

1. Zweck und Ziel

Diese Work Instruction beschreibt die Vorgehensweise zur Kalibrierung von Tiefenmessschiebern. Die Kalibrierung erfolgt in Übereinstimmung mit der Richtlinie VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.2.

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 am Kalibriergegenstand (ggf. Aussondern)
- Bereitstellen technischer Unterlagen
- Überprüfung der Bauart / Messbereich des Kalibriergegenstandes
- Funktionsprüfung
- Temperieren über einen angemessenen Zeitraum von mindestens 5 Stunden.

3. Kalibrierverfahren

3.1 Tiefenmessung

Beginnend mit dem Anfangswert wird der Tiefenmessschieber auf der Prüffläche einer Prüfplatte aufgesetzt und die Abweichung vom Nullpunkt ermittelt (Bild 1 & 2).

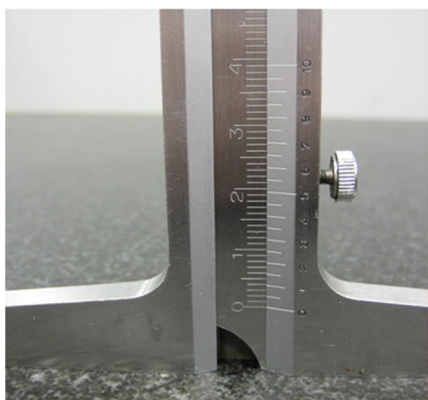


Bild 1

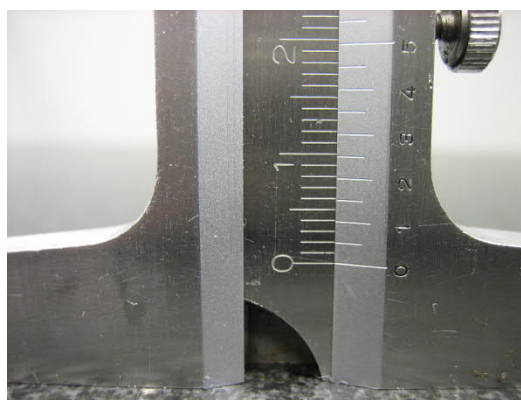


Bild 2

In einer der Messpositionen sind zwei Messungen mit Hilfe eines Parallelendmaßpaares durchzuführen. Der Abstand der Endmaße muss hierbei einmal möglichst klein und einmal möglichst groß sein. Die Messwerte werden in die Auswertesoftware übertragen und ausgewertet.

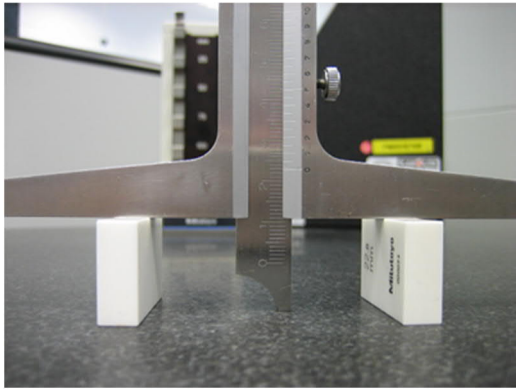


Bild 3

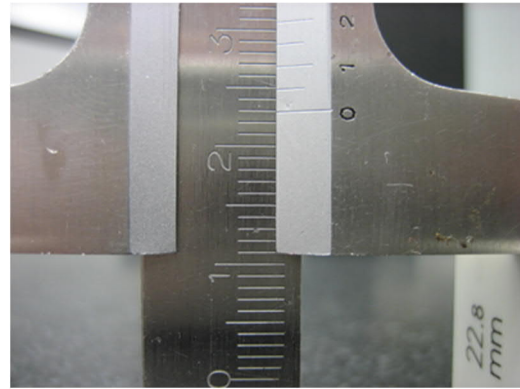


Bild 4



Die weitere Kennwertermittlung erfolgt dann mit einem speziellen Tiefenmessschrauben-Einstellgerät.

Die Abweichung vom Nennmaß wird durch Tiefenmessung über weitere zwei (Messspanne bis 400 mm) unregelmäßig über den Messbereich verteilten Messpositionen ermittelt.

4 Bewertung der Kalibrierung

4.1 Auswertung der Messung

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 Prüfstatus

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

Tiefen- Messschieber nach DIN 862, Messspanne 150 mm, Skalenteilungswert 0,02 mm

6.2 Angaben zur Normalmesseinrichtung / Kalibriereinrichtung

Die Kennwertermittlung erfolgt mit Endmaßen der Klasse 1 aus Stahl.

6.3 Messaufbau

Tiefenmessung siehe 3.1

6.4 Ermittlung der Standardabweichung - Tiefenmessung

Bei der Tiefenmessung wird der Tiefenmessschieber auf einer Prüfplatte aufgesetzt und die Abweichung vom Nullpunkt ermittelt.

Der Tiefenmessschieber wird mit seiner Messbrücke auf dem Tiefenmessschrauben-Einstellgerät, im folgenden TMS-Einstellgerät genannt, aufgesetzt. Das Tiefenmaß 150,00 mm wird an der entsprechenden Stufe aufgesetzt, das Prüfmaß abgelesen und in die Tabelle des FS B-7-0111 eingetragen.

Der Vorgang wird von drei Prüfern je 20-mal wiederholt, so dass insgesamt 60 Messwerte aufgenommen werden.

