

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREVERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIKGenauigkeit von Koordinatenmessgeräten
Kenngrößen und deren Prüfung
Annahme- und Bestätigungsprüfung von Lasertrackern
Accuracy of coordinate measuring machines
Characteristics and their checking
Acceptance and reverification tests of laser trackers

VDI/VDE 2617

Blatt 10 / Part 10

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.**The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung.	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Abkürzungen	5
3 Prinzip der Annahme und Überwachung	5
4 Annahmeprüfung	6
4.1 Kenngröße Antastabweichung	6
4.2 Kenngröße Längenmessabweichung	10
5 Überwachung	19
5.1 Prüfmittel	20
5.2 Durchführung	20
5.3 Auswertung	20
5.4 Überwachungsintervall und Dokumentation	20
Anhang A Verfahrensanleitung zur Bestimmung von Referenzlängen mit Lasertrackern	22
Anhang B Messung einer synthetischen Prüflänge zur anteiligen Berücksichtigung der thermischen Werkstückausdehnung	25
Anhang C Anordnung der Messlinien mit wechselnden Lasertracker-Standpunkten	27
Anhang D Schnelle Überprüfung von Lasertrackern	29
D1 Zwei-Lagen-Testmessungen	29
D2 Messung einer Prüflänge	31
D3 Prüfung der Nulllänge.	32
Anhang E Angaben zu Betriebsart und Betriebsbedingung für die Annahmeprüfung	34
Anhang F Gegenüberstellung Formelzeichen alte Schreibweise – neue Schreibweise	34
Schrifttum.	36

Contents	Page
Preliminary note	2
Introduction	2
1 Scope	3
2 Abbreviations.	5
3 Principle of acceptance and inspection	5
4 Acceptance test	6
4.1 Characteristic probing error	6
4.2 Characteristic error of indication for size measurement.	10
5 Inspection.	19
5.1 Test equipment	20
5.2 Procedure	20
5.3 Analysis.	20
5.4 Inspection interval and documentation	20
Annex A Procedure for determining reference lengths using laser trackers	22
Annex B Measurement of a synthetic test length proportionally allowing for thermal workpiece expansion	25
Annex C Arrangement of measuring lines with varying laser tracker positions	27
Annex D Quick inspection of laser trackers	29
D1 Two-position test measurements	29
D2 Measurement of a test length	31
D3 Testing of the zero length.	32
Annex E Information concerning mode of operation and operating conditions for acceptance testing.	35
Annex F Confrontation of the old and new way of writing of characteristic.	35
Bibliography	36

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

Fachbereich Fertigungsmesstechnik

VDI/VDE-Handbuch Fertigungsmesstechnik
VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 3: Betriebsmittel

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Lasertracker werden als universelle Mess- und Prüfgeräte eingesetzt. Jeder Betreiber muss sicher sein, dass der Lasertracker die geforderte Leistung erbringt. Insbesondere darf die maximal zulässige Messabweichung nicht überschritten werden. Dies kann auf Dauer nur durch vergleichbare Annahmekriterien und eine regelmäßige Überwachung der Geräte gewährleistet werden. Die Verantwortung dafür liegt zum einen beim Gerätehersteller und zum anderen beim Betreiber des Lasertrackers.

In der Richtlinienreihe VDI/VDE 2617 sind Kenngrößen zur Beschreibung der Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten (KMG) festgelegt und Verfahren zu ihrer Prüfung beschrieben. Sie besteht zurzeit aus folgenden Blättern:

- Blatt 2.1 Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360-2 zur Prüfung von Längenmaßen
- Blatt 2.2 Formmessung
- Blatt 2.3 Annahme- und Bestätigungsprüfung von Koordinatenmessgeräten großer Bauart
- Blatt 4 Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360-3 für Koordinatenmessgeräte mit zusätzlichen Drehachsen
- Blatt 5 Überwachung durch Prüfkörper
- Blatt 5.1 Überwachung mit Kugelplatten
- Blatt 6.1 Koordinatenmessgeräte mit optischer Antastung; Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit optischen Sensoren für laterale Strukturen
- Blatt 6.2 Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit optischen Abstandssensoren

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

Introduction

Laser trackers are used as versatile measuring and test equipment. Each user must be sure that the laser tracker performs as specified. In particular, the maximum permissible error must not be exceeded. In the long run, this can only be achieved by applying reproducible acceptance criteria and by periodic inspection of the devices. This responsibility is shared by the device manufacturer and the user of the laser tracker.

