

Physikalisch- Technische Bundesanstalt



Vergleichsbericht DKD-Ringvergleich zur DKD-V 4-5 Kalibrierung von Maßbändern

Ausgabe 04/2023

<https://doi.org/10.7795/550.20230419>



	DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern https://doi.org/10.7795/550.20230419	DKD-V 4-5	
		Ausgabe:	04/2023
		Revision:	0
		Seite:	2 / 65

Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

Im DKD sind Kalibrierlaboratorien von Industrieunternehmen, Forschungsinstituten, technischen Behörden, Überwachungs- und Prüfinstitutionen seit der Gründung 1977 zusammengeschlossen. Am 03. Mai 2011 erfolgte die Neugründung des DKD als technisches Gremium der PTB und der akkreditierten Laboratorien.

Dieses Gremium trägt die Bezeichnung Deutscher Kalibrierdienst (DKD) und steht unter der Leitung der PTB. Die vom DKD erarbeiteten Richtlinien und Leitfäden stellen den Stand der Technik auf dem jeweiligen technischen Fachgebiet dar und stehen der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) für die Akkreditierung von Kalibrierlaboratorien zur Verfügung.

Die akkreditierten Kalibrierlaboratorien werden von der DAkkS als Rechtsnachfolgerin des DKD akkreditiert und überwacht. Sie führen Kalibrierungen von Messgeräten und Maßverkörperungen für die bei der Akkreditierung festgelegten Messgrößen und Messbereiche durch. Die von ihnen ausgestellten Kalibrierscheine sind ein Nachweis für die Rückführung auf nationale Normale, wie sie von der Normenfamilie DIN EN ISO 9000 und der DIN EN ISO/IEC 17025 gefordert wird.

Kontakt:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

DKD-Geschäftsstelle

Bundesallee 100 38116 Braunschweig

Postfach 33 45 38023 Braunschweig

Telefon Sekretariat: 0531 5 92-8021

Internet: www.dkd.eu

	DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern https://doi.org/10.7795/550.20230419	DKD-V 4-5	
		Ausgabe:	04/2023
		Revision:	0
		Seite:	3 / 65

Zitiervorschlag für die Quellenangabe:

Vergleichsbericht DKD-V 4-5 DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern, Ausgabe 04/2023, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. DOI: 10.7795/550.20230419

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt der Creative Commons Nutzerlizenz CC by-nc-nd 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>). In diesem Zusammenhang bedeutet „nicht-kommerziell“ (NC), dass das Werk nicht zum Zwecke der Einnahmenerzielung verbreitet oder öffentlich zugänglich gemacht werden darf. Eine Nutzung seiner Inhalte für die gewerbliche Verwendung in Laboratorien ist ausdrücklich erlaubt.



Autoren:

Florian Pollinger, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB),
Bundesallee 100, 38116 Braunschweig
Martin Wedde, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB),
Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) für den Deutschen Kalibrierdienst (DKD) als Ergebnis der Zusammenarbeit der PTB mit dem Fachausschuss *Länge* des DKD.

	DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern https://doi.org/10.7795/550.20230419	DKD-V 4-5	
		Ausgabe:	04/2023
		Revision:	0
		Seite:	4 / 65

Inhalt

1. Einführung	5
2. Organisatorisches	6
2.1 Teilnehmer	6
2.2 Zeitraum der Vergleichsmessung	7
3. Kalibriergegenstände	7
3.1 Messpunkte	8
3.2 Messunsicherheit	8
3.3 Referenzwerte und Messunsicherheit der Referenzwerte	9
3.4 Auswertung	10
4. Ergebnisse der Vergleichsmessung	10
5. Auswertung der Vergleichsmessung	63
6. Zusammenfassung	63

	DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern https://doi.org/10.7795/550.20230419	DKD-V 4-5	
		Ausgabe:	04/2023
		Revision:	0
		Seite:	5 / 65

1. Einführung

Maßbänder sind traditionelle Messinstrumente, die mit hoher Genauigkeit gefertigt werden können und vielfältig eingesetzt werden. In den letzten Jahren sind einige Laboratorien von der DAkkS für die Kalibrierung dieser Messinstrumente neu akkreditiert worden, und einige weitere haben Interesse an einer solchen Akkreditierung geäußert. Da Maßbänder auch häufig im geschäftlichen Verkehr eine wichtige Rolle spielen, verfügen auch einige Eichämter in Deutschland über entsprechende, sehr leistungsfähige Messeinrichtungen zur Konformitätsprüfung. Im Rahmen des DKD wird nun erstmalig ein gemeinsamer nationaler Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern durchgeführt, um die Qualität dieser Dienstleistung zu demonstrieren und sicherzustellen.

Der Ringvergleich wurde von der DEKRA Automobil GmbH initiiert und zusammen mit der DKD-Geschäftsstelle, dem Vorsitzenden des DKD-Fachausschusses (FA) *Länge* und der PTB vorbereitet. Die im DKD-FA *Länge* organisierten Laboratorien, insbesondere die für die Kalibrierung von Bandmaßen bei der DAkkS akkreditierten Stellen, sowie die Eichbehörden über den AGME FA *Choirometer & Länge* und AGME FA *Qualitätsmanagement* wurden vom DKD angeschrieben und zur Teilnahme eingeladen. Schließlich nahmen fünfzehn Laboratorien an dem Ringvergleich teil.

Die Arbeitsgruppe 5.42 der PTB übernahm die Rolle des Pilotlabors. Es leitete die Organisation des Ringvergleichs, stellte die Normale, führte Kontrollmessungen zu Beginn und am Ende der Messreihen durch, ermittelte daraus den Referenzwert des Ringvergleichs, sammelte die Messergebnisse, führte die Auswertung durch und erstellte den Abschlussbericht. Die Messergebnisse werden anonymisiert veröffentlicht. Jedem Laboratorium wurde ein zufällig gewählter Code zugewiesen. Dieser Code lässt keinen Rückschluss auf die Reihenfolge der Teilnahme oder den Namen des Laboratoriums zu. Jedes Laboratorium erhält außerdem einen individuellen Anhang zu dem Abschlussbericht, in dem das eigene Ergebnis kenntlich gemacht ist.

	DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern https://doi.org/10.7795/550.20230419	DKD-V 4-5	
		Ausgabe:	04/2023
		Revision:	0
		Seite:	6 / 65

2. Organisatorisches

2.1 Teilnehmer

Pilotlabor

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Arbeitsgruppe 5.42

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Ansprechpartner: Dr. Florian Pollinger, Martin Wedde

Tabelle 1 zeigt die Teilnehmer, sowie die postalischen Kontaktdaten der jeweiligen Ansprechpartner.

Tabelle 1: Teilnehmerliste DKD-Ringvergleich Kalibrierung von Maßbändern

Kürzel	Laboratorium	Kontaktperson, Anschrift für Paketzustellung
DEKRA	DEKRA Automobil GmbH	DEKRA Automobil GmbH HV Stuttgart, * AP17 Handwerkstraße 15 70565 Stuttgart
DIQ	DIQ Zert GmbH	DIQ Zert GmbH Am Hasensprung 17 D-66679 Losheim am See
EAZ	Eichamt Zwickau	Staatsbetrieb für Mess- und Eichwesen Eichamt Zwickau Lutherstraße 12 08056 Zwickau
ESZ	esz AG	esz AG Max-Planck-Str. 16 82223 Eichenau
FMS	Feinmess Suhl GmbH	Feinmess Suhl GmbH Pfütschbergstraße 11 98527 Suhl
HED	Hessische Eichdirektion	Hessische Eichdirektion Holzhofallee 3 64283 Darmstadt
KQMP	Kessler QMP	Kessler QMP GmbH Nisterberger Weg 16 57520 Friedewald
LMG	Bayerisches Landesamt für Maß und Gewicht	Bay. Landesamt für Maß und Gewicht Standort Eichamt München Franz-Schrank-Str. 11 80638 München
MEL	Melutec Metrology GmbH	Melutec Metrology GmbH calibration & services Helmholtzstrasse 11 71573 Allmersbach i.T.
PER	Perschmann Calibration GmbH	Perschmann Calibration GmbH Hauptstraße 46 d 38110 Braunschweig

	DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern https://doi.org/10.7795/550.20230419	DKD-V 4-5	
		Ausgabe:	04/2023
		Revision:	0
		Seite:	7 / 65

PMK	PMK GmbH	PMK-GmbH (Prüfen+Messen+Kalibrieren) Zum Solarwerk 4 34266 Niestetal
PTB	PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) Arbeitsgruppe 5.42 Bundesallee 100 38116 Braunschweig
SAL	Saliger-Gruppe GmbH	Saliger-Gruppe GmbH Am Wiesenbusch 4 45966 Gladbeck
TESTO	Testo Industrial Services GmbH	Testo Industrial Services GmbH Gewerbestraße 3 79199 Kirchzarten
TLV	Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz	Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz Längenmesslabor Unterpörlitzer Straße 2 98693 Ilmenau

2.2 Zeitraum der Vergleichsmessung

Der Ringvergleich wurde in zwei parallelen Ringen mit zwei Sätzen von Normalen durchgeführt, um die Durchführungsdauer zu begrenzen. In beiden Ringen führt das Pilotlabor jeweils zwei Messungen durch, jeweils zu Beginn und am Ende der Durchläufe. Jedem Teilnehmer standen die Normale für zwei Wochen zur Verfügung.

Der Ablauf der Vergleichsmessung ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Ablauf des DKD-Ringvergleichs Maßbänder

Kalenderwochen	Ring 1	Ring 2
38 und 38/2021	PTB	PTB
39 und 40/2021	EAZ	DEKRA
41 und 42/2021	DIQ	KQMP
43 und 44/2021	MEL	HED
45 und 46/2021	PER	SAL
47 und 48/2021	TLV	LMG
49 und 50/2021	ESZ	PMK
51 und 52/2021	TESTO	FMS
01 und 02/2022	PTB	PTB

3. Kalibriergegenstände

Die PTB stellte für den Ringvergleich vier Maßbänder aus rostfreiem Edelstahl (Ausdehnungskoeffizient $11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) mit Aufrollrahmen der Genauigkeitsklasse I zur Verfügung, jeweils zwei mit lackierten und zwei mit geätzten Strichen. Die Nennlänge der Maßbänder betrug zehn Meter, die Unterteilung ist in Millimeterstrichen. Die Bänder mussten mit einer Kraft von 50 N gespannt werden.

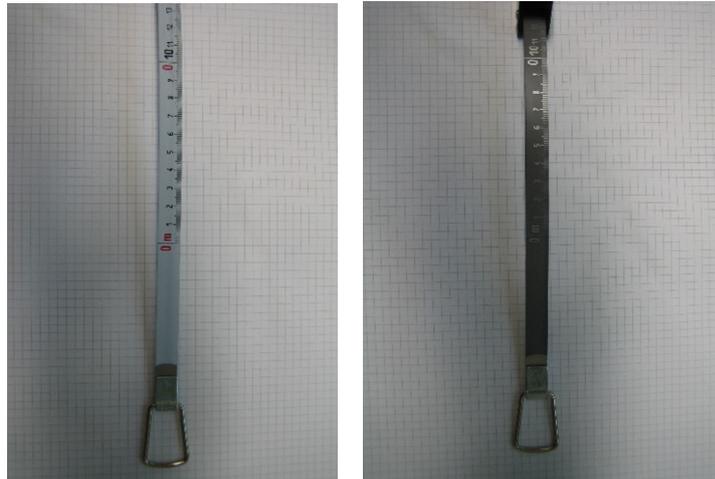


Abbildung 1: Zwei Normale – links ein Maßband mit lackierten Strichen, rechts mit geätzten.

Die Bänder wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. Jeder Ring des Ringvergleichs erhielt ein Band mit lackierten (Bänder 001 und 003) sowie mit geätzten (Bänder 002 und 004) Strichmarken. Die Bänder wurden vor und nach dem Ringvergleich durch das Pilotlabor kalibriert. Der Referenzwert des Ringvergleichs ergibt sich aus dem arithmetischen Mittelwert dieser beiden Kalibrierungen.

3.1 Messpunkte

Für den Ringvergleich mussten die in Tabelle 3 zusammengefassten Striche gemessen werden.

Tabelle 3: Messpunkte

Soll in mm					
0	506	507	508	1000	1004
1005	1006	2000	2299	2300	2301
3000	4000	5000	5699	5700	5701
6000	7000	8000	9000	9998	9999
10000					

Sie wurden gemäß dem zum Zeitpunkt der Vergleichsplanung aktuellen Entwurf zum Blatt 08.02 der VDI/VDE/DGQ/DKD-Richtlinie 2618 „Prüfmittelüberwachung – Prüfanweisung für Maßbänder und Maßstäbe“ ausgewählt, die mit den in der OIML R35-2 genannten Messpositionen übereinstimmen. Die Strichposition sollte anhand des letzten Millimeters der Strichunterkante bestimmt werden.

Die Maßbänder wurden horizontal gemessen. Sie wurden mit der auf den Bändern angegebenen Spannkraft von 50 N gespannt. Alle Messwerte wurden auf 20,0 °C bezogen. Abweichungen der Messtemperatur von der Nominaltemperatur konnten mit Hilfe des thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Bänder $11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ korrigiert werden.

3.2 Messunsicherheit

Die Messunsicherheit wurde nach dem ISO „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“ (GUM) gemäß des in den jeweiligen QM-Dokumenten beschriebenen Verfahren ermittelt und für jede Strichposition für einen Erweiterungsfaktor $k = 2$ angegeben.

	DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern https://doi.org/10.7795/550.20230419	DKD-V 4-5	
		Ausgabe:	04/2023
		Revision:	0
		Seite:	9 / 65

3.3 Referenzwerte und Messunsicherheit der Referenzwerte

Zu Beginn und zum Abschluss der Vergleichsmessungen führte die Arbeitsgruppe 5.42 „Mehrwellenlängeninterferometrie für geodätische Längen“ der PTB eine Kalibrierung für alle Bandmaße auf dem Nationalen Normal für Maßbandkalibrierung, der Geodätischen Basis, einem 50 m Interferenzkomparator, durch. Die PTB verfügt für die Bandmaßkalibrierung über einen CMC-Eintrag in der Key Comparison Database (KCDB) des Internationalen Büros für Maß und Gewicht (BIPM). Die Rückführbarkeit der Referenzwerte auf die SI-Definition des Meters ist über diese Messeinrichtung gegeben. Aus den beiden Kalibrierergebnissen werden die Stabilität der Normale über den Prüfzeitraum sowie die Referenzwerte für den Ringvergleich ermittelt. Die Referenzwerte x_{ref} wurden dabei aus dem arithmetischen Mittel der vor (x_{PTB2021}) und der nach (x_{PTB2022}) dem Ringvergleich ermittelten Strichpositionen berechnet:

$$x_{\text{ref}} = \frac{1}{2}(x_{\text{PTB2022}} + x_{\text{PTB2021}}) \quad (1)$$

Dabei wurden an den einzelnen Positionen x z.T. Abweichungen

$$\Delta x_{\text{PTB}} = x_{\text{PTB2022}} - x_{\text{PTB2021}} \quad (2)$$

von einigen zehn Mikrometern zwischen den beiden Messungen beobachtet. Alle Abweichungen sind im Prinzip konform mit der erweiterten Unsicherheit der Messung des Referenzlabors $U_{\text{PTB}}(x)$. Wegen der zum Teil aber doch größeren, insbesondere auch systematischeren Abweichung der ermittelten Positionen wurde für die Ermittlung der Unsicherheit ein zusätzlicher, positionsabhängiger Unsicherheitsbeitrag der Artefakte in Rechteckverteilung $u_{\text{art}}(x)$ eingeführt, dessen Breite der halben beobachteten Drift entspricht:

$$u_{\text{art}}(x) = \frac{\Delta x_{\text{PTB}}}{2\sqrt{3}} \quad (3)$$

Die Unsicherheit des Referenzwerts $u_{\text{ref}}(x)$ ergibt sich somit aus der quadratischen Summe der Unsicherheit der Messung der PTB $u_{\text{PTB}}(x)$ und der Artefaktunsicherheit $u_{\text{art}}(x)$:

$$u_{\text{ref}}(x) = \sqrt{u_{\text{PTB}}^2(x) + u_{\text{art}}^2(x)} \quad (4)$$

Abbildung 2 stellt die Abweichungen vom Referenzwert für alle Bänder dar. Die gezeigten Unsicherheitsbalken entsprechen der erweiterten Artefaktunsicherheit $2u_{\text{art}}(x)$.



DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern

<https://doi.org/10.7795/550.20230419>

DKD-V 4-5

Ausgabe:	04/2023
Revision:	0
Seite:	11 / 65

Tabelle 4: Messergebnisse zum Band 001

Band 001			Messposition																							
			506 mm			507 mm			508 mm			1000 mm			1004 mm			1005 mm			1006 mm			2000 mm		
Teilnehmer	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert		
Lab 01	165	63	0,3	165	63	0,3	165	63	0,2	15	75	0,8	5	75	0,6	5	75	0,6	15	75	0,5	-35	100	0,8		
Lab 02										120	300	0,1										100	300	0,2		
Lab 03	166	63	0,3	165	63	0,3	169	63	0,2	58	70	0,4	21	70	0,4	19	70	0,5	22	70	0,5	23	85	0,3		
Lab 04	167	482	0,0	161	482	0,0	168	482	0,0	85	485	0,0	50	485	0,0	45	485	0,0	55	485	0,0	60	490	0,0		
Lab 05	176	79	0,1	174	79	0,1	181	79	0,0	79	102	0,1	51	102	0,0	39	102	0,2	45	102	0,2	27	148	0,2		
Lab 06	164	100	0,2	158	100	0,2	162	100	0,2	49	100	0,4	35	100	0,2	21	100	0,4	37	100	0,2	18	100	0,3		
Lab 07	135	63	0,7	143	63	0,5	156	63	0,4	36	75	0,6	41	75	0,2	23	75	0,4	20	75	0,5	-82	100	1,2		
PTB	186	43		184	43		183	43		88	43		55	43		60	43		62	43		51	43			

Band 001			Messposition																							
			2299 mm			2300 mm			2301 mm			3000 mm			4000 mm			5000 mm			5699 mm			5700 mm		
Teilnehmer	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert		
Lab 01	-10	107	0,7	5	108	0,6	10	108	0,7	-45	125	0,7	-30	150	0,6	-110	175	1,2	-185	192	1,2	-180	192	1,2		
Lab 02										210	300	0,0	210	300	0,5	290	300	0,6								
Lab 03	35	89	0,3	39	90	0,4	38	90	0,5	33	100	0,1	44	115	0,2	92	130	0,1	37	140	0,1	35	141	0,2		
Lab 04	70	491	0,0	104	491	0,0	82	491	0,0	58	495	0,0	93	500	0,0	156	505	0,1	132	508	0,1	121	508	0,1		
Lab 05	40	162	0,2	43	162	0,2	54	162	0,2	26	194	0,1	48	240	0,1	71	286	0,1	3	318	0,2	6	318	0,2		
Lab 06	46	133	0,2	47	133	0,2	60	133	0,2	33	133	0,1	72	167	0,0	87	200	0,1	33	233	0,1	22	233	0,2		
Lab 07	-62	107	1,1	-26	107	0,9	-50	108	1,2	-117	125	1,2	98	150	0,2	135	175	0,1	53	192	0,0	61	193	0,0		
PTB	68	43		79	43		86	43		49	44		70	49		108	52		56	54		61	54			

Band 001			Messposition																							
			5701 mm			6000 mm			7000 mm			8000 mm			9000 mm			9998 mm			9999 mm			10000 mm		
Teilnehmer	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert		
Lab 01	-175	193	1,2	-85	200	1,0	-85	225	1,0	-75	250	1,0	-105	275	1,2	-150	300	1,1	-150	300	1,1	-95	300	1,1		
Lab 02				290	300	0,5	320	300	0,6	380	300	0,6	370	300	0,5							420	300	0,6		
Lab 03	37	141	0,1	99	145	0,2	135	160	0,1	200	175	0,1	230	190	0,0	227	205	0,1	208	205	0,1	247	205	0,0		
Lab 04	124	508	0,1	193	509	0,1	230	514	0,2	290	519	0,2	339	524	0,2	335	529	0,3	317	529	0,3	382	529	0,3		
Lab 05	8	318	0,2	71	332	0,2	81	378	0,2	112	424	0,2	136	470	0,2	97	516	0,2	78	516	0,2	139	516	0,2		
Lab 06	27	233	0,1	94	233	0,1	127	267	0,1	163	300	0,1	216	333	0,0	231	367	0,1	199	367	0,1	250	367	0,0		
Lab 07	54	193	0,0	121	200	0,0	0	225	0,6	18	250	0,7	96	275	0,5	-91	300	0,9	-127	300	1,0	-89	300	1,1		
PTB	57	55		125	55		148	58		186	59		227	60		198	59		180	60		245	60			

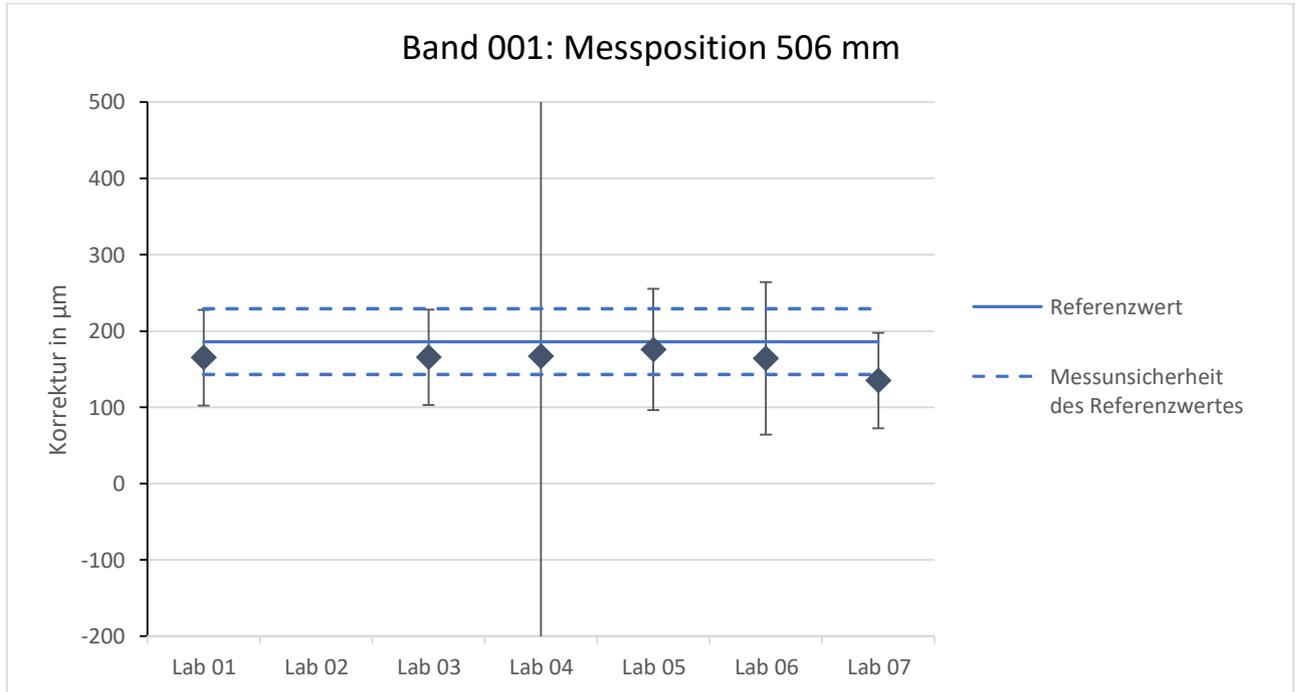


Abbildung 3: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 506 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

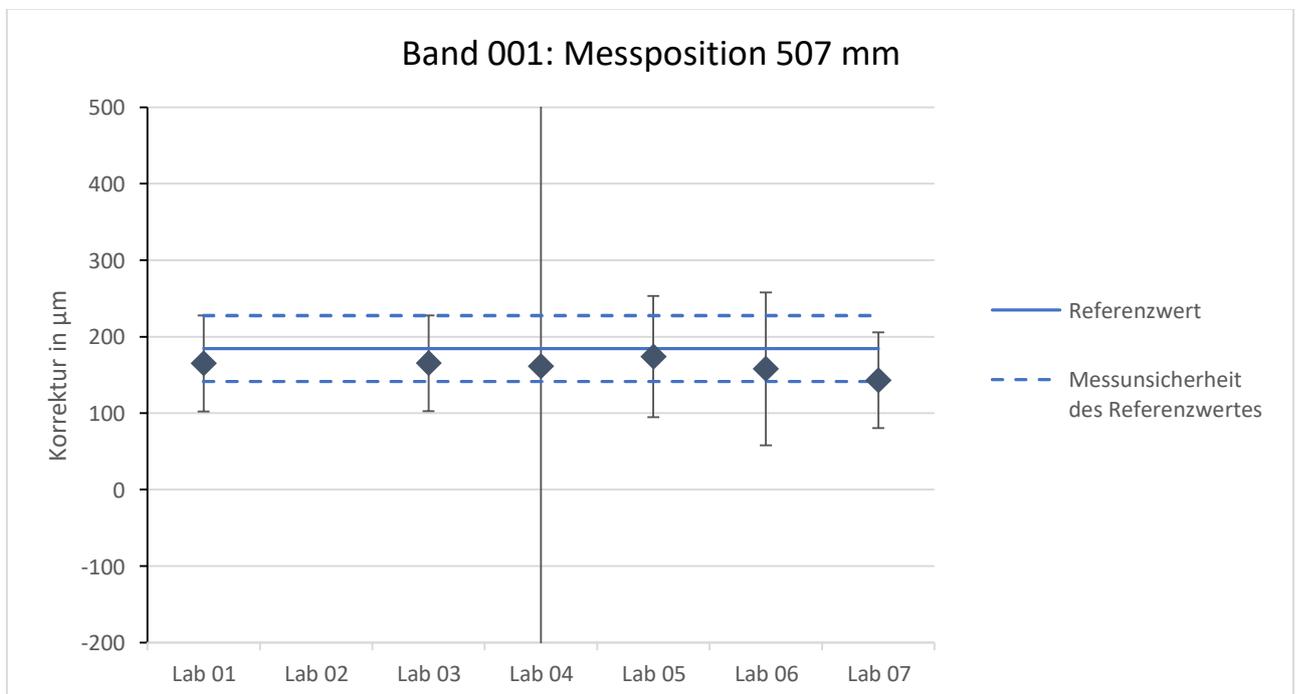


Abbildung 4: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 507 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

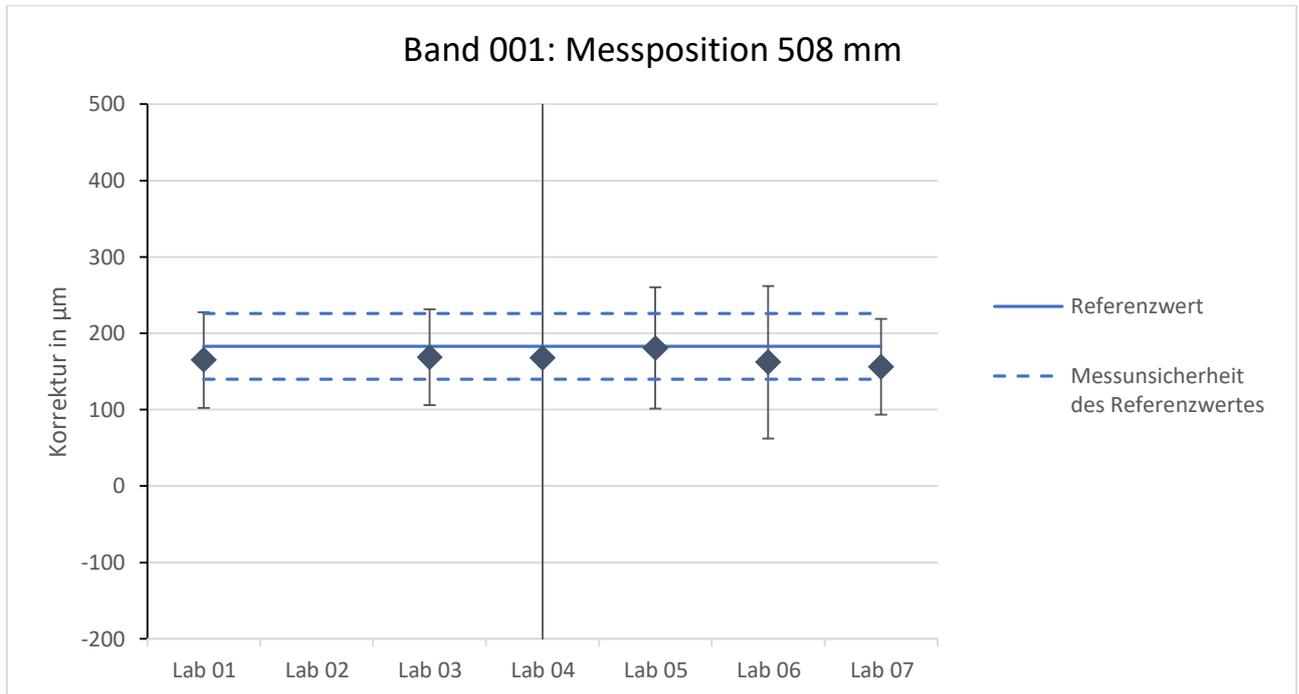


Abbildung 5: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 508 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

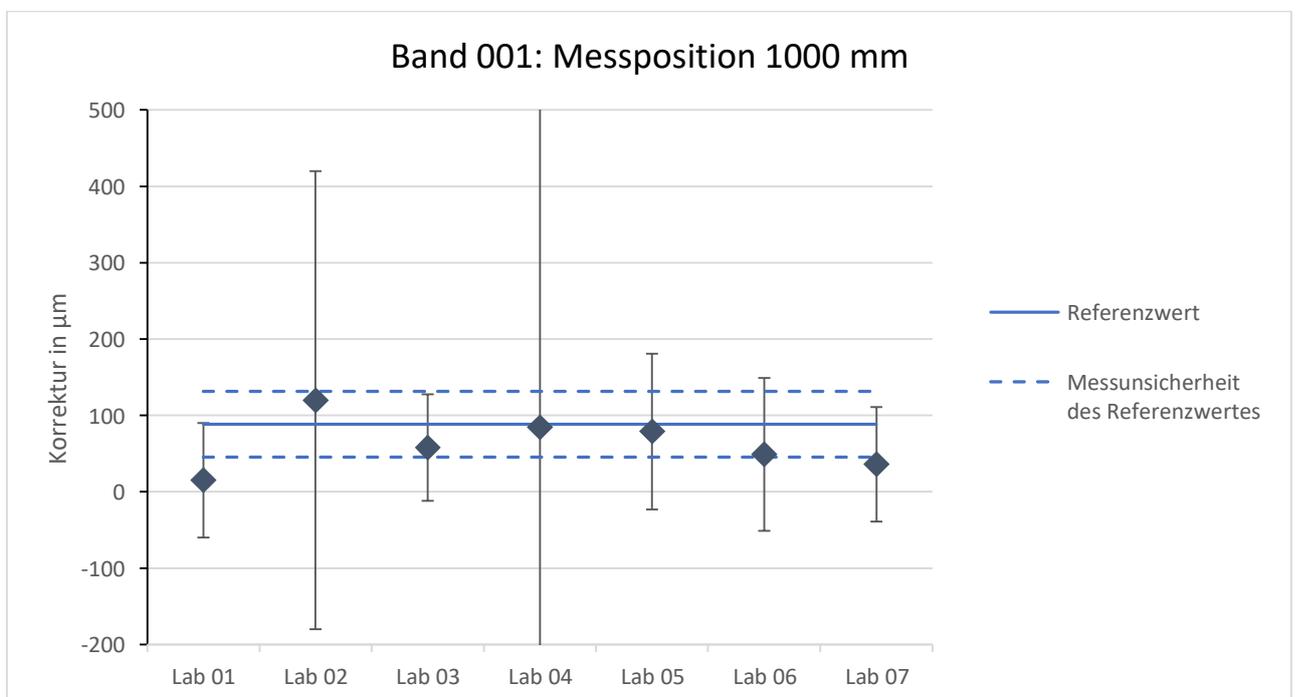


Abbildung 6: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 1000 mm

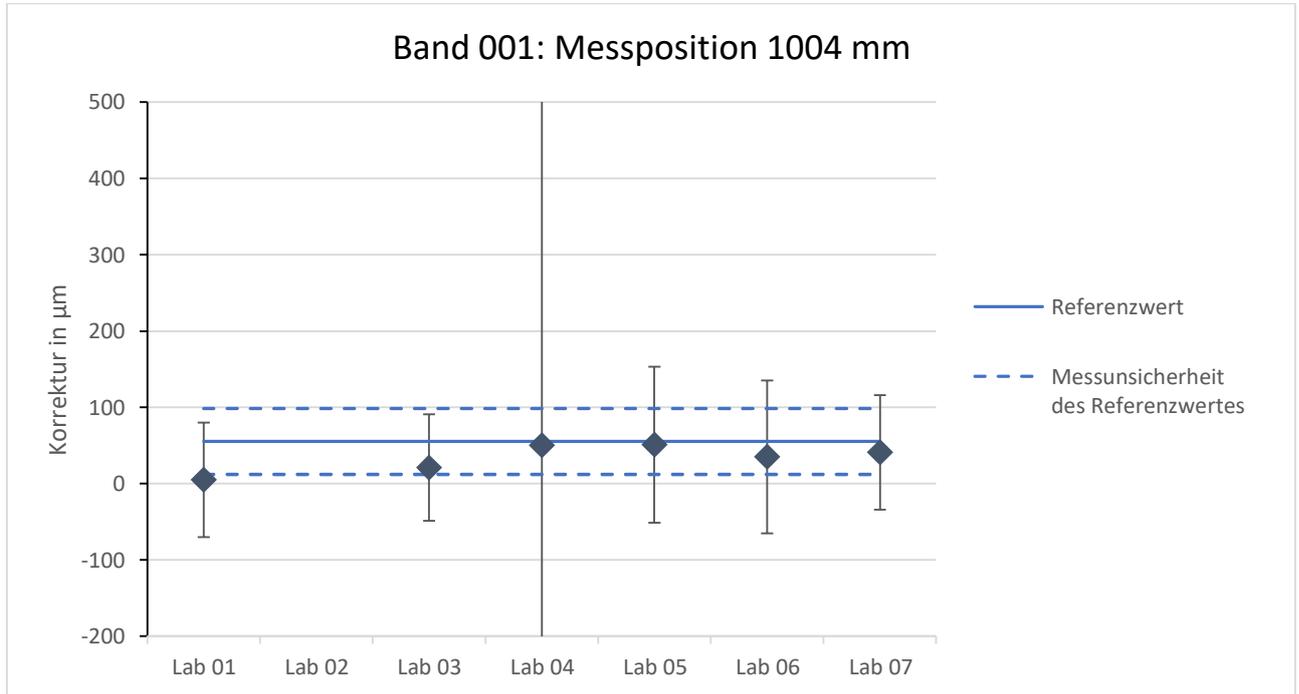


Abbildung 7: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 1004 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

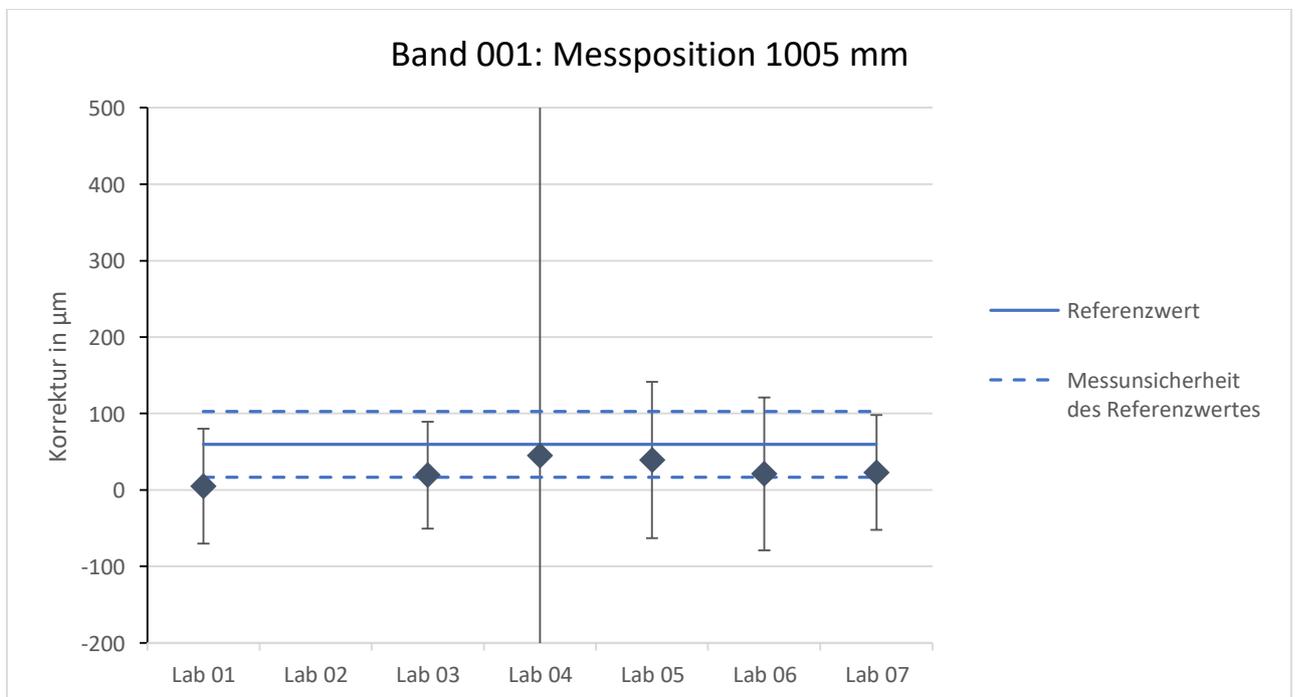


Abbildung 8: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 1005 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

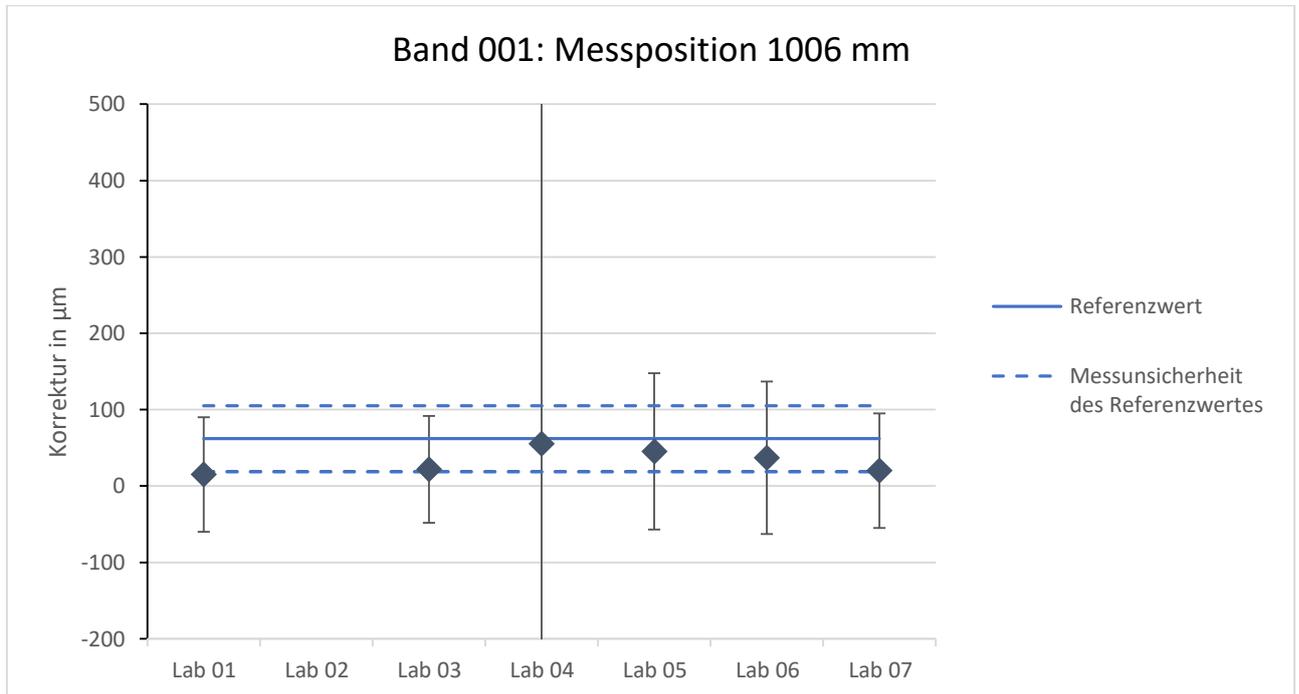


Abbildung 9: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 1006 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

