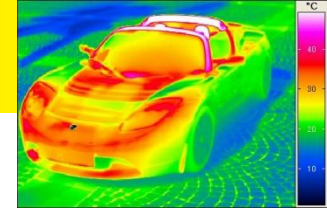


Dietrich Schneider

Einführung in die praktische

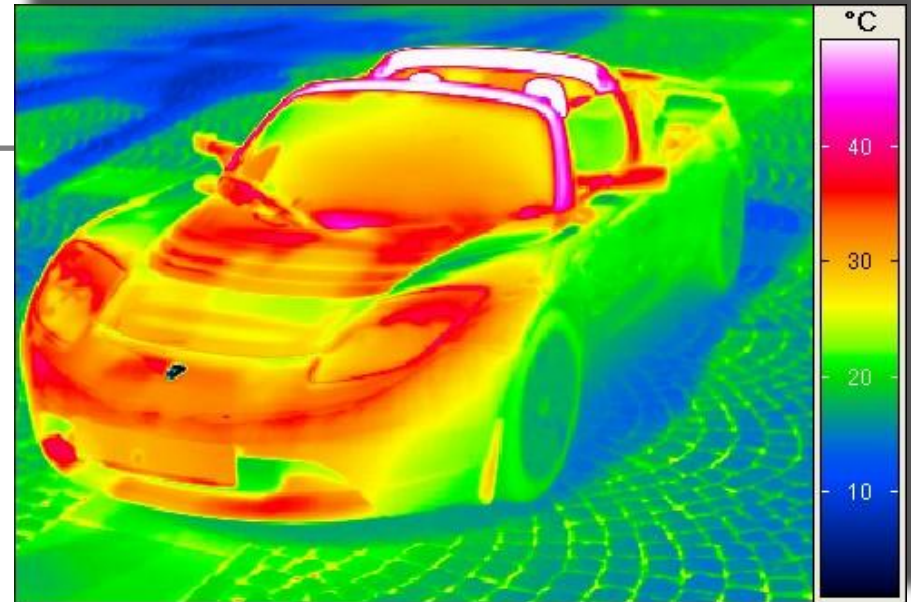
Infrarot-Thermografie

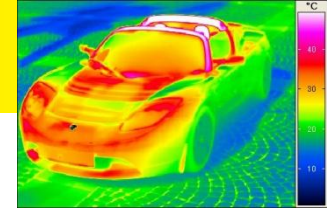
2. korrigierte Auflage



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 μm) interessant.
- Die technische Temperaturmessung nutzt den als **thermisches Infrarot** bezeichneten Wellenlängenbereich von **0,8 – 14 μm** . Hier wird der größte Teil der gesamten Wärmestrahlung emittiert.

