

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE  
  
VERBAND DER  
ELEKTROTECHNIK  
ELEKTRONIK  
INFORMATIONSTECHNIK

Optische Messtechnik an Mikrotopografien  
Kalibrieren von Interferenzmikroskopen und  
Tiefeneinstellnormalen für die Rauheitsmessung  
  
Optical measurement and microtopographies  
Calibration of interference microscopes and depth  
measurement standards for roughness measurement

VDI/VDE 2655  
Blatt 1.1 / Part 1.1  
  
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> .....	5
<b>3 Formelzeichen und Indizes</b> .....	5
<b>4 Eigenschaften der Interferenzmikroskope</b> .....	6
4.1 Bestandteile der Geräte .....	6
4.2 Interferenz-Strahlengänge .....	7
4.3 Auswerteverfahren .....	8
<b>5 Referenznormale und Kalibrierverfahren</b> .....	10
5.1 Übersicht .....	10
5.2 Rauschen .....	12
5.3 Ebenheitsabweichung der Bezugsebene .....	12
5.4 Bestimmung der kurzen Grenzwellenlänge .....	14
5.5 Kalibrierung der horizontalen Achsen .....	16
5.6 Kalibrierung der vertikalen Achse .....	16
5.7 Nicht berücksichtigte Eigenschaften .....	17
<b>6 Ergebnisbericht der Gerätekalibrierung</b> .....	17
6.1 Bestimmung von Geräteeigenschaften .....	18
6.2 Rückführung horizontal .....	18
6.3 Rückführung vertikal .....	18
6.4 Messunsicherheit für die Gerätekalibrierung .....	19
<b>7 Messunsicherheit</b> .....	19
7.1 Struktur des Modells .....	19
7.2 Aufstellung des Modells .....	21
7.3 Erläuterung der Eingangsgrößen und Ermittlung ihres Einflusses auf die Topografiebestimmung .....	23
7.4 Unsicherheit der Punkte der Topografie .....	27
7.5 Kennwertfunktionen .....	27
Schrifttum .....	40

Contents	Page
Preliminary note .....	2
Introduction .....	2
<b>1 Scope</b> .....	3
<b>2 Normative references</b> .....	5
<b>3 Symbols and indices</b> .....	5
<b>4 Properties of the interference microscopes</b> .....	6
4.1 Parts of the instruments .....	6
4.2 Interference light paths .....	7
4.3 Evaluation methods .....	8
<b>5 Reference standards and calibration procedures</b> .....	10
5.1 Overview .....	10
5.2 Noise .....	12
5.3 Flatness deviation of the z datum plane .....	12
5.4 Determination of the short cut-off wavelength .....	14
5.5 Calibration of the horizontal axes .....	16
5.6 Calibration of the vertical axis .....	16
5.8 Properties not included .....	17
<b>6 Report of results of instrument calibration</b> .....	17
6.1 Determination of instrument properties .....	18
6.2 Horizontal traceability .....	18
6.3 Vertical traceability .....	18
6.4 Measurement uncertainty for instrument calibration .....	19
<b>7 Measurement uncertainty</b> .....	19
7.1 Structure of the model .....	19
7.2 Setting up the model .....	21
7.3 Explanation of the input variables and determination of their influence on the analysis of topography .....	23
7.4 Uncertainty of the points of topography .....	27
7.5 Parameter functions .....	27
Bibliography .....	40

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)  
Fachbereich Digitalisierung und Virtualisierung

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

Frühere Ausgabe: 03/08  
Former edition: 03/08

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2024

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

## 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

Interferenzmikroskopische Verfahren sind ein wichtiger Bestandteil der Messtechnik zur Bestimmung der Mikrotopografie von Oberflächen geworden. Neben den Verfahren, wie die physikalischen Grundprinzipien der Interferenz in Oberflächen-Topografien umgesetzt werden, beschreibt diese Richtlinie Methoden, mit denen die Interferenzmikroskope in wesentlichen messtechnischen Eigenschaften charakterisiert werden können. Darin eingeschlossen sind die Rückführung und die Berechnung der Messunsicherheit von Geräteeigenschaften und Oberflächenkenngrößen. Für eine systematische Behandlung wird diese Richtlinienreihe anwendungsbezogen gegliedert.

- Blatt 1.1** Kalibrieren von Interferenzmikroskopen und Tiefeneinstellnormalen für die Rauheitsmessung
- Blatt 1.2 Kalibrieren von konfokalen Mikroskopen und Tiefeneinstellnormalen für die Rauheitsmessung
- Blatt 1.3 Kalibrieren von flächenhaft messenden Interferometern und Interferenzmikroskopen für die Formmessung
- Blatt 1.4 Kalibrieren von konfokalen Messsystemen für die Formmessung (in Vorbereitung)
- Blatt 2.1 Verfahren der Rauheitsmessung (in Vorbereitung)
- Blatt 2.2 Verfahren der Mikroformmessung (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/2655](http://www.vdi.de/2655).

## 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

Procedures using interference microscopes have become an important part of the measurement techniques used for determining the microtopography of surfaces. Alongside the procedures whereby the basic physical principles behind interference are implemented in surface topographies, this standard describes methods for classifying interference microscopes by major metrological properties. These include traceability and the calculation of the measurement uncertainty of instrument properties and surface texture parameters. This series of standards has been subdivided on an application-related basis in order to allow a systematic treatment of the subject.

- Part 1.1** Calibration of interference microscopes and depth measurement standards for roughness measurement
- Part 1.2 Calibration of confocal microscopes and depth setting standards for roughness measurement
- Part 1.3 Calibration of interferometers and interference microscopes for form measurement
- Part 1.4 Calibrating confocal measurement systems for shape measurement (in preparation)
- Part 2.1 Methods of roughness measurement (in preparation)
- Part 2.2 Methods of microform measurement (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/2655](http://www.vdi.de/2655).

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für Interferenzmikroskope zur Messung der Topografie technischer Oberflächen. Die beschriebenen Prozeduren für die Kalibrierung sind vergleichbar zu den Methoden, die sich bereits bei den Richtlinien für die Rückführung von Tastschnittgeräten (siehe Bild 1) bewährt haben (Reihe DKD-R 4-2). Entsprechend sind, soweit es möglich ist, auch die dort erprobten Normale (Planglas, optisches Gitter, Tiefeneinstellnormal, Raunormal) übernommen.

Dieses Blatt der Richtlinienreihe beschränkt sich auf die Grundkalibrierung der Interferenzmikroskope. Diese schließt die Rückführung auf die Längeneinheit über die Messung an rückgeführten Tiefeneinstellnormalen ein. Dies entspricht dem rechten vertikalen Pfad in Bild 1. Aus diesen Messprozessen ergibt sich die Herleitung für die Messunsicherheitsberechnung der Gerätekalibrierung und die der Messung an Tiefeneinstellnormalen.

Die entsprechenden Prozeduren für Rauheitskenngrößen werden in VDI/VDE 2655 Blatt 2.1 beschrieben werden.

Mit der Anwendung dieser Richtlinie werden folgende Ziele verfolgt:

- bessere Vergleichbarkeit von Oberflächenmessungen mit verschiedenen Mikroskopen sowie zwischen Mikroskopen und Tastschnittgeräten mit den Normen und Richtlinien sowie Normalen für Tastschnittgeräte
- Festlegung von Bedingungen für die Rückführung auf die Längeneinheit entsprechend Bild 1
- Feststellung der Kalibrierfähigkeit und Festlegung des Gültigkeitsbereichs einer Kalibrierung
- Festlegung von Mindestanforderungen an den Kalibriervorgang und an Abnahmebedingungen
- Bereitstellung eines GUM-konformen Modells zur Messunsicherheitsberechnung des Messvorgangs mit einem Interferenzmikroskop
- Festlegung der Anforderungen an einen Ergebnisbericht

## 1 Scope

This standard applies to interference microscopes used for measuring the topography of industrial surfaces. The calibration procedures described are comparable to the methods which have already proved themselves in the standards dealing with the traceability of contact stylus instruments (see Figure 1) (series DKD-R 4-2). Accordingly, the material standards examined there (optical flat, optical grating, depth measurement standard, roughness measurement standard) have also been used where this is possible.

The present part of the series of standards is confined to the basic calibration of the interference microscopes. This includes traceability to the unit of length via measurement at traceable depth measurement standards. This corresponds to the right-hand vertical path in Figure 1. From these measurement procedures comes the derivation for calculating the measurement uncertainty in the instrument calibration and the derivation for measurement at depth measurement standards.

The corresponding procedures for surface roughness parameters will be described in VDI/VDE 2655 Part 2.1.

Application of this standard pursues the following aims:

- improved comparability of surface measurements using different microscopes as well as between microscopes and contact stylus instruments with the standards and the material standards for contact stylus instruments
- definition of conditions for traceability to the unit of length as shown in Figure 1
- determination of suitability for calibration and definition of the scope of validity of a calibration
- definition of minimum requirements for the calibration process and for acceptance conditions
- provision of a GUM-conforming model for calculating the measurement uncertainty of the measuring method using an interference microscope
- definition of the requirements for a report of results