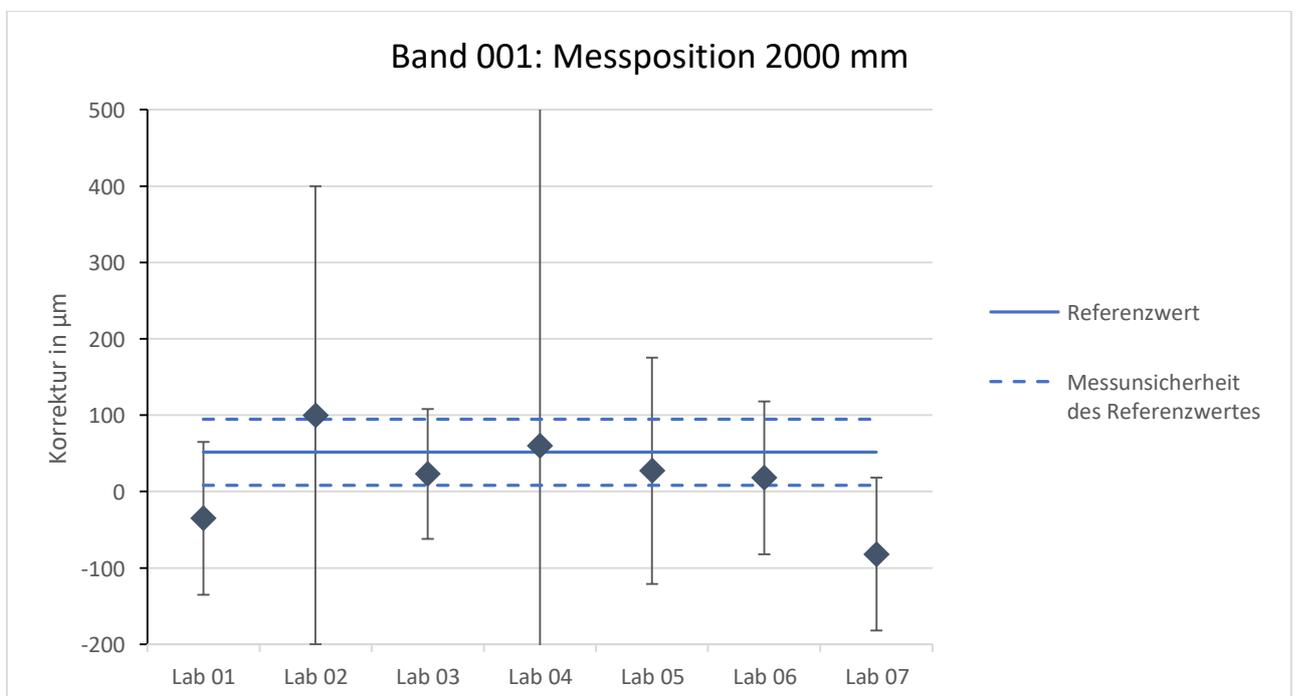


Abbildung 10: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 2000 mm

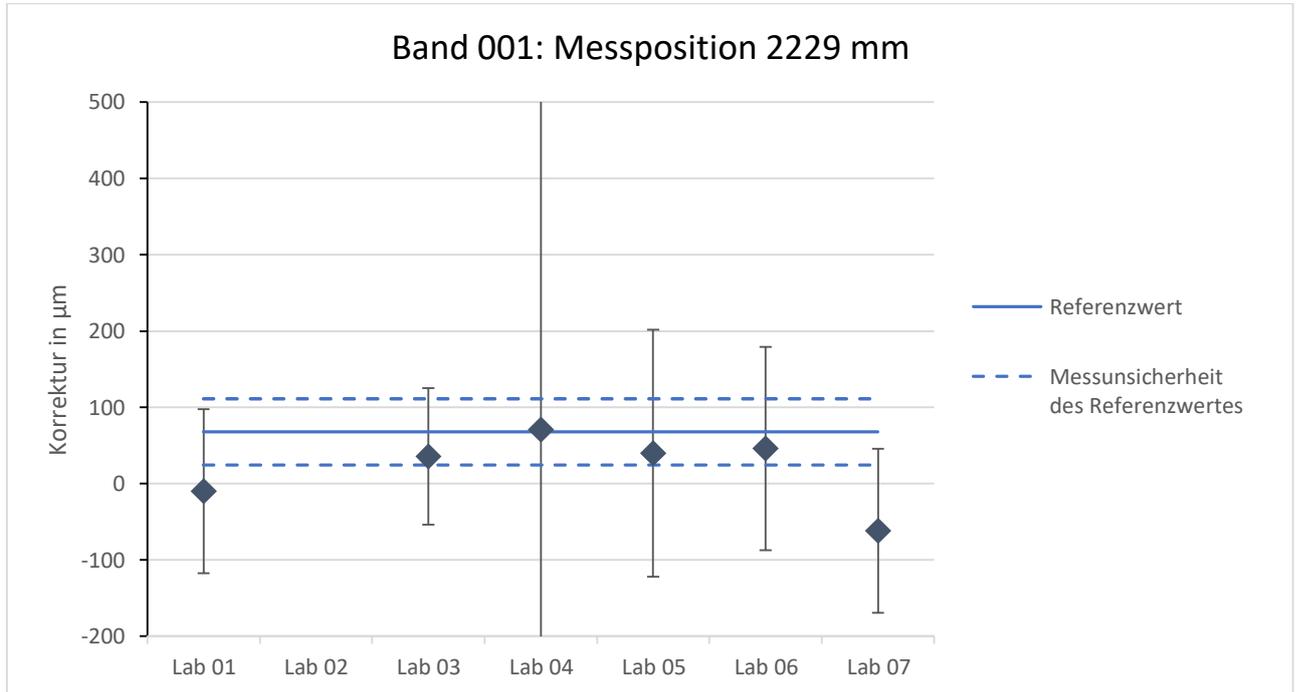


Abbildung 11: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 2229 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

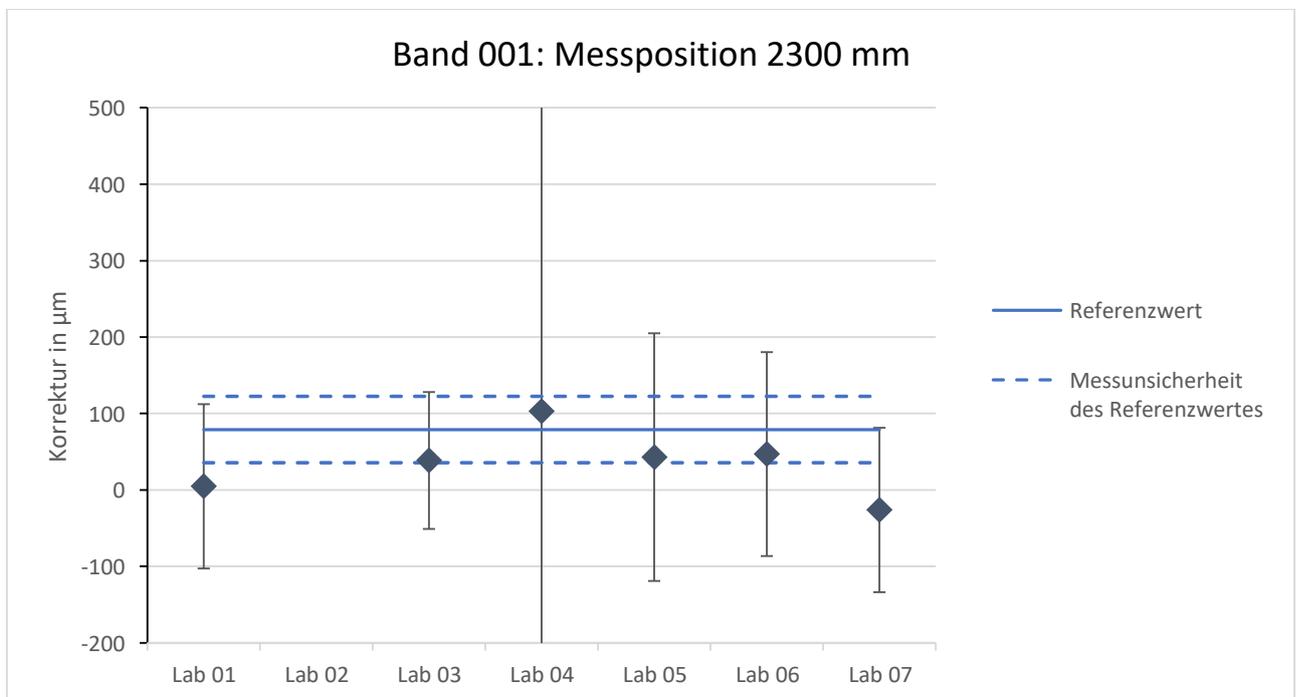


Abbildung 12: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 2300 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

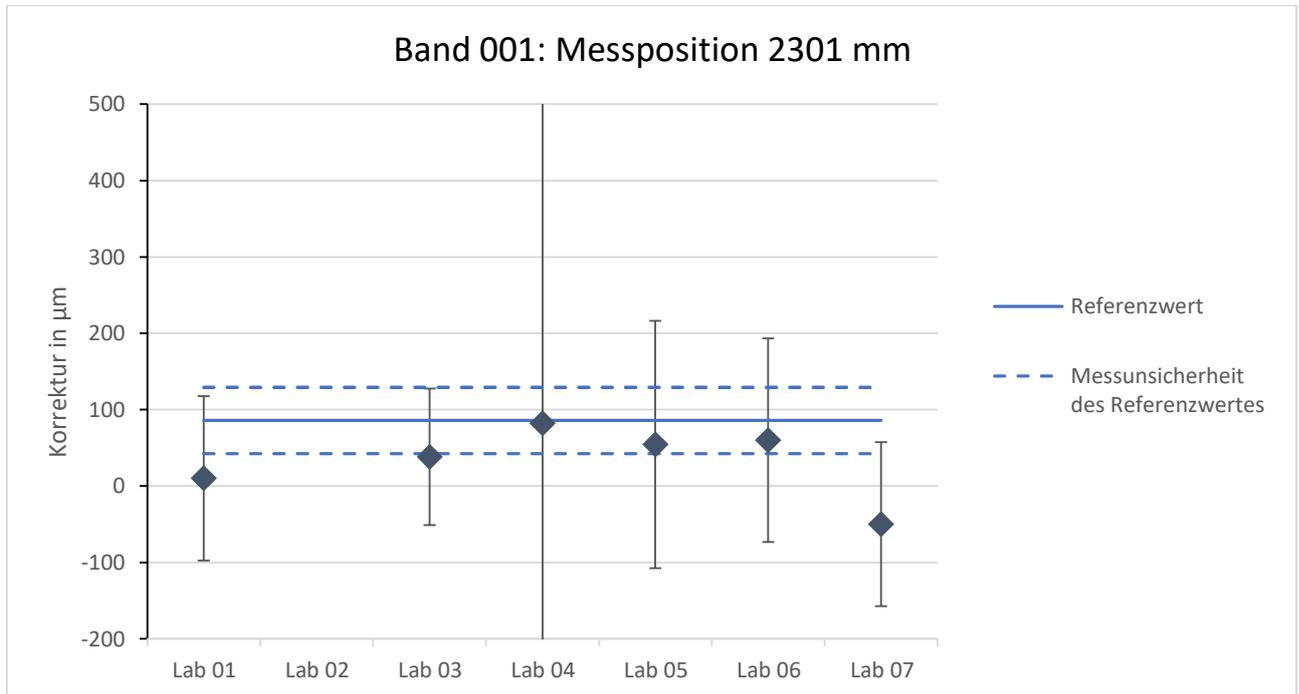


Abbildung 13: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 2301 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

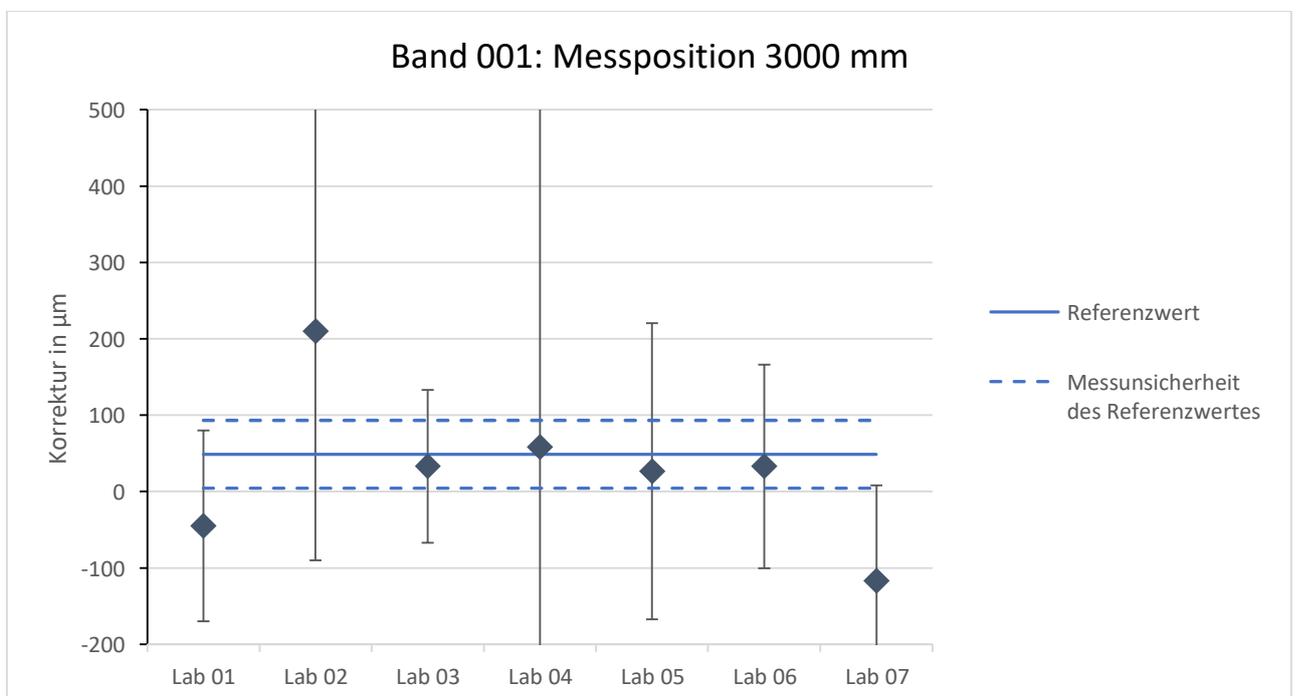


Abbildung 14: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 3000 mm

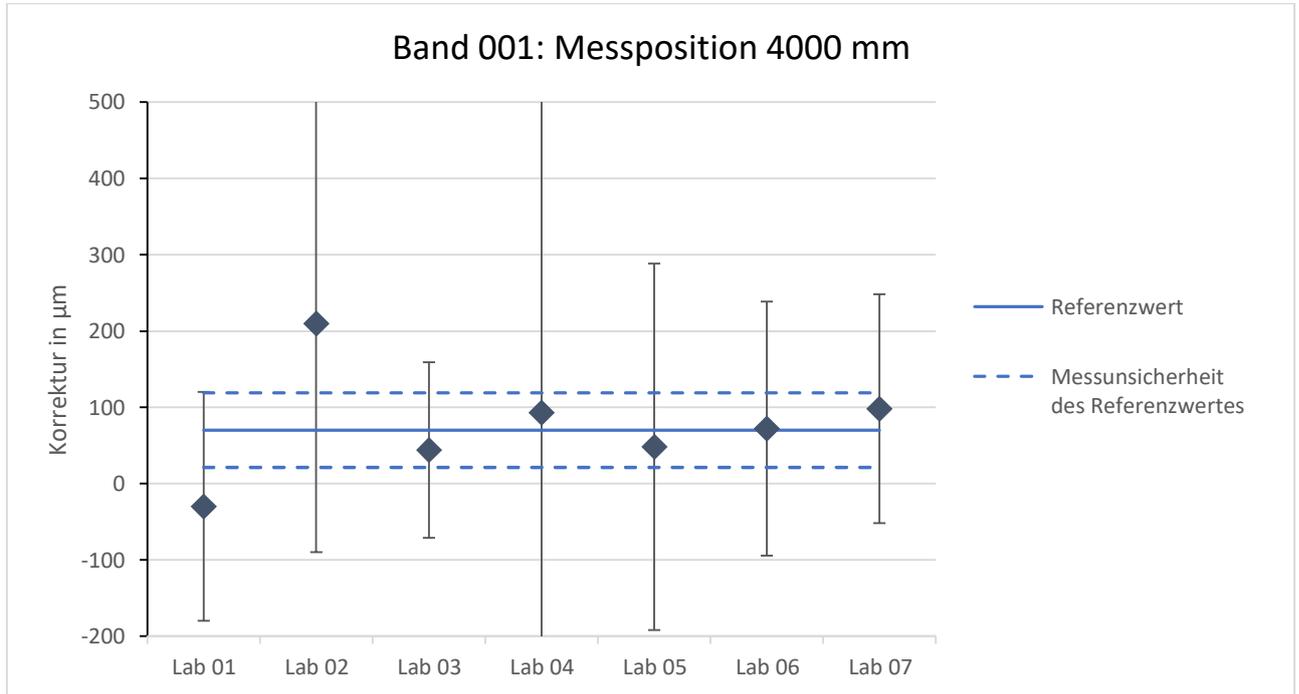


Abbildung 15: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 4000 mm

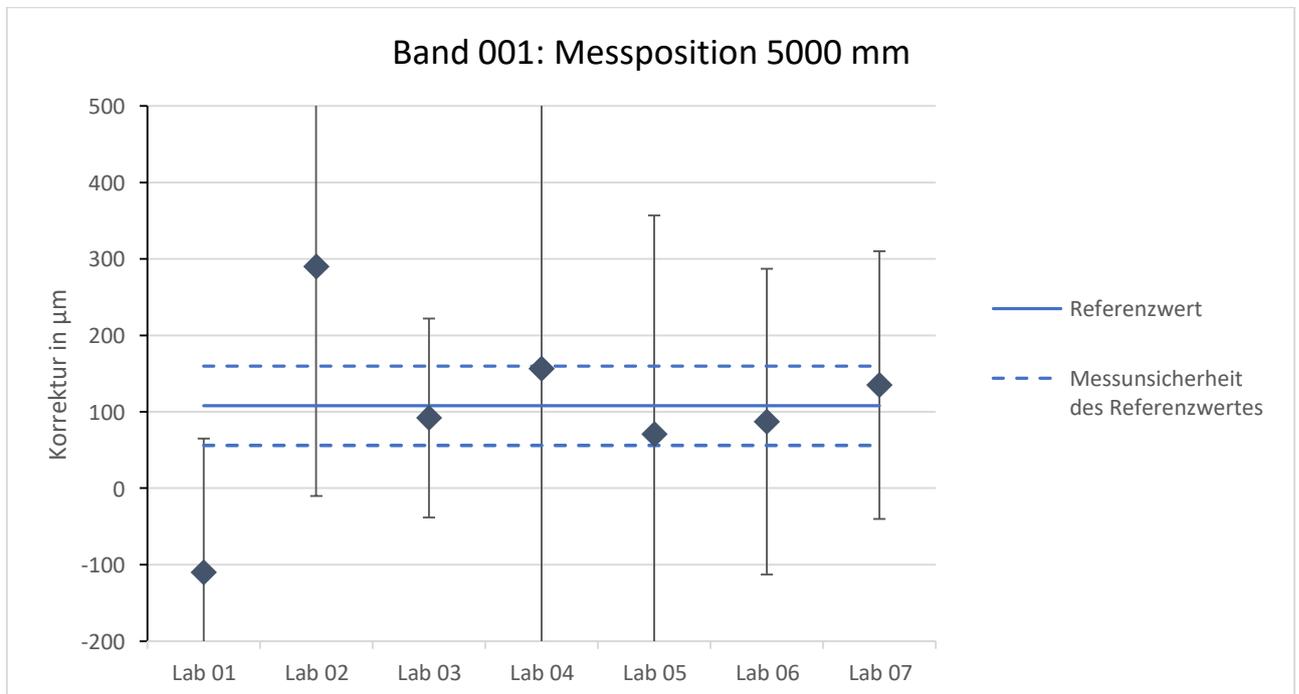


Abbildung 16: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 5000 mm

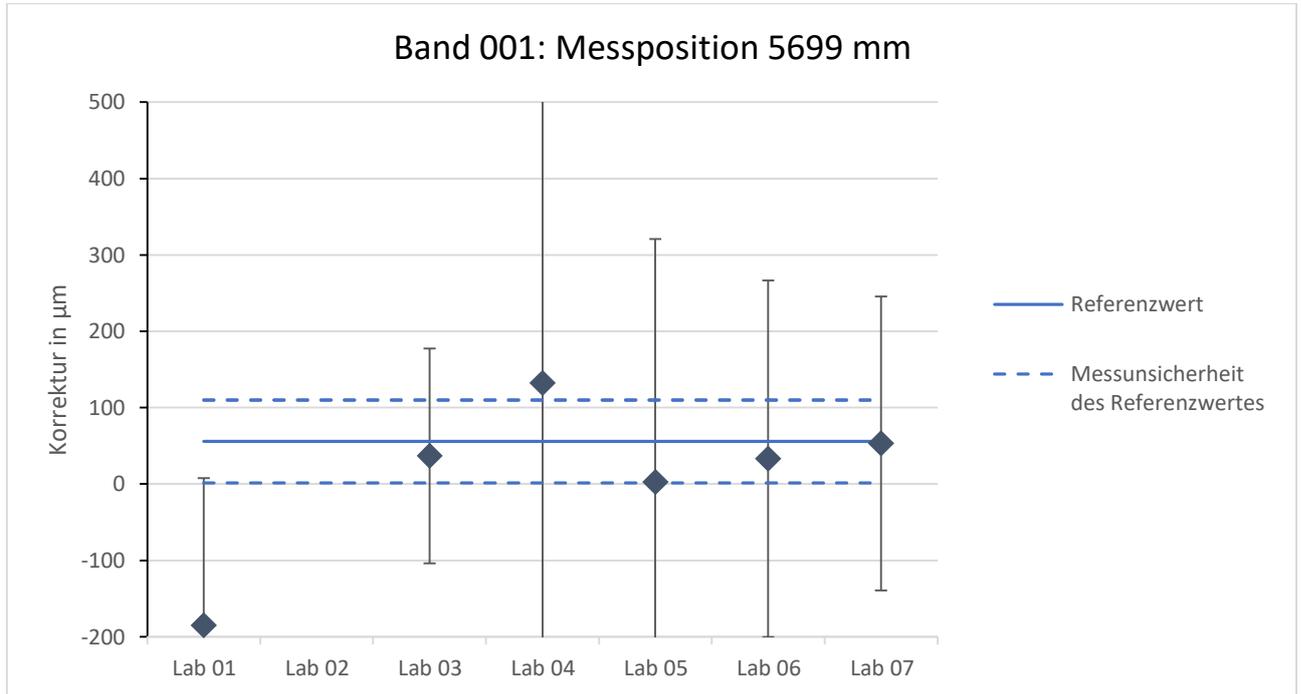


Abbildung 17: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 5699 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

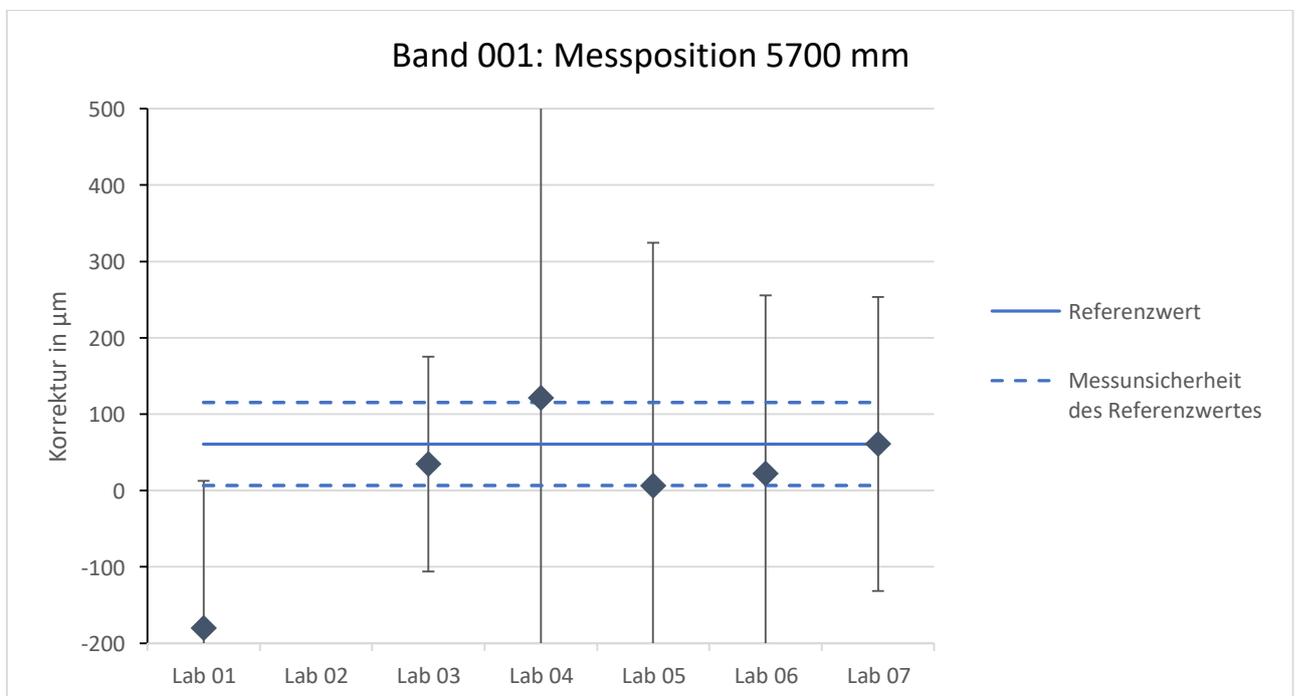


Abbildung 18: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 5700 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

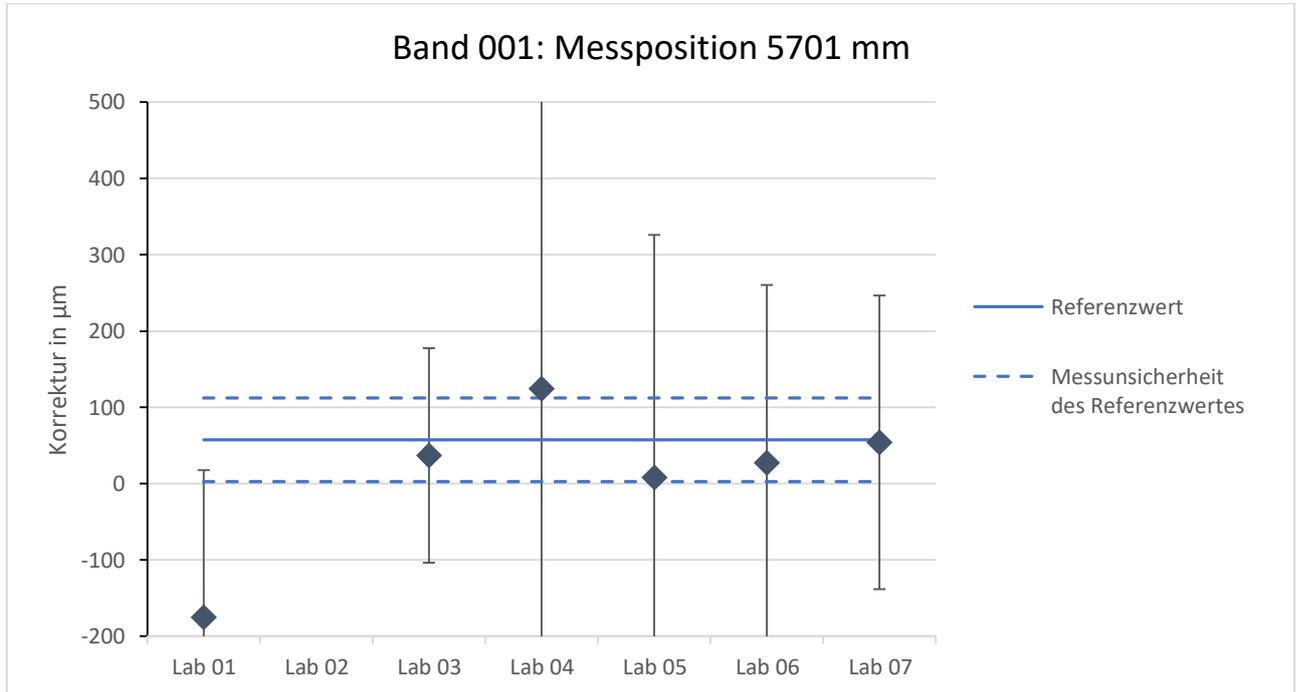


Abbildung 19: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 5701 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

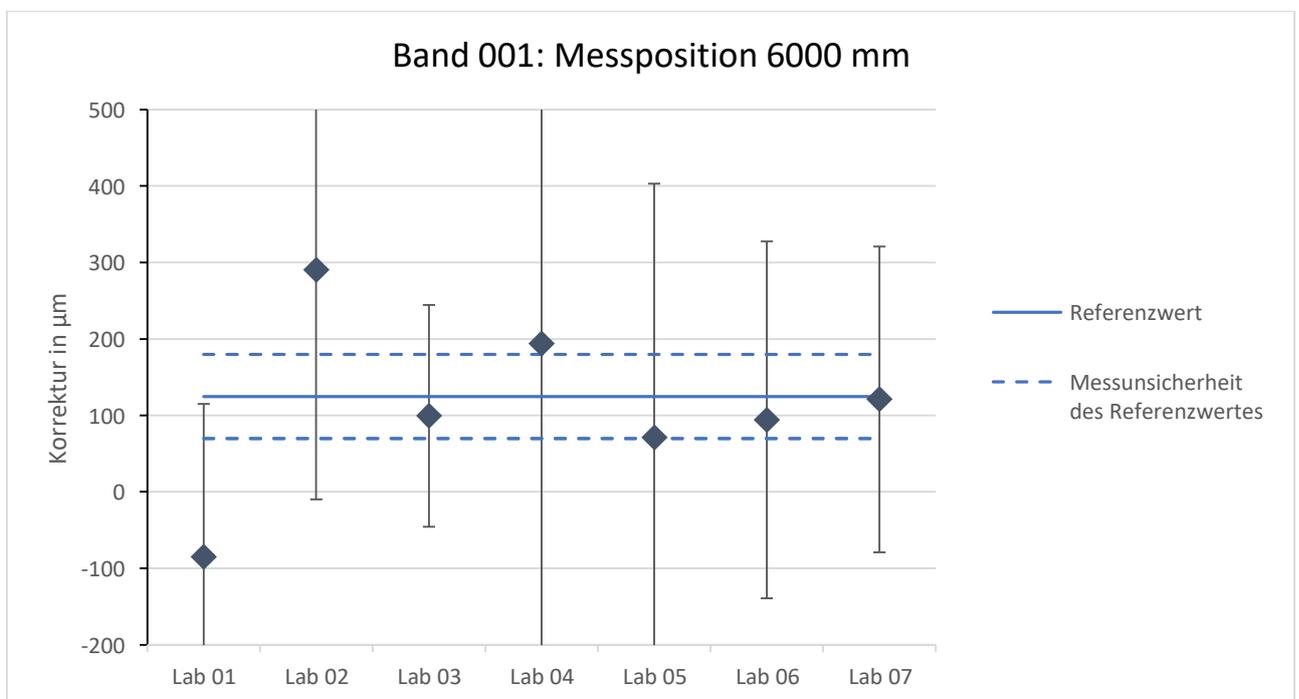


Abbildung 20: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 6000 mm

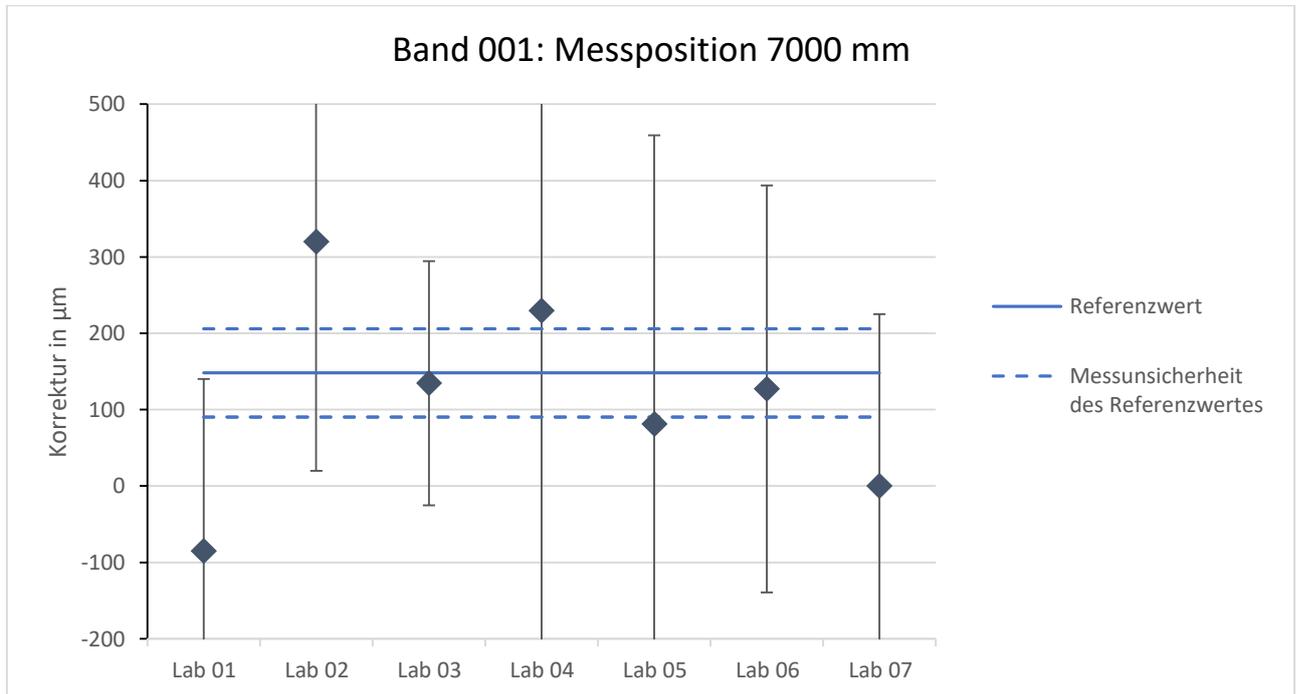


Abbildung 21: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 7000 mm

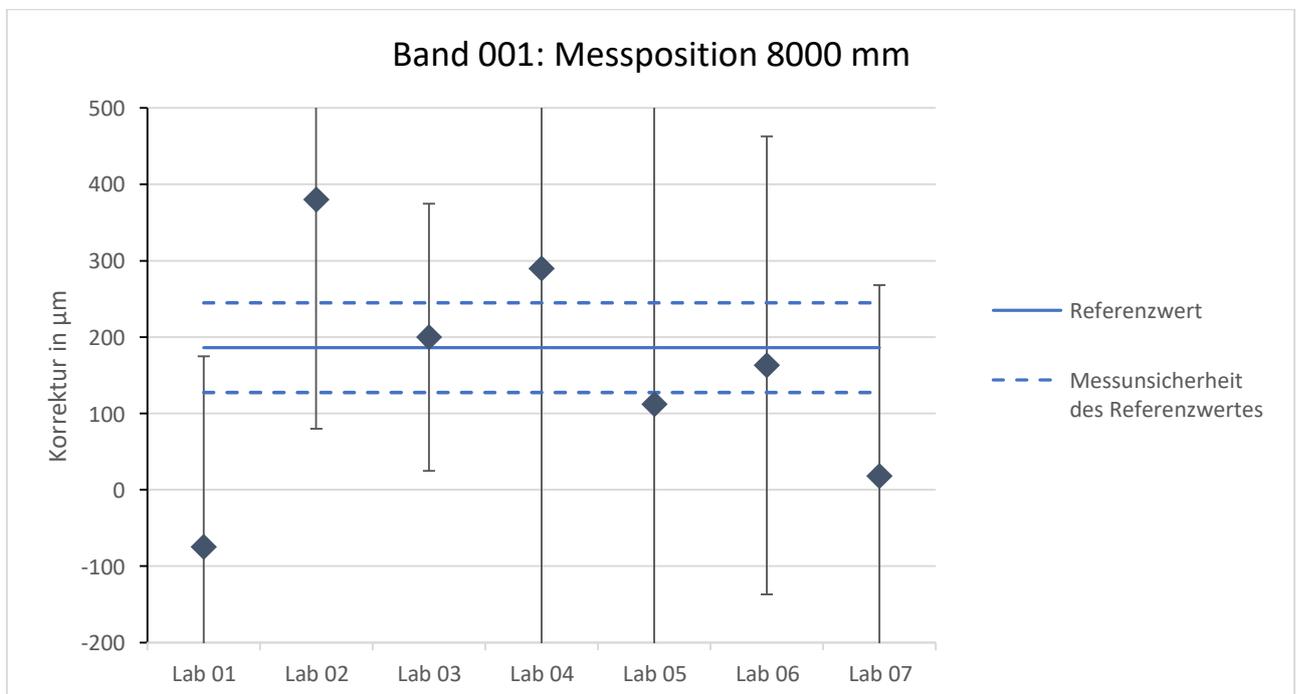


Abbildung 22: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 8000 mm

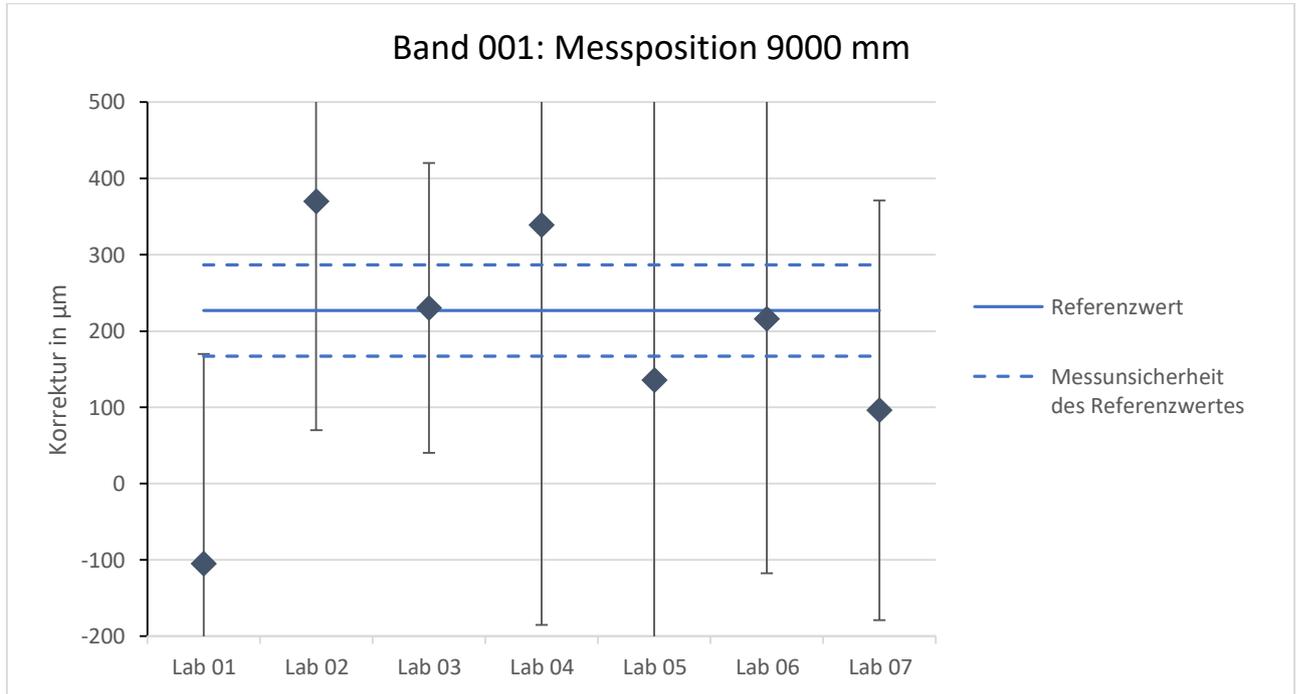


Abbildung 23: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 9000 mm

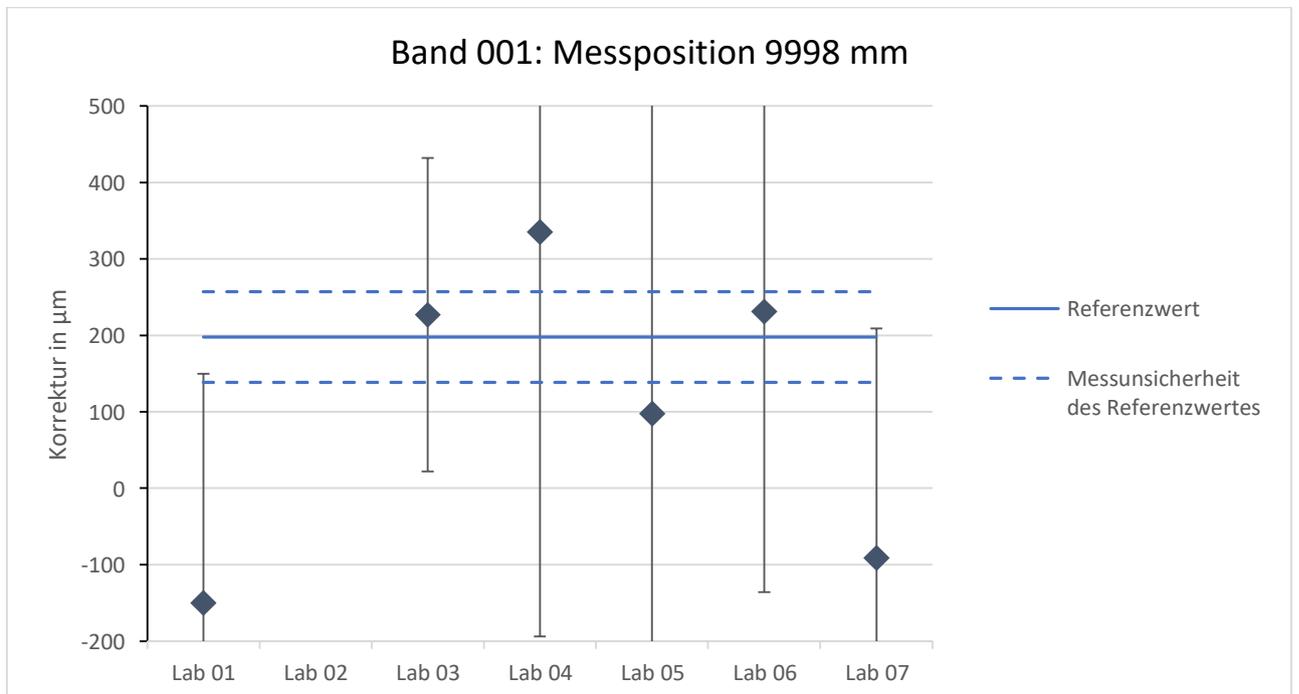


Abbildung 24: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 9998 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

