

1. Zweck und Ziel

Diese Work Instruction beschreibt die Vorgehensweise zur Kalibrierung von zylindrischen Gewinde-Einstellringen und Gewinde-Lehringen für Gut- und Ausschusslehring.

Die Kalibrierung erfolgt auf Grundlage der VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.9, Abschnitt 3.2.2 Option 1. Die erweiterte Messunsicherheit U , für den Kalibrierprozess, berechnet sich nach Richtlinie EA-4/02 M: 2013, Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen, in ihrer jeweils gültigen Revision.

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
 - Falls der Prüfling neu sein sollte, so wird eine Ident.-Nummer vergeben, jedoch wird diese erst nach erfolgter Kalibrierung mit positiven Prüfendscheid graviert/gelasert.
 - Reinigung des Kalibriergegenstandes Achtung: Herstellervorgaben beachten!
 - Entmagnetisierung (bei Bedarf)
 - Sichtprüfung auf Beschädigungen (Grate, Korrosion, Deformationen am Gewindeanfang und Oberflächenbeschaffenheit der Gewindeflanken) mittels 3fach Lupe
 - Nacharbeit leichter Beschädigungen/Aussondern mittels Ölstein und/oder Läppleinen
 - Bereitstellen technischer Unterlagen
 - Überprüfung der Baumaße
 - Temperieren über einen angemessenen Zeitraum von mindestens fünf Stunden

3. Kalibrierung

- 3.1 Kalibrierverfahren nach Option 1:
(Bestimmung des einfachen Flankendurchmessers)

Die Kennwertermittlung erfolgt auf einem Längskomparator, mit kalibriertem optischem Wegmesssystem als Referenznormal. Gewinderinge kleiner als ca. 4 mm Nenndurchmesser werden üblicherweise mit Prüfdornen überwacht.

Ermittelt wird der Flankendurchmesser D_2 , am Anfang und in der Mitte des Gewindes, in Ebene 1 und Ebene 2 (Bild 1, Bild 2).

Prüfmaß M wird durch Antasten der gegenüberliegenden Gewindeflanken mit Hanteltastern ermittelt. Vor dem eigentlichen Messvorgang wird die Tasterkonstante des Hanteltasters, durch Antasten der Innenfläche eines kalibrierten Einstellrings, ermittelt.

Achtung:

Gewindesteigung, Profil- und Flankenwinkel werden bei der Wiederholungskalibrierung nach Option 1 nicht ermittelt. Diese Kennwerte wurden bei der Erstkalibrierung durch ein akkreditiertes Labor (z.B. beim Hersteller) ermittelt und sind im Erstkalibrierschein (nach Option 4 oder Option 5) dokumentiert. Die Nennwerte für Steigung, ggf. Teilung und Profilwinkel werden zur Kalibrierung nach Option 1 herangezogen und müssen vorliegen. Andernfalls ist keine Kalibrierung nach Option 1 möglich.

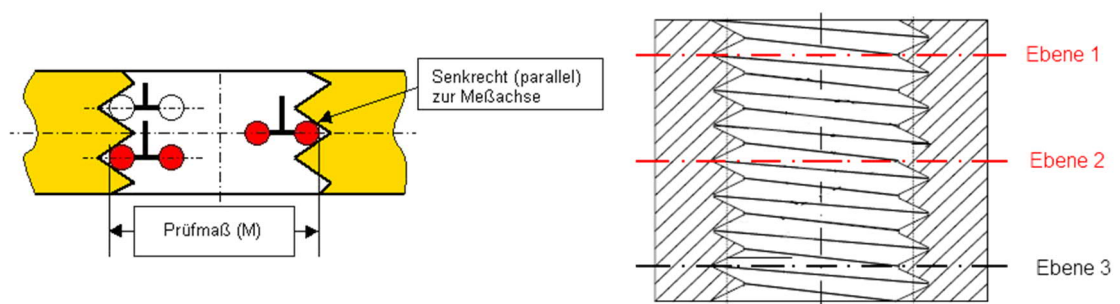


Bild 1

Bild 2

3.1 Kalibrierverfahren

- a) Universalmesstisch des Längenkomparators ausrichten.
- b) Prüfling auf dem zuvor ausgerichteten Universal-Messtisch fixieren.
- c) Mittels Z-Achsen Verstellung des Messtisches, den Hanteltaster in den Prüfling einfahren und an der vorgeschriebenen Messposition A (Ebene 1), die Kugel in der Gewindeflanke positionieren.
- d) Durch Bewegung des Tisches in der Y-Achse den Kulminationspunkt innerhalb der Gewindeflanke suchen und die Anzeige des Tasters mit der Anzeige des Längenkomparators synchronisieren (Nullen) und den Messwert erfassen.
- e) Taster aus der Gewindeflanke herausfahren und den Messtisch in der Z-Achse um den Betrag einer Gewindesteigung verfahren. Den Hanteltaster wieder auf der linken Seite in das Gewinde einfahren und den Messwert erfassen.
- f) Taster aus der Gewindeflanke herausfahren und den Messtisch in der Z-Achse um den Betrag einer halben Gewindesteigung verfahren. Den Taster auf die gegenüberliegende Gewindeseite fahren und Messwert erfassen.
- g) Die Schritte c - f in der Ebene 2 wiederholen.
- h) Wiederholung der Schritte b - f, in zwei Ebenen um 90° versetzt (Achsschnitte A-B und C-D). Dazu ist der Ring zu lösen und anschließend zu drehen.
- i) Wenn vom Kunden gewünscht/erforderlich: Kontrollmessung (Profilwinkelkontrolle) hierzu wird die Messung des Flankendurchmessers mit mindestens einem weiteren Gewindemesstaster mit unterschiedlichem Nenndurchmesser an denselben Messpositionen (Schritte b–f) wiederholt.



