



---

# Prüfen und Kalibrieren von Endmasskomparatoren

---

**Dokument Nr. 208.dw**

**Ausgabe Februar 2013, Rev. 03**

*Durch das Sektorkomitee "Kalibrieren" erstelltes Dokument zur Harmonisierung der Tätigkeit  
in Kalibrierlaboratorien.*

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>Grundlagen.....</b>	<b>3</b>
1.1	Anwendungsbereich .....	3
1.2	Anforderungen .....	3
1.3	Messmittel.....	3
1.4	Die wichtigsten Masse und Toleranzen eines Endmasses .....	4
<b>2.</b>	<b>Prüfverfahren .....</b>	<b>5</b>
2.1	Vergleichsmessung der Mittenmasse, TEST 1 .....	5
<b>2.1.1</b>	<b>Punktemessung, TEST 2.....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Auswertung der Resultate .....</b>	<b>6</b>
3.1	Auswertung TEST 1 .....	6
3.2	Auswertung TEST 2 .....	6
3.3	Gesamtbeurteilung .....	7
<b>4.</b>	<b>Bezeichnungen .....</b>	<b>7</b>

## 1. Grundlagen

### 1.1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Richtlinie beinhaltet die Ermittlung der Genauigkeit sowie die Kalibrierung von Komparatoren zur Taster-Vergleichsmessung von Endmassen mit Nennlängen zwischen 0.5 mm und 100 mm (EN ISO 3650, DIN 861). Der beschriebene Test ist bei der Inbetriebnahme, bei den periodischen Kontrollen, bei allfälligen apparativen Veränderungen und bei einem Transport des Messgerätes durchzuführen sowie bei anderen Begebenheiten, die eine Kontrolle des Kalibriermessplatzes notwendig erscheinen lassen.

### 1.2 Anforderungen

Der Test wird am **definitiven Aufstellungsort** im Messlabor des Anwenders durchgeführt, und zwar erst, wenn alle Anforderungen des Herstellers bezüglich Aufstellung und Inbetriebnahme des Komparators erfüllt sind. Es ist zu verifizieren, dass der Aufstellungsort frei von Luftzug, Vibrationen und direkter Sonneneinstrahlung ist. Der Messraum soll im Normalfall auf  $(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$  klimatisiert sein.

### 1.3 Messmittel

Die zur Prüfung zu verwendenden Normale sind 9 Endmasse in insgesamt 5 Paaren (Tabelle 1). Die Endmasse sind aus Stahl, der Genauigkeitsklasse K oder 00 und mit individuellen Identifikationsnummern versehen (Endmasse gleicher Nominallänge mit gleicher Identifikationsnummer sind mit A und B zu markieren). Für diese Endmasse wird -entsprechend der akkreditierten Messunsicherheit des SCS-Labors - ein Kalibrierzertifikat mit interferometrischer Messung ( $U < 20 \text{ nm} + 0.08 \cdot 10^{-6} L$ ) bzw. 5-Punkte-Tastermessung ( $U < 40 \text{ nm} + 0.25 \cdot 10^{-6} L$ ) vorgeschrieben. Das Zertifikat muss die Einhaltung der in der Norm vorgeschriebenen Toleranzen bezüglich Abweichungsspanne und Ebenheit der Messflächen der geprüften Endmasse bestätigen.

Nummer des Paares	Nennlänge (mm)	
	A	B
1	0.5	0.5
2	1.0	1.005
3	1.0	1.010
4	6.0	6.0
5	100	100

Tabelle 1: Zur Kalibrierung notwendige Endmasse

Der im deutschen Kalibrierdienst (DKD) zu diesem Zweck verwendete Endmasssatz ist ebenfalls zugelassen.