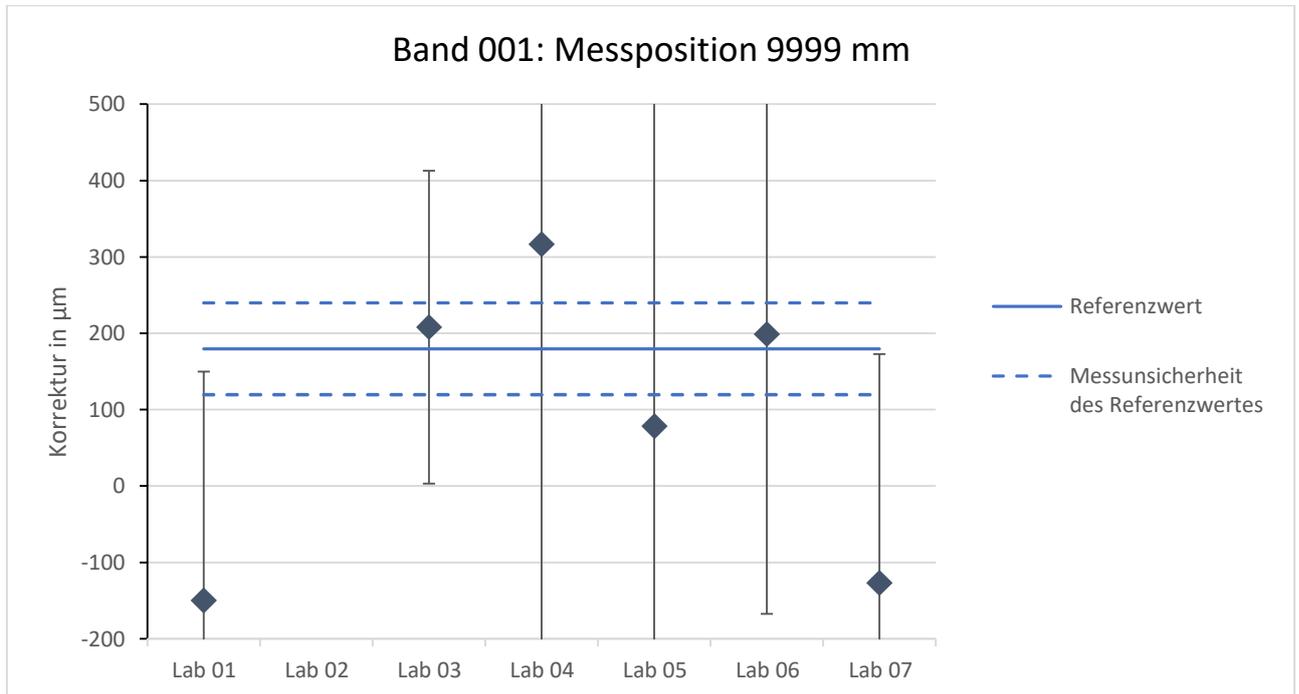


Abbildung 25: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 9999 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

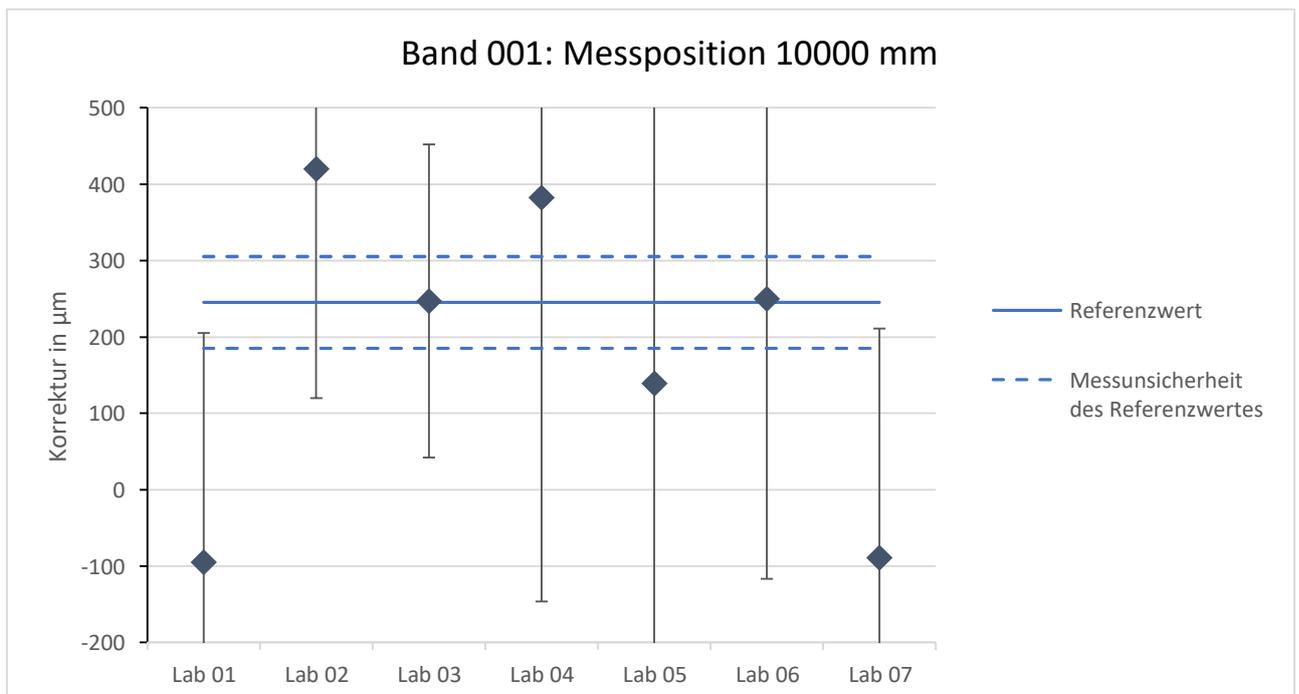


Abbildung 26: Messergebnisse des Bandes 001 an der Messposition 1000 mm



DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern

<https://doi.org/10.7795/550.20230419>

DKD-V 4-5

Ausgabe: 04/2023

Revision: 0

Seite: 24 / 65

Tabelle 5: Messergebnisse zum Band 002

Band 002																								
Messposition	506 mm			507 mm			508 mm			1000 mm			1004 mm			1005 mm			1006 mm			2000 mm		
Teilnehmer	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert																					
Lab 01	190	63	0,5	195	63	0,4	200	63	0,3	70	75	0,8	45	75	0,7	40	75	0,8	50	75	0,7	-50	100	1,2
Lab 02										150	300	0,1										100	300	0,1
Lab 03	192	63	0,5	187	63	0,5	191	63	0,4	134	70	0,0	131	70	0,3	131	70	0,3	133	70	0,3	91	85	0,1
Lab 04	221	482	0,0	215	482	0,0	224	482	0,0	161	485	0,1	114	485	0,0	119	485	0,0	113	485	0,0	123	490	0,1
Lab 05	221	79	0,1	219	79	0,1	213	79	0,1	121	102	0,1	90	102	0,1	91	102	0,1	90	102	0,1	40	148	0,3
Lab 06	201	100	0,3	197	100	0,2	176	100	0,4	97	100	0,4	69	100	0,3	70	100	0,3	76	100	0,3	51	100	0,3
Lab 07	201	63	0,4	221	63	0,0	224	63	0,0	143	75	0,1	117	75	0,1	120	75	0,2	121	75	0,2	81	100	0,0
PTB	230	40		224	40		224	40		135	40		105	40		107	40		106	40		79	41	

Band 002																								
Messposition	2299 mm			2300 mm			2301 mm			3000 mm			4000 mm			5000 mm			5699 mm			5700 mm		
Teilnehmer	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert																					
Lab 01	-25	107	1,2	-10	108	1,2	5	108	1,1	-155	125	1,6	-230	150	1,6	-305	175	1,9	-370	192	1,8	-345	192	1,8
Lab 02										190	300	0,0	110	300	0,3	150	300	0,4						
Lab 03	104	89	0,1	104	90	0,2	118	90	0,1	73	100	0,2	48	115	0,2	44	130	0,1	3	140	0,1	2	141	0,0
Lab 04	143	491	0,1	173	491	0,1	154	491	0,0	113	495	0,1	83	500	0,1	138	505	0,2	93	508	0,2	115	508	0,2
Lab 05	95	162	0,1	103	162	0,1	105	162	0,2	20	194	0,2	-19	240	0,2	7	286	0,1	-20	318	0,0	-15	318	0,1
Lab 06	73	133	0,3	87	133	0,3	94	133	0,3	21	133	0,2	-8	167	0,2	-23	200	0,3	-84	233	0,3	-83	233	0,4
Lab 07	136	107	0,2	118	107	0,1	118	108	0,1	14	125	0,3	-22	150	0,3	-46	175	0,4	-56	192	0,2	-70	193	0,4
PTB	118	41		125	41		132	41		50	41		23	42		31	42		-7	43		3	43	

Band 002																								
Messposition	5701 mm			6000 mm			7000 mm			8000 mm			9000 mm			9998 mm			9999 mm			10000 mm		
Teilnehmer	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert																		
Lab 01	-400	193	2,0	-335	200	1,8	-435	225	1,9	-465	250	1,9	-520	275	2,0	-605	300	1,9	-625	300	2,0	-565	300	2,0
Lab 02				130	300	0,3	110	300	0,4	140	300	0,4	110	300	0,3							140	300	0,3
Lab 03	3	141	0,0	29	145	0,0	5	160	0,0	31	175	0,1	43	190	0,0	30	205	0,2	19	205	0,2	77	205	0,1
Lab 04	86	508	0,2	154	509	0,2	133	514	0,3	183	519	0,3	202	524	0,3	157	529	0,3	168	529	0,4	251	529	0,4
Lab 05	-21	318	0,1	-1	332	0,1	-1	378	0,0	-40	424	0,1	-34	470	0,1	-114	516	0,2	-121	516	0,2	-42	516	0,2
Lab 06	-69	233	0,3	-35	233	0,3	-57	267	0,2	-54	300	0,2	-28	333	0,2	-48	367	0,1	-71	367	0,1	11	367	0,1
Lab 07	-83	193	0,4	-33	200	0,3	-50	225	0,2	-43	250	0,2	93	275	0,2	-99	300	0,3	-107	300	0,3	31	300	0,1
PTB	-3	43		34	43		1	44		17	46		33	47		-20	48		-26	48		49	48	

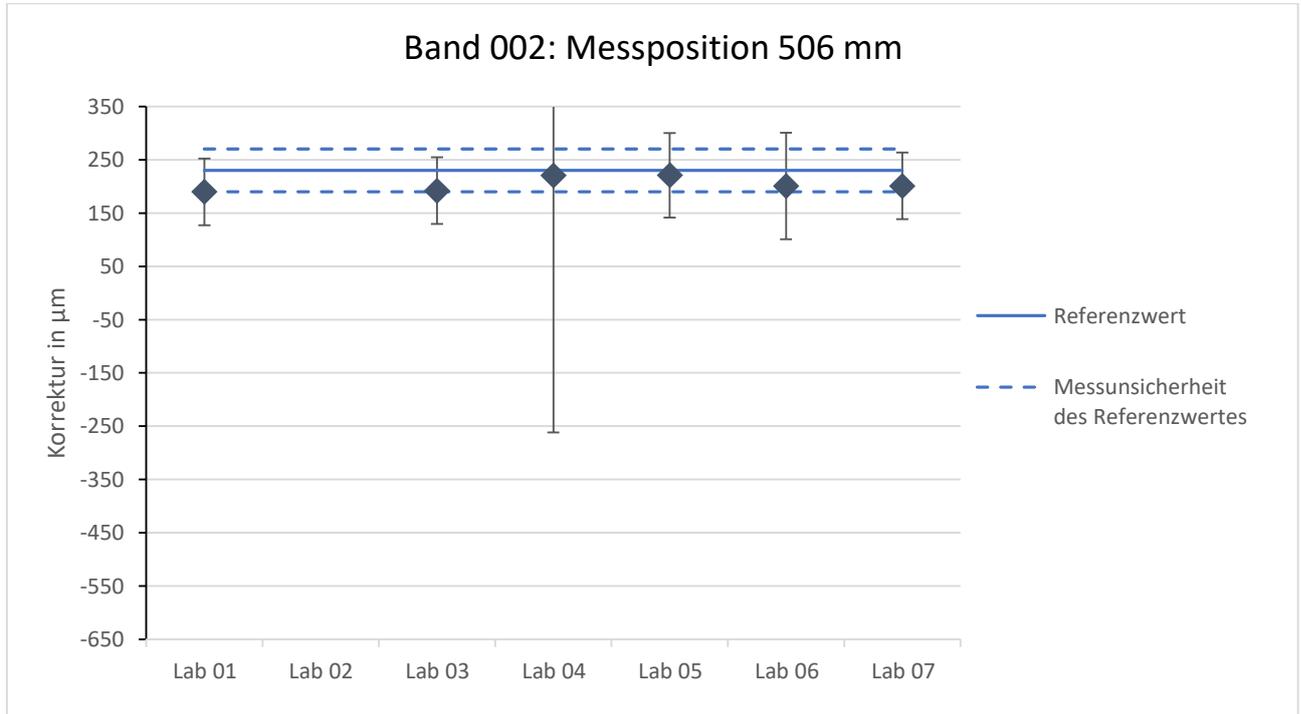


Abbildung 27: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 506 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

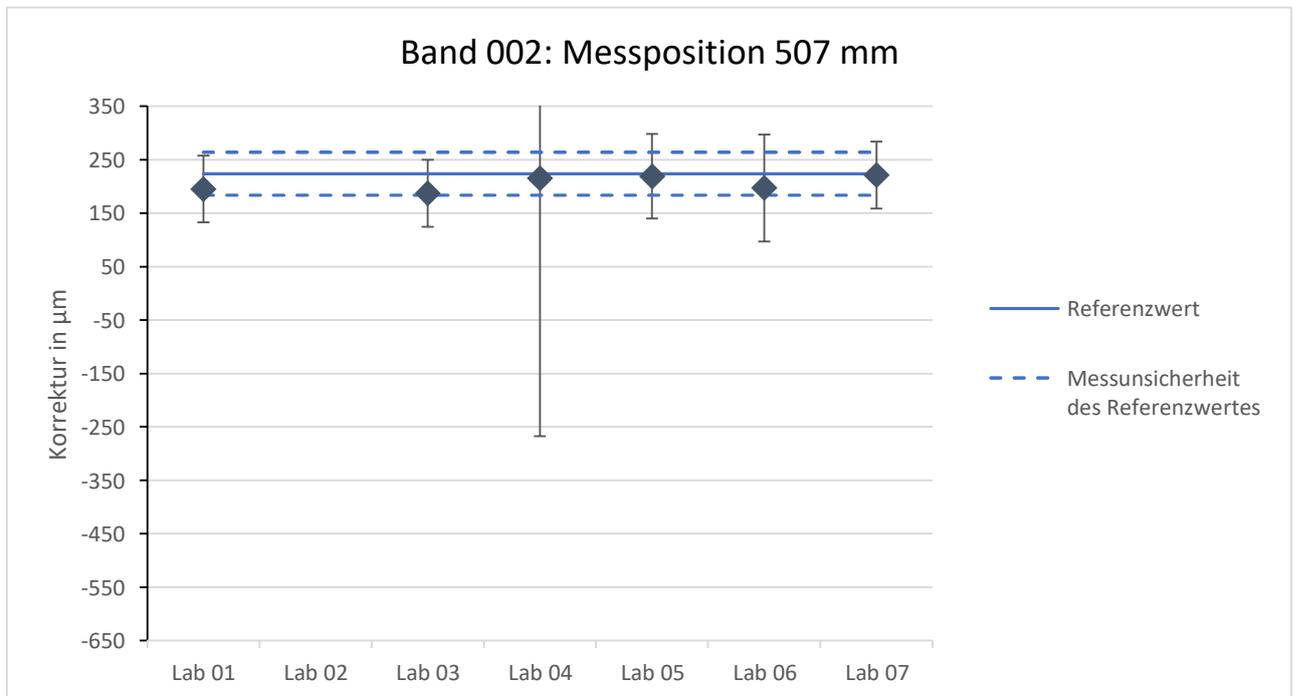


Abbildung 28: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 507 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

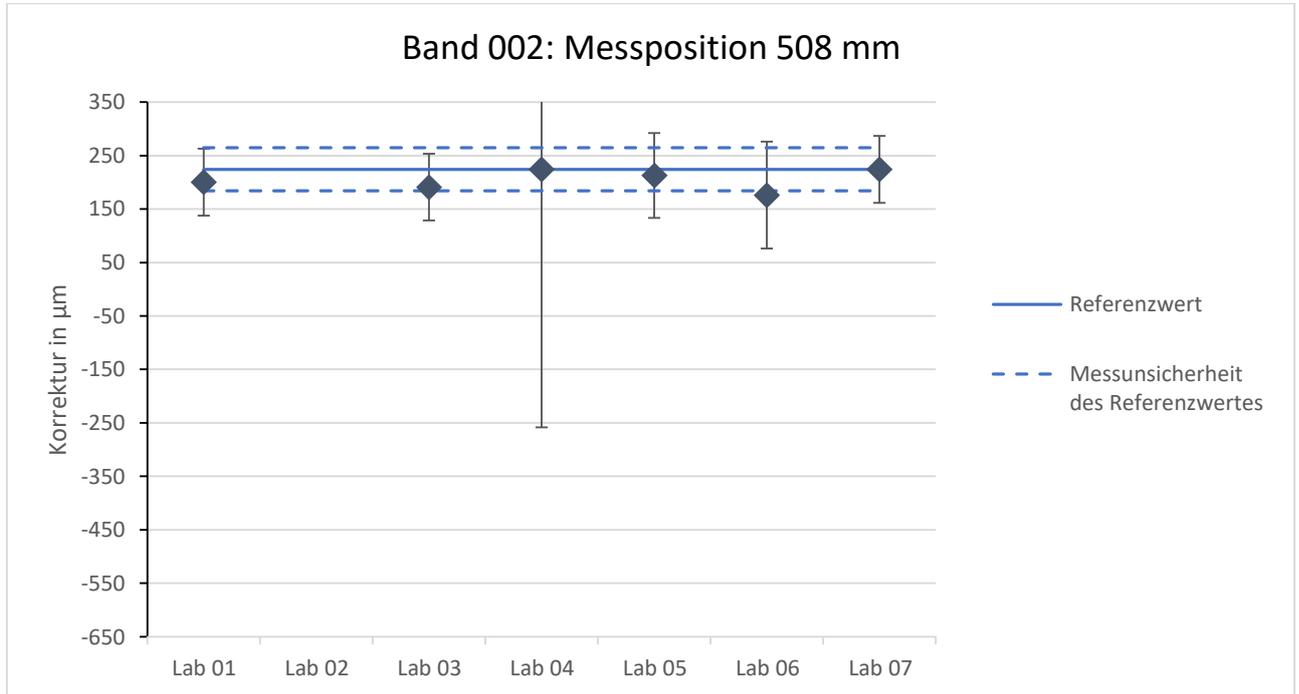


Abbildung 29: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 508 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

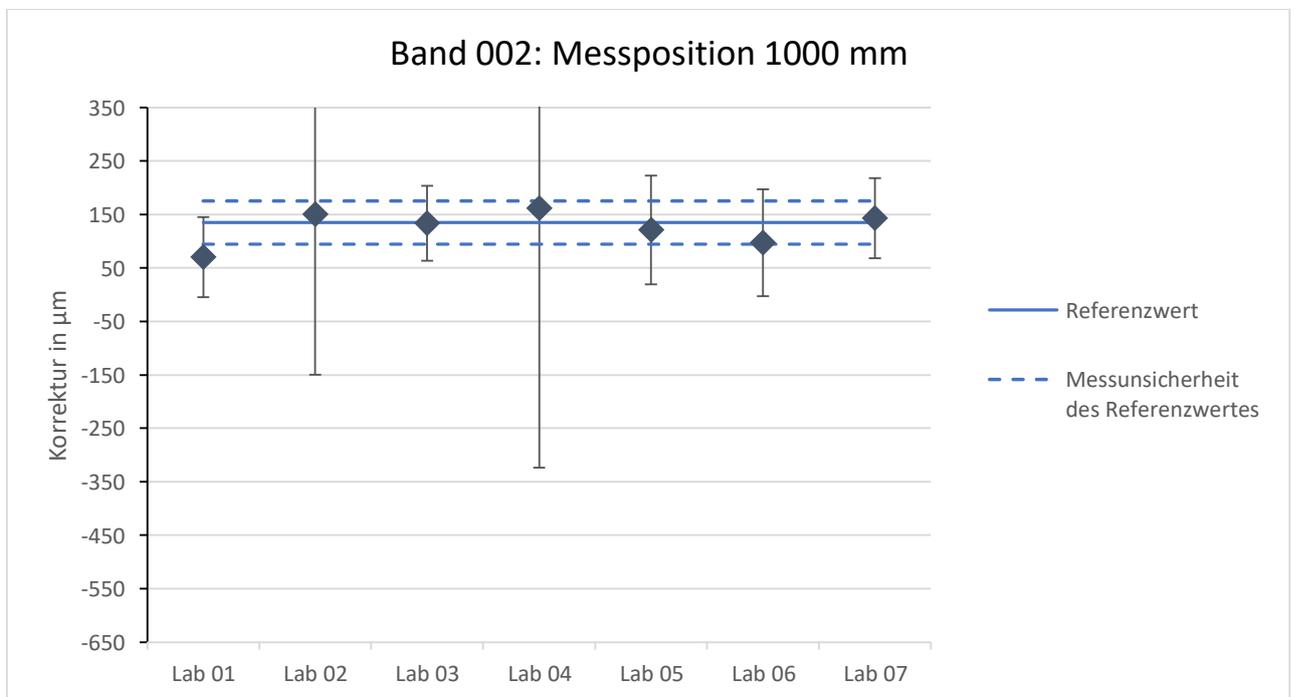


Abbildung 30: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 1000 mm

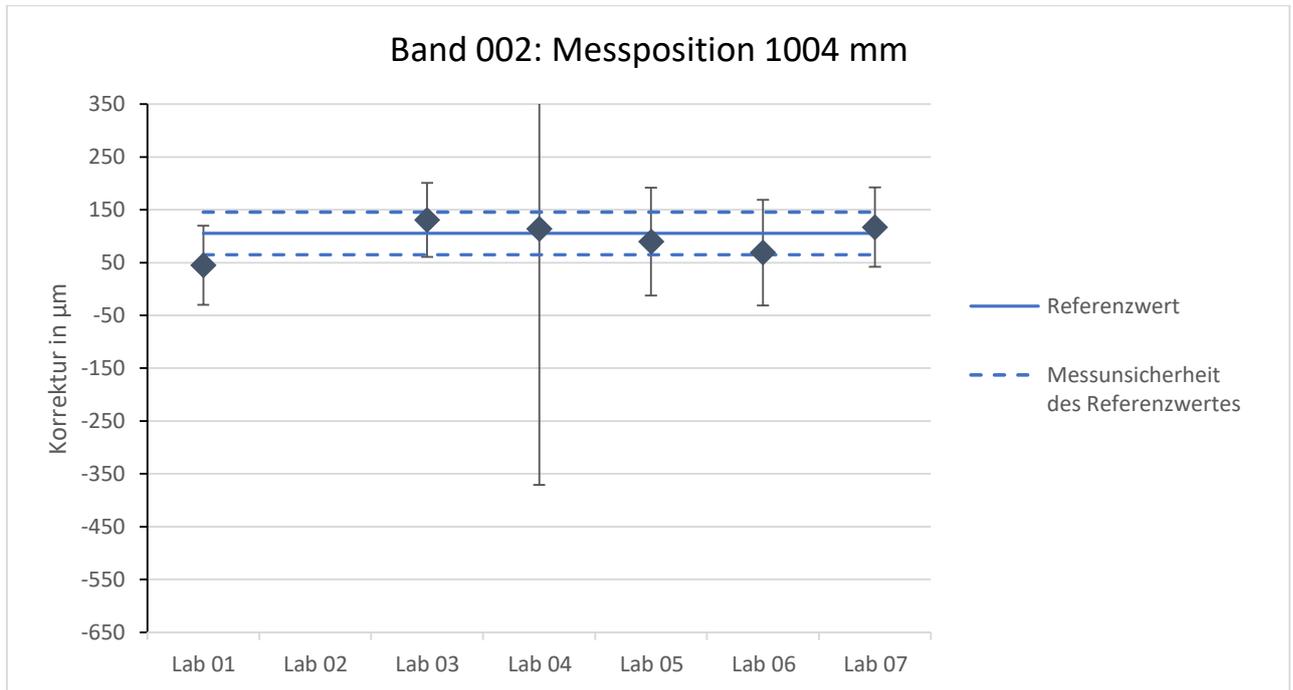


Abbildung 31: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 1004 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

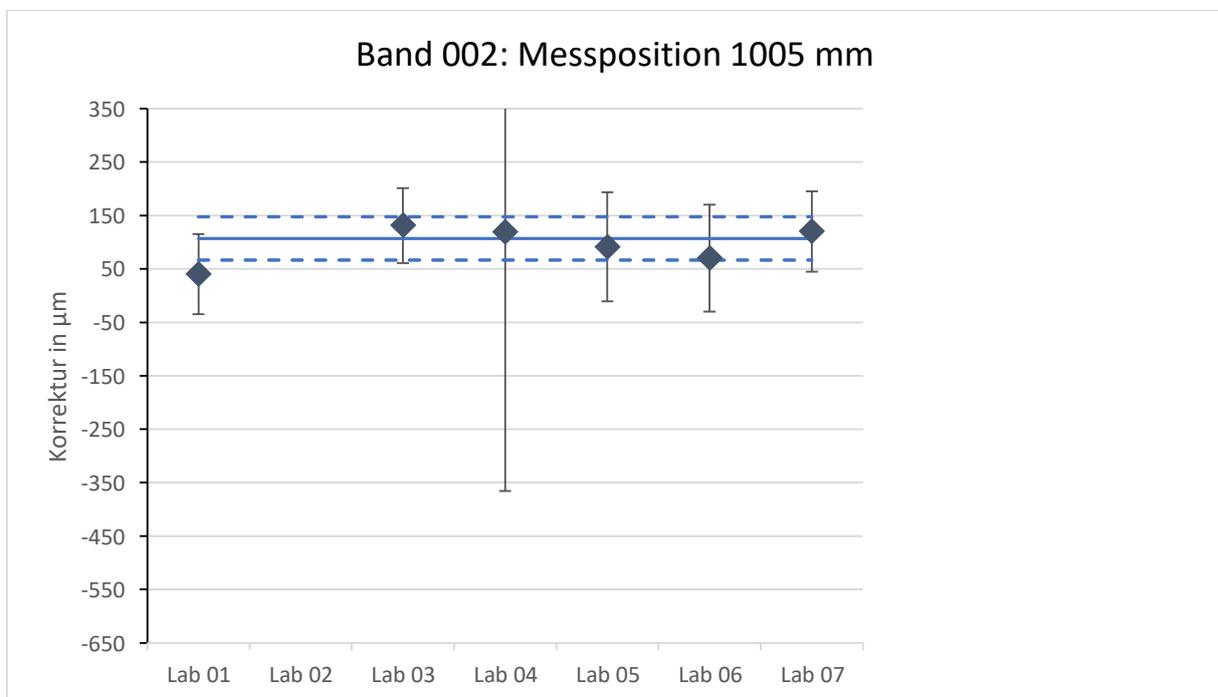


Abbildung 32: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 1005 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

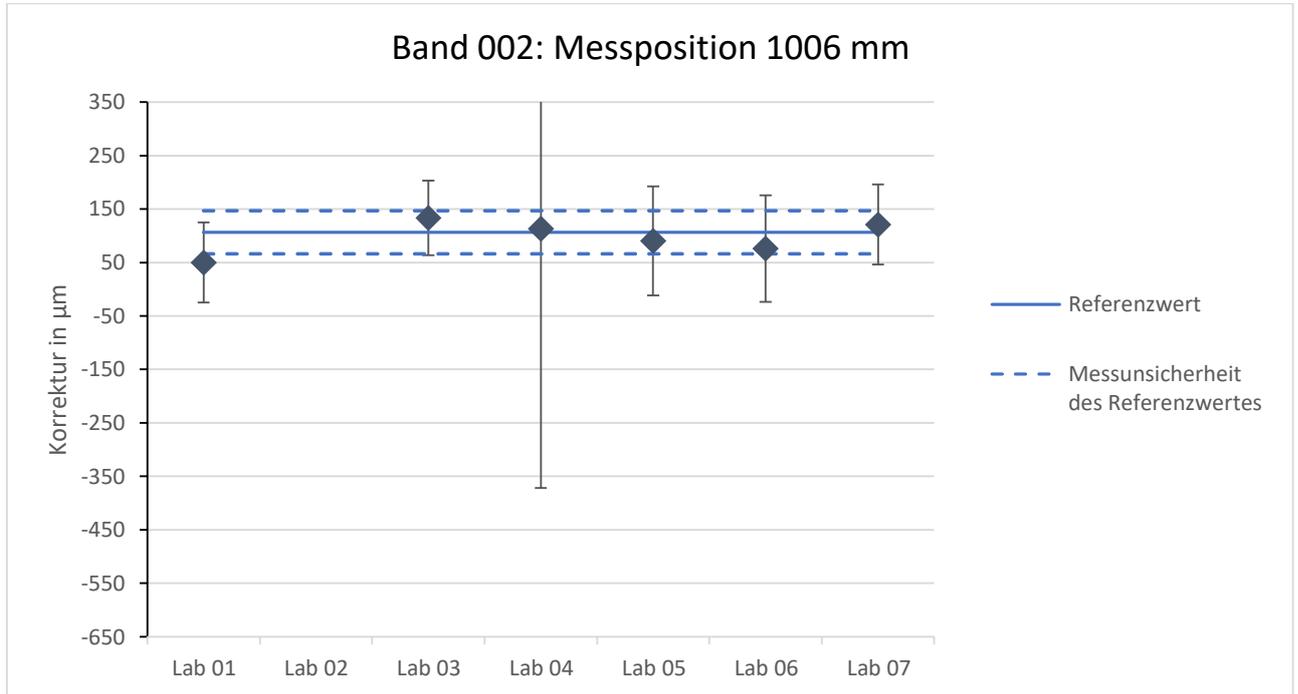


Abbildung 33: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 1006 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

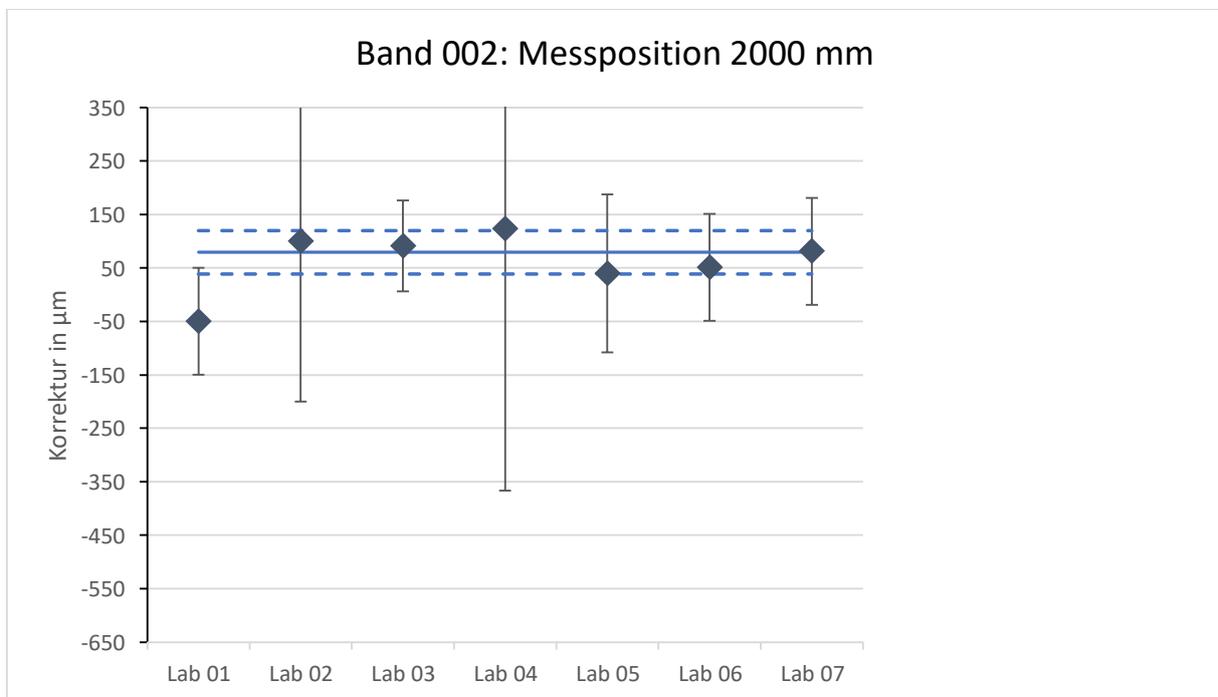


Abbildung 34: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 2000 mm

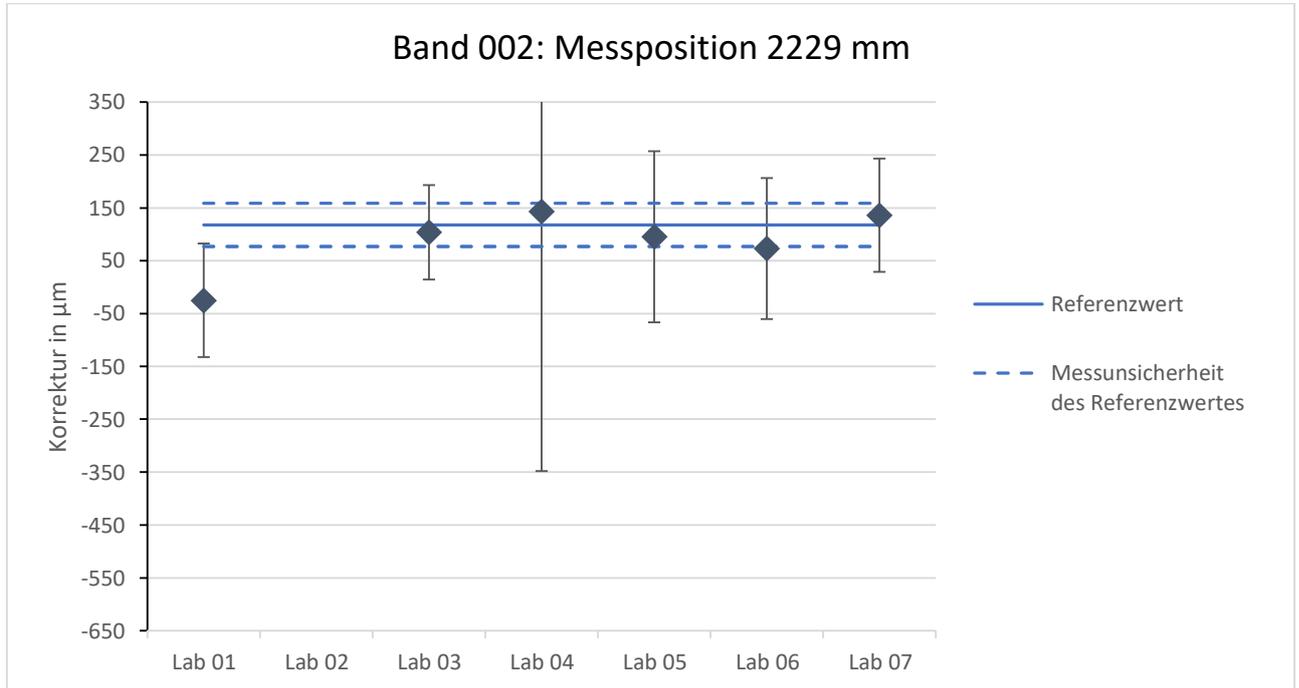


Abbildung 35: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 2229 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