The series of guidelines VDI/VDE 2617 specifies characteristics serving to describe the accuracy of coordinate measuring machines (CMMs), and describes procedures for checking these characteristics. The series presently consists of the following parts:

- Part 2.1 Code of practice for the application of DIN EN ISO 10360-2 for length measurement
- Part 2.2 Form measurement
- Part 2.3 Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines of large dimensions
- Part 4 Manual for the application of DIN EN ISO 10360-3 for coordinate measuring machines with additional axes of rotation
- Part 5 Interim check with artefacts
- Part 5.1 Interim check with ball plates
- Part 6.1 Coordinate measuring machines with optical probing; Code of practice for the application of DIN EN ISO 10360 to coordinate measuring machines with optical sensors for lateral structures
- Part 6.2 Guideline for the application of DIN EN ISO 10360 to coordinate measuring machines with optical distance sensors

Blatt 6.3	Koordinatenmessgeräte mit Multisensorik
Blatt 7	Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten durch Simulation
Blatt 8	Prüfprozesseignung von Messungen mit Koordinatenmessgeräten
Blatt 9	Annahme und Bestätigungsprüfung von Gelenkarm-Koordinatenmessgeräten
Blatt 10	Annahme- und Bestätigungsprüfung von Lasertracker
Blatt 11	Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten durch Messunsicherheitsbilanzen
Blatt 12.1	Annahme- und Bestätigungsprüfungen für Koordinatenmessgeräte zum taktilen Messen von Mikrogeometrien
Blatt 13	Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit CT-Sensoren

Anmerkung 1: Im Rahmen der Richtlinienreihe VDI/VDE 2617 sind mehrere Blätter verfügbar, weitere sind in Arbeit. Die einzelnen Blätter gliedern sich in eine Ordnungsstruktur ein. Eine Liste der aktuell verfügbaren sowie geplanten Blätter dieser Richtlinienreihe sowie deren Strukturierung ist im Internet unter www.vdi-richtlinien.de/2617 abrufbar.

Anmerkung 2: In den bis 1999 veröffentlichten Blättern dieser Richtlinienreihe wird vielfach der Begriff „Messunsicherheit“ verwendet, wo nach der jetzt gültigen Definition im Internationalen Wörterbuch der Metrologie (VIM) [1] der Begriff „Messabweichung“ zu verwenden ist. Bei der Anwendung dieser Blätter muss also der Begriff „Messunsicherheit“ in der Regel durch „Messabweichung“ ersetzt werden.

Die vorliegende Richtlinie VDI/VDE 2617 Blatt 10 enthält praxisnahe Annahme- und Überwachungsverfahren zur Beurteilung von Lasertrackern hinsichtlich ihrer Genauigkeit. Sie wurde im Ausschuss „VDI/VDE-GMA FA 3.31 Koordinatenmesstechnik“ erarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Richtlinie gilt für Lasertracker. Dies sind Messgeräte, die den Lichtstrahl eines Längenmesssystems über eine zweiachsige Dreh- und Steuereinheit auf ein retroreflektierendes Ziel richten und automatisch nachführen. Die Position des Ziels ist durch den gemessenen Abstand und die Winkelstellung der Nachführeinheit definiert und wird in einem sphärischen Koordinatensystem registriert. Lasertracker können feststehende Ziele messen und/oder sie können beweglichen Zielen automatisch folgen sowie deren Position kontinuierlich registrieren.

In dieser Richtlinie werden Verfahren und Prüfmittel zur Annahme und zur regelmäßigen Überwachung

Part 6.3	Coordinate measuring machines with multiple probing systems
Part 7	Estimation of measurement uncertainty of coordinate measuring machines by means of simulation
Part 8	Test suitability of measurements with coordinate measuring machines
Part 9	Acceptance and reverification tests for articulated arm coordinate measuring machines
Part 10	Acceptance and reverification tests for laser trackers
Part 11	Determination of the uncertainty of measurement for coordinate measuring machines using uncertainty budgets
Part 12.1	Acceptance and reverification tests for tactile CMMs measuring microgeometries
Part 13	Guideline for the application of DIN EN ISO 10360 for coordinate measuring machines with CT sensors

Note 1: The series of guidelines VDI/VDE 2617 comprises several parts, and further parts are to be published. The numbering of the individual parts follows a classification structure. A list of all currently available and planned parts of this series of guidelines as well as information on its structuring can be downloaded from www.vdi-richtlinien.de/2617.

Note 2: In the parts of this guideline published until 1999, the term “uncertainty of measurement” is often used where, according to the currently valid definition of the International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM) [1], the term “error of measurement” ought to be used. Therefore, when using these parts of the guideline, “uncertainty of measurement” must usually be replaced by “error of measurement”.

This guideline VDI/VDE 2617 Part 10 contains practical acceptance and inspection procedures allowing to assess the accuracy of laser trackers. The guideline has been worked out by the committee “VDI/VDE-GMA FA 3.3.1 Koordinatenmesstechnik” (coordinate metrology).

