

DIN ISO 16331-1



ICS 17.180.30

Einsprüche bis 2018-11-07

Entwurf

**Optik und optische Instrumente –
Laborprüfverfahren geodätischer Instrumente –
Teil 1: Leistungsbeschreibung von Handheld-Laserdistanzmessgeräten
(ISO 16331-1:2017);
Text Deutsch und Englisch**

Optics and optical instruments –
Laboratory procedures for testing surveying and construction instruments –
Part 1: Performance of handheld laser distance meters (ISO 16331-1:2017);
Text in German and English

Optique et instruments d'optique –
Méthodes d'essai de laboratoire des instruments d'observation et construction –
Partie 1: Performance de télémètres laser de poche (ISO 16331-1:2017);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-09-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 89 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen.....	7
5 Allgemeine Angaben.....	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Reflektivität des Ziels.....	8
5.3 Hintergrundbeleuchtung.....	9
5.4 Temperatur der Schlüsselkomponenten.....	9
5.5 Atmosphärischer Einfluss	9
5.6 Messauflösung	9
5.7 Mittlere Abweichung und Messunsicherheit.....	9
5.8 Relevanter Beitrag zur Messunsicherheit.....	9
5.9 Anweisung für die Leistungsbeschreibung des Instruments	10
6 Prüfverfahren zur Bestimmung der Konformität mit den Genauigkeitsspezifikationen.....	10
6.1 Prüfkonzept.....	10
6.2 Anforderungen	10
6.2.1 Allgemeines	10
6.2.2 Gerät.....	10
6.3 Konfiguration der Kontrollpunkte.....	11
6.4 Messverfahren	11
6.4.1 Allgemeines	11
6.4.2 Prüfung des absoluten Abstands	12
6.4.3 Hintergrundbeleuchtungsprüfung.....	12
6.4.4 Temperaturprüfung	12
6.5 Berechnung von Abweichungen und Messunsicherheit	13
6.5.1 Prüfung des absoluten Abstands	13
6.5.2 Hintergrundbeleuchtungsprüfung.....	13
6.5.3 Temperaturprüfung	14
6.5.4 Kombinierte Abweichung und kombinierte Messunsicherheit	15
6.5.5 Erweiterte Messunsicherheit.....	16
6.5.6 Angaben zum Messergebnis	16
7 Prüfverfahren zur Bestimmung der Konformität mit den Messbereichsspezifikationen.....	16
7.1 Prüfkonzept.....	16
7.2 Anforderungen	16
7.3 Beschreibung des Messverfahrens.....	17
7.4 Berechnung von Abweichung und Messunsicherheit	17
7.5 Angaben zum Messergebnis	18
Anhang A (informativ) Beispiel einer Leistungsspezifikation.....	19

Anhang B (informativ) Beispiele zur Bestimmung der Konformität mit den Genauigkeitsspezifikationen	20
B.1 Beispiel 1	20
B.1.1 Leistungsspezifikationen.....	20
B.1.2 Prüfung des absoluten Abstands	20
B.1.3 Hintergrundbeleuchtungsprüfung (CP01).....	22
B.1.4 Temperaturprüfung (CP01)	24
B.2 Beispiel 2	28
B.2.1 Leistungsspezifikationen.....	28
B.2.2 Prüfung des absoluten Abstands	29
B.2.3 Hintergrundbeleuchtungsprüfung (CP02).....	30
B.2.4 Temperaturprüfung (CP02)	32
Anhang C (informativ) Beispiele zur Bestimmung der Konformität mit den Bereichsspezifikationen	37
C.1 Beispiel 3	37
C.2 Beispiel 4	39
Anhang D (informativ) Hintergrundbeleuchtungssimulation.....	42
Anhang E (informativ) Zieltafeln.....	43
Anhang F (informativ) Typische Merkmale von Zielen.....	44
Anhang G (informativ) Typische Ausrichtungsprobleme.....	46
Literaturhinweise.....	48

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 16331-1:2017, die vom Technischen Komitee ISO/TC 172 „Optics and photonics“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-03-04 AA „Geodätische Instrumente und Geräte (SpA zu ISO/TC 172/SC 6)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3534-1	siehe	DIN ISO 3534-1
ISO 17123-1	siehe	DIN ISO 17123-1
ISO 17123-4	siehe	DIN ISO 17123-4
ISO 80000-3	siehe	DIN EN ISO 80000-3

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 80000-3, *Größen und Einheiten — Teil 3: Raum und Zeit*

DIN ISO 3534-1, *Statistik — Begriffe und Formelzeichen — Teil 1: Wahrscheinlichkeit und allgemeine statistische Begriffe*

DIN ISO 17123-1, *Optik und optische Instrumente — Feldprüfverfahren geodätischer Instrumente — Teil 1: Theorie*

DIN ISO 17123-4, *Optik und optische Instrumente — Feldprüfverfahren geodätischer Instrumente — Teil 4: Elektrooptische Distanzmesser (EDM-Messungen mit Reflektoren)*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 172, *Optics and photonics*, Unterkomitee SC 6, *Geodetic and surveying instruments*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 16331-1:2012), die technisch überarbeitet wurde.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 16331 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Einleitung

Seit 1993 entwickeln mehrere Unternehmen Handheld-Laserdistanzmessgeräte und bringen sie auf den Markt. Mit der steigenden Anzahl verschiedener Hersteller wurde offensichtlich, dass eine Norm zur Errichtung von Anforderungen für Gerätespezifikationen und zur Beschreibung der Konformitätsprüfung mit der angegebenen Leistung hinsichtlich Genauigkeit und Wertebereich erforderlich ist.

ISO 17123 beschreibt die Methoden zur Prüfung der Konformität seitens des Nutzers des Instruments ohne zusätzliche Messgeräte. Im Gegensatz dazu beschreibt ISO 16331 die Verfahren zur Prüfung der Spezifikationskonformität unter Verwendung von Laborausstattung, die dem typischen Anwender nicht zur Verfügung steht.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt Verfahren zur Prüfung der Konformität mit der Leistungsbeschreibung von Handheld-Laserdistanzmessgeräten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3534-1, *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability*

ISO 9849, *Optics and optical instruments — Geodetic and surveying instruments — Vocabulary*

ISO/IEC-Leitfaden 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO/IEC-Leitfaden 99, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 3534-1, ISO 9849, ISO/IEC-Leitfaden 98-3 und ISO/IEC-Leitfaden 99.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

4 Symbole und Abkürzungen

Tabelle 1 — Symbole

D	Abstand
$\bar{D}$	Mittelwert einer Reihe von Abständen
Δ	Abweichung
k	Erweiterungsfaktor für ein Überdeckungsintervall von 95 %
M	Messwert
N	Anzahl der an jedem Kontrollpunkt vorgenommenen Messungen
R	Auflösung
s	empirische Standardabweichung
u	Standardmessunsicherheit
U	erweiterte Messunsicherheit

Tabelle 2 — Indizes und abgeleitete Begriffe

AD (en: absolute distance)	absoluter Abstand
Add (en: additional contribution)	zusätzlicher Beitrag
BG (en: background illumination)	Hintergrundbeleuchtung
CP X (en: check point X)	Kontrollpunkt X
REF (en: reference)	Bezug
M (en: measurement)	Messung
Max	Maximum
Min	Minimum
high	starke Hintergrundbeleuchtung
low	geringe Hintergrundbeleuchtung
C (en: combined)	kombiniert
CP (en: checkpoint)	Kontrollpunkt
i (en: index for individual cases)	Index für Einzelfälle
RM (en: measurement resolution)	Messauflösung
RT (en: range test)	Messbereichsprüfung
X (en: index for individual cases)	Index für Einzelfälle
T	Temperatur
T05	Temperatur 5 °C
T40	Temperatur 40 °C

5 Allgemeine Angaben

5.1 Allgemeines

Der maximale Messbereich an typischen Zielen (Informationen und Beispiele, siehe Anhang F) und die Messunsicherheit eines Handheld-Laserdistanzmessgeräts werden von folgenden Faktoren beeinflusst.

