

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

VERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIK

Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten
Kenngößen und deren Prüfung
Formmessung mit Koordinatenmessgeräten

Accuracy of coordinate measuring machines
Characteristics and their testing
Form measurement with coordinate measuring machines

VDI/VDE 2617

Blatt 2.2 / Part 2.2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard 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
1 Anwendungsbereich.....	4	1 Scope.....	4
2 Messprinzipien.....	4	2 Measurement principles.....	4
2.1 Prinzip der Formmessung mit KMG ohne Drehachse.....	4	2.1 Principle of form measurement on CMMs without rotary table.....	4
2.2 Prinzip der Formmessung mit KMG mit Drehachse	6	2.2 Principle of form measurement on CMMs with rotary table.....	6
3 Einflussgrößen.....	7	3 Influencing factors.....	7
3.1 Allgemeine Einflussgrößen.....	7	3.1 General factors.....	7
3.2 Einflüsse durch Filterung.....	8	3.2 Influences due to filtering.....	8
3.3 Einflüsse bei der Antastung	9	3.3 Influences during probing.....	9
4 Annahmeprüfung.....	14	4 Acceptance test.....	14
4.1 Allgemeines	14	4.1 General	14
4.2 Formnormale.....	14	4.2 Material standards.....	14
4.3 Durchführung.....	16	4.3 Procedure.....	16
4.4 Auswertung.....	18	4.4 Evaluation.....	18
4.5 Bewertung.....	19	4.5 Assessment	19
5 Bestätigungsprüfung.....	20	5 Reverification test.....	20
5.1 Allgemeines	20	5.1 General	20
5.2 Formnormale.....	20	5.2 Material standards.....	20
5.3 Durchführung.....	20	5.3 Procedure.....	20
5.4 Auswertung.....	21	5.4 Evaluation.....	21
5.5 Prüflintervall und Dokumentation.....	22	5.5 Reverification interval and documentation	22
Schrifttum	23	Bibliography	23

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

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

Einleitung

In der Richtlinienreihe VDI/VDE 2617 werden Kenngrößen zur Beurteilung der Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten (KMG) festgelegt und Verfahren zur Prüfung von Genauigkeitsangaben beschrieben.

Bisher sind folgende Blätter veröffentlicht:

- Blatt 2.1 Messung von Längenmaßen
- Blatt 2.2** Formmessung mit Koordinatenmessgeräten
- Blatt 4 Koordinatenmessgeräte mit zusätzlichen Drehachsen
- Blatt 5 Überwachung durch Prüfkörper
- Blatt 5.1 Überwachung mit Kugelplatten
- Blatt 6.1 Koordinatenmessgeräte mit optischen Sensoren für laterale Strukturen
- Blatt 6.2 Koordinatenmessgeräte mit optischen Abstandssensoren
- 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 Lasertrackern
- Blatt 10.1 Lasertracker mit Multisensorik
- Blatt 11 Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten durch Messunsicherheitsbilanzen
- Blatt 12.1 Annahme- und Bestätigungsprüfungen für Koordinatenmessgeräte zum taktilen Messen von Mikrogeometrien

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard 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 standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

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

Introduction

The series of standards VDI/VDE 2617 defines characteristics for evaluating the accuracy of coordinate measuring machines (CMMs) and describes procedures for verifying accuracy specifications.

The following parts have so far been published:

- Part 2.1 Length measurement
- Part 2.2** Form measurement with coordinate measuring machines
- Part 4 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 sensors for lateral structures
- Part 6.2 Coordinate measuring machines with optical distance sensors
- 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 of laser trackers
- Part 10.1 Laser trackers with multiple probing systems
- Part 11 Determination of the uncertainty of measurement for coordinate measuring machines using uncertainty budgets
- Part 12.1 Acceptance and reverification tests for tactile CMM measuring microgeometries

Blatt 13 Koordinatenmessgeräte mit CT-Sensoren (inhaltsgleich mit VDI/VDE 2630 Blatt 1.3)

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2617.

KMG sind Universalmessgeräte zur Maß-, Form- und Lagemessung. Sie ermöglichen umfassende, automatisierte Messungen der Werkstücke in einer Aufspannung auch an schief liegenden oder unregelmäßigen Formelementen. KMG werden deshalb bei geeigneten Anforderungen zunehmend auch für Formmessungen herangezogen.

Messungen mit dem KMG und mit Formmessgeräten unterscheiden sich hinsichtlich Genauigkeit, Funktionalität, Fertigungstauglichkeit und Automatisierungsgrad. Anhand dieser Kriterien empfiehlt sich die Auswahl des für die jeweilige Anwendung optimalen Geräts.

Die heute verfügbaren Normen und Richtlinien zur Formmessung orientieren sich an den Möglichkeiten und den Eigenschaften von Formmessgeräten mit Drehachse und Messkopf. Der Einsatz von KMG und anderen zur Formmessung geeigneten Einrichtungen werden in diesen Normen nicht berücksichtigt. Deshalb befasst sich diese VDI-Richtlinie mit der Formmessung auf Koordinatenmessgeräten. Um die Auswahl zwischen den unterschiedlichen Verfahren zu ermöglichen, sind in dieser Richtlinie die Voraussetzungen beschrieben, bei deren Einhaltung die Messergebnisse untereinander vergleichbar sind.

In dieser Richtlinie wird die Formmessung auf dem KMG sowohl mit als auch ohne Drehachse betrachtet.

Zur Zeichnungsangabe der Formtoleranz gehört auf der Zeichnung oder in Begleitdokumenten die Angabe der Messbedingungen, das heißt die Angabe des Tastkugelradius als alleinigen (mechanischen) Filter, oder, wenn zusätzlich ein weiteres Filter angewendet werden soll, die Angabe über die Art¹⁾ und Grenzwellenlänge²⁾ des Filters.

In der Richtlinienreihe VDI/VDE 2631 wird detailliert die Messung von Rundheit und Geradheit auf Formmessgeräten beschrieben. Durch die Orientierung dieser Richtlinie und auch der entsprechenden Normen auf solche Formmessgeräte ist ihre Anwendung auf die Formmessung mit KMG nur eingeschränkt möglich.

Part 13 Coordinate measuring machines with CT-sensors (coextensive with VDI/VDE 2630 Part 1.3)

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/2617.

CMMs are universal measuring devices for determining dimension, form, location, and orientation. They permit comprehensive, automatic workpiece measurement without re-clamping, also of skew or irregular features. Where they meet the requirements, CMMs are therefore increasingly also used for form measurement.

Measurements with CMMs and with form measuring instruments differ in terms of accuracy, functionality, shop-floor suitability, and level of automation. The optimal instrument for a specific application is suitably selected based on these criteria.

Current form measurement standards are geared to the possibilities and properties of form measuring instruments with spindle and probe. The use of CMMs and other devices suited for form measurement is not considered in these standards. Therefore, this VDI Standard deals with the subject of form measurement on coordinate measuring machines. To allow selection between the different procedures, this standard describes the prerequisites for comparable measurement results.

This standard deals with the form measurement on CMMs both with and without rotary table axis.

Form tolerance specifications in drawings or accompanying documents shall include the measuring conditions, i.e., the radius of the stylus ball tip as the sole (mechanical) filter or, if an additional filter is to be used, information on the type¹⁾ and cut-off wavelength²⁾ of the filter.

The series of standards VDI/VDE 2631 gives a detailed description of roundness and straightness measurements on form measuring equipment. Due to the focus of the standard and of other pertinent standards on such form measuring equipment, they can only be applied to a limited extent to the form measurement using CMMs.

¹⁾ Gaußfilter nach DIN EN ISO 16610-21 / Gaussian filter according to DIN EN ISO 16610-21

²⁾ 15; 50; 150 oder 500 Wellen/Umfang bzw. 0,025 mm, 0,08 mm, 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm oder 8 mm Grenzwellenlänge / 15; 50; 150 or 500 UPR, or 0,025 mm, 0,08 mm, 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm, or 8 mm cut-off wavelength

KMG eignen sich neben der Messung von Rundheit, Zylinderform, Geradheit und Ebenheit auch für die Messung von Linien- und Flächenformtoleranzen. Diese Richtlinie schließt deshalb alle Formtoleranzen ein, setzt aber die Kenntnis der in VDI/VDE 2631 dargestellten Grundlagen der Formmesstechnik voraus.

Die Anwendung dieser Richtlinie soll die Vergleichbarkeit der Formmessergebnisse auf KMG und deren Rückführbarkeit gewährleisten. Dazu werden keine neuen Definitionen geschaffen, sondern es werden Regeln zur Formmessung auf KMG aufgestellt, die – aufbauend auf den vorhandenen Normen und Richtlinien zur Formmessung – die speziellen Fähigkeiten der Koordinatenmessgeräte berücksichtigen. Zum Verständnis der Eigenschaften von KMG werden Geräteaufbau, Prinzip der Formmessung und die Auswirkung von Einflussgrößen auf die Messabweichung beschrieben. Für die Annahmeprüfung und für die Bestätigungsprüfung von KMG im Einsatz zur Formmessung werden Normale und Verfahren definiert.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für KMG beliebiger Bauart und Genauigkeit mit mechanischer oder optischer Antastung. Auch manuelle KMG sind teilweise zur Aufnahme der zur Formmessung notwendigen hohen Messpunktzahlen geeignet und deshalb nicht generell ausgeschlossen.

Einschränkungen im Anwendungsbereich ergeben sich aus der Fähigkeit des KMG, in akzeptabler Messzeit ausreichend viele Antastpunkte aufzunehmen. Für die Rundheitsmessung sind 3600 oder 4000 Punkte pro Schnitt üblich. Eine Messpunktanzahl dieser Größenordnung ist nicht mit allen KMG mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erfassbar. Formmessungen auf KMG mit lückenhafter Datenerfassung fallen nicht in den Geltungsbereich dieser Richtlinie, da durch sie die Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht gewährleistet ist.

In addition to the measurement of roundness, cylindricity, straightness, and flatness, CMMs are also suitable for measuring linearity and surface profile tolerances. This standard therefore includes all form tolerances, but requires knowledge of the form measurement principles described in VDI/VDE 2631.

The purpose of this standard is to ensure the comparability of CMM form measurement results and their traceability. To this end, rather than creating new definitions, rules for form measurement on CMMs are established that take into account the special capabilities of coordinate measuring machines on the basis of the existing form measurement standards. To understand the CMM properties, the machine design, the principle of form measurement, and the effects of influencing factors on the error of indication are described. Material standards and procedures for acceptance and verification tests of CMMs used for form measurement are defined.

1 Scope

This standard applies to CMMs of any type and accuracy, with mechanical or optical probing. Given that some manual CMMs are also suitable for recording the vast number of measuring points required for form measurement, they are not generally excluded.

Limitations in the scope of application result from the capability of the CMM to probe an adequate number of points within an acceptable measuring time. For roundness measurement, the usual number of points per section is 3600 or 4000. Not all CMMs permit the measurement of so many points with an acceptable outlay. Form measurements on CMMs providing incomplete data acquisition do not fall within the scope of this standard, as the comparability of results is not guaranteed in these cases.