

Kalibrierschein

Gegenstand	3D Koordinatenmessgerät
Hersteller	Carl Zeiss
Typ	PRO T select 62/16/21
Fabrikat/Serien-Nr.	181355
Inventar-Nr.	-
Auftraggeber	MA Automotive Deutschland GmbH Von-Thünen-Str. 1 D-28307 Bremen
Aufstellort	
Auftrags-Nr.	8582368172
Kalibrierscheinnummer	8582368172
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines	40
Kalibrierdatum	09.02.2023
Nächste Kalibrierung (Empfehlung)	02/2024

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Das Kalibrierlabor von ZEISS besitzt die Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025. Diese Kompetenz erstreckt sich über den Bereich der Koordinatenmesstechnik zur „vor Ort“ Kalibrierung von Koordinatenmessgeräten.

Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

Dieser Kalibrierschein (V2021) darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des Kalibrierlabors von ZEISS. Kalibrierscheine ohne Unterschrift haben keine Gültigkeit.

Dieser Kalibrierschein wurde mit dem Universellen Auswertetool Version 10.0.0.1412 erstellt.

Datum
09.02.2023

Für den Auftragnehmer
Alejandro Toledo Urbina



Datum: 09.02.2023 14:03 Uhr

Carl Zeiss
IQS Deutschland GmbH
73447 Oberkochen



1. Kalibrieraufgabe

An dem Koordinatenmessgerät wurde die Anzeigeabweichung **EL** für Längenmessabweichungen und die Einzeltaster-Antastabweichung **PFTU** erfasst.

Zusätzlich wurde die Wiederholspannweite der Längenmessabweichung **RO** ermittelt.

Bei KMGs die im Scanning Modus betrieben werden wurde die Scanning-Antastabweichung **THP** und deren Prüfdauer τ sowie die Formmessabweichung für Rundheit **RONt (MZCI)** erfasst.

Bei vorhandenem Drehtisch wurde die Vierachsen-Abweichungen **FR**, **FT** und **FA**, sofern diese Messung in Auftrag gegeben wurde, erfasst.

Bei vorhandenem optischem Messkopfsystem wurde die Längenmessabweichung **EU** sowie die Antastabweichungen **PFV2D** und **PF2D** erfasst.

Außerdem wurde die unidirektionale Wiederholspannweite, **AU(Z)** erfasst.

Bei vorhandenem LineScan / CFS wurde die Längenmessabweichung **E[Uni:Tr:ODS]** sowie die Antastabweichung **Form / PSize** (nach ISO 10360-8: 2014) erfasst.

Das Koordinatenmessgerät hatte zum Zeitpunkt der Kalibrierung folgende Konfiguration:

Steuerung:	C99HC-SC2020 #AK021218
Messkopf:	CSC-U2 #002ARK11 : TP6 #0U2W89
Messsoftware:	CALIGO 3.2.4
Einmesskugel:*	#C01474-d r=14,99770
Messbereich:	X = 6200 mm Y = 1600 mm Z = 2100 mm
KMG-Ausdehnungskoeffizienten:	X = $11,9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ Y = $11,1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ Z = $10,4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

*) Die Einmesskugel ist ein Bestandteil des Koordinatenmessgerätes.

Der ihr zugeordnete mittlere Radius ist für die Einhaltung der zugesicherten Gerätespezifikation notwendig.

2. Kalibrierverfahren

Die Kalibrierung der messtechnischen Eigenschaften des Koordinatenmessgerätes wurde nach DIN EN ISO 10360 durchgeführt. Zur Anwendung kamen die Normen DIN EN ISO 10360-2 (2010), DIN EN ISO 10360-3 (2000) DIN EN ISO 10360-4 (2003) , DIN EN ISO 10360-5 (2011), DIN EN ISO 10360-7 (2011) und DIN EN ISO 10360-8 (2014) sowie VDI/VDE 2617 Blatt 2.2 (2000) für die Messungen der Formmessabweichungen für Rundheit sowie Blatt 6.1 (2007) bzw. Blatt 6.2 (2005) für die Prüfung von optischen Messkopfsystemen.

Die Längenmessungen **EL** und **RO** wurden mittels taktiler Antastungen an Parallel- oder Stufenendmassen ermittelt.

Die Längenmessungen **EU** und **RU** wurden mittels optischer Antastungen an einer optischen Kalibrierschablone oder durch ein Lasersystem ermittelt.

Die Längenmessabweichung **E150** wurden mittels taktiler Antastungen an Stufenendmassen im Werk ermittelt.

Die Einzeltaster-Formabweichung **PFTU** sowie die Scanning-Antastabweichung **THP** und deren Prüfdauer τ wurden an einer Prüfkugel mit $d =$ mm ermittelt.

Die Mehrfachtaster – Antastabweichung **PFTj**, **PLTj**, **PSTj** wurden mittels taktiler Antastungen an einer Prüfkugel mit $d =$ mm im Herstellerwerk ermittelt.

Die Vierachsen-Messabweichungen **FR** (radial), **FT** (tangential) und **FA** (axial) wurden an zwei Keramikkugeln mit $d =$ mm, welche in einem horizontalen Abstand $r =$ mm zur Drehachse sowie einem horizontalen Abstand von $d =$ mm und einem vertikalen Abstand von $h =$ mm zueinander aufgespannt waren, ermittelt.

Die Formmessabweichungen für Rundheit **RONt (MZCI)** wurden mittels Messung eines kalibrierten Einstellrings mit $d = 50$ mm im Scanning Modus ermittelt.

Die optischen Antastabweichungen (2D Kamerasensor) **PFV2D**, **PF2D** wurden an einer Prüfkugel mit $d = 30$ mm und/oder an einem optischen Kalibriernormal ermittelt.

Die Wiederholspannweite **RU(Z)** wurde an einem optischen Kalibriernormal ermittelt.

Die optische Antastabweichung (Abstandsensoren) **PForm / PSize** und die zulässige Längenmessabweichung **E[uni:Tr:ODS]** wurden an einer Prüfkugel mit $d = 30$ mm und an einem Stufennormal / Treppennormal ermittelt.

Die Kalibrierung erfolgte an dem auf Seite 1 genannten Aufstellort.

3. Messergebnisse

Die Messergebnisse gelten zur Zeit der Messung. Sie gelten weiterhin nur für den Aufstellort und für die Geräteeinstellungen zum Zeitpunkt der Kalibrierung.

3.1 Anzeigeabweichung für Längenmessungen EL

Für die Bestimmung der Anzeigeabweichungen wurden folgende Stufenendmasse eingesetzt:

Serien-Nr.:	78182	SE1100112
Kalibrierzeichen:	26441 D-K-15007-02-00 2021-12	27881 D-K-15007-01-00 2022-05

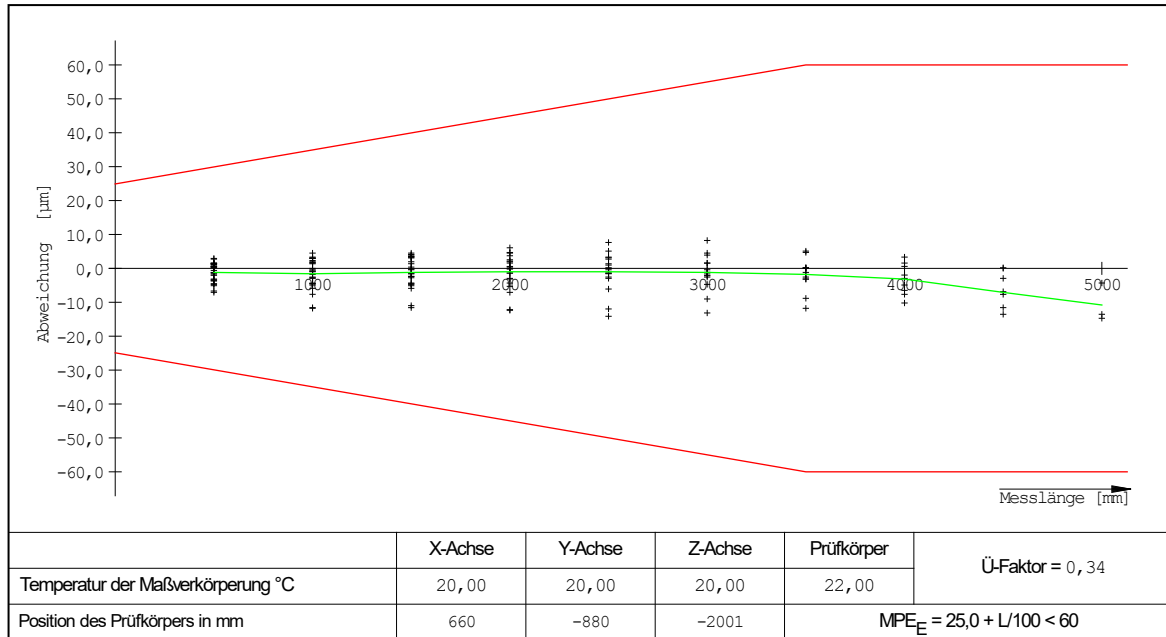
In den folgenden Diagrammen sind die ermittelten Anzeigeabweichungen EL und die höchstzulässige Anzeigeabweichung $MPE(EL)$ für Längenmessungen dargestellt.

Die höchstzulässige Anzeigeabweichung beträgt:

$$MPE(EL) = (A + L / K) \quad (L \text{ in mm})$$

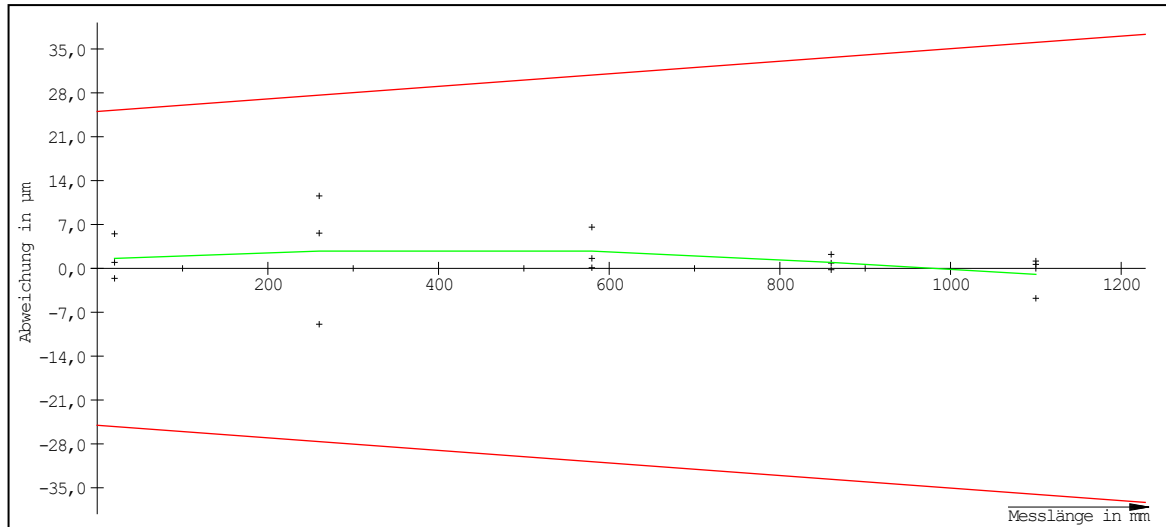
$$MPE(EL) = (25,0 + L / 100) \leq 60 \mu\text{m} \quad (L \text{ in mm})$$

Anzeigeabweichung in Pos. 1 (X-Achse)



Messlänge L in mm		Abweichungen in mm		
Nennmaß	Anzahl	Mittelwert	Minimal	Maximal
500,0000	30	-0,0011	-0,0071	0,0030
1000,0000	27	-0,0016	-0,0118	0,0044
1500,0000	24	-0,0012	-0,0116	0,0046
2000,0000	21	-0,0011	-0,0124	0,0062
2500,0000	18	-0,0010	-0,0142	0,0076
3000,0000	15	-0,0012	-0,0132	0,0082
3500,0000	12	-0,0018	-0,0118	0,0051
4000,0000	9	-0,0032	-0,0103	0,0032
4500,0000	6	-0,0071	-0,0136	0,0002
5000,0000	3	-0,0108	-0,0147	-0,0043

