

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

VERBAND DER  
ELEKTROTECHNIK  
ELEKTRONIK  
INFORMATIONSTECHNIK

Prüfprozessmanagement  
Ermittlung der Messunsicherheit  
komplexer Prüfprozesse

Inspection process management  
Determination of the measurement uncertainty of  
complex inspection processes

VDI/VDE 2600

Blatt 2 / Part 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
Vorbemerkung .....	2
Einleitung .....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	3
<b>2 Normative Verweise</b> .....	3
<b>3 Begriffe</b> .....	4
<b>4 Vorgehensweise zur Ermittlung der Messunsicherheit komplexer Prüfprozesse</b> .....	6
4.1 Bestimmung der Einflüsse auf den Prüfprozess (Schritt 4.1) .....	11
4.2 Identifikation relevanter Einflüsse als Eingangsgrößen für das Modell (Schritt 4.2) .....	13
4.3 Modellbildung (Schritt 4.3) .....	14
4.4 Modellverifizierung und Modellvalidierung (Schritt 4.4) .....	18
4.5 Bestimmung der Messunsicherheit (Schritt 4.5) .....	21
<b>Anhang A Einflussfaktoren auf die Prüfung</b> .....	22
<b>Anhang B Anwendungsbeispiele</b> .....	24
B1 Ermittlung der Messunsicherheit bei der Bestimmung von Chipwiderständen .....	24
B2 Ermittlung der Messunsicherheit bei selbstgebaute Sensoren am Beispiel eines DMS-Messsystems zur Drehmomentmessung .....	39
B3 Bestimmung der Messunsicherheit bei der Ermittlung des thermischen Längenausdehnungskoeffizienten .....	49
B4 Bestimmung der Messunsicherheit bei der Durchmessermessung mit einem Koordinatenmessgerät .....	57
Schrifttum .....	63

Contents	Page
Preliminary note .....	2
Introduction .....	2
<b>1 Scope</b> .....	3
<b>2 Normative references</b> .....	3
<b>3 Terms and definitions</b> .....	4
<b>4 Method for determining the measurement uncertainty of complex inspection processes</b> .....	6
4.1 Determination of influences on the inspection process (Step 4.1) .....	11
4.2 Identification of relevant influences as input quantities to the model (Step 4.2) .....	13
4.3 Modelling (Step 4.3) .....	14
4.4 Model verification and model validation (Step 4.4) .....	18
4.5 Determination of measurement uncertainty (Step 4.5) .....	21
<b>Annex A Factors influencing the inspection</b> .....	22
<b>Annex B Application examples</b> .....	24
B1 Determination of measurement uncertainty in chip resistance tests .....	24
B2 Determination of measurement uncertainty in homemade sensors using the example of a strain gauge system for torque measurement .....	39
B3 Determination of measurement uncertainty in the measurement of the coefficient of linear thermal expansion .....	49
B4 Determination of measurement uncertainty in the measurement of a diameter using a coordinate measuring machine .....	57
Bibliography .....	63

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

Fachbereich Grundlagen und Methoden

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](http://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 2600 „Prüfprozessmanagement“ stellt Vorgehen und Methoden bereit, die eine wirtschaftlich optimale Auswahl und Auslegung der Prüfprozesse im Unternehmen sicherstellen sollen. Ausgehend von der Fokussierung auf ein risikobasiertes Denken aus DIN EN ISO 9001 ist die Grundidee der Richtlinienreihe, das gesamte Management der Prüfprozesse ebenfalls risikobasiert durchzuführen. Dies umfasst die gesamte Prüfplanung zur Sicherstellung der Produkt- und Prozessqualität von der Identifizierung und Auswahl wirtschaftlicher Prüfprozesse über den Eignungsnachweis und die fortlaufende Überwachung der Prüfprozesse bis hin zum Prüferentscheid und der Dokumentation der Ergebnisse.

Die Richtlinienreihe VDI/VDE 2600 „Prüfprozessmanagement“ setzt sich aus den folgenden Dokumenten zusammen:

Blatt 1 Identifizierung, Klassifizierung und Eignungsnachweise von Prüfprozessen

**Blatt 2** Ermittlung der Messunsicherheit komplexer Prüfprozesse

Blatt 3 Prüfplanung (in Vorbereitung)

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/2600](http://www.vdi.de/2600).