5.2 Reflektivität des Ziels

Je höher die Reflektivität des Ziels, desto besser das Signal-Rausch-Verhältnis am Empfänger; somit ist eine bessere Messleistung erreichbar. Für weitere Einzelheiten, siehe Anhang F.

Da Handheld-Laserdistanzmessgeräte auf Baustellen und für Anwendungen im Innenbereich eingesetzt werden, sind typische Ziele gestrichene Wände, Backstein, Beton, Holz und ähnliche Ziele. Besondere Aufmerksamkeit muss der endlichen Eindringtiefe des Lasers in bestimmte Materialien, wie beispielsweise in weißen Marmor, gewidmet werden.

5.3 Hintergrundbeleuchtung

Die Hintergrundbeleuchtung bei Anwendungen im Innenbereich liegt in der Regel unter 3 klx und kann damit vernachlässigt werden. Allerdings kann bei Anwendungen im Außenbereich das vom Ziel reflektierte Sonnenlicht eine Beleuchtungsstärke von bis zu 100 klx erreichen und kann somit eine Verschlechterung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses und somit eine geringere Leistung des Instruments verursachen.

5.4 Temperatur der Schlüsselkomponenten

Die Temperatur des Lasersystems und die des Empfängersystems hat Einfluss auf die Messunsicherheit der Abstandsmessung. Die meisten dieser Instrumente verfügen über ein integriertes System zur Temperaturkompensation, um diesen Einfluss zu minimieren.

5.5 Atmosphärischer Einfluss

Der maximale Messbereich und die Genauigkeit der Laserdistanzmessgeräte werden von meteorologischen Bedingungen zum Zeitpunkt der Messung beeinflusst. Diese Bedingungen umfassen Veränderungen in Lufttemperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit. Die vom Handheld-Laserdistanzmessgerät berechneten Abstände basieren auf vorab definierten meteorologischen Bedingungen. Um insbesondere auf langen Distanzen genaue Messungen zu erhalten, müssen diese meteorologischen Variablen in der Abstandsberechnung bestimmt und der gemessene Abstand muss entsprechend berichtigt werden, falls das geprüfte Gerät diese Möglichkeit bietet.

5.6 Messauflösung

Die Messauflösung eines Messinstruments muss mindestens zwei Mal so hoch wie die angegebene Genauigkeit sein. Für äußerst genaue Messungen, wie beispielsweise in einer Kalibrierungssituation, muss ein Laserdistanzmessgerät eine Einstellung der Einheit bieten, die eine Messauflösung zulässt, die mindestens fünf Mal besser als die angegebene Genauigkeit ist.

5.7 Mittlere Abweichung und Messunsicherheit

Der typische Anwender eines Handheld-Laserdistanzmessgeräts möchte nur eine einzelne Messung vornehmen und sich auf die angegebenen maximalen Toleranzen verlassen können. Daher möchte der Anwender einen Wert der kombinierten und der erwarteten Messunsicherheit einer einzelnen Messung erhalten, der unterhalb der Toleranzgrenzen liegt.

5.8 Relevanter Beitrag zur Messunsicherheit

Tabelle 3 — Relevanter Beitrag zur Messunsicherheit

Unsicherheitsbeitrag	Verteilung	Typ^a
Bezugssystem	normal	B ^b
Messauflösung	Rechteckig	B
Absolute Abstandsprüfung (internes Rauschen unter typischen Bedingungen)	normal	A
Hintergrundbeleuchtung (zusätzliche Verschiebung und Rauschen)	normal	A
Temperatur (zusätzliche Verschiebung und Rauschen)	normal	A
^a Für weitere Informationen, siehe GUM „Leitfaden zum Ausdrücken der Messunsicherheit“.		
^b Der Beitrag zur Unsicherheit des „Bezugssystems“ umfasst eine Reihe von Beiträgen zur Unsicherheit, darunter, unter anderem, Beiträge zur Unsicherheit des verwendeten Längenstandards, durch die Messunsicherheit einer unvollkommenen geometrischen Ausrichtung von Referenz und zu prüfendem Gerät oder durch die Messunsicherheit aufgrund unvollkommener vorübergehender Synchronisierung. All diese Beiträge müssen sorgfältig und individuell beurteilt werden, um die gesamte Messunsicherheit des Bezugssystems zu erfassen.		

5.9 Anweisung für die Leistungsbeschreibung des Instruments

Da Kunden von Handheld-Laserdistanzmessgeräten mit dem Begriff „Messunsicherheit“ in der Regel nicht vertraut sind, dürfen Hersteller in ihrer Produktleistungsbeschreibung den Ausdruck „Messgenauigkeit“ verwenden.

Da die Leistung eines Handheld-Laserdistanzmessgeräts von unterschiedlichen Bedingungen abhängig ist, muss die Leistungsbeschreibung des Produkts die geltenden Bedingungen nennen, z.B. Abstandsabhängigkeit, Reflektivität des Ziels, Hintergrundbeleuchtung und Temperaturbereich. Es ist zwingend erforderlich, die Leistungsdaten (Genauigkeit und Messbereich) unter günstigen Bedingungen und unter ungünstigen Bedingungen zu nennen.

Günstige Bedingungen sind ein weißes Ziel mit diffuser Reflexion, geringer Hintergrundbeleuchtung und Temperaturen von etwa 20 °C.

Ungünstige Bedingungen sind Ziele mit geringer oder hoher Reflektivität, einer starken Hintergrundbeleuchtung und Temperaturen unterhalb oder oberhalb des angegebenen Temperaturbereichs.

Für ein Beispiel, siehe Anhang A.

6 Prüfverfahren zur Bestimmung der Konformität mit den Genauigkeitsspezifikationen

6.1 Prüfkonzzept

Wie bereits erwähnt hängt die Genauigkeit eines Handheld-Laserdistanzmessgeräts von verschiedenen Faktoren ab. Das Prüfkonzzept dieses Dokuments konzentriert sich auf die Haupteinflüsse, wie Messabstand, Temperatur des Instruments und Hintergrundbeleuchtung.

Die Reflektivität des Ziels, die auch die Genauigkeit beeinflussen kann, wird nicht direkt durch Austausch der Ziele mit verschiedenen Reflexionsgraden geprüft. Der Grund hierfür ist, dass es relativ schwierig ist, Ziele mit gut definierten, homogenen und stabilen Reflexionsgraden zu beschaffen. Außerdem kann die Wirkung eines Ziels mit einem geringeren Reflexionsgrad von 25 % durch Verwendung eines Ziels mit einer Reflektivität von 100 % in doppeltem Abstand geprüft werden. Somit werden die Auswirkungen von Reflexionsgraden indirekt in der Prüfung des absoluten Abstands geprüft, die in 6.4.2 beschrieben ist.

6.2 Anforderungen

6.2.1 Allgemeines

Um die Konformität von Handheld-Laserdistanzmessgeräten mit den Genauigkeitsspezifikationen zu bestimmen, wird die folgende Messanordnung verwendet.

Für Beispiele zur Bestimmung der Konformität mit den Genauigkeitsspezifikationen, siehe Anhang B.

