

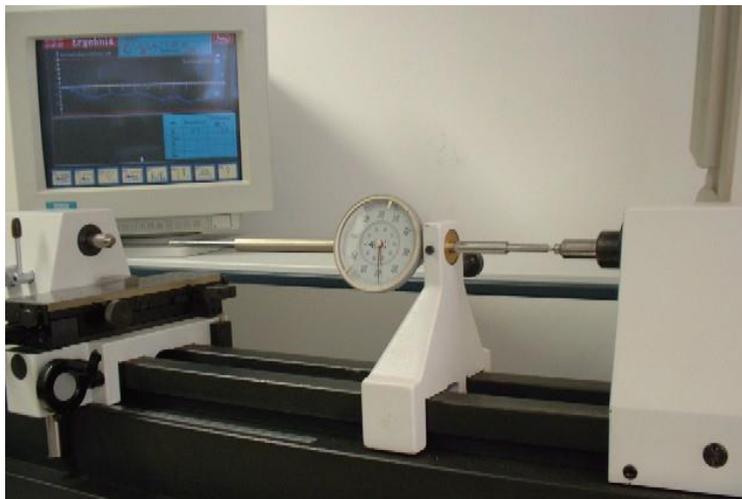
## L.III Kalibrieren von Messuhren, Feinzeigern und Fühlhebelmessgeräten

Die Kalibrierung einer Messuhr erfolgt gemäß DKD-R 4-3, Blatt 11.1 (für die Feinzeigerkalibrierung wird dieselbe u.g. Methode eingesetzt lediglich gemäß DKD-R 4-3 Blatt 11.2 kalibriert, Fühlhebelmessgeräte werden gemäß DKD-R 4-3 Blatt 11.3 kalibriert). Im Vorbereitungsraum wird das Messobjekt mittels Waschbenzin im geschlossenen Abzug gereinigt. Es wird eine Sichtprüfung der Strichskala und der Ziffern auf Lesbarkeit, sowie eine Funktionsprüfung über die Gängigkeit im gesamten Messbereich, Verstellbarkeit / Selbsthemmung der Strichskala und Toleranzmarken, Vorlauf und Überlauf des Zeigers, Umlaufzähleinrichtung und Abhebevorrichtung, durchgeführt. Anschließend kommt das Messobjekt in den Kalibrierraum zum Temperieren und nachfolgenden Kalibrieren.

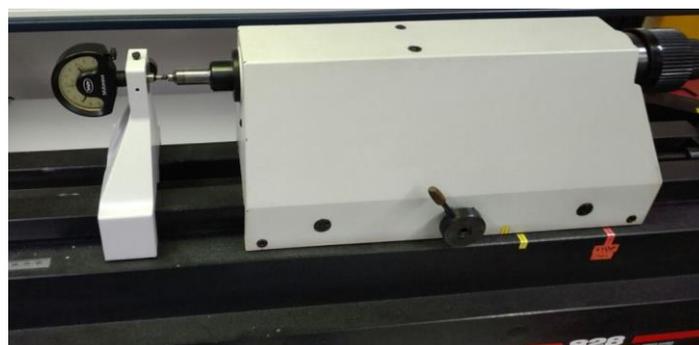
### L.III.1 Kalibrierverfahren

Die Messobjekte werden auf einem Universal-Messmittelprüfgerät mit einem kalibrierten elektronischen Wegmesssystem als Referenznormal verglichen.

Das Messobjekt und das Referenznormal sind dabei in einem Messständer so übereinander eingespannt, dass ihre Messbolzen an einem Verschiebeelement fluchtend angeordnet sind (siehe Bild III.1).