### 1.4 Die wichtigsten Masse und Toleranzen eines Endmasses

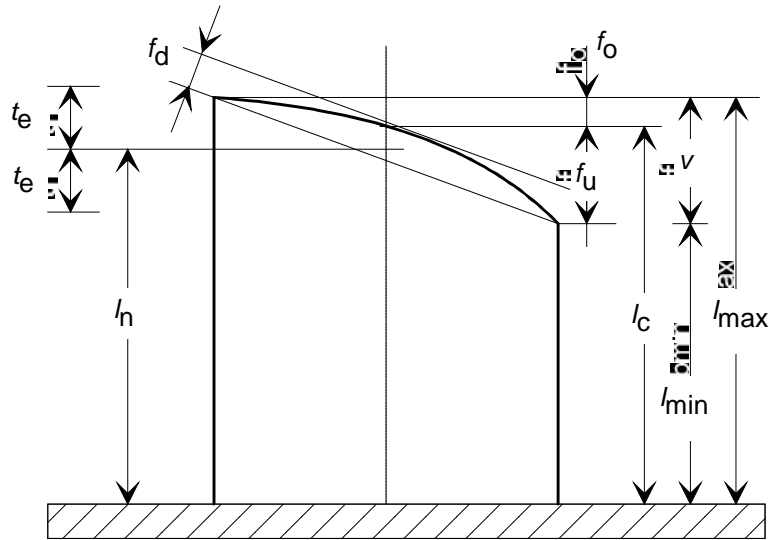


Fig.1. Masse und Toleranzen eines Endmasses nach EN ISO 3650

Nennmass:	$l_n$
Mittenmass:	$l_c$
Abweichungsspanne:	$v = f_u + f_o = l_{max} - l_{min}$
Obere max. Abweichung vom Mittenmass:	$f_o = l_{max} - l_c$
Untere min. Abweichung vom Mittenmass:	$f_u = l_c - l_{min}$
Abweichung von der Ebenheit:	$f_d$
Toleranzzone des Nennmasses:	$\pm t_e$
Toleranz der Abweichungsspanne:	$t_v$
Toleranz der Ebenheitsabweichung:	$t_f$

Nennmass		Zulässige Toleranz ( $\mu\text{m}$ )					
(mm)		Genauigkeitsgraf 00			Kalibriergrad K		
>	$\leq$	$t_e$	$t_v$	$t_f$	$t_e$	$t_v$	$t_f$
-	10	$\pm 0.06$	0.05	0.05	$\pm 0.20$	0.05	0.05
10	25	$\pm 0.07$	0.05	0.05	$\pm 0.30$	0.05	0.05
25	50	$\pm 0.10$	0.06	0.05	$\pm 0.40$	0.06	0.05
50	75	$\pm 0.12$	0.06	0.05	$\pm 0.50$	0.06	0.05
75	100	$\pm 0.14$	0.07	0.05	$\pm 0.60$	0.07	0.05

Tabelle 2: Endmasstoleranzen

## 2. Prüfverfahren

Es sind sämtliche auf den entsprechenden Blättern TEST 1 und TEST 2 aufgeführten Messungen durchzuführen und in die zugehörigen Felder einzutragen. Bei den Messungen mit den 100 mm Endmassen ist unbedingt zu gewährleisten, dass die beiden Endmassen dieselbe Temperatur aufweisen, um die Messresultate nicht zu beeinflussen. Aus Gründen der Temperaturstabilität empfiehlt es sich auch, die Prüfung in mehreren Etappen durchzuführen.

### 2.1 Vergleichsmessung der Mittenmasse, TEST 1

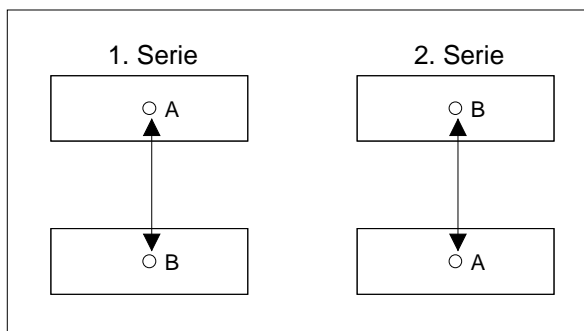


Fig.2: Schema der Messserien im TEST 1

Mit jedem in Tabelle 1 aufgeführten Endmasspaar werden 2 Serien mit je 5 Messungen der Mittenmasse durchgeführt. Während für die erste Messserie das Endmass A auf der hinteren und das Endmass B auf der vorderen Seite des Endmasstisches zu liegen kommt, wird für die zweite Serie die Anordnung vertauscht (Fig. 2).

#### 2.1.1 Punktemessung, TEST 2

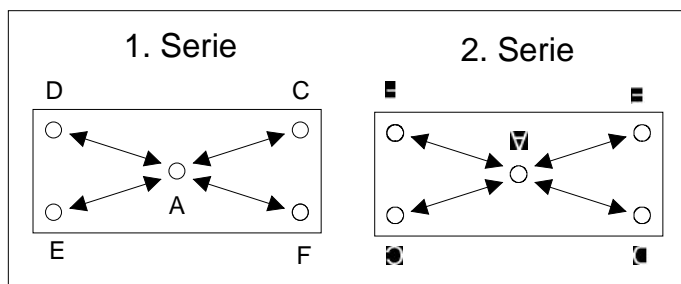


Fig.3: Schema der Messserien im TEST 2

Ziel dieses Testes ist es, die vom Komparator erzeugten Fehler für  $f_o$  und  $f_u$  zu bestimmen.