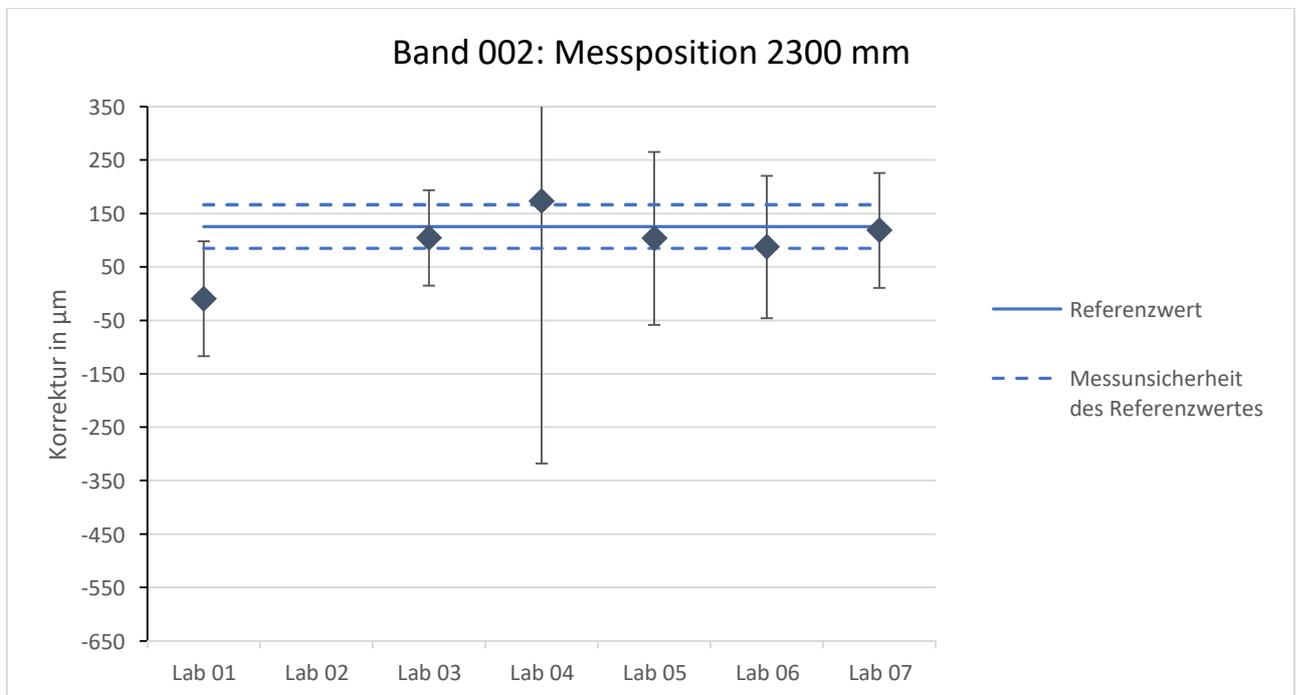


Abbildung 36: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 2300 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

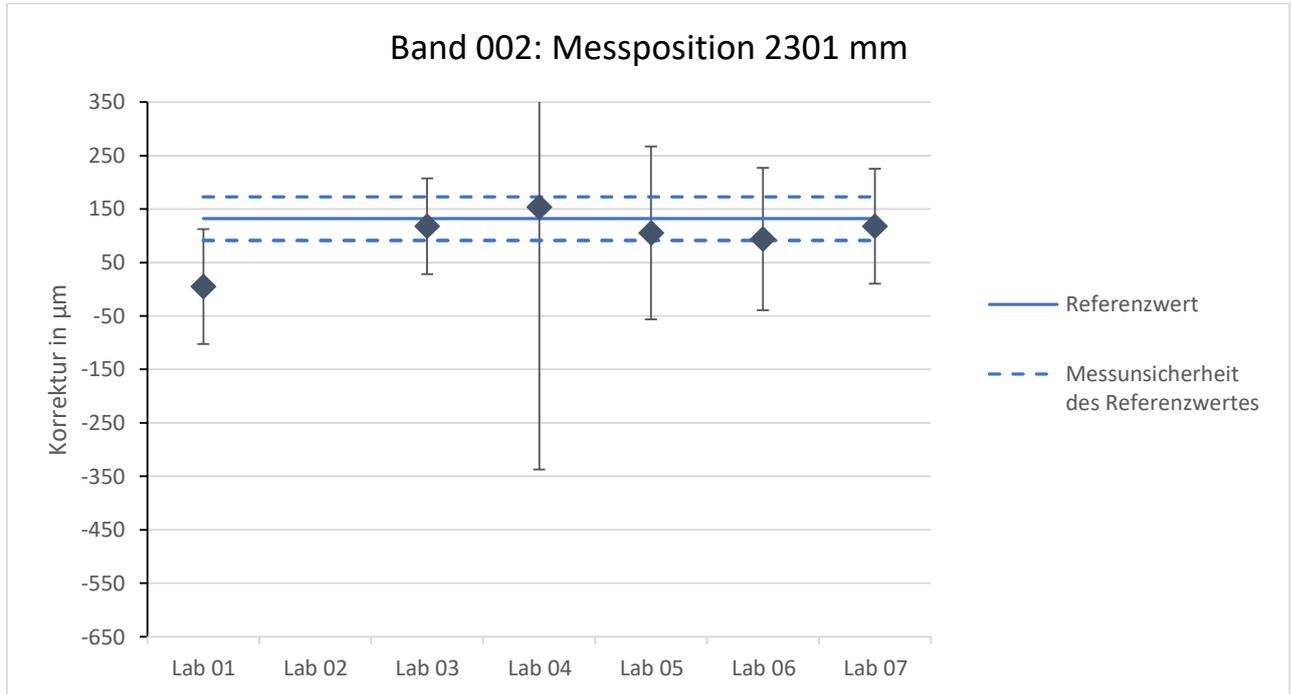


Abbildung 37: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 2301 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

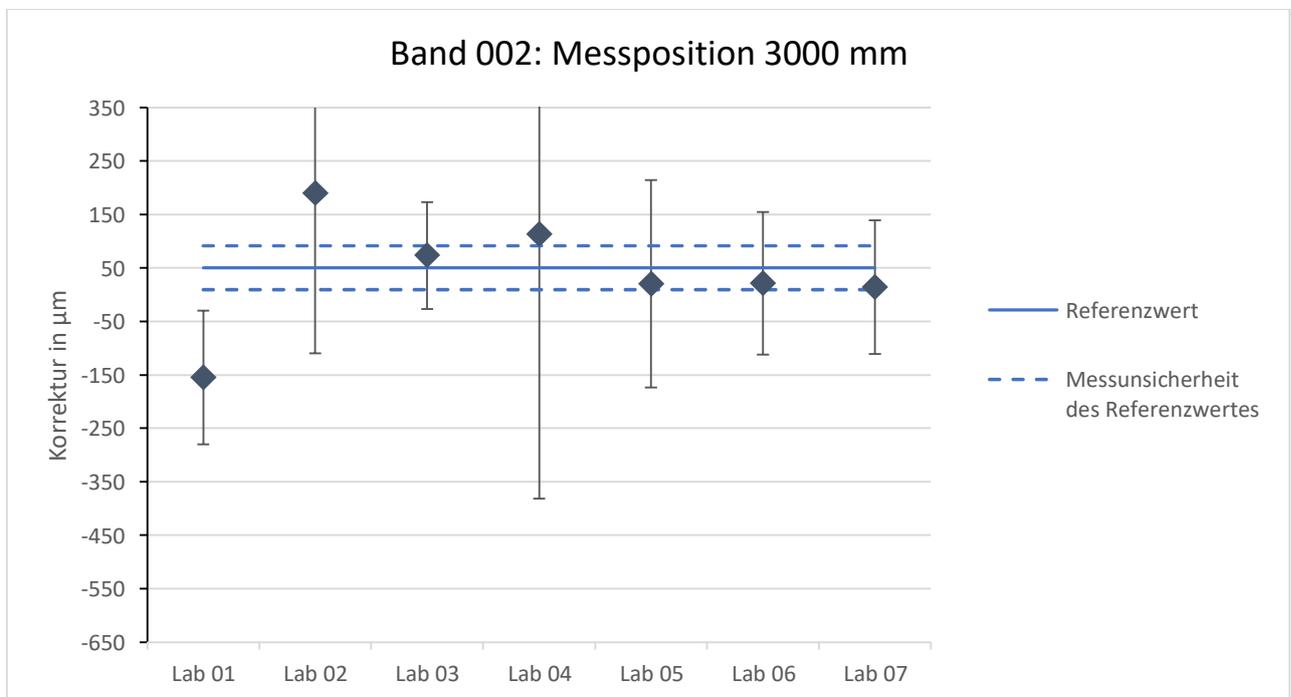


Abbildung 38: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 3000 mm

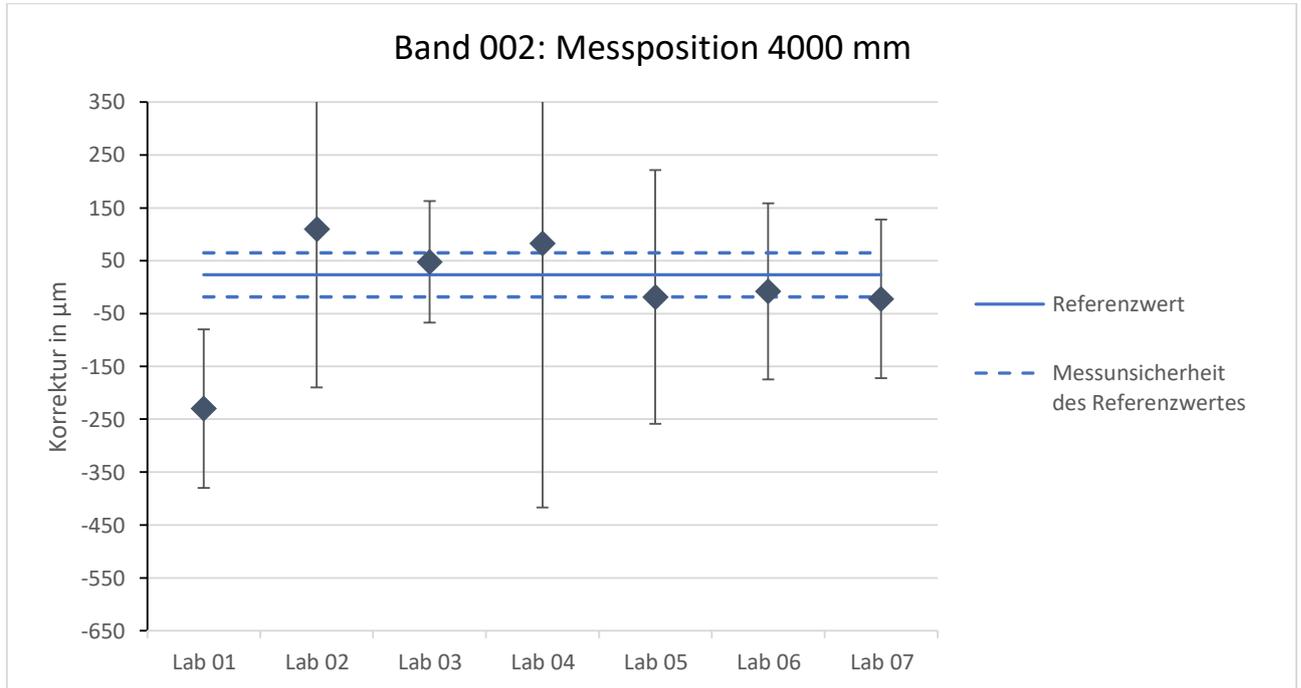


Abbildung 39: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 4000 mm

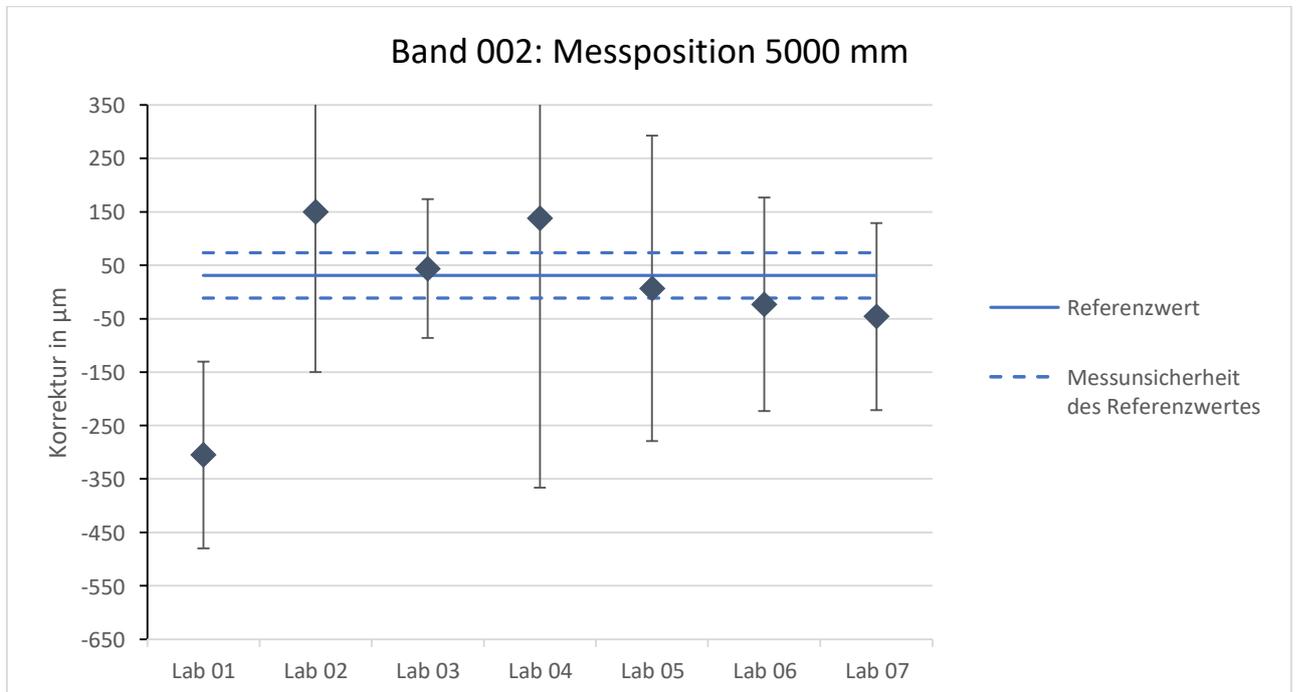


Abbildung 40: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 5000 mm

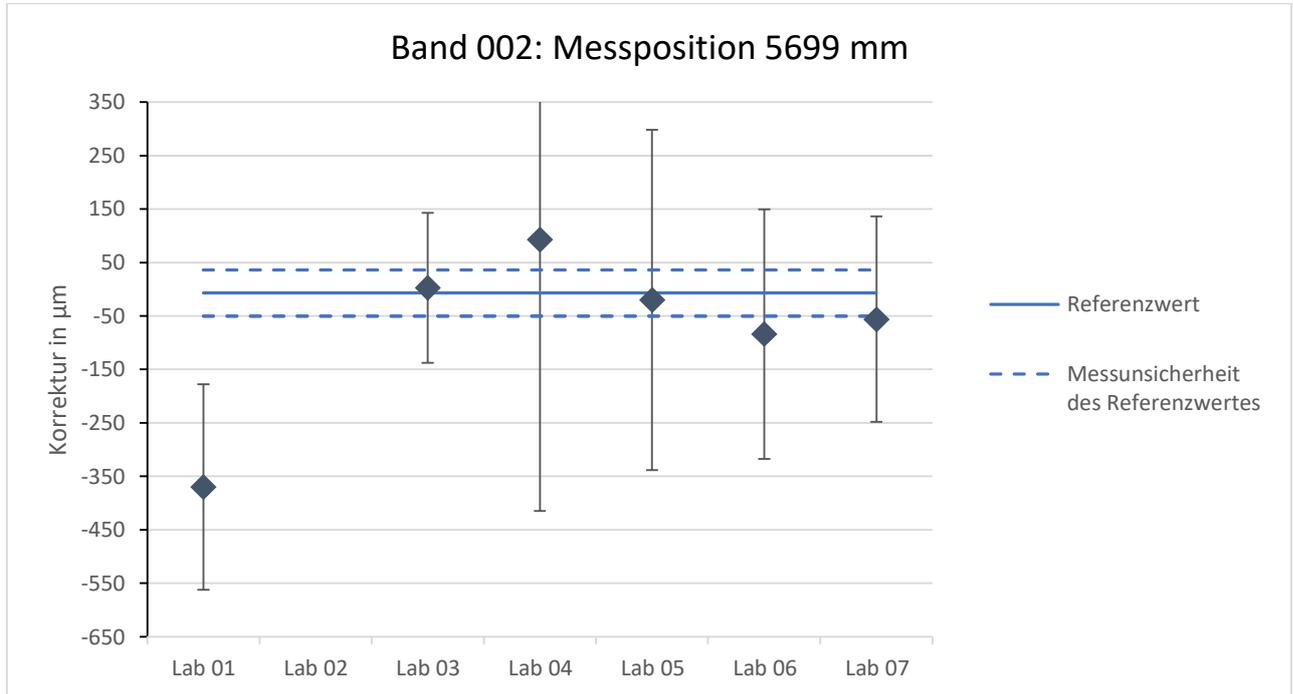


Abbildung 41: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 5699 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

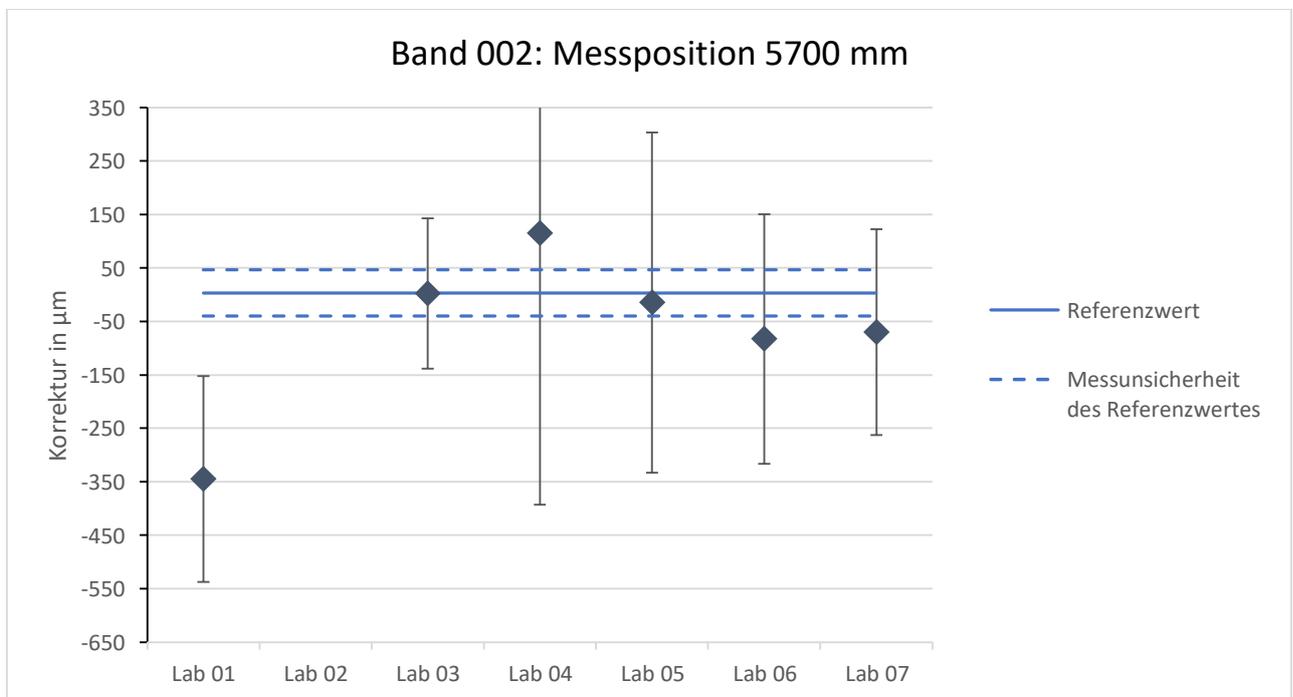


Abbildung 42: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 5700 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

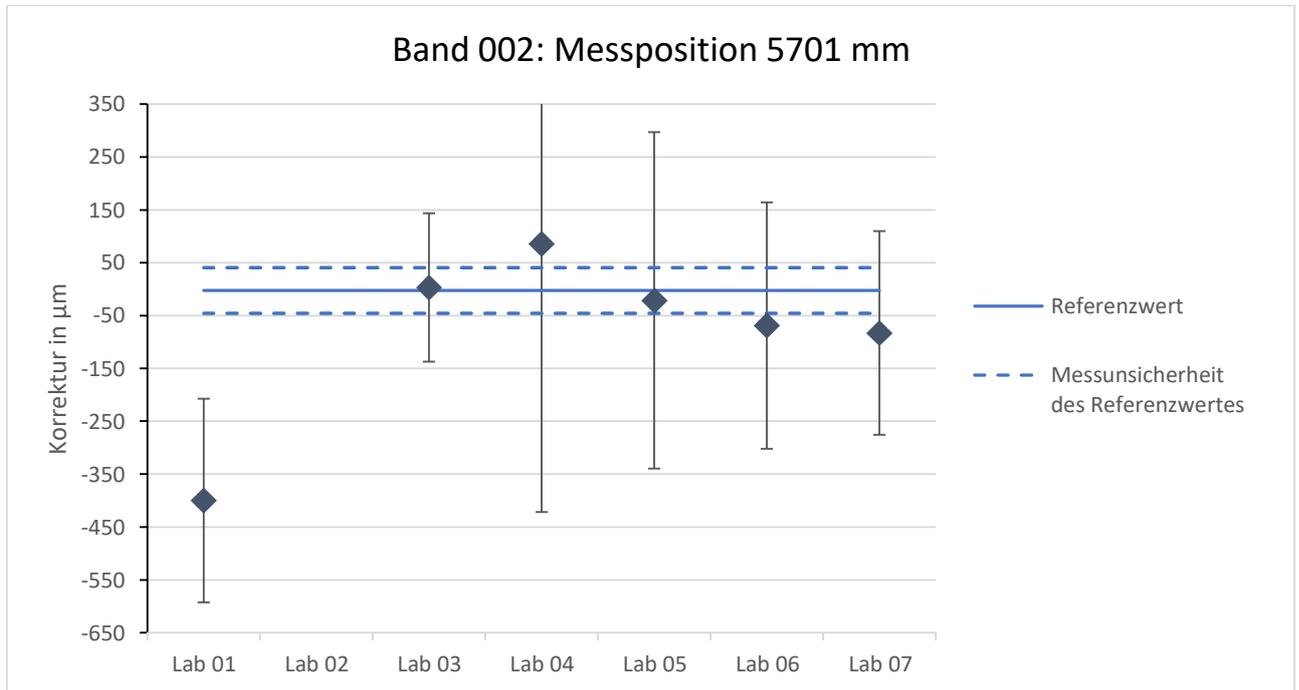


Abbildung 43: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 5701 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

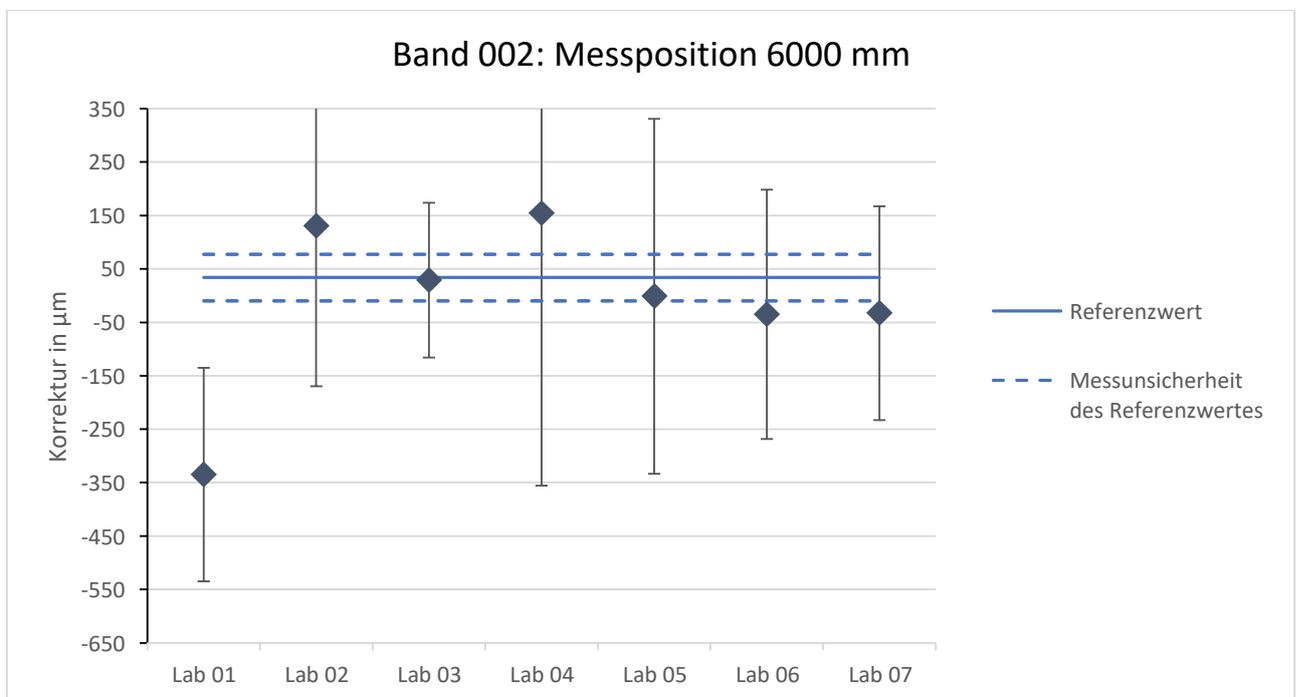


Abbildung 44: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 6000 mm

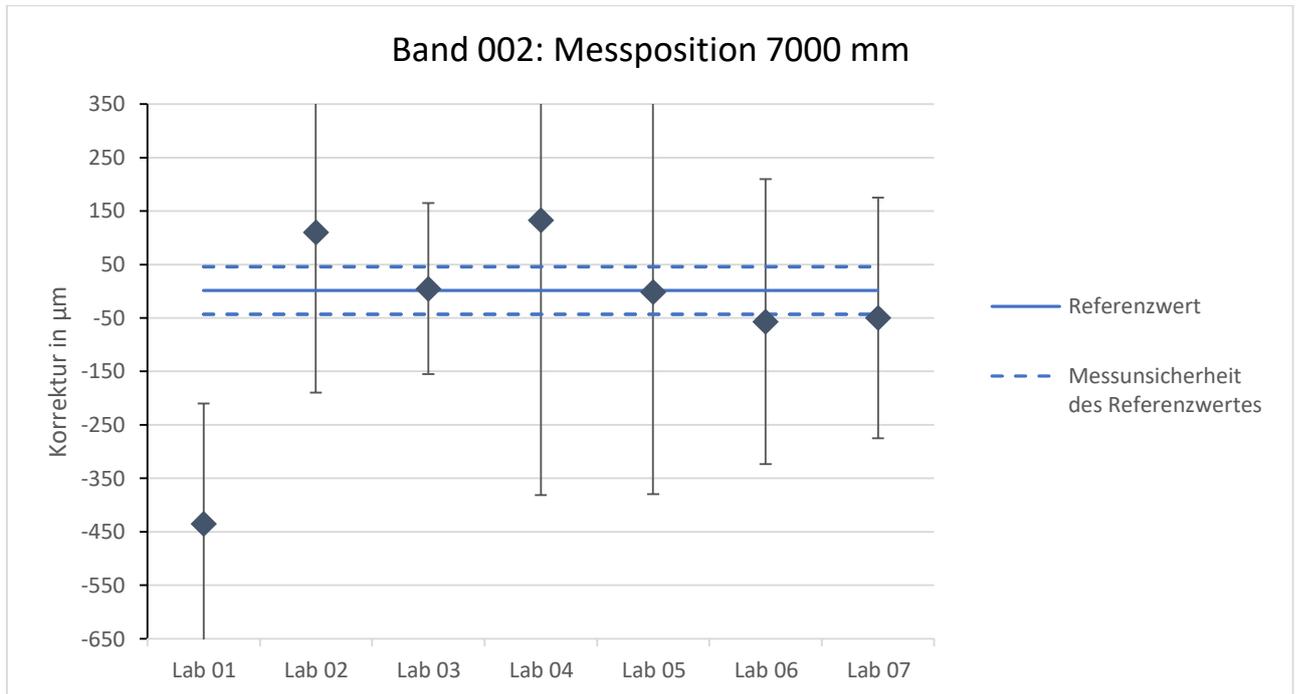


Abbildung 45: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 7000 mm

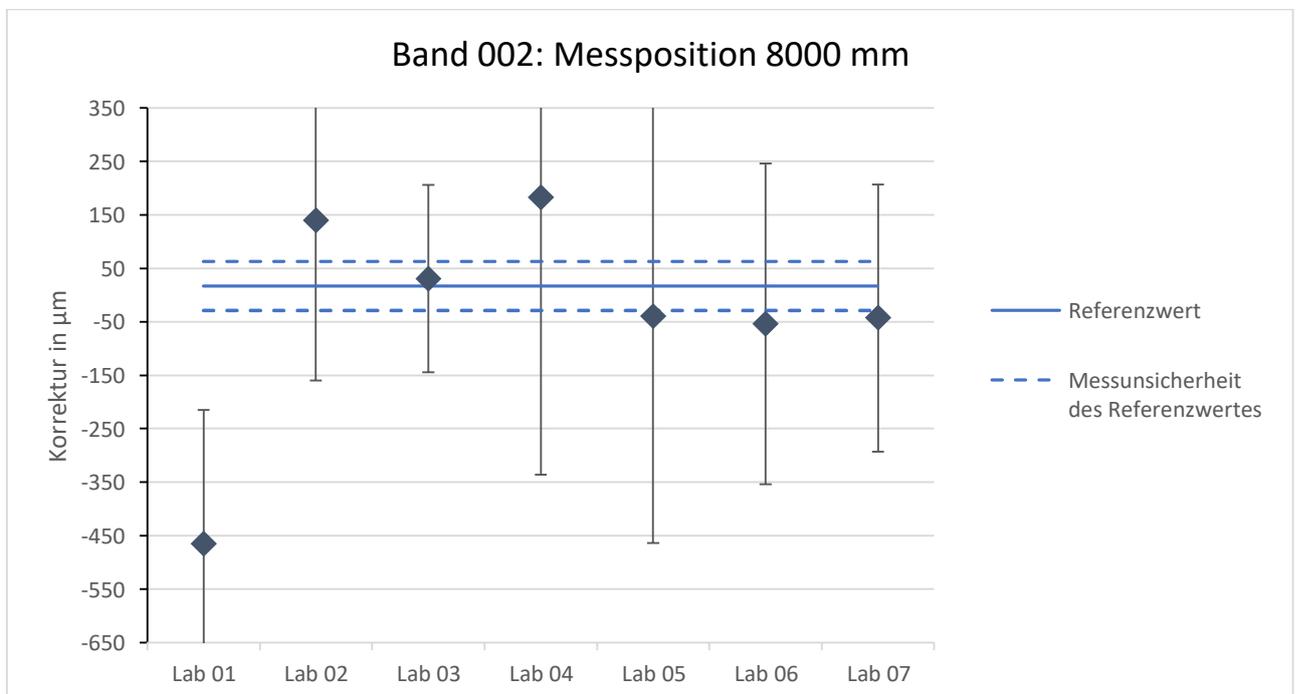


Abbildung 46: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 8000 mm

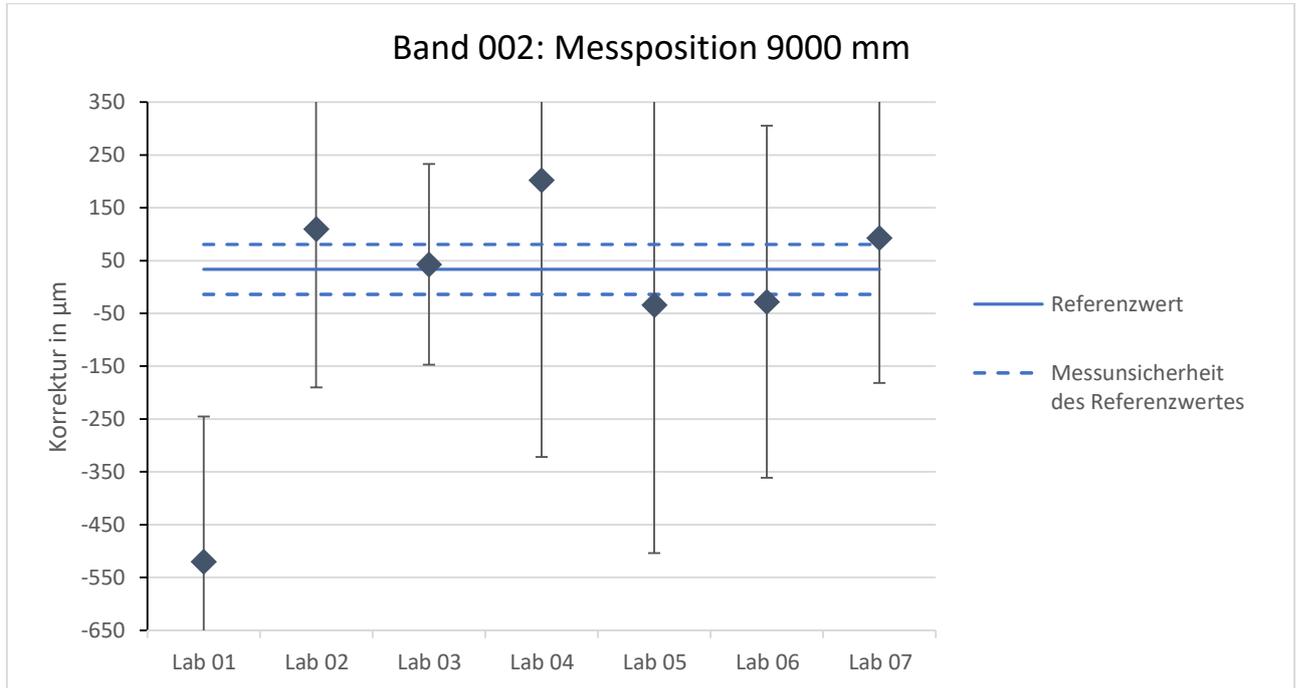


Abbildung 47: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 9000 mm

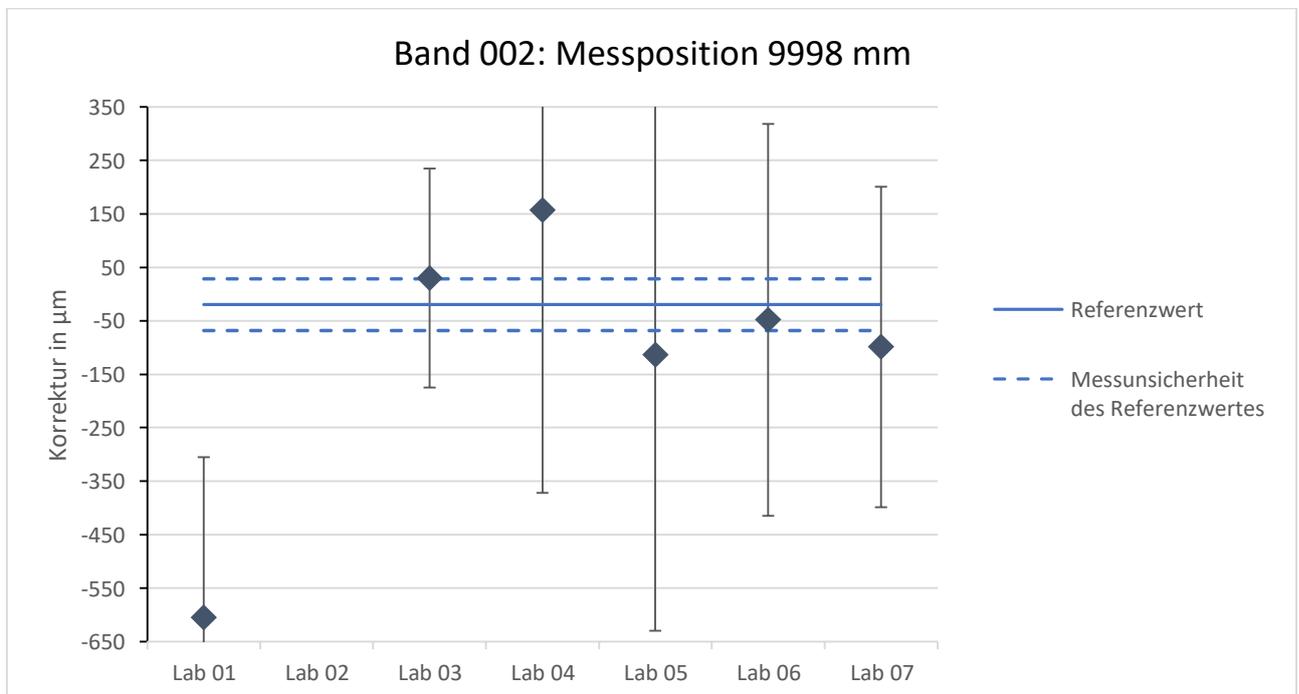


Abbildung 48: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 9998 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

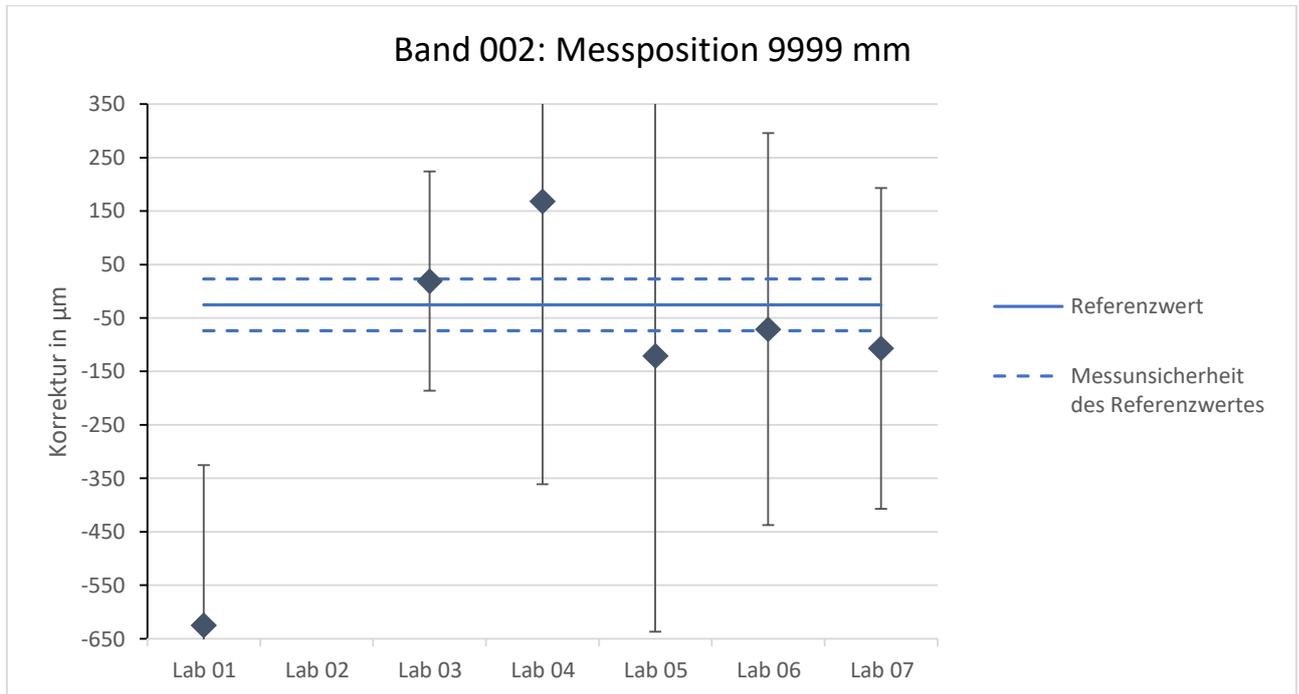


Abbildung 49: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 9999 mm. Lab 02 berichtete nur volle Meter.

