

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEUREVERBAND DER  
ELEKTROTECHNIK  
ELEKTRONIK  
INFORMATIONSTECHNIKTechnische Temperaturmessung  
StrahlungsthermometrieTemperature measurement in industry  
Radiation thermometry

VDI/VDE 3511

Blatt 4 / Part 4

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 .....	3	Preliminary note.....	3
Einleitung.....	3	Introduction.....	3
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>4</b>	<b>1 Scope</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Normative Verweise</b> .....	<b>4</b>	<b>2 Normative references</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>4</b>	<b>3 Terms and definitions</b> .....	<b>4</b>
<b>4 Formelzeichen und Abkürzungen</b> .....	<b>5</b>	<b>4 Symbols and abbreviations</b> .....	<b>5</b>
<b>5 Physikalische Grundlagen</b> .....	<b>10</b>	<b>5 Physical principles</b> .....	<b>10</b>
5.1 Temperaturstrahlung.....	10	5.1 Thermal radiation.....	10
5.2 Grundtypen von Strahlungstemperatur-Messgeräten.....	11	5.2 Basic types of radiation temperature measurement instruments.....	11
5.3 Kriterien für den sinnvollen Einsatz von Strahlungstemperatur- Messgeräten.....	15	5.3 Criteria for the reasonable use of radiation temperature measuring instruments.....	15
5.4 Einzuhaltende allgemeine messtechnische Grundsätze.....	15	5.4 General metrological principles to be observed.....	15
5.5 Strahlungsphysikalische Größen und ihre Einheiten.....	16	5.5 Physical quantities of radiation and their units.....	16
5.6 Schwarzer Strahler.....	19	5.6 Blackbody radiator.....	19
5.7 Realer Strahler (Messobjekt).....	25	5.7 Real radiator (measuring object).....	25
<b>6 Strahlungsthermometer</b> .....	<b>26</b>	<b>6 Radiation thermometers</b> .....	<b>26</b>
6.1 Strahldichte-Strahlungsthermometer.....	27	6.1 Radiance radiation thermometer.....	27
6.2 Verhältnis-Strahlungsthermometer und Mehrkanal-Strahlungsthermometer.....	59	6.2 Ratio radiation thermometers and multichannel radiation thermometers.....	59
6.3 Optische Abbildungsbedingungen.....	61	6.3 Optical imaging conditions.....	61
6.4 Bauarten und Spezifikationen von Strahlungsthermometern.....	65	6.4 Types and specifications of radiation thermometers.....	65
6.5 Kalibrierung von Strahlungsthermometern.....	75	6.5 Calibration of radiation thermometers.....	75
<b>7 Thermografiekameras</b> .....	<b>79</b>	<b>7 Thermographic cameras</b> .....	<b>79</b>
7.1 Abgrenzung zu Strahlungsthermometern mit Scaneinrichtung.....	79	7.1 Differentiation from radiation thermometers with scanning device.....	79
7.2 Linienscanner.....	79	7.2 Line scanner.....	79
7.3 Zeilenkamera (Linienkamera).....	80	7.3 Line camera.....	80

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

Fachbereich Optische Technologien

VDI/VDE-Handbuch Optische Technologien  
VDI/VDE-Handbuch Prozessmesstechnik und Strukturanalyse  
VDI-Handbuch Energietechnik

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
7.4 Thermografiekamera mit Matrixdetektor.....	81
7.5 Spezifikation und Kalibrierung von Thermografiekameras .....	82
7.6 Ausstattungsmerkmale .....	85
7.7 Vor- und Nachteile der verschiedenen Thermografiekameras .....	86
<b>8 Optische Komponenten von Strahlungstemperatur-Messgeräten .....</b>	<b>87</b>
8.1 Objektive und Filter .....	87
8.2 Detektoren.....	88
<b>9 Emissionsgrad .....</b>	<b>95</b>
9.1 Emissionsgrad verschiedener Materialien .....	95
9.2 Methoden zur Emissionsgradbestimmung .....	100
Schrifttum .....	113

<b>Contents</b>	<b>Page</b>
7.4 Thermographic camera with matrix detector .....	81
7.5 Specification and calibration of thermographic cameras .....	82
7.6 Equipment features .....	85
7.7 Advantages and disadvantages of the different thermographic cameras .....	86
<b>8 Optical components of radiation temperature measuring instruments .....</b>	<b>87</b>
8.1 Lenses and filters .....	87
8.2 Detectors.....	88
<b>9 Emissivity.....</b>	<b>95</b>
9.1 Emissivity of different materials.....	95
9.2 Methods for emissivity determination ...	100
Bibliography .....	113

## 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

In dieser Richtlinie werden Hinweise für die zweckmäßige Durchführung von Temperaturmessungen mit Strahlungstemperatur-Messgeräten gegeben. Mit diesen Geräten kann die Temperatur eines Objekts berührungslos gemessen werden. Dabei werden die Gesetze der Optik und der Strahlungsphysik genutzt.

Die Richtlinienreihe VDI/VDE 3511 (Technische Temperaturmessungen) ist wie folgt aufgebaut:

### **Blatt 4** Strahlungsthermometrie

#### Blatt 4.1 Begriffe

#### Blatt 4.2 Instandhaltung und ordnungsgemäßer Betrieb von Strahlungsthermometern

#### Blatt 4.4 Kalibrierung von Strahlungsthermometern

#### Blatt 4.5 Praktische Anwendung von Strahlungsthermometern

#### Blatt 4.6 Aufbau und Einsatz von Kalibrierstrahlern

#### Blatt 4.7 Verhältnis-Strahlungsthermometer

Für die Thermografiekameras steht ergänzend die Richtlinienreihe VDI/VDE 5585 (Technische Temperaturmessung; Temperaturmessung mit Thermografiekameras) zur Verfügung:

#### Blatt 1 Messtechnische Charakterisierung

#### Blatt 2 Kalibrierung

Die Richtlinien der Reihe VDI/VDE 3511 zur berührenden Temperaturmessung (Blatt 1, Blatt 2, Blatt 3 und Blatt 5) wurden 2020 zurückgezogen, da sie technisch veraltet waren. Die Inhalte von VDI/VDE 351 Blatt 4.3 wurden in DIN IEC/TS 62492-2 übernommen. Daher wurde diese Richtlinie ebenfalls zurückgezogen.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3511](http://www.vdi.de/3511).

## 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

This standard provides information for the appropriate performing of temperature measurements with radiation temperature measuring instruments. With these instruments, the temperature of an object can be measured contact-free. The measurements are based on the laws of optics and radiation physics.

The standard series VDI/VDE 3511 (Temperature measurement in industry) is structured as follows:

### **Part 4** Radiation thermometry

#### Part 4.1 Terms and definitions

#### Part 4.2 Maintenance and intended operation of radiation thermometers

#### Part 4.4 Calibration of radiation thermometers

#### Part 4.5 Practical application of radiation thermometers

#### Part 4.6 Set-up and use of calibration radiators

#### Part 4.7 Ratio radiation thermometers

For the thermographic cameras, the standard series VDI/VDE 5585 (Technical temperature measurement; Temperature measurement with thermographic cameras) is available as a supplement:

#### Part 1 Metrological characterisation

#### Part 2 Calibration

The series of standards VDI/VDE 3511 on contact temperature measurement (Part 1, Part 2, Part 3, and Part 5) were withdrawn in 2020 because they were technically obsolete. The contents of VDI/VDE 3511 Part 4.3 was adopted in DIN IEC/TS 62492-2. Therefore, this standard was withdrawn, too.

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/3511](http://www.vdi.de/3511).

Die hier vorliegende Richtlinie wurde gegenüber der Ausgabe vom Dezember 2011 grundlegend überarbeitet und aktualisiert. Sie behandelt die Strahlungsthermometrie weiterhin umfassend und setzt nicht die Kenntnis der auf einzelne Aspekte der Strahlungsthermometrie spezialisierten „Beiblätter“ voraus. Die Beiblätter behandeln die entsprechenden Themen jeweils detaillierter als die vorliegende Richtlinie.

In Abschnitt 5 werden die Grundlagen der Strahlungstemperaturmessung beschrieben. Abschnitt 6 stellt die unterschiedlichen Typen von Strahlungsthermometern und Abschnitt 7 die Thermografiekameras vor. In Abschnitt 8 werden die optischen Komponenten von Strahlungstemperatur-Messgeräten diskutiert. Abschnitt 9 befasst sich mit Verfahren zur Bestimmung des Emissionsgrads.

Mögliche Fehlerquellen der berührungslosen strahlungsthermometrischen Temperaturmessung, insbesondere der Einfluss des Emissionsgrads des Messobjekts und der Strahlungstemperatur der Umgebung, werden ausführlich dargestellt.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie wendet sich an Anwendende, die in Industrie und Forschung genaue berührungslose Temperaturmessungen durchführen wollen. Sie geht dabei auf die notwendigen physikalischen Grundlagen und Messgeräte ein.

This standard has been thoroughly revised and updated compared to the edition from December 2011. It continues to deal with radiation thermometry comprehensively and does not presuppose knowledge of the other “supplementary parts” specialising in individual aspects of radiation thermometry. The supplementary parts deal with the respective topics in more detail than the present standard.

Section 5 describes the basics of radiation temperature measurement. Section 6 introduces the different types of radiation thermometers and Section 7 the thermographic cameras. Section 8 discusses the optical components of radiation temperature measurement instruments. Section 9 is about methods for determining emissivity.

Possible sources of error in contact-free radiation thermometric temperature measurement, in particular the influence of the emissivity of the measuring object and the ambient radiation temperature, are presented in detail.

## 1 Scope

This standard is intended for users who want to carry out accurate contact-free temperature measurements in industry and research. It deals with the necessary physical principles and measuring instruments.