

1. Zweck und Ziel

Diese Work Instruction beschreibt die Vorgehensweise zur Kalibrierung von:

- Prüfstiften nach DIN 2269, Genauigkeitsgrad 1 und 2.

Die Kalibrierung erfolgt auf Grundlage der VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.2 Kalibrierverfahren nach Option 1

Die erweiterte Messunsicherheit U für den Kalibrierprozess berechnet sich nach Richtlinie EA-4/02M: 2013.

2. Vorbereiten von Kalibriereinrichtung und Kalibriergegenstand

2.1 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.

2.2 Folgende vorbereitende Maßnahmen, Prüfungen und Tätigkeiten sind durchzuführen:

- Überprüfen der Beschriftung und Ident.-Nummer
- Reinigung des Kalibriergegenstandes
- Entmagnetisierung (bei Bedarf)
- Sichtprüfung
- Nacharbeit leichter Beschädigungen/Aussondern
- Bereitstellen technischer Unterlagen
- Überprüfung der Baumaße
- Funktionsprüfung (bei Gewindeprüfstiften im Aussteckhalter)
- Oberflächenprüfung der Funktionsfläche - Sichtprüfung
- Temperieren über einen angemessenen Zeitraum von mindestens 5 Stunden

3. Kalibrierung

3.1 VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.2 Kalibrierverfahren nach Option 1

(Durchmesserbestimmung für Gebrauchsnormale zur Maßübertragung)

Die Kennwertermittlung erfolgt auf einem Längenkomparator, mit kalibriertem optischem Wegmesssystem als Referenznormal.

Ermittelt wird der Durchmesser D , in drei unterschiedlichen Ebenen $E1$, $E2$, $E3$ (siehe Bild 1). Die Messebenen werden in der Regel etwa bei der halben Prüfstiftlänge und in der Nähe der Enden gewählt.

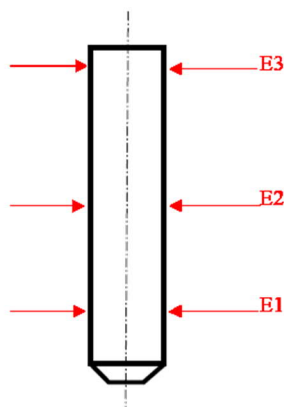


Bild 1

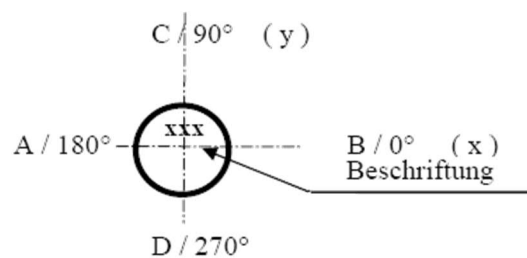


Bild 2

3.2 Erstkalibrierung:

- a) Definierte Messkrafteinstellung am Längenkomparator auf 5N einstellen.
- b) Messtaster mittels X-Achsenverstellung des Wegmesssystems parallel zueinander fahren und Anzeige des Komparators auf Null stellen.
- c) Längenkomparator mit Endmaß abgleichen (Bild 1), Anzeige des Komparators auf Mittenmaß des Endmaßes einstellen.
- d) Messtaster öffnen, Endmaß entnehmen und Prüfling von Hand, an der vorgeschriebenen Messposition E1 (Bild 4), vor dem feststehenden Messtaster positionieren.
- e) Beweglichen Messtaster mittels X-Achsenverstellen zustellen und zur Anlage am Prüfstift bringen bis definierte Messkraft aufgebaut ist.
- f) Prüfmaß ablesen.
- g) Wiederholung der Schritte e) – g) für Messpositionen E2 und E3 (Bilder 5 und 6), an jeweils vier Stellen, um 90 ° verteilt.

Die Messwerte werden in die Auswertesoftware übertragen und ausgewertet.