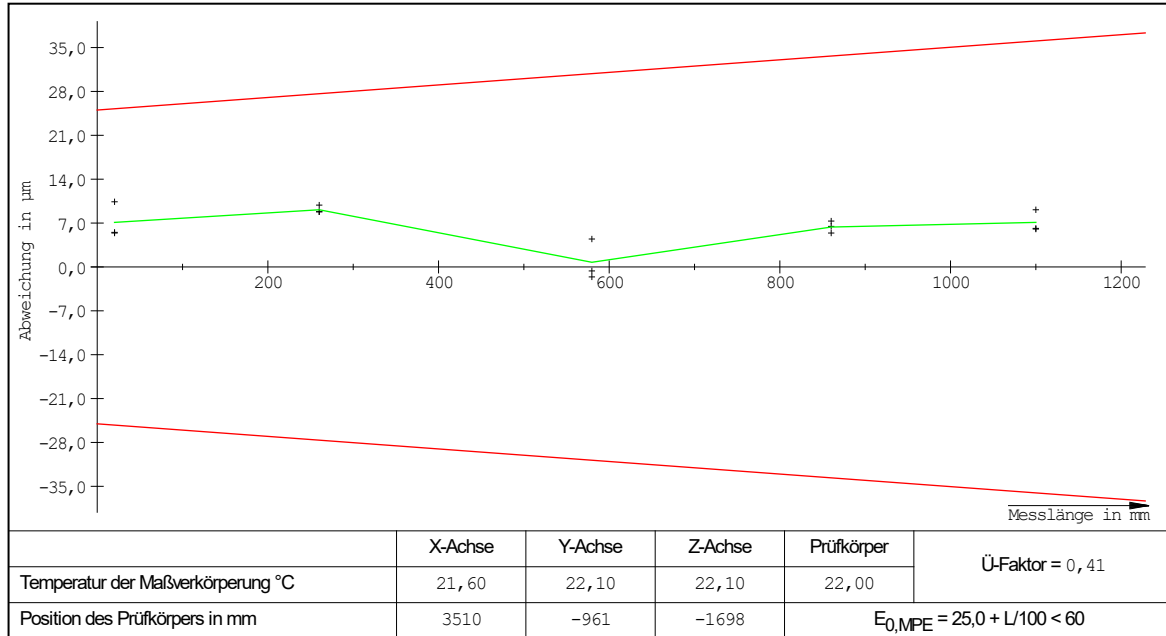
Anzeigeabweichung in Pos. 2 (Y-Achse)



	X-Achse	Y-Achse	Z-Achse	Prüfkörper	Ü-Faktor = 0,42
Temperatur der Maßverkörperung °C	21,60	22,10	22,10	22,00	
Position des Prüfkörpers in mm	3510	-1357	-1143	$E_{0,MPE} = 25,0 + L/100 < 60$	

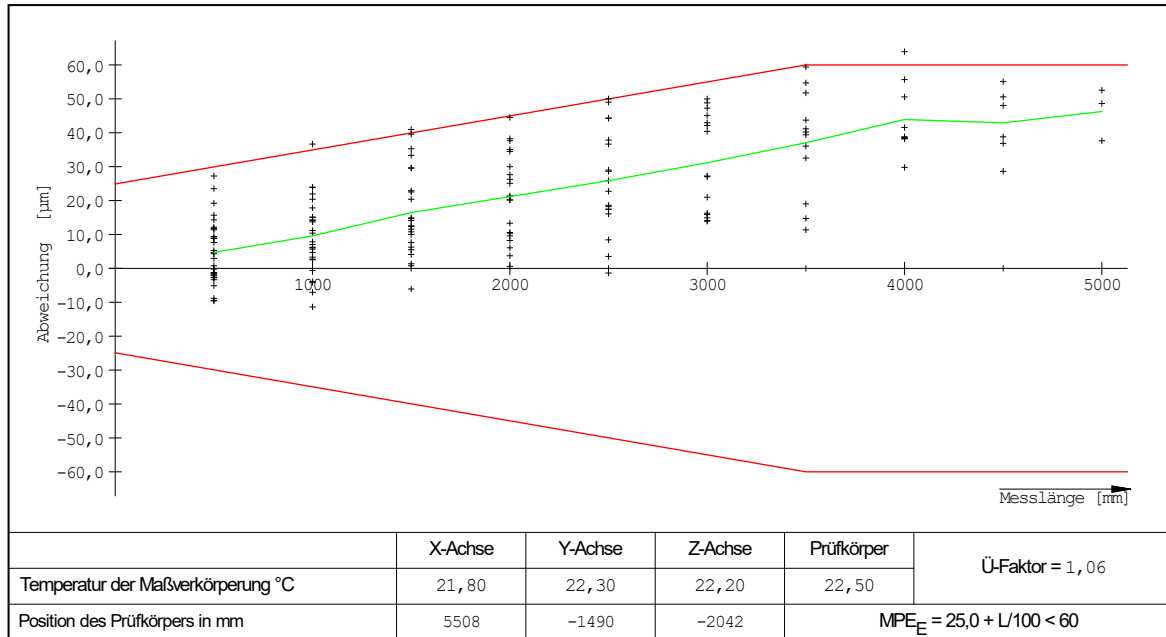
Messlänge L in mm		Abweichungen in mm		
Sollwert	Istwert	Mittelwert	Minimal	Maximal
20,0043	20,0060	0,0016	-0,0016	0,0055
260,0311	260,0338	0,0027	-0,0089	0,0116
579,9848	579,9875	0,0027	0,0001	0,0066
859,9319	859,9328	0,0010	-0,0002	0,0023
1100,0511	1100,0501	-0,0010	-0,0048	0,0012

Anzeigeabweichung in Pos. 3 (Z-Achse)



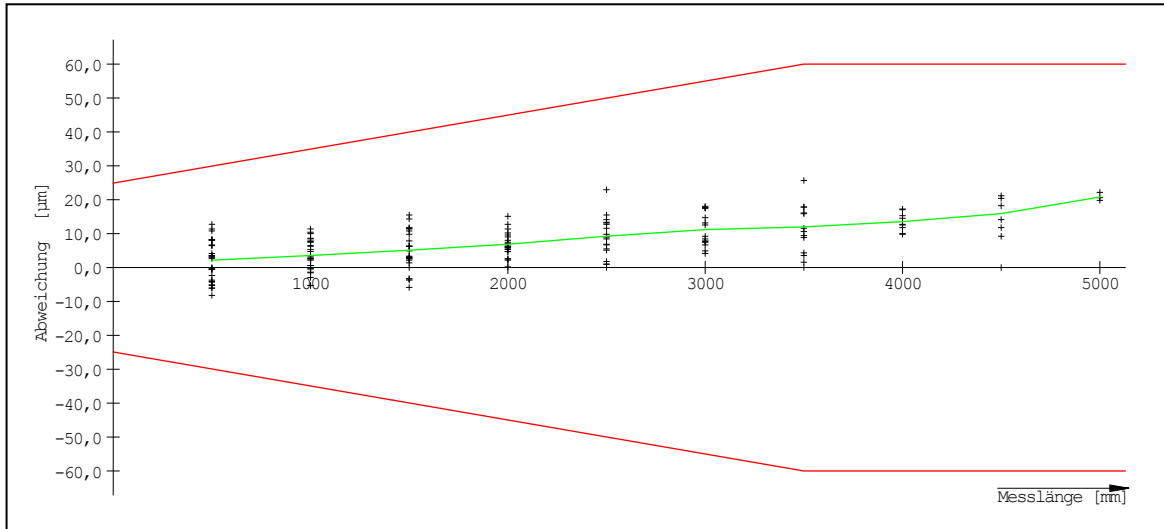
Messlänge L in mm		Abweichungen in mm		
Sollwert	Istwert	Mittelwert	Minimal	Maximal
20,0043	20,0114	0,0071	0,0054	0,0103
260,0311	260,0402	0,0091	0,0088	0,0099
579,9848	579,9855	0,0007	-0,0015	0,0044
859,9319	859,9383	0,0064	0,0054	0,0073
1100,0511	1100,0582	0,0071	0,0060	0,0091

Anzeigeabweichung in Pos. 4 (XNYN_VR_xx_5000 Loop 3)



Messlänge L in mm		Abweichungen in mm		
Nennmaß	Anzahl	Mittelwert	Minimal	Maximal
500,0000	30	0,0046	-0,0095	0,0273
1000,0000	27	0,0096	-0,0114	0,0367
1500,0000	24	0,0165	-0,0062	0,0411
2000,0000	21	0,0212	0,0005	0,0446
2500,0000	18	0,0260	-0,0014	0,0500
3000,0000	15	0,0311	0,0140	0,0501
3500,0000	12	0,0370	0,0114	0,0595
4000,0000	9	0,0439	0,0299	0,0639
4500,0000	6	0,0430	0,0287	0,0550
5000,0000	3	0,0462	0,0376	0,0525

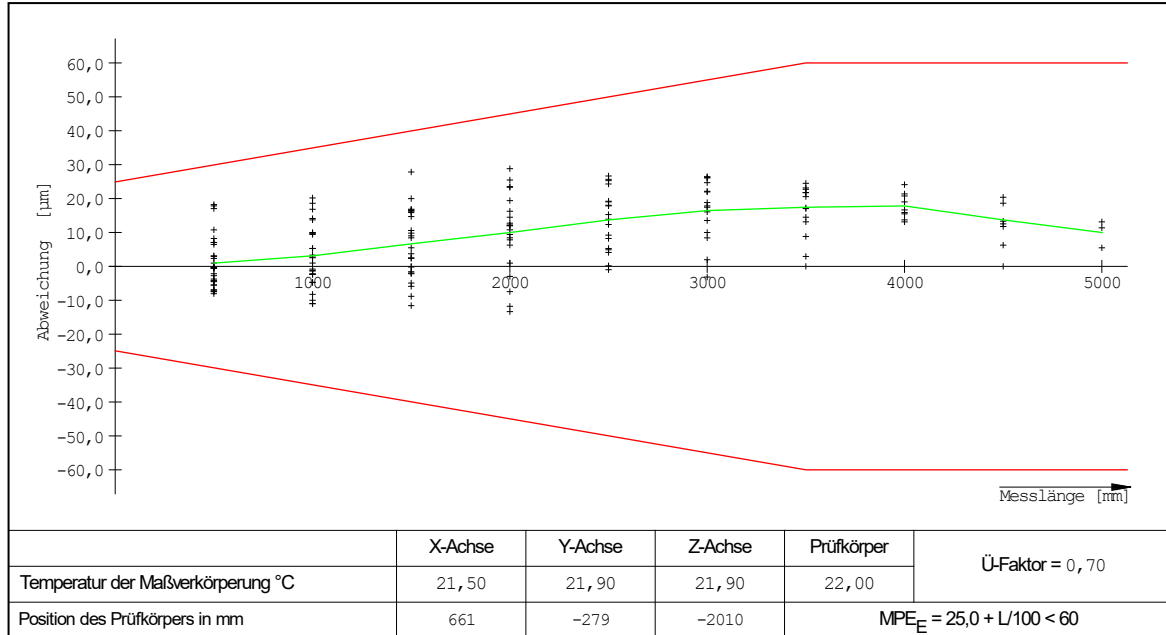
Anzeigeabweichung in Pos. 5 (XPYP_VL_xx_5000 Loop 31)



	X-Achse	Y-Achse	Z-Achse	Prüfkörper	Ü-Faktor = 0,46
Temperatur der Maßverkörperung °C	21,50	21,90	21,90	22,00	
Position des Prüfkörpers in mm	724	-1373	-2009	MPE _E = 25,0 + L/100 < 60	

