

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

VERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIK

Computertomografie in der
dimensionellen Messtechnik

Einflussgrößen auf das Messergebnis und
Empfehlungen für dimensionelle
Computertomografie-Messungen

Computed tomography in
dimensional measurement

Influencing variables on measurement results and
recommendations for computed tomography dimensional
measurements

VDI/VDE 2630

Blatt 1.2 / Part 1.2

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.....	2	1 Scope.....	2
2 Normative Verweise.....	4	2 Normative references.....	4
3 Formelzeichen.....	4	3 Symbols.....	4
4 Klassifikation von dimensionellen Messaufgaben mit CT.....	4	4 Classification of dimensional measurement tasks performed using CT.....	4
5 Einflussgrößen und typische Auswirkungen auf das Messergebnis.....	6	5 Influencing variables and typical effects on the measurement result.....	6
Anhang Empfehlungen zur Qualitätssicherung bei dimensionellen Messungen mit CT (Good Practice Guide).....	19	Annex Recommendations for quality assurance in dimensional measurements using CT (good practice guide)	19
Schrifttum	26	Bibliography	26

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

Die Richtlinienreihe VDI/VDE 2630 beschreibt den Stand der Technik im Bereich der dimensionellen Messung mit Computertomografen im industriellen Umfeld. Sie legt Rahmenbedingungen und Verfahren fest, die die Vergleichbarkeit von Messungen und deren Rückführbarkeit gewährleisten.

In der Richtlinienreihe sind folgende Blätter erschienen oder in Arbeit:

Grundlagen

Blatt 1.1 Grundlagen und Definitionen

Blatt 1.2 Einflussgrößen auf das Messergebnis und Empfehlungen für dimensionelle Computertomografie-Messungen

Blatt 1.3 Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit CT-Sensoren (inhaltsgleich mit VDI/VDE 2617 Blatt 13 Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten)

Blatt 1.4 Gegenüberstellung verschiedener dimensioneller Messverfahren

Unsicherheit/Prozesseignung/Kalibrierung

Blatt 2.1 Bestimmung der Messunsicherheit und der Prüfprozesseignung von Koordinatenmessgeräten mit CT-Sensoren

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2630.

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie beschreibt typische Einflussgrößen auf das Messergebnis von dimensionellen Messungen mit industrieller Computertomografie (CT). Dazu werden die verschiedenen dimensionellen Messaufgaben klassifiziert, die mittels industrieller

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 2630 describes the state of the art in the field of computed-tomography dimensional measurements for industrial applications. It specifies basic conditions and procedures that ensure the reproducibility and traceability of measurements.

In the series of standards, the following parts have so far been published or are in preparation:

Basic principles

Part 1.1 Fundamentals and definitions

Part 1.2 Influencing variables on measurement results and recommendations for computed-tomography dimensional measurements

Part 1.3 Guideline for the application of DIN EN ISO 10360 for coordinate measuring machines with CT-sensors (identical with VDI/VDE 2617 Part 13 Accuracy of coordinate measuring machines)

Part 1.4 Measurement procedure and comparability

Uncertainty/process suitability/calibration

Part 2.1 Determination of the uncertainty of measurement and the test process suitability of coordinate measurement systems with CT sensors

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/2630.

1 Scope

The standard describes typical variables influencing the results of dimensional measurements that are performed using industrial computed tomography (CT). To this end, the various dimensional measurement tasks which can be performed using

CT bearbeitet werden können. Aufgrund der Vielfalt von Bauformen von CT-Geräten und ihren Anwendungen kann für die Einflussgrößen kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden.

Der Anwendungsbereich dieser Richtlinie erstreckt sich daher nur auf die CT-Geräte, die im Folgenden beschrieben werden. Im Anhang werden Empfehlungen zur Qualitätssicherung von dimensionellen Messungen mit CT gegeben.

In dieser Richtlinie werden axiale CT-Systeme betrachtet. Bei diesen CT-Geräten erfolgt im Wesentlichen eine Rotation des untersuchten Werkstücks um eine raumfeste Achse. Die Rotation findet orthogonal zur Durchstrahlungsrichtung statt. Die meisten Aussagen gelten jedoch auch für Laminografieanordnungen und Gantry-basierte CT-Systeme. Betrachtet werden industrielle CT-Geräte mit Röntgenröhren und Linearbeschleunigern als Röntgenquellen.

Die Richtlinie beschreibt den Aufbau eines typischen industriellen CT-Geräts, für das die angegebenen Einflussgrößen gültig sind. Die beschriebenen Einflussfaktoren gelten dabei sowohl für Fächerstrahl-CT (2-D-CT) als auch für Kegelstrahl-CT (3-D-CT). Im Einzelfall wird auf Unterschiede eingegangen.

Es gibt auch andere CT-Verfahren, die auf weiteren Messprinzipien beruhen, als die hier betrachteten; dieses sind insbesondere Laminografie, Neutronen-CT und synchrotronbasierte CT. Bestimmte in dieser Richtlinie beschriebene Einflussgrößen sind im Wesentlichen auch für diese CT-Verfahren gültig.

Grundlagen und Definitionen sowie Beschreibung und Funktion der Einzelkomponenten von CT-Systemen finden sich in VDI/VDE 2630 Blatt 1.1.

Die in dieser Richtlinie betrachteten CT-Geräte bestehen mindestens aus folgenden Komponenten (siehe auch Bilder in VDI/VDE 2630 Blatt 1.1):

- Röntgenquelle (hier Röntgenröhre oder Linearbeschleuniger)
- Drehachse zur Rotation des zu durchstrahlenden Bauteils, gegebenenfalls Halterung für Bauteilaufspannung auf der Drehachse
- Röntgendetektor
- Steuerungseinheit (Computer + Steuerungssoftware) zur Aufnahme der Projektionen
- Rekonstruktionseinheit (Computer + Rekonstruktionssoftware) zur Erzeugung der Volumendaten
- Strahlungsabschirmung (in der Regel Kabinen mit Abschirmung gemäß Röntgenverordnung – RöV)

industrial CT are categorized. Due to the plurality of types of CT devices and their applications, the list of influencing variables dealt with cannot claim to be exhaustive.

The scope of this standard therefore only extends to the CT devices described below. The Annex contains recommendations regarding quality assurance for computed-tomography dimensional measurements.

This standard addresses axial CT systems. Such CT devices essentially rely on the rotation of the test object about a fixed axis. Rotation is orthogonal to the direction of the radiographic beam. However, the majority of statements also apply to laminography systems and CT gantry systems. The industrial CT devices considered in this standard use X-ray tubes or linear particle accelerators (linacs) as X-ray sources.

The standard describes the configuration of a typical industrial CT device for which the stated influencing variables are valid. The influencing factors described hold true for both fan-beam CT (2D-CT) and cone-beam CT (3D-CT). Differences are addressed in individual cases.

Further CT methods exist, which rely on measurement principles other than those considered here; they include, in particular, laminography, neutron CT and synchrotron-based CT. Certain influencing variables described in this standard essentially apply to these CT methods as well.

Basic principles and definitions as well as the characteristics and functioning of the individual components of CT systems are described in VDI/VDE 2630 Part 1.1.

The CT devices considered in this standard consist at least of the following components (see also figures in VDI/VDE 2630 Part 1.1):

- X-ray source (here: X-ray tube or linear particle accelerator)
- shaft for rotation of the object to be inspected; fixture for clamping the object to the shaft, if required
- X-ray detector
- control unit (computer + control software) for acquiring the projections
- reconstruction unit (computer + reconstruction software) for generating the volume data
- X-ray shielding (as a rule, enclosures shielded according to German X-ray Ordinance – RöV)

- Auswertungseinheit (Computer + Auswertungs- und Visualisierungssoftware)
Anwendungsbeispiele: Analyse, Visualisierung und Messung der Volumendaten, Erzeugung von Oberflächendaten aus den Volumendaten, Visualisierung und dimensionelle Messung.

2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI/VDE 2630 Blatt 1.1:2016-11 Computertomografie in der dimensionellen Messtechnik; Grundlagen und Definitionen

- analyser unit (computer + analysis and visualisation software)
Application examples: analysis, visualisation and measurement of volume data, generation of surface data from the volume data, visualisation and dimensional measurement.

2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI/VDE 2630 Part 1.1:2016-11 Computed tomography in dimensional measurement; Fundamentals and definitions