3.3 Wiederholungskalibrierungen:

- a) Definierte Messkrafteinstellung am Längenkomparator auf 5N einstellen.
- b) Messtaster mittels X-Achsenverstellung des Wegmesssystems parallel zueinander fahren und Anzeige des Komparators auf Null stellen.
- c) Längenkomparator mit Endmaß abgleichen (Bild 1), Anzeige des Komparators auf Mittenmaß des Endmaßes einstellen.
- d) Messtaster öffnen, Endmaß entnehmen und Prüfling von Hand, an der vorgeschriebenen Messposition E1 (Bild 4), vor dem feststehenden Messtaster positionieren.
- e) Beweglichen Messtaster mittels X-Achsenverstellen zustellen und zur Anlage am Prüfstift bringen bis definierte Messkraft aufgebaut ist.
- f) Prüfmaß ablesen.
- g) Wiederholung der Schritte e) – g) für Messpositionen E2 und E3 (Bilder 5 und 6), an jeweils zwei Stellen, um 90 ° verteilt.

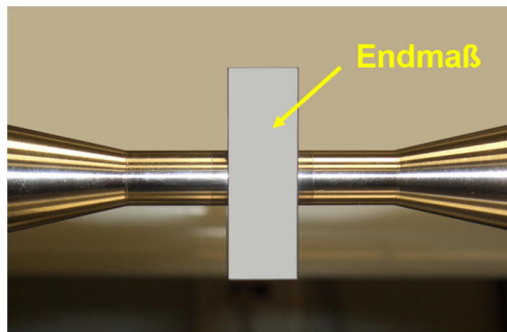


Bild 3

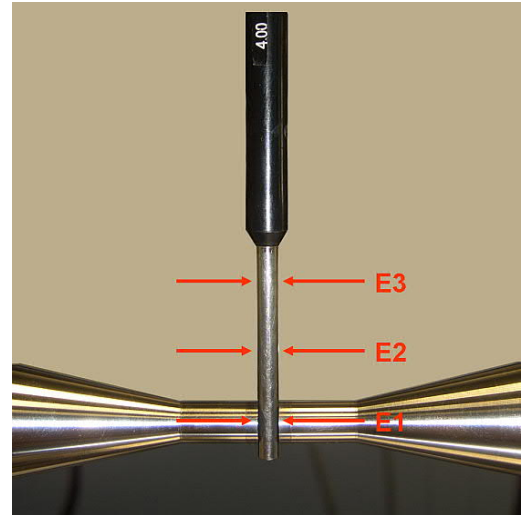


Bild 4

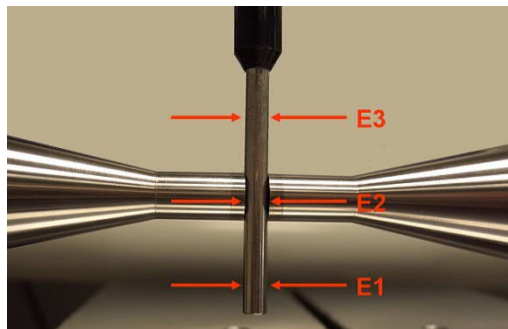


Bild 5

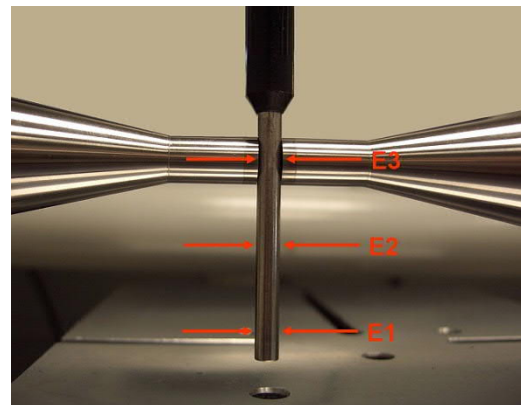


Bild 6

4 Bewertung der Kalibrierung

4.1

Die Auswertung der Messwerte und der Prüferscheid erfolgt mit einer geeigneten Kalibrier-Software. Bei der Auswertesoftware handelt es sich um handelsübliche Software, welche als valide angesehen wird. Ein Hersteller-Zertifikat liegt vor. Der Softwarehersteller versichert, dass die Software unter Berücksichtigung des anerkannten Stands der Technik und unter Wahrung größtmöglicher Sorgfalt erstellt und umfassend getestet wurde.

Innerhalb der Auswertesoftware wurden alle Parameter zur Auswertung der Einzelmesswerte durch die Laborleitung voreingestellt. Grundlage für die Voreingestellten Parameter zur Messwertermittlung sind Sollwerte, welche sich aus den zur Kalibrierung verwendeten Normal(en) ergeben. Die jeweils verwendeten Normale zur Kalibrierung sind auf nationaler oder internationaler Ebene rückgeführt. Es wird der wahre Wert der Normale ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit, auf die für die Kalibrierungsaufgabe sinnvolle signifikante Nachkommastelle gerundet. Der gerundete Wert stellt den Sollwert der Kalibrierung dar. Ein gerundeter Sollwert kann gegebenenfalls aus zuvor gebildeten Mittelwerten bestehen.