Blatt 2 ist aus dem Bedarf heraus entstanden, auch für komplexe Prüfprozesse wirtschaftlich effizient die Unsicherheit bestimmen zu können. Es stellt ein allgemeines Vorgehen sowie unterstützende Methoden für die Bestimmung der Messunsicherheit komplexer Prüfprozesse bereit und bildet damit eine Erweiterung von VDI/VDE 2600 Blatt 1.

## 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](http://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 2600 “Inspection process management” provides procedures and methods to ensure an economically optimal selection and design of inspection processes in the company. Starting from the focus on risk-based thinking in DIN EN ISO 9001, the basic idea of the series of standards is that the entire inspection process management should also follow a risk-based approach. This encompasses the entire inspection planning to ensure product and process quality from the identification and selection of efficient inspection processes to the proof of suitability and continuous monitoring of the inspection processes to the inspection decision and documentation of the results.

The series of standards VDI/VDE 2600 “Inspection process management” comprises the following parts:

Part 1 Identification, classification and proof of suitability for inspection processes

**Part 2** Determination of measurement uncertainty of complex inspection processes

Part 3 Inspection planning (in preparation)

A catalogue of all available parts of this series of standards and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/2600](http://www.vdi.de/2600).

Part 2 has been developed out of the need for an economically efficient way to determine the uncertainty even of complex inspection processes. It provides a general procedure and supportive methods for determining the measurement uncertainty of complex inspection processes and thus forms an extension of VDI/VDE 2600 Part 1.

## 1 Anwendungsbereich

In dieser Richtlinie wird eine Vorgehensweise zur Messunsicherheitsbestimmung komplexer Prüfprozesse definiert. Ein Prüfprozess wird im Sinne dieser Richtlinie als komplex eingestuft, wenn für die Messunsicherheitsbestimmung ein mathematisches Modell des Prüfprozesses erstellt werden muss, weil nicht auf vorhandene Modelle oder vereinfachte Verfahren (z.B. aus anderen Normen und Richtlinien) zurückgegriffen werden kann.

Für einen komplexen Prüfprozess gibt es u.a. folgende Indikatoren:

- eine inhomogene Messunsicherheit über den Parameterraum
- eine Vielzahl an Einflussfaktoren
- ein nicht lineares mathematisches Modell
- die indirekte Erfassung des Prüfmerkmals durch Hilfsmittel oder besondere Auswerteverfahren
- ein veränderliches Messobjekt
- die Unmöglichkeit einer Rückführung auf die gesetzlichen Einheiten
- die Unmöglichkeit von Wiederholmessungen

Ziel dieser Richtlinie ist es daher, die Prüfprozess-eignung auf Basis einer geeigneten Kombination aus exakter Modellierung aus Vorwissen und aus experimenteller Modellierung mittels systematischer Versuche nachzuweisen. Diese Richtlinie ergänzt Schritt 4 (Ermittlung der Messunsicherheit) aus VDI/VDE 2600 Blatt 1 für den Fall, dass keine vereinfachten Verfahren anwendbar sind. Diese Richtlinie kann aber auch unabhängig von VDI/VDE 2600 Blatt 1 als Systematik zur Bestimmung der Messunsicherheit von Messprozessen genutzt werden.

## 1 Scope

This standard defines a procedure for determining the measurement uncertainty of complex inspection processes. For the purposes of this standard, an inspection process is classified as complex if the determination of the measurement uncertainty requires the development of a mathematical model of the inspection process because there are no existing models or simplified procedures (e.g., from other standards) that could be used.

Examples of indicators for a complex inspection process include the following:

- an inhomogeneous measurement uncertainty over the parameter range
- a multitude of influencing factors
- a nonlinear mathematical model
- indirect measurement of the inspection characteristic using tools or special evaluation methods
- a variable material (test item)
- impossibility of traceability to the legal units
- impossibility of repeated measurements

Hence, the objective of this standard is to prove the suitability of the inspection process on the basis of a suitable combination of accurate modelling from prior knowledge and experimental modelling by means of systematic experiments. This standard supplements Step 4 (determination of the measurement uncertainty) in VDI/VDE 2600 Part 1 in cases where simplified methods are not applicable. However, this standard can also be used independently of VDI/VDE 2600 Part 1 for systematic determination of the measurement uncertainty of measurement processes.