

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

VERBAND DER  
ELEKTROTECHNIK  
ELEKTRONIK  
INFORMATIONSTECHNIK

Technische Temperaturmessung  
Strahlungsthermometrie

VDI/VDE 3511

Blatt 4

Entwurf

Temperature measurement in industry –  
Radiation thermometry

Einsprüche bis 2022-02-28

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchportal <http://www.vdi.de/3511-4>
- in Papierform an  
VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik  
Fachbereich Optische Technologien  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung .....	2
Einleitung .....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	2
<b>2 Normative Verweise</b> .....	2
<b>3 Begriffe</b> .....	2
<b>4 Formelzeichen und Abkürzungen</b> .....	2
<b>5 Physikalische Grundlagen</b> .....	5
5.1 Temperaturstrahlung .....	5
5.2 Grundtypen von Strahlungstemperatur-Messgeräten .....	5
5.3 Kriterien für den sinnvollen Einsatz von Strahlungstemperatur- Messgeräten .....	7
5.4 Einzuhaltende allgemeine messtechnische Grundsätze .....	7
5.5 Strahlungsphysikalische Größen und ihre Einheiten .....	8
5.6 Schwarzer Strahler .....	9
5.7 Der reale Strahler (Messobjekt) .....	12
<b>6 Strahlungsthermometer</b> .....	13
6.1 Strahldichte-Strahlungsthermometer .....	13
6.2 Verhältnis-Strahlungsthermometer und Mehrkanal- Strahlungsthermometer .....	31
6.3 Optische Abbildungsbedingungen .....	31
6.4 Bauarten und Spezifikationen von Strahlungsthermometern .....	34
6.5 Kalibrierung von Strahlungsthermometern .....	40

Inhalt	Seite
<b>7 Thermografiekameras</b> .....	41
7.1 Abgrenzung zu Strahlungsthermometern mit Scaneinrichtung .....	41
7.2 Linien-scanner .....	41
7.3 Zeilenkamera (Linienkamera) .....	42
7.4 Thermografiekamera mit Matrixdetektor .....	42
7.5 Spezifikation und Kalibrierung von Thermografiekameras .....	43
7.6 Ausstattungsmerkmale .....	44
7.7 Vor- und Nachteile der verschiedenen Thermografiekameras .....	44
<b>8 Optische Komponenten von Strahlungstemperatur-Messgeräten</b> .....	45
8.1 Objektive und Filter .....	45
8.2 Detektoren .....	46
<b>9 Emissionsgrad</b> .....	49
9.1 Emissionsgrad verschiedener Materialien .....	49
9.2 Methoden zur Emissionsgradbestimmung .....	53
Schrifttum .....	59

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)  
Fachbereich Optische Technologien

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

Frühere Ausgabe: 12.11

Zu beziehen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2021

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet

## 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 Verhältnisstrahlungsthermometer (in Vorbereitung)

Für die Thermografiekameras stehen 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 3511 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).

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. Im Abschnitt 8 werden die optischen Komponenten von Strahlungstemperatur-Messgeräten diskutiert. Abschnitt 9 stellt Verfahren zur Bestimmung des Emissionsgrads vor.

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.