

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREVERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIKTechnische Temperaturmessung
Strahlungsthermometrie
Temperature 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 guideline 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	3	1 Scope	3
2 Einführung	4	2 Basics	4
2.1 Temperaturstrahlung	4	2.1 Thermal radiation	4
2.2 Grundtypen von Strahlungstemperatur-Messgeräten	6	2.2 Basic types of radiation temperature measuring devices	6
2.3 Kriterien für den sinnvollen Einsatz von Strahlungstemperatur-Messgeräten	9	2.3 Criteria for the sensible use of radiation temperature measuring devices	9
2.4 Einzuhaltende allgemeine messtechnische Grundsätze	10	2.4 General instrumentation principles to be observed	10
3 Grundlagen	11	3 Fundamental principles	11
3.1 Strahlungsphysikalische Größen und ihre Einheiten	11	3.1 Physical quantities and their units	11
3.2 Schwarzer Strahler	14	3.2 Black body	14
3.3 Der reale Strahler (Messobjekt)	19	3.3 The real radiator (measured object)	19
4 Strahlungsthermometer	21	4 Radiation thermometers	21
4.1 Strahldichte-Strahlungsthermometer	22	4.1 Radiance thermometers	22
4.2 Verhältnis-Strahlungsthermometer	52	4.2 Ratio radiation thermometers	52
4.3 Mehrkanal-Strahlungsthermometer	64	4.3 Multichannel radiation thermometer	64
4.4 Optische Abbildungsbedingungen	64	4.4 Optical imaging conditions	64
4.5 Bauarten und Spezifikationen von Strahlungsthermometern	68	4.5 Construction and specifications of radiation thermometers	68
4.6 Prüfung von Strahlungsthermometern	79	4.6 Testing of radiation thermometers	79
4.7 Kalibrierung von Strahlungsthermometern	80	4.7 Calibration of radiation thermometers	80
5 Linienscanner und Linienkameras	85	5 Line scanners and line cameras	85
5.1 Linienscanner	86	5.1 Line scanners	86
5.2 Linienkameras	87	5.2 Line cameras	87
5.3 Zusammenfassung	88	5.3 Summary	88

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

Fachbereich Prozessmesstechnik und Strukturanalyse

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

	Seite
6 Thermografiegeräte	88
6.1 Bauarten von Thermografiegeräten.	89
6.2 Spezifikation von Thermografiegeräten	92
6.3 Ausstattungsmerkmale	94
7 Optische Komponenten von Strahlungstemperatur-Messgeräten	95
7.1 Objektive und Filter	95
7.2 Strahlungsempfänger	97
8 Emissionsgrad	102
8.1 Emissionsgrad verschiedener Materialien	102
8.2 Methoden zur Emissionsgradbestimmung	106
Schrifttum	116

	Page
6 Thermographic devices	88
6.1 Types of thermographic devices	89
6.2 Specification of thermographic devices	92
6.3 Features.	94
7 Optical components of radiation temperature measuring devices	95
7.1 Object lenses and filters	95
7.2 Radiation detectors	97
8 Emissivity	102
8.1 The emissivity of various materials	102
8.2 Methods for determining the emissivity	106
Bibliography	116

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

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

Einleitung

In der Richtlinienreihe VDI/VDE 3511 werden Hinweise für die zweckmäßige Durchführung von Temperaturmessungen gegeben.

Sie ist in folgende Blätter gegliedert:

- Blatt 1 Grundlagen und Übersicht über besondere Temperatur-Messverfahren
- Blatt 2 Berührungsthermometer
- Blatt 3 Messverfahren und Messwertverarbeitung für Berührungsthermometer
- Blatt 4 Strahlungsthermometrie**
- Blatt 4.2 Erhaltung der Spezifikationen von Strahlungsthermometern

Preliminary note

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

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

Introduction

The guideline series VDI/VDE 3511 provides information for the appropriate performing of temperature measurements.

It is divided into the following parts:

- Part 1 Principles and overview of special temperature measuring systems
- Part 2 Contact thermometers
- Part 3 Measuring systems and measured quantity processing for contact thermometers
- Part 4 Radiation thermometry**
- Part 4.2 Maintenance of the specifications for radiation thermometers

- Blatt 4.3 Standard-Test-Methoden für Strahlungsthermometer
 Blatt 4.4 Kalibrierung von Strahlungsthermometern
 Blatt 4.5 Strahlungsthermometrie in der Praxis (in Vorbereitung)
 Blatt 5 Einbau von Thermometern

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3511.