Bild 3

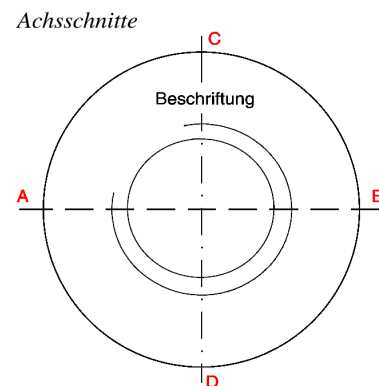


Bild 4

Die Messwerte werden in die Auswertesoftware übertragen und ausgewertet.

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 die Bügelmessschraube mit einer Kalibriermarke gemäß WI-QM-000009 Setzen von Kalibriermarken nach erfolgter Kalibrierung eines Prüfmittels gekennzeichnet.

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

Gewinde-Gutleerring nach DIN 2285 Teil 1, M 25x1,5-6g

6.2 Angaben zur Normalmesseinrichtung / Kalibriereinrichtung

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

6.3 Messaufbau

Der Kalibriergegenstand wird in das Wegmesssystem, um 90° versetzt zur Achse eingespannt und zwischen den Kugeltastern des Längenkomparators kalibriert (Siehe 3.1, Bild 3 & 4).

6.4 Ermittlung der Standardabweichung

Zur Ermittlung der Standardabweichung wird der Durchmesser 30 H7 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
- 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. $u(s) = 0,642 \mu m$, siehe 6.4.

Angenommen wird eine Normalverteilung b_i

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

$$u(l_{ix}) = 0,642 \mu m \cdot 0,50 \cdot 1$$

$$u(l_{ix}) = 0,32 \mu m$$

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 24 mm, ergibt sich aus den Herstellerangaben und dem Kalibrierschein.

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

$$u(l_{s1}) = 0,2 + 0,4 \cdot 0,024 \mu m$$

$$u(l_{s1}) = 0,210 \mu m$$

Der Beitrag durch die Kalibrierung des Längenkomparators bei 24 mm beträgt:

$$U(l_{s2}) = 0,44 \mu m \text{ mit } k = 2$$

$$u(l_{s2}) = \frac{0,44 \mu m}{2}$$

$$u(l_{s2}) = 0,22 \mu m$$

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

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

$$u(l_s) = \sqrt{0,21^2 \mu m^2 + 0,22^2 \mu m^2} \cdot 1$$

$$u(l_s) = 0,30 \mu m$$

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 K, errechnet sich der Unsicherheitsbeitrag ΔL , für den Messbereich bis 24 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 K beinhalten. Angenommen wird eine Rechteckverteilung b_i .

$$U_{(F\ddot{u}hler)} = 0,35 \text{ K} \quad \text{mit } k = 2$$

$$u_{(F\ddot{u}hler)} = 0,18 \text{ K}$$

Der Gesamtunsicherheitsbeitrag des Verfahrens bei 24 mm ergibt:

$$u(\Delta t) = l_{ix} \cdot \alpha \cdot [u(\Delta_{Raum}) + u_{(F\ddot{u}hler)}] \cdot b_i \cdot c(\Delta t)$$

$$u(\Delta t) = 0,024 \text{ m} \cdot 0,0000115 \cdot (0,80 \text{ K} + 0,18 \text{ K}) \cdot 0,58 \cdot 1$$

$$u(\Delta t) = 0,16 \mu\text{m}$$

Eine Temperaturänderung durch Wärmestrahlung des Prüfers konnte während der Messung nicht festgestellt werden.

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

Da es sich bei dem Gewindelehrring 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

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

$$u(\delta l_M) = 2,8 \mu\text{m} \cdot 0,50 \cdot 1$$

$$u(\delta l_M) = 1,40 \mu\text{m}$$

6.12 Zusammenfassung der Unsicherheitsbeiträge

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

$$u(L_x) = \sqrt{0,32 \mu\text{m}^2 + 0,30 \mu\text{m}^2 + 0,16 \mu\text{m}^2 + 0,01 \mu\text{m}^2 + 1,40 \mu\text{m}^2}$$

$$u(L_x) = 1,48 \mu\text{m}$$

mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$

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

$$U = 2 \cdot 1,48 \mu\text{m}$$

$$U = 2,95 \mu\text{m}$$

Die Zahlenwerte der Berechnungen für die einzelnen Messgrößen sind in Formsheetsheet **FSB70111_GGLR_M25x1,5-6g.xlsx** - Abschätzung der Messunsicherheit Labor CSL - abgelegt.

7. Bezugsdokumente

- 7.1 Mitgeltende Unterlagen
 - VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 4.9
 - EA-4/02 M: 2013
 - DIN EN ISO 463
 - DIN EN ISO 14253-1