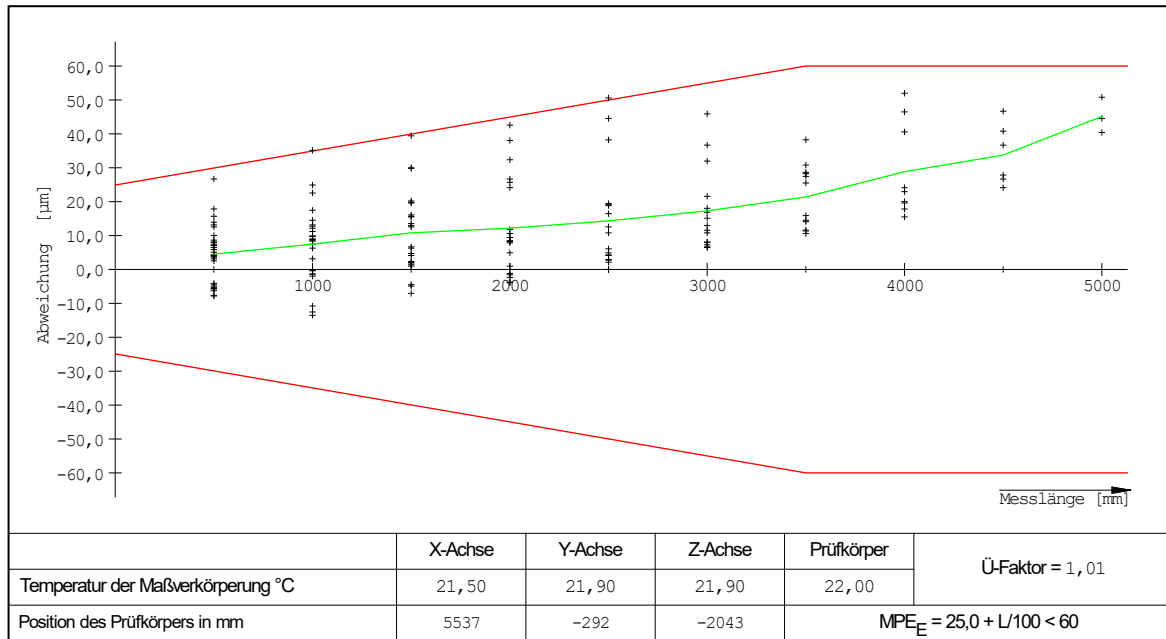
Messlänge L in mm		Abweichungen in mm		
Nennmaß	Anzahl	Mittelwert	Minimal	Maximal
500,0000	30	0,0021	-0,0083	0,0128
1000,0000	27	0,0035	-0,0053	0,0115
1500,0000	24	0,0050	-0,0059	0,0155
2000,0000	21	0,0068	0,0002	0,0150
2500,0000	18	0,0093	0,0010	0,0230
3000,0000	15	0,0112	0,0041	0,0181
3500,0000	12	0,0119	0,0015	0,0256
4000,0000	9	0,0135	0,0098	0,0173
4500,0000	6	0,0158	0,0093	0,0211
5000,0000	3	0,0209	0,0198	0,0222

Anzeigeabweichung in Pos. 6 (XPYN_HL_xx_5000 Loop 3)



Messlänge L in mm		Abweichungen in mm		
Nennmaß	Anzahl	Mittelwert	Minimal	Maximal
500,0000	30	0,0010	-0,0081	0,0182
1000,0000	27	0,0031	-0,0111	0,0202
1500,0000	24	0,0067	-0,0116	0,0279
2000,0000	21	0,0099	-0,0133	0,0288
2500,0000	18	0,0138	-0,0010	0,0267
3000,0000	15	0,0166	-0,0032	0,0265
3500,0000	12	0,0174	0,0029	0,0245
4000,0000	9	0,0178	0,0131	0,0241
4500,0000	6	0,0138	0,0062	0,0204
5000,0000	3	0,0100	0,0055	0,0131

Anzeigeabweichung in Pos. 7 (XNYP_HR_xx_5000 Loop 31)



Messlänge L in mm		Abweichungen in mm		
Nennmaß	Anzahl	Mittelwert	Minimal	Maximal
500,0000	30	0,0045	-0,0079	0,0266
1000,0000	27	0,0075	-0,0136	0,0352
1500,0000	24	0,0108	-0,0071	0,0394
2000,0000	21	0,0122	-0,0040	0,0426
2500,0000	18	0,0143	0,0000	0,0507
3000,0000	15	0,0172	0,0065	0,0458
3500,0000	12	0,0214	0,0105	0,0382
4000,0000	9	0,0288	0,0155	0,0521
4500,0000	6	0,0338	0,0241	0,0467
5000,0000	3	0,0452	0,0404	0,0507

3.2 Einzeltaster-Formabweichung *PFTU*

Für die Bestimmung der Einzeltaster-Formabweichung wurde folgende Prüfkugel eingesetzt:

Serien-Nr.: K4402
Kalibrierzeichen: 26205 D-K-15007-01-00 2021-11

Grenzwert **MPE (*PFTU*) : 20,0 μm**

Messergebnis ***PFTU* : 10,4 μm**

Lage des Prüfkörpers: X = 3840mm Y = -810mm Z = -1194mm

Temperatur des Prüfkörpers in °C: 21,50


Die Messergebnisse wurden mit einem Taster L = 40 mm und \varnothing 3,0 mm ermittelt.



Operator: Technical Service
Session: MPE-PFTU_CMM_1__CALIGO_3.0_...
Date: 08.02.2023

CMM: CMM1
Software: CALIGO 4.2.1

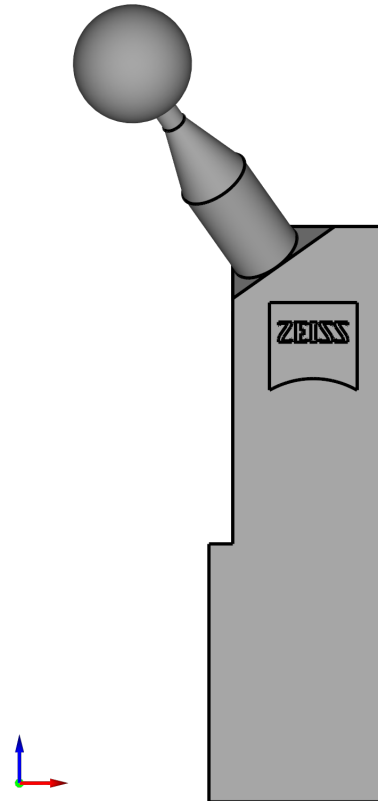
Probing sphere MPE-PFTU

Abweichung	0.0104	
-Tol.	0.0000	
+Tol.	0.0200	

	Abweichung
Minimale Abweichung	-0.0047
Maximale Abweichung	0.0057

Sphere coordinates MCS

	Istwert
Position X	3839.9145
Position Y	-810.7089
Position Z	-1194.9467



4. Messmittelkalibrierung und Rückführbarkeit der Messergebnisse

Zur Rückführung der Messergebnisse auf 20°C war während der Messungen die Temperaturkompensation in der Messsoftware aktiviert und die Temperaturen des Koordinatenmessgerätes und des jeweiligen Prüfkörpers wurden zum Zeitpunkt der jeweiligen Messungen erfasst.

Die Kalibrierung der verwendeten Messmittel erfolgt in nach ISO/IEC 17025 akkreditierten Messlaboren. Nähere Angaben sind den als Anlage beigefügten Kopien der einzelnen Kalibrierzertifikate zu entnehmen.

Die verwendeten Normale sind in den jeweiligen Abschnitten der Messergebnisdokumentation aufgeführt. Kopien der Zertifikate der verwendeten Normale sind dem Kalibrierschein als Anlage beigefügt.

5. Anlagen

Folgende Anlagen sind dem Kalibrierschein beigefügt:

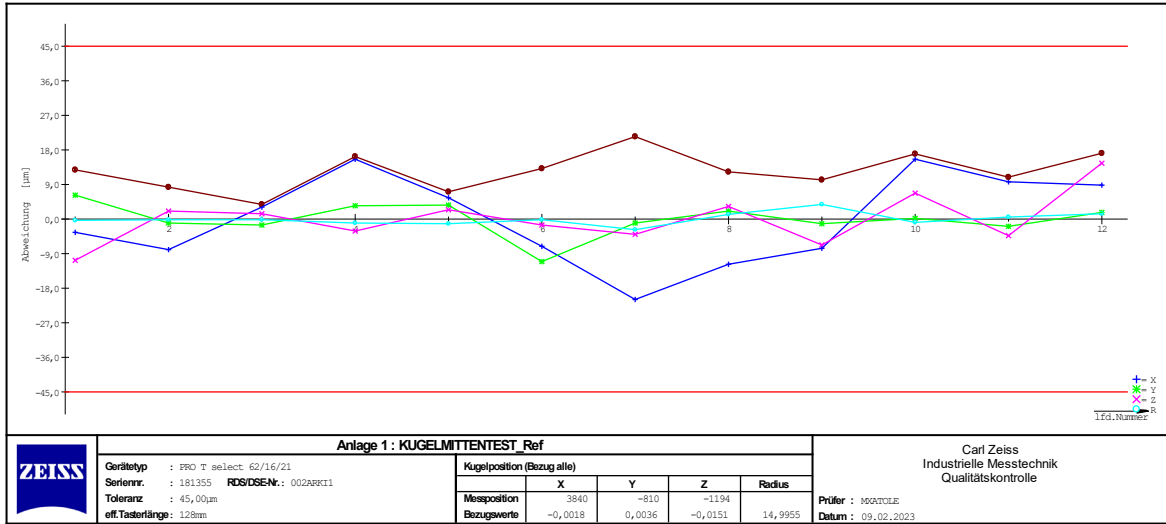
- Messprotokolle der Längenmessabweichung EL , $R0$ ¹⁾
- Messprotokolle der Längenmessabweichung $E150$ ¹⁾
- Messprotokolle der Wiederholspannweite RUZ ¹⁾
- Messprotokoll der Antastabweichung $PFTU$
- Messprotokoll der Scanning-Antastabweichung THP und Scanning-Prüfdauer τ ¹⁾
- Messprotokoll des Mehrfachastertests $PFTj$, $PLTj$, $PSTj$ ¹⁾
- Diagramme der Formmessabweichung für Rundheit $RONt$ (MZCI)¹⁾
- Messprotokoll der Vierachsen-Abweichungen FR , FT und FA ¹⁾
- Messprotokoll der Antastunsicherheit $PFV2D$, $PF2D$ (2D Kamera)¹⁾
- Messprotokoll der Längenmessabweichung EU (2D Kamera)¹⁾
- Messprotokoll der Längenmessabweichung $E[Uni:Tr:ODS]$ ¹⁾
- Messprotokoll der Antastabweichung $P[Form.Sph.D95\%:Tr:ODS]$ (LineScan)¹⁾
- Messprotokoll der Antastabweichung $P[PSize.Sph.1x25.Tr.ODS]$ (CFS)¹⁾
- Kopie der Kalibrierzertifikate der verwendeten Normale

¹⁾ Als Anlage nur beigefügt, wenn die Prüfung ein Bestandteil der Annahme unter „Punkt 3. Messergebnisse“ ist

6. Konformitätsaussage

Das Koordinatenmessgerät erfüllt nicht die im Werkprüfschein des Koordinatenmessgerätes angegebenen Spezifikationen.