6.2.2 Gerät

6.2.2.1 Zieltafel, die folgende Spezifikationen erfüllt:

Größe: 0,25 m × 0,25 m;

Reflektivität: $(95 \pm 5) \%$ (siehe Anhang E).

Besondere Aufmerksamkeit muss der endlichen Eindringtiefe des Laserstrahls in bestimmte Materialien gewidmet werden (siehe Anhang F). Des Weiteren sollten spiegelnde Oberflächen und Reflektoren entlang des Messpfades vermieden werden.

6.2.2.2 Lichtquelle für die Hintergrundbeleuchtung, die mindestens eine Beleuchtungsstärke von 30 klx auf der verwendeten Zieltafel erreichen muss. Prüfung mit einem Beleuchtungsstärkenmesser (Luxmeter) in einem Abstand von 0,1 m zum Ziel, so senkrecht wie möglich auf das Ziel gerichtet.

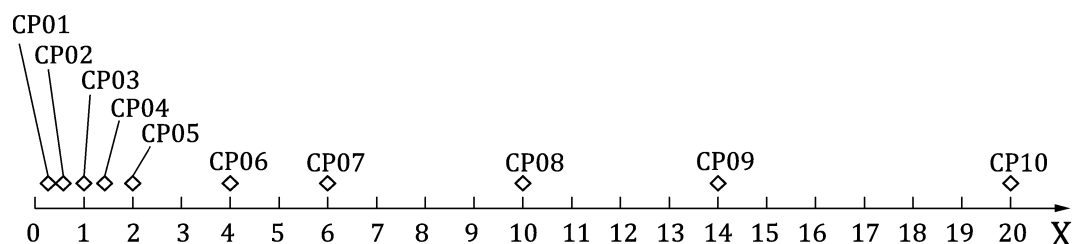
6.2.2.3 Temperaturkammer, die die zu prüfenden Geräte auf bis zu +40 °C erwärmen und sie auf +5 °C abkühlen kann. Die Messungen können im Inneren einer großen Temperaturkammer vorgenommen werden oder, indem die erhitzten (oder gekühlten) Geräte aus der Kammer genommen und die Messungen umgehend in einem bekannten Referenzabstand durchgeführt werden.

6.2.2.4 Kalibriertes Bezugsabstandsmesssystem, zur Bestimmung des Abstands zwischen Ziel und zu prüfendem Gerät. Die Messunsicherheit des Bezugssystems muss 20 % oder weniger der erwarteten Messunsicherheit des zu prüfenden Geräts betragen.

6.3 Konfiguration der Kontrollpunkte

Es sind 10 Kontrollpunkte CP01 bis CP10 auszuwählen.

Kontrollpunkt CP10 muss entweder in der längsten angegebenen Distanz des zu prüfenden Geräts oder in der Distanz, die dem maximalen Messbereich des Bezugsabstandsmesssystems entspricht, errichtet werden, mindestens jedoch in 10 m Entfernung. Die folgende Konfiguration von Kontrollpunkten berücksichtigt die Tatsache, dass typische Kunden kurze Distanzen häufiger als große Distanzen messen.



$$\begin{aligned} D(\text{CP01}) &= 0,02 \cdot D(\text{CP10}) \\ D(\text{CP02}) &= 0,03 \cdot D(\text{CP10}) \\ D(\text{CP03}) &= 0,05 \cdot D(\text{CP10}) \\ D(\text{CP04}) &= 0,07 \cdot D(\text{CP10}) \\ D(\text{CP05}) &= 0,10 \cdot D(\text{CP10}) \\ D(\text{CP06}) &= 0,20 \cdot D(\text{CP10}) \\ D(\text{CP07}) &= 0,30 \cdot D(\text{CP10}) \\ D(\text{CP08}) &= 0,50 \cdot D(\text{CP10}) \\ D(\text{CP09}) &= 0,70 \cdot D(\text{CP10}) \\ D(\text{CP10}) &= \text{max. Abstand} \\ X: \text{Abstand (m)} \end{aligned}$$

Bild 1 — Beispiel: CP10 = 20 m

6.4 Messverfahren

6.4.1 Allgemeines

Um die Konformität von Handheld-Laserdistanzmessgeräten mit den Genauigkeitsspezifikationen zu bestimmen, wird folgendes Verfahren empfohlen.

6.4.2 Prüfung des absoluten Abstands

Diese Prüfung muss unter günstigen Bedingungen erfolgen.

Zielreflektivität: $(95 \pm 5) \%$;

Hintergrundbeleuchtung: $< 3 \text{ klx}$;

Temperaturbereich: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;

Definition der Kontrollpunkte (siehe 6.3).

An jedem Kontrollpunkt wird der Referenzabstand zwischen dem Bezugsabstandsmesssystem bestimmt, dabei sind am zu prüfenden Gerät 10 Messungen zu nehmen. Die korrekte Ausrichtung des Handheld-Laserdistanzmessgeräts zum Ziel ist sicherzustellen, indem geprüft wird, dass beim kürzesten und längsten Abstand zum Bezugssystem der Laserpunkt das Ziel weiterhin im Mittelpunkt berührt und das Ziel horizontal zum Laserstrahl, mit einer Toleranz von $\pm 1^\circ$, ausgerichtet ist. Aufgrund dieses Ausrichtungsverfahrens könnte ein weiterer systematischer Offset-Fehler auftreten, der nicht durch einen korrigierenden Wert kompensiert werden darf (für weitere Einzelheiten, siehe Anhang G).

6.4.3 Hintergrundbeleuchtungsprüfung

Diese Prüfung bewertet den Einfluss starker Hintergrundbeleuchtung auf das Messergebnis im Vergleich zu den Messergebnissen bei geringer Hintergrundbeleuchtung.

Zielreflektivität: $(95 \pm 5) \%$;

Hintergrundbeleuchtung, Fall A: $< 3 \text{ klx}$;

Hintergrundbeleuchtung, Fall B: $> 30 \text{ klx}$;

Temperaturbereich: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Die Messanordnung für die Hintergrundbeleuchtungsprüfung ist aufzubauen (siehe Anhang D für ein Beispiel eines möglichen Aufbaus). An den Kontrollpunkten CP01, CP02 oder CP03 (je nachdem, welcher Punkt sich für die Prüfung aus 6.4.4 besser eignet), ist die Hintergrundbeleuchtung, die vom Messziel reflektiert wird, auf eine Beleuchtungsstärke von weniger als 3 klx einzustellen. Der Bezugsabstand wird mit dem Bezugsabstandsmesssystem bestimmt, dabei sind am zu prüfenden Gerät 10 Messungen zu nehmen und aufzuzeichnen. Im nächsten Schritt wird die Hintergrundbeleuchtung, die von der Zieltafel reflektiert wird, auf eine Beleuchtungsstärke von über 30 klx eingestellt und 10 Messungen werden am zu prüfenden Gerät vorgenommen und aufgezeichnet.

6.4.4 Temperaturprüfung

Diese Prüfung bewertet den Einfluss anderer Umgebungstemperaturen auf das Messergebnis im Vergleich zu den Messergebnissen bei $20 ^\circ\text{C}$.

Zielreflektivität: $(95 \pm 5) \%$;

Hintergrundbeleuchtung: $< 3 \text{ klx}$;

Temperatur, Fall A: $+5 ^\circ\text{C} \pm 2 ^\circ\text{C}$;

Temperatur, Fall B: $+20 ^\circ\text{C} \pm 2 ^\circ\text{C}$;

Temperatur, Fall C: $+40 ^\circ\text{C} \pm 2 ^\circ\text{C}$.