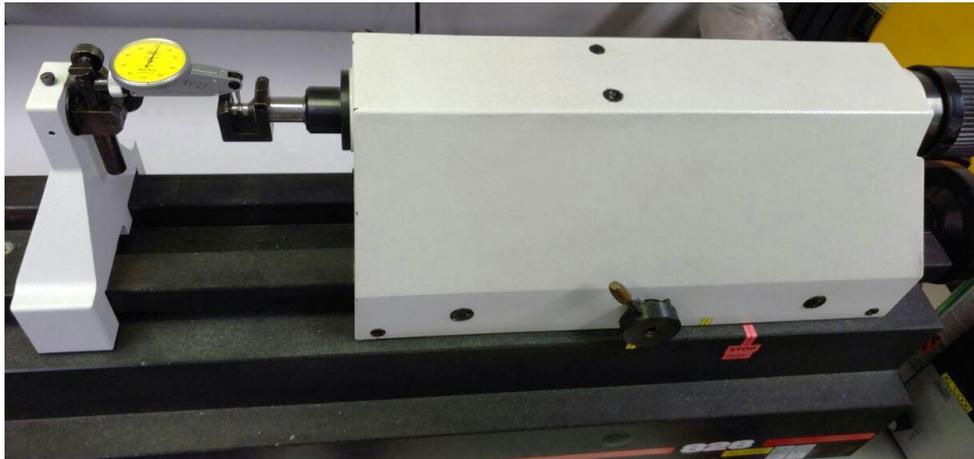


**Bild L.III.1 Kalibrierung einer Messuhr**



**Bild L.III.2 Kalibrierung eines Feinzeigers**

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
DMS.12	von: MM am: s.DMS	von: s. DMS am: s. DMS	Qualitätsmanagementhandbuch - L.III Kalibrieren von Messuhren, Feinzeigern und Fühlhebelmessgeräten	1



**Bild L.III.3 Kalibrierung eines Fühlhebelmessgerätes**

Eine Verschiebung dieses Elementes, und damit eine Verschiebung des Messbolzens des Messobjektes, bewirkt eine entsprechende Verschiebung des Messbolzens des Referenznormals (Abbesche Anordnung). Zur Kalibrierung des Messobjektes werden definierte Verschiebungen des Messbolzens eingestellt, die mit dem Referenznormal bestimmt werden, wobei Zeiger und Teilstrich des Messobjektes jeweils auf Überdeckung eingestellt werden. Die aktuelle Länge der jeweiligen Verschiebung ergibt sich aus der Modellfunktion der Auswertung.

Auf dem Universal-Messmittelprüfgerät werden die Abweichungsspannen  $f_e$  und  $f_{ges}$  sowie die Messwertumkehrspanne  $f_u$ , die Abweichung in der Teilmessspanne  $f_t$  und die Wiederholbarkeit  $f_w$  ermittelt.

#### Mechanische Messuhren

- Es werden 4 Messwerte, gleiche Abstände, (auf Kundenwunsch können auch ungleiche Abstände gewählt werden) pro Zeigerumdrehung erfasst.
  - Es werden mindestens 9 Messwerte innerhalb der Messspanne erfasst und eingehalten.
  - $f_w$  wird an beliebiger Stelle ermittelt und es werden 5 Messungen durchgeführt.
- Zur Ermittlung von  $f_t$  werden 10 Messpunkte an der größten Abweichung von  $f_e$  durchgeführt.

#### Messuhren größer 10 mm bis 100mm

Bei Messspannen  $> 10$  mm werden die Messwerte nur bei hineingehendem Messbolzen aufgenommen (d. h.  $f_u, f_{ges}$  entfallen).

#### Elektrische Messuhren

Die Größe der Messschritte sind nicht größer als 5 mm

- $f_t$  wird an beliebiger Stelle mit 10 Zifferschritten ermittelt.
- $f_w$  wird aus 5 Messungen in der Nähe des unteren Messbolzenanschlages ermittelt.

#### Feinzeiger

Die Bestimmung der Messabweichungen und der Messwertumkehrspanne  $f_u$  erfolgt in Schritten von 10 Skalenteilen.

- Differieren zwei aufeinanderfolgende Messwerte um mehr als 0,5 Skalenteile, wird an dieser Stelle zusätzlich die Messabweichungen im Teilmessbereich  $f_t$  in 10 Schritten von jeweils 1 Skalenteil ermittelt. Tritt dies mehrfach auf, so werden die Messabweichungen im Bereich der größten Differenz ermittelt.
- Die Wiederholpräzision  $f_w$  wird an beliebiger Stelle der Messspanne bestimmt. Dazu werden mindestens 5 Messungen durchgeführt.

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
DMS.12	von: MM am: s.DMS	von: s. DMS am: s. DMS	Qualitätsmanagementhandbuch - L.III Kalibrieren von <b>Messuhren</b> , Feinzeigern und Fühlhebelmessgeräten	2

Fühlhebelmessgeräte

- Die Bestimmung der Abweichungsspannen  $f_e$  und  $f_{ges}$  sowie der Messwertumkehrspanne  $f_u$  erfolgt in Schritten von 5 Skalenteilen.
- Differieren zwei aufeinanderfolgende Messwerte um mehr als 0,5 Skalenteile, so wird an dieser Stelle zusätzlich  $f_i$  in 10 Schritten von jeweils 1 Skalenteil ermittelt. Tritt dies mehrfach auf, wird  $f_i$  an der Stelle mit der größten Differenz ermittelt.
- Die Wiederholpräzision  $f_w$  wird an beliebiger Stelle der Messspanne bestimmt. Dazu werden mindestens 5 Messungen durchgeführt.

**L.III.2 Messunsicherheitsbilanz**

Die Länge  $L_x$  der aktuellen Verschiebung ergibt sich aus folgender Beziehung:

$$L_x = L_{iN} + \delta L_N + \delta L_D + L_{iN}(\alpha_N - \alpha_X)(t_m - t_0) + \delta L_x + \delta L_0 + (L_{iN}(\alpha_N - \alpha_X) - (L_N\alpha_N + L_X\alpha_X))\delta t - (L_N + L_X)\alpha_S\delta t_S$$

Hierbei sind:

- $L_x$  aktuelle Verschiebung
- $L_{iN}$  am Referenznormal abgelesene Verschiebung. Für die am Referenznormal angezeigte Verschiebung werden die Spezifikation und deren erweiterte Messunsicherheit im Kalibrierschein angegeben.
- $\delta L_N$  Längenabweichung aufgrund der Auflösung (Zifferschrittweite) des Referenznormals. Der Zifferschrittweite des Referenznormals beträgt 0,01  $\mu\text{m}$ , d. h. die Abweichung aufgrund des Zifferschrittwertes ist nicht größer als  $\pm 0,005 \mu\text{m}$ .
- $\delta L_D$  Drift des Wertes des Referenznormals seit der letzten Kalibrierung (in  $L_{iN}$  enthalten).
- $\alpha_N$   $\alpha_N$  linearer thermischer Längenausdehnungskoeffizient des Messbolzens des Referenznormals. Der Wert ergibt sich z. B. aus Herstellerangaben zu  $\alpha_N = (11,5 \pm 1,5) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ .
- $\alpha_X$  linearer thermischer Längenausdehnungskoeffizient des Messbolzens des Kalibriergegenstandes. Der Wert ergibt sich z. B. aus Herstellerangaben zu  $\alpha_X = (8,0 \pm 1,5) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ .
- $t_m$  mittlere Umgebungstemperatur während der Messung. Die Abweichung der Umgebungstemperatur von der Referenztemperatur  $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  liegt innerhalb der Grenzen von  $\pm 1 \text{ K}$ .
- $t_0$  Referenztemperatur ( $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- $\delta L_x$  Längenabweichung aufgrund der Auflösung des Kalibriergegenstandes. Es wird aus vorangegangenen Messungen und Erfahrungen für die Kalibrierung angenommen, dass die Einstellung eines Wertes am Messobjekt besser als auf 0,1 Skalenteilungswert erfolgt, sofern Zeiger und Teilstrich zur Deckung gebracht werden. Dieser Wert enthält auch die personenabhängige Unsicherheit bei der Einstellung der Teilstrichüberdeckung. Digitale Messobjekte sind auf bis zu 1  $\mu\text{m}$  ablesbar, d. h. die Abweichung aufgrund des Zifferschrittwertes ist nicht größer als  $\pm 0,5 \mu\text{m}$ .
- $\delta L_0$  Längenabweichung durch das Nullstellen des Messobjektes. Digitale Messobjekte sind auf bis zu 1  $\mu\text{m}$  ablesbar, d. h. die Abweichung aufgrund des Zifferschrittwertes ist nicht größer als  $\pm 0,5 \mu\text{m}$ .

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
DMS.12	von: MM am: s.DMS	von: s. DMS am: s. DMS	Qualitätsmanagementhandbuch - L.III Kalibrieren von Messuhren, Feinzeigern und Fühlhebelmessgeräten	3

- $L_N$  nominelle Länge des Messbolzens (einschließlich des Verschiebeelementes) des Referenznormals. Die nominelle Länge des Messbolzens des Referenznormals wird bei der Nullpunkteinstellung mit 70 mm abgeschätzt.
- $L_X$  nominelle Länge des Messbolzens des Kalibriergegenstandes.  
Die nominelle Länge des Messbolzens des Messobjektes wird bei der Nullpunkteinstellung längenabhängig mit 100 bis 350 mm abgeschätzt.
- $\delta_t$  Die Temperaturänderung des Referenznormals bzw. des Kalibriergegenstandes von der mittleren Umgebungstemperatur ( $t_m$ ).  
Es wird angenommen, dass die Temperaturabweichung  $\delta_t$  während der Nullpunkteinstellung und der Messung kleiner als 0,2 K ist.
- $\alpha_S$  linearer thermischer Längenausdehnungskoeffizient des Messständers  
Der Wert ergibt sich z.B. aus Herstellerangaben zu  $\alpha_S = (10,5 \pm 1,5) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ .
- $\delta_{t_S}$  Die Temperaturänderung des Messständers von der mittleren Umgebungstemperatur. Es wird angenommen, dass die Abweichung  $\delta_{t_S}$  wegen der höheren Wärmekapazität gegenüber dem Kalibriergegenstand kleiner als 0,2 K ist.

**Darstellung der Messunsicherheitsbilanz:**

Größe $X_j$	Schätzwert $x_j$	Standardmessunsicherheit $u(x_j)$	Verteilungsfunktion	Sensitivitätskoeffizient $C_j$	Unsicherheitsbeitrag
$L_{iN}$	$l_{iN}$	$U(L_{iN})/2$	Normal	1	$u(L_{iN})$
$\delta L_N$	0	$u_{\delta L_N} / \sqrt{3}$	Rechteck	1	$u(\delta L_N)$
$\alpha_N$	$11,5 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$	$u_{\alpha_N} / \sqrt{3}$	Rechteck	0	$u(\alpha_N)$
$\alpha_X$	$8,0 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$	$u_{\alpha_X} / \sqrt{3}$	Rechteck	0	$u(\alpha_X)$
$t_m$	20°C	$u_{T_m} / \sqrt{3}$	Rechteck	$3,5 \cdot 10^{-6} \cdot L_{iN} \mu\text{m K}^{-1}$	$u(t_m)$
$\delta L_X$	0	$u_{\delta L_X} / 2\sqrt{3}$	Rechteck	1	$u(\delta L_X)$
$\delta L_0$	0	$u_{\delta L_0} / 2\sqrt{3}$	Rechteck	1	$u(\delta L_0)$
$\delta_t$	0	$u_{\delta_t} / \sqrt{3}$	Rechteck	$(L_{iN} \cdot 3,5 - L_N \cdot 11,5 - L_X \cdot 8) \cdot 10^{-6} \mu\text{m K}^{-1}$	$u(\delta_t)$
$\alpha_S$	$10,5 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$	$u_{\alpha_S} / \sqrt{3}$	Rechteck	-	$u(\alpha_S)$
$\delta_{t_S}$	0	$u_{\delta_{t_S}} / \sqrt{3}$	Rechteck	$10,5 \cdot 10^{-6} \cdot (L_N + L_X) \mu\text{m K}^{-1}$	$u(\delta_{t_S})$
$L_X$					$u(L_X)$

Für die dem Ergebnis beizuordnende Standardmessunsicherheit ergibt sich daraus:

$$u^2(L_X) = c_{iN}^2 u^2(L_{iN}) + c_N^2 u^2(\delta L_N) + c_X^2 u^2(\delta L_X) + c_X^2 u^2(\delta L_0) + c_m^2 u^2(\delta_{t_m}) + c_t^2 u^2(\delta_t) + c_S^2 u^2(\delta_{t_S})$$

mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$

$$U = k \cdot u(L_X) = 1 \mu\text{m} + 7 \cdot 10^{-6} \cdot L$$

L ist die gemessene Länge

Die Zahlenwerte der Berechnungen für die einzelnen Messgrößen sind der Tabelle

<http://dmserver/technik/Messunsicherheiten/QMH-Tabellen/Laenge/Messunsicherheiten-Tabelle-L.III-Kalibrieren-von-Messuhren.xls>

zu entnehmen.

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
DMS.12	von: MM am: s.DMS	von: s. DMS am: s. DMS	Qualitätsmanagementhandbuch - <b>L.III Kalibrieren von Messuhren</b> , Feinzeigern und Fühlhebelmessgeräten	5



© esz AG, 2018

Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International zugänglich. Um eine Kopie dieser Lizenz einzusehen, konsultieren Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> oder wenden Sie sich brieflich an Creative Commons, Postfach 1866, Mountain View, California, 94042, USA.

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
DMS.12	von: MM am: s.DMS	von: s. DMS am: s. DMS	Qualitätsmanagementhandbuch - <b>L.III Kalibrieren von Messuhren</b> , Feinzeigern und Fühlhebelmessgeräten	6