloquium Mess- und Kalibriertechnik, MPA Darmstadt, 29.09.2016
- [5] Gerber, S.; Ellermeier, J.: Qualitätssicherung durch Kalibrierung in der Werkstoffprüfung. In: Frenz, H. und Langer, J. (Hrsg.): Fortschritte in der Werkstoffprüfung für Forschung und Praxis. Werkstoffprüfung 2017, 30.11./01.12.2017, Berlin, Tagungsband, S. 11-16
- [6] ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)
- [7] DIN EN ISO 376: Metallische Werkstoffe – Kalibrierung der Kraftmessgeräte für die Prüfung von Prüfmaschinen mit einachsiger Beanspruchung



Herausgeber:

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**  
Deutscher Kalibrierdienst  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig

[www.dkd.eu](http://www.dkd.eu)  
[www.ptb.de](http://www.ptb.de)