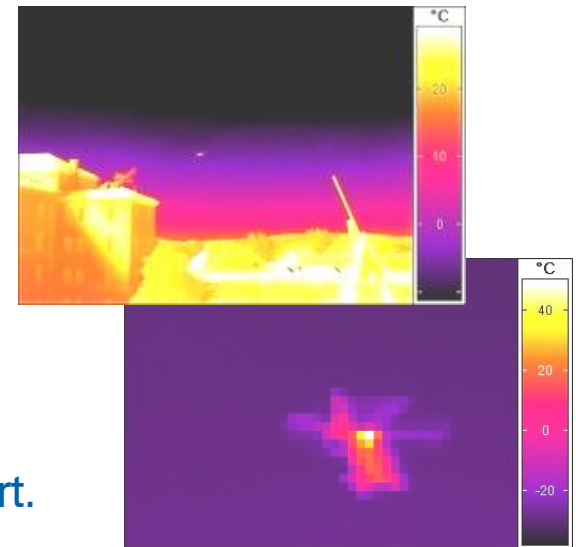
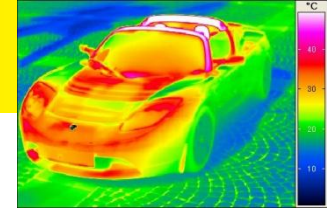
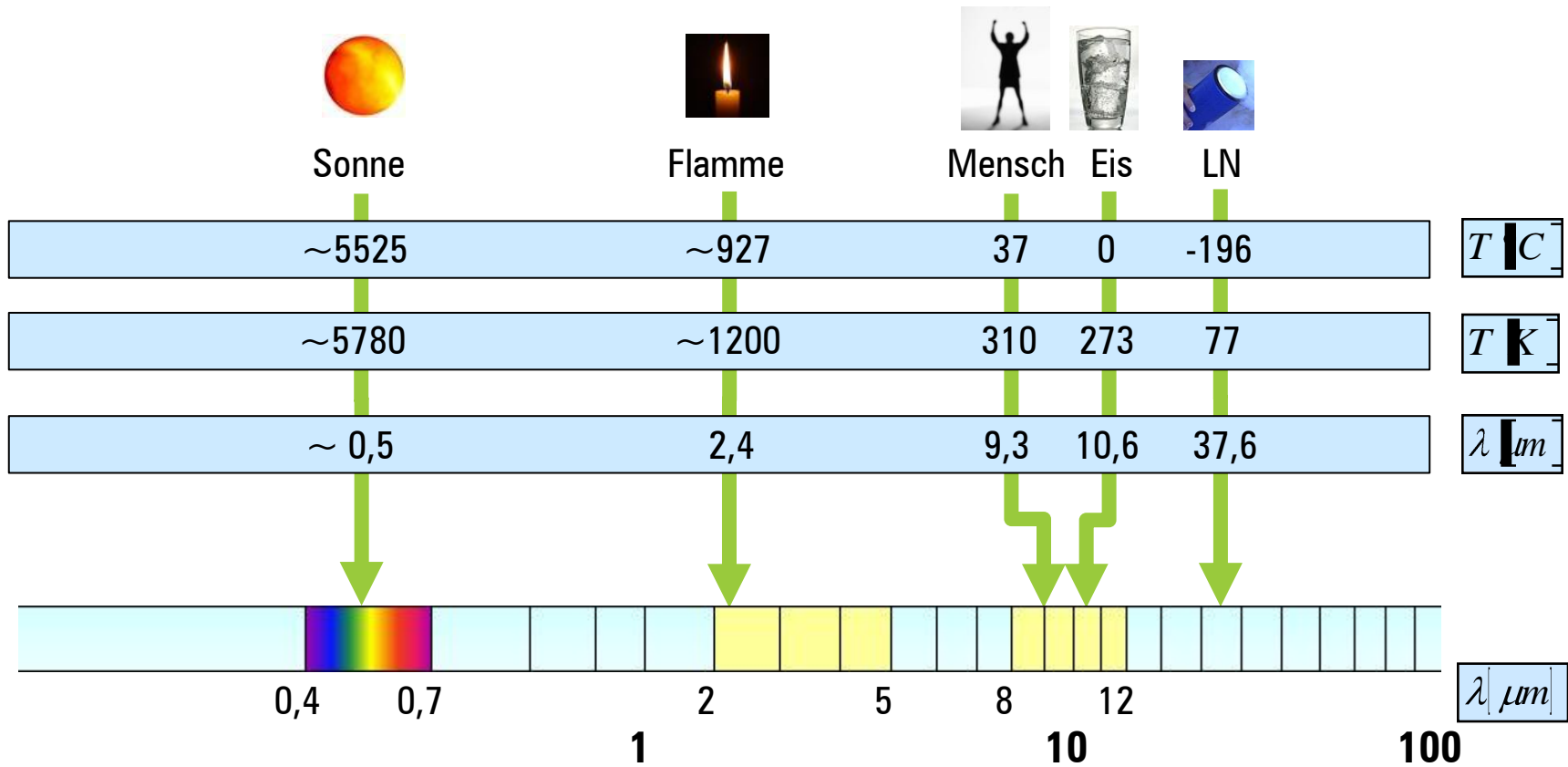