Ein erster Test wird mit dem 6 mm Endmass durchgeführt. Das Endmass wird auf die für das zu prüfende Endmass vorgesehene Stelle auf den Messtisch gelegt. Falls der normale Messvorgang dies vorschreibt, kann das zweite Endmass derselben Länge in das freie Feld gelegt werden und jedesmal dessen Mitte angetastet werden, ohne jedoch den Messwert abzulesen. Es werden 2 Serien mit je 4 Messzyklen (Zyklus 1.1 bis 4.1) durchgeführt. Ein Zyklus umfasst die fünffache Wiederholung der Messung der Mitte A der Messfläche sowie einen der vier Eckpunkte (C..F) gemäß Schema Fig. 3. Für die zweite Serie (Zyklus 1.2 bis 4.2) wird das Endmass um 180° um seine vertikale Achse gedreht.

Der Test wird durch zwei weitere mit den Endmassen 1 mm und 100 mm ergänzt. Man erhält so zusätzliche Informationen bezüglich der Einflüsse der Taster (Ausrichtung, Messkraft) sowie des Messtisches (Belastung, Positionierung).

### 3. Auswertung der Resultate

Nachdem alle Blätter des TEST1 (2 Seiten) und des TEST2 (3 Seiten) vollständig ausgefüllt sind, werden nun die Grössen berechnet, anhand welcher das Messgerät charakterisiert werden kann (hervorgehobene Felder). Die nachfolgend *kursiv* geschriebenen Ausdrücke bezeichnen entsprechende Felder auf den Auswertebättern (es besteht die Möglichkeit, beim METAS ein EXCEL worksheet zu beziehen - die im Computer eingegebenen Messwerte werden dann automatisch ausgewertet).

#### 3.1 Auswertung TEST 1

- Berechne sämtliche Differenzen  $B-A$  der Serien 1 und 2 für die 5 Endmasspaare.
- Berechne die Mittelwerte  $Mittel1$  und  $Mittel2$  aus den 5 Differenzen  $B-A$  jeder Serie.
- Berechne  $Max-Min$  für jede Serie von 5 Wiederholungsmessungen A und B (Differenz vom grössten zum kleinsten Messwert einer Fünferkolonne).
- Berechne die *Streuung* der Differenzmessungen für jedes Endmasspaar (Spanne zwischen dem Maximal- und Minimalwert der 10 Differenzen  $B-A$  beider Serien).
- Berechne die *Richtigkeit* für die Endmasspaare 1, 4 und 5 aus der Differenz der zertifizierten Werte von  $B-A$  zum Durchschnitt der gemessenen Werte:
- $Richtigkeit = (B-A)_{zert.} - (Mittel1+Mittel2)/2$ .
- Die Richtigkeit beschreibt die Fähigkeit des Messinstrumentes, Messwerte ohne systematische Abweichung zu liefern.
- Die *Taster-Linearität* ist analog zur Richtigkeit zu berechnen, jedoch für die Endmasspaare 2 und 3 (+ 5  $\mu\text{m}$  resp. + 10  $\mu\text{m}$  Differenzen):
- $Linearität [\%] = \{(B-A)_{zert.} - (Mittel1+Mittel2)/2\} \times 100 / (B-A)_{zert.}$
- Die *Umkehrbarkeit* ist ein Mass für die Asymmetrie der Tasterlinearität und ergibt sich für die Endmasspaare 2 und 3 aus dem Unterschied zwischen dem  $Mittel1$  und dem  $Mittel2$  der beiden Serien.
- Die *Wiederholbarkeit* berechnet sich schliesslich aus dem Mittelwert aller 20 berechneten  $Max-Min$ -Werte innerhalb eines Tests.

#### 3.2 Auswertung TEST 2

Die Auswertung der drei Tests 2.1, 2.2 und 2.3 erfolgt identisch.

