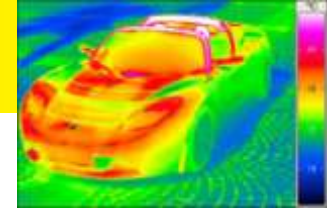


Dietrich Schneider

Einführung in die praktische

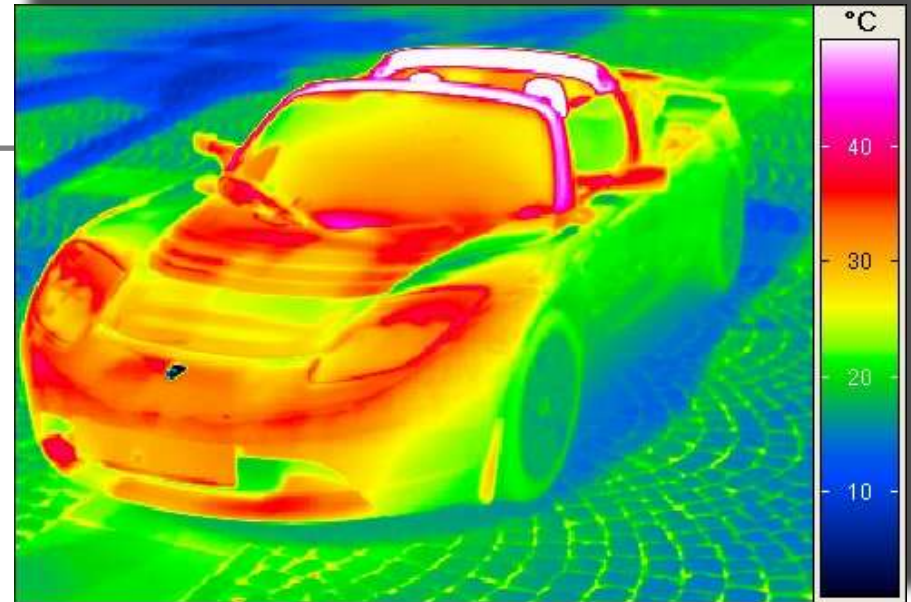
Infrarot-Thermografie

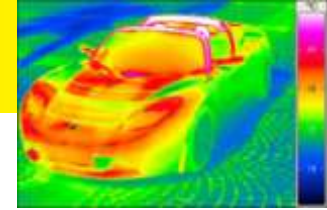
3. korrigierte Auflage



Inhalt

- 1 Einführung
- 2 IR-Grundlagen
- 3 Wärme und Temperatur
- 4 Gerätetechnik
- 5 Messtechnik
- 6 Geräteparameter
- 7 Praxisanwendungen in der Bau-, Elektro- und Industriethermografie
- 8 Dokumentation
- 9 praktische Übungen mit IR-Wärmebildkameras
- 10 Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen
- 11 Literaturempfehlungen





2. IR-Grundlagen

Infrarot-Thermografie – was ist das?

Infrarot-Thermografie/Pyrometrie –

Infrarot-Temperaturmessverfahren, bei dem berührungslos die Intensität der elektromagnetischen Strahlung eines Körpers gemessen wird.

- Jeder Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes von 0 K (-273,15 °C) sendet elektromagnetische Strahlung aus.
- Für die Infrarottechnik ist der Wellenlängenbereich oberhalb des sichtbaren Spektrums ($0,38 - 0,76 \mu\text{m}$) interessant.
- Die technische Temperaturmessung nutzt den als **thermisches Infrarot** bezeichneten Wellenlängenbereich von **$0,8 - 14 \mu\text{m}$** . Hier wird der größte Teil der gesamten Wärmestrahlung emittiert.