Das zu prüfende Gerät wird in eine Temperaturkammer verbracht und auf die Prüftemperatur von Fall A gebracht (Empfehlung: 2 min/°C). Anschließend wird das Instrument aus der Kammer genommen und 10 Messungen im Abstand CP01, CP02 oder CP02 (gleicher Abstand wie 6.4.3) werden vorgenommen und aufgezeichnet. Es wird geprüft, dass die vom Ziel reflektierte Hintergrundbeleuchtung unter 3 klx liegt. Dasselbe Verfahren wird für die verbleibenden zwei Prüffälle wiederholt. Bei Prüffall A muss überprüft werden, dass die Optiken des Empfängers während der Messungen nicht beschlagen.

Alternativ könnten die Messungen direkt in der Temperaturkammer durchgeführt werden, wenn das Instrument auf einer Bezugsabstandsmessstange montiert ist. In diesem Fall muss die Ausdehnung des Bezugsabstandsnormals mit der Temperatur in den folgenden Berechnungen kompensiert werden.

6.5 Berechnung von Abweichungen und Messunsicherheit

6.5.1 Prüfung des absoluten Abstands

Die Abweichung ΔM_i aller Messungen M_i wird aus dem entsprechenden Bezugswert an jedem Kontrollpunkt berechnet.

$$\Delta M_i = M_i - D_{\text{REF}} \quad (1)$$

Es wird geprüft, ob alle berechneten Abweichungen ΔM_i innerhalb des für günstige Bedingungen festgelegten spezifizierten Toleranzbereichs liegen. Unter der Annahme eines Überdeckungsintervalls von 95 %, dürfen nur 5 von 100 gemessenen Punkten (10 an jedem Kontrollpunkt) außerhalb des Toleranzbereichs unter günstigen Bedingungen liegen.

An jedem Kontrollpunkt wird der empirische Mittelwert $\bar{D}_{\text{AD}}$ der Prüfung des absoluten Abstands berechnet:

$$\bar{D}_{\text{AD}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N M_i \quad (2)$$

An jedem Kontrollpunkt wird die Abweichung $\Delta \bar{D}_{\text{AD}}$ des empirischen Mittelwerts vom entsprechenden Bezugswert berechnet:

$$\Delta \bar{D}_{\text{AD}} = \bar{D}_{\text{AD}} - D_{\text{REF}} \quad (3)$$

An jedem Kontrollpunkt wird die dazugehörige empirische Standardabweichung des gemessenen Werts s_{AD} berechnet und als Standardunsicherheit u_{AD} in Verbindung mit den gemessenen Werten verwendet:

$$u_{\text{AD}} = s_{\text{AD}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (M_i - \bar{D}_{\text{AD}})^2} \quad (4)$$

6.5.2 Hintergrundbeleuchtungsprüfung

Für beide Fälle, geringe Hintergrundbeleuchtung $B_{\text{G,low}} < 3 \text{ klx}$, und starke Hintergrundbeleuchtung $B_{\text{G,high}} > 30 \text{ klx}$ und für jede Messung $M_{i,X}$ wird die Abweichung $\Delta M_{i,X}$ vom Bezugswert berechnet.

Für jeden Hintergrundbeleuchtungsfall wird der empirische Mittelwert $\bar{D}_{\text{BG},X}$ berechnet

$$\bar{D}_{\text{BG},X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N M_{i,X} \quad (5)$$

dabei ist X = geringe (low) oder starke (high) Hintergrundbeleuchtung.

Die Abweichung $\Delta\bar{D}_{BG,X}$ des empirischen Mittelwerts vom entsprechenden Bezugswert wird berechnet:

$$\Delta\bar{D}_{BG,X} = \bar{D}_{BG,X} - D_{BG,REF} \quad (6)$$

dabei ist X = geringe (low) oder starke (high) Hintergrundbeleuchtung.

Die zusätzliche Abweichung $\Delta\bar{D}_{BG,Add}$, die von der Hintergrundbeleuchtung verursacht wird, wird berechnet:

$$\Delta\bar{D}_{BG,Add} = \bar{D}_{BG,high} - D_{BG,low} \quad (7)$$

Die entsprechenden empirischen Standardabweichungen werden für beide Fälle der Hintergrundbeleuchtung berechnet und als die Standardunsicherheiten in Verbindung mit beiden Fällen verwendet:

$$U_{BG,X} = S_{BG,X} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (M_{i,X} - \bar{D}_{BG,X})^2} \quad (8)$$

dabei ist X = geringe (low) oder starke (high) Hintergrundbeleuchtung.

Die zusätzliche Unsicherheit $u_{BG,Add}$, die von der Hintergrundbeleuchtung verursacht wird, wird unter der Annahme $u_{BG,high} > u_{BG,low}$ berechnet. Wenn $u_{BG,high} < u_{BG,low}$, dann gilt $u_{BG,Add} = 0$:

$$u_{BG,Add} = \sqrt{u_{BG,high}^2 - u_{BG,low}^2} \quad (9)$$

6.5.3 Temperaturprüfung

Für jeden Temperaturfall und für jede Messung $M_{i,X}$ wird die Abweichung $\Delta M_{i,X}$ vom entsprechenden Bezugswert berechnet.

Für jeden Temperaturfall wird der entsprechende empirische Mittelwert $\bar{D}_{T,X}$ berechnet:

$$\bar{D}_{T,X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N M_{i,X} \quad (10)$$

dabei ist $X = +5\text{ °C}, +20\text{ °C}, +40\text{ °C}$.

Die Abweichung $\Delta\bar{D}_{T,X}$ des empirischen Mittelwerts vom entsprechenden Bezugswert wird berechnet:

$$\Delta\bar{D}_{T,X} = \bar{D}_{T,X} - D_{T,REF} \quad (11)$$

dabei ist $X = +5\text{ °C}, +20\text{ °C}, +40\text{ °C}$.

Die zusätzliche Abweichung $\Delta\bar{D}_{T05,Add}$ und $\Delta\bar{D}_{T40,Add}$, die von Temperatureinflüssen bei $+5\text{ °C}$ und $+40\text{ °C}$ verursacht wird, wird als Abweichung zu dem bei 20 °C ermittelten Wert ermittelt:

$$\Delta\bar{D}_{T05,Add} = \Delta\bar{D}_{T,5\text{ °C}} - \Delta\bar{D}_{T,20\text{ °C}} \quad (12)$$

$$\Delta\bar{D}_{T40,Add} = \Delta\bar{D}_{T,40\text{ °C}} - \Delta\bar{D}_{T,20\text{ °C}} \quad (13)$$

Die entsprechenden empirischen Standardabweichungen werden für jeden der drei Temperaturfälle berechnet und als Standardunsicherheiten des jeweiligen Falls verwendet:

$$u_{T,X} = s_{T,X} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (M_{i,X} - \bar{D}_{T,X})^2} \quad (14)$$

dabei ist $X = +5\text{ °C}, +20\text{ °C}, +40\text{ °C}$.

Die zusätzlichen Unsicherheiten $u_{T,Add}$, die von den Temperatureinflüssen verursacht werden, werden in Abweichung zu dem bei 20 °C bestimmten Wert ermittelt. Für die Berechnung wird der größere der beiden möglichen Werte $u_{T,05\text{ °C}}$ und $u_{T,40\text{ °C}}$ gewählt. Wenn $u_{T,20\text{ °C}}$ die größte der drei Unsicherheiten ist, dann ist $u_{T,Add} = 0$:

$$u_{T,Add} = \sqrt{u_{T,X}^2 - u_{T,20\text{ °C}}^2} \quad (15)$$

dabei ist $X = 5\text{ °C}$ oder 40 °C .

