

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEUREVERBAND DER  
ELEKTROTECHNIK  
ELEKTRONIK  
INFORMATIONSTECHNIKGenauigkeit von Koordinatenmessgeräten  
Kenngrößen und deren Prüfung  
Annahme- und Bestätigungsprüfungen für Koordinaten-  
messgeräte zum taktilen Messen von MikrogeometrienAccuracy of coordinate measuring machines  
Characteristics and their testing  
Acceptance and reverification tests for tactile CMM  
measuring microgeometries

VDI/VDE 2617

Blatt 12.1 / Part 12.1

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	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	2	Preliminary note . . . . .	2
Einleitung . . . . .	2	Introduction . . . . .	2
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>3</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>2 Begriffe . . . . .</b>	<b>4</b>	<b>2 Terms and definitions . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>3 Funktionsbeschreibung . . . . .</b>	<b>6</b>	<b>3 Functional description . . . . .</b>	<b>6</b>
3.1 Piezoresistiver Taster . . . . .	6	3.1 Piezo-resistive probe . . . . .	6
3.2 Taktil-optischer Taster . . . . .	7	3.2 Tactile-optical probe . . . . .	7
3.3 Ultraschall-Schwingtaster . . . . .	8	3.3 Ultrasonic vibrating probe . . . . .	8
3.4 Induktiver Taster mit Festkörpergelenken . . . . .	9	3.4 Inductive probe with flexures . . . . .	9
<b>4 Annahme- und Bestätigungsprüfung des Koordinatenmessgeräts . . . . .</b>	<b>9</b>	<b>4 Acceptance and reverification tests of the coordinate measuring machine . . . . .</b>	<b>9</b>
4.1 Überblick . . . . .	9	4.1 Overview . . . . .	9
4.2 Prüfung des gesamten Messvolumens . . . . .	10	4.2 Testing of the entire measuring volume . . . . .	10
4.3 Prüfung von Teilbereichen des Messvolumens . . . . .	15	4.3 Testing of partial measuring volumes . . . . .	15
<b>5 Annahme- und Bestätigungsprüfung des Messkopfsystems . . . . .</b>	<b>15</b>	<b>5 Acceptance and reverification tests of the probing system . . . . .</b>	<b>15</b>
5.1 Grundlagen . . . . .	15	5.1 Basic principles . . . . .	15
5.2 Messeinrichtung . . . . .	15	5.2 Measuring equipment . . . . .	15
5.3 Verfahren . . . . .	16	5.3 Procedure . . . . .	16
5.4 Auswertung . . . . .	16	5.4 Analysis . . . . .	16
<b>6 Übereinstimmung mit den Spezifikationen . . . . .</b>	<b>17</b>	<b>6 Compliance with the specifications . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>7 Anwendungen . . . . .</b>	<b>18</b>	<b>7 Applications . . . . .</b>	<b>18</b>
7.1 Annahmeprüfung . . . . .	18	7.1 Acceptance test . . . . .	18
7.2 Bestätigungsprüfung . . . . .	18	7.2 Reverification test . . . . .	18
7.3 Zwischenprüfung . . . . .	18	7.3 Interim check . . . . .	18
<b>Anhang A Allgemeine Hinweise . . . . .</b>	<b>20</b>	<b>Annex A General guidance . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>Anhang B Normale . . . . .</b>	<b>21</b>	<b>Annex B Material standards . . . . .</b>	<b>21</b>
Schrifttum . . . . .	24	Bibliography . . . . .	24

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 Urheberrechtes und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi-richtlinien.de](http://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

In der Richtlinienreihe VDI/VDE 2617 sind Kenngrößen für die Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten (KMG) festgelegt und Verfahren zu ihrer Prüfung beschrieben. Die Richtlinienreihe 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
- Blatt 6.3 Koordinatenmessgeräte mit Multisensorik
- Blatt 7 Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten durch Simulation
- Blatt 8 Prüfprozesseignung von Messungen mit Koordinatenmessgeräten