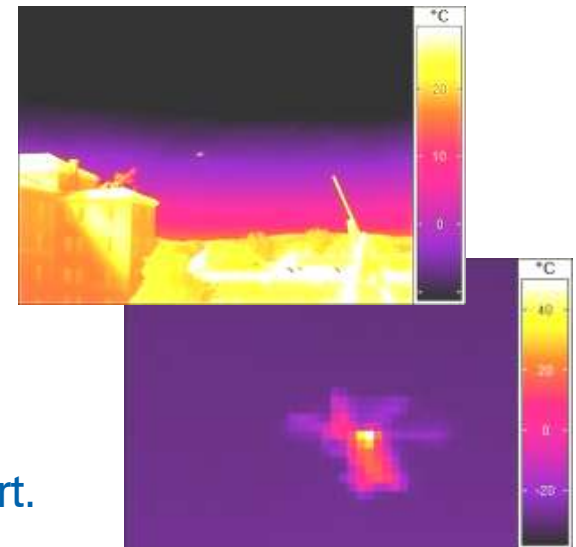
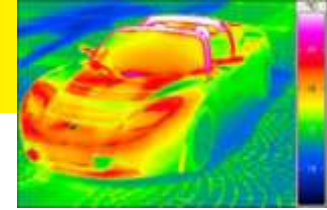
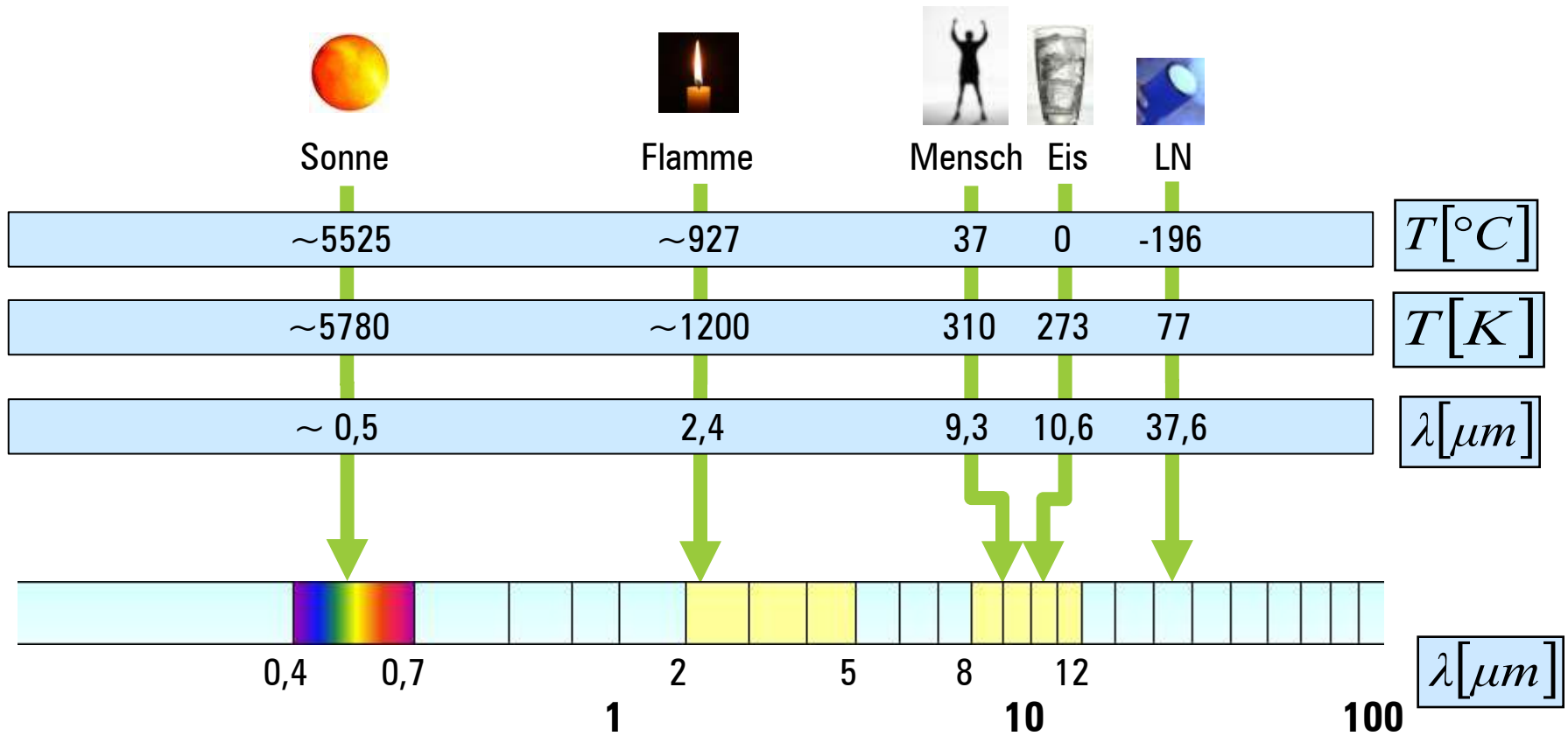


Abb. 2: Thermogramm „Hubschrauber“



2. IR-Grundlagen

Beispiele 1



Arbeitsbereich von MW- bzw. LW-Thermokameras

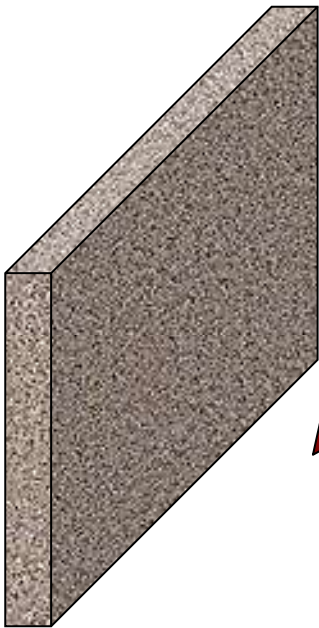
Abb. 8: Typische Temperatur- und Wellenlängenbereiche

3.2 Wärmeübertragung

Mechanismus der Wärmeübertragung

Wärmestrahlung

in den umgebenden Raum



Wärmeströmung (Konvektion)

in das umgebende Fluid

Wärmeleitung (Konduktion)

in die benachbarten Bauteile



Beispiel: CPU-Kühlung

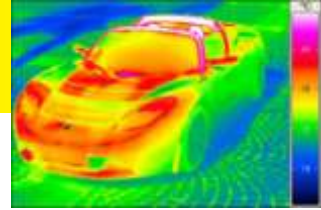
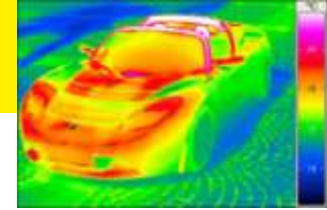


Abb. 18: Wärmeübertragung



4. Gerätetechnik

Klassifizierung – Arbeitsweise

- Je nach Auslegung des Strahlengangs der Geräte unterscheidet man 0-, 1- oder 2-dimensionale Strahlungsmessgeräte:

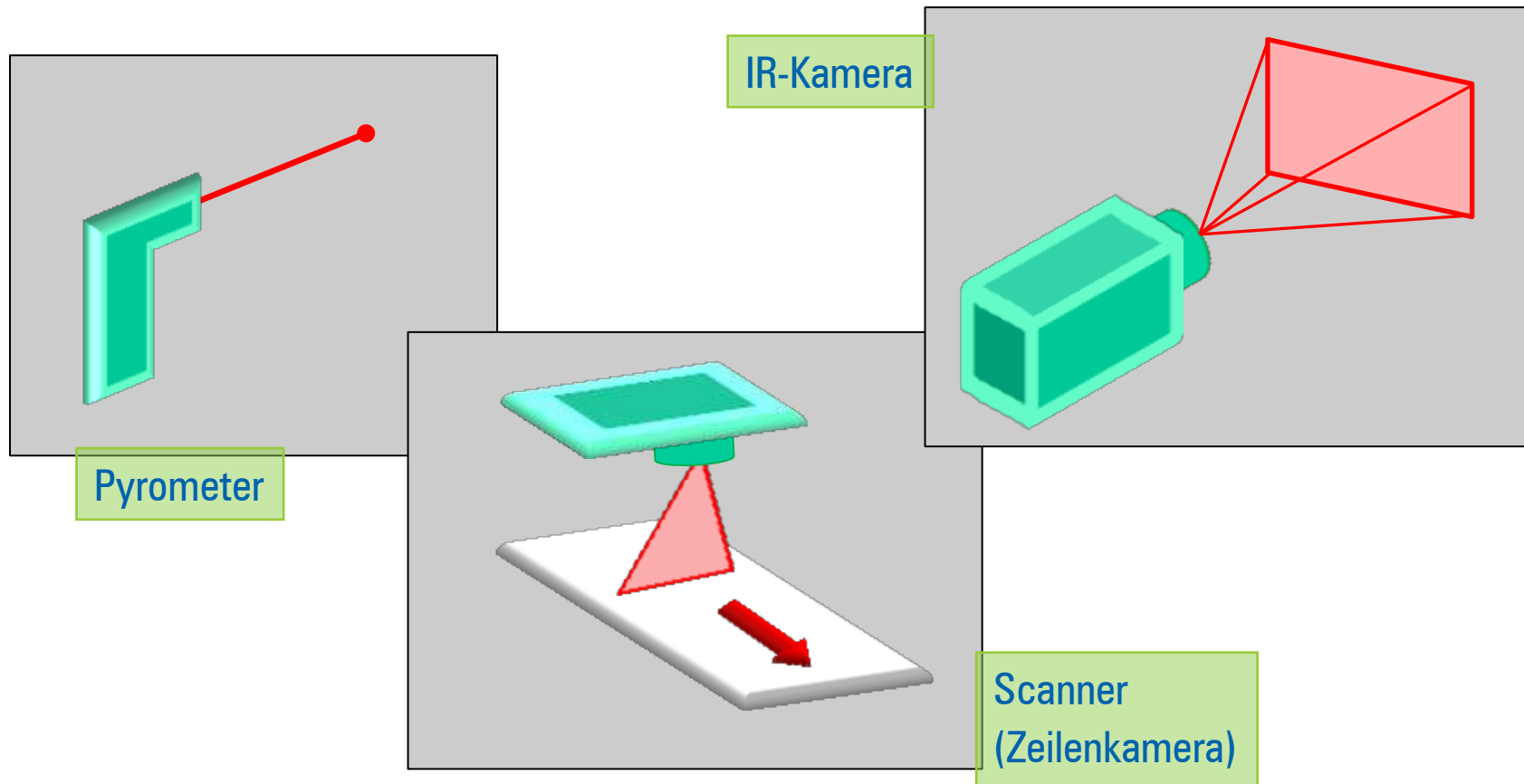
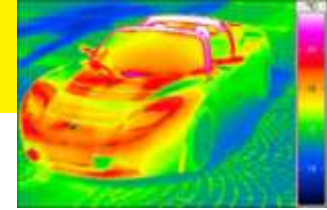