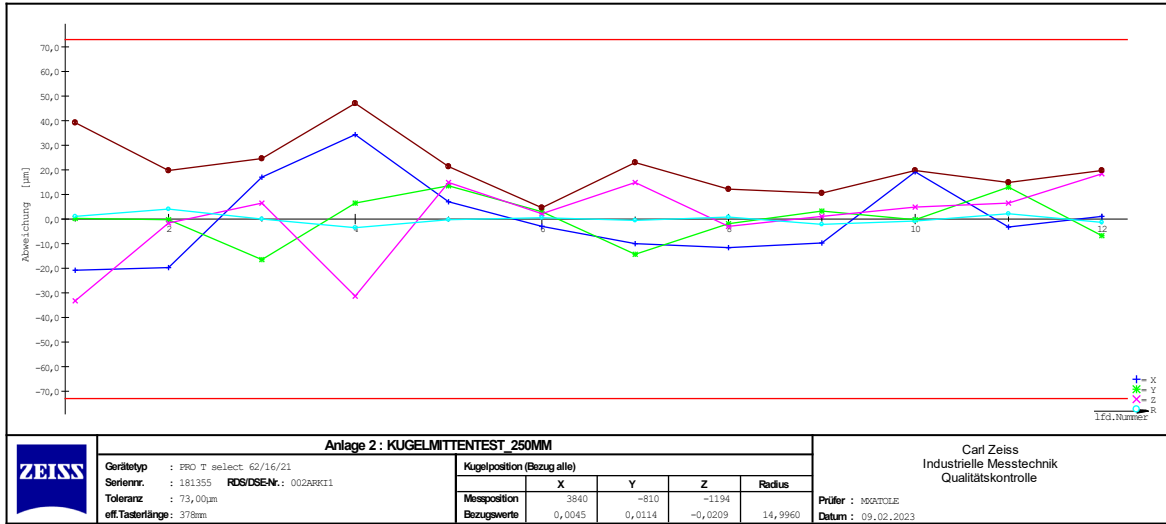
Anlage 1 : KUGELMITTENTEST_Ref



Anlage 1 : KUGELMITTENTEST_Ref					Prüfer : 866ATOLE	Datum : 09.02.2023
Gerätetyp	Serialnr.	Toleranz	eff.Tastertänge	RDS/DSENr.:		
PF0 T select 62/16/21	181355	45,00µm	128mm	002APK11		
Kugelposition (Bezug alle)						
Messposition	X	Y	Z	Radius		
Bezugswerte	-0,0018	0,0036	-0,0151	14,9955		



Anlage 2 : KUGELMITTENTEST_250MM



Anlage 2 : KUGELMITTENTEST_250MM					Carl Zeiss Industrielle Messtechnik Qualitätskontrolle	
	Gerätetyp	: PFO T select 62/16/21	Kugelposition (Bezug alle)		Prüfer : MEGATOLE	Datum : 09.02.2023
	Seriennr.	: 181355 RDS/DSENr.: 002APK11	X	Y		
	Toleranz	: 73,00µm	Z	Radius		
eff.Tasterlänge	: 378mm	Messposition	3840	-810	-1194	14,9960
		Bezugswerte	0,0045	0,0114	-0,0209	





Kalibrierschein / Calibration Certificate

erstellt durch das Kalibrierlaboratorium
issued by the calibration laboratory



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-K-15007-01-00

Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH
Mess- und Kalibrierzentrum
Willy-Messerschmitt-Straße 1
DE - 73457 Essingen



+49 7361 9277 10



calibration.metrology.de@zeiss.com

27881

D-K-
15007-01-00

Kalibrierzeichen
Calibration mark

2022-05

Gegenstand <i>Object</i>	Stufenendmaß <i>Step gauge</i>
Hersteller <i>Manufacturer</i>	ITS GmbH
Typ <i>Type</i>	Nennlänge 1100 mm <i>Nominal length 1100 mm</i>
Fabrikat/Serien-Nr. <i>Serial number</i>	SE1100112 PM20057625
Auftraggeber <i>Customer</i>	Carl Zeiss IQS Deutschland GmbH Carl-Zeiss-Straße 22 DE - 73447 Oberkochen
Auftragsnummer <i>Order No.</i>	2122_1384
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines <i>Number of pages of the certificate</i>	5
Datum der Kalibrierung <i>Date of calibration</i>	25.05.2022

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die metrologische Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).
Die DAkkS ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.
Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.
*This calibration certificate documents the metrological traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
The DAkkS is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.
The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.*

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine sind bei Nennung des für die Freigabe Verantwortlichen in Klarschrift auch ohne Unterschrift gültig.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates with the full name of the approval responsible person are valid without signature.

Datum der Ausstellung
Date of issue

Freigabe durch
Approval by

Bearbeiter
Person in charge

30.05.2022

M. Eng. Miriam Hieber

Dipl.-Ing. (FH) Jens Rieger



27881
D-K- 15007-01-00
2022-05

1. Kalibriergegenstand / Calibration object

Der Kalibriergegenstand ist ein Stufenendmaß aus Stahl mit Keramik-Messzinnen.
Am Stufenendmaß wurden die Mittenabstände der Messflächen zur Messfläche 0 kalibriert.

*The calibration object is a step gauge made of steel with cylindrical ceramic merlons.
The centre-to-centre distances of the step gauge were calibrated between the measuring surfaces and the surface 0.*

2. Kalibrierverfahren / Calibration method

Die Kalibrierung des Stufenendmaßes erfolgte nach dem Verfahren I_DI_S_ALM_01_01_A_24:2019/11 mit dem dreidimensionalen Koordinatenmessgerät ZEISS XENOS (Seriennummer 182511).
Die Auswertung der Prüfmerkmale erfolgte mit der Software ZEISS CALYPSO, Version 6.8.12.

Die Kalibrierung der Mittenabstände ist über das Substitutionsverfahren mit folgendem Normal auf nationale Normale rückgeführt:

The step gauge was calibrated according to the instruction I_DI_S_ALM_01_01_A_24:2019/11 with a three-dimensional coordinate measuring machine ZEISS XENOS (serial no. 182511).

The characteristics were evaluated with the software ZEISS CALYPSO, version 6.8.12.

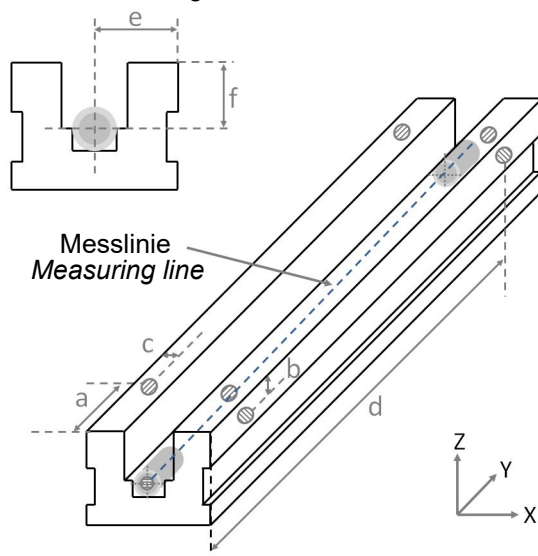
The calibration of the centre-to-centre distances is traceable to national standards, using the substitution method, with the following standard:

Referenznormal / Reference standard	Nennlänge / Nominal length	Seriennummer / Serial no.
Stufenendmaß / Step gauge	1100 mm	200812S422

3. Messbedingungen / Measuring conditions

Ausrichtung und Messlinie des Stufenendmaßes / Alignment and measuring line of the step gauge

Vorderansicht der 1. Messzinne
Front view of the first merlon
Messfläche 0 / Measuring surface 0



a = 5 mm
b = 6 mm
c = 7 mm
d = Nennlänge (Nominal length) - 10 mm
e = -27,5 mm
f = -30 mm

Die Längenangaben a und d beziehen sich auf die 1. Messzinne (Messfläche 0)
Length a and d refer to the first merlon (measuring surface 0)

- ⊙ Ausrichtung / Alignment Z
- ⊙ Ausrichtung / Alignment X
- ⊙ Ausrichtung / Alignment Y



27881
D-K- 15007-01-00
2022-05

Der Kalibriergegenstand wurde zum Temperatenausgleich mindestens 12 Stunden im Messraum gelagert. Die Stufenendmaße waren während der Messung horizontal gelagert und an zwei Stellen unterstützt (Auflagepunkte von den Endflächen des Tragkörpers = $0,223 \times$ Länge des Tragkörpers des Stufenendmaßes).

Der Tastkugeldurchmesser betrug 6,0 mm und die Antastkraft 0,1 N.

Auf jeder Messfläche des Stufenendmaßes wurden 5 Punkte angetastet. Aus den 5 Einzelpunkten wurde der Schwerpunkt berechnet. Der Mittenabstand entspricht dem Abstand zweier, auf die Messlinie projizierter Schwerpunkte.

Der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient α (Quelle: ZEISS 10513) und die mittlere Temperatur am Kalibriergegenstand sind in Abschnitt 5 dokumentiert.

Jeder Kalibrierwert entspricht dem Mittelwert aus 6 Einzelmessungen.

For temperature compensation the calibration object was kept inside the measuring room for at least 12 hours.

During the measurement, the step gauge was positioned in a tensionless horizontal state propped up at two points (supporting points from the end surfaces = $0.223 \times$ supporting body length of the step gauge).

The diameter of the probe tip was 6.0 mm and the probe force was 0.1 N.

On each measuring surface of the step gauge 5 probing points were taken. The centroid was calculated out of the 5 probing points. The centre-to-centre distance corresponds to the distance between two centroids projected onto the measuring line.

The linear thermal expansion coefficient α (source: ZEISS 10513) and the mean temperature of the calibration object are documented in chapter 5.

Each calibration value is the average over 6 single measurements.

4. Umgebungsbedingungen / Ambient conditions

Die Umgebungstemperatur betrug $(20 \pm 0,2)^\circ\text{C}$. Sie wurde mit 8 Temperaturfühlern erfasst. Temperatur und relative Luftfeuchte während der Messungen liegen dem Kalibrierlaboratorium auf Datenträger vor und können bei Bedarf mitgeteilt werden.

The ambient temperature was $(20 \pm 0.2)^\circ\text{C}$. It was captured with 8 temperature sensors.

Temperature and relative humidity were recorded during the measurements and can be provided on a data carrier, if required.



27881
D-K- 15007-01-00
2022-05

5. Messergebnisse / Measuring results

Die ermittelten Maße gelten für die Bezugstemperatur 20 °C und für die messtechnische Beschaffenheit des Kalibriergegenstandes, die bei der Kalibrierung vorlag. Zur Reduktion der Messwerte auf 20 °C wurden die nachfolgenden Werte verwendet.

The determined distances are specified relative to the reference of 20 °C and to the metrological condition of the calibration object during calibration. The following values were used to reduce the results to 20 °C.

$\alpha = 11,72 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient
linear coefficient of thermal expansion (CTE)

Serien-Nr.: SE1100112
Serial-no.:

$U_{\alpha} = 0,09 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ erweiterte Unsicherheit ($k = 2$)
expanded uncertainty

Mittlere Temperatur: 20,05 °C
Mean temperature:

Messflächen Nummer <i>Measuring surface no.</i>	Abstand zur Messfläche 0 <i>Distance to measuring surface 0 in mm</i>
0	0,00000
1	20,00432
2	39,98678
3	59,98678
4	79,98627
5	99,99177
6	120,01041
7	140,01049
8	160,07135
9	180,07291
10	200,02873
11	220,02894
12	240,02641
13	260,03107
14	280,01356
15	300,01914
16	320,02679
17	340,02552
18	360,04426
19	380,04949
20	400,01808
21	420,02296
22	439,99091
23	459,99664
24	480,04434
25	500,04886
26	520,03057
27	540,02892

Messflächen Nummer <i>Measuring surface no.</i>	Abstand zur Messfläche 0 <i>Distance to measuring surface 0 in mm</i>
28	559,98580
29	579,98478
30	599,98753
31	619,98059
32	639,99599
33	659,99583
34	679,98775
35	699,98754
36	719,93736
37	739,93669
38	759,92323
39	779,92225
40	799,94819
41	819,94689
42	839,93165
43	859,93185
44	879,91686
45	899,91524
46	919,93543
47	939,94002
48	959,98866
49	979,98936
50	999,97588
51	1019,97480
52	1040,09341
53	1060,09472
54	1080,05233
55	1100,05108



27881
D-K- 15007-01-00
2022-05

6. Messunsicherheit / *Measuring uncertainty*

Die Messunsicherheit beträgt für:

- das Mittenmaß: $U = 0,1 \mu\text{m} + 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot l$ / / ist die Länge

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ergibt. Sie wurde gemäß EA-4/02 M:2013 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von ungefähr 95 % im zugeordneten Werteintervall.

The measuring uncertainty for:

- *the mean size is: $U = 0.1 \mu\text{m} + 0.4 \cdot 10^{-6} \cdot l$ / l is the length*

The specification indicates the expanded measuring uncertainty resulting from the multiplication of the standard measuring uncertainty by the factor $k = 2$. It was determined in conformity with EA-4/02 M:2013. The values of the measurement parameter lie within the specified range with a probability of approximately 95 %.

7. Bemerkung / *Remark*

Im Zweifelsfall ist der deutsche Text des Kalibrierscheines gültig.

In case of doubt the German text of the certificate is valid.

If numbers are not stated separately in the English sections, ',' is used as decimal separator.

Anerkennung von DAkkS Kalibrierscheinen / *Acceptance of DAkkS Calibration Certificates*

Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die weiteren Unterzeichner innerhalb und außerhalb Europas sind den Internetseiten von EA (www.european-accreditation.org) und ILAC (www.ilac.org) zu entnehmen.

The Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH is signatory to the multilateral agreement of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates. The other signatories in and outside Europe can be seen on the Website of EA (www.european-accreditation.org) and ILAC (www.ilac.org).