6.5.4 Kombinierte Abweichung und kombinierte Messunsicherheit

Der kombinierte Abweichungsbereich $\Delta\bar{D}_{C,min} \dots \Delta\bar{D}_{C,max}$ des empirischen Mittelwerts (abhängig von Temperatur und Hintergrundbeleuchtung) wird unter Verwendung der Formeln (16) und (17) berechnet:

$$\Delta\bar{D}_{C,max} = \Delta\bar{D}_{AD} + \max(\Delta\bar{D}_{BG,Add}, 0) + \max(\Delta\bar{D}_{T05,Add}, \Delta\bar{D}_{T40,Add}, 0) \quad (16)$$

$$\Delta\bar{D}_{C,min} = \Delta\bar{D}_{AD} + \min(\Delta\bar{D}_{BG,Add}, 0) + \min(\Delta\bar{D}_{T05,Add}, \Delta\bar{D}_{T40,Add}, 0) \quad (17)$$

ANMERKUNG 1 Für $\Delta\bar{D}_{C,max}$ werden nur positive Beiträge von $\Delta\bar{D}_{BG,Add}$ und lediglich der maximale positive Beitrag von $\Delta\bar{D}_{T05,Add}$ oder $\Delta\bar{D}_{T40,Add}$ berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Für $\Delta\bar{D}_{C,min}$ werden nur negative Beiträge von $\Delta\bar{D}_{BG,Add}$ und lediglich der betragsmäßig größte negative Beitrag von $\Delta\bar{D}_{T05,Add}$ oder $\Delta\bar{D}_{T40,Add}$ berücksichtigt.

Die Messunsicherheit, u_{RM} , die von der Messauflösung der Anzeige des zu prüfenden Geräts verursacht wird, wird folgendermaßen berechnet:

$$u_{RM} = \frac{R_M}{2\sqrt{3}} \quad (18)$$

dabei ist R_M die Messauflösung.

Die kombinierte Standardmessunsicherheit u_C der gemessenen Werte wird berechnet mit:

$$u_C = \sqrt{u_{REF,AD}^2 + u_{REF,BG}^2 + u_{REF,T}^2 + u_{RM}^2 + u_{AD}^2 + u_{BG,Add}^2 + u_{T,Add}^2} \quad (19)$$

dabei ist

$u_{REF,AD}$ die Standardmessunsicherheit des Bezugssystems in der Prüfung des absoluten Abstands;

$u_{REF,BG}$ die Standardmessunsicherheit des Bezugssystems in der Hintergrundbeleuchtungsprüfung;

$u_{REF,T}$ die Standardmessunsicherheit des Bezugssystems in der Temperaturprüfung;

u_{RM} die Standardmessunsicherheit aufgrund der Messauflösung;

- u_{AD} die Standardmessunsicherheit der Messungen in der Prüfung des absoluten Abstands des Kontrollpunkts, der für die Hintergrundbeleuchtungsprüfung und die Temperaturprüfung verwendet wurde;
- $u_{BG,Add}$ die zusätzliche Standardmessunsicherheit der Messung im Falle starker Hintergrundbeleuchtung im Vergleich zur Standardmessunsicherheit der Messung im Falle geringer Hintergrundbeleuchtung;
- $u_{T,Add}$ die zusätzliche Standardmessunsicherheit der Messung bei höherer oder geringerer Temperatur im Vergleich zur Standardmessunsicherheit der Messung bei 20 °C.

6.5.5 Erweiterte Messunsicherheit

Die erweiterte Messunsicherheit U wird für ein Überdeckungsintervall von 95 % berechnet gemäß:

$$U = k \cdot u_C \quad (20)$$

dabei ist $k = 2$.

6.5.6 Angaben zum Messergebnis

Angaben zum Messergebnis werden folgendermaßen erstellt.

Abweichungsbereich der Mittelwerte: $\Delta \bar{D}_{C,min} \dots \Delta \bar{D}_{C,max} = \text{--- mm} \dots \text{--- mm}$

Erweiterte Messunsicherheit einer einzelnen Messung:
(Überdeckungsintervall 95 %, $k = 2,0$) $U = \text{--- mm}$

Ergebnis: innerhalb/außerhalb der Spezifikation

ANMERKUNG Die Messwerte des Prüflings liegen außerhalb der Spezifikation für ungünstige Bedingungen, wenn $\Delta \bar{D}_{C,min} - U$ kleiner ($<$) der negativen oder $\Delta \bar{D}_{C,max} + U$ größer ($>$) der positiven im Handbuch angegebenen Genauigkeitsgrenze ist.

7 Prüfverfahren zur Bestimmung der Konformität mit den Messbereichsspezifikationen

7.1 Prüfkonzzept

Handheld-Laserdistanzmessgeräte werden oft mit Messbereichen spezifiziert, die die praktischen Abmessungen typischer mechanischer Prüfstände von Bezugsmesssystemen in Labors überschreiten. In diesem Fall bestimmt die Länge des Prüfstands den maximalen untersuchten Abstand für die Konformitätsprüfung der Genauigkeit (siehe 6.3). In diesem Abschnitt wird ein Prüfverfahren erläutert, um die Konformität mit den Messbereichsspezifikationen für dieses Szenario zu bestimmen. Ähnlich wie beim Prüfverfahren zur Bestimmungen der Konformität mit den Genauigkeitsspezifikationen, wird die Konformität mit den Messbereichsspezifikationen ebenfalls unter günstigen und ungünstigen Bedingungen geprüft. Unter ungünstigen Bedingungen hat die Hintergrundbeleuchtung bei Weitem den größten Einfluss. Daher konzentriert sich das Prüfverfahren auf diesen Effekt.

7.2 Anforderungen

Um die Konformität von Handheld-Laserdistanzmessgeräten mit den Messbereichsspezifikationen zu prüfen, wird die folgende Messanordnung empfohlen.

Für Beispiele zur Bestimmung der Konformität mit den Messbereichsspezifikationen, siehe Anhang C.

- Zieltafel:** Größe: mindestens $0,5\text{ m} \times 0,5\text{ m}$, empfohlen wird $1,0\text{ m} \times 1,0\text{ m}$.
Reflektivität: $(95 \pm 5)\%$ (eine geringere Reflektivität des Ziels führt zu geringeren Signalen am Empfänger, jedoch auch zu geringerem Rauschen aus der Hintergrundbeleuchtung).
Ausrichtung: senkrecht zur Messrichtung ($\pm 1^\circ$).
- Hintergrund:** Hintergrundbeleuchtung von $< 3\text{ klx}$ unter günstigen Bedingungen und mindestens 30 klx unter ungünstigen Bedingungen.
(Die Prüfung erfolgt mit einem senkrecht zum Mittelpunkt der Zieltafel in einem Abstand von $0,1\text{ m}$ zur Zieltafel ausgerichteten Luxmeter).
- Bezugsdistanz:** Zur Bestimmung des Abstands zwischen Ziel und zu prüfendem Gerät wird ein kalibriertes Bezugssystem zur Abstandsmessung verwendet. Die Messunsicherheit des Bezugssystems muss 20% oder weniger der erwarteten Messunsicherheit des zu prüfenden Geräts betragen. Bei Bezugsmessungen kann es notwendig sein, die Zieltafel zu beschatten oder ein Zielpisma einzusetzen.

7.3 Beschreibung des Messverfahrens

Um die Konformität von Handheld-Laserdistanzmessgeräten mit dem angegebenen Messbereich zu prüfen, wird folgendes Messverfahren empfohlen.