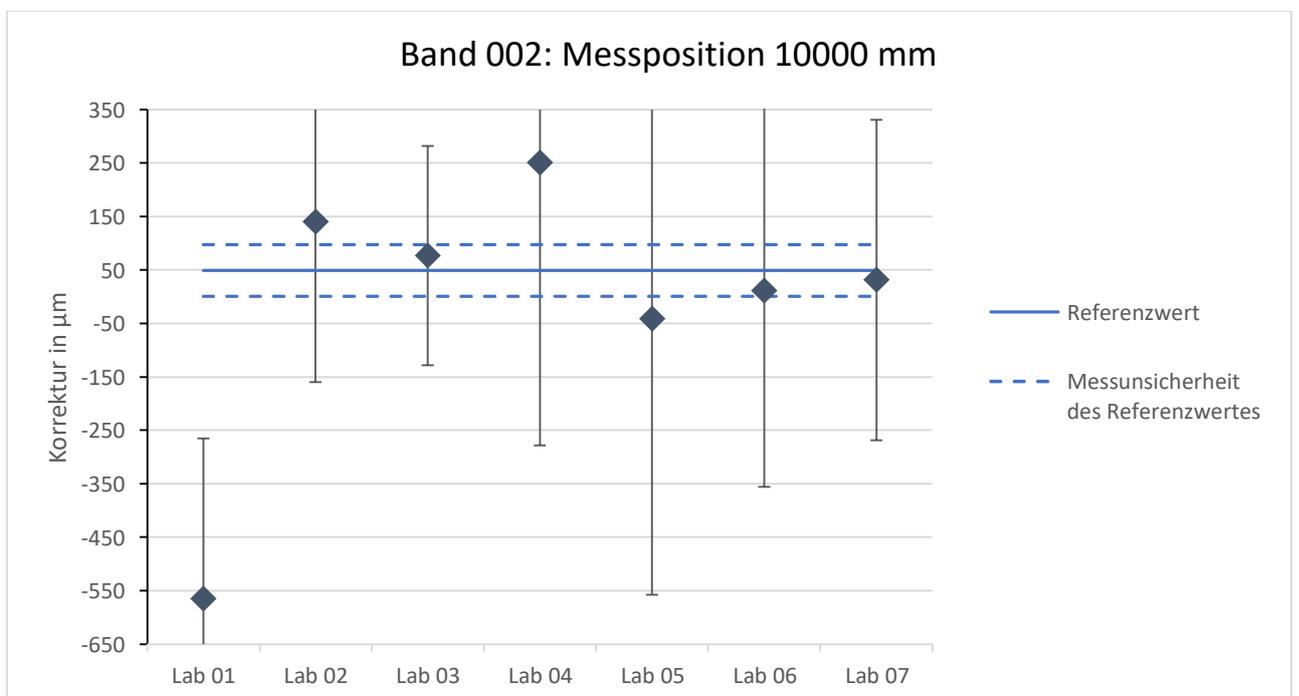


Abbildung 50: Messergebnisse des Bandes 002 an der Messposition 10000 m



DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern

<https://doi.org/10.7795/550.20230419>

DKD-V 4-5

Ausgabe: 04/2023

Revision: 0

Seite: 37 / 65

Tabelle 6: Messergebnisse zum Band 003

Band 003																								
Messposition	506 mm			507 mm			508 mm			1000 mm			1004 mm			1005 mm			1006 mm			2000 mm		
Teilnehmer	Korr/ μm	U(k=2)/ μm	En-Wert																					
Lab 08	190	58	0,1	188	58	0,1	187	58	0,1	31	65	0,8	58	65	0,0	62	65	0,0	58	65	0,1	-5	80	0,8
Lab 09										270	60	2,5										200	100	1,2
Lab 10	191	60	0,1	195	60	0,0	195	60	0,1	93	70	0,0	63	70	0,1	68	70	0,1	63	70	0,0	65	90	0,0
Lab 11	191	32	0,1	184	32	0,2	183	32	0,2	102	36	0,2	63	36	0,1	70	36	0,2	67	36	0,1	75	50	0,1
Lab 12	217	75	0,3	210	75	0,2	210	75	0,2	127	90	0,4	77	90	0,2	78	90	0,2	80	90	0,2	88	120	0,2
Lab 13	190	80	0,1	193	80	0,0	182	80	0,1	64	90	0,3	53	90	0,0	56	90	0,1	63	90	0,0	68	110	0,0
Lab 14	-200	2423	0,2	-300	2423	0,2	-100	2423	0,1	-500	2445	0,2	-400	2445	0,2	-100	2445	0,1	-400	2445	0,2	-300	2490	0,1
PTB	195	39		193	39		191	39		91	40		55	39		62	39		62	39		66	40	

Band 003																								
Messposition	2299 mm			2300 mm			2301 mm			3000 mm			4000 mm			5000 mm			5699 mm			5700 mm		
Teilnehmer	Korr/ μm	U(k=2)/ μm	En-Wert																					
Lab 08	45	84	0,1	46	84	0,2	57	85	0,2	42	95	0,2	-8	110	0,5	10	125	0,3	-63	135	0,6	-63	136	0,6
Lab 09										100	100	0,0	200	150	1,0	100	150	0,3						
Lab 10	56	96	0,1	70	96	0,0	82	96	0,1	75	110	0,1	75	130	0,2	89	150	0,3	11	164	0,1	12	164	0,1
Lab 11	54	55	0,1	76	55	0,1	76	55	0,0	60	67	0,0	36	85	0,2	16	104	0,3	-21	118	0,4	-10	118	0,3
Lab 12	86	129	0,3	96	129	0,2	103	129	0,2	131	150	0,4	135	180	0,5	124	210	0,4	112	231	0,4	118	231	0,4
Lab 13	66	116	0,1	64	116	0,0	79	116	0,0	74	130	0,1	17	150	0,2	39	170	0,0	-8	184	0,2	2	184	0,1
Lab 14	-500	2503	0,2	-500	2503	0,2	-200	2504	0,1	-500	2535	0,2	200	2580	0,1	400	2625	0,1	300	2656	0,1	0	2657	0,0
PTB	50	40		66	40		73	40		62	40		50	41		47	42		23	42		26	42	

Band 003																									
Messposition	5701 mm			6000 mm			7000 mm			8000 mm			9000 mm			9998 mm			9999 mm			10000 mm			
Teilnehmer	Korr/ μm	U(k=2)/ μm	En-Wert																						
Lab 08	-51	136	0,5	12	140	0,6	11	155	0,7	-5	170	0,9	40	185	0,8	27	200	0,6	22	200	0,6	49	200	0,8	
Lab 09				100	200	0,0	200	200	0,4	200	200	0,3	200	200	0,0								200	250	0,0
Lab 10	10	164	0,1	82	170	0,1	118	190	0,0	170	210	0,1	199	230	0,0	149	250	0,0	145	250	0,0	213	250	0,0	
Lab 11	-17	118	0,3	38	124	0,4	64	143	0,4	72	163	0,5	94	182	0,6	-1	202	0,7	-19	202	0,8	62	202	0,7	
Lab 12	121	231	0,4	205	240	0,5	275	270	0,5	259	300	0,4	348	330	0,5	293	360	0,4	297	360	0,4	365	360	0,4	
Lab 13	1	184	0,1	82	190	0,1	56	210	0,3	102	230	0,2	154	250	0,2	77	270	0,3	136	270	0,0	173	270	0,1	
Lab 14	300	2657	0,1	0	2670	0,0	500	2715	0,1	400	2760	0,1	100	2805	0,0	200	2850	0,0	-200	2850	0,1	100	2850	0,0	
PTB	25	42		94	42		125	43		148	45		198	46		148	48		137	48		206	48		

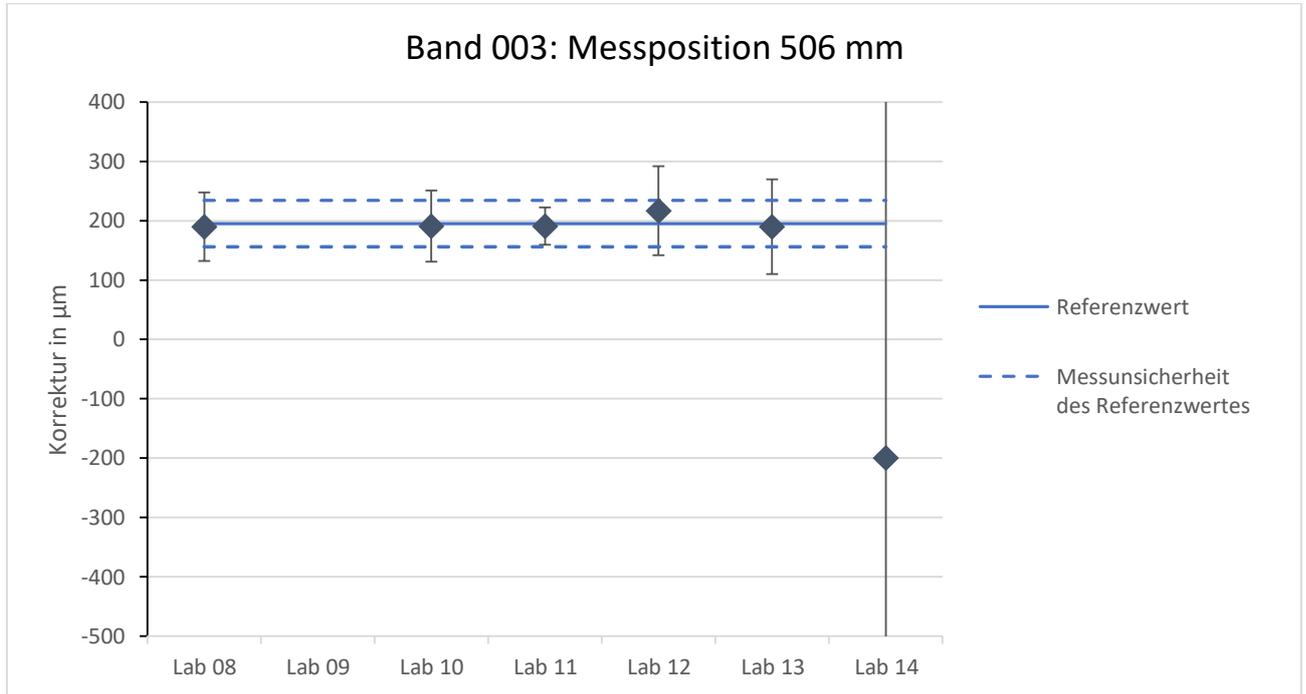


Abbildung 51: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 506 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

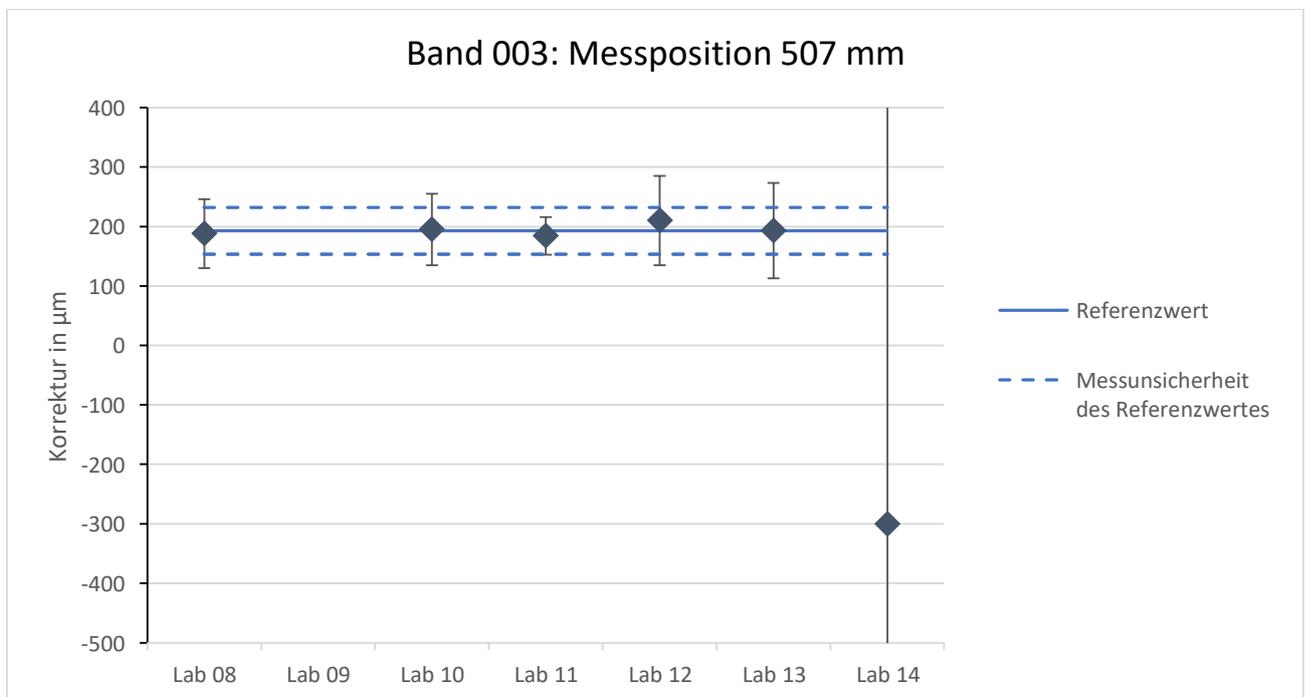


Abbildung 52: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 507 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

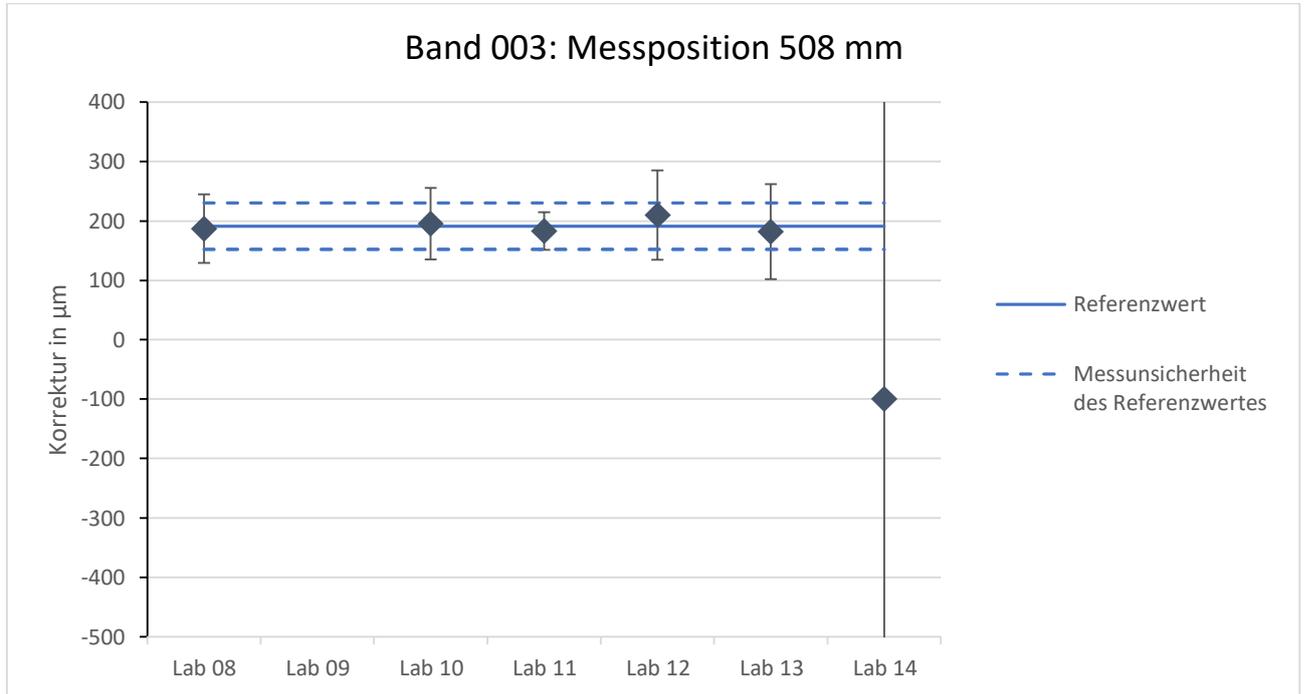


Abbildung 53: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 508 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

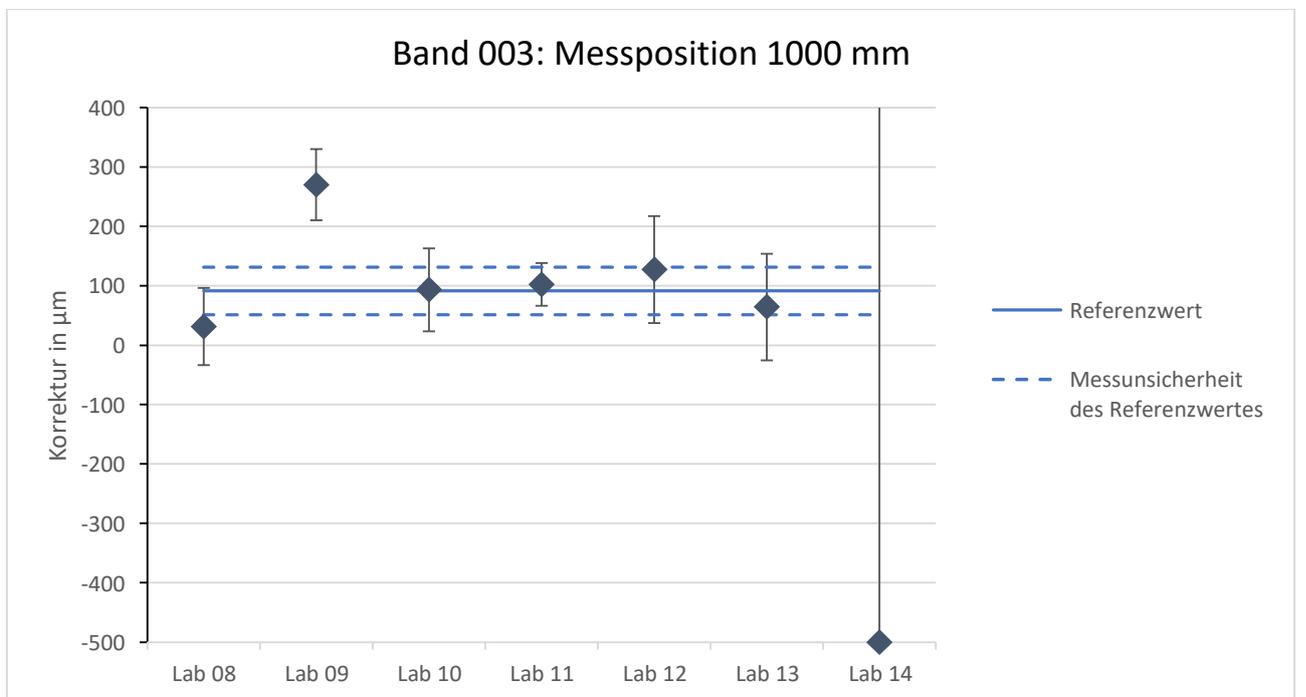


Abbildung 54: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 1000 mm

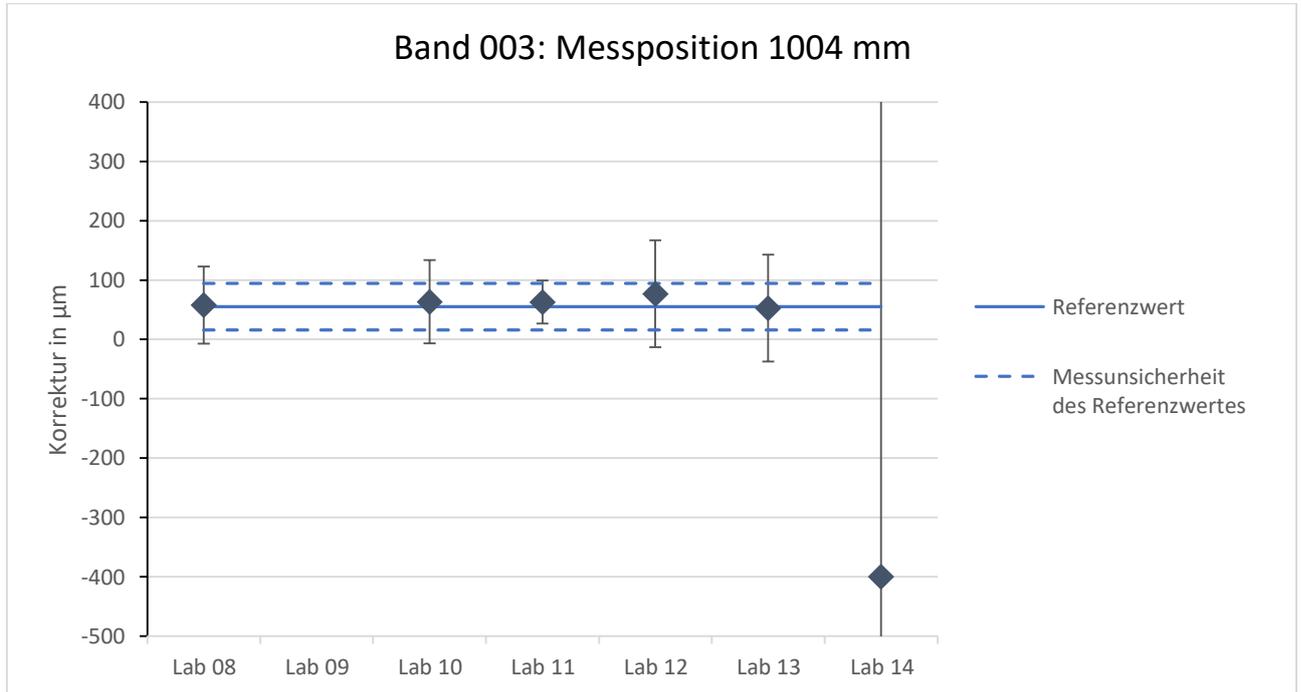


Abbildung 55: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 1004 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

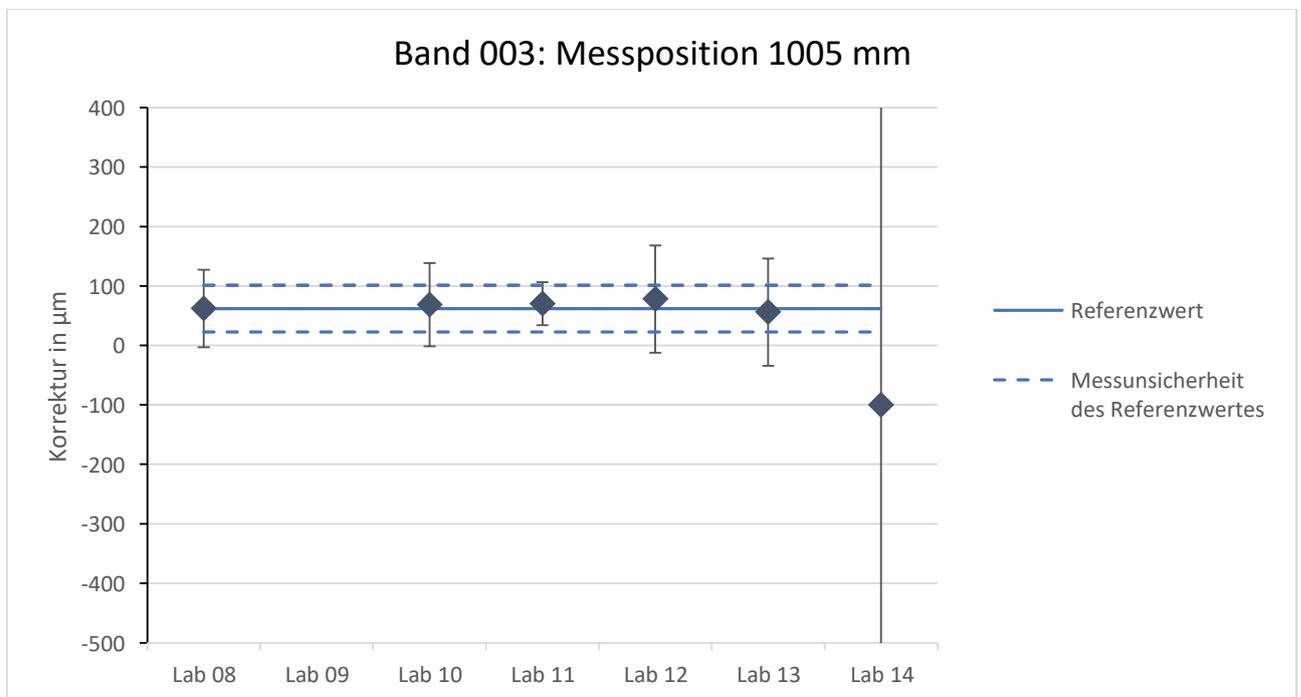


Abbildung 56: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 1005 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

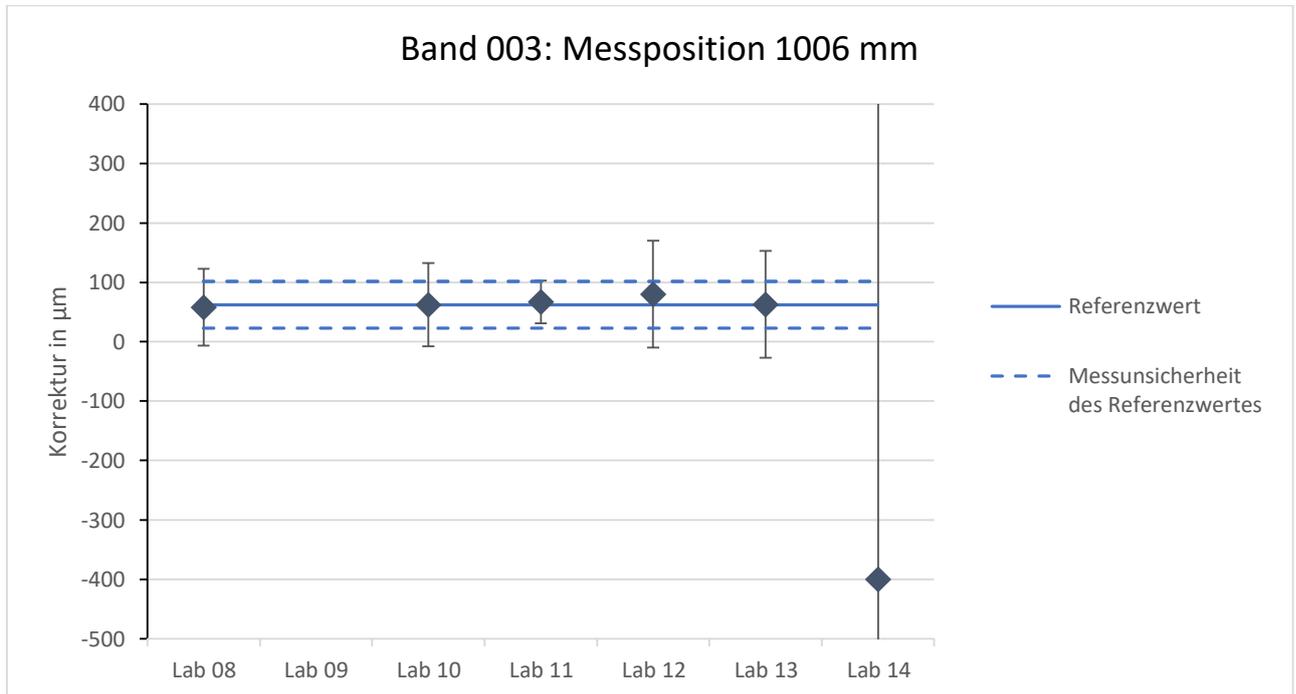


Abbildung 57: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 1006 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

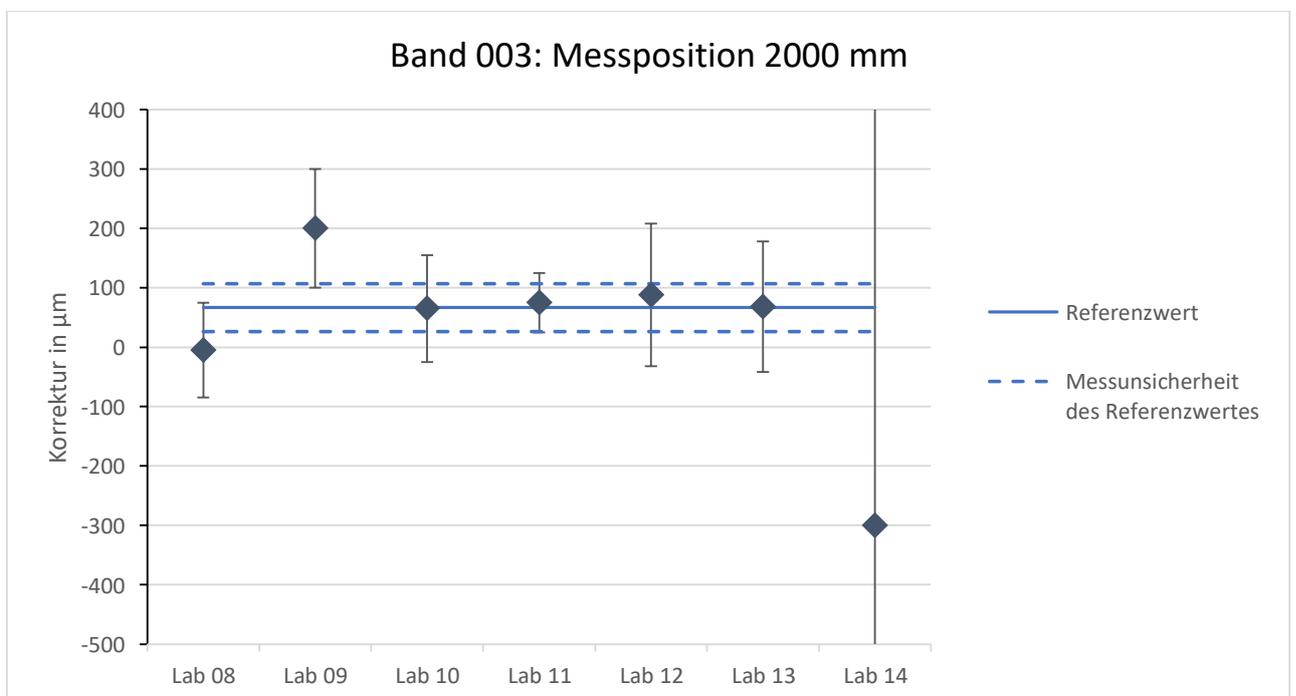


Abbildung 58: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 2000 mm

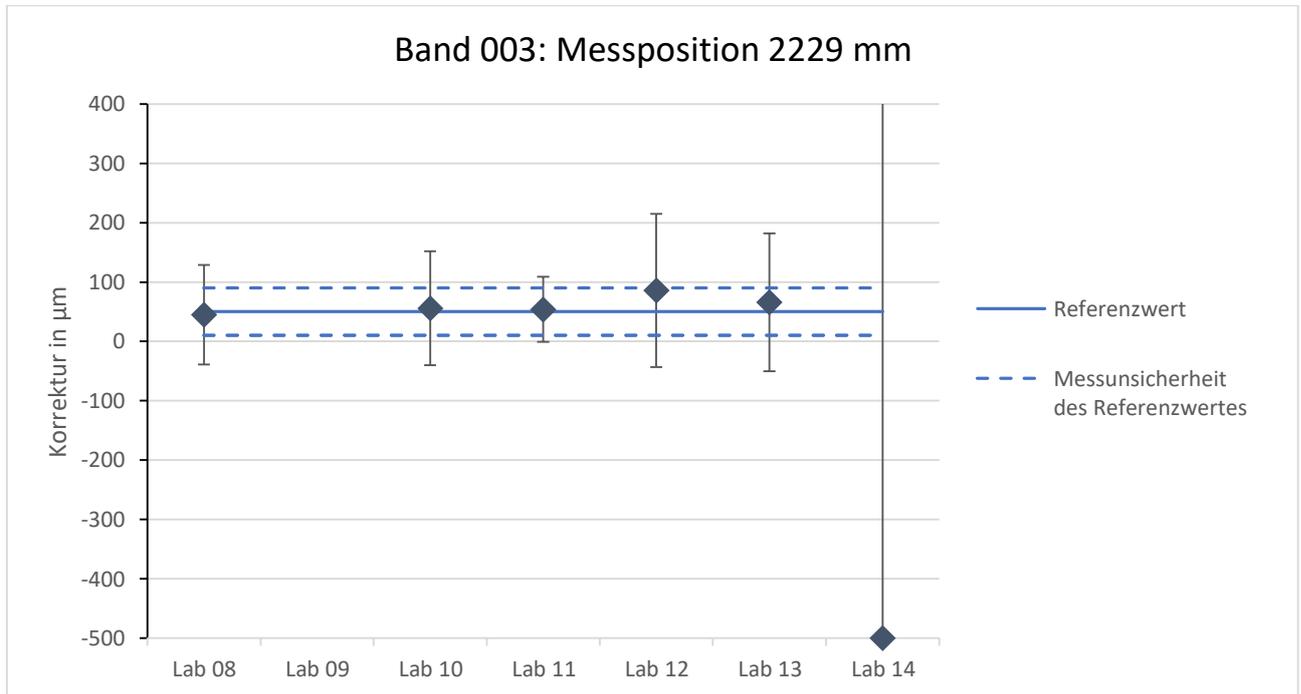


Abbildung 59: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 2229 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

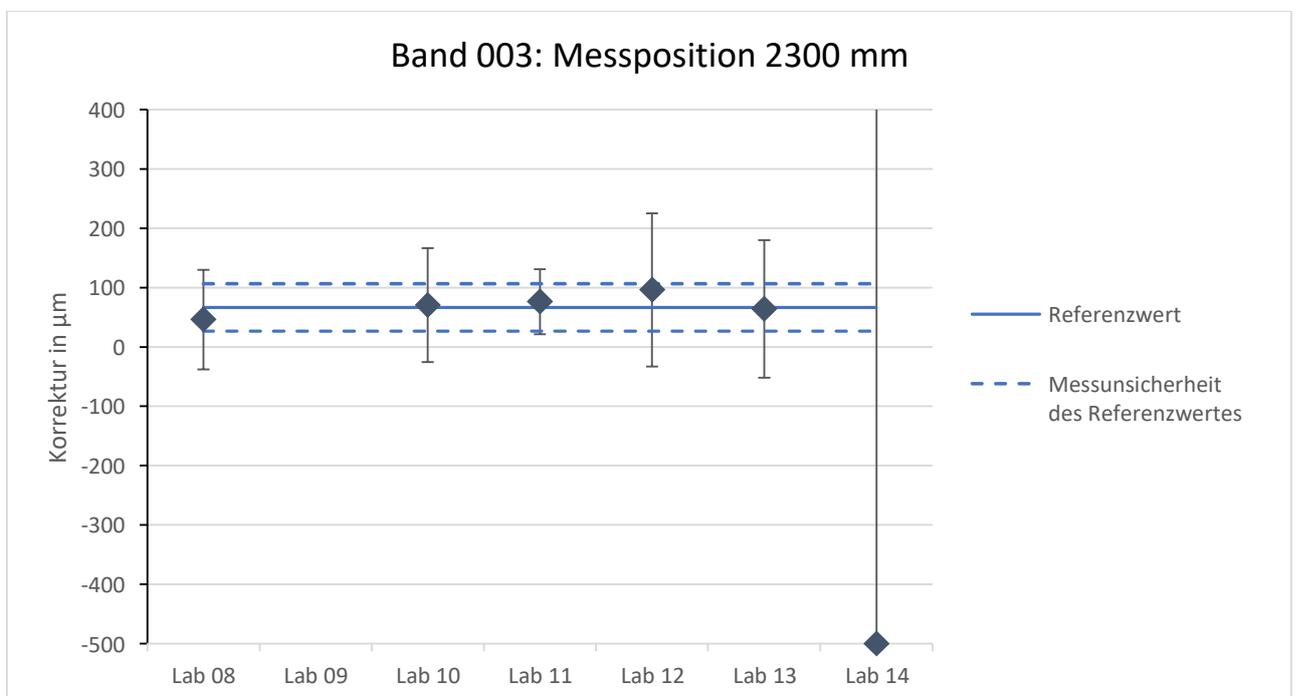


Abbildung 60: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 2300 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

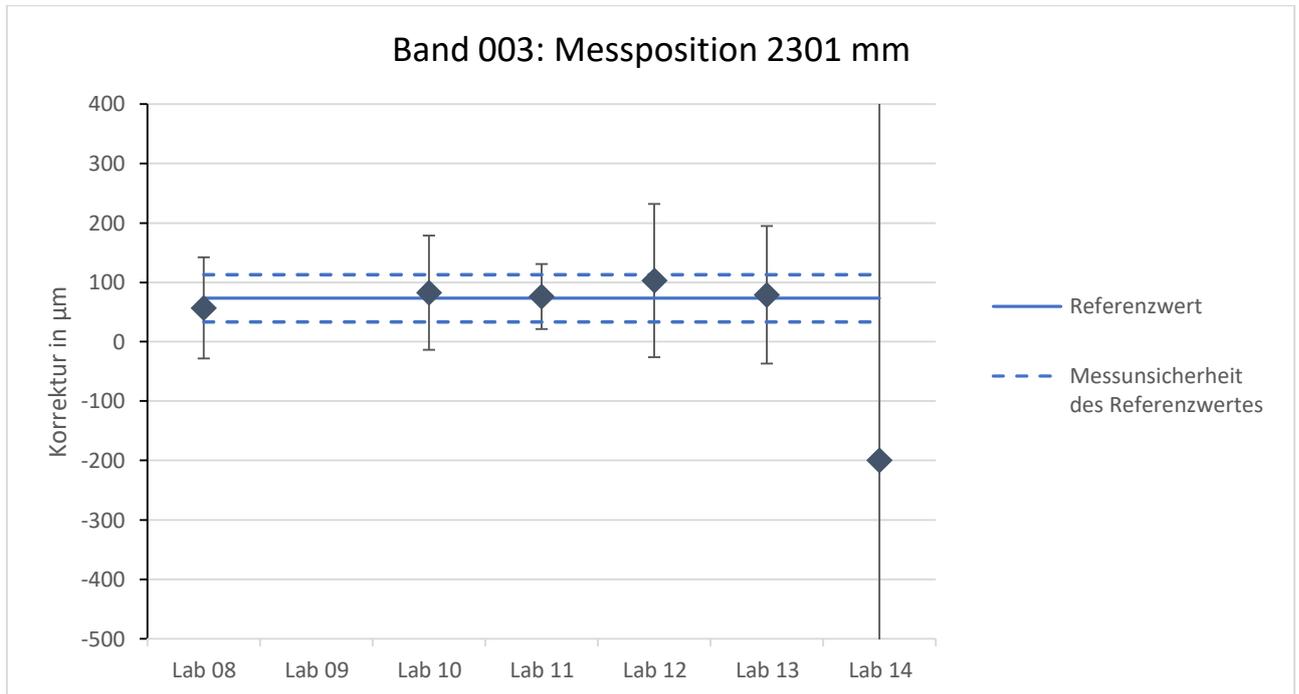


Abbildung 61: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 2301 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