-- Ende des Kalibrierscheins / *End of calibration certificate* --



Kalibrierschein / Calibration Certificate

erstellt durch das Kalibrierlaboratorium
issued by the calibration laboratory



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-K-15007-01-00

Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH
Mess- und Kalibrierzentrum
Willy-Messerschmitt-Straße 1
DE - 73457 Essingen

+49 7361 9277 10
calibration.metrology.de@zeiss.com

Kalibrierzeichen
Calibration mark

26441
D-K-15007-01-00
2021-12

Gegenstand <i>Object</i>	Kugelstab Ball Bar
Hersteller <i>Manufacturer</i>	Kolb & Baumann GmbH
Typ <i>Type</i>	CFK 10 x 500 mm
Fabrikat/Serien-Nr. <i>Serial number</i>	78182
Auftraggeber <i>Customer</i>	Carl Zeiss IQS Deutschland GmbH Carl-Zeiss-Straße 22 73447 Oberkochen

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die metrologische Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).

Die DAkkS ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.

Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

This calibration certificate documents the metrological traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The DAkkS is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.

The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Auftragsnummer <i>Order No.</i>	2122_0372
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines <i>Number of pages of the certificate</i>	10
Datum der Kalibrierung <i>Date of calibration</i>	20.12.2021

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine sind bei Nennung des für die Freigabe Verantwortlichen in Klarschrift auch ohne Unterschrift gültig.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates with the full name of the approval responsible person are valid without signature.

Datum der Ausstellung <i>Date of issue</i>	Freigabe durch <i>Approval by</i>	Bearbeiter <i>Person in charge</i>
21.12.2021	Matthias Harsch	Rosmarie Deckelmann

1. Kalibriergegenstand / Calibration object

Der Kalibriergegenstand ist ein demontierbarer Prüfkörper (Kugelstab) für die Kalibrierung und Überwachung von Koordinatenmessgeräten. Der Prüfkörper besteht aus 10 Distanzstäben und 11 Keramikugeln.

The calibration object is an artifact (ball bar) which can be dismantled and is used for the calibration and interim checking of coordinate measuring machines. The artifact consists of 10 distance bars and 11 ceramic spheres.

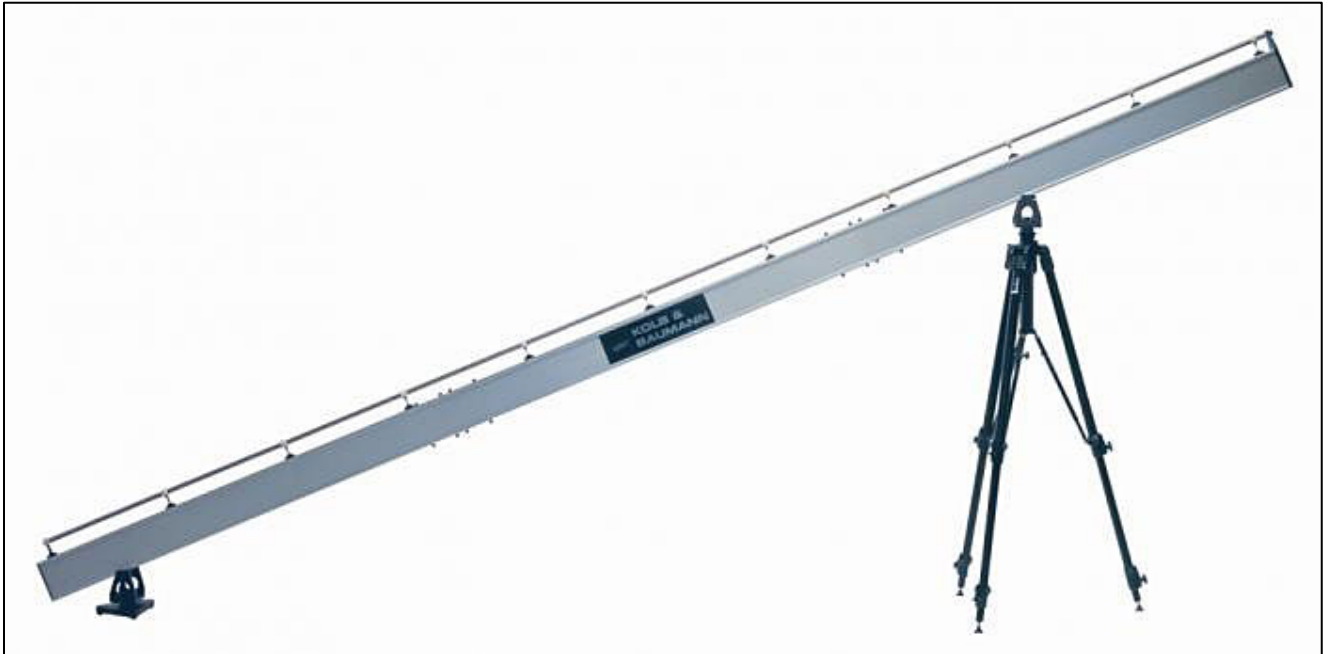


ABBILDUNG / FIGURE 1

2. Kalibrierverfahren / Calibration procedure

Der Kalibriergegenstand wurde nach dem Verfahren I_DI_S_ALM_01_01_A_30 auf einem numerisch korrigierten und kalibrierten Koordinatenmessgerät (KMG) vom Typ PRISMO navigator (Serien- Nr.: 156544) gemessen.

Die Antastung der Messelemente erfolgte taktil.

Das Koordinatenmessgerät wurde gemäß der Direct Instruction I_DI_S_ALM_01_01_A_29 mit einer DAkkS-kalibrierten NECERA-Lochplatte (Größe: 550 mm x 550 mm, Serien-Nr.: 1612010_001) kalibriert und die Geometriefehler mit der zugehörigen Auswertesoftware KALKOM (Version 4.0) ermittelt.

Die Auswertung der Prüfmerkmale erfolgte mit der Zeiss Software Calypso, Revision 6.8.12.

The calibration object was measured according to the instruction I_DI_S_ALM_01_01_A_30 on a numerically corrected and calibrated coordinate measuring machine (CMM) of type PRISMO navigator (serial number: 156544).

The features were probed by contact.

In accordance with Direct Instruction I_DI_S_ALM_01_01_A_29, the coordinate measuring machine was calibrated with the DAkkS-calibrated NEXCERA hole plate (Dimension: 550 mm x 550 mm, serial number: 1612010_001). The geometric errors were determined using the associated evaluation software KALKOM (Version 4.0).

The characteristics were evaluated with CALYPSO software from Zeiss, revision 6.8.12.



26441
D-K- 15007-01-00
2021-12

3. Messbedingungen / Measuring conditions

Antastkraft / Probing force

Es wurde mit der Antastkraft 0,2 N gemessen.

A probing force of 0.2 N was used.

Werkstücktemperatur / Workpiece temperature

Der Kalibriergegenstand wurde 24 Stunden vor der Messung im Messraum gelagert. Die Werkstücktemperatur wurde zu Beginn jeder Messung erfasst. Die Messergebnisse sind auf 20 °C korrigiert.

Zur Korrektur wurde für den Messgegenstand der thermische Längenausdehnungskoeffizient $\alpha = 0,08 * 10^{-6} K^{-1}$ verwendet (Quelle: Herstellerangabe).

Die Unsicherheit des angegebenen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten α wurde mit einer erweiterten Unsicherheit von $U(\alpha) = 0,01 * 10^{-6} K^{-1}$ bei der Berechnung der im Kalibrierschein angegebenen Messunsicherheit berücksichtigt.

Die Temperaturfühler des KMG waren während der Messung am Kalibriergegenstand befestigt.

The calibration object was stored in the measuring room for 24 hours prior to the measurement. The workpiece temperature was measured at the beginning of the measurement. The measuring results have been corrected to 20 °C.

*The coefficient of thermal expansion $\alpha = 0.08 * 10^{-6} K^{-1}$ was used for the correction of the calibration object (source: manufacturer information).*

*With an expanded uncertainty of $U(\alpha) = 0.01 * 10^{-6} K^{-1}$, the uncertainty of the specified coefficient of thermal expansion α was taken into consideration at the calculation of the measuring uncertainty specified in the calibration certificate.*

The temperature sensors of the CMM were fixed directly to the calibration object during the measurement.

Werkstückrauheit / Workpiece roughness

Die mittlere Rautiefe (R_z) der Kugeln wurde mit $R_z = 0,5 \mu m$ angenommen (Erfahrungswert).

Der Unsicherheitsbetrag, der durch die Rauheit der Kugeln verursacht wird, wurde für die Prüfmerkmale generell mit einer Unsicherheit $U(R_z) = 0,25 \mu m$ berücksichtigt.

The average surface roughness of the spheres were assumed with $R_z = 0.5 \mu m$ (empirical value).

To calculate the measuring uncertainty, the highest measured value was halved. Accordingly, the influence of the sphere's roughness was taken into consideration with uncertainty of $U(R_z) = 0.25 \mu m$.

Berechnungsmethoden / Calculation methods

Folgende Berechnungsmethoden (Ausgleichsverfahren) wurden verwendet:

The following calculation methods (best fit methods) were used:

Einpassung nach Gauß / Best fit according to Gauss

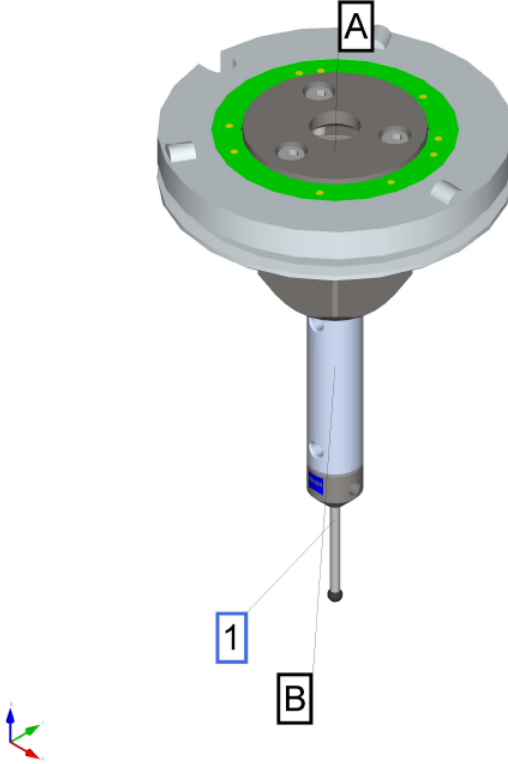
Die Gauß-Einpassung berechnet das mittlere, besteingepasste Element. Berechnet wird das Minimum aus der Summe der Abstandsquadrate zwischen der berechneten idealen Kontur und der tatsächlich angetasteten Kontur.

The Gauss best-fit method calculates the average best-fit element. From the calculated ideal outline and the actual probed outline, a sum of square distances is calculated. The minimum of this sum results in the best-fit element.

Tastersystem / Stylus system

Es wurde das nachfolgend beschriebene Tastersystem verwendet.

It was used the following stylus system.

Tastersystemname Name of stylus system			
IMT_Kugelstab			
			
Pos. Pos	Bezeichnung Designation	Tasternummer / -name Stylus number / -name	Abmaße Dimensions
A	Tasterwechsellager	-	-
B	Verlängerung	-	L = 40 mm
1	Taster	1	Ø=3,0 mm L = 33 mm

Aufspannung / Clamping

Die einzelnen Segmente des Kugelstabes wurden in einer speziell dafür hergestellten Vorrichtung aufgespannt.
Each segment of the ball bar was clamped in the fixture, especially made for this.