Abb. 36: Arbeitsweise von Strahlungsmessgeräten



4. Gerätetechnik

Bilddarstellung – Funktion von „LEVEL“ und „SPAN“

- Die Signalverarbeitung der IR-Kamera erfolgt mit **14/16 Bit** Auflösung über den gesamten Temperaturmessbereich.
- Die Darstellung im Display kann durch **Level** und **Span** beeinflusst werden und erreicht **8 Bit** Auflösung. Somit können 256 Stufen farblich codiert dargestellt werden.

Span ⇒ **Kontrast**

Level ⇒ **Helligkeit**

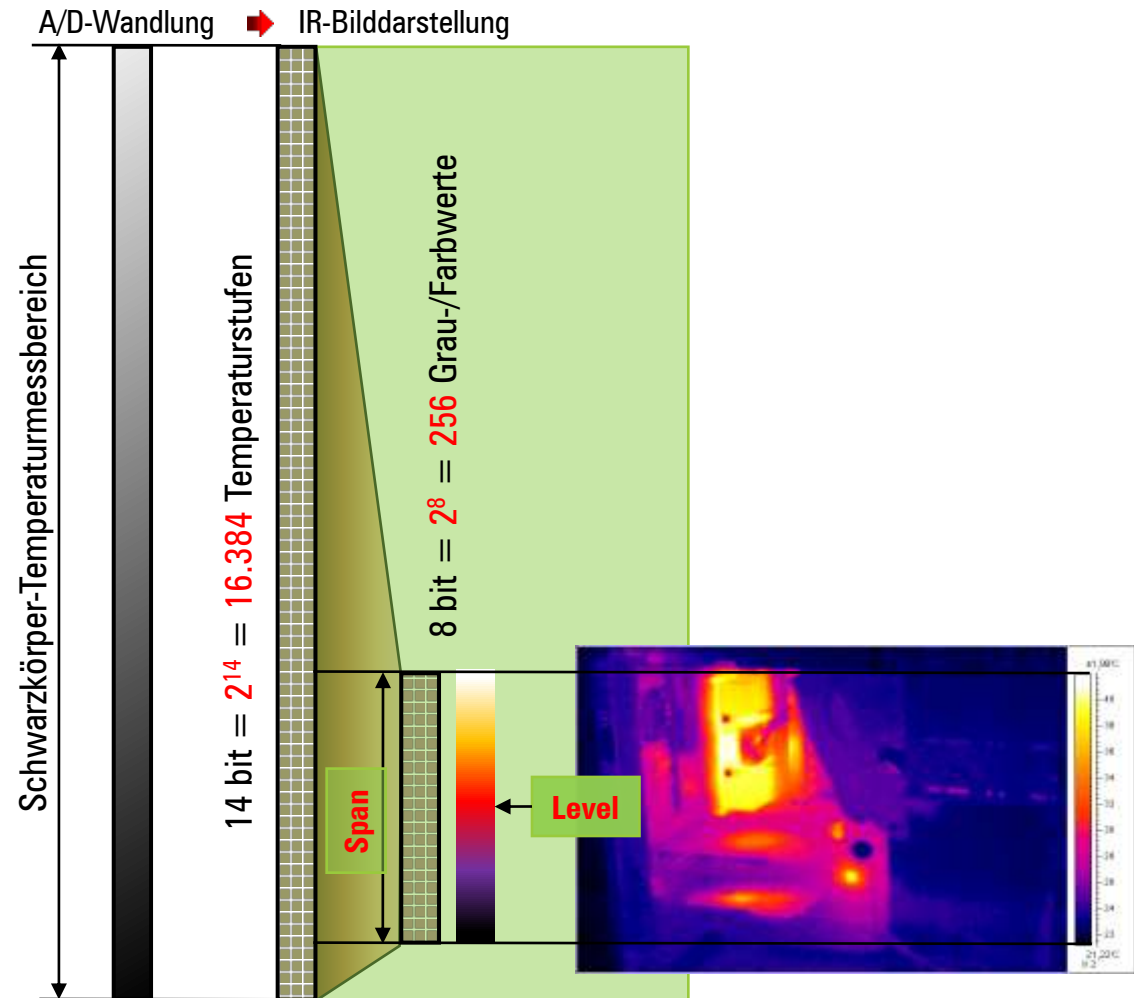
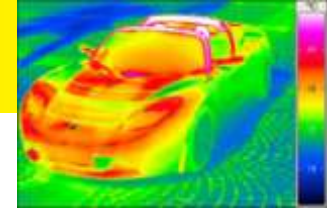


Abb. 48: Level und Span



Emissionsgrad – Abhängigkeit vom Blickwinkel β

- Ein Kamerablickwinkel auf das Messobjekt sollte zwischen 90° (senkrecht) und ca. 60° (Leiter) bzw. ca. 45° (Nichtleiter) liegen. Beachte: tendenzieller Einfluss des Emissionsgrades!

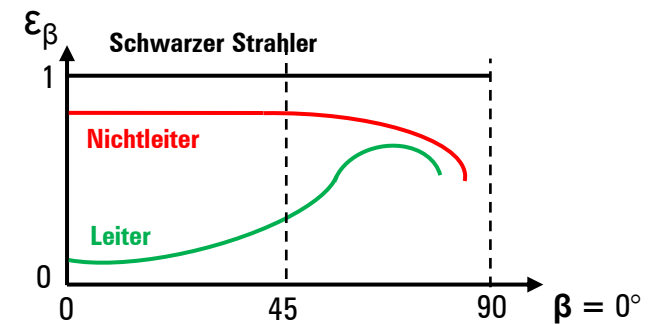
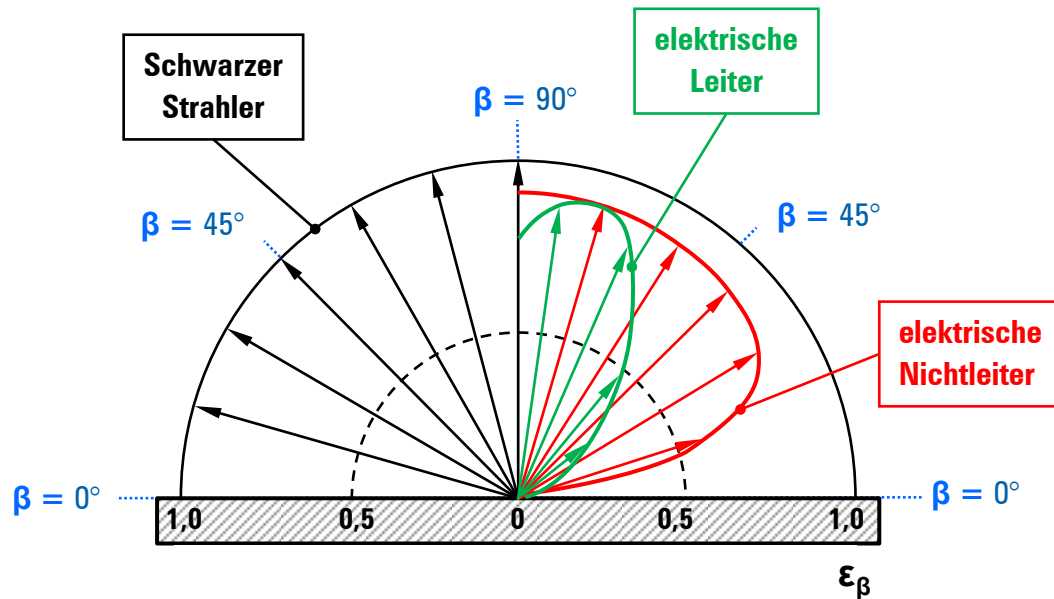
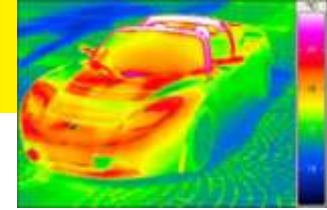