Die vorliegende Richtlinie wurde gegenüber der Ausgabe vom Januar 1995 vollständig überarbeitet und wesentlich erweitert.

Die Richtlinien VDI/VDE 3511 Blatt 4.2 bis Blatt 4.5 behandeln anwenderorientiert spezielle Aspekte für die Auswahl des richtigen Geräts sowie seine Handhabung und Kalibrierung.

1 Anwendungsbereich

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.

Grundkenntnisse der Temperaturmessung mit Berührungsthermometern werden vorausgesetzt. Die theoretischen Grundlagen der Strahlungsthermometrie sowie geräte- und schaltungstechnische Lösungen werden nur insoweit behandelt, wie sie zum Verständnis der Richtlinie erforderlich sind.

In allen Abschnitten wird dabei auf weiterführende Literatur verwiesen. Die entsprechenden Fachbücher und Sammelwerke, Zeitschriftenartikel, Tagungsbeiträge, nationale und internationale Normen bzw. Richtlinien, Tabellenwerke zu Emissionsgrad und Firmenschriften sind im Schrifttum zusammengestellt.

Zahlreiche Beispiele aus der technischen Praxis sollen Hilfen für den richtigen bzw. optimalen Einsatz der Strahlungstemperatur-Messgeräte geben.

In Abschnitt 2 werden zunächst Kriterien angegeben, die eine Vorentscheidung darüber ermöglichen sollen, ob die Anwendung eines strahlungsthermometrischen Messverfahrens zweckmäßig bzw. möglich ist.

In Abschnitt 3 werden die Grundlagen der Strahlungstemperaturmessung beschrieben. Sie behandeln den Zusammenhang von Temperatur, Emissionsgrad und Strahldichte.

Deren Verständnis ist zusammen mit den in Abschnitt 4 bis Abschnitt 6 beschriebenen ver-

- Part 4.3 Standard test methods for radiation thermometers
 Part 4.4 Calibration of radiation thermometers
 Part 4.5 Radiation thermometry in practice (in preparation)
 Part 5 Installation of thermometers

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at www.vdi.de/3511.

The present guideline has been completely revised and considerably expanded since the January 1995 edition.

Guidelines VDI/VDE 3511 Part 4.2 to Part 4.5 deal with user-oriented special aspects for selecting the correct instrument, its handling and calibration.

1 Scope

This guideline provides information for the appropriate performing of temperature measurements using radiation temperature measuring devices. These instruments permit the temperature of an object to be measured without contact, making use of the laws of optics and radiation physics.

Basic knowledge of temperature measurement using contact thermometers is assumed. The theoretical principles of radiation thermometry and technical solutions relating to instrumentation and circuits, are dealt with only to the extent necessary for understanding the guideline.

All sections contain references to further literature. The relevant textbooks and compilations, journal articles, conference papers, national and international standards or guidelines, emissivity tables and corporate publications are listed together in the Bibliography.

Numerous examples from technical practice are quoted, in order to assist in the correct or optimal use of radiation temperature measuring devices.

Section 2 discusses criteria that allow a preliminary decision to be made as to whether the use of a radiation thermometric measuring systems is practical or possible.

Section 3 describes the fundamentals of radiation temperature measurement, including the connection between temperature, emissivity and radiance.

Their understanding, together with the various types of radiation thermometers, line scanners and thermo-

schiedenen Arten von Strahlungsthermometern, Linienscannern und Thermografiegeräten eine wesentliche Voraussetzung für die Auswahl eines optimalen Strahlungstemperatur-Messgeräts für die speziellen Bedingungen einer Messaufgabe.

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

graphic devices described in Section 4 to Section 6, is an essential prerequisite for the selection of an optimal radiation temperature measuring device for the special conditions of a particular measurement task.

Possible error sources in temperature measurements that rely on non-contact radiation thermometry, in particular the effect of the measured object's emissivity and of the ambient radiation temperature, are described in detail.