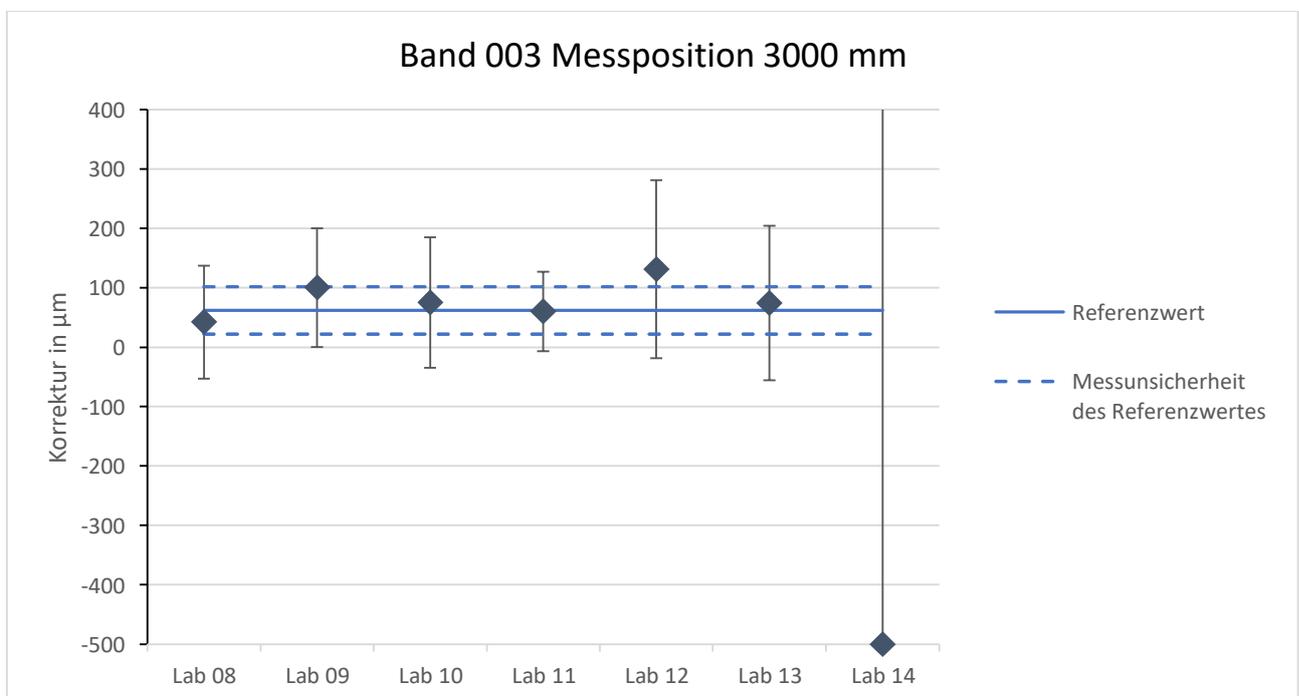


Abbildung 62: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 3000 mm

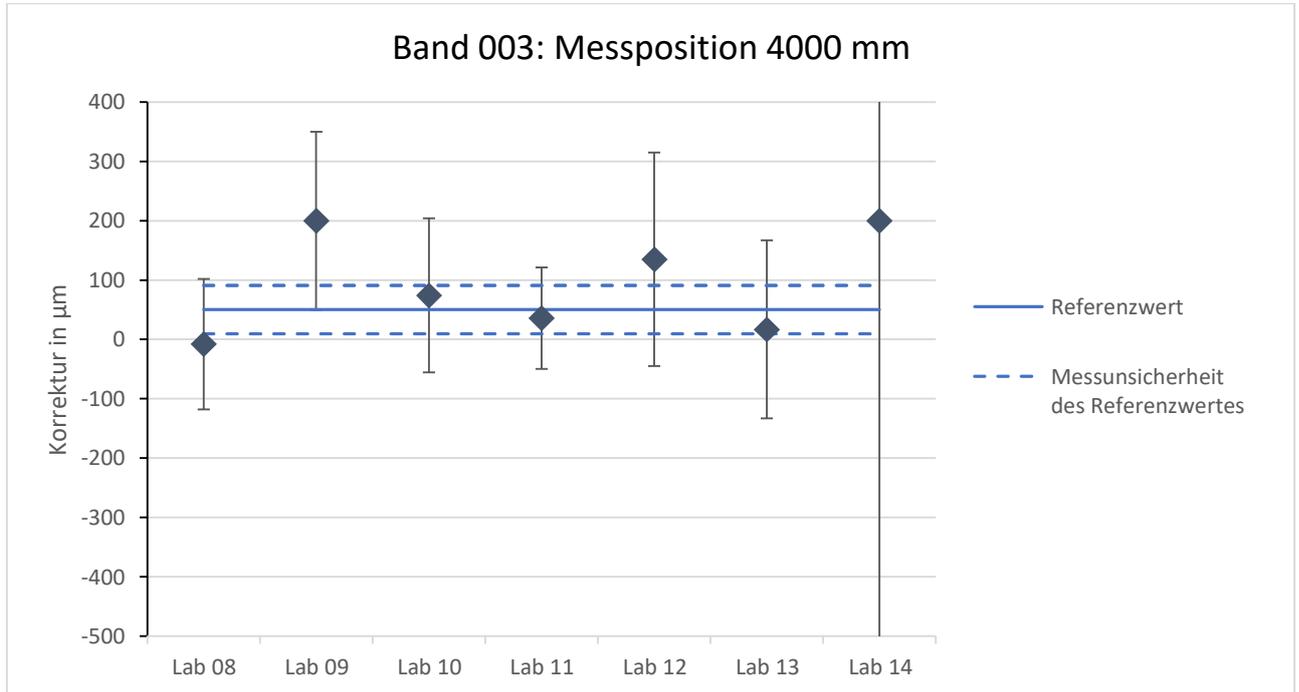


Abbildung 63: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 4000 mm

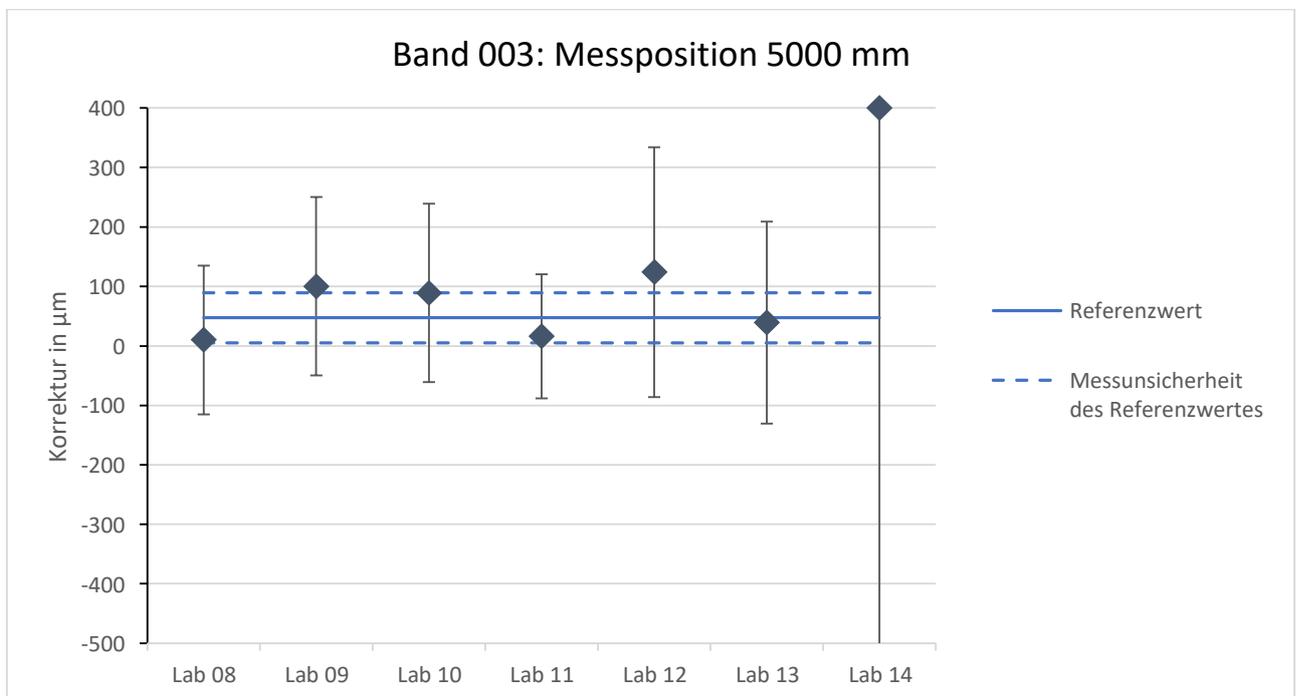


Abbildung 64: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 5000 mm

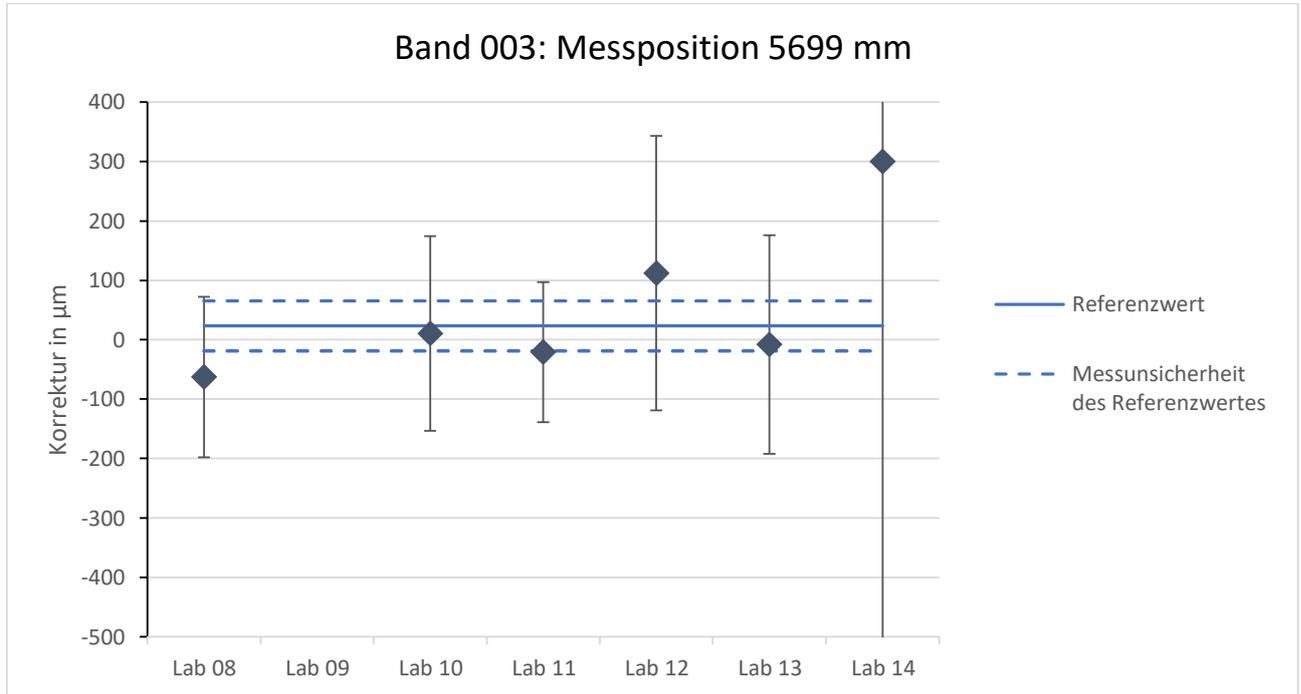


Abbildung 65: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 5699 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

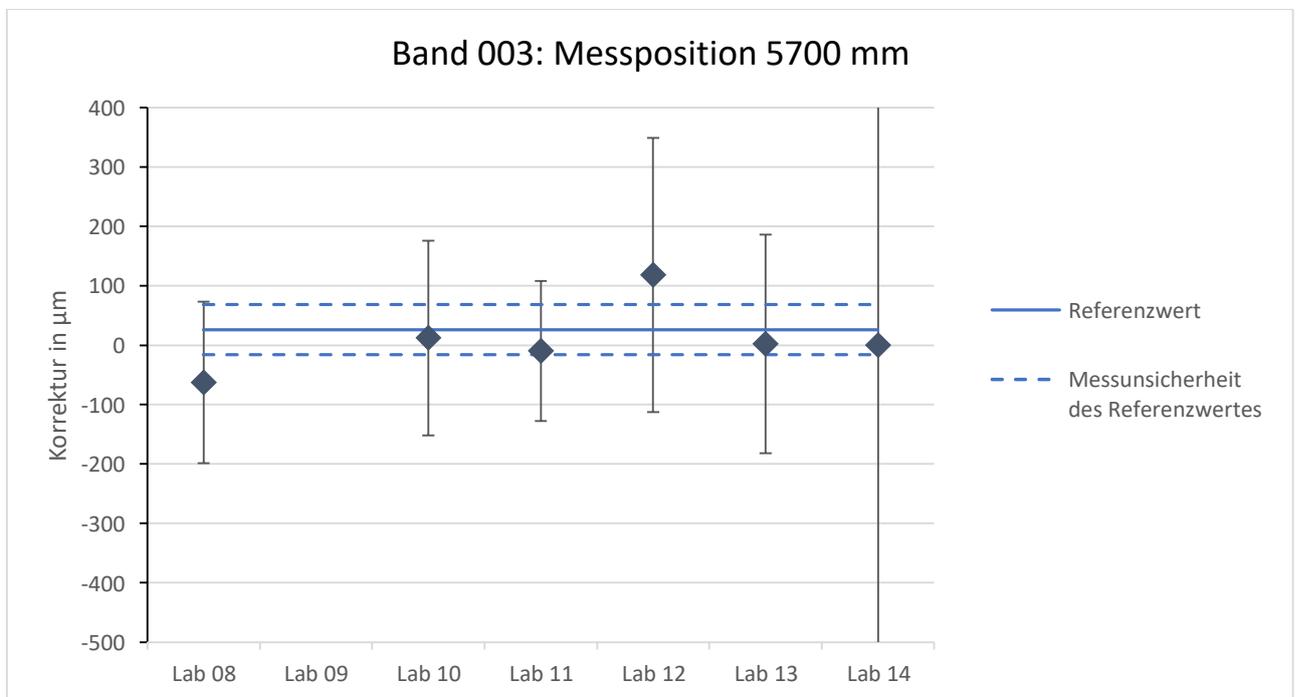


Abbildung 66: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 5700 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

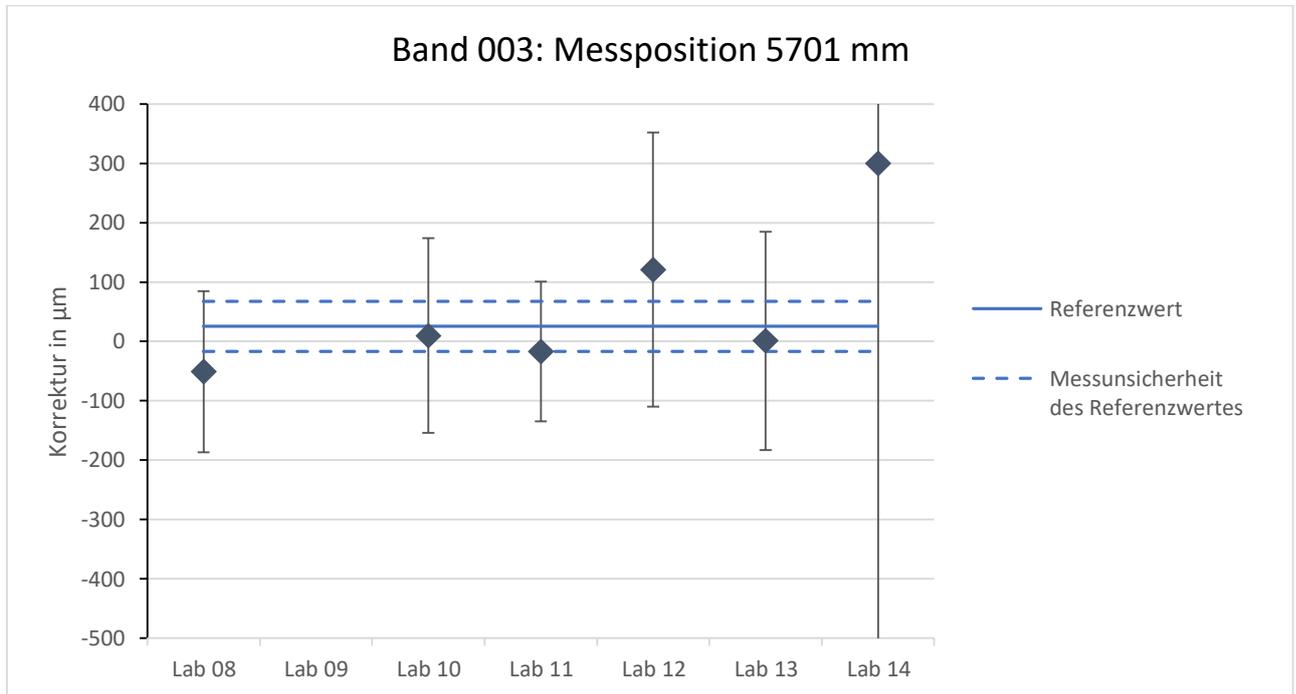


Abbildung 67: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 5701 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

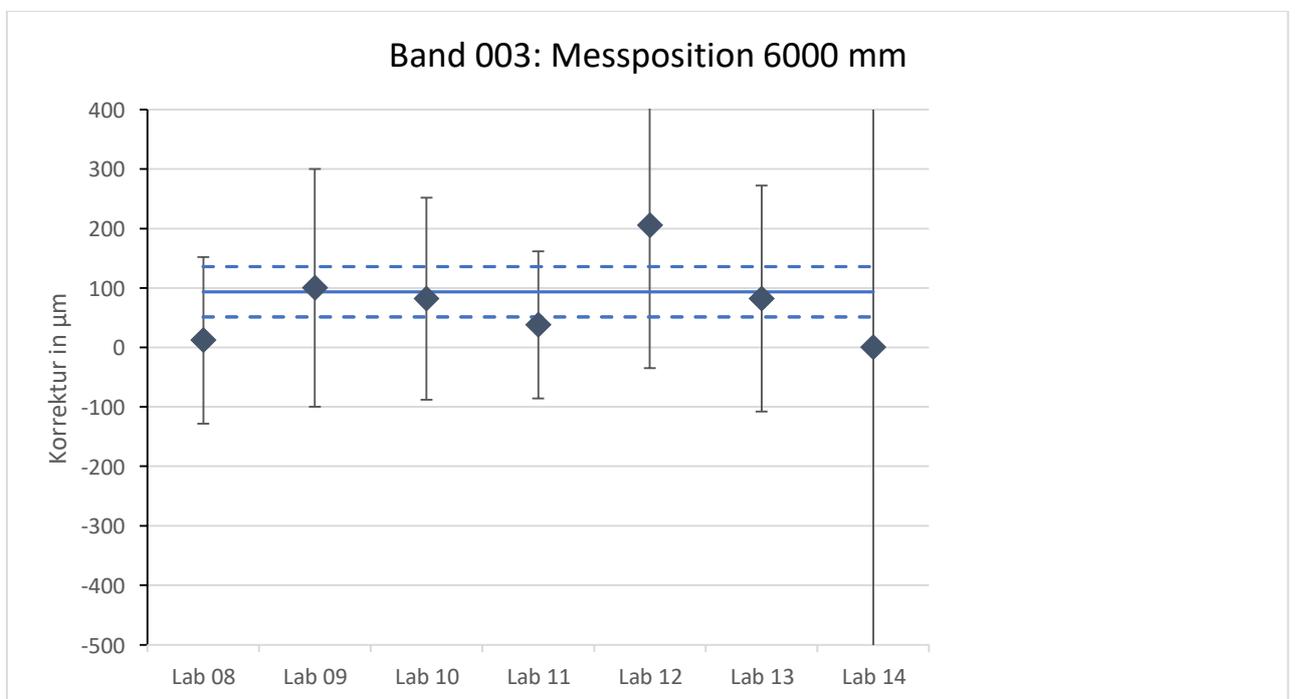


Abbildung 68: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 6000 mm

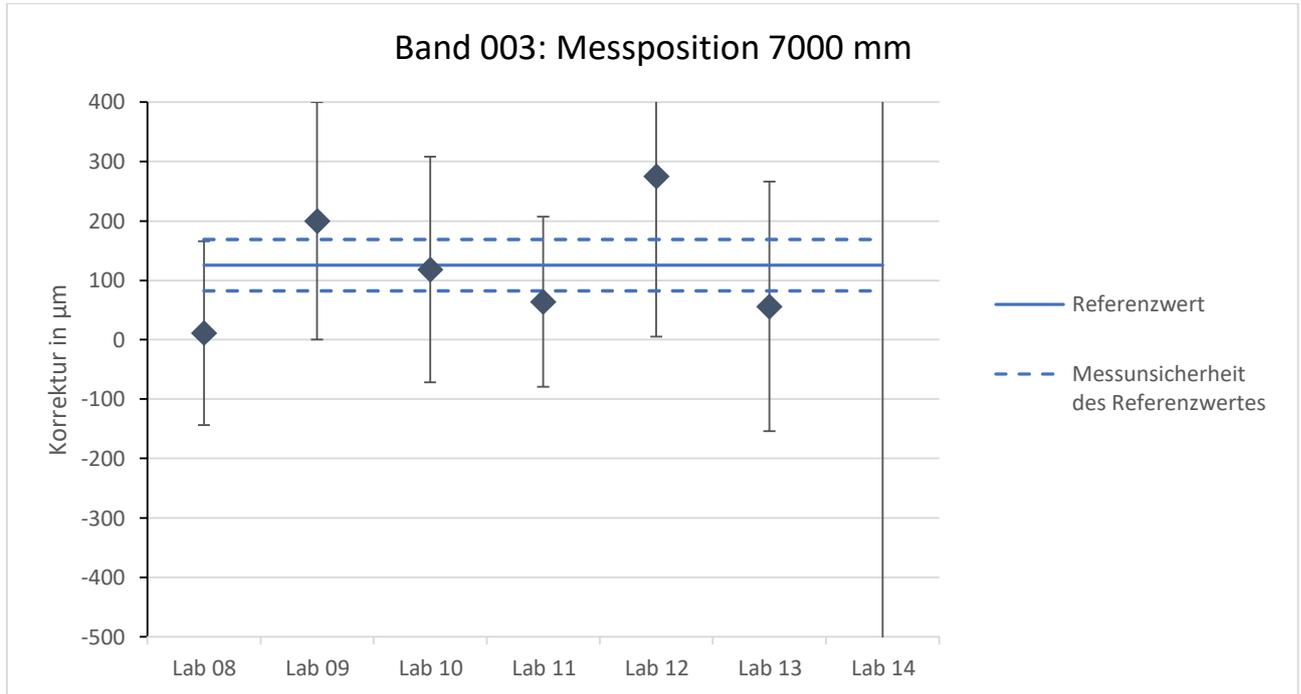


Abbildung 69: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 7000 mm. Der Wert des Labors 14 lag außerhalb des Darstellungsbereiches. Der Wert liegt bei 500 μm .

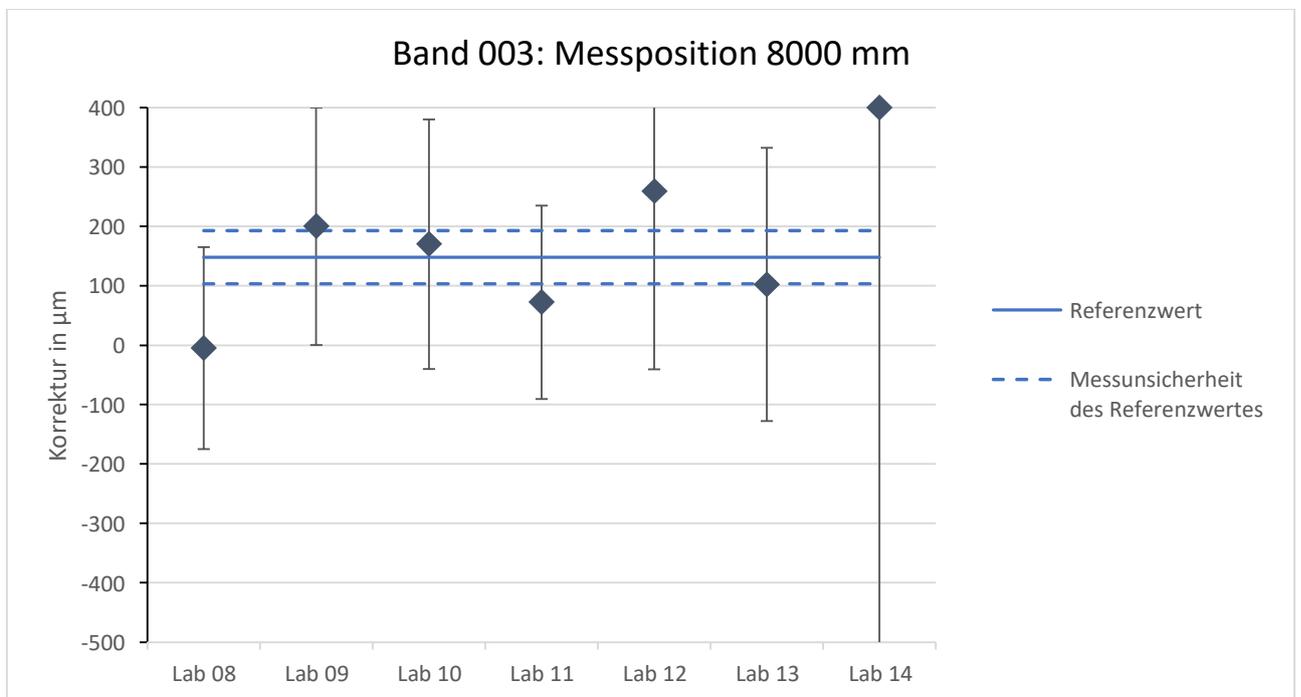


Abbildung 70: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 8000 mm

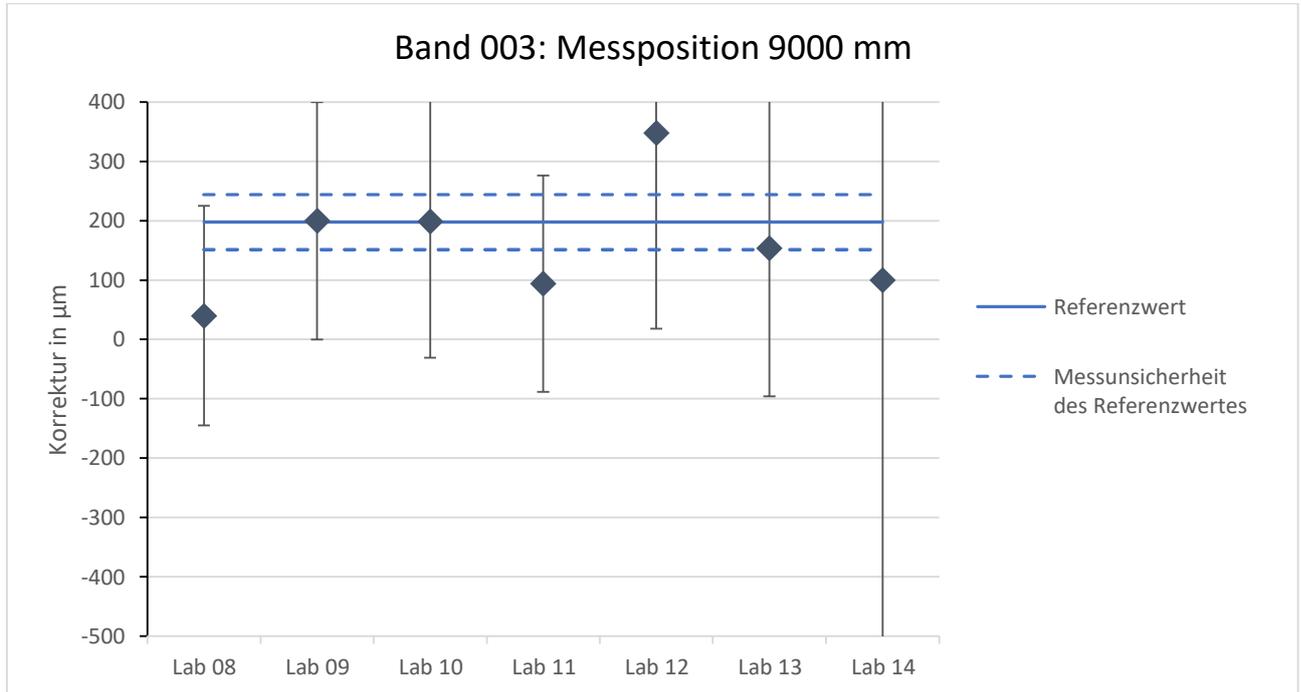


Abbildung 71: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 9000 mm

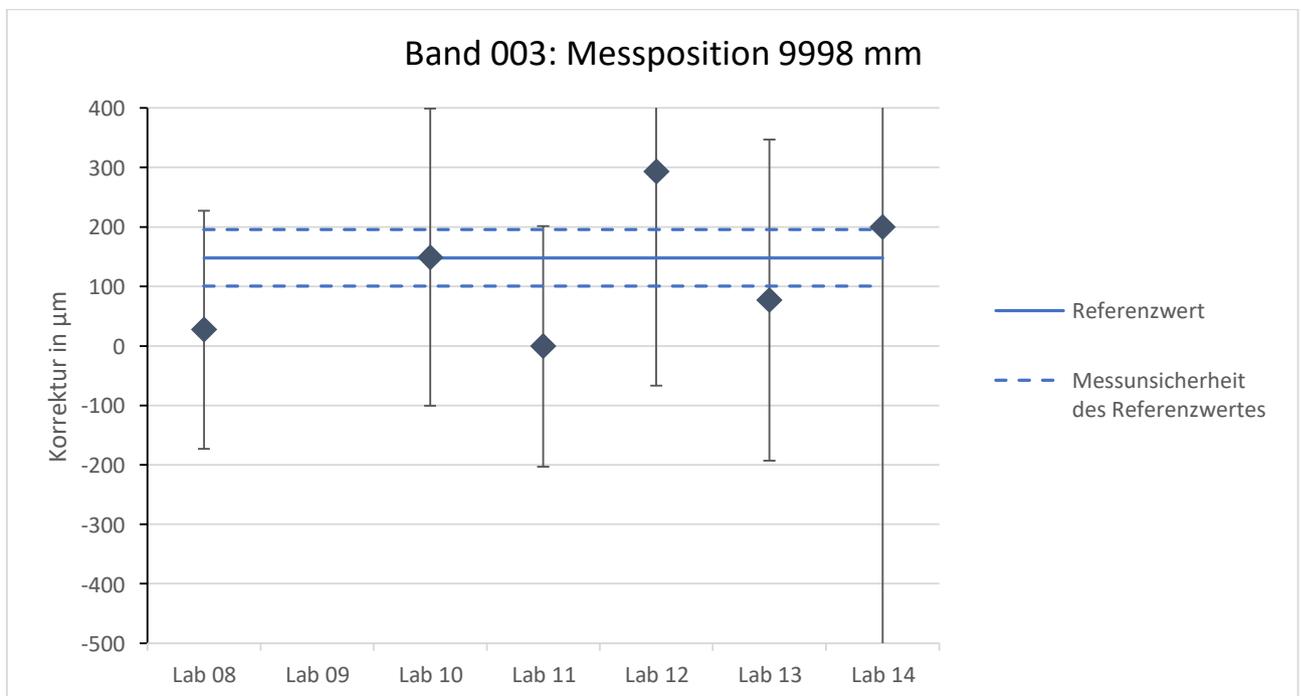


Abbildung 72: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 9998 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

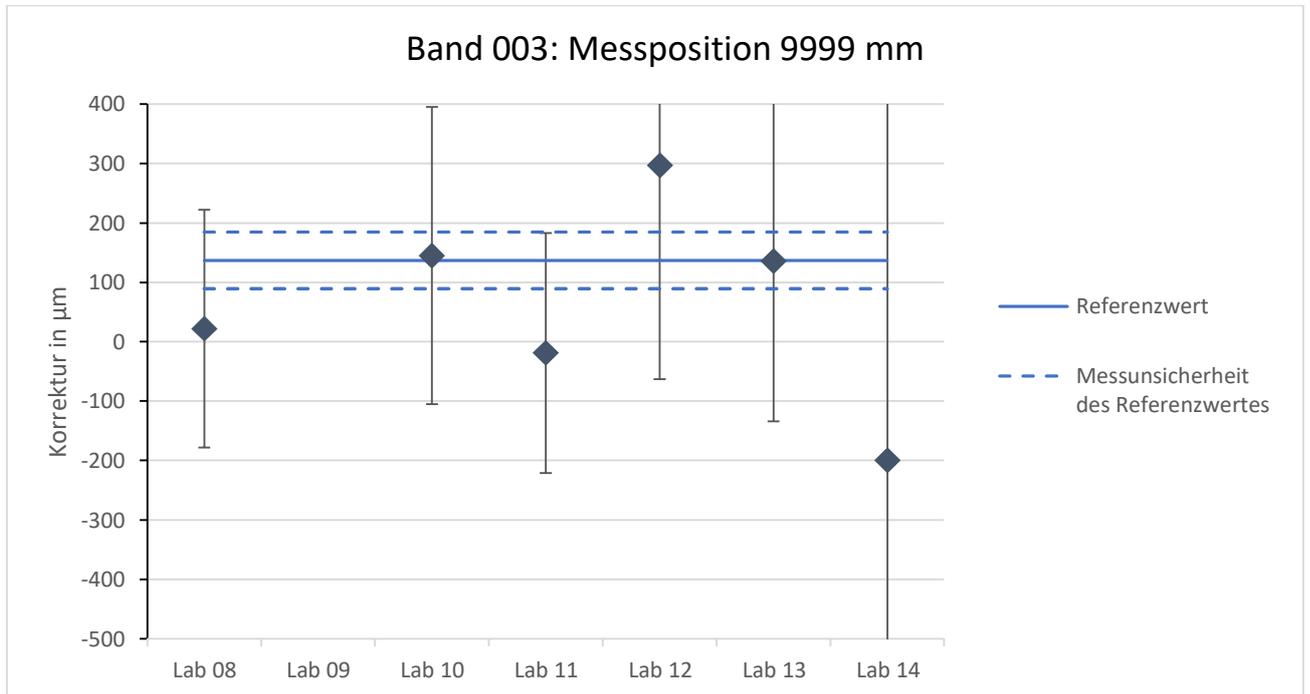


Abbildung 73: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 9999 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

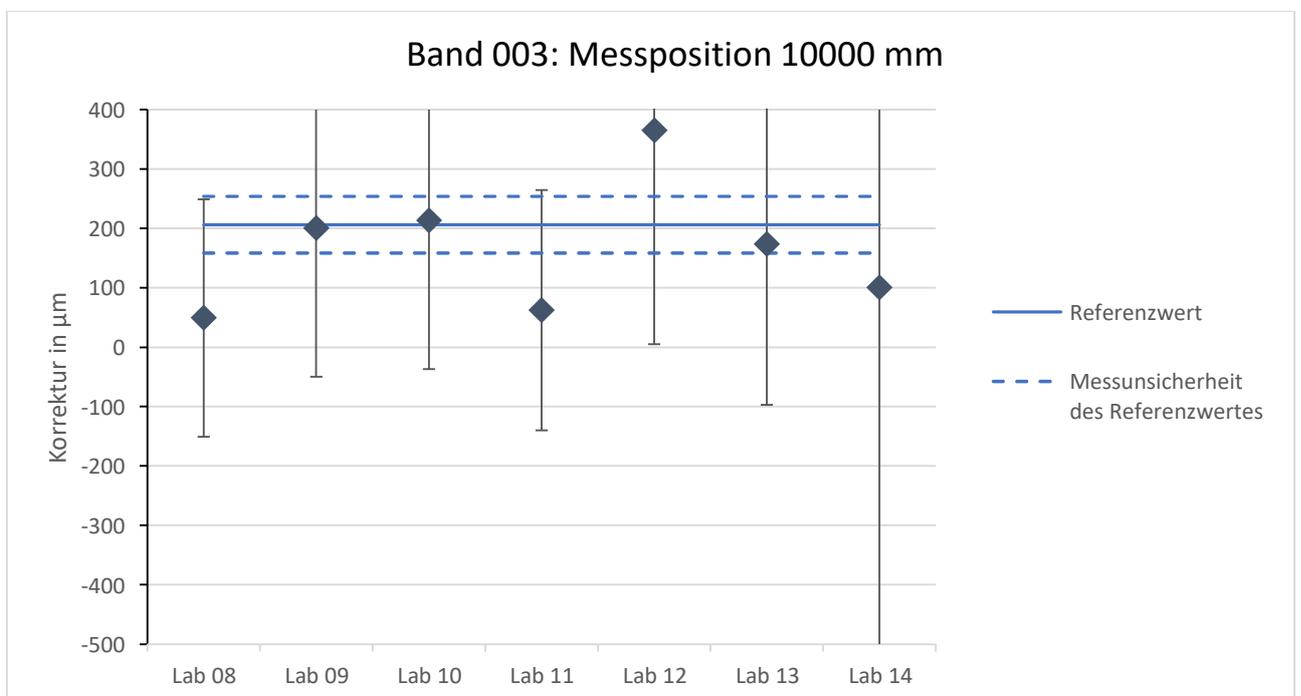


Abbildung 74: Messergebnisse des Bandes 003 an der Messposition 10000 mm



DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern

<https://doi.org/10.7795/550.20230419>

DKD-V 4-5

Ausgabe:	04/2023
Revision:	0
Seite:	50 / 65

Tabelle 7: Messergebnisse zum Band 004

Band 004																								
Messposition	506 mm			507 mm			508 mm			1000 mm			1004 mm			1005 mm			1006 mm			2000 mm		
Teilnehmer	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert																					
Lab 08	199	58	0,9	202	58	0,8	205	58	0,8	131	65	0,3	98	65	0,5	97	65	0,6	101	65	0,4	73	80	0,2
Lab 09										280	60	1,8										200	100	1,1
Lab 10	260	60	0,0	262	60	0,1	252	60	0,1	156	70	0,0	120	70	0,2	127	70	0,1	122	70	0,1	59	90	0,3
Lab 11	251	32	0,2	248	32	0,2	244	32	0,3	157	36	0,0	129	36	0,1	131	36	0,1	127	36	0,1	84	50	0,1
Lab 12	268	75	0,1	247	75	0,1	242	75	0,2	145	90	0,1	122	90	0,1	122	90	0,2	121	90	0,1	48	120	0,3
Lab 13	217	80	0,5	235	80	0,2	210	80	0,6	124	90	0,3	106	90	0,3	103	90	0,4	102	90	0,3	79	110	0,1
Lab 14	300	2423	0,0	300	2423	0,0	100	2423	0,1	-100	2445	0,1	100	2445	0,0	100	2445	0,0	100	2445	0,0	100	2490	0,0
PTB	260	31		255	31		257	31		155	32		133	32		137	32		130	31		89	32	