- Schritt 1: Die Messanordnung wird aufgebaut, um die Prüfung am angegebenen maximalen Messbereich unter günstigen Bedingungen durchzuführen (CP11). Dabei wird überprüft, dass die Zielreflektivität diffus ist und etwa $(95 \pm 5)\%$ (siehe Anhang E) beträgt und die Hintergrundbeleuchtung $< 3\text{ klx}$ ist.
- Schritt 2: Der Abstand zwischen dem zu prüfenden Gerät und der Zieltafel wird mittels eines geeigneten und kalibrierten Bezugssystems bestimmt.
- Schritt 3: Es werden 10 Messungen durchgeführt und deren Ergebnisse aufgezeichnet.
- Schritt 4: Die Messanordnung wird verändert, um die Prüfung am angegebenen maximalen Messbereich unter ungünstigen Bedingungen zu wiederholen (CP12). Die Zielreflektivität muss bei $(95 \pm 5)\%$ liegen. Es wird überprüft, dass die Hintergrundbeleuchtung mindestens 30 klx beträgt. Die Schritte 2 und 3 werden wiederholt.

ANMERKUNG Wenn das Instrument weniger als acht von zehn ausgelösten Messungen bei jedem Prüffall durchführt, gilt die Spezifikation als nicht erfüllt.

7.4 Berechnung von Abweichung und Messunsicherheit

Aus den in den Prüfbereichen genommenen Messungen wird für jeden Prüffall der empirische Mittelwert $\bar{D}_{\text{RT}}$ und die Abweichung $\Delta\bar{D}_{\text{RT}}$ [siehe Formel (2)] des Mittelwerts aus dem Bezugswert D_{REF} berechnet:

$$\Delta\bar{D}_{\text{RT}} = \bar{D}_{\text{RT}} - D_{\text{REF}} \quad (21)$$

Die Messunsicherheit u_{REF} des Bezugssystems, wie sie im entsprechenden Kalibrierungszertifikat angegeben ist, wird berücksichtigt und alle zusätzlichen Messunsicherheitsbeiträge aus der Prüfanordnung werden hinzugenommen (siehe Tabelle 3, Anmerkung b).

Die Messunsicherheit u_{RM} , die von der Messauflösung des zu prüfenden Geräts verursacht wird, wird berechnet [siehe Formel (18)]. Es ist zu beachten, dass Handheld-Laserdistanzmessgeräte bei der Messung großer Abstände die Messauflösung in der Regel automatisch ändern.

Für jeden Prüffall wird die empirische Standardabweichung s_{RT} der am Prüfbereich genommenen Messungen berechnet und als Standardmessunsicherheit u_{RT} in Verbindung mit den gemessenen Werten verwendet [siehe Formel (4)].

Für jeden Prüffall wird die kombinierte Standardmessunsicherheit $u_{C,RT}$ der im Prüfbereich genommenen Messungen mit der Formel (22) berechnet:

$$u_{C,RT} = \sqrt{u_{REF}^2 + u_{RM}^2 + u_{RT}^2} \quad (22)$$

Für jeden Prüffall wird die erweiterte Messunsicherheit U_{RT} für ein Überdeckungsintervall von 95 % berechnet:

$$U_{RT} = k \cdot u_{C,RT} \quad (23)$$

dabei ist $k = 2$.

7.5 Angaben zum Messergebnis

Folgende Angaben werden gemacht.

Ergebnis einer Messbereichsprüfung bei CP11 unter günstigen Bedingungen.

Abweichung des Mittelwerts: $\Delta \bar{D}_{RT} = __ \text{ mm}$

Erweiterte Messunsicherheit einer einzelnen
Messung: $U_{RT} = __ \text{ mm}$

(Überdeckungsintervall 95 %, $k = 2,0$)

Prüfergebnis: innerhalb/außerhalb der Spezifikation

ANMERKUNG Die Messwerte des Prüflings bei CP11 liegen außerhalb der Spezifikation für günstige Bedingungen, wenn $\Delta \bar{D}_{RT} - U_{RT}$ kleiner ($<$) der negativen oder $\Delta \bar{D}_{RT} + U_{RT}$ größer ($>$) der positiven im Handbuch angegebenen Genauigkeitsgrenze ist, oder wenn weniger als 80 % der begonnenen Messungen abgeschlossen werden konnten.

Ergebnis einer Messbereichsprüfung bei CP12 unter ungünstigen Bedingungen.

Abweichung des Mittelwerts: $\Delta \bar{D}_{RT} = __ \text{ mm}$

Erweiterte Messunsicherheit einer einzelnen
Messung: $U_{RT} = __ \text{ mm}$

(Überdeckungsintervall 95 %, $k = 2,0$)

Prüfergebnis: innerhalb/außerhalb der Spezifikation

ANMERKUNG Die Messwerte des Prüflings bei CP12 liegen außerhalb der Spezifikation für ungünstige Bedingungen, wenn $\Delta \bar{D}_{RT} - U_{RT}$ kleiner ($<$) der negativen oder $\Delta \bar{D}_{RT} + U_{RT}$ größer ($>$) der positiven im Handbuch angegebenen Genauigkeitsgrenze ist, oder wenn weniger als 80 % der begonnenen Messungen abgeschlossen werden konnten.

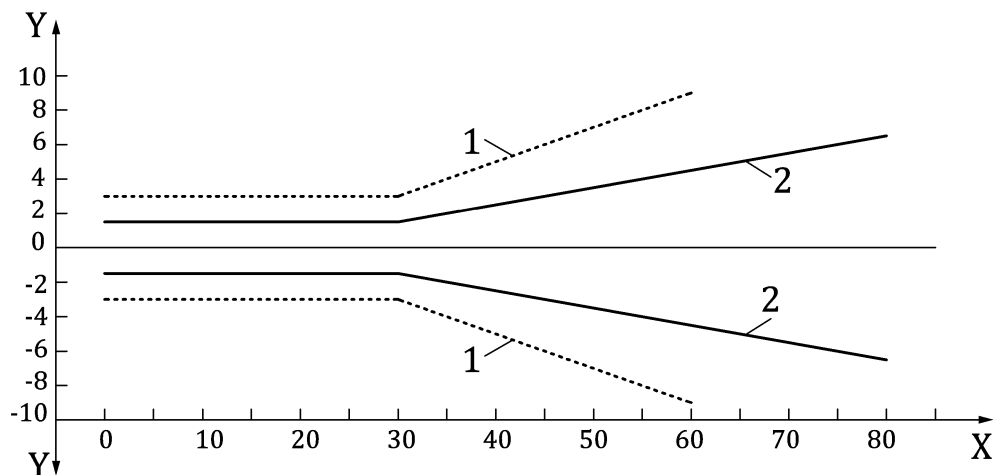
Anhang A (informativ)

Beispiel einer Leistungsspezifikation

Instrument mit einer Genauigkeitsspezifikation von 1,5 mm und einem maximalen Messbereich von 100 m.

Tabelle A.1 — Genauigkeitsspezifikationen

Genauigkeit unter günstigen Bedingungen ^a :	$\pm 1,5$ mm (95 % Überdeckungsintervall) ab 30 m zusätzliche Toleranz von 0,1 mm/m
Genauigkeit unter ungünstigen Bedingungen ^b :	$\pm 3,0$ mm (95 % Überdeckungsintervall) ab 30 m zusätzliche Toleranz von 0,20 mm/m
^a Weißes, diffus reflektierendes Ziel (95 ± 5 %), geringe Hintergrundbeleuchtung < 3 klx, Temperaturen etwa 20 °C.	
^b 10 % bis 100 % diffuse Zielreflektivität, hohe Hintergrundbeleuchtung von etwa 30 klx, Temperaturen von -10 °C bis +50 °C.	