### 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](http://www.vdi-richtlinien.de)).

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

### Introduction

The series of guidelines VDI/VDE 2617 specifies characteristics to describe the accuracy of coordinate measuring machines (CMMs), and describes methods for checking these characteristics. The series of guidelines 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 Guideline 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
- 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

Blatt 9	Annahme und Bestätigungsprüfung von Gelenkarm-Koordinatenmessgeräten
Blatt 10	Annahme- und Bestätigungsprüfung von Lasertrackern
Blatt 11	Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten durch Messunsicherheitsbilanzen
<b>Blatt 12.1</b>	<b>Annahme- und Bestätigungsprüfungen für Koordinatenmessgeräte zum taktilen Messen von Mikrogeometrien</b>
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 der Richtlinienreihe gliedern sich in eine Ordnungsstruktur ein. Eine Liste der aktuell verfügbaren sowie geplanten Blätter dieser Richtlinienreihe sowie deren Strukturierung sind im Internet unter [www.vdi-richtlinien.de/2617](http://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 Norm DIN EN ISO 10360-1 enthält Begriffe für die Annahme- und die Bestätigungsprüfung von Koordinatenmessgeräten. Die Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Koordinatenmessgeräten ist in DIN EN ISO 10360-2 und DIN EN ISO 10360-5 beschrieben. Diese Normen sind vornehmlich für Koordinatenmessgeräte in kartesischer Bauart erarbeitet worden.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie beschreibt Verfahren zur Prüfung der Leistungsfähigkeit von taktilen Koordinatenmessgeräten unterschiedlicher Bauarten und Fabrikate für die Messung von Mikrogeometrien. Unter Mikrogeometrien werden dabei in der Regel Geometrien mit Abmessungen von wenigen  $\mu\text{m}$  bis ca. 1 mm verstanden. Die in der Richtlinie beschriebenen Kenngrößen dienen der Spezifikation von Koordinatenmessgeräten sowie dem Vergleich unterschiedlicher Koordinatenmessgeräte. Sie gilt für:

- Annahmeprüfungen zur Prüfung des KMG und seines Messkopfs entsprechend den Angaben des Herstellers,
- Bestätigungsprüfungen zur turnusmäßigen Prüfung des KMG und seines Messkopfs durch den Betreiber und

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
<b>Part 12.1</b>	<b>Acceptance and reverification tests for tactile CMMs measuring microgeometries</b>
Part 13	Guideline for the application of DIN EN ISO 10360 for coordinate measuring machines with CT sensors

**Note 1:** The VDI/VDE 2617 series of guidelines 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 the structure can be downloaded from [www.vdi-richtlinien.de/2617](http://www.vdi-richtlinien.de/2617).

**Note 2:** In the parts of this series of guidelines 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”.

The standard DIN EN ISO 10360-1 contains terminology used in the context of acceptance and reverification testing of coordinate measuring machines. The assessment of the performance of coordinate measuring machines is described in DIN EN ISO 10360-2 and DIN EN ISO 10360-5. These standards primarily apply to coordinate measuring machines that perform measurements a Cartesian coordinate system.

## 1 Scope

This guideline describes procedures for testing the performance of tactile coordinate measuring machines (CMMs) of various types and makes, which are used for measuring microgeometries. As a rule, “microgeometries” are understood to be geometries whose dimensions range between few  $\mu\text{m}$  and approximately 1 mm. The characteristics described in this guideline serve for specifying coordinate measuring machines and for comparing various coordinate measuring machines. The guideline applies to:

- acceptance tests for testing the CMM and its probing system in accordance with the manufacturer’s specifications,
- reverification tests for periodic testing of the CMM and its probing system by the user, and

- Zwischenprüfungen zur Überwachung des KMG und seines Messkopfs durch den Betreiber zwischen den Bestätigungsprüfungen.

Es werden taktile Koordinatenmessgeräte für die Messung von Mikrogeometrien erfasst, die aufgrund der geringen Abmessungen des Tastelements bzw. des Tasterschafts nicht mit den in DIN EN ISO 10360-2, DIN EN ISO 10360-5 und VDI/VDE 2617 Blatt 2.1 beschriebenen Verfahren und Maßverkörperungen geprüft werden können. Im Regelfall sind das KMG, deren Tastelementdurchmesser kleiner oder gleich 0,3 mm oder deren Tasterchaft kürzer als 5 mm ist.

Die Richtlinie beschreibt die Prüfung von KMG bei der Messung von Einzelpunkten. Scannende Messungen, Messungen mit Drehtisch oder selbstzentrierende Antastung werden nicht erfasst.

Die ermittelten Kenngrößen gelten nur für den Messmodus, mit dem sie ermittelt wurden.

Die Richtlinie beschreibt die Prüfung von KMG mit Einzeltastern. Bei einer Prüfung von KMG mit Mehrfachtastern ist der in ISO 10360-5 (2011) beschriebene Test sinngemäß anzuwenden.

Die Prüfung optischer Koordinatenmessgeräte für die Messung von Mikrogeometrien soll in einer separaten Richtlinie VDI/VDE 2617 Blatt 12.2 erfasst werden, die zu einem späteren Zeitpunkt erstellt wird. Derzeit sollten diese Geräte in Anlehnung an VDI/VDE 2617 Blatt 6.1 und Blatt 6.2 geprüft werden.

## 2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

### *Antastabweichung Form* ( $P_F$ )

Spannweite der radialen Abweichungen der Messpunkte von der durch Minimierung der Abweichungsquadrate (Gauß-Verfahren mit freiem Radius) der Antastpunkte berechneten Ausgleichskugel.

Dies entspricht der Differenz zwischen maximalem und minimalem Abstand von Antastpunkten zum Mittelpunkt der Ausgleichskugel.

### *Antastabweichung Maß* ( $P_S$ )

Abweichung der Anzeige bei der Bestimmung des Durchmessers einer kugelförmigen Maßverkörperung durch ein Koordinatenmessgerät.

### *Längenmessabweichung bei Nutzung eines auskragendem Tasters* ( $E_L$ )

(falls das KMG diese Anordnung zulässt)

- interim checks for inspection of the CMM and its probing system by the user between reverification tests.

The guideline covers tactile CMMs used for measuring microgeometries, which, due to the small dimensions of the stylus tip or stylus shaft, cannot be tested using the procedures and material standards described in DIN EN ISO 10360-2, DIN EN ISO 10360-5 and VDI/VDE 2617 Part 2.1. As a rule, these are CMMs with stylus tip diameters less than or equal to 0,3 mm or with stylus shaft lengths shorter than 5 mm.

The guideline describes the testing of CMMs for single point probing. Scanning measurements, measurements using a rotary table or by means of self-centring probing are not covered.

The characteristics determined only hold for the measurement mode in which they were determined.

The guideline describes the testing of CMMs using single-stylus probing systems. When testing CMMs using multiple-stylus probing systems, the test described in ISO 10360-5 (2011) shall be applied analogously.

The testing of optical CMMs used for measuring microgeometries is to be covered by the separate guideline VDI/VDE 2617 Part 12.2, which will be drafted at a later date. For the time being, these devices should be tested on the basis of guidelines VDI/VDE 2617 Part 6.1 and Part 6.2.

## 2 Terms and definitions

For the purposes of the guideline, the following terms and definitions apply:

### *Probing error, form* ( $P_F$ )

Range of radial deviations of the measured points from a regression sphere calculated by least-squares fit of the probing points (Gaussian method, radius chosen arbitrarily).

This corresponds to the difference between the maximum and minimum distances of probing points from the centre of the regression sphere.

### *Probing error, size* ( $P_S$ )

Error of indication obtained when determining the diameter of a spherical material standard using a coordinate measuring machine.

### *Length measurement error using a stylus tip with ram axis stylus tip offset* ( $E_L$ )

(provided the CMM permits this configuration)