

Inhaltsverzeichnis

1	Inhalt und Geltungsbereich	2
1.1	Zweck und Ziel.....	2
1.2	Geltungsbereich.....	2
2	Vorbereiten des Kalibriergegenstandes	2
3	Kalibrierverfahren	2
4	Bewertung der Kalibrierung.....	3
4.1	Auswertung der Messung	3
5	Kennzeichnung des Prüfstatus	3
6	Messunsicherheitsbudget	4
6.1	Angaben zum Kalibriergegenstand	4
6.2	Angaben zur Normalmesseinrichtung / Kalibriereinrichtung	4
6.3	Messaufbau	4
6.4	Ermittlung der Standardabweichung	4
6.5	Einflussgrößen.....	4
6.5.1	Einfluss des Normals	4
6.5.2	Einfluss des Verfahrens	5
6.5.3	Einfluss des Kalibriergegenstandes	5
6.6	Mathematisches Modell der Einflussgrößen.....	5
6.7	Beitrag für den Kalibriergegenstand $u(l x)$	5
6.8	Beitrag für das Normal $u(l_S)$	5
6.9	Beiträge für das Verfahren $u(\Delta t)$	5
6.10	Unsicherheitsbeitrag für die endliche Auflösung des Kalibriergegenstandes $u(\delta l x)$	6
6.11	Unsicherheitsbeitrag für mechanische Effekte $u(\delta l_M)$	6
6.12	Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge	6
6.13	Messunsicherheitsanalyse	6
6.14	Unsicherheitsbeitrag des Normals $u(l_S)$	6
6.15	Unsicherheitsbeitrag des Verfahrens $u(\Delta t)$	7
6.16	Unsicherheitsbeitrag des Kalibriergegenstandes $u(l x)$	7
6.17	Unsicherheitsbeitrag für die endliche Auflösung des Kalibriergegenstandes $u(\delta l x)$	7
6.18	Unsicherheitsbeitrag für mechanische Effekte $u(\delta l_M)$	7
6.19	Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge	8
6.20	Erweiterte Messunsicherheit U	8
7	Bezugsdokumente.....	8
7.1	Mitgeltende Unterlagen.....	8
7.2	Normen.....	8

1 Inhalt und Geltungsbereich

1.1 Zweck und Ziel

Diese Work Instruction beschreibt die Vorgehensweise zur Kalibrierung einer Messuhr nach DIN 878. Die Kalibrierung erfolgt in Übereinstimmung mit der Richtlinie DKD-R 4-3, Blatt 11.1. Die erweiterte Messunsicherheit U für den Kalibrierprozess berechnet sich nach Richtlinie EA-4/02M:2013.

1.2 Geltungsbereich

- Phoenix Contact

2 Vorbereiten des Kalibriergegenstandes

Vor Beginn der Kalibrierung ist der Kalibrierstatus aller zur Durchführung der Kalibrierung benötigten Normale und Normalmesseinrichtungen zu prüfen. Gegebenenfalls sind sie zu kalibrieren und zu justieren.

Folgende vorbereitende Maßnahmen, Prüfungen und Tätigkeiten sind durchzuführen:

- Überprüfen der Beschriftung und Ident.-Nummer
- Reinigung des Kalibriergegenstandes
- Sichtprüfung
- Nacharbeit leichter Beschädigungen/Aussondern
- Bereitstellen technischer Unterlagen
- Funktionsprüfung
- Temperieren über einen Zeitraum von mindestens fünf Stunden

3 Kalibrierverfahren

Die Kennwertermittlung erfolgt mit der Optimar 100 der Firma Mahr als Referenznormal, siehe Abbildung 1



Abbildung 1: Optimar 100, Fa. Mahr

Die Messuhr wird mittels Reduzierspannbuchse an der Prüflingsaufnahme eingespannt, sodass die Messspinole des Messuhrenprüfstandes, und der Messbolzen der Messuhr fluchtend angeordnet sind, (siehe Abbildung 2).

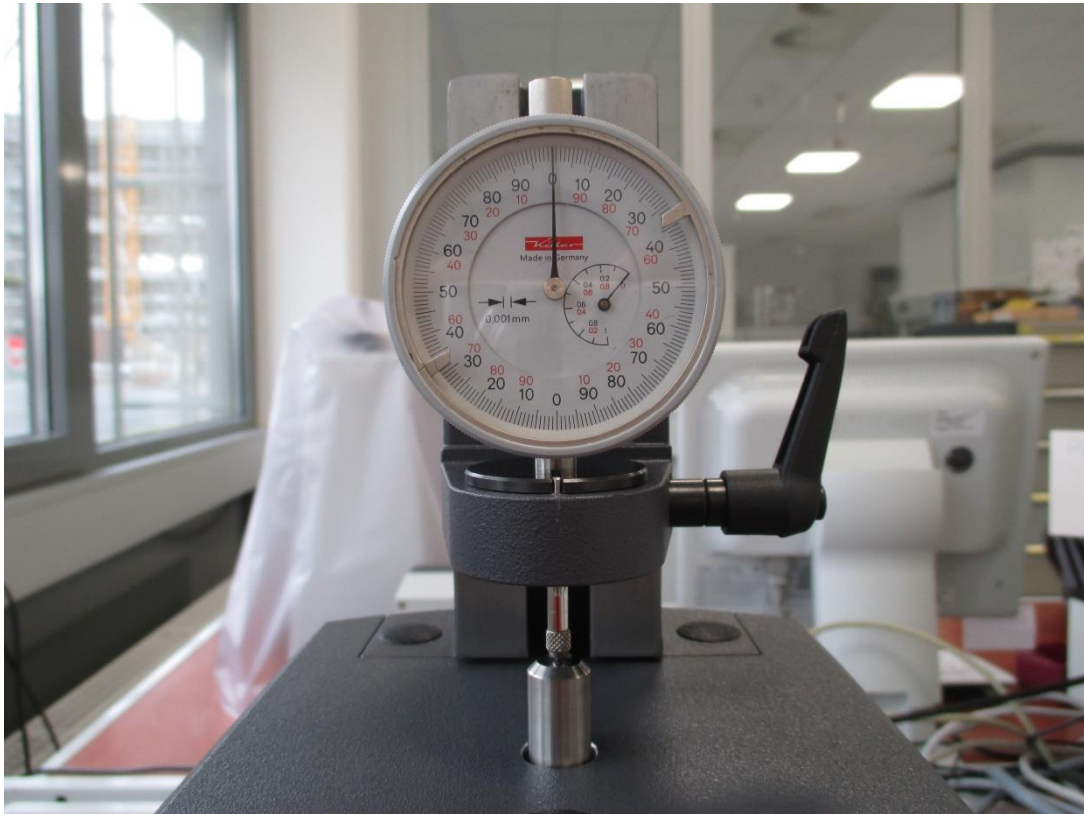


Abbildung 2: Aufbau des Messuhrenprüfstandes

Die Verschiebung des Referenznormals am Messuhrenprüfstand bewirkt eine Verschiebung des Messuhrenbolzens.

Bei der Kalibrierung werden die vorgegebenen Messpositionen so angefahren, dass sich Zeiger und Teilstrich der mechanischen Messuhr decken. Die angewählten Messpositionen der Messuhr werden mit den Messwerten des Referenznormals verglichen und in die Auswertesoftware übertragen.

Folgende Kennwerte werden ermittelt:

- f_e die Abweichungsspanne
- f_{ges} die Gesamtabweichungsspanne
- f_u die Messwertumkehrspanne
- f_t die Abweichungsspanne in der Teilmessspanne
- f_w Wiederholbarkeit

4 Bewertung der Kalibrierung

4.1 Auswertung der Messung

Die Auswertung der Messung und der Prüfentscheid erfolgen mit einer geeigneten Software (QM-Soft).

5 Kennzeichnung des Prüfstatus

Nach erfolgreicher Prüfung wird die Messuhr mit einer DAkkS-Kalibriermarke nach DAkkS-DKD-MB 5 gekennzeichnet.

Zusätzlich wird eine interne Prüfplakette angebracht. Sie trägt den aktuellen und nächsten Prüfzeitpunkt.