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

Unsicherheitsbeitrag des Normals

Thermischer Längenausdehnungskoeffizient

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

3. Einfluss des Kalibriergegenstandes

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

6.6 Mathematisches Modell der Einflussgrößen

Mit den Einflußgrößen wird das mathematische Modell der Messunsicherheit aufgestellt.

$$u_{\text{gesamt}}(L) = \sqrt{u^2(l_{ix}) + u^2(l_s) + u^2(\Delta T) + u^2(\delta_{ix}) + u^2(\delta_M)}$$

6.7 Beitrag für das Normal $U(l_s)$

$U(l_s)$ = Messunsicherheitsbeitrag für das Normal welches zur Kalibrierung des Tiefenmessschiebers verwendet wird; TMS-Einstellgerät bei 150,00 mm.

Die Messunsicherheit der Abweichung des Mittenmaßes vom Nennmaß beträgt:

$$U(l_s) = 0,5 \mu m$$

$$U(l_s) = 0,5 \mu m \text{ mit } k = 2$$

$$U(l_s) = 0,25 \mu m$$

6.8 Beiträge für das Verfahren $U(\Delta T)$

Die Abweichung der Temperatur von der Referenztemperatur wirkt sich auf die Länge des TMS-Einstellgerät aus. Die Umgebungstemperatur beträgt 20° C +/- 0,8 K.

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

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

$$U_{Fühler} = 0,35 \text{ K mit } k = 2$$

$$U_{Fühler} = 0,18 \text{ K}$$

Der Hersteller gibt einen Wärmeausdehnungskoeffizient für Stahlendmaße von $\alpha = 11,5 \mu\text{m}$ an.

Bei einer maximalen Temperaturschwankung von 0,98K ergibt sich daraus:

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

$$u(\Delta t) = 0,15 \text{ m} \cdot 0,0000115 \text{ m} \cdot [0,8 \text{ K} + 0,18 \text{ K}]$$

$$U(\Delta T) = 1,69 \mu\text{m}$$

Nach ausreichender Temperierzeit sind zwischen Endmaß und Tiefenmessschieber keine Temperaturunterschiede vorhanden. Da der Ausdehnungskoeffizient des Messschiebers nahezu gleich dem Endmaß ist, wird der Temperatureinfluß als vernachlässigbar eingestuft.

Temperaturänderungen während der Messung durch Wärmestrahlung des Prüfers (Hand am Prüfmittel oder Endmaß) können nicht festgestellt werden. Während der Kalibrierung werden Baumwollhandschuhe getragen, um einen Temperatureinfluß zu verhindern.

6.9 Beitrag für den Kalibriergegenstand $U(\delta l_{ix})$

Mechanische Effekte können durch die aufgebrachte Messkraft, den Abbe'schen Fehler und dem Spiel zwischen der Führungsschiene und den beweglichen Messschnäbeln entstehen. Diese Effekte werden durch die Spannweite der Bedienermittelwerte R_x ermittelt.

Die Ablesegenauigkeit des Tiefenmessschiebers mit 1/20 Nonius beträgt 20 μm .

$$U(\Delta l_{ix}) = 20 \mu\text{m}$$

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

6.10 Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge

Folgende Beiträge werden in das Messunsicherheitsbudget übernommen:

$$U(l_s) = 0,21 \mu\text{m}$$

$$U(\Delta T) = 1,69 \mu\text{m}$$

$$U(s) = 0 \mu\text{m}$$

6.11 Messunsicherheitsanalyse

Jede identifizierte Einflussgröße liefert einen Beitrag zum Messunsicherheitsbudget.

Der Einzelbeitrag jeder Einflussgröße ist mit seinem Sensitivitätskoeffizienten c_i zu multiplizieren. Der Sensitivitätskoeffizient beträgt $c_i = 1$, da zur Berechnung die Grenzwerte der Veränderung des Einflusses angenommen werden.

Der Unsicherheitsbeitrag ergibt sich somit aus: $u_i(y) = c_i \cdot U_i$

6.12 Unsicherheitsbeitrag des Normals $u(l_S)$

Der Unsicherheitsbeitrag des Endmaßes ergibt sich aus der Unsicherheit der Kalibrierung.

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

$$u(l_S) = 0,21 \mu m \cdot 1$$

$$u(l_S) = 0,21 \mu m$$

6.13. Unsicherheitsbeitrag des Verfahrens $u(\Delta t)$

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

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

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

$$U_{Fühler} = 0,35 K \text{ mit } k = 2$$

$$U_{Fühler} = 0,18 K$$

Der Gesamtunsicherheitsbeitrag des Verfahrens bei Prüfmaß 150,00 mm ergibt:

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

$$u(\Delta t) = 0,15 m \cdot 0,0000115 \cdot (0,80 K + 0,18 K) \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$u(\Delta t) = 0,98 \mu m$$

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

Personenabhängige Unsicherheit. Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i

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

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

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

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

Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i

Der Unsicherheitsbeitrag für die Ablesung beträgt:

$$u(\delta l_{ix}) = 20 \mu m \cdot b_i \cdot c(l_{ix})$$

$$u(\delta l_{ix}) = 20 \mu m \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$u(\delta l_{ix}) = 11,60 \mu m$$

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

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

Der Sensitivitätskoeffizient $c(l_S) = 1$

Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i

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

$$u(\delta l_M) = 0 \mu m \cdot 0,58 \cdot 1$$

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

Die Zahlenwerte der Berechnungen für die einzelnen Messgrößen sind in Formsheetsheet **FSB70111_TMS.xlsx**- Abschätzung der Messunsicherheit Labor CSL - abgelegt.

7. Bezugsdokumente

- 7.1 Mitgeltende Unterlagen
 VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.2
 DIN EN ISO 463
 DIN EN ISO 14253-1
 DIN 862 (2005-12)
 EA-4/02M:2013
 FS-QM-000129 (FS A-7-0054)
 FS-QM-000233 (FS B-7-0111)