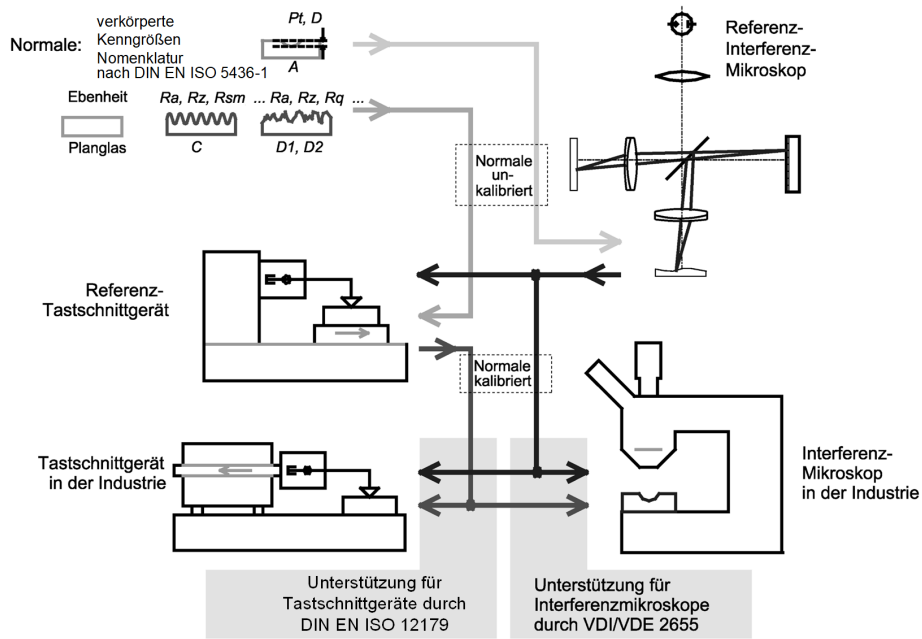


Bild 1. Rückführungskette für Tastschnittgeräte und Interferenzmikroskope

Nach der Kalibrierung auf dem Referenz-Interferenzmikroskop wird mit den Tiefeneinstellnormalen vom Typ A die Längeneinheit an die nachgeordneten Tastschnittgeräte und Interferenzmikroskope weitergegeben. Dies entspricht dem Verlauf der rechten vertikalen Pfeile. Normale mit unregelmäßigem Profil – auch Plangläser – werden mit dem so zurückgeführten Referenz-Tastschnittgerät kalibriert und geben danach die Werte von Rauheitskenngrößen an die nachgeordneten Tastschnittgeräte und Interferenzmikroskope weiter. Dies entspricht dem Verlauf der linken vertikalen Pfeile.

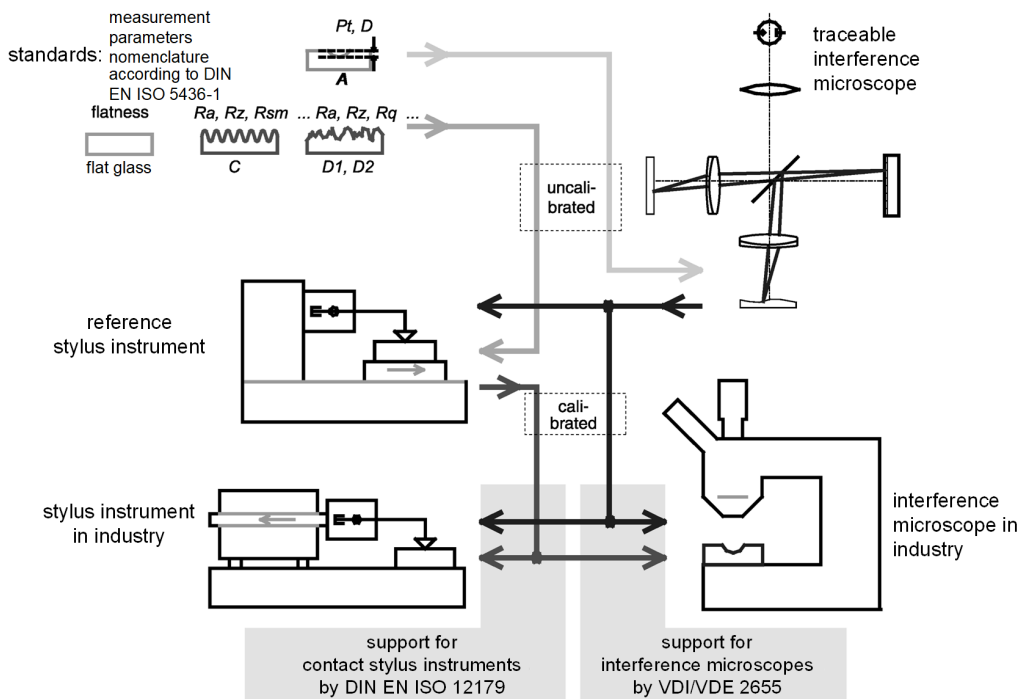


Figure 1. Traceability chain for contact stylus instruments and interference microscopes

Following calibration on the reference interference microscope, the unit of length is passed on to the downstream contact stylus instruments and interference microscopes via the type-A depth measurement standards. This corresponds to the course of the right-hand vertical arrow. Material standards with an irregular profile – even optical flats – are calibrated with the reference contact stylus instrument which has been traced back in this way. They then pass on the values of the roughness parameters to the downstream contact stylus instruments and interference microscopes. This corresponds to the course of the left-hand vertical arrows.