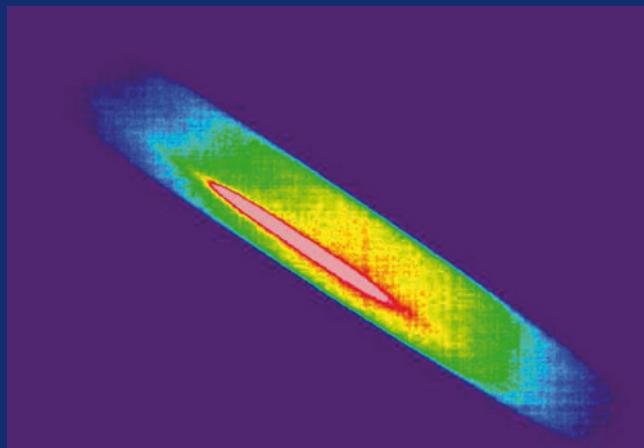
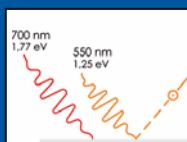
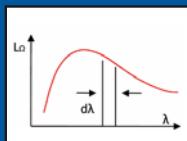
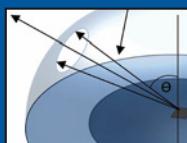


Thomas Zimmermann  
Martina Zimmermann

# Lehrbuch der Infrarotthermografie

Allgemeine Grundlagen der Thermodynamik,  
Strahlungsphysik und Infrarot-Geräte-Technologie



Fraunhofer IRB Verlag

Thomas Zimmermann / Martina Zimmermann

**Lehrbuch der Infrarotthermografie**



# **Lehrbuch der Infrarotthermografie**

Allgemeine Grundlagen der Thermodynamik  
Grundlagen der Strahlungsphysik  
Infrarot-Geräte-Technologie  
(für normative Stufe 1 und 2)

**Fraunhofer IRB ■ Verlag**

---

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-8673-3  
ISBN (E-Book): 978-3-8167-8705-1

Redaktion: Sabine Marquardt, Fraunhofer IRB Verlag  
Herstellung: Katharina Kimmerle, Fraunhofer IRB Verlag  
Satz: Mediendesign Späth, Birenbach  
Umschlaggestaltung: Martin Kjer, Fraunhofer IRB Verlag  
Druck: Beltz Druckpartner GmbH & Co. KG, Hembsbach

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2012

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB  
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart,  
Telefon (0711) 970-2500  
Telefax (0711) 970-2508  
E-Mail: [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)  
<http://www.baufachinformation.de>

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Was ist Thermografie? . . . . .</b>	<b>9</b>
	Die Geschichte der Thermografie . . . . .	10
	Die Natur des Lichts . . . . .	10
	Die Entdeckung des Fotoelektrischen Effekts . . . . .	11
	Die »Erfindung« des Bolometer . . . . .	12
	Chronologie der »Infrarotthermografie« . . . . .	15
	Thermografie - Definition . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Thermodynamik – Wärme und Wärmeübertragung . . . . .</b>	<b>19</b>
	Raum, Zeit und Energie . . . . .	19
	Temperatur . . . . .	20
	Temperaturmessgeräte . . . . .	21
	Wärmekapazität . . . . .	23
	Spezifische Wärmekapazität . . . . .	23
	Thermische Konduktion (Wärmeleitung) . . . . .	24
	Wärmewiderstand . . . . .	24
	Thermische Konvektion . . . . .	25
	Thermische Strahlung (Wärmestrahlung) . . . . .	25
	Das thermische Gleichgewicht . . . . .	25
	Die »acht Temperaturen« . . . . .	26
	Einflussgrößen der Thermografie bei kurzem Aufnahmearstand	28
<b>4</b>	<b>Strahlungsphysik . . . . .</b>	<b>31</b>
	Die emittierte Strahlung . . . . .	33
	Der Strahlungsfluss . . . . .	35
	Die spezifische Ausstrahlung . . . . .	37
	Das Strahlungselement . . . . .	39
	Das Radiometer . . . . .	41
	Die Systemkonfiguration und die Rolle des Prüfers . . . . .	43
	Die übertragene Strahlung . . . . .	48
	Die absorbierte Strahlung . . . . .	49
	Die reflektierte Strahlung . . . . .	49

<b>5</b>	<b>Der Fotoelektrische Effekt – Besondere Effekte bei der Beobachtung von Metall . . . . .</b>	<b>51</b>
	Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Materie. . . . .	53
	Die Strahlungsbilanz . . . . .	54
	Die Emissivität . . . . .	58
	Die »vier« Emissionsgrade . . . . .	65
	Die scheinbare Temperatur . . . . .	69
	Das Strahlungsthermometer . . . . .	70
	Die Ermittlung der Emissivität . . . . .	73
	Die Messung von Temperaturdifferenzen . . . . .	80
	Der Reflexionsgrad. . . . .	82
	Der Transmissionsgrad . . . . .	90
	Der Absorptionsgrad . . . . .	95
	Aktive Thermografie. . . . .	96
<b>6</b>	<b>Technologie thermischer Kameras und Technologie von Thermografiesystemen . . . . .</b>	<b>101</b>
	Unterschiede in den Thermografie-Systemen . . . . .	101
	Die zwei Ansätze der Thermografie. . . . .	106
	Prüfung und zerstörungsfreie Prüfung . . . . .	112
	Die radiometrische Kette. . . . .	112
	Die zweidimensionale Erfassung einer thermischen Szene . . . . .	114
	Infrarot Optiken . . . . .	116
	Aufbau der thermischen Kamera. . . . .	121
	Detektorarten. . . . .	123
	Die thermische Ausrichtung . . . . .	129
<b>7</b>	<b>Interne Software und externe Software . . . . .</b>	<b>135</b>
	Basisfunktionen zur Bearbeitung der radiometrischen Aufnahmen und der thermischer Bilder . . . . .	135
	Die räumlichen Auflösungen . . . . .	139
	Die thermischen Auflösungen . . . . .	143
	Der Bildaufnahmemodus . . . . .	147
	Das Spektralband der Kamera. . . . .	147
	Ermessen und Bewältigen einer Situation. . . . .	148
<b>8</b>	<b>Die Gesetze der Physik in Bezug zur Infrarotthermografie</b>	<b>149</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>163</b>