Abb. 2: Thermogramm „Hubschrauber“



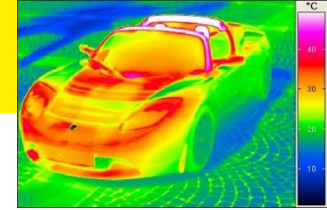
2. IR-Grundlagen

Beispiele 1



Arbeitsbereich von MW- bzw. LW-Thermokameras

Abb. 8: Typische Temperatur- und Wellenlängenbereiche

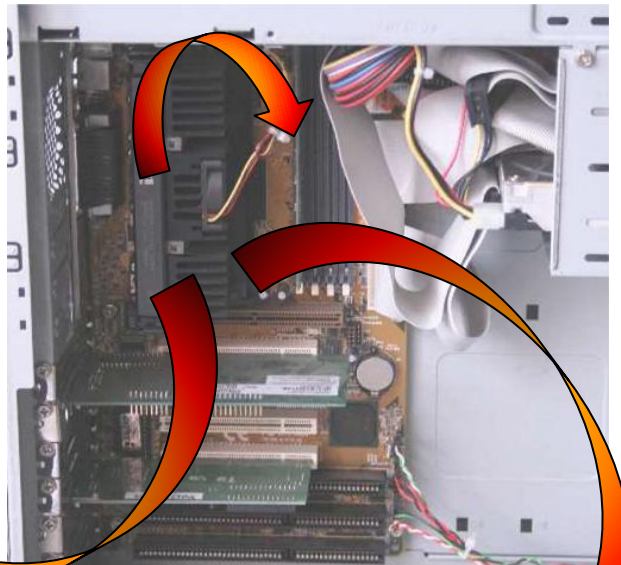
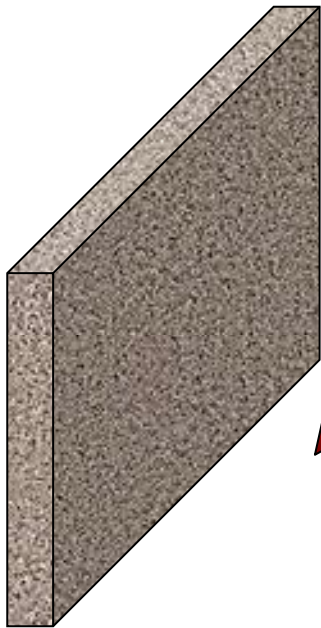


3.2 Wärmeübertragung

Mechanismus der Wärmeübertragung

Wärmestrahlung

in den umgebenden Raum



Wärmeströmung (Konvektion)

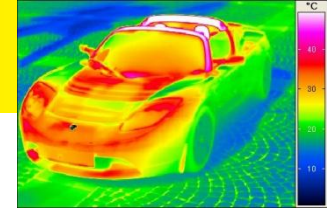
in das umgebende Fluid

Wärmeleitung (Konduktion)