Abb. 62: Emissionsgrad in Abhängigkeit vom Blickwinkel (schematisch)



5. Messtechnik

Messparameter – Übersicht

- Ein korrektes Thermogramm erfordert die Eingabe folgender Kamera-Parameter:

Umgebungsstrahlungstemperatur T_{Umg}

Temperatur Atmosphäre T_{Atm}

relative Luftfeuchte rF

Emissionsgrad ε

Abstand d



Transporter mit Flüssig-Aluminium

Abb. 68: Thermogramm „Flüssigaluminium-Transport“

Messpraxis – Praxisbeispiel Außenthermografie

- Wintertag Anfang März, ca. 11:00 Uhr, klar, sonnig, Außentemperatur $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, windstill, Abgasanlage außer Betrieb
- **Beachte:** Darstellung der Umgebungstemperatur an der **diffus reflektierenden Oberfläche** des Abgasrohres in Abhängigkeit des Blickwinkels!

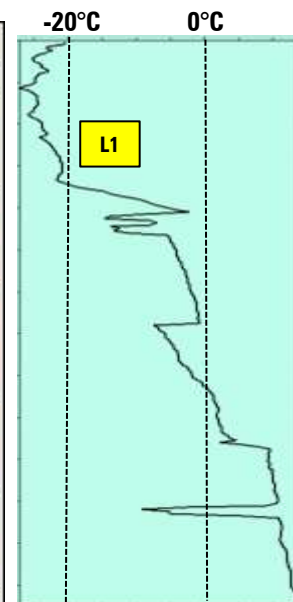
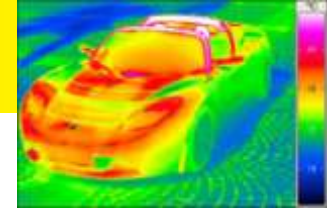
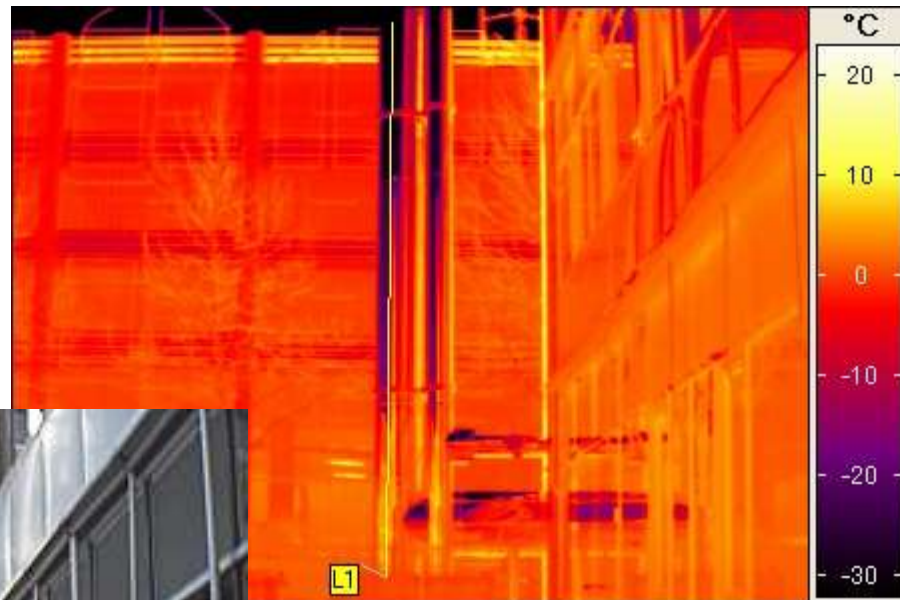


Abb. 95: Reflexion bei Außenthermografie

6. Geräteparameter

Geometrische Auflösung – reale Messfleckgröße

■ Praxisbeispiel:

- IFOV = 1,2 mrad
- Objektabstand $d = 0,5 \text{ m}$
- Kabeldurchmesser $\varnothing 2 \text{ mm}$
- ges.: x_{real} [mm] (realer Messfleck)

- $$\begin{aligned} x_{\text{real}} &= \text{IFOV} \cdot d \cdot f_{\text{Optik}} \\ &= 1,2 \text{ mrad} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 3 \\ &= \underline{\underline{1,8 \text{ mm}}} \end{aligned}$$

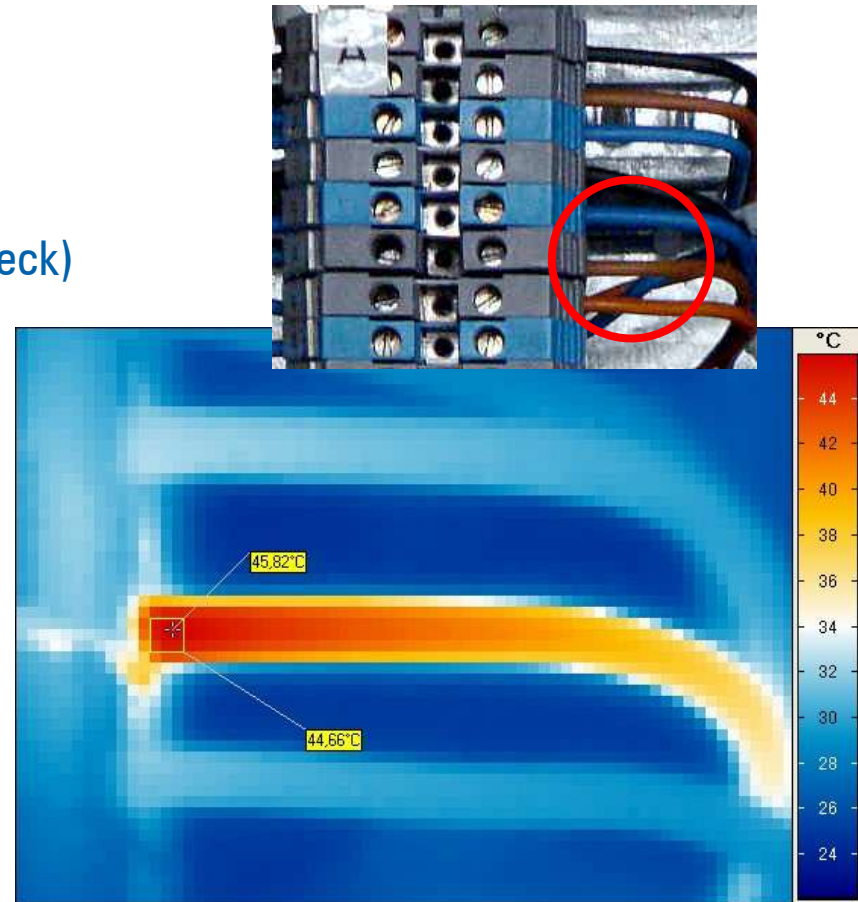
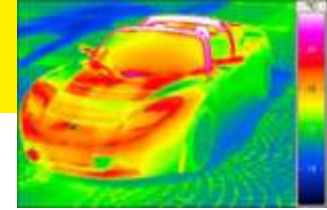
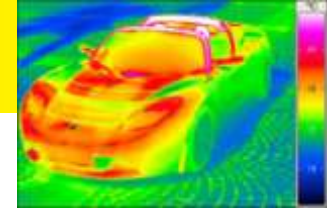