Band 004																								
Messposition	2299 mm			2300 mm			2301 mm			3000 mm			4000 mm			5000 mm			5699 mm			5700 mm		
Teilnehmer	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert																					
Lab 08	79	84	0,4	86	84	0,4	91	85	0,4	-22	95	0,4	-46	110	0,3	-80	125	0,3	-118	135	0,3	-119	136	0,4
Lab 09										100	100	0,8	0	150	0,1	0	150	0,3						
Lab 10	116	96	0,0	125	96	0,0	140	96	0,1	14	110	0,0	-3	130	0,1	-25	150	0,1	-59	164	0,1	-51	164	0,1
Lab 11	103	55	0,1	120	55	0,1	118	55	0,2	-4	67	0,2	-36	85	0,2	-85	104	0,4	-136	118	0,5	-125	118	0,5
Lab 12	84	129	0,2	89	129	0,3	92	129	0,3	-28	150	0,3	-48	180	0,2	-94	210	0,2	-110	231	0,2	-103	231	0,2
Lab 13	95	116	0,1	98	116	0,2	109	116	0,2	11	130	0,0	-49	150	0,2	-45	170	0,0	-83	184	0,1	-82	184	0,1
Lab 14	0	2503	0,0	-100	2503	0,1	200	2504	0,0	-300	2535	0,1	-200	2580	0,1	300	2625	0,1	200	2656	0,1	400	2657	0,2
PTB	112	32		123	32		132	33		14	33		-14	34		-43	36		-70	38		-65	38	

Band 004																								
Messposition	5701 mm			6000 mm			7000 mm			8000 mm			9000 mm			9998 mm			9999 mm			10000 mm		
Teilnehmer	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert	Korr/μm	U (k=2)/μm	En-Wert																		
Lab 08	-118	136	0,3	-111	140	0,3	-104	155	0,3	-94	170	0,3	-82	185	0,3	-167	200	0,4	-124	200	0,1	-93	200	0,3
Lab 09				0	200	0,3	-100	200	0,2	-100	200	0,3	0	200	0,1							-100	250	0,3
Lab 10	-56	164	0,1	-43	170	0,1	-47	190	0,1	-70	210	0,2	-48	230	0,1	-91	250	0,0	-117	250	0,1	-27	250	0,0
Lab 11	-127	118	0,5	-126	124	0,5	-128	143	0,5	-131	163	0,6	-130	182	0,6	-242	202	0,7	-248	202	0,7	-173	202	0,7
Lab 12	-113	231	0,2	-82	240	0,1	-103	270	0,2	-97	300	0,2	-46	330	0,1	-80	360	0,0	-89	360	0,0	-15	360	0,0
Lab 13	-85	184	0,1	-79	190	0,1	-61	210	0,0	-19	230	0,1	4	250	0,1	-50	270	0,2	-16	270	0,3	25	270	0,2
Lab 14	300	2657	0,1	400	2670	0,2	200	2715	0,1	300	2760	0,1	600	2805	0,2	400	2850	0,2	100	2850	0,1	400	2850	0,1
PTB	-70	38		-61	38		-57	40		-35	43		-18	44		-93	46		-96	46		-24	46	

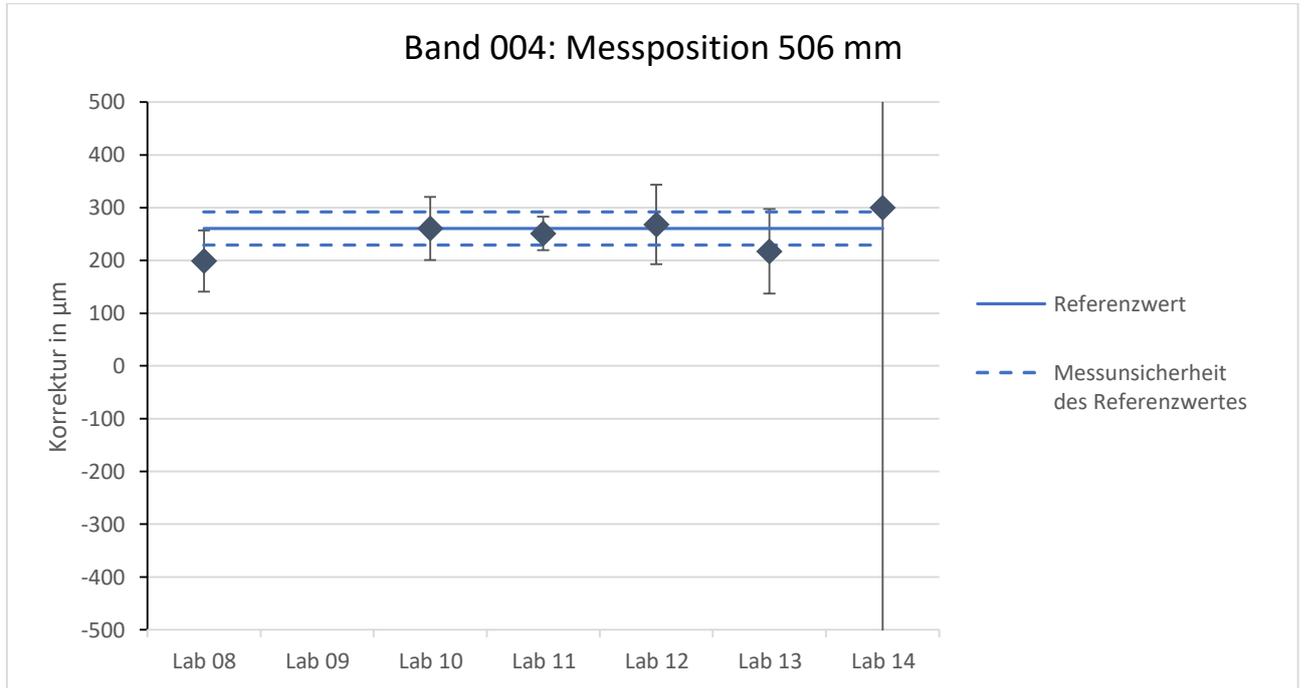


Abbildung 75: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 506 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

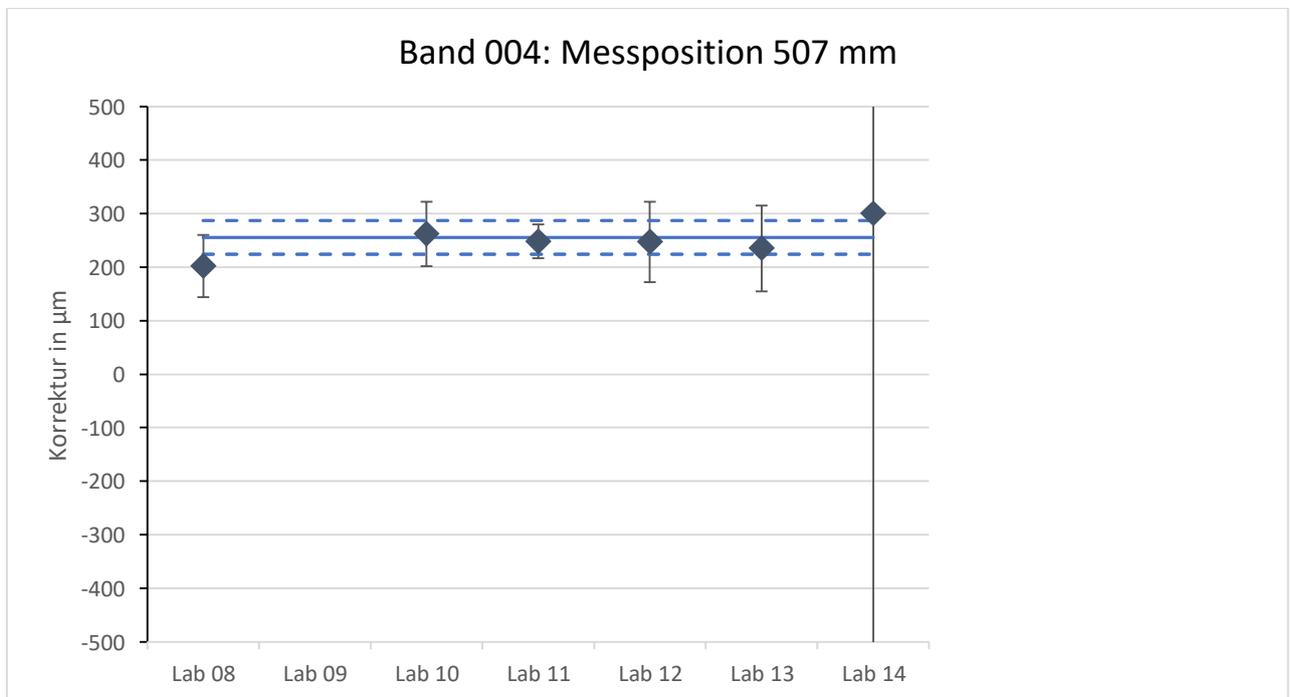


Abbildung 76: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 507 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

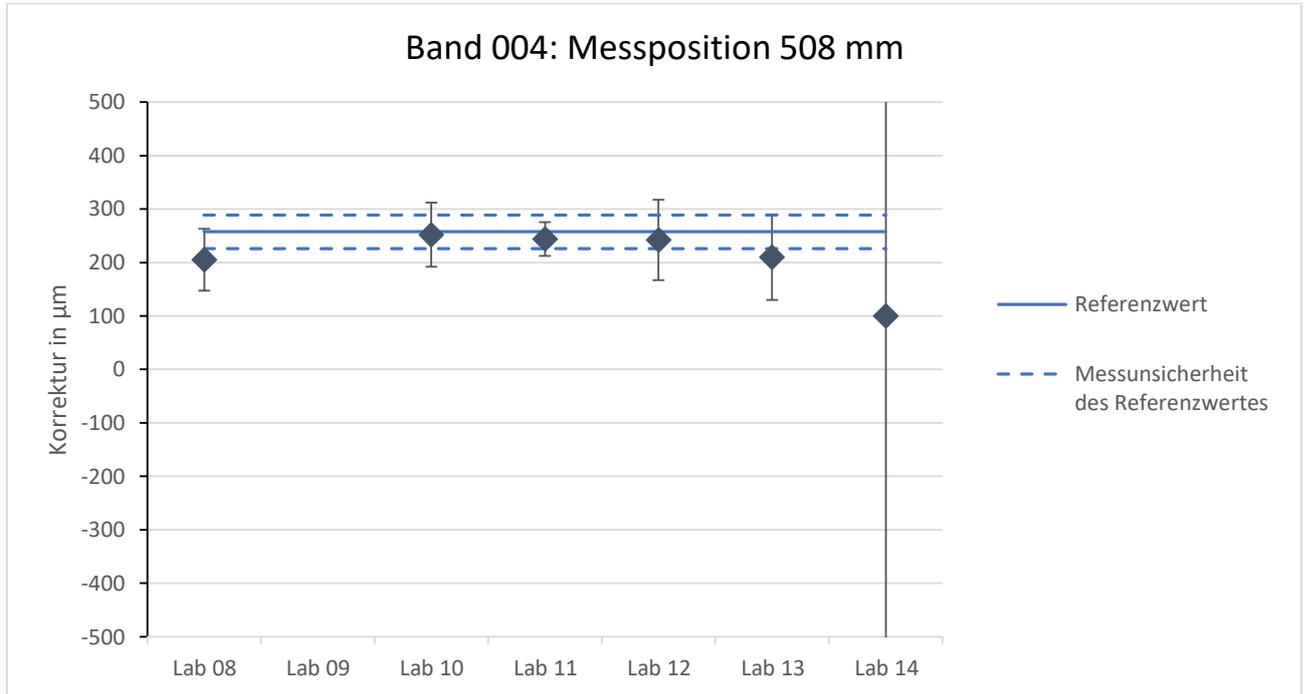


Abbildung 77: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 508 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

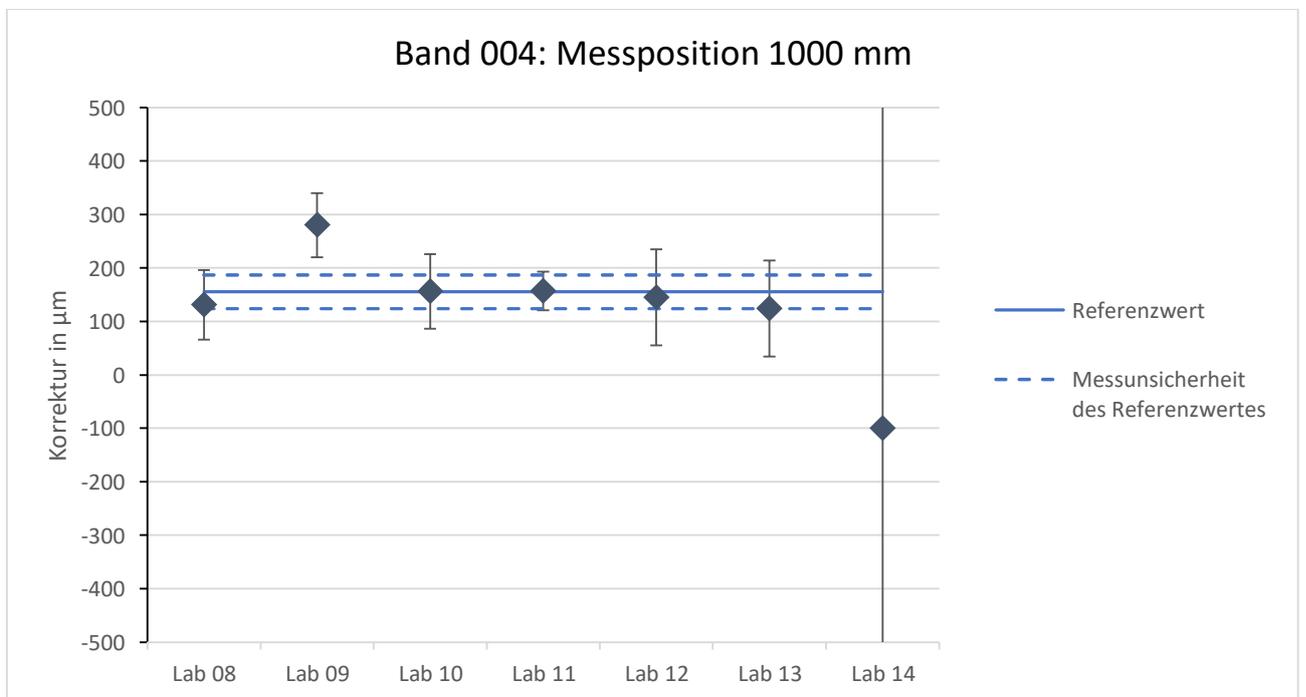


Abbildung 78: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 1000 mm

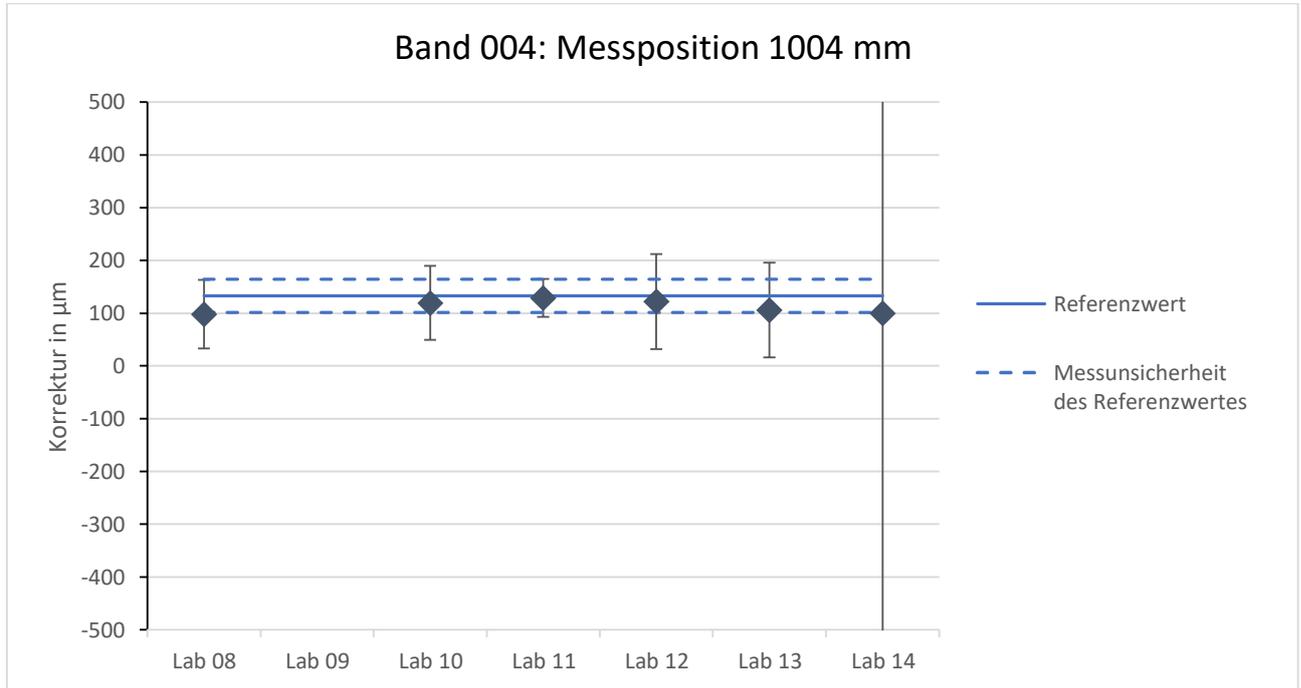


Abbildung 79: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 1004 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

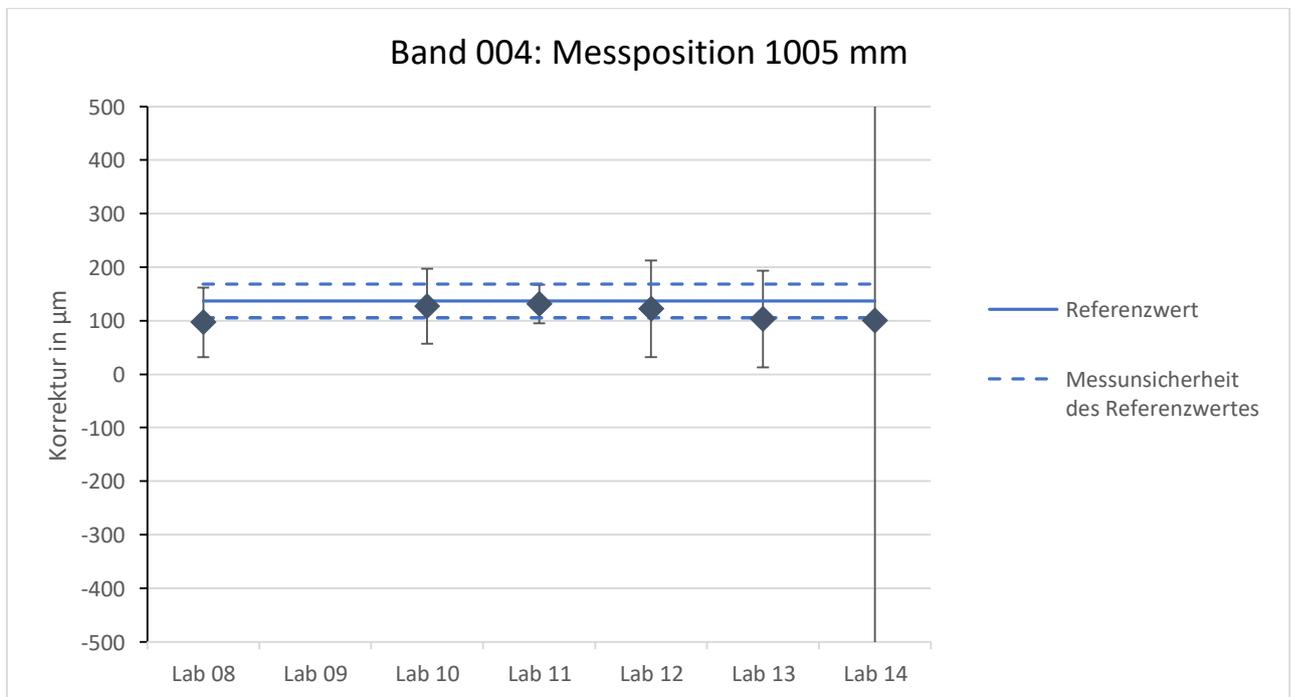


Abbildung 80: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 1005 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

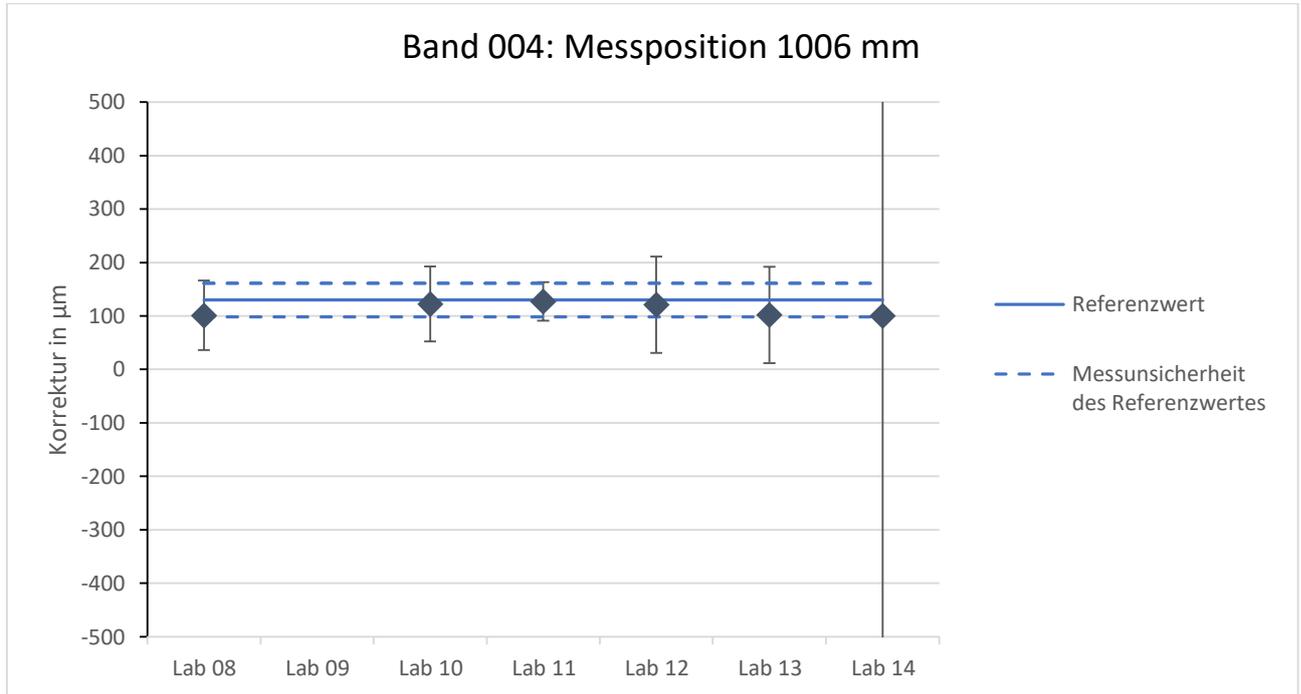


Abbildung 81: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 1006 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

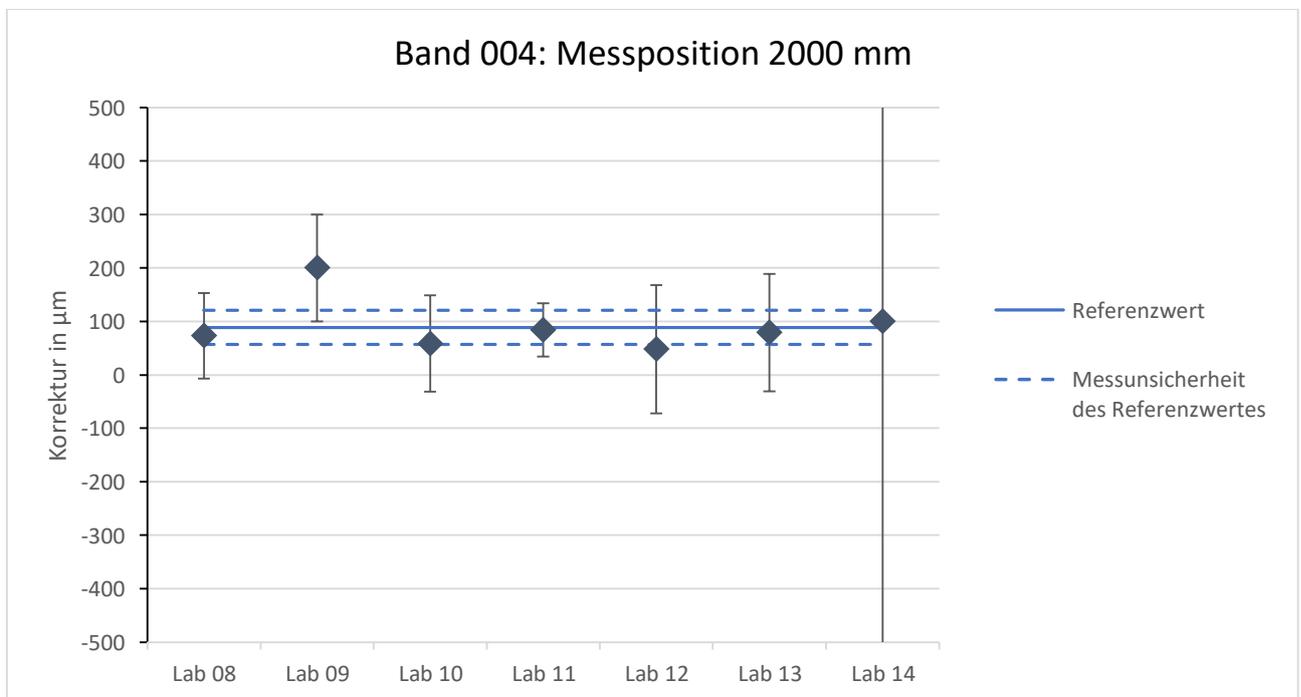


Abbildung 82: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 2000 mm

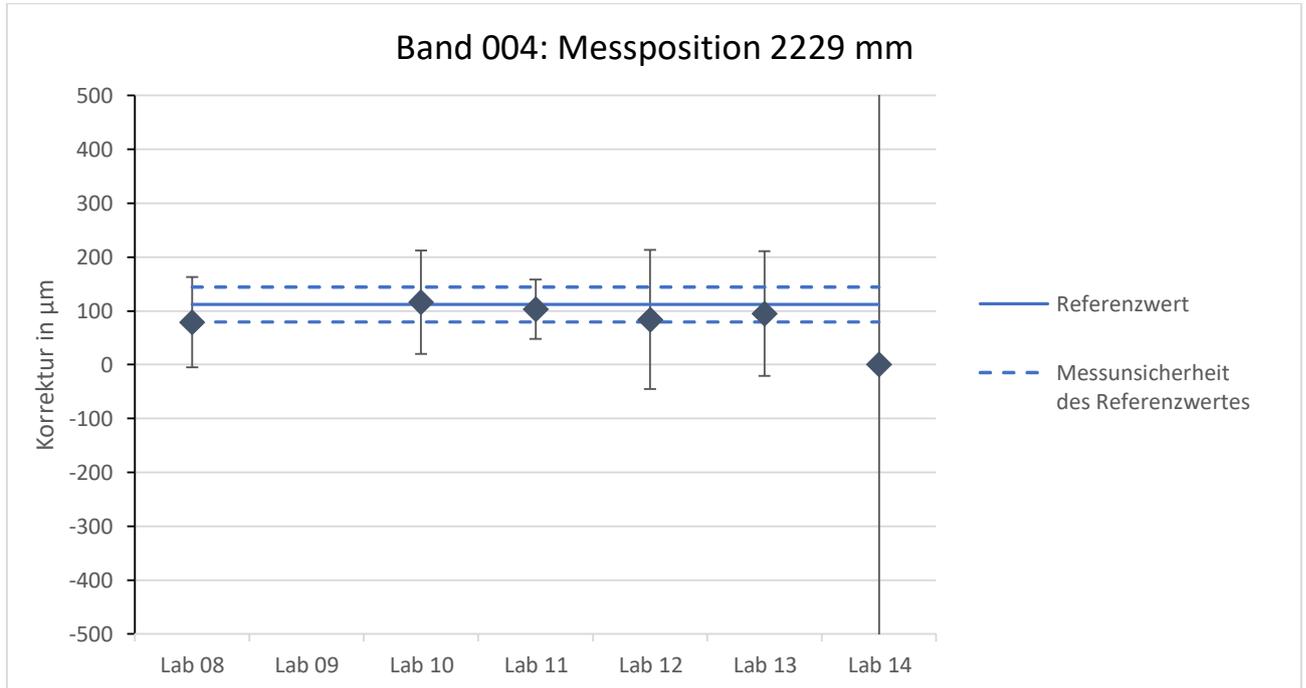


Abbildung 83: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 2229 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

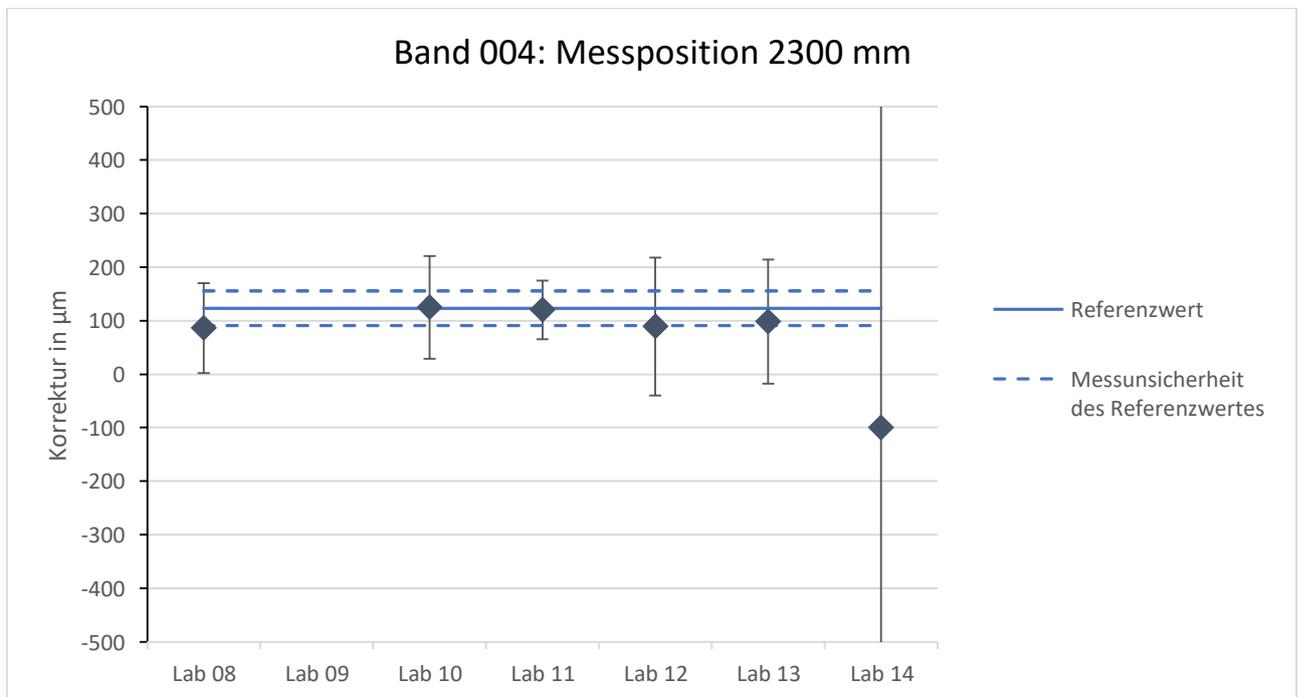


Abbildung 84: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 2300 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

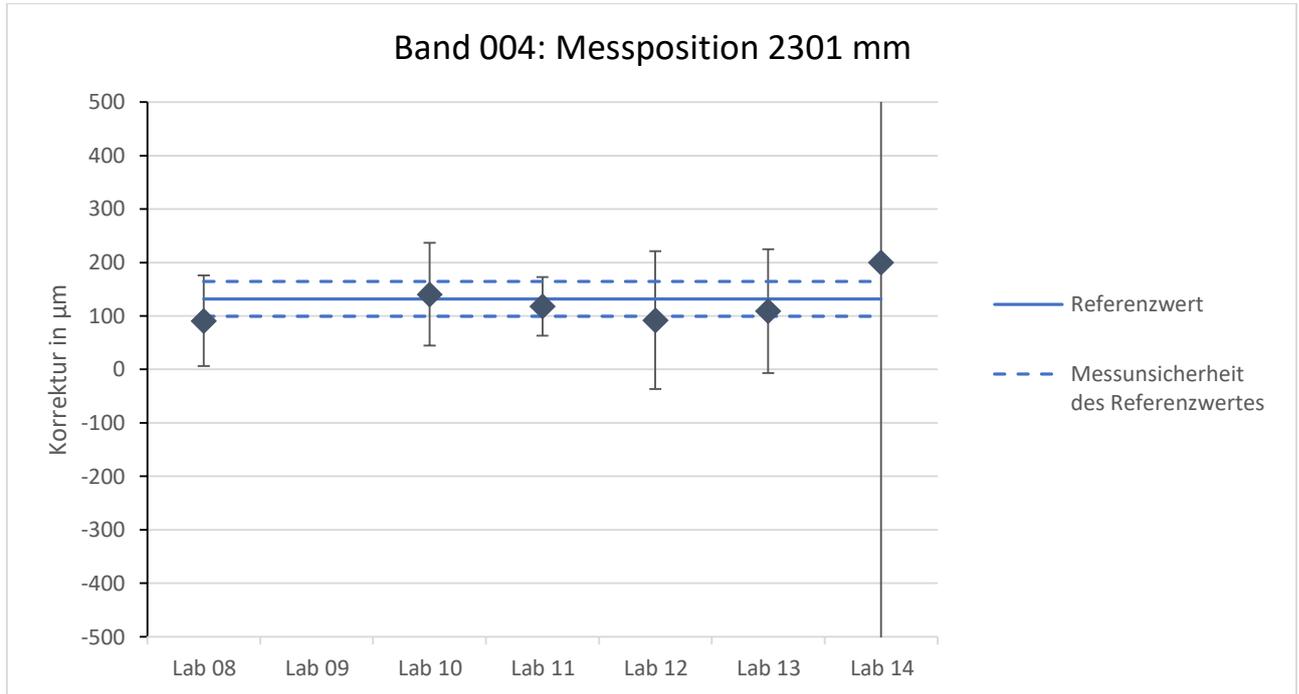


Abbildung 85: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 2301 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