Alle Einstellungen innerhalb der Kalibriersoftware sind gegen Veränderung mittels Berechtigungsvergabe gesichert. Die Einstellungen können nur von zuvor autorisierten Personen verändert werden. Die Autorisierung der Personen erfolgt durch die

Laborleitung. Änderungen von Einstellungen innerhalb der Kalibriersoftware benötigen stets die Zustimmung dieser.

Alle Änderungen sind nachvollziehbar. Sie werden mittels Userkennung und Zeitstempel getrackt.

Die Datenübertragung der erfassten Messwerte erfolgt manuell mittels Handeingabe, oder digital mittels Digitalschnittstelle.

Grundlage für die Auswertung der erfassten Messwerte stellen die vom Hersteller oder des Kunden bereitgestellten Spezifikationen, sowie die vom Kunden getroffene Entscheidungsregel zu Konformitätsaussagen, in Kalibrierscheinen dar.

5. Kennzeichnung des Prüflings

Nach erfolgreicher Kalibrierung wird der Prüfling mit einer Kalibriermarke gekennzeichnet.

Mitgeleitende Unterlage:

WI-QM-000009 Setzen von Kalibriermarken nach erfolgter Kalibrierung eines Prüfmittels

6. Messunsicherheitsbudget

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

6.1 Angaben zum Kalibriergegenstand

Prüfstift nach DIN 2269, Durchmesser 4 mm, Toleranzfeld H7

6.2 Angaben zur Normalmesseinrichtung / Kalibriereinrichtung

Die Kennwertermittlung erfolgt auf einem Längenkomparator mit kalibriertem optischem Wegmesssystem als Referenznormal. Ziffernschrittweite der Anzeige 0,1 μm .

6.3 Messaufbau

Der Kalibriergegenstand (Drm. < 10 mm) wird in das Wegmesssystem um 90° versetzt zur Achse eingespannt und zwischen den Flachtastern des Längenkomparators kalibriert

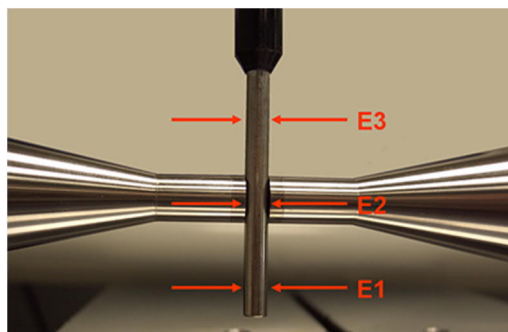


Bild 7

6.4 Ermittlung der Standardabweichung

Zur Ermittlung der Standardabweichung wird der Durchmesser 4 mm von drei Prüfern jeweils 20 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.

1. Einfluss des Normals

- a) Unsicherheitsbeitrag optisches Wegmesssystem
- b) Thermischer Längenausdehnungskoeffizient

2. Einfluss des Verfahrens

Einfluss der Abweichung der Umgebungstemperatur von der Bezugstemperatur auf

- c) das Normal
- d) den Kalibriergegenstand

Einfluss der Temperaturänderung während der Kalibrierung auf

- e) das Normal
- f) den Kalibriergegenstand

3. Einfluss des Kalibriergegenstandes

- g) Mechanische Effekte
- h) Thermischer Längenausdehnungskoeffizient

6.6 Mathematisches Modell der Einflussgrößen

Mit den Einflussgrößen wird das mathematische Modell der Messunsicherheit aufgestellt.

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

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

Beitrag für den Kalibriergegenstand $u(s)$

Die personenabhängige Unsicherheit (Standardabweichung) wurde durch eine Messreihe von 60 Messwerten mit drei Prüfern ermittelt. $u(s) = 0,0592 \mu m$, siehe 6.4.