- Berechne sämtliche Differenzen  $C-A$ ,  $D-A$ ,  $E-A$  und  $F-A$  für beide Serien.
- Berechne die Mittelwerte  $Mittel1$  und  $Mittel2$  aus den 5 Differenzen  $X-A$  jeder Serie (X steht für C, D, E oder F).
- Berechne  $Max-Min$  für jede Serie von 5 Wiederholungsmessungen X und B (Differenz vom grössten zum kleinsten Messwert einer Fünferkolonne).
- Berechne die *Streuung* der Differenzmessungen für jede Position (Spanne zwischen dem Maximal- und Minimalwert der 10 Differenzen  $X-A$  beider Serien).
- Berechne die Richtigkeit der *Geometrie* aus dem Absolutwert der Differenz zwischen  $Mittel1$  und  $Mittel2$  für jede Position C,..., F.
- Die Abweichung  $f_O$  entspricht dem **grössten positiven Wert** unter den 8 Mittelwerten  $Mittel1$  und  $Mittel2$ , berechnet für jedes Endmass ( $f_O = I_{\max} - I_C$ ).
- Bemerkung: falls  $I_{\max} = I_C \rightarrow f_O = 0$
- Die Abweichung  $f_U$  entspricht dem **kleinsten negativen Wert** unter den 8 Mittelwerten  $Mittel1$  und  $Mittel2$ , berechnet für jedes Endmass ( $f_U = I_C - I_{\min}$ ).
- Bemerkung: falls  $I_{\min} = I_C \rightarrow f_U = 0$

### 3.3 Gesamtbeurteilung

Die in Tabelle 3 angegebenen Werte entsprechen den zulässigen Abweichungen für die verschiedenen Auswertekriterien bei einem Vertrauensniveau von 95%.

ausgewertete Grössen	TEST	Zulässige Abweichungen (in $\mu\text{m}$ ) und Messunsicherheiten	
		L in m $U \leq (0.05+0.5 \cdot L) \mu\text{m},$	L in m $U \leq (0.1+1.0 \cdot L) \mu\text{m},$
Streuung	1 + 2	0.03	0.04
Wiederholbarkeit	1 + 2	0.015	0.04
Richtigkeit	1	$\pm(0.02 + 0.2 \cdot L)$	$\pm(0.05 + 0.5 \cdot L)$
Umkehrbarkeit	1	0.01	0.02
Geometrie	2	0.015	0.03
Linearität	1	0.4 % bei 5 $\mu\text{m}$ 0.2 % bei 10 $\mu\text{m}$	0.8 % bei 5 $\mu\text{m}$ 0.4 % bei 10 $\mu\text{m}$

Tabelle 3

Durch Vergleich der experimentell ermittelten Werte mit den Grenzwerten der Tabelle 3 kann entschieden werden, ob der Endmasskomparator die Anforderungen der gewünschten Genauigkeitsklasse erfüllt. Bei zu grosser Streuung der Werte soll der Test wiederholt werden.

## 4. Bezeichnungen

<i>B-A:</i>	Differenz der gemessenen Mittenmasse zwischen den Endmassen B und A
<i>C-A:</i>	Differenz der Messungen in den Eckpunkten (C,...,F) zum Mittenmass A
<i>D-A</i>	
<i>E-A</i>	
<i>F-A</i>	
<i>Mittel1, Mittel2:</i>	Arithmetisches Mittel der 5 Differenzmessungen der Serien 1, 2
<i>Max-Min:</i>	Differenz vom grössten zum kleinsten Messwert einer 5er-Serie
<i>Streuung:</i>	Differenz vom grössten zum kleinsten Wert der 10 Unterschiedsmessungen ( <i>B-A</i> ) der Serien 1 und 2
<i>Richtigkeit:</i>	Differenz der zertifizierten Werte von <i>B-A</i> zum Durchschnitt der gemessenen Werte: $\text{Richtigkeit} = (B-A)_{\text{zert.}} - (\text{Mittel1} + \text{Mittel2})/2$
<i>Linearität:</i>	Linearität des Tasters: $\text{Linearität [\%]} = \{(B-A)_{\text{zert.}} - (\text{Mittel1} + \text{Mittel2})/2\} \times 100 / (B-A)_{\text{zert.}}$ für die Endmasspaare 2 und 3.
<i>Umkehrbarkeit:</i>	Asymmetrie der Tasterlinearität: $\text{Umkehrbarkeit} = \text{Mittel1} - \text{Mittel2}$ für die Endmasspaare 2 und 3.
<i>Wiederholbarkeit:</i>	Mittelwert aller 20 Max-Min-Werte.
<i>Geometrie:</i>	Richtigkeit des Messinstruments in einer bestimmten Position auf dem Endmass C,...,F: $\text{Geometrie} =  \text{Mittel1} - \text{Mittel2} $ für jede Position