Abb. 110: Kabelklemme

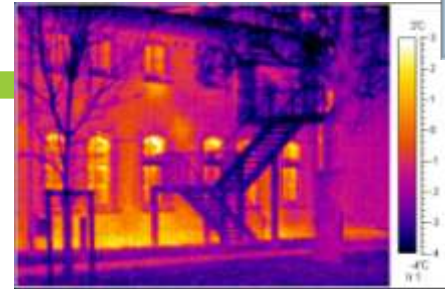


7. Praxisanwendungen

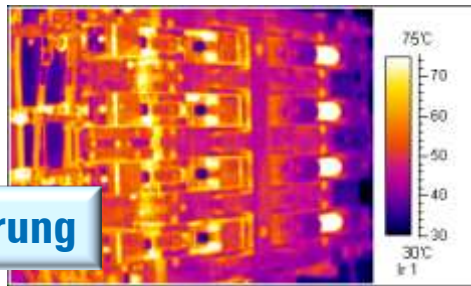
Anwendungsgebiete – Übersicht



Instandhaltung

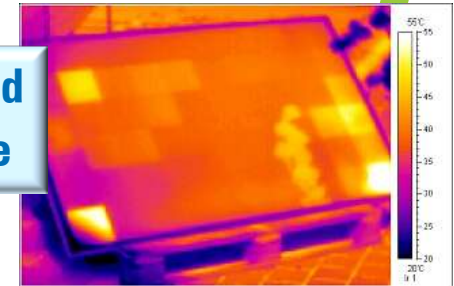


Bauthermografie



Prozessoptimierung

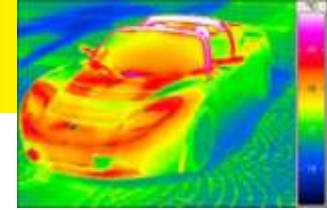
Leistungs- und Fehleranalyse



Forschung und Entwicklung

Medizin





8. Dokumentation

IR-Report – Grundstruktur

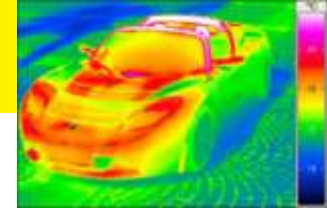
- Ein **IR-Report** besteht typischerweise aus folgenden Kapiteln:

Deckblatt

Beschreibung

**Thermogramme
und
Fotos**

Fazit



9. Praktische Übungen

Praktische Thermografie mit eigener oder Leihkamera

- *„Grau, teurer Freund, ist alle Theorie.
Und grün des Lebens goldner Baum.“* (Goethe, Faust I)



▪ Kontakt:

kontakt@thermografie-schneider.de

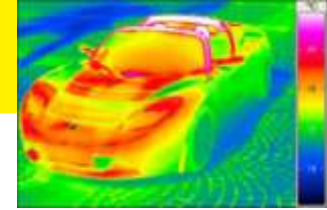
Mobil: 0151 14 29 17 87

Tel.: 0981/4 87 43 94

▪ Internet

www.thermografie-schneider.de

Abb. 123: Thermogramm „Dietrich Schneider“



11. Literaturempfehlungen

Literatur

The cover of the book 'Wissenspeicher Infrarottechnik' features a white background with a large, stylized red and white 'W' logo. Below the logo, the text 'Wissenspeicher' and 'Infrarottechnik' are printed.	Autorenkollektiv (Herrmann, K. & Walther, L.) (1990). Wissenspeicher Infrarottechnik. Leipzig: Fachbuchverlag
The cover of the book 'Optische Grundlagen für Infrarotsysteme' shows a blue background with a white line drawing of an optical system, possibly a telescope or a sensor. The title is written in white and black text.	Riedl, M. J. (2002). Optische Grundlagen für Infrarot-Systeme. Bellingham/Washington: SPIE - The International Society for Optical Engineering
The cover of the book 'Infrarothermographie' features a blue background with a white line drawing of a building, possibly a church or a historical structure. The title is written in white and black text.	Schuster, N. & Kolobrodov, V. G. (2004). Infrarotthermografie. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
The cover of the book 'Technische Temperaturmessung' has a dark blue background with a white line drawing of a building. The title is written in white and black text.	Bernhard, F. (2012). Technische Temperaturmessung. Berlin: Springer 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.

Copyright Shaker Verlag 2022

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8521-1

ISSN 0946-0829

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de