1 Scope

This guideline applies to laser trackers. Laser trackers are measuring devices directing the light beam of a length-measuring system onto a retroreflective target and automatically tracking said target via a two-axes rotary control unit. The target position is defined by the measured distance and the angular position of the tracking unit and is recorded in a spherical coordinate system. Laser trackers can measure static targets and/or can automatically lock on to moving targets, recording their positions continuously.

This guideline states procedures and test equipment for acceptance and periodic inspection of laser track-

von Lasertrackern angegeben. Die Verfahren eignen sich gleichermaßen für

- die Annahme von Lasertrackern und
- die Überwachung von Lasertrackern (im Sinn der Prüfmittelüberwachung gemäß DIN EN ISO 9000 bis DIN EN ISO 9004).

Die Anforderungen an die zur Annahme und Überwachung eingesetzten Prüfkörper oder Prüfmittel werden festgelegt und einzelne beispielhaft beschrieben. Prüfkörper im Sinn dieser Richtlinie sind lineare, ebene und räumliche Anordnungen von Antast-Formelementen. Prüfkörper und Prüfmittel müssen kalibriert sein.

Zur Beurteilung der Genauigkeit der Lasertracker werden Kenngrößen festgelegt. Die Grenzwerte dieser Kenngrößen werden für die Annahme der Lasertracker vom Hersteller und für die Überwachung vom Betreiber festgelegt.

Die Kenngrößen dienen der Spezifikation der Lasertracker sowie dem Vergleich unterschiedlicher Messsysteme. Da diese Werte von der Betriebsart und den Betriebsbedingungen abhängig sind, wird empfohlen, für die Annahme und Überwachung besondere Betriebsarten und -bedingungen anzugeben und festzulegen, um die Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse sicherzustellen. Die Kenngrößen sind nicht ohne Weiteres auf jede beliebige Messaufgabe übertragbar.

Werden keine Einschränkungen der Betriebsarten und Betriebsbedingungen vereinbart, so müssen die spezifizierten Grenzwerte der Kenngrößen unter allen möglichen Betriebsarten und -bedingungen eingehalten werden. Bei Nichteinhaltung von gegebenen Einschränkungen ist eine Überschreitung des jeweiligen Grenzwerts der Kenngrößen möglich und zulässig.

Unter Betriebsarten sollen Einstell- und Konfigurationsmöglichkeiten des Lasertrackers verstanden werden, z. B.:

- Art und Form des Retroreflektors, gegebenenfalls des handgeführten Tasters und der Taststiftkonfiguration
- interferometrische oder absolute Abstandsmessung
- Messvolumen und Standort des Lasertrackers bezüglich des Messvolumens
- Stellung des Trackers senkrecht, liegend oder beliebig geneigt
- 1- oder 2-Lagen-Messung und Auswertung
- Zeitdauer für eine statische Messung

Unter Betriebsbedingungen werden die äußeren Einflussfaktoren auf den Lasertracker verstanden. Dies sind z. B.:

ers. The procedures are equally suited for

- acceptance of laser trackers and
- the inspection of laser trackers (in the sense of inspection of test equipment as per DIN EN ISO 9000 through DIN EN ISO 9004).

The requirements to be met by the artefacts or the test equipment used for acceptance and inspection are specified, and some examples are described. Artefacts as defined in this guideline are linear, flat and spatial arrangements of features to be probed. Artefacts and test equipment shall be calibrated.

Characteristics allowing to assess the accuracy of laser trackers are specified. The limits not to be exceeded by these characteristics during acceptance of laser trackers are specified by the manufacturer; those applying to inspection are specified by the user.

The characteristics serve for laser tracker specification and for comparison of different measuring systems. These values being dependent upon the mode of operation and the operating conditions, it is recommended to state and specify specific modes of operation and operating conditions for acceptance and inspections in order to ensure comparability of the test results. The characteristics are not necessarily applicable to any measurement task.

Unless limitations to the modes of operation and operating conditions are agreed, the limits specified for the characteristics must be observed in any and all modes of operation and operating conditions. Where specified limitations are not complied with, exceeding the respective limits of the characteristics is possible and permissible.

Modes of operation are understood to be options for setting and configuring the laser tracker, for instance:

- type and shape of the retroreflector, of the hand-held probe, if any, and the stylus configuration
- interferometric or absolute distance measurement
- measuring volume and location of the laser tracker with respect to the measuring volume
- operation of laser tracker either vertical, horizontal or at any angle
- 1- or 2-face measurement and evaluation
- time required for a static measurement

By operating conditions, the external factors influencing the laser tracker are understood. They include, e.g.: