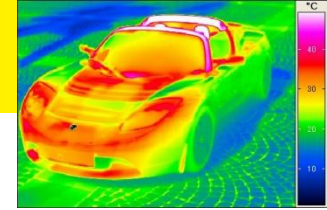


**Dietrich Schneider**

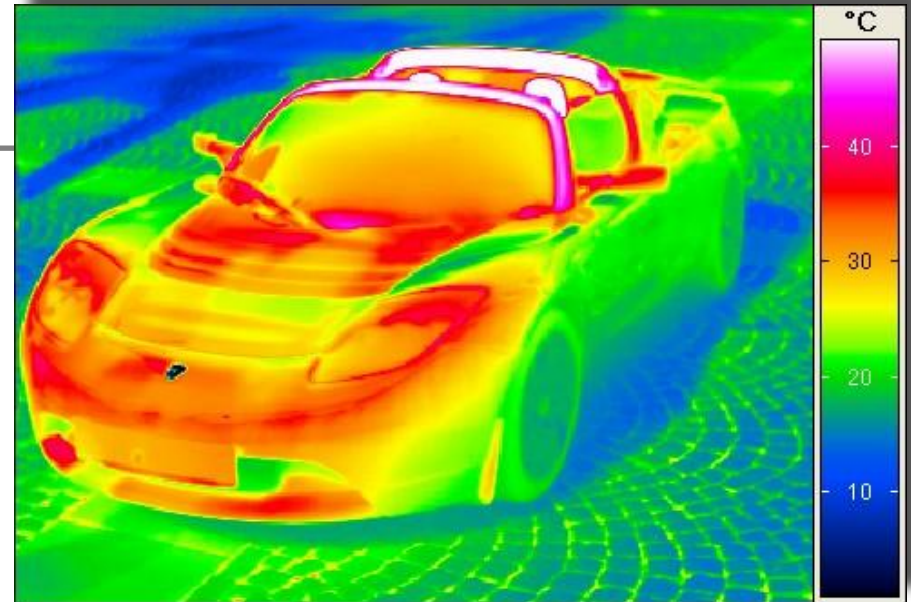
**Einführung in die praktische**

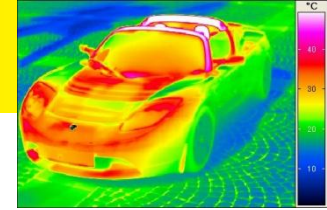