Legende

- X Abstand (m)
- Y Genauigkeitsspezifikation (mm)
- 1 Genauigkeitsspezifikation unter ungünstigen Bedingungen
- 2 Genauigkeitsspezifikation unter günstigen Bedingungen

Bild A.1 — Beispiel für Genauigkeitsspezifikationen innerhalb eines gewissen Abstands

Tabelle A.2 — Messbereichsspezifikationen

Messbereich unter günstigen Bedingungen ^a :	0,1 m bis 100 m
Messbereich unter ungünstigen Bedingungen ^b :	0,1 m bis 50 m
^a Weißes, diffus reflektierendes Ziel (95 ± 5 %), geringe Hintergrundbeleuchtung < 3 klx, Temperaturen etwa 20 °C.	
^b 10 % bis 100 % diffuse Zielreflektivität, hohe Hintergrundbeleuchtung von etwa 30 klx, Temperaturen von -10 °C bis +50 °C.	

Anhang B
(informativ)

**Beispiele zur Bestimmung der Konformität mit den
Genauigkeitsspezifikationen**

B.1 Beispiel 1

B.1.1 Leistungsspezifikationen

Tabelle B.1 — Leistungsspezifikationen

Genauigkeitsspezifikation:	$\pm 1,5$ mm (95 % Überdeckungsintervall) unter günstigen Bedingungen ^a ab 15 m zusätzliche Toleranz von 0,10 mm/m
	$\pm 2,0$ mm (95 % Überdeckungsintervall) unter ungünstigen Bedingungen ^b ab 15 m zusätzliche Toleranz von 0,15 mm/m
Bereichsspezifikation:	0,05 m bis 60 m unter günstigen Bedingungen ^a 0,05 m bis 40 m unter ungünstigen Bedingungen ^b
^a Weißes, diffus reflektierendes Ziel, geringe Hintergrundbeleuchtung < 3 klx, Temperaturen etwa 20 °C.	
^b 10 % bis 100 % diffuse Zielreflektivität, hohe Hintergrundbeleuchtung von etwa 30 klx, Temperaturen von –10 °C bis 50 °C.	

B.1.2 Prüfung des absoluten Abstands

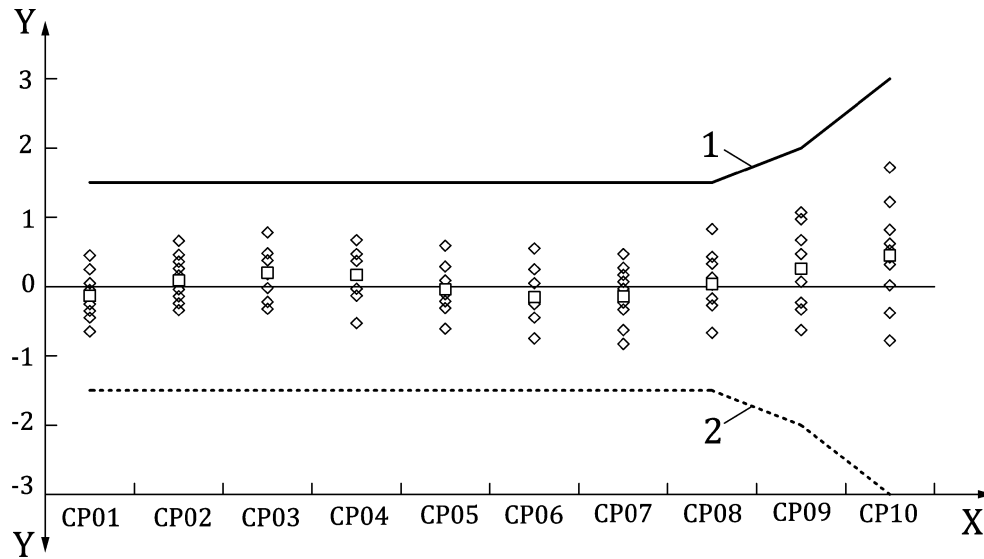
Tabelle B.2 — Bestimmung der Kontrollpunkte

Instrumentenbereich:	0,00 m bis 60 m
Bereich des Bezugssystems:	0,00 m bis 30 m
Kontrollpunkte:	CP01 = 0,60 m CP02 = 0,90 m CP03 = 1,50 m CP04 = 2,10 m CP05 = 3,00 m CP06 = 6,00 m CP07 = 9,00 m CP08 = 15,00 m CP09 = 21,00 m CP10 = 30,00 m

Tabelle B.3 — Prüfung des absoluten Abstands

Maße in Millimeter

CP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
D_{REF}	600,05	900,04	1 500,02	2 100,03	3 000,01	5 999,95	9 000,03	15 000,07	21 000,03	30 000,08
M 1	600,3	900,2	1 500,8	2 100,2	2 999,7	5 999,8	8 999,7	14 999,8	21 000,1	30 000,5
M 2	600,5	900,4	1 500,4	2 099,9	2 999,9	5 999,2	8 999,4	15 000,4	21 001,0	29 999,7
M 3	600,1	899,8	1 500,2	2 100,0	3 000,1	6 000,2	8 999,8	15 000,2	21 000,5	30 000,6
M 4	599,9	899,7	1 500,4	2 100,4	3 000,6	5 999,5	9 000,1	15 000,1	20 999,8	30 001,3
M 5	599,7	900,7	1 499,7	2 100,5	2 999,8	6 000,5	9 000,2	15 000,9	21 000,7	30 000,4
M 6	599,6	900,3	1 500,5	2 100,2	2 999,4	5 999,8	8 999,7	14 999,4	20 999,4	29 999,3
M 7	599,8	900,0	1 500,2	2 099,5	2 999,9	6 000,0	9 000,3	15 000,5	21 000,5	30 000,9
M 8	599,4	899,9	1 499,8	2 100,2	3 000,3	5 999,7	9 000,5	15 000,1	21 000,1	30 001,8
M 9	600,0	900,5	1 500,0	2 100,4	2 999,7	5 999,8	9 000,0	14 999,9	21 001,1	30 000,1
M 10	599,9	899,8	1 500,2	2 100,7	3 000,3	5 999,5	8 999,2	14 999,8	20 999,7	30 000,7
$\Delta M 1$	0,25	0,16	0,78	0,17	−0,31	−0,15	−0,33	−0,27	0,07	0,42
$\Delta M 2$	0,45	0,36	0,38	−0,13	−0,11	−0,75	−0,63	0,33	0,97	−0,38
$\Delta M 3$	0,05	−0,24	0,18	−0,03	0,09	0,25	−0,23	0,13	0,47	0,52
$\Delta M 4$	−0,15	−0,34	0,38	0,37	0,59	−0,45	0,07	0,03	−0,23	1,22
$\Delta M 5$	−0,35	0,66	−0,32	0,47	−0,21	0,55	0,17	0,83	0,67	0,32
$\Delta M 6$	−0,45	0,26	0,48	0,17	−0,61	−0,15	−0,33	−0,67	−0,63	−0,78
$\Delta M 7$	−0,25	−0,04	0,18	−0,53	−0,11	0,05	0,27	0,43	0,47	0,82
$\Delta M 8$	−0,65	−0,14	−0,22	0,17	0,29	−0,25	0,47	0,03	0,07	1,72
$\Delta M 9$	−0,05	0,46	−0,02	0,37	−0,31	−0,15	−0,03	−0,17	1,07	0,02
$\Delta M 10$	−0,15	−0,24	0,18	0,67	0,29	−0,45	−0,83	−0,27	−0,33	0,62
$\bar{D}_{AD}$	599,92	900,13	1 500,22	2 100,20	2 999,97	5 999,80	8 999,89	15 000,11	21 000,29	30 000,53
$\Delta \bar{D}_{AD}$	−0,13	0,09	0,20	0,17	−0,04	−0,15	−0,14	0,04	0,26	0,45
u_{AD}	0,33	0,34	0,33	0,34	0,36	0,37	0,41	0,42	0,56	0,73