Angenommen wird eine Normalverteilung b_i

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

$$u(l_{ix}) = 0,0592 \mu m \cdot 0,50 \cdot 1$$

$$u(l_{ix}) = 0,03 \mu m$$

6.8 Unsicherheitsbeitrag des Normals $u(l_s)$

Der Messunsicherheitsbeitrag für das Normal $u(l_s)$ setzt sich aus den Beiträgen des Längenkomparators $u(l_{s1})$ und der Kalibrierung $u(l_{s2})$ zusammen.

Der Beitrag des Längenkomparators, bei Prüfpunkt 4 mm, ergibt sich aus den Herstellerangaben und dem Kalibrierschein.

$$u(l_{s1}) = 0,2 + 0,4 \cdot L [\mu m] \text{ Herstellerangabe für SIP-550M (L= gemessene Länge in m)}$$

$$u(l_{s1}) = 0,2 + 0,4 \cdot 0,004 \mu m$$

$$u(l_{s1}) = 0,202 \mu m$$

Der Beitrag durch die Kalibrierung des Längenkomparators bei 4 mm beträgt:

$$U(l_{s2}) = 0,24 \mu m \text{ mit } k = 2$$

$$u(l_{s2}) = \frac{0,24 \mu m}{2}$$

$$u(l_{s2}) = 0,120 \mu m$$

Der Gesamtbeitrag $u(l_s)$ durch das Normal ergibt sich durch Zusammenfassung der Beiträge von $u(l_{s1})$ und $u(l_{s2})$.

$$u(l_s) = \sqrt{u^2(l_{s1}) + u^2(l_{s2})} \cdot c(l_s)$$

$$u(l_s) = \sqrt{0,202 \mu m^2 + 0,120 \mu m^2} \cdot 1$$

$$u(l_s) = 0,2346 \mu m$$

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

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

Bei einer maximalen Temperaturschwankung von $0,8 \text{ K}$, errechnet sich der Unsicherheitsbeitrag ΔL , für den Messbereich bis 4 mm wie folgt:

Die mittlere Umgebungstemperatur im Messraum beträgt 20°C . Die gemessenen Grenzen liegen bei $< 0,8 \text{ K}$ pro Stunde. Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i .

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

Die Überwachung der Umgebungstemperatur erfolgt mit Temperaturfühlern, die eine Gesamtmessunsicherheit von $0,35 \text{ K}$ beinhalten. Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i .

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

$$u(\text{Fühler}) = 0,18 \text{ K}$$

Der Gesamtunsicherheitsbeitrag des Verfahrens bei 4 mm ergibt:

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

$$u(\Delta t) = 0,004 \text{ m} \cdot 0,0000115 \cdot (0,80 \text{ K} + 0,18 \text{ K}) \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$u(\Delta t) = 0,03 \mu m$$

Eine Temperaturänderung durch Wärmestrahlung des Prüfers konnte während der Messung nicht festgestellt werden. Dieses wurde durch Versuche mit Temperaturfühlern an den Flachtastern des Längenkomparators und am Prüfling ermittelt.

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

Da es sich bei einem Lehrdorn um ein festes Maß handelt, wird hierfür kein Beitrag berechnet. Anstelle dessen wird die Auflösung des Längenkomparators eingesetzt.

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

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

Der Sensitivitätskoeffizient beträgt $c(\delta l_M) = 1$

Angenommen wird eine Normalverteilung b_i

$$u(\delta l_M) = R_x \cdot b_i \cdot c(\delta l_M)$$

$$u(\delta l_M) = 0,2 \mu m \cdot 0,50 \cdot 1$$

$$u(\delta l_M) = 0,10 \mu m$$

6.12 Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge

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

$$u(L_x) = \sqrt{0,03 \mu m^2 + 0,23 \mu m^2 + 0,03 \mu m^2 + 0,01 \mu m^2 + 0,10 \mu m^2}$$

$$u(L_x) = 0,26 \mu m$$

mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$

$$U = k \cdot u(L_x)$$

$$U = 2 \cdot 0,26 \mu m$$

$$U = 0,52 \mu m$$

Die Zahlenwerte der Berechnungen für die einzelnen Messgrößen sind in Formsheets **FSB70111_LD.xlsx**, **FSB70111_LR.xlsx** - Abschätzung der Messunsicherheit Labor CSL - abgelegt.

7. Bezugsdokumente

- 7.1 Mitgeltende Unterlagen
 VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.2
 DIN EN ISO 463
 DIN EN ISO 14253-1
 Richtlinie EA-4/02 M: 2013
 DIN 2270 (1985-04)