# **Infrarot-Thermografie**



## 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.

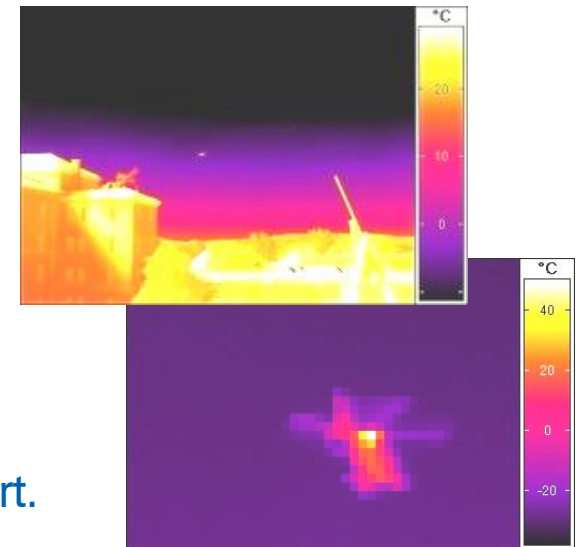
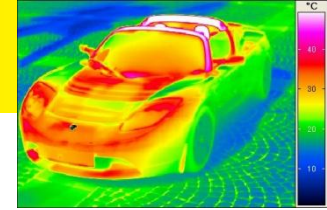
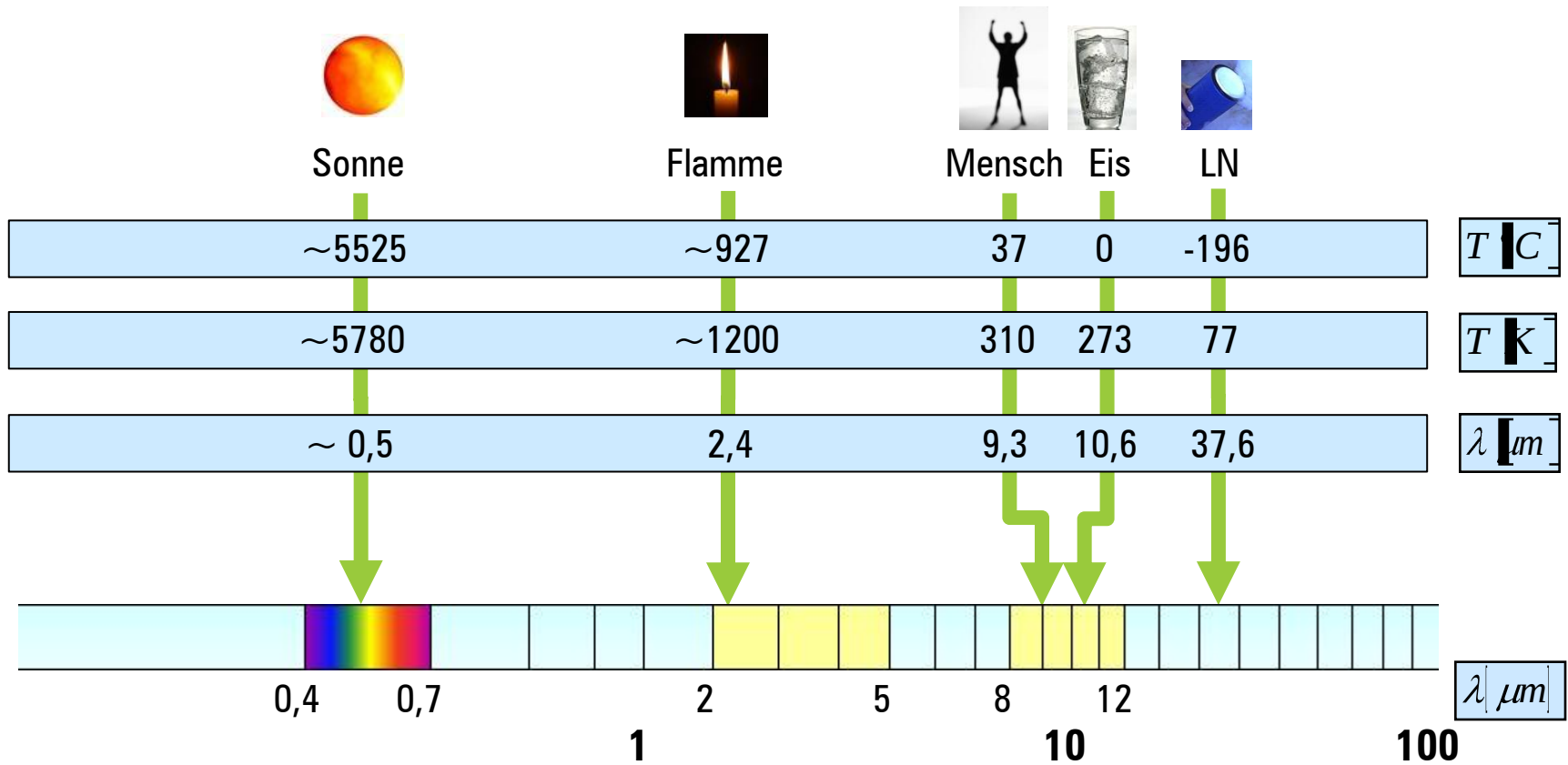


Abb. 2: Thermogramm „Hubschrauber“



## 2. IR-Grundlagen

### Beispiele 1



Arbeitsbereich von MW- bzw. LW-Thermokameras

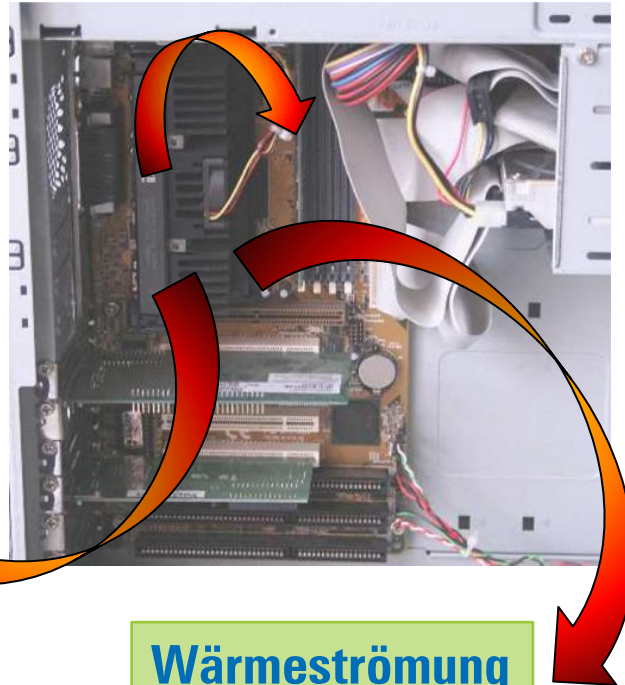
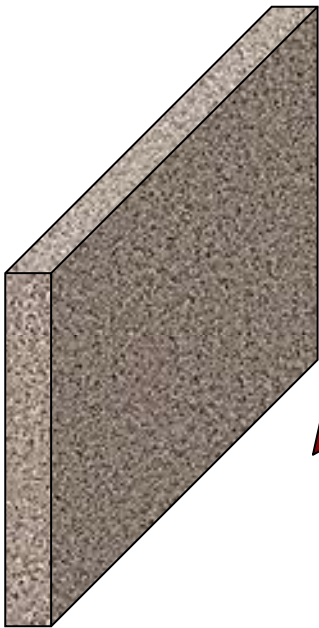
Abb. 8: Typische Temperatur- und Wellenlängenbereiche

## 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

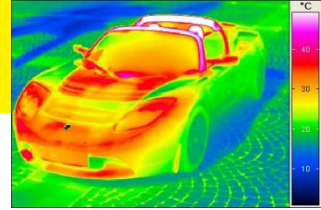
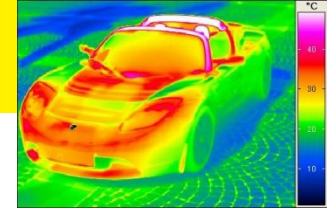


Abb. 18: Wärmeübertragung



## 4. Gerätetechnik

### Klassifizierung – Arbeitsweise

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

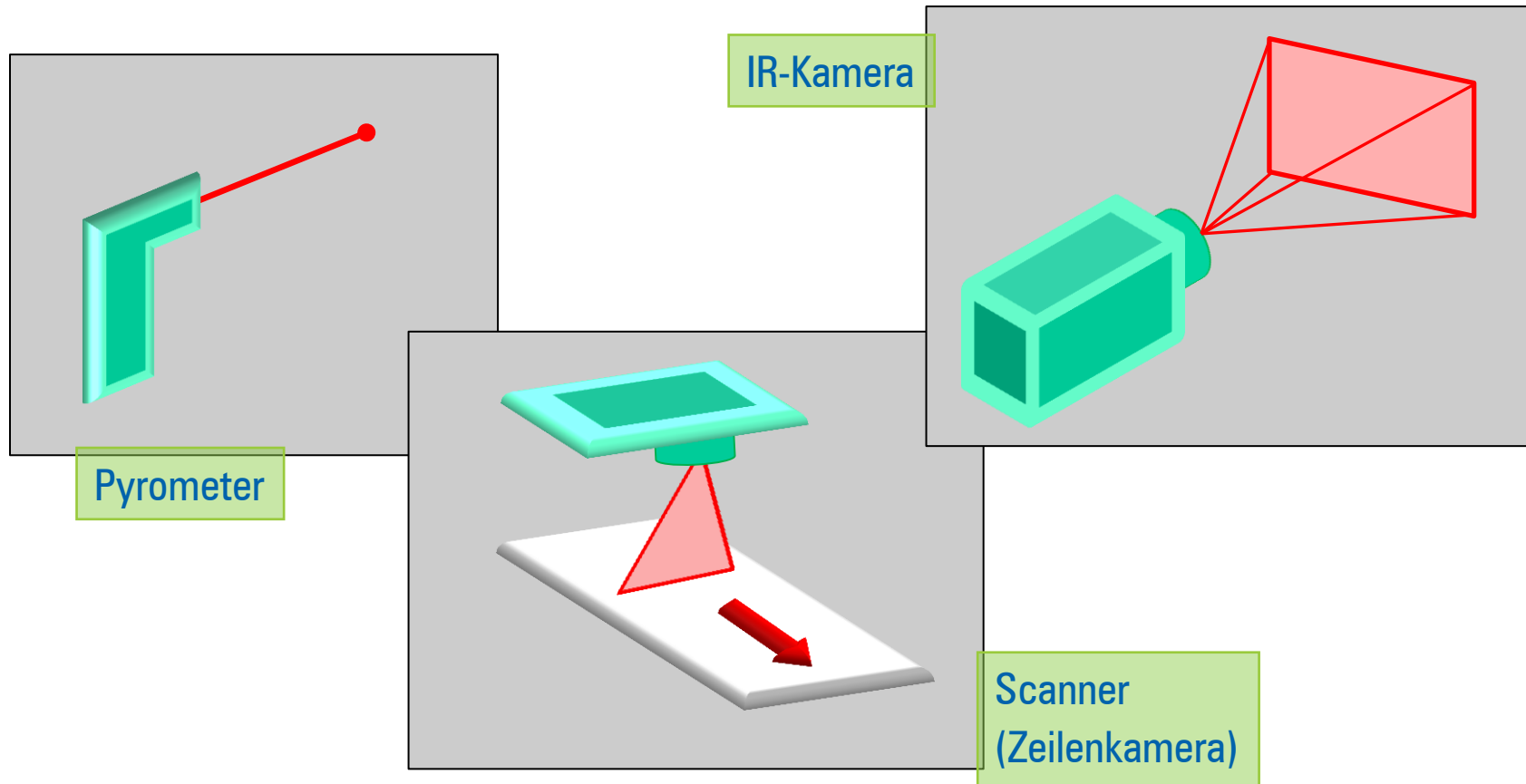
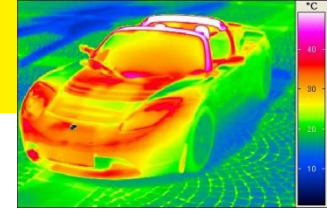


Abb. 36: Arbeitsweise von Strahlungsmeßgeräten

## 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.

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| <b>Span</b>  | <b>Kontrast</b>   |
| <b>Level</b> | <b>Helligkeit</b> |

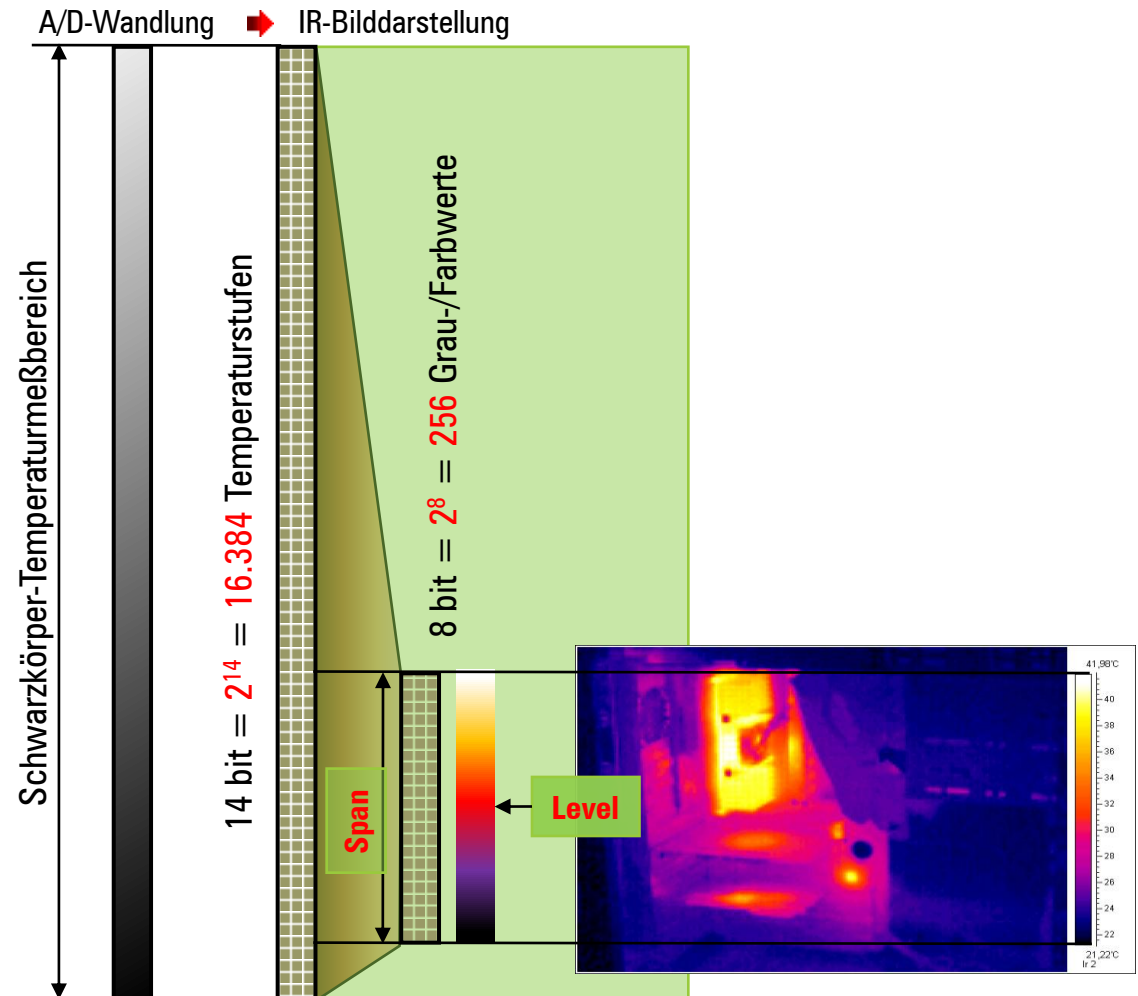
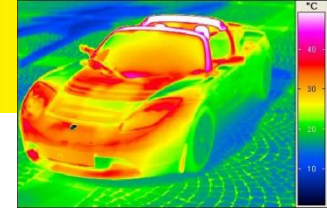


Abb. 48: Level und Span



### Emissionsgrad – Abhängigkeit vom Blickwinkel $\beta$

- Ein Kamerablickwinkel auf das Meßobjekt sollte zwischen  $90^\circ$  (senkrecht) und **ca.  $60^\circ$  (Nichtleiter)** bzw. **ca.  $45^\circ$  (elektr. Leiter)** liegen tendenzieller Einfluß des Emissionsgrades!

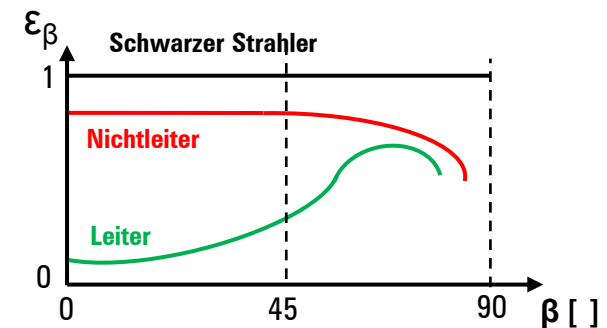
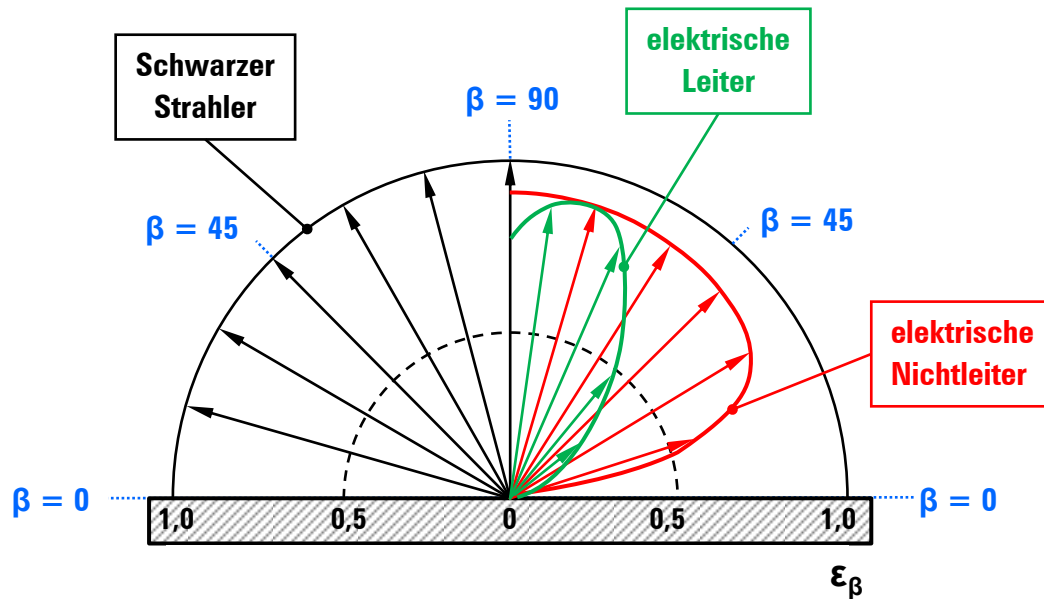
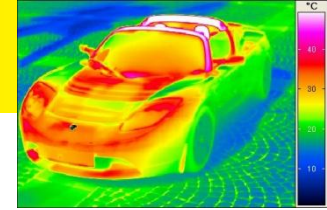


Abb. 62: Emissionsgrad in Abhängigkeit vom Blickwinkel (schematisch)



## 5. Meßtechnik

### Meßparameter – Übersicht

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

Temperatur Umgebung  $T_{Umg}$

Temperatur Atmosphäre  $T_{Atm}$

relative Luftfeuchte  $rF$

Emissionsgrad  $\varepsilon$

Abstand  $d$



Abb. 68: Thermogramm „Flüssigaluminium-Transport“

## 5. Meßtechnik

### 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!

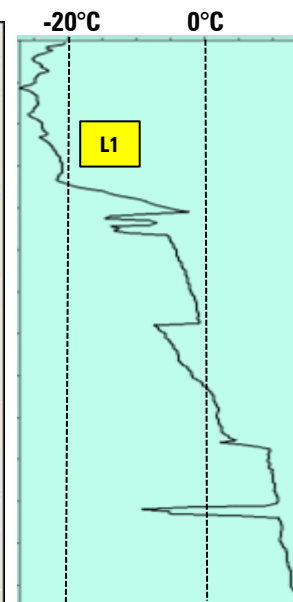
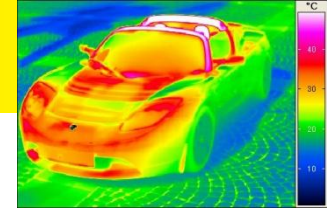
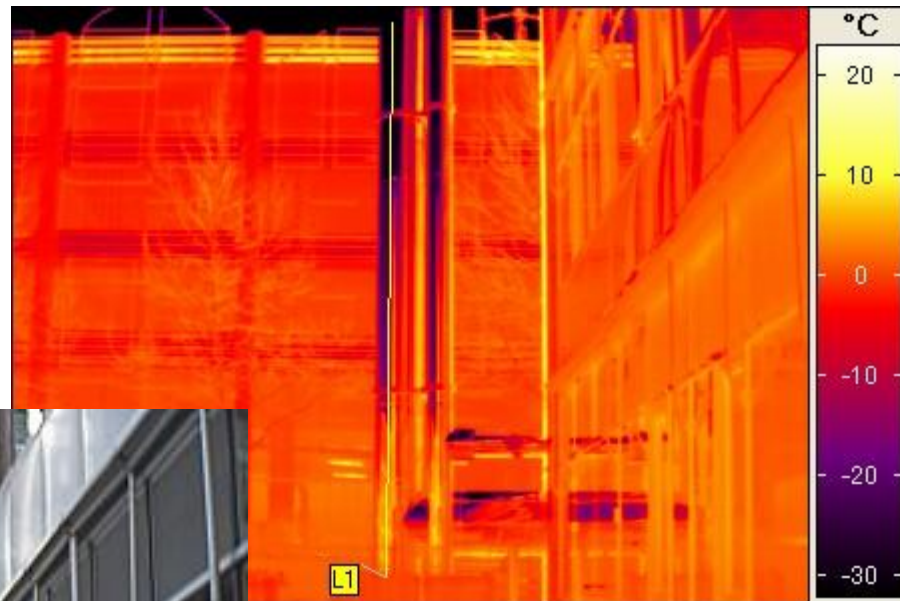
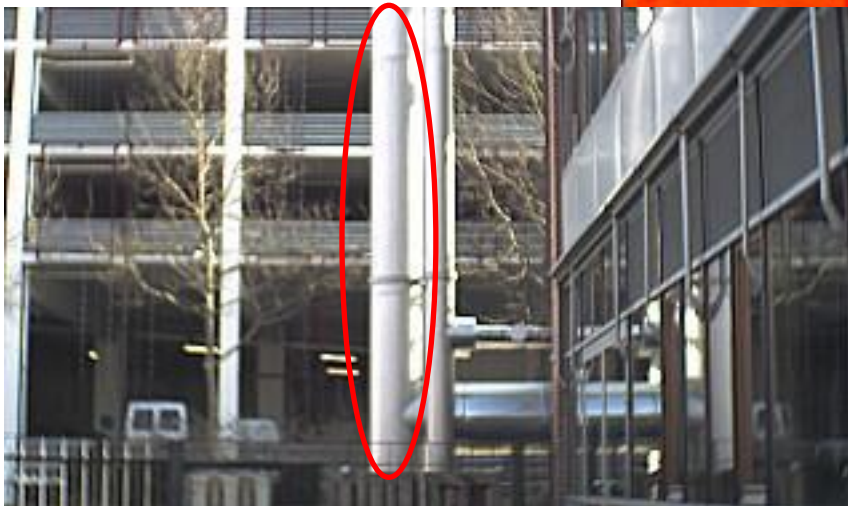


Abb. 95: Reflexion bei Außenthermografie

## 6. Geräteparameter

### Geometrische Auflösung – reale Meßfleckgröße

#### ■ Praxisbeispiel:

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

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

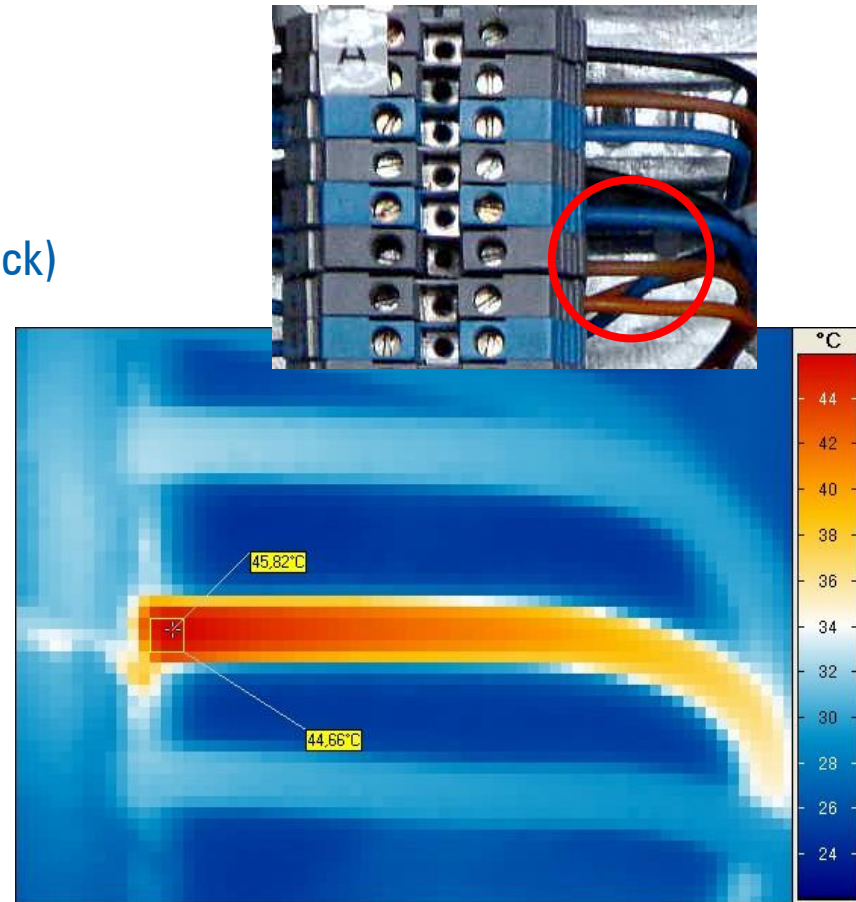
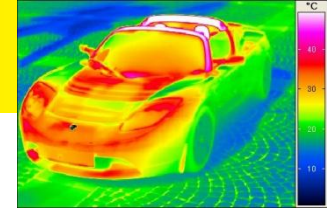
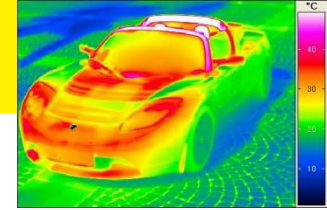


Abb. 110: Kabelklemme

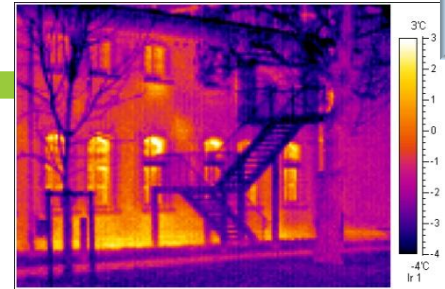


## 7. Praxisanwendungen

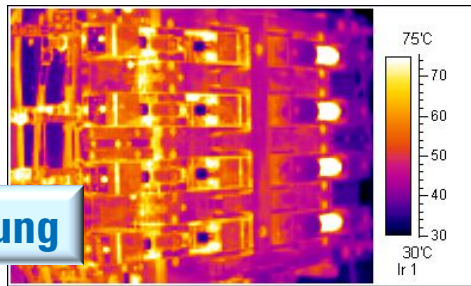
### Anwendungsgebiete – Übersicht



**Instandhaltung**

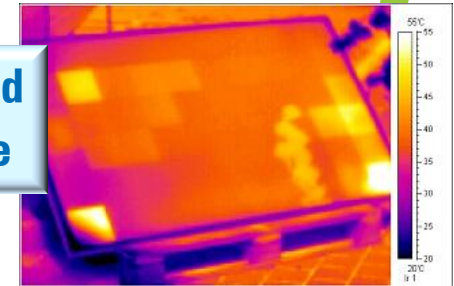


**Bauthermografie**



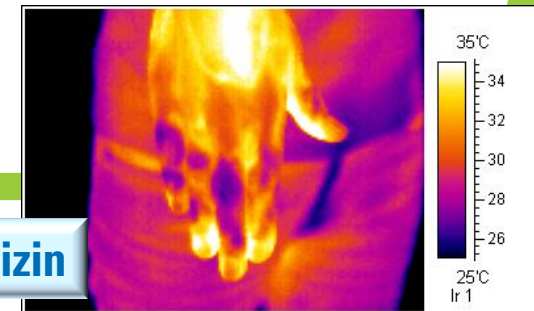
**Prozessoptimierung**

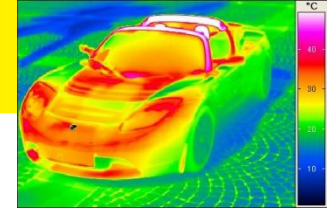
**Leistungs- und Fehleranalyse**



**Forschung und Entwicklung**

**Medizin**





## 8. Dokumentation

### IR-Report – Grundstruktur

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

**Deckblatt**

**Beschreibung**

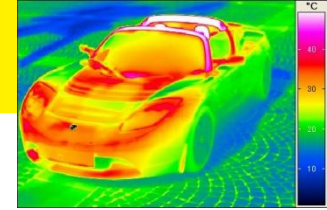
**Thermogramme  
und  
Fotos**

**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:

[info@media-4-biz.de](mailto:info@media-4-biz.de)

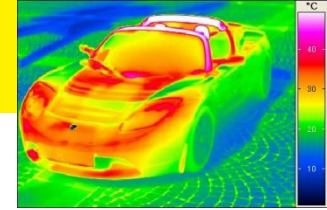
[dietrich.schneider@hs-ansbach.de](mailto:dietrich.schneider@hs-ansbach.de)

#### ▪ Internet

[www.media-4-biz.de](http://www.media-4-biz.de)

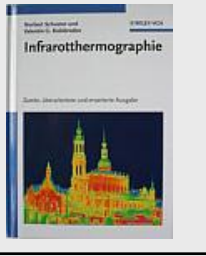
[www.hs-ansbach.de](http://www.hs-ansbach.de)

Abb. 123: Thermogramm „Dietrich Schneider“



## 11. Literaturempfehlungen

### Literatur

|                                                                                    |                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>Autorenkollektiv (Herrmann, K. &amp; Walther, L.) (1990). Wissenspeicher Infrarottechnik. Leipzig: Fachbuchverlag</p>                              |
|    | <p>Riedl, M. J. (2002). Optische Grundlagen für Infrarot-Systeme. Bellingham/Washington: SPIE - The International Society for Optical Engineering</p> |
|   | <p>Schuster, N. &amp; Kolobrodov, V. G. (2004). Infrarothermographie. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA</p>                              |
|  | <p>Bernhard, F. (2004). Technische Temperaturmessung. Berlin: Springer Verlag</p>                                                                     |