Legende

- X Kontrollpunkt
- Y Abweichung vom Bezugswert (mm)
- 1 positive Toleranzgrenze
- 2 negative Toleranzgrenze
- ◇ $\Delta M_{i,X}$
- $\Delta \bar{D}_{AD,X}$

Bild B.1 — Absolute Abstandsabweichungen unter günstigen Bedingungen

B.1.3 Hintergrundbeleuchtungsprüfung (CP01)

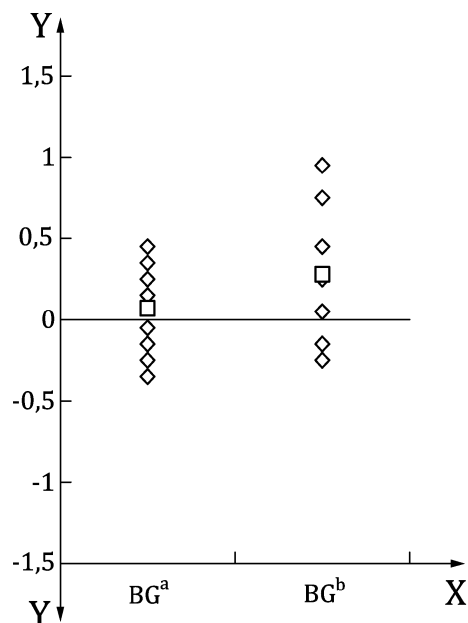
Tabelle B.4 — Bedingungen für die Hintergrundbeleuchtungsprüfung

Ziel	0,25 m × 0,25 m mit (95 ± 5) % Reflektivität
Beleuchtung	gering (< 3 klx) und stark (30 klx)
Temperatur	20 °C

Tabelle B.5 — Hintergrundbeleuchtungsprüfung an CP01

Maße in Millimeter

Bedingung	BG gering	BG hoch
D_{REF}	600,05	600,05
M 01	600,3	600,8
M 02	600,2	600,5
M 03	599,7	599,8
M 04	600,3	600,3
M 05	599,8	599,9
M 06	600,4	600,1
M 07	600,1	600,5
M 08	599,9	600,3
M 09	600,5	601,0
M 10	600,0	600,1
ΔM 1	0,25	0,75
ΔM 2	0,15	0,45
ΔM 3	−0,35	−0,25
ΔM 4	0,25	0,25
ΔM 5	−0,25	−0,15
ΔM 6	0,35	0,05
ΔM 7	0,05	0,45
ΔM 8	−0,15	0,25
ΔM 9	0,45	0,95
ΔM 10	−0,05	0,05
$\overline{D}_{\text{BG},X}$	600,12	600,33
$\Delta \overline{D}_{\text{BG},X}$	0,07	0,28
$\overline{\Delta D}_{\text{BG,Add}}$	—	0,21
$u_{\text{BG},X}$	0,27	0,38
$u_{\text{BG,Add}}$	—	0,27



Legende

- X Messbedingung
- Y Abweichung vom Bezugswert (mm)
- ◇ $\Delta M_{i,X}$
- $\Delta \bar{D}_{BG,X}$
- a gering
- b stark

Bild B.2 — Hintergrundbeleuchtungsprüfung

B.1.4 Temperaturprüfung (CP01)

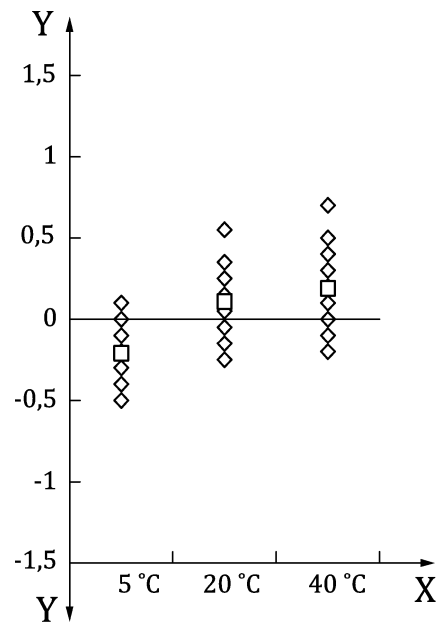
Tabelle B.6 — Bedingungen für die Temperaturprüfung

Ziel:	0,25 m × 0,25 m mit (95 ± 5) % Reflektivität
Beleuchtung:	gering (< 3 klx)
Temperatur:	5 °C, 20 °C, 40 °C

Tabelle B.7 — Temperaturprüfung an CP01

Maße in Millimeter

Bedingung	5 °C	20 °C	40 °C
D_{REF}	601,40	601,45	601,50
M 01	601,3	601,8	602,2
M 02	601,2	601,2	601,4
M 03	601,1	601,7	601,3
M 04	601,5	601,4	601,6
M 05	601,0	601,6	602,0
M 06	601,2	601,3	601,5
M 07	601,1	601,7	601,9
M 08	600,9	602,0	601,7
M 09	601,4	601,4	601,8
M 10	601,2	601,5	601,5
ΔM 1	−0,10	0,35	0,70
ΔM 2	−0,20	−0,25	−0,10
ΔM 3	−0,30	0,25	−0,20
ΔM 4	0,10	−0,05	0,10
ΔM 5	−0,40	0,15	0,50
ΔM 6	−0,20	−0,15	0,00
ΔM 7	−0,30	0,25	0,40
ΔM 8	−0,50	0,55	0,20
ΔM 9	0,00	−0,05	0,30
ΔM 10	−0,20	0,05	0,00
$\bar{D}_{T,X}$	601,19	601,56	601,69
$\Delta \bar{D}_{T,X}$	−0,21	0,11	0,19
$\bar{D}_{T,X,\text{Add}}$	−0,32	—	0,08
$u_{T,X}$	0,18	0,25	0,28
$u_{T,\text{Add}}$	—	—	0,14



Legende

- X Messbedingung
- Y Abweichung vom Bezugswert (mm)
- ◇ $\Delta M_{i,X}$
- $\Delta \bar{D}_{T,X}$

Bild B.3 — Temperaturprüfung

Tabelle B.8 — Kombinierte Abweichung und erweiterte Messunsicherheit

Maße in Millimeter

Berechnungen an CP1	Wert
$\Delta \bar{D}_{AD}$	−0,13
$\Delta \bar{D}_{BG,Add}$	0,21
$\Delta \bar{D}_{T05,Add}$	−0,32
$\Delta \bar{D}_{T40,Add}$	0,08
$\Delta \bar{D}_{C,max}$	+0,16
$\Delta \bar{D}_{C,min}$	−0,45
$u_{REF,AD}$	0,10
$u_{REF,BG}$	0,10
$u_{REF,T}$	0,10
u_{MR} (MR = 0,1 mm)	0,03
u_{AD}	0,33
$u_{BG,Add}$	0,27
$u_{T,Add}$	0,14
u_C	0,48
U (95 % Überdeckungsintervall, $k = 2$)	0,96
$\Delta \bar{D}_{C,max} + U$	1,12
$\Delta \bar{D}_{C,min} + U$	−1,41
Positive Toleranz unter ungünstigen Bedingungen	+2,00
Negative Toleranz unter ungünstigen Bedingungen	−2,00