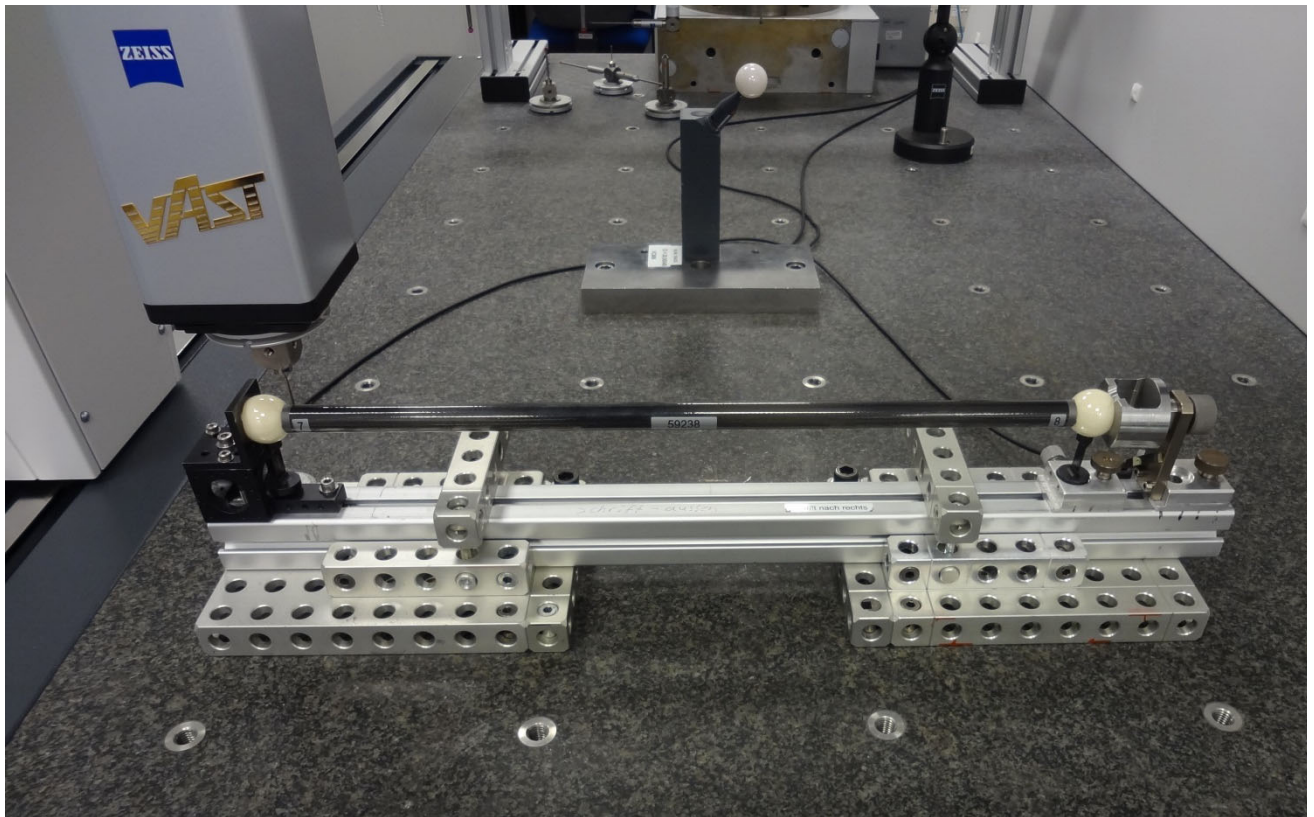


ABBILDUNG / FIGURE 2

Der Nullpunkt des Werkstückkoordinatensystems lag bezogen auf das Zeiss Gerätekoordinatensystem bei:

$$X = 221 \text{ mm} \quad Y = -1115 \text{ mm} \quad Z = -486 \text{ mm}$$

Based on the Zeiss machine coordinate system, the origin of the workpiece coordinate system was:

$$X = 221 \text{ mm} \quad Y = -1115 \text{ mm} \quad Z = -486 \text{ mm}$$

Werkstückkoordinatensystem / Workpiece coordinate system

Basissystem / Base alignment

Für das Einmessen des Basissystems wurden folgende Messelemente am Kalibriergegenstand erfasst bzw. miteinander verknüpft. Das Basissystem dient als Steuer- und Auswertekordinatensystem für alle kalibrierten Messgrößen. Siehe Abbildung 3.

For the base alignment, the following features on the calibration object were measured or interlinked. The base alignment is used as a control and evaluation coordinate system for all measurands and features. See figure 3.

Pos. Pos.	Bezeichnung Designation	Messelement Feature	Antaststrategie Probing strategy
1	BS_Kugel_Li	Kugel spheres	Siehe Kapitel Messelemente see section Features
2	BS_Kugel_Re	Kugel spheres	Siehe Kapitel Messelemente see section Features
3	BS_3D-Gerade_RR	3D-Gerade 3d-line	Siehe Kapitel Messelemente see section Features

Die Messelemente wurden wie nachfolgend beschrieben zum Basissystem verknüpft. Siehe Abbildung 3.

The features were generated to the base alignment as described below. See figure 3

Basissystem Base alignment			
Pos. Pos.	Bezug Reference	Bezeichnung Messelement Designation feature	Bemerkung Comment
1	Primär Primary	BS_3D-Gerade_RR	X - Achse X - axis
2	Sekundär Secondary	-	-
3	Tertiär Tertiary	BS_Kugel_Li	Nullpunkt in X / Y / Z Origin in X / Y / Z

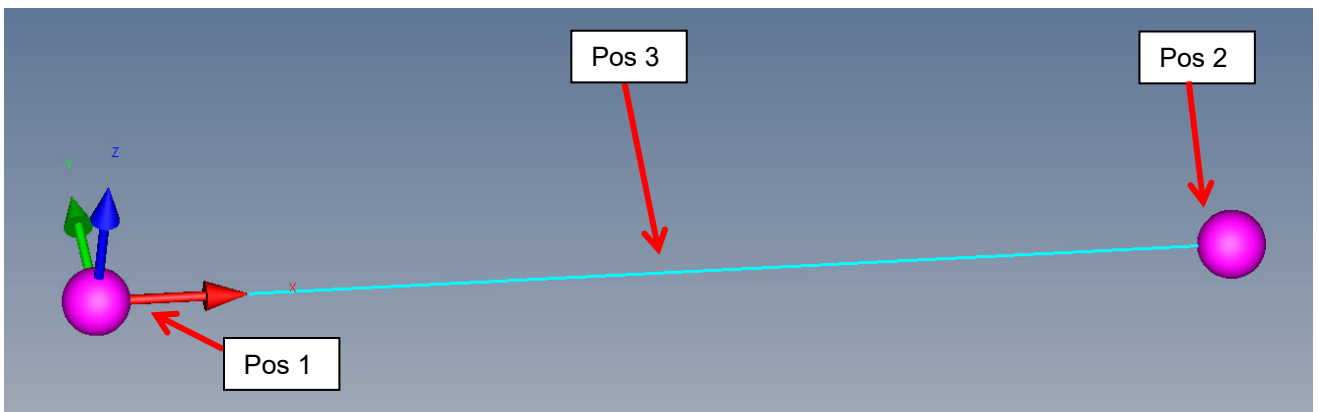


ABBILDUNG / FIGURE 3



26441
D-K- 15007-01-00
2021-12

Messelemente / Features

Alle Messelemente wurden mit Einzelantastpunkten gemessen.

All features were measured with single probing.

Messelementengruppe ME Basissystem :

Messelement Feature	Sollwerte Nominal values				
Bezeichnung Designation	X in mm X in mm	Y in mm Y in mm	Z in mm Z in mm	D in mm D in mm	Raum-Achse Space axis
Kugel					
BS_Kugel_Li	0,00	0,00	0,00	30,000	Z
BS_Kugel_Re	0,00	500,00	0,00	30,000	Z
Antaststrategie Probing strategy	<p>Je Kugel 8 Antastpunkte, Öffnungswinkel 180°: 5 Antastpunkte am Äquator, Kippwinkel 90° bei Drehwinkel 45°, 90°, -180°, -90° und -45° 1 Antastpunkt am Pol, Drehwinkel 0° bei Kippwinkel 0° 2 Antastpunkte mit Drehwinkel 90° & -90° mit Kippwinkel 45°</p> <p><i>Each sphere with 8 probing points, opening angle 180° 5 probing points on the equator, tilt angle 90° at rotation angle 45°, 90°, -180°, -90° and -45° 1 probing point on the pole, rotation angle 0° at tilt angle 0° 2 probing points rotation angle 90° & -90° at tilt angle 45°</i></p>				
Ausgleichselement Compensating element	Gauß-Element Gauss element				

Messelement Feature	Sollwerte Nominal values				
Bezeichnung Designation	X in mm X in mm	Y in mm Y in mm	Z in mm Z in mm	D in mm D in mm	Raum-Achse Space axis
3D-Gerade					
BS_Bezugsachse_B-C	0,00	0,00	0,00	500,00	X
Antaststrategie Probing strategy	Rückruf der Kugelmittelpunkte BS_Kugel_Li und BS_Kugel_Re Recall of the sphere's center points BS_Kugel_Li and BS_Kugel_Re				
Ausgleichselement Compensating element	Gauß-Element Gauss element				



26441
D-K- 15007-01-00
2021-12

Messelementengruppe ME KoordSys Ref :

Messelement Feature	Sollwerte Nominal values				
Bezeichnung Designation	X in mm X in mm	Y in mm Y in mm	Z in mm Z in mm	D in mm D in mm	Raum-Achse Space axis
Kugel					
RefSys_Kugel_Li	0,00	0,00	0,00	30,000	Z
RefSys_Kugel_Re	0,00	500,00	0,00	30,000	Z
Antaststrategie Probing strategy	<p>Je Kugel 10 Antastpunkte, Öffnungswinkel 180°: 6 Antastpunkte am Äquator, Kippwinkel 90° bei Drehwinkel 45°, 90°, 160°, -160°, -90° und -45° 1 Antastpunkt am Pol, Drehwinkel 0° bei Kippwinkel 0° 3 Antastpunkte mit Drehwinkel 0°, 90° & -90° mit Kippwinkel 45°</p> <p><i>Each sphere with 8 probing points, opening angle 180° 6 probing points on the equator, tilt angle 90° at rotation angle 45°, 90°, 160°, -160°, -90° and -45° 1 probing point on the pole, rotation angle 0° at tilt angle 0° 3 probing points rotation angle 90° & -90° at tilt angle 45°</i></p>				
Ausgleichselement Compensating element	Gauß-Element Gauss element				

Sollwerte Nominal values	Sollwerte Nominal values				
Bezeichnung Designation	X in mm X in mm	Y in mm Y in mm	Z in mm Z in mm	D in mm D in mm	Raum-Achse Space axis
3D-Gerade					
RefSys_Bezugsachse_B -C	0,00	0,00	0,00	500,00	X
Antaststrategie Probing strategy	Rückruf der Kugelmittelpunkte RefSys_Kugel_Li und RefSys_Kugel_Re <i>Recall of the sphere's center points RefSys_Kugel_Li and RefSys_Kugel_Re</i>				
Ausgleichselement Compensating element	Gauß-Element Gauss element				



26441
D-K- 15007-01-00
2021-12

Prüfmerkmale / Characteristics

Es wurde die direkte Distanz zwischen den Mittelpunkten der beiden Kugeln bestimmt. Jede Distanz wurde dreimal gemessen und der Mittelwert gebildet.

For each direct distance between the midpoints was determined of the two spheres. Each distance was measured three times and it was generated the average value.

Bezeichnung Designation	Prüfmerkmal Characteristics	Messelement 1 Feature 1	Messelement 2 oder Bezug 1 Feature 2 or Reference 1	Bezugssyst. oder Bezug 1 bzw. 2 Reference frame, reference 1 or 2
Dist_Polar 3D_Ref-System	3D-Distanz 3d-distance	RefSys_Kugel_Li	RefSys_Kugel_Re	Basissystem base system

4. Umgebungsbedingungen / ambient conditions

Die Umgebungsbedingungen wurden mit 8 Temperaturfühlern im Messraum erfasst. Die Temperaturen im Messraum lagen während der Messung bei 20 °C ± 0,5 °C und wurden bei der Berechnung der angegebenen Messunsicherheit berücksichtigt.

The ambient conditions in the measuring room were captured with 8 temperature sensors. During the measurement, the temperatures in the measuring room were 20 °C ± 0.5 °C and were taken into consideration in the calculation of the given measurement uncertainty.

5. Messergebnisse / Measuring results

Die Ergebnisse der zu messenden Prüfmerkmale sind in der untenstehenden Tabelle aufgeführt. Die angegebenen Messwerte gelten für die messtechnische Beschaffenheit des Werkstückes und die Antaststrategie, die bei der Kalibrierung vorlag.

The results of the characteristics being measured are listed in the table below. The measured values are valid for the metrological condition of the workpiece and the probing strategy available during calibration.

Pos. Pos.	Prüfmerkmal Characteristics	Messwert in mm Measurand in mm	Messunsicherheit in mm Measurement uncertainty in mm
1	Kugel 0 / Stab 0-1 / Kugel 1	500.1617	0,0015
2	Kugel 1 / Stab 1-2 / Kugel 2	500.1573	0,0015
3	Kugel 2 / Stab 2-3 / Kugel 3	500.1566	0,0015
4	Kugel 3 / Stab 3-4 / Kugel 4	500.1740	0,0015
5	Kugel 4 / Stab 4-5 / Kugel 5	500.2133	0,0015
6	Kugel 5 / Stab 5-6 / Kugel 6	500.1500	0,0015
7	Kugel 6 / Stab 6-7 / Kugel 7	500.1466	0,0015
8	Kugel 7 / Stab 7-8 / Kugel 8	500.1843	0,0015
9	Kugel 8 / Stab 8-9 / Kugel 9	500.1670	0,0015
10	Kugel 9 / Stab 9-10 / Kugel 10	500.1576	0,0015



26441
D-K- 15007-01-00
2021-12

6. Messunsicherheit / Measurement uncertainty

Die Messunsicherheit wurde durch Simulation ermittelt (Methode des Virtuellen KMG, VCMM2-C.DLL File-Version 2.0.0.2560).

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ergibt. Sie wurde gemäß EA-4/02 M:2013 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von ungefähr 95 % im zugeordneten Werteintervall.

The measurement uncertainty was determined for each measurand task-specific by simulation (Virtual CMM Method, VCMM2-C.DLL File-version 2.0.0.2560).

Given is the expanded measurement uncertainty, which is obtained by multiplying the standard measurement uncertainty by the coverage factor $k = 2$. It was determined in accordance with EA-4/02 M:2013. With a probability of approximately 95 %, the value of the measurand lies within the assigned interval of values.

7. Bemerkungen / Remarks

Einige Kugeln und Stäbe weisen Gebrauchsspuren und Kratzer auf.
Im Zweifelsfall ist der deutsche Text des Kalibrierscheins gültig.

*Some balls and bars exhibit signs of wear and scratches.
In case of doubt the German text is valid.*

Anerkennung von DAkkS Kalibrierscheinen / Acceptance of DAkkS Calibration Certificates

Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH ist Unterzeichnerin der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die weiteren Unterzeichner innerhalb und außerhalb Europas sind den Internetseiten von EA (www.european-accreditation.org) und ILAC (www.ilac.org) zu entnehmen.

The Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH is signatory to the multilateral agreement of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates. The other signatories in and outside Europe can be seen on the Website of EA (www.european-accreditation.org) and ILAC (www.ilac.org).

-- Ende des Kalibrierscheins / End of calibration certificate --



Kalibrierschein / Calibration Certificate

erstellt durch das Kalibrierlaboratorium
issued by the calibration laboratory



Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH
Mess- und Kalibrierzentrum
Carl-Zeiss-Straße 22
DE - 73447 Oberkochen

☎ +49 7364 20 3731
✉ calibration.metrology.de@zeiss.com

Kalibrierzeichen
Calibration mark

26205
D-K-15007-01-00
2021-11

Gegenstand <i>Object</i>	Kugelnormal (Keramik) <i>Calibration sphere (ceramic)</i>
Hersteller <i>Manufacturer</i>	-
Typ <i>Type</i>	Ø 25
Fabrikat/Serien-Nr. <i>Serial number</i>	K4402 PM20079151
Auftraggeber <i>Customer</i>	Carl Zeiss IQS Deutschland GmbH Carl-Zeiss-Straße 22 DE - 73447 Oberkochen
Auftrags-Nr. <i>Order number</i>	2122_0321
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines <i>Number of pages of the certificate</i>	9
Datum der Kalibrierung <i>Date of calibration</i>	26.11.2021

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die metrologische Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Die DAkkS ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

This calibration certificate documents the metrological traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). The DAkkS is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates. The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine sind bei Nennung des für die Freigabe Verantwortlichen in Klarschrift auch ohne Unterschrift gültig.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates with the full name of the approval responsible person are valid without signature.

Datum der Ausstellung <i>Date of issue</i>	Freigabe durch <i>Approval by</i>	Bearbeiter <i>Person in charge</i>
---	--------------------------------------	---------------------------------------

26.11.2021

B. Eng. Steffen Gaugler

Oliver Giese



1. Kalibriergegenstand / Calibration object

Der Kalibriergegenstand ist ein Kugelnormal.
An dem Kugelnormale wurde der Durchmesser und die Formabweichungen kalibriert.

*The calibration object is a calibration sphere.
The diameter and the form deviations of the calibration sphere were calibrated.*

2. Kalibrierverfahren / Calibration method

Die Kalibrierung des Durchmessers erfolgte nach dem Verfahren I_DI_S_ALM_01_01_A_10:2017/06 mit dem dreidimensionalen Koordinatenmessgerät ZEISS PRISMO ultra (Serien-Nr. 170431).

Die Kalibrierung ist über das Substitutionsverfahren mit folgendem Normal auf nationale Normale rückgeführt:

The diameter was calibrated according to the instruction I_DI_S_ALM_01_01_A_10:2017/06 with a three-dimensional coordinate measuring machine ZEISS PRISMO ultra (serial no. 170431).

The calibration is traceable to national standards, using the substitution method, with the following standard:

Referenznormal Reference standard	Nennlänge Nominal length	Seriennummer Serial no.
Kugelnormal/ Calibration sphere	25 mm	S0728

Die Kalibrierung der Formabweichung erfolgte mit dem Formmessgerät ZEISS RONDCOM 55A (Serien-Nr. MA6403KV) unter Beachtung der Normen DIN EN ISO 16610-21, DIN EN ISO 12181, DIN EN ISO 12780.

Die Kalibrierung der Formabweichungen ist mit folgenden Normalen auf nationale Normale rückgeführt:

The form deviations were calibrated with the form measuring machine ZEISS RONDCOM 55A (serial no. MA6403KV) in compliance with the standards DIN EN ISO 16610-21, DIN EN ISO 12181, DIN EN ISO 12780.

The calibration is traceable to national standards with the following standards:

Referenznormal Reference standard	Seriennummer Serial no.
Zerodurhalbkugel/ Zerodur hemisphere	DK 1995
Vergrößerungsnormal/ Magnification standard	112/435-H71



3. Messbedingungen / *Measuring conditions*

Durchmesser / *Diameter*

Der Kalibriergegenstand wurde zum Temperatenausgleich mindestens 12 Stunden im Messraum gelagert.

Die Kugel wurde in einer Vorrichtung gegen 3 Berührungspunkten gehalten.

Das Bezugskordinatensystem wurde über die Kugel gebildet.

Ausgewertet wurde jeweils der Zweipunktdurchmesser im Bezugs-Koordinatensystem.

Der Tastkugeldurchmesser betrug 6,0 mm und die Antastkraft 0,1 N.

Der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient α und die mittlere Temperatur am Kalibriergegenstand sind in Abschnitt 5 dokumentiert.

The calibration object was stored in the measuring room for at least 12 hours prior to the measurement.

During the measurement, the sphere was held by a fixture at 3 boundary points.

The reference system was created by the sphere.

Each time the two-point-distance was evaluated.

The diameter of the probe tip was 6.0 mm and the probe force was 0.1 N.

The linear thermal expansion coefficient α and the mean temperature of the calibration object are documented in chapter 5.

Rundheit / *Roundness*

Die Auswertung der Messergebnisse erfolgte nach dem Prinzip der Minimalen Radiendifferenz (MZCI). Die Grenzwellenzahl betrug 150 UPR (Gauß-Filter; 50 % Amplitudenübertragung).

Es wurden 14400 Punkte pro Umdrehung erfasst.

Der Durchmesser der Antastkugel betrug 1,0 mm und die Antastkraft 0,05 N.

The measurement results were evaluated according to the principle of Minimum Zone Reference Circles method (MZCI). The critical wave number was 150 UPR (Gaussian-filter, 50 % amplitude transmission). 14400 points per rotation were measured.

The diameter of the probe sphere was 1.0 mm, the probing force 0.05 N.

4. Umgebungsbedingungen / *Ambient conditions*

Die Umgebungstemperatur betrug $(20 \pm 1,0)$ °C.

Temperatur und relative Luftfeuchte während der Messungen liegen dem Kalibrierlaboratorium auf Datenträger vor und können bei Bedarf mitgeteilt werden.

The ambient temperature was (20 ± 1.0) °C.

Temperature and relative humidity were recorded during the measurements and can be provided on a data carrier, if required.



5. Messergebnisse / Measuring results

Der ermittelte Durchmesser gilt für die Bezugstemperatur 20 °C und für die messtechnische Beschaffenheit des Kalibriergegenstandes, die bei der Kalibrierung vorlag. Zur Reduktion der Messwerte auf 20 °C wurden die nachfolgenden Werte verwendet.

Der Kalibrierwert ist der Mittelwert aus 15 Einzelmessungen.
Die Messpositionen sind auf Seite 6 ersichtlich.

The determined diameter is specified relative to the reference of 20 °C and to the metrological condition of the calibration object during calibration. The following values were used to reduce the results to 20 °C. The calibration value is the mean value of 15 single measurements. Page 6 shows the location of the three levels.

$\alpha = 5,50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient
linear coefficient of thermal expansion (CTE)

Serien-Nr.: K4402
Serial-no.:

Mittlere Temperatur: 20,02 °C
Mean temperature:

Prüfmerkmal <i>Characteristic</i>	Messposition <i>Measuring position</i>	Messergebnis <i>Measuring result</i>	Seite <i>Page</i>
Durchmesser <i>Diameter</i>	Messebene 1 (0°-180°) <i>Measuring plane 1 (0°-180°)</i>	24,97779 mm	-
Rundheitsabweichung <i>Roundness deviation</i>	Messebene 1 (Äquator) <i>Measuring plane 1 (Equator)</i>	0,06 µm	7
	Messebene 2 (-45°) <i>Measuring plane 2 (-45°)</i>	0,06 µm	8
	Messebene 3 (+45°) <i>Measuring plane 3 (+45°)</i>	0,06 µm	9



26205
D-K- 15007-01-00
2021-11

6. Messunsicherheit / *Measuring uncertainty*

Die Messunsicherheit beträgt für:

- den Durchmesser: $U = 0,2 \mu\text{m} + 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot d$ d ist der Durchmesser
- die Rundheitsabweichung: $U = 0,1 \mu\text{m}$

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ergibt. Sie wurde gemäß EA-4/02 M:2013 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von ungefähr 95 % im zugeordneten Werteintervall.

The measuring uncertainty is for:

- *the diameter:* $U = 0.2 \mu\text{m} + 0.4 \cdot 10^{-6} \cdot d$ d is the diameter
- *the roundness deviation:* $U = 0.1 \mu\text{m}$

The indicated expanded measurement uncertainty results from the multiplication of the standard measurement uncertainty by the coverage factor $k = 2$. It was determined according to EA-4/02 M:2013. The value of the measured parameter lies with a probability of approximately 95 % within the assigned value interval.

7. Bemerkung / *Remark*

Im Zweifelsfall ist der deutsche Text des Kalibrierscheines gültig.

In case of doubt the German text of the certificate is valid.

If numbers are not stated separately in the English sections, ',' is used as decimal separator.

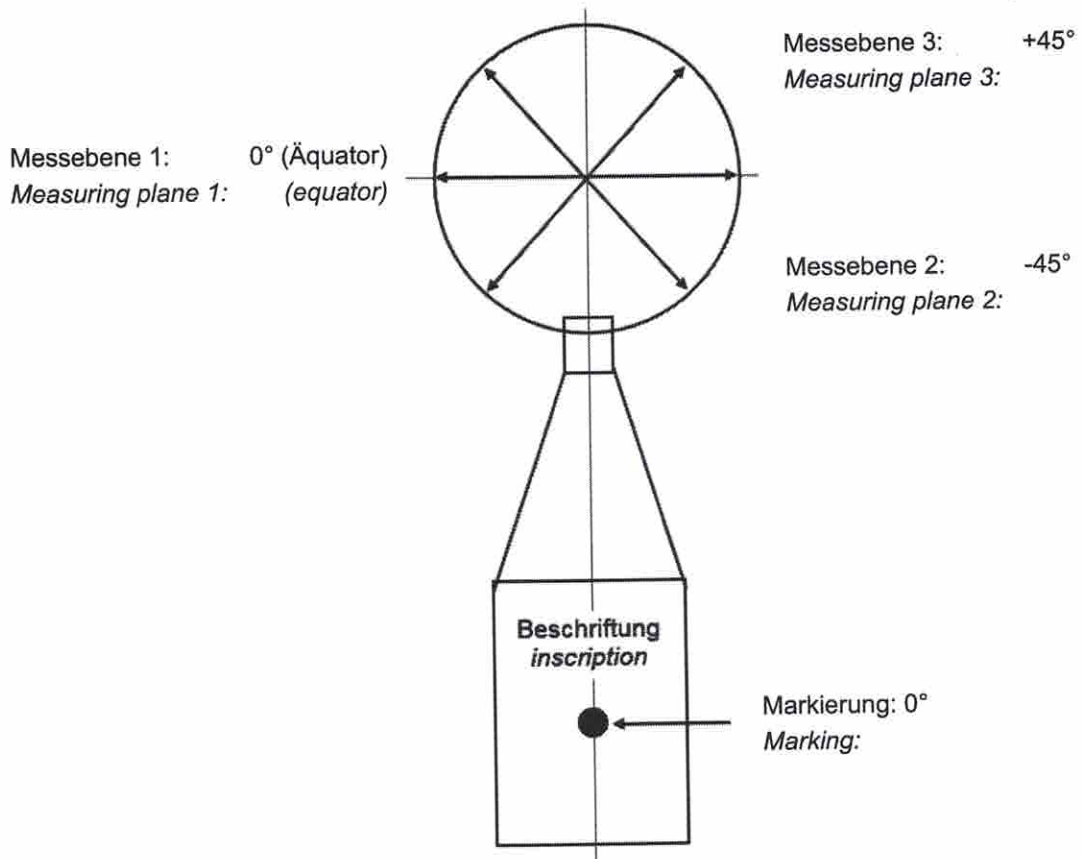
Anerkennung von DAkkS Kalibrierscheinen / *Acceptance of DAkkS Calibration Certificates*

Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die weiteren Unterzeichner innerhalb und außerhalb Europas sind den Internetseiten von EA (www.european-accreditation.org) und ILAC (www.ilac.org) zu entnehmen.

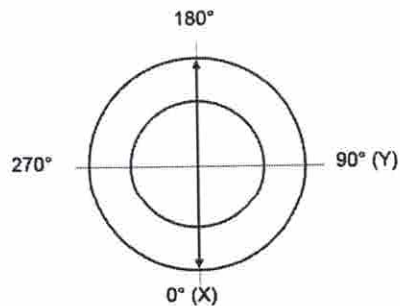
The Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH is signatory to the multilateral agreement of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates. The other signatories in and outside Europe can be seen on the Website of EA (www.european-accreditation.org) and ILAC (www.ilac.org).



26205
D-K-15007-01-00
2021-11



Messebene 1, 2, 3 = Messebenen für Rundheitsabweichungen
Measuring plane 1, 2, 3 = Measuring planes for roundness deviations



0°-180° auf Messebene 1 = Zweipunktdurchmesser
0°-180° on measuring plane 1 = two-point-diameter



26205
D-K-15007-01-00
2021-11

Gegenstand
Object

Kugelnorm, Ø 25
Calibration sphere, Ø 25

Serien-Nr.
Serial number

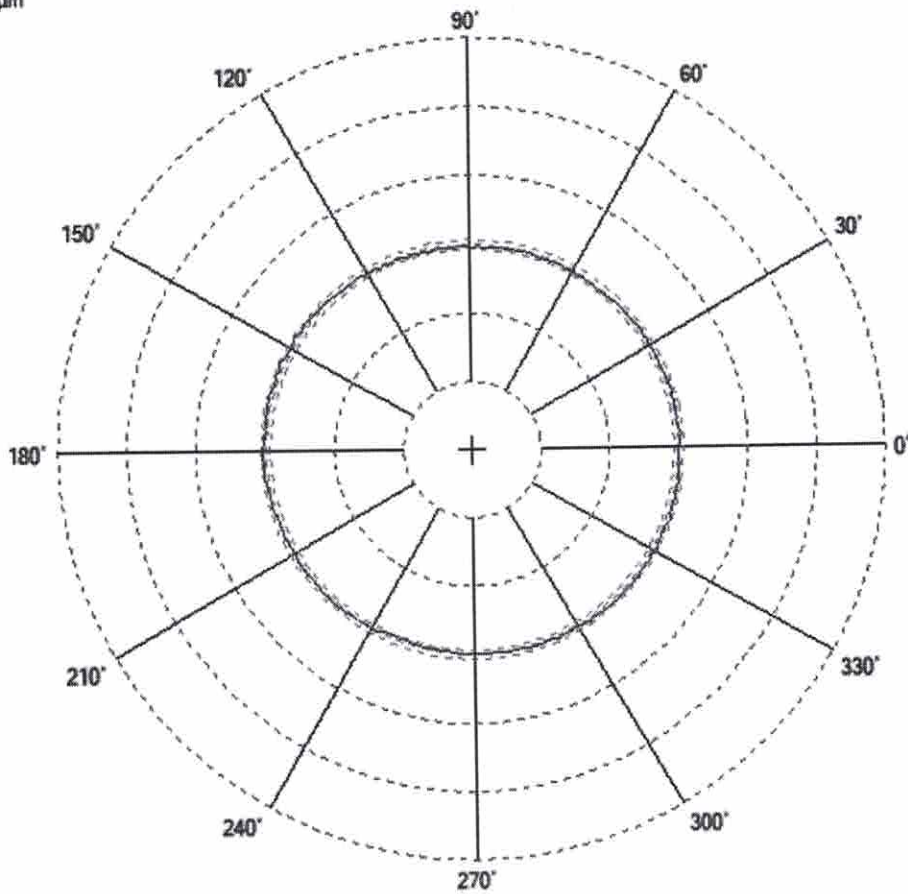
K4402

Messebene
Measuring plane

Pos. 1: (0°)

Rundheit

RONt = 0.06µm



0.5µm
|-----|
x20000

Rundheit RONt = 0.06 µm

Nr. No.	Auswerteverf. Evaluation	Filter (UPR) Filter (UPR)	Z-Pos. [mm] Z-Pos. [mm]	RONt [µm] RONt [µm]
1-1	MZCI	n. Gauß Niedrig 150	0,00	0,06 µm



26205
D-K-15007-01-00
2021-11

Gegenstand
Object

Kugelnormal, Ø 25
Calibration sphere, Ø 25

Serien-Nr.
Serial number

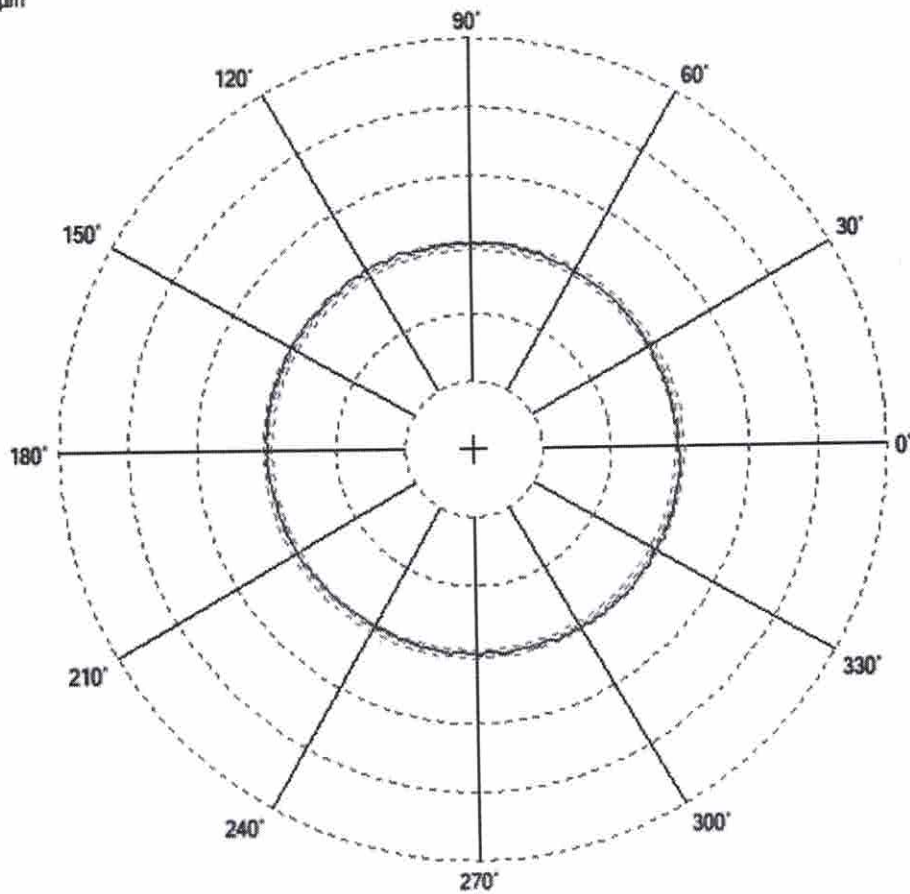
K4402

Messebene
Measuring plane

Pos. 2: (-45°)

Rundheit

RONt = 0.06µm



Rundheit RONt = 0.06 µm

Nr. No.	Auswerteverf. Evaluation	Filter (UPR) Filter (UPR)	Z-Pos. [mm] Z-Pos. [mm]	RONt [µm] RONt [µm]
2-1	MZCI	n. Gauß Niedrig 150	0,00	0,06 µm



26205
D-K-15007-01-00
2021-11

Gegenstand
Object

Kugelnormal, Ø 25
Calibration sphere, Ø 25

Serien-Nr.
Serial number

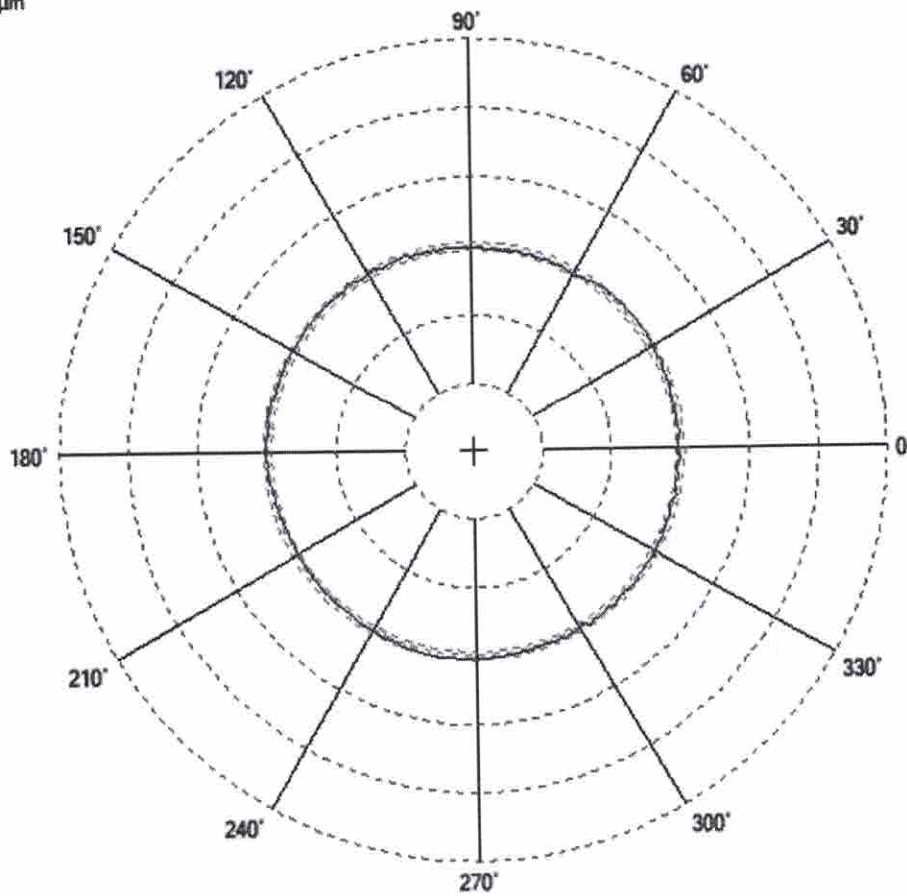
K4402

Messebene
Measuring plane

Pos. 3: (+45°)

Rundheit

RONt = 0.06µm



Rundheit RONt = 0.06 µm

Nr. No.	Auswerteverf. Evaluation	Filter (UPR) Filter (UPR)	Z-Pos. [mm] Z-Pos. [mm]	RONt [µm] RONt [µm]
3-1	MZCI	n. Gauß Niedrig 150	0,00	0,06 µm