

Endmaßmessung nach der Vergleichsmethode

Autor: Fritz Schwingenschlögl (Fachhochschule Ulm)

Hilfsmittel : Endmaßprüfgerät in Anlehnung an DIN 861 / Normalsatz / Temperaturmeßgeräte /

Verfahren : Die Endmaßmessung wird nach der Substitutionsmethode durchgeführt, d.h., es wird die Differenz zwischen dem Prüfling und einem Normal gleichen Nennmasses durchgeführt.

Unsicherheit durch Normal : Temperatur / Längenausdehnungskoeffizient / Reinigung / Istmaß des Normals

Unsicherheit durch Verfahren : Unsicherheit durch Prüfgerät : Wiederholstreuung / nicht korrigierte, systematische Abweichungen / längenabhängige Streuungszunahmen /

Modellgleichung:

$$L_p = (d + (L_s + d_{ls}) \cdot (1 - a_s \cdot d_{ts})) / (1 - a_p \cdot d_{tp}) + U_v + U_g;$$

$$U_v = U_r;$$

$$U_g = U_k + U_I;$$

Liste der Größen:

Größe	Einheit	Definition
L_p	mm	Prüflingslänge
d	mm	Differenz Prüfling - Normal
L_s	mm	Nominalwert des Standards
d_{ls}	mm	Systematische Abweichung
a_s	mm/°C	Ausdehnungskoeffizient Standard
d_{ts}	°C	Abweichung der Standardtemperatur von der Bezugstemperatur
a_p	mm/°C	Ausdehnungskoeffizient Prüfling
d_{tp}	°C	Abweichung der Prüflingstemperatur von der Bezugstemperatur
U_v	mm	Unsicherheitsbeitrag durch das Verfahren
U_g	mm	Unsicherheitsbeitrag durch das Prüfgerät
U_r	mm	Unsicherheitsbeitrag durch Reinigung
U_k	mm	Unsicherheitsbeitrag durch Komparator
U_I	mm	längenabhängiges Glieder der Unsicherheit

d:

Typ A

Methode der Beobachtung: Indirekt SUUS

Anzahl der Beobachtungen: 10

Nr.	Hinweis	Ablesung	Beobachtung
1	Standard	0 mm	
	Unbekannte	-0.00007 mm	
	Unbekannte	-0.00006 mm	
	Standard	0.00002 mm	$-75.00 \cdot 10^{-6}$ mm
2	Standard	0 mm	
	Unbekannte	-0.00009 mm	
	Unbekannte	-0.00008 mm	
	Standard	-0.00003 mm	$-70.00 \cdot 10^{-6}$ mm
3	Standard	0 mm	
	Unbekannte	-0.00008 mm	
	Unbekannte	-0.00007 mm	
	Standard	0 mm	$-75.00 \cdot 10^{-6}$ mm
4	Standard	0 mm	
	Unbekannte	-0.00008 mm	
	Unbekannte	-0.0001 mm	
	Standard	0 mm	$-90.00 \cdot 10^{-6}$ mm
5	Standard	0 mm	
	Unbekannte	-0.00008 mm	
	Unbekannte	-0.00008 mm	
	Standard	0 mm	$-80.00 \cdot 10^{-6}$ mm
6	Standard	0 mm	
	Unbekannte	-0.00007 mm	
	Unbekannte	-0.00010 mm	
	Standard	-0.00001 mm	$-80.00 \cdot 10^{-6}$ mm
7	Standard	0 mm	
	Unbekannte	-0.00007 mm	
	Unbekannte	-0.00006 mm	
	Standard	0.00001 mm	$-70.00 \cdot 10^{-6}$ mm
8	Standard	0 mm	
	Unbekannte	-0.00007 mm	
	Unbekannte	-0.00007 mm	
	Standard	0.00001 mm	$-75.00 \cdot 10^{-6}$ mm
9	Standard	0 mm	
	Unbekannte	-0.00007 mm	
	Unbekannte	-0.00010 mm	
	Standard	0 mm	$-85.00 \cdot 10^{-6}$ mm

Endmaßmessung nach der Vergleichsmethode

Nr.	Hinweis	Ablesung	Beobachtung
10	Standard	0 mm	
	Unbekannte	-0.00009 mm	
	Unbekannte	-0.00008 mm	
	Standard	0 mm	$-85.00 \cdot 10^{-6}$ mm

Arithmetischer Mittelwert: $-78.500 \cdot 10^{-6}$ mm
 Standardabweichung der Einzelbeobachtung: $6.7 \cdot 10^{-6}$ mm
 Standardabweichung des Mittelwerts: $2.115 \cdot 10^{-6}$ mm
 Freiheitsgrad: 9

Ls: Konstante
 Wert: 1 mm

dls: Typ B Normalverteilung
 Wert: 0.00000 mm
 Erweiterte Messunsicherheit: 0.00005 mm
 Erweiterungsfaktor: 2

as: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: $11.5 \cdot 10^{-6}$ mm/°C
 Halbbreite der Grenzen: $1 \cdot 10^{-6}$ mm/°C

dts: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: 0.183 °C
 Halbbreite der Grenzen: 0.1 °C

ap: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: $11.5 \cdot 10^{-6}$ mm/°C
 Halbbreite der Grenzen: $1 \cdot 10^{-6}$ mm/°C

dtp: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: -0.183 °C
 Halbbreite der Grenzen: 0.1 °C

Ur: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: 0 mm
 Halbbreite der Grenzen: 0.00003 mm

Unsicherheitsbeitrag mit dem Erwartungswert "Null"

Uk: Typ B Normalverteilung
 Wert: 0 mm
 Erweiterte Messunsicherheit: $5 \cdot 10^{-5}$ mm
 Erweiterungsfaktor: 2

Die Unsicherheit des Komparators wird mit $[0,05 + 0,5 \cdot L (m)] \mu\text{m}$ angegeben.

Ui: Typ B Normalverteilung
 Wert: 0 mm
 Erweiterte Messunsicherheit: $5 \cdot 10^{-8}$ mm
 Erweiterungsfaktor: 2

Das längenabhängige Glied des Komparatorunsicherheit beträgt $[0,5 \cdot L_s(m)](\mu\text{m})$. Zur Umrechnung in mm ist die Gleichung wie folgt zu schreiben $[5E-8 \cdot L_s(\text{mm})](\text{mm})$

Zwischenergebnisse:

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit
Uv	0.0 mm	$17.32 \cdot 10^{-6}$ mm
Ug	0.0 mm	$25.00 \cdot 10^{-6}$ mm

Messunsicherheits-Budgets:

Lp: Prüflingslänge

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit	Verteilung	Sensitivitätskoeffizient	Unsicherheitsbeitrag	Index
d	$-78.500 \cdot 10^{-6}$ mm	$2.115 \cdot 10^{-6}$ mm	Normal	1.0	$2.1 \cdot 10^{-6}$ mm	0.3 %
Ls	1.0 mm					
dls	0.0 mm	$25.00 \cdot 10^{-6}$ mm	Normal	1.0	$25 \cdot 10^{-6}$ mm	40.2 %
as	$11.5000 \cdot 10^{-6}$ mm/°C	$577.4 \cdot 10^{-9}$ mm/°C	Rechteck	-0.18	$-110 \cdot 10^{-9}$ mm	0.0 %
ds	0.18300 °C	0.05774 °C	Rechteck	$-11 \cdot 10^{-6}$	$-660 \cdot 10^{-9}$ mm	0.0 %
ap	$11.5000 \cdot 10^{-6}$ mm/°C	$577.4 \cdot 10^{-9}$ mm/°C	Rechteck	-0.18	$-110 \cdot 10^{-9}$ mm	0.0 %
dp	-0.18300 °C	0.05774 °C	Rechteck	$11 \cdot 10^{-6}$	$660 \cdot 10^{-9}$ mm	0.0 %
Uv	0.0 mm	$17.32 \cdot 10^{-6}$ mm				
Ug	0.0 mm	$25.00 \cdot 10^{-6}$ mm				
Ur	0.0 mm	$17.32 \cdot 10^{-6}$ mm	Rechteck	1.0	$17 \cdot 10^{-6}$ mm	19.3 %
Uk	0.0 mm	$25.00 \cdot 10^{-6}$ mm	Normal	1.0	$25 \cdot 10^{-6}$ mm	40.2 %
Ul	0.0 mm	$25.00 \cdot 10^{-9}$ mm	Normal	1.0	$25 \cdot 10^{-9}$ mm	0.0 %
Lp	0.99991729 mm	$39.44 \cdot 10^{-6}$ mm				

Ergebnisse:

Größe	Wert	Erw.-Mess-unsicherheit	Erweiterungsfaktor	Überdeckungswahrscheinlichkeit
Lp	0.999917 mm	$79 \cdot 10^{-6}$ mm	2.00	95% (t-Tabelle 95.45%)