in die benachbarten Bauteile

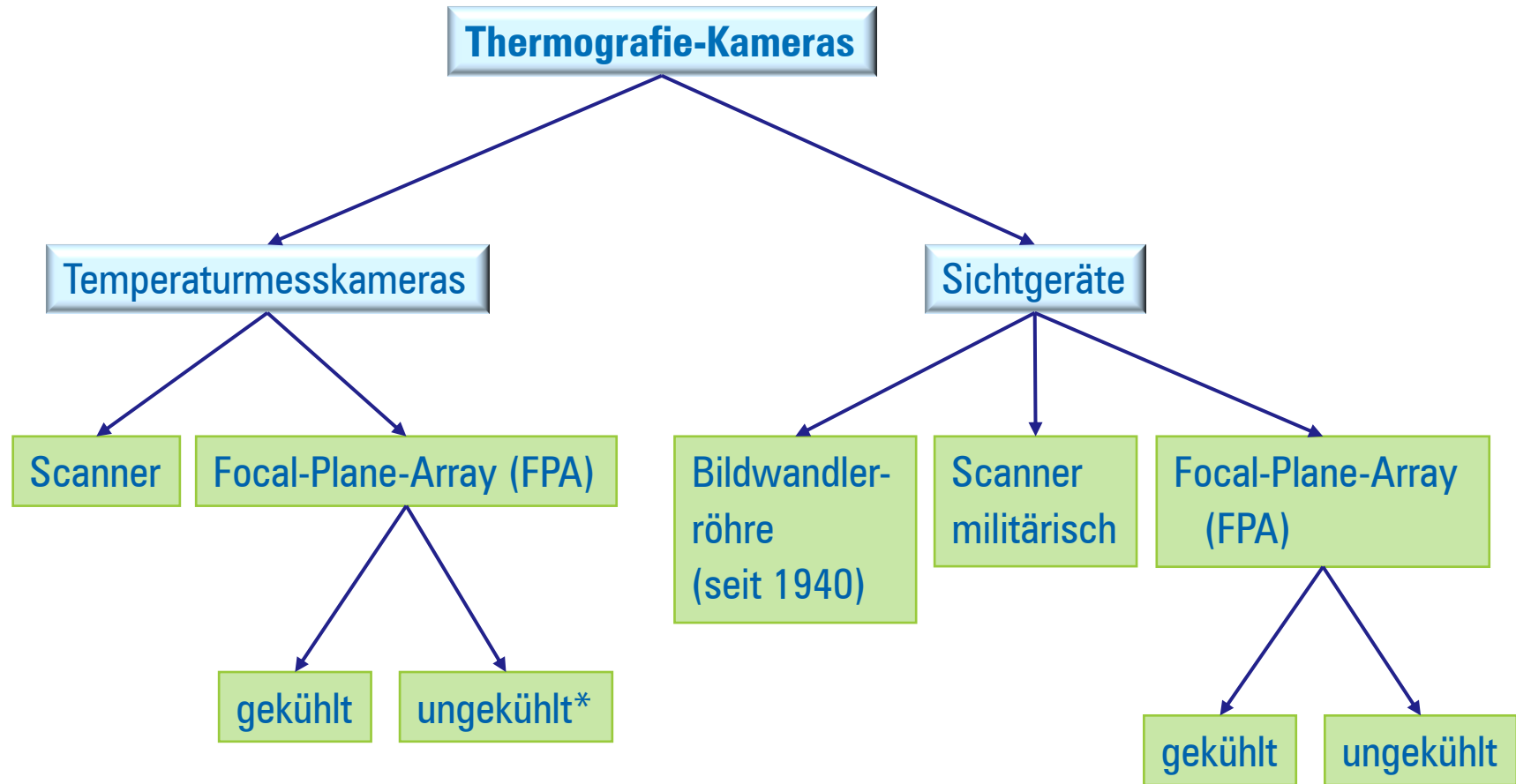


Abb. 18: Wärmeübertragung

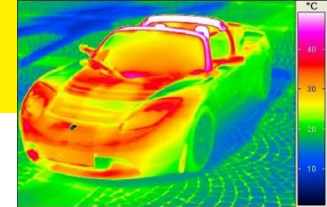


4. Gerätetechnik

Klassifizierung – Detektortechnologien



* (Mikro-)Bolometer = Strahlungsmesser (griechisch: bolo = Strahl)



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

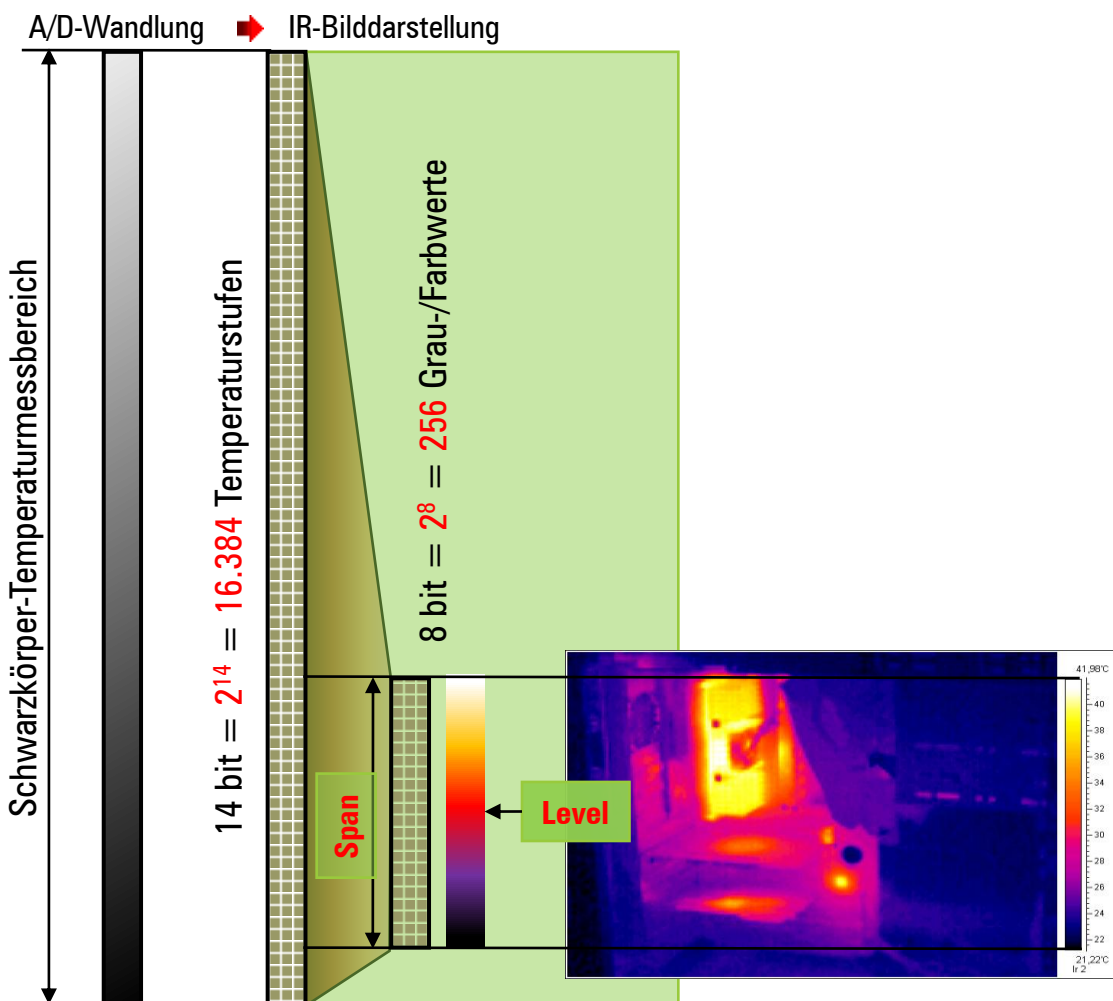
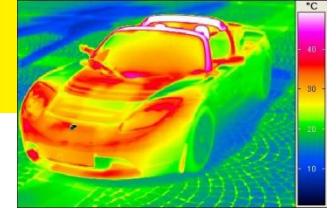


Abb. 48: Level und Span



5. Messtechnik

Strahlungsverteilung – Reale Messsituation

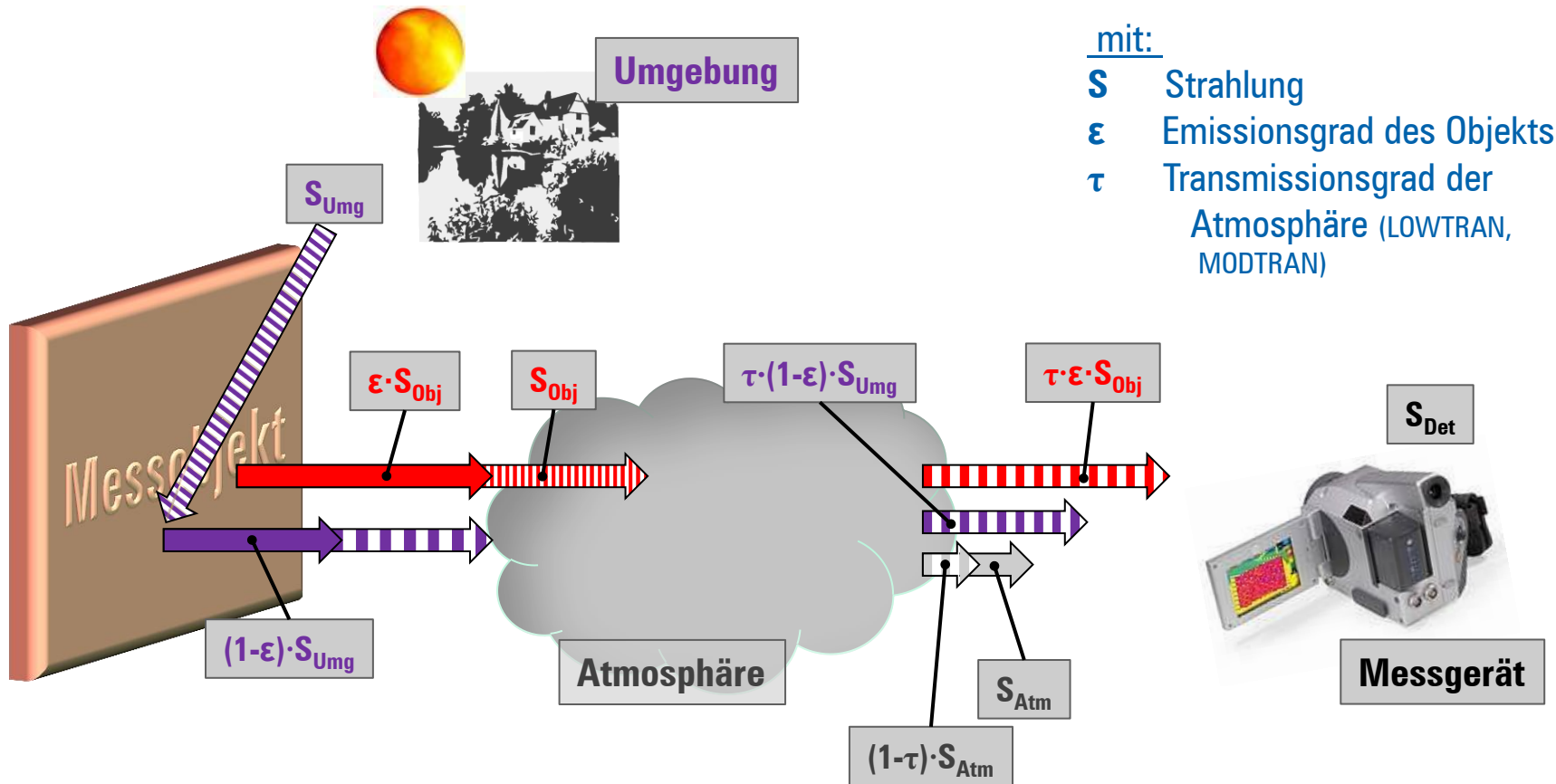
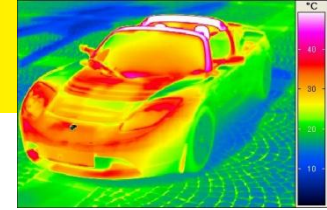