6 Messunsicherheitsbudget

Die erweiterte Messunsicherheit U , für den Kalibrierprozess, berechnet sich nach EA-4/02 M:2013, Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen und erklärt sich wie folgt:

6.1 Angaben zum Kalibriergegenstand

Messuhr nach DIN 878, Messspanne 10 mm, Skalenteilungswert 0,01 mm

6.2 Angaben zur Normalmesseinrichtung / Kalibriereinrichtung

Die Kennwertermittlung erfolgt auf einem kalibrierten Optimar 100 Messuhrenprüfstand als Referenznormal. Ziffernschrittweite der Anzeige 0,02 μm

6.3 Messaufbau

Zur Messung ist der Prüfling zu dem eingebauten Längennormal des Messuhrenprüfstands, nach dem Abbe'schen Prinzip, senkrecht fluchtend angeordnet (siehe Kapitel 3, Abbildung 2). Der Messbolzen der Messuhr liegt direkt an der Messspinole des Messuhrenprüfstands an. Die unterschiedliche Bewegungsrichtung des Messbolzens wird durch die Wahl des Vorzeichens der Anzeige berücksichtigt, siehe Abbildung 3

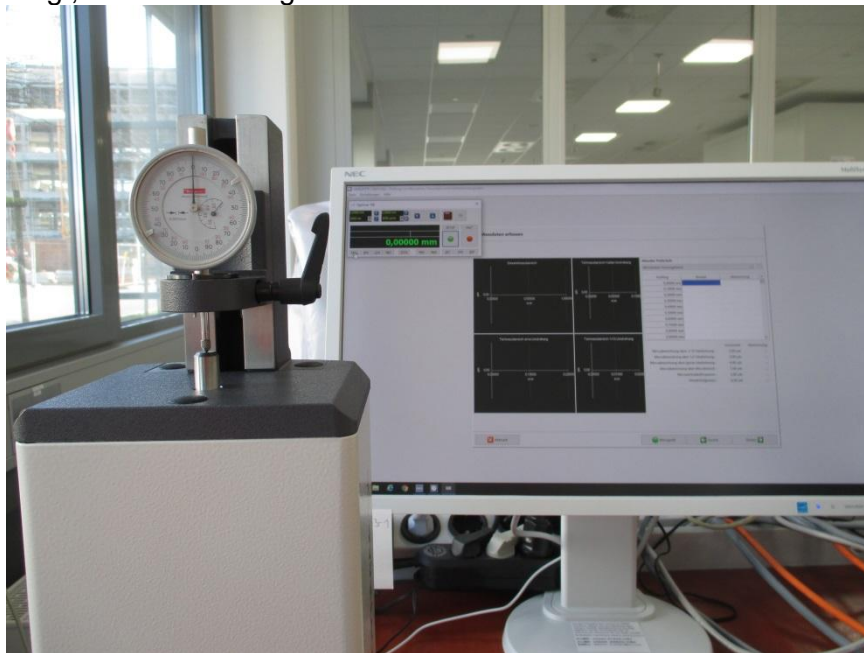


Abbildung 3: Messaufbau und Auswertung

6.4 Ermittlung der Standardabweichung

Zu Beginn der Messung werden Zeiger und der Teilstrich „0“ deckungsgleich eingestellt. In dieser Position wird mittels Software die Anzeige „genullt“.

Die Messposition 7,5 mm auf der Messuhr wird angefahren das Prüfmaß abgelesen und in die Tabelle des FS B-7-0111 übertragen und ausgewertet.

Zur Ermittlung der Standardabweichung wird der Prüfpunkt von drei Prüfern jeweils 10 mal angefahren. Die abgelesenen Messwerte werden in die Tabelle des Formsheets FS B-7-0111 übertragen und ausgewertet.

6.5 Einflussgrößen

Bei der Längenmessung wirken sich vor allem Temperatureinflüsse negativ aus. Umweltbedingte Abweichungen von der Bezugstemperatur oder temperaturbedingte Einflüsse während der Kalibrierung wie die Körperwärme des Prüfers.

6.5.1 Einfluss des Normals

Unsicherheitsbeitrag Optimar 100 Messuhrenprüfstand
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient

6.5.2 Einfluss des Verfahrens

Einfluss der Abweichung der Umgebungstemperatur von der Bezugstemperatur auf

- a) das Normal
- b) den Kalibriergegenstand

Einfluss der Temperaturänderung während der Kalibrierung auf

- c) das Normal
- d) den Kalibriergegenstand

6.5.3 Einfluss des Kalibriergegenstandes

- a) Mechanische Effekte
- b) Wiederholpräzision und Ableseunsicherheit der Messuhr
- c) Thermischer Längenausdehnungskoeffizient

6.6 Mathematisches Modell der Einflussgrößen

Mit den Einflussgrößen wird das mathematische Modell der Messunsicherheit aufgestellt.

$$u_{gesamt}(L) = \sqrt{u^2(l_{ix}) + u^2(l_s) + u^2(\Delta t) + u^2(\delta l_{ix}) + u^2(\delta l_M)}$$

6.7 Beitrag für den Kalibriergegenstand $u(l_{ix})$

Zur Ermittlung der personenabhängigen Standardabweichung wird der Prüfpunkt von drei Prüfern jeweils 10 mal angefahren.

$$u(l_{ix}) = 0,417 \mu m, \text{ siehe Kapitel 6.4}$$

6.8 Beitrag für das Normal $u(l_s)$

Der Unsicherheitsbeitrag bei 10,00 mm ergibt sich aus der Messunsicherheit des Messuhrenprüfstands.

$$u(l_s) = 0,32 \mu m \text{ mit } K = 2$$

$$u(l_s) = 0,16 \mu m$$

6.9 Beiträge für das Verfahren $u(\Delta t)$

Die mittlere Umgebungstemperatur im Messraum beträgt 20°C. Die gemessenen Grenzen liegen bei <0,8 K pro Stunde.

$$u(\Delta_{Raum}) = 0,8 K$$

Die Überwachung der Umgebungstemperatur erfolgt mit Temperaturfühlern die eine Gesamtmessunsicherheit von 0,35K beinhalten.

$$u(Fühler) = 0,35 K \text{ mit } K = 2$$

$$u(Fühler) = 0,18 K$$

Der Gesamtunsicherheitsbeitrag des Verfahrens bei 10 mm ergibt:

$$u(\Delta t) = l_{ix} \cdot \alpha \cdot [U(\Delta_{Raum}) + U(Fühler)]$$

$$u(\Delta t) = 0,01 m \cdot 0,0000115 m \cdot (0,80 K + 0,18 K)$$

$$u(\Delta t) = 0,1127 \mu m$$

6.10 Unsicherheitsbeitrag für die endliche Auflösung des Kalibriergegenstandes $u(\delta l_{ix})$
 Bei Überdeckung von Zeiger und Teilstrich und einem Skalenteilungswert von 10 μm , beträgt die Ablesegenauigkeit eines Messwertes am Prüfling erfahrungsgemäß 5 μm .

$$u(\delta l_{ix}) = 5 \mu m$$

6.11 Unsicherheitsbeitrag für mechanische Effekte $u(\delta l_M)$
 Schwingungsimmissionen werden durch eine entkoppelte Bodenplatte (eigenes Fundament) verhindert. Unerwünschte Schwingungen mit Einfluss auf den Messuhrenprüfstand können nicht festgestellt werden.

Ein Unsicherheitsbeitrag wird durch die Spannweite der Bedienerwerte R_X aus der Messsystemanalyse Verfahren 2, nach Bosch Heft 10-2003 ermittelt.

$$u(\delta l_M) = 2,27 \mu m$$

6.12 Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge
 Folgende Beiträge werden in das Messunsicherheitsbudget übernommen:

$$u(l_{ix}) = 0,417 \mu m$$

$$u(l_S) = 0,16 \mu m$$

$$u(\Delta t) = 0,1127 \mu m$$

$$u(\delta l_{ix}) = 5 \mu m$$

$$u(\delta l_M) = 2,27 \mu m$$

6.13 Messunsicherheitsanalyse
 Jede identifizierte Einflussgröße liefert einen Beitrag zum Budget.

Der Einzelbeitrag jeder Einflussgröße wird mit seinem Sensitivitätskoeffizienten c_i multipliziert. Der Sensitivitätskoeffizient c_i beträgt 1, da zur Berechnung die Grenzwerte der Veränderung des Einflusses angenommen werden.

Aufgrund der endlichen Auflösung des Normals und des Kalibriergegenstandes, wird eine Rechteckverteilung b_i angenommen.

Der Unsicherheitsbeitrag errechnet sich somit aus:

$$u_i(y) = u_i \cdot b_i \cdot c_i$$

6.14 Unsicherheitsbeitrag des Normals $u(l_S)$
 Der Unsicherheitsbeitrag $u(l_S)$, bei Position 10,0 mm ergibt sich aus der Messunsicherheit des Messuhrenprüfstands.

$$u(l_S) = u(l_S) \cdot c(l_S)$$

$$u(l_S) = 0,16 \mu m \cdot 1$$

$$u(l_S) = 0,16 \mu m$$

6.15 Unsicherheitsbeitrag des Verfahrens $u(\Delta t)$

Die Abweichung der Umgebungstemperatur von der Referenztemperatur wirkt sich auf die Länge des Maßstabs im Messuhrenprüfstand aus. Die Umgebungstemperatur beträgt $20\text{ °C} \pm 0,8\text{ K}$. Das Material des Maßstabs ist Stahl, mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten von $\alpha = 11,5\text{ }\mu\text{m}$.

Bei einer maximalen Temperaturschwankung von 0,8 K, errechnet sich der Unsicherheitsbeitrag ΔL für den Messbereich von 10 mm, wie folgt:

$$\Delta L = L_1 \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot b_i \cdot c_i$$

$$\Delta L = 0,01\text{ m} \cdot 0,0000115\text{ m} \cdot 0,98\text{ K} \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$\Delta L = 0,06537\text{ }\mu\text{m}$$

$$u(\Delta t) = \Delta L$$

$$(\Delta t) = 0,06537\text{ }\mu\text{m}$$

Eine Längenänderung der Übersetzungsmechanik im Prüfling hat keinen Einfluss, da dieser vor Beginn der Messung auf einen Messwert von 0 mm voreingestellt wird.

Eine Temperaturänderung, durch Wärmestrahlung des Prüfers während der Messung, konnte nicht festgestellt werden. Dieses wurde durch Versuche mit Temperaturfühlern an den Messbolzen von Messuhrenprüfstand und Prüfling festgestellt.

6.16 Unsicherheitsbeitrag des Kalibriergegenstandes $u(l_{ix})$

Personenabhängige Unsicherheit. Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i

$$u(l_{ix}) = U(s) \cdot b_i \cdot c(l_{ix})$$

$$u(l_{ix}) = 0,417\text{ }\mu\text{m} \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$u(l_{ix}) = 0,242\text{ }\mu\text{m}$$

6.17 Unsicherheitsbeitrag für die endliche Auflösung des Kalibriergegenstandes $u(\delta l_{ix})$

$$u(\delta l_{ix}) = 5\text{ }\mu\text{m}$$

Der Unsicherheitsbeitrag für die Ablesung beträgt:

$$u(\delta l_{ix}) = u(\delta l_{ix}) \cdot b_i \cdot c(l_{ix})$$

$$u(\delta l_{ix}) = 5\text{ }\mu\text{m} \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$u(\delta l_{ix}) = 2,9\text{ }\mu\text{m}$$

6.18 Unsicherheitsbeitrag für mechanische Effekte $u(\delta l_M)$

$$u(\delta l_M) = R_X \cdot b_i \cdot c(l_S)$$

$$u(\delta l_M) = 2,27\text{ }\mu\text{m} \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$u(\delta l_M) = 1,32\text{ }\mu\text{m}$$

6.19 Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge

Folgende Beiträge werden in das Messunsicherheitsbudget übernommen:

$$u(l_{ix}) = 0,242 \mu m$$

$$u(l_s) = 0,16 \mu m$$

$$u(\Delta t) = 0,06537 \mu m$$

$$u(\delta l_{ix}) = 2,9 \mu m$$

$$u(\delta l_M) = 1,32 \mu m$$

6.20 Erweiterte Messunsicherheit U

$$U = K \cdot \sqrt{u^2(l_{ix}) + u^2(l_s) + u^2(\Delta t) + u^2(\delta l_{ix}) + u^2(\delta l_M)}$$

$$U = k \cdot u_{gesamt}(L)$$

$$U = 8 \mu m$$

Die Zahlenwerte der Berechnungen für die einzelnen Messgrößen sind in Formsheets **FSB70111_MSU.xlsx** - Abschätzung der Messunsicherheit Labor CSL - abgelegt.

7 Bezugsdokumente

7.1 Mitgeltende Unterlagen

DKD-R 4-3 Blatt 11.1

DAkkS-DKD-3 EA-4/02 M:2013

FS B-7-0111

7.2 Normen

- DIN EN ISO 9001**
- DIN 878 (2006-06)

**Ausgabe lt. aktuellem IMS-Handbuch