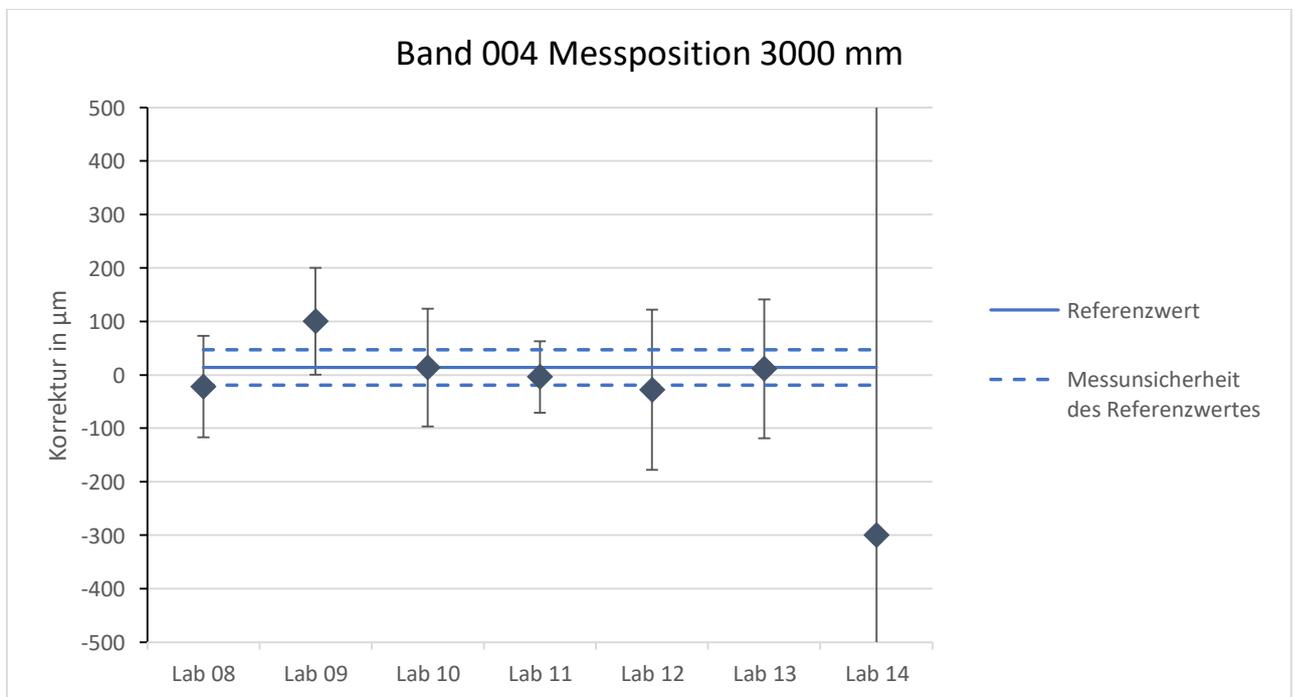


Abbildung 86: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 3000 mm

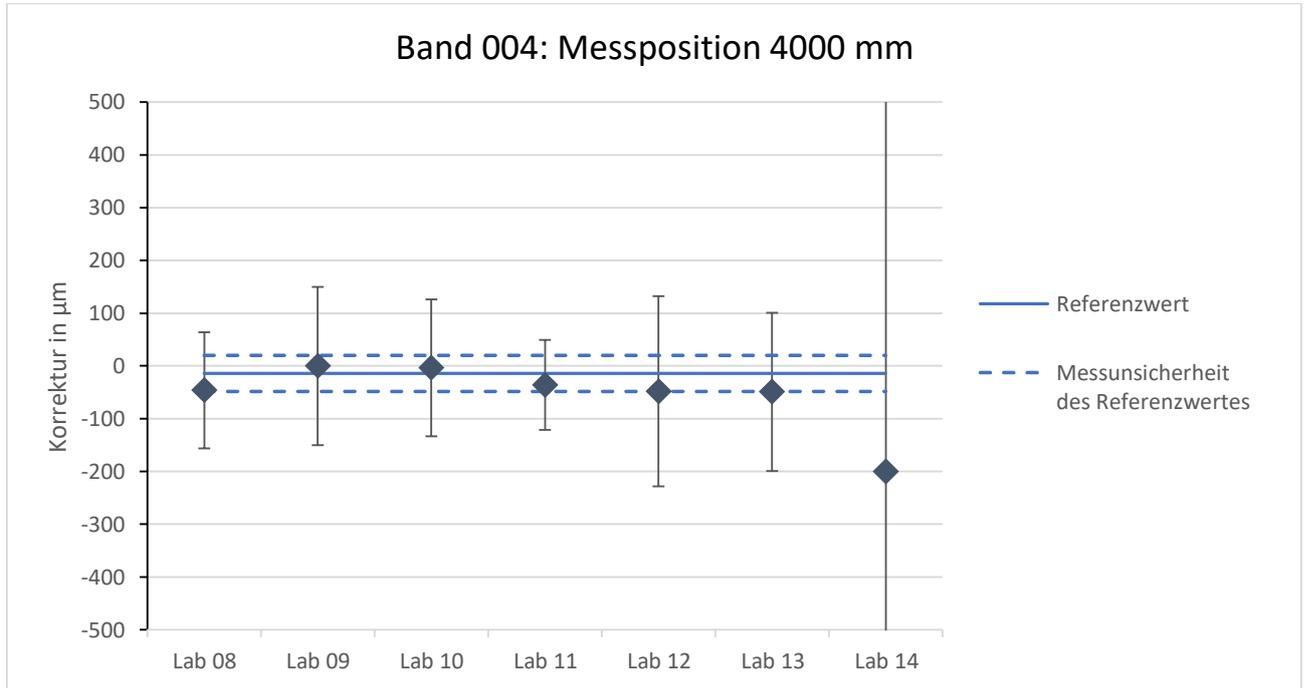


Abbildung 87: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 4000 mm

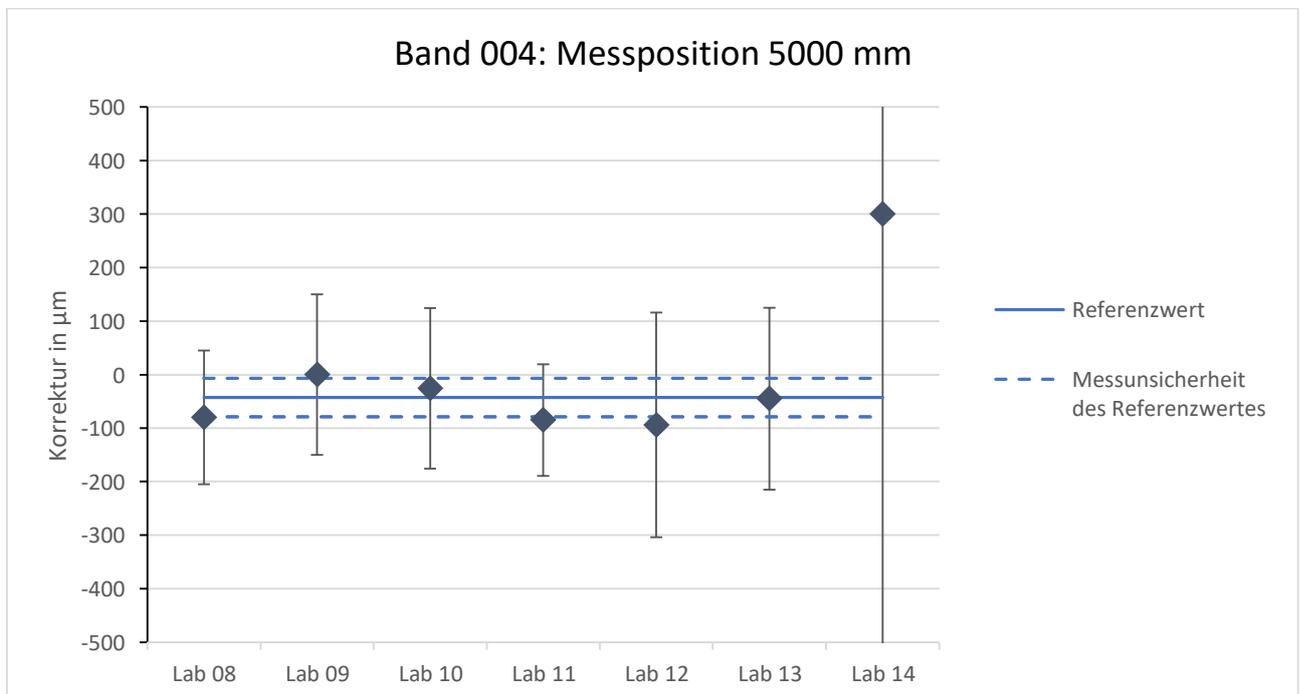


Abbildung 88: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 5000 mm

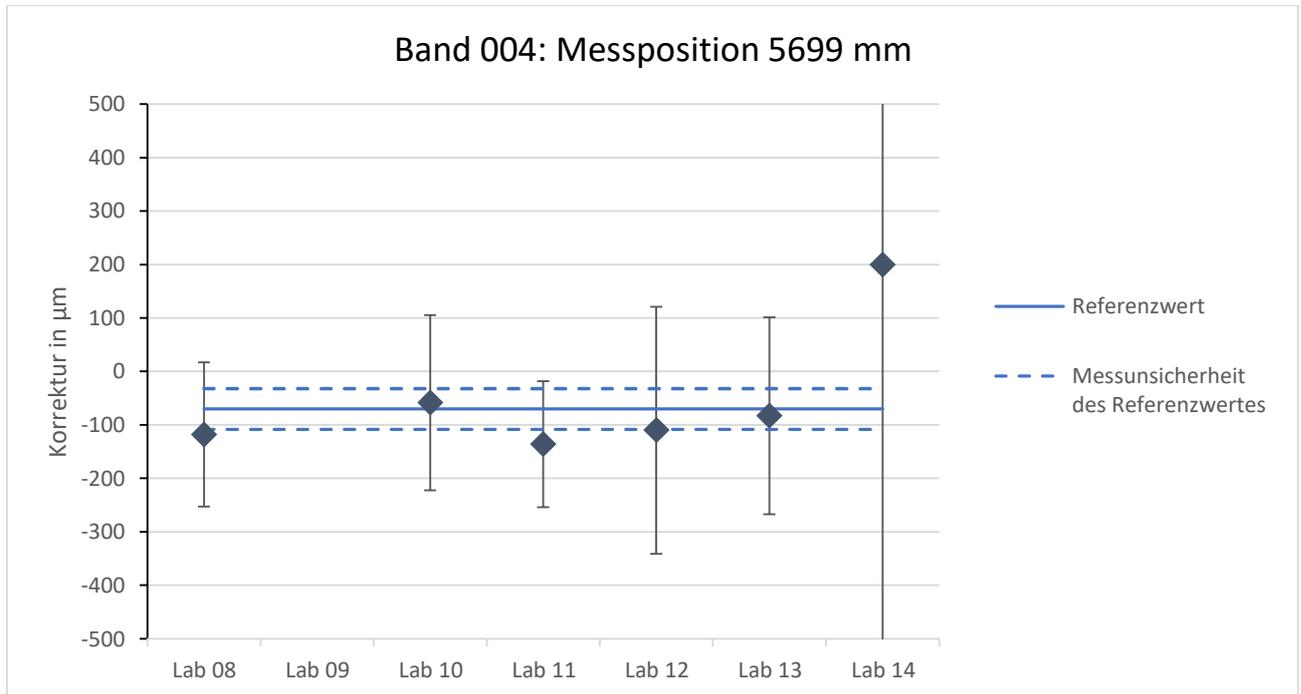


Abbildung 89: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 5699 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

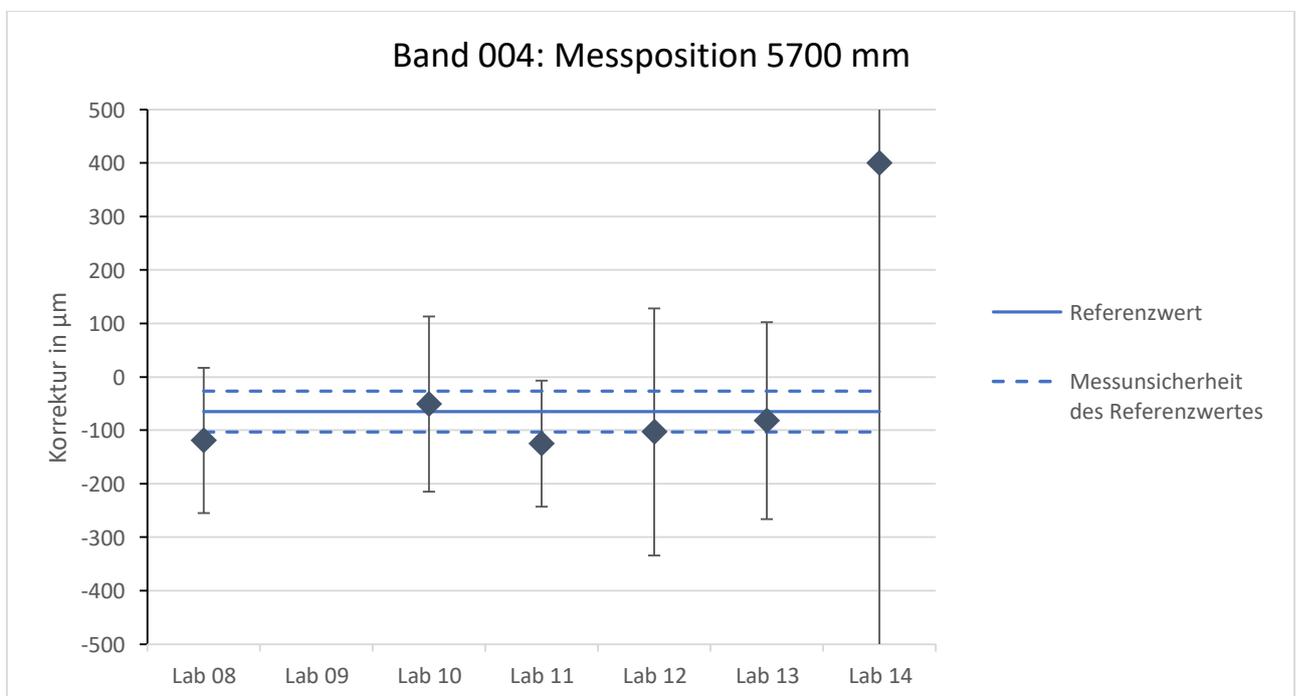


Abbildung 90: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 5700 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

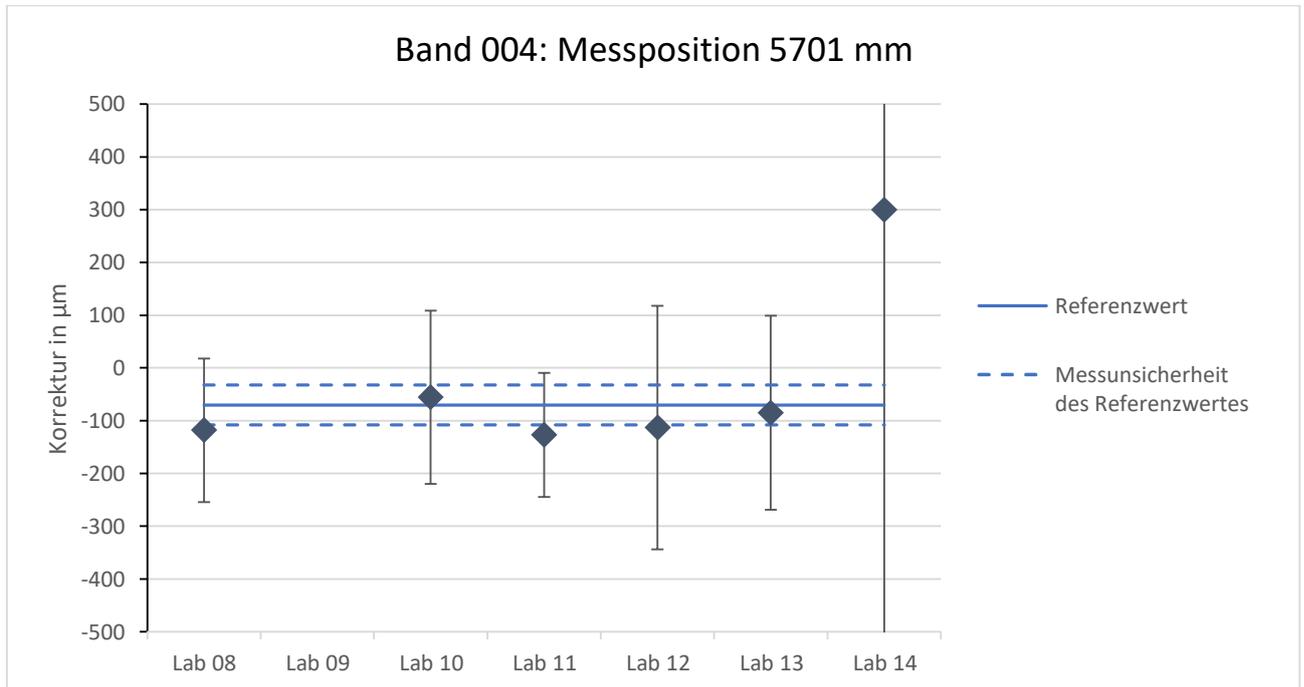


Abbildung 91: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 5701 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

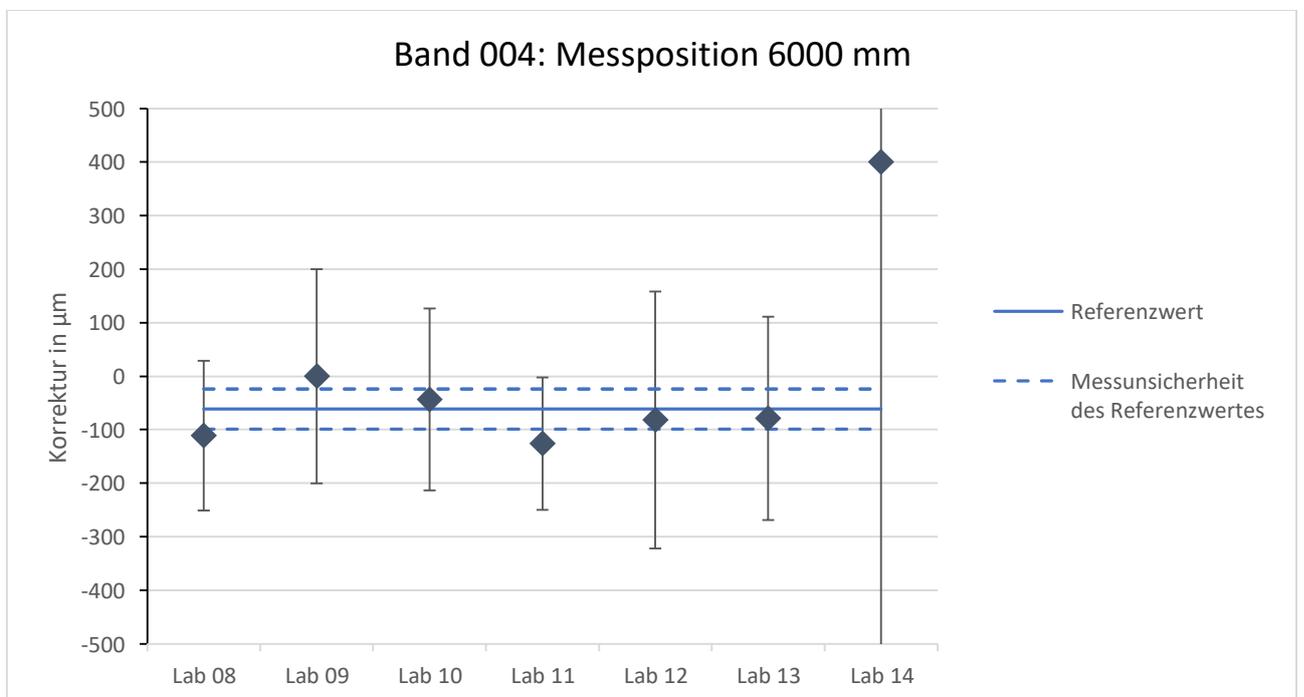


Abbildung 92: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 6000 mm

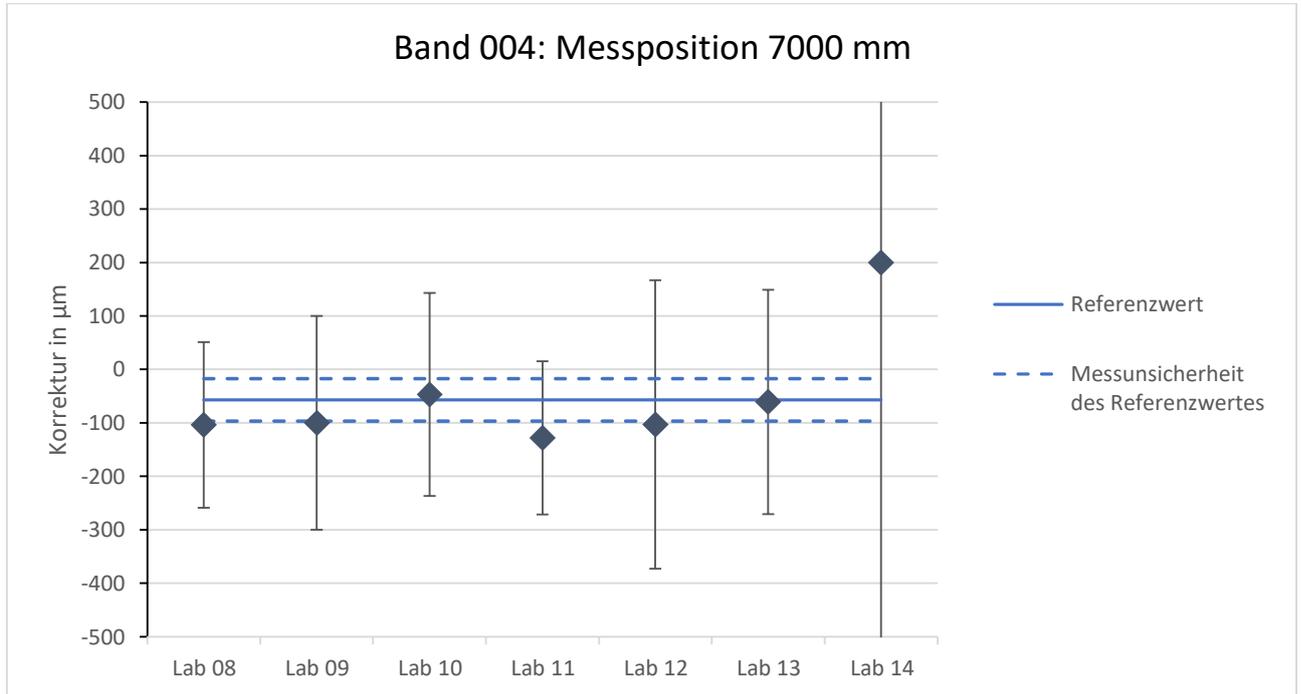


Abbildung 93: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 7000 mm

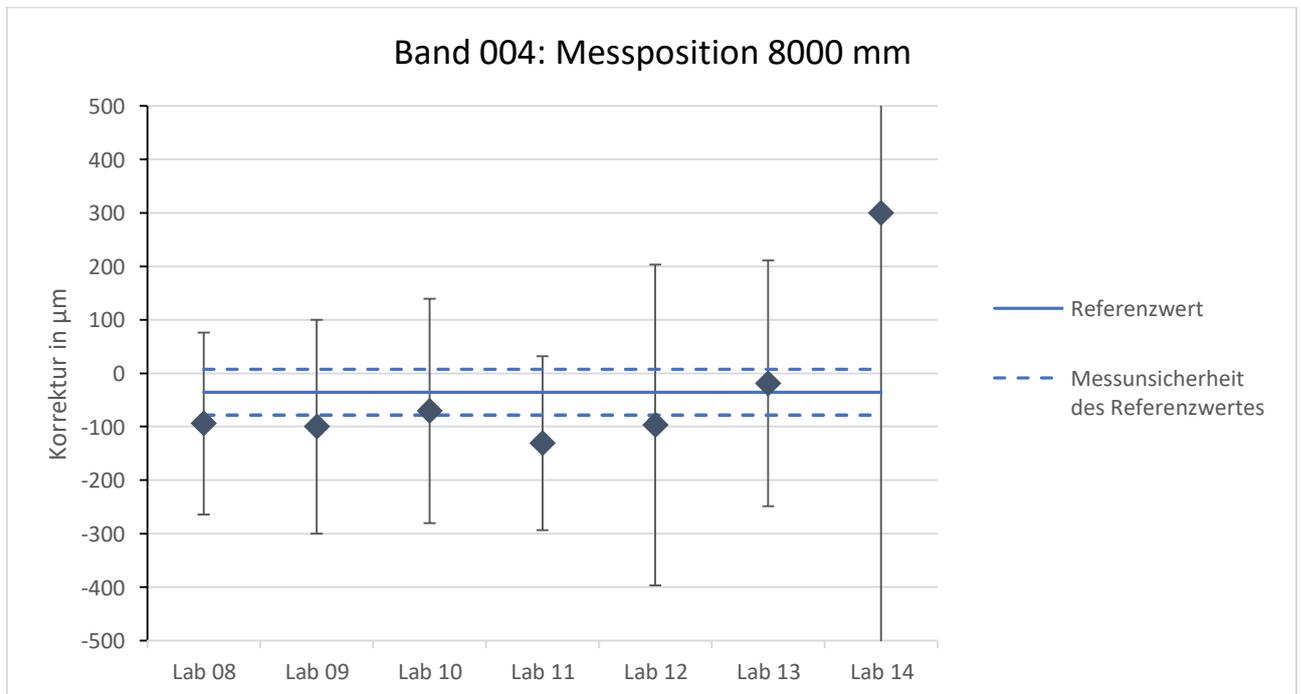


Abbildung 94: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 8000 mm

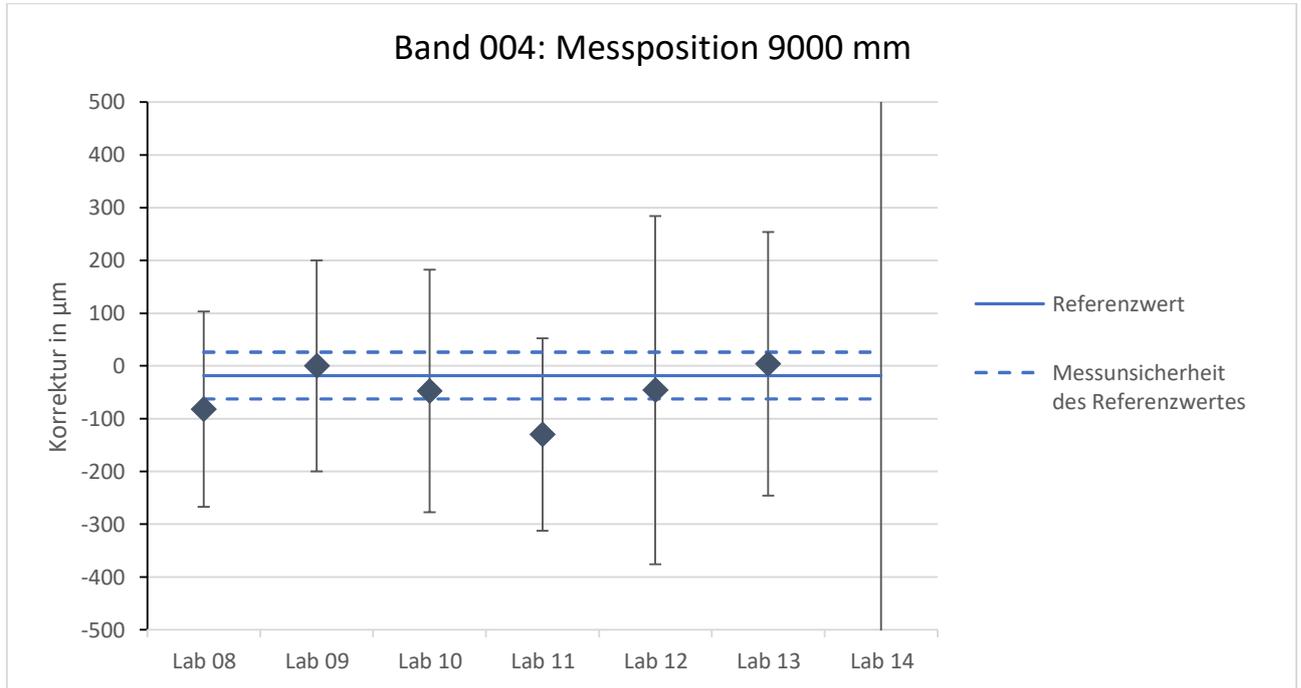


Abbildung 95: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 9000 mm. Der Wert des Labors 14 lag außerhalb des Darstellungsbereiches. Der Wert liegt bei 600 μm .

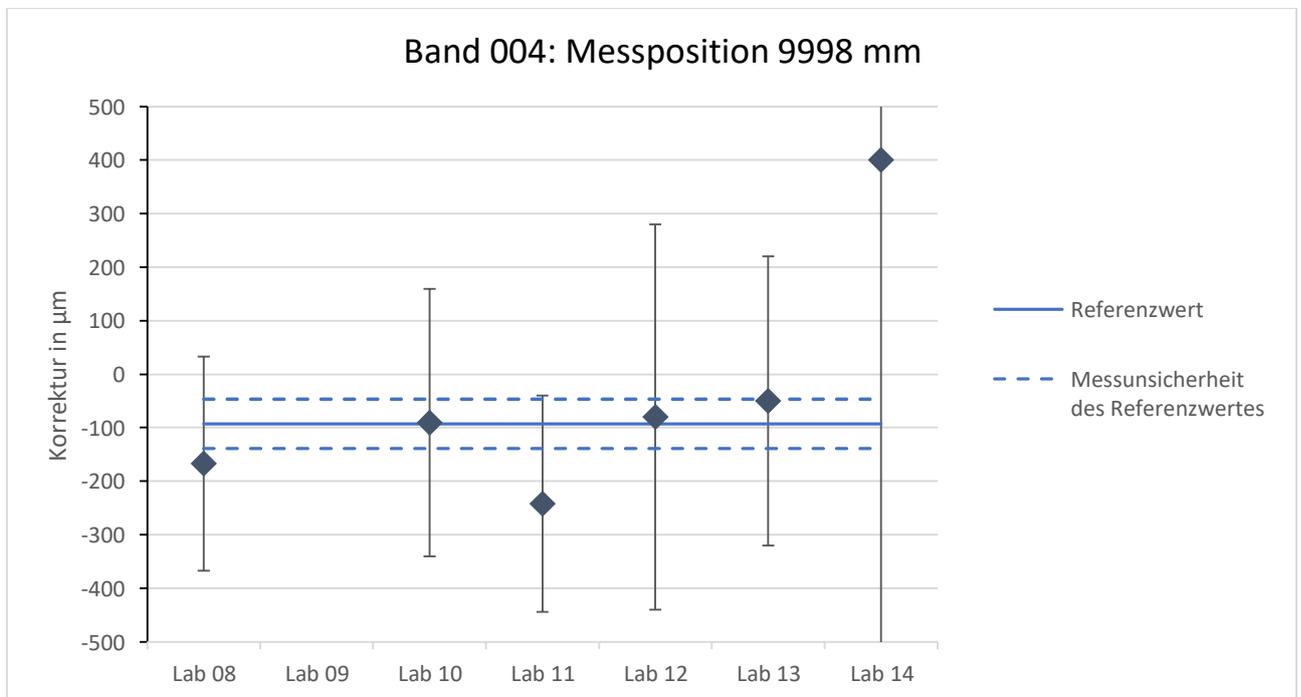


Abbildung 96: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 9998 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

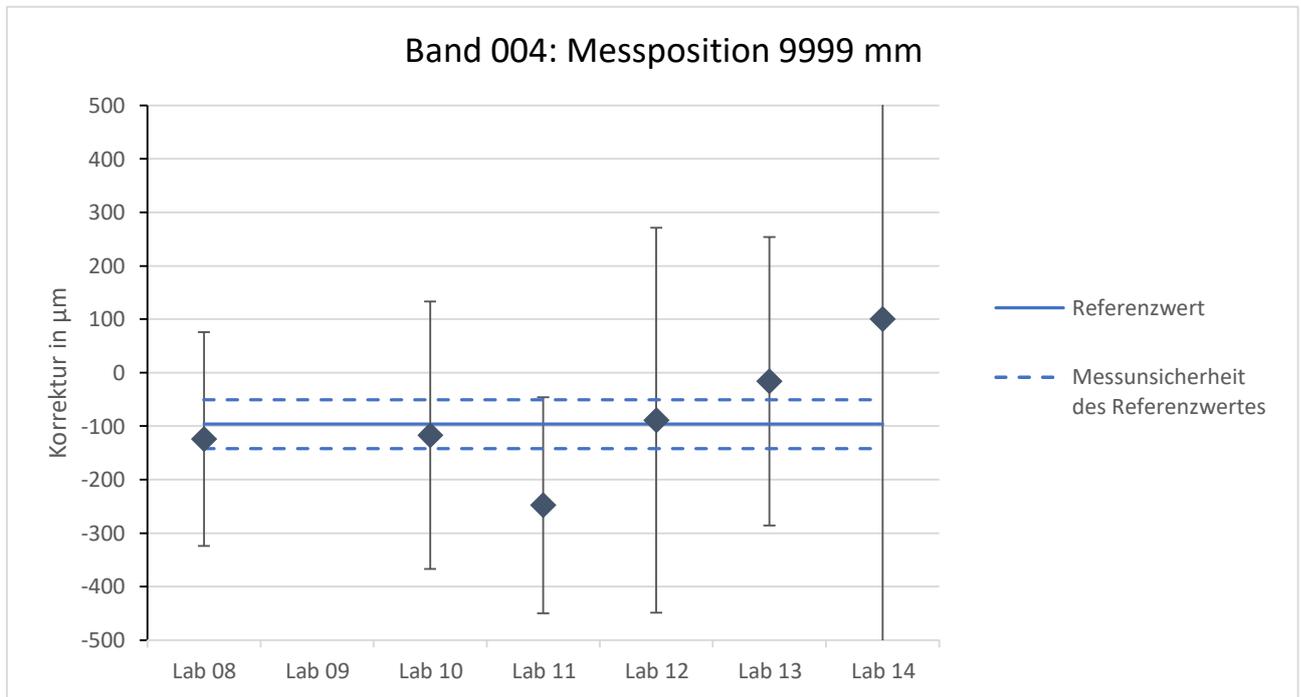


Abbildung 97: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 9999 mm. Lab 09 berichtete nur volle Meter.

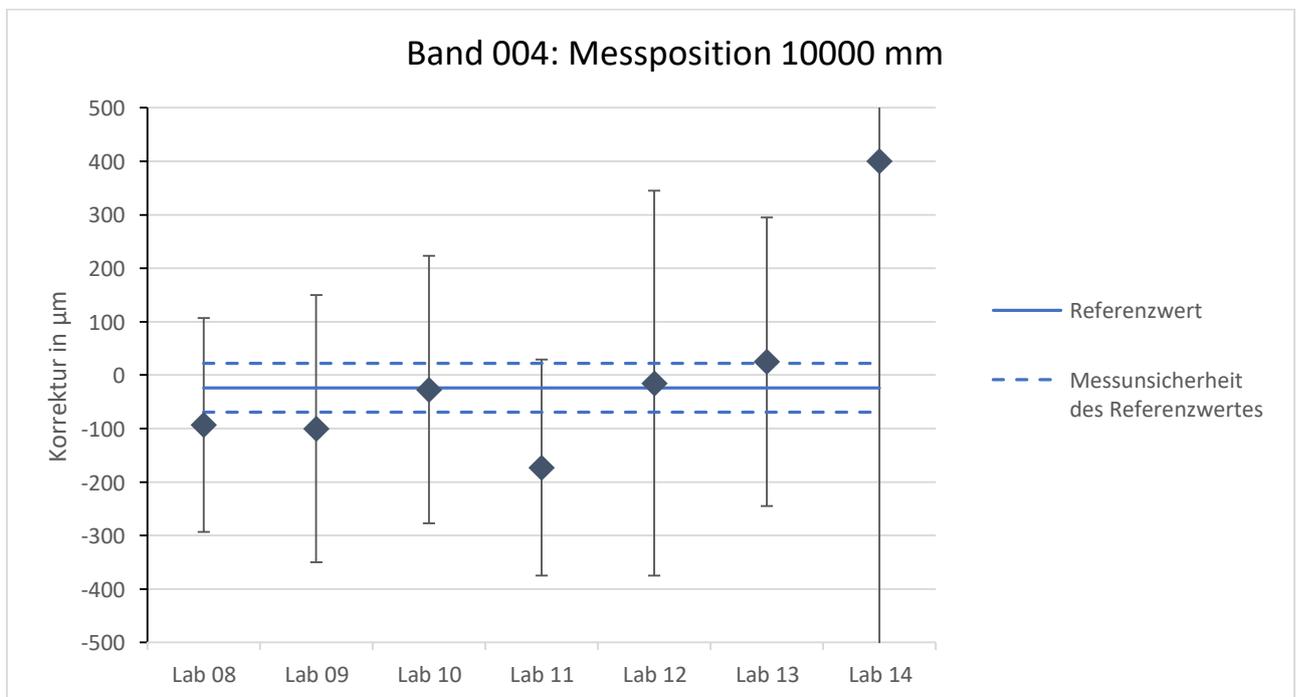


Abbildung 98: Messergebnisse des Bandes 004 an der Messposition 10000 mm

	DKD-Ringvergleich zur Kalibrierung von Maßbändern https://doi.org/10.7795/550.20230419	DKD-V 4-5	
		Ausgabe:	04/2023
		Revision:	0
		Seite:	63 / 65

5. Auswertung der Vergleichsmessung

Als Qualitätskriterium zur Auswertung der Vergleichsmessung wurde der E_n -Wert verwendet. Der E_n -Wert wird gemäß DIN EN ISO/IEC 17043:2010 nach der folgenden Formel berechnet:

$$E_n = \frac{x_{\text{lab}} - x_{\text{ref}}}{\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}} \quad (5)$$

x_{lab} : Messwert des Laboratoriums

x_{ref} : Referenzwert

U_{lab} : Erweiterte Messunsicherheit ($k = 2$) des Laboratoriums

U_{ref} : Erweiterte Messunsicherheit ($k = 2$) des Referenzwertes

Für die Auswertung der Vergleichsmessung galten folgende Kriterien:

$|E_n| \leq 1,0$: Vergleichsmessung bestanden

$|E_n| > 1,0$: Vergleichsmessung nicht bestanden

Der E_n -Wert wurde auf 1 Stelle nach dem Komma gerundet.

In der Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Vergleichsmessung einschließlich der E_n -Werte für die 24 Messwerte des Maßbands 001 dargestellt. Fünf Laboratorien erreichten für alle Messwerte einen E_n -Wert kleiner oder gleich 1,0, ein Laboratorium (Lab 07) verfehlte für fünf Messwerte das Erfolgskriterium, ein Laboratorium (Lab 01) sogar für acht Werte. In der Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Vergleichsmessung einschließlich der E_n -Werte für das zweite Maßband 002 dieses Rings dargestellt. Hier erfüllten sechs von sieben Laboratorien das E_n -Kriterium für alle Messpunkte, Lab 01 erfüllte auch bei diesem Band an 17 Strichpositionen das Kriterium nicht.

Die Ergebnisse des zweiten Rings sind in den Tabellen 6 und 7 zusammengefasst. Das Laboratorium 13 hat nach Veröffentlichung der ersten Entwurfsversion dieses Berichts korrigierte Wert eingereicht, nachdem dort die Messdaten zunächst vertauscht worden waren. Für das Maßband 003 (Tabelle 6) erreichten sechs Laboratorien für alle Messwerte einen E_n -Wert kleiner oder gleich 1,0.

Nur ein Laboratorium (Lab 09) verfehlte in diesem Fall (zweimal) das E_n -Kriterium.

Für das Maßband 004 erreichten sechs Laboratorien für alle Messwerte einen E_n -Wert kleiner oder gleich 1,0. Nur ein Laboratorium (Lab 09) verfehlte in diesem Fall (zweimal) das E_n -Kriterium.

6. Zusammenfassung

Der Vergleich der Messungen des Pilotlabors zu Beginn und am Ende der Vergleichsmessung zeigt unter Berücksichtigung der Messunsicherheit des Pilotlabors eine gute Übereinstimmung der Messwerte. Da jedoch durch die unvermeidbare mechanische Beanspruchung der Maßbänder im Rahmen der Messungen des Ringvergleichs nicht ausgeschlossen werden kann, dass die beobachteten Differenzen kleinen Veränderungen der Normale entsprechen, wurden diese als positionsabhängige Artefaktunsicherheit berücksichtigt. Die beobachteten Driften sind nicht zuletzt auch klein gegenüber den berichteten Messunsicherheiten der

Teilnehmer. Daher können die verwendeten Maßbänder für diesen Ringvergleich als geeignete Normale angesehen werden.

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse des Ringvergleichs bezüglich der E_n -Wert-Analyse zusammengefasst. Für die überwiegende Anzahl der Teilnehmer bestätigt das Ergebnis voll und ganz die berichteten Messergebnisse aus Messwert und Messunsicherheit. Es fallen jedoch mit Lab 01, Lab 07 und Lab 09 drei Teilnehmer auf, die eine deutliche erhöhte Zahl kritischer E_n -Werte aufweisen. Dabei verteilen sich die drei Laboratorien auf die beiden Ringe des Vergleichs. Auch die zeitliche Verteilung der Fehlmessungen ist nicht auffällig. Beides schließt Artefakt-begründete Ursachen der Abweichungen zusätzlich zu den bereits genannten Monitoring-Argumenten aus.

Diese drei Laboratorien sind also im Ergebnis dieses Ringvergleichs angehalten, ihr Verfahren und ihre Unsicherheitsbetrachtung zu hinterfragen und zu überarbeiten. Bei der Analyse der Daten sind zwei Punkte auffällig, die unter Umständen Ansatzpunkte für die notwendige Ursachenforschung in den betroffenen Laboratorien sein könnten. Bei den lackierten Bändern könnte der Typ-A-Einfluss der Stricherkennung unterschätzt worden sein. Generell fällt aber insbesondere auf, dass die berichteten Korrekturen in den kritischen Fällen systematisch deutlich zu klein sind. Dies weist auf Probleme mit der Anbringung und Übertragung des Zuggewichts hin. Entsprechende Gewichtsstücke und Halterungen sollten daher gründlich untersucht werden.

Tabelle 8: Zusammenfassung der E_n -Werte

Band Nr.	001		002	
Teilnehmer	Anzahl Messwerte	Anzahl E_n Werte >1	Anzahl Messwerte	Anzahl E_n Werte >1
Lab 01	24	8	24	17
Lab 02	10	0	10	0
Lab 03	24	0	24	0
Lab 04	24	0	24	0
Lab 05	24	0	24	0
Lab 06	24	0	24	0
Lab 07	24	5	24	0
Band Nr.	003		004	
Teilnehmer	Anzahl Messwerte	Anzahl E_n Werte >1	Anzahl Messwertre	Anzahl E_n Werte >1
Lab 08	24	0	24	0
Lab 09	10	2	10	2
Lab 10	24	0	24	0
Lab 11	24	0	24	0
Lab 12	24	0	24	0
Lab 13	24	0	24	0
Lab 14	24	0	24	0



Herausgeber:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Deutscher Kalibrierdienst
Bundesallee 100
38116 Braunschweig

www.dkd.eu
www.ptb.de