Abb. 54: Schematik einer realen Messsituation

Die IR-Kamera empfängt aus der Bildszene: $S_{Det} = \tau \cdot \epsilon \cdot S_{Obj} + \tau \cdot (1-\epsilon) \cdot S_{Umg} + (1-\tau) \cdot S_{Atm}$ (5.1)



5. Messtechnik

Messparameter – Übersicht

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

Umgebungsstrahlungstemperatur T_{Umg}

Temperatur Atmosphäre T_{Atm}

relative Luftfeuchte rF

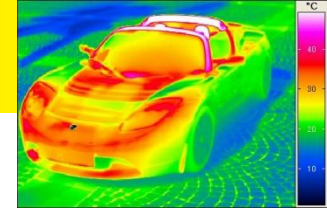
Emissionsgrad ϵ

Abstand d



Transporter mit Flüssig-Aluminium

Abb. 68: Thermogramm „Flüssigaluminium-Transport“



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)

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

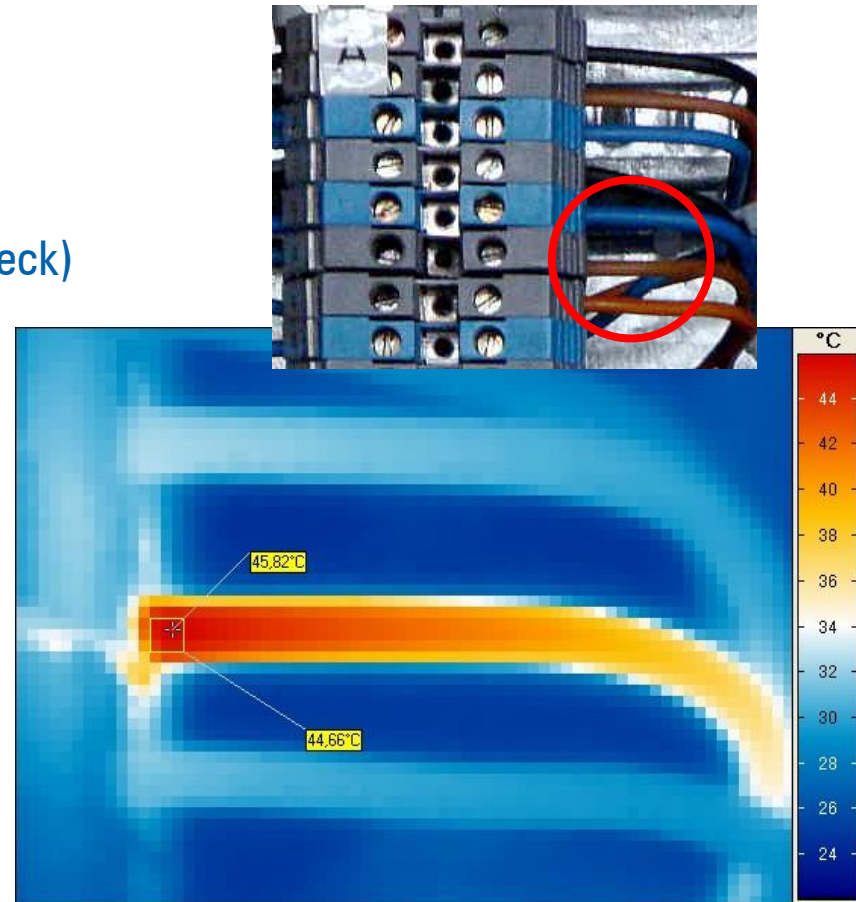
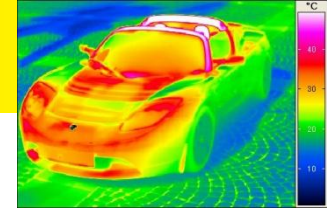


Abb. 110: Kabelklemme

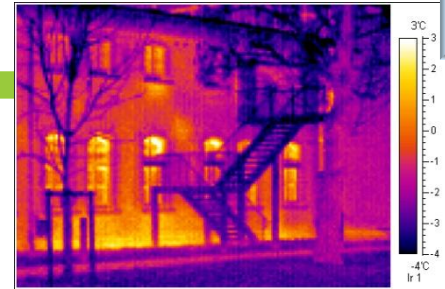


7. Praxisanwendungen

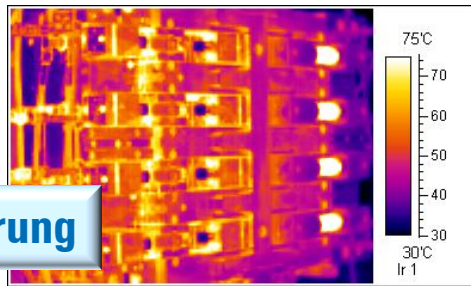
Anwendungsgebiete – Übersicht



Instandhaltung

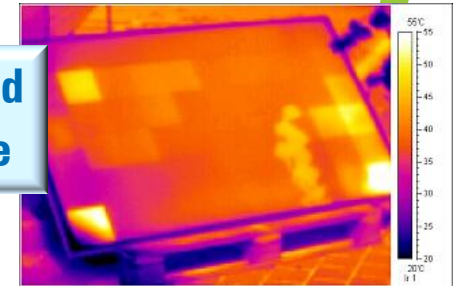


Bauthermografie



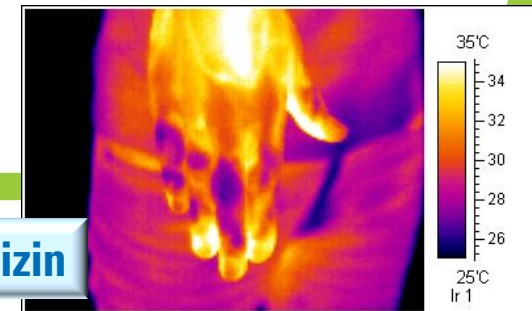
Prozessoptimierung

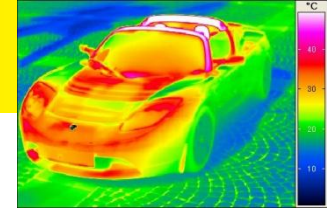
Leistungs- und Fehleranalyse



Forschung und Entwicklung

Medizin





8. Dokumentation

IR-Report – Grundstruktur

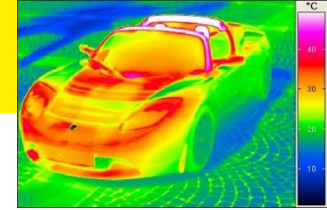
- Ein **IR-Report** besteht typischerweise aus folgenden Kapiteln:

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)



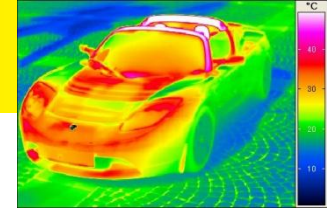
▪ Kontakt:

kontakt@thermografie-schneider.de
dietrich.schneider@hs-ansbach.de

Internet

www.thermografie-schneider.de
www.hs-ansbach.de

Abb. 123: Thermogramm „Dietrich Schneider“



11. Literaturempfehlungen

Literatur

	Marek, R. & Nitsche, K. (2015). Praxis der Wärmeübertragung. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
	Hoffmann, J. (2015). Taschenbuch der Messtechnik. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
	Fouad, N.A & Richter, T. (2012) Leitfaden Thermografie im Bauwesen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag
	Budzier, H. & Gerlach, G. (2010). Thermische Infrarotsensoren. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA