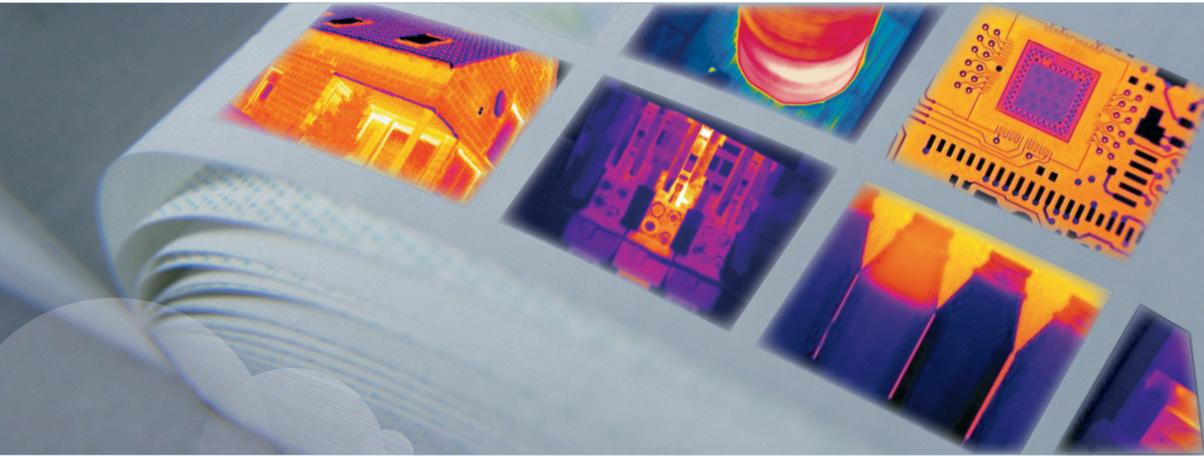




# Benutzerhandbuch



## FLIR A3xxseries FLIR A6xx series

|            |             |
|------------|-------------|
| Publ. No.  | T559633     |
| Revision   | a527        |
| Language   | German (DE) |
| Issue date | May 4, 2011 |



---

# *Benutzerhandbuch*



---

## Haftungsausschluss

Für alle von FLIR Systems hergestellten Produkte gilt eine Garantie auf Material- und Produktionsmängel von einem (1) Jahr ab dem Lieferdatum des ursprünglichen Erwerbs, wenn diese Produkte unter normalen Bedingungen und gemäß den Anweisungen von FLIR Systems gelagert, verwendet und betrieben wurden.

Für Produkte, die in von FLIR Systems an den Erstkäufer gelieferten Systemen enthalten sind, jedoch nicht von FLIR Systems hergestellt wurden, gelten, falls vorhanden, die Garantiebestimmungen des entsprechenden Zulieferers. FLIR Systems übernimmt für solche Produkte keinerlei Haftung.

Die Garantie gilt ausschließlich gegenüber dem Erstkäufer und ist nicht übertragbar. Die Garantie entfällt, wenn Produkte nicht bestimmungsgemäß verwendet, nicht ordnungsgemäß gewartet, durch höhere Gewalt beschädigt oder unter nicht vorgesehenen Betriebsbedingungen eingesetzt wurden. Verschleißteile sind von der Garantie ausgeschlossen.

Um zusätzliche Schäden zu vermeiden, darf ein Produkt, welches unter diese Garantie fällt, im Falle eines Fehlers nicht weiter genutzt werden. Der Käufer ist verpflichtet, FLIR Systems jeden aufgetretenen Fehler sofort zu melden. Andernfalls verliert diese Garantie ihre Gültigkeit.

FLIR Systems wird nach eigenem Ermessen jedes fehlerhafte Produkt kostenlos reparieren oder ersetzen, falls sich nach einer Untersuchung des Produkts herausstellt, dass ein Material- oder Herstellungsfehler vorliegt, und das Produkt innerhalb der erwähnten Gewährleistungsfrist an FLIR Systems zurückgegeben wurde.

FLIR Systems übernimmt außer den oben vereinbarten Verpflichtungen und Haftungen keine weiteren Verpflichtungen und Haftungen.

Weitere Garantien sind weder ausdrücklich noch stillschweigend vereinbart. Insbesondere lehnt FLIR Systems alle stillschweigenden Garantien der Handelsfähigkeit oder der Eignung für einen bestimmten Zweck ab.

FLIR Systems haftet nicht für unmittelbare, mittelbare, besondere, beiläufig entstandene Schäden oder Folgeschäden und Verluste, unabhängig davon, ob sich diese aus Verträgen, Haftungen aus unerlaubter Handlung oder sonstigen Rechtsgrundlagen ergeben.

Diese Garantie unterliegt schwedischem Recht.

Jegliche Rechtsstreitigkeiten, Klagen oder Forderungen, die sich aus dieser Garantie ergeben oder damit in Verbindung stehen, werden gemäß den Bestimmungen des Schiedsgerichtsinstituts der Handelskammer Stockholm entschieden. Gerichtsstandort ist Stockholm. Das Schiedsverfahren wird in englischer Sprache durchgeführt.

## Urheberrecht

© 2011, FLIR Systems. Alle Rechte weltweit vorbehalten. Ohne die vorherige schriftliche Genehmigung von FLIR Systems darf die Software einschließlich des Quellcodes weder ganz noch in Teilen in keiner Form, sei es elektronisch, magnetisch, optisch, manuell oder auf andere Weise, vervielfältigt, übertragen, umgeschrieben oder in eine andere Sprache oder Computersprache übersetzt werden.

Ohne die vorherige schriftliche Zustimmung von FLIR Systems ist es nicht gestattet, diese Dokumentation oder Teile davon zu vervielfältigen, zu fotokopieren, zu reproduzieren, zu übersetzen oder auf ein elektronisches Medium oder in eine maschinenlesbare Form zu übertragen.

Namen und Marken, die auf den herein beschriebenen Produkten erscheinen, sind entweder registrierte Marken oder Marken von FLIR Systems und/oder seinen Niederlassungen. Alle anderen Marken, Handelsnamen oder Firmennamen in dieser Dokumentation werden nur zu Referenzzwecken verwendet und sind das Eigentum der jeweiligen Besitzer.

## Qualitätssicherung

Das für die Entwicklung und Herstellung dieser Produkte eingesetzte Qualitätsmanagementsystem wurde nach dem Standard ISO 9001 zertifiziert.

FLIR Systems fühlt sich einer ständigen Weiterentwicklung verpflichtet. Aus diesem Grunde behalten wir uns das Recht vor, an allen in diesem Handbuch beschriebenen Produkten ohne vorherige Ankündigung Änderungen und Verbesserungen vorzunehmen.

## Patente

Ein oder mehrere der folgenden Patente oder Geschmacksmuster gelten für die in diesem Handbuch beschriebenen Produkte und/oder Funktionen:

0002258-2; 000279476-0001; 000439161; 000499579-0001; 000653423; 000726344; 000859020; 000889290; 001106306-0001; 001707738; 001707746; 001707787; 001776519; 0101577-5; 0102150-0; 0200629-4; 0300911-5; 0302837-0; 1144833; 1182246; 1182620; 1188086; 1285345; 1287138; 1299699; 1325808; 1336775; 1365299; 1402918; 1404291; 1678485; 1732314; 200530018812.0; 200830143636.7; 2106017; 235308; 3006596; 3006597; 466540; 483782; 484155; 518836; 60004227.8; 60122153.2; 602004011681.5-08; 6707044; 68657; 7034300; 7110035; 7154093; 7157705; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 7544944; 75530; 7667198; 7809258; 7826736; D540838; D549758; D579475; D584755; D599,392; DI6702302-9; DI6703574-4; DI6803572-1; DI6803853-4; DI6903617-9; DM/057692; DM/061609; ZL00809178.1; ZL01823221.3; ZL01823226.4; ZL02331553.9; ZL02331554.7; ZL200480034894.0; ZL200530120994.2; ZL200630130114.4; ZL200730151141.4; ZL200730339504.7; ZL200830128581.2.

---

# Inhaltsverzeichnis

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Sicherheitshinweise</b> .....                               | <b>1</b>  |
| <b>2</b>  | <b>Hinweise für Benutzer</b> .....                             | <b>4</b>  |
| <b>3</b>  | <b>Hilfe für Kunden</b> .....                                  | <b>6</b>  |
| <b>4</b>  | <b>Aktualisierung der Dokumentation</b> .....                  | <b>7</b>  |
| <b>5</b>  | <b>Wichtiger Hinweis zu diesem Handbuch</b> .....              | <b>8</b>  |
| <b>6</b>  | <b>Übersicht der Kameramodelle</b> .....                       | <b>9</b>  |
| 6.1       | FLIR A300 .....  | 9         |
| 6.2       | FLIR A310 .....  | 10        |
| 6.3       | FLIR A315 .....  | 11        |
| 6.4       | FLIR A320 Tempscreen .....                                     | 12        |
| 6.5       | FLIR A615 .....  | 13        |
| <b>7</b>  | <b>Packzettel</b> .....  | <b>15</b> |
| <b>8</b>  | <b>Montage</b> .....   | <b>16</b> |
| 8.1       | Allgemeine Informationen .....                                 | 16        |
| 8.2       | Systemanforderungen .....                                      | 17        |
| 8.3       | Montage .....  | 18        |
| <b>9</b>  | <b>Montage</b> .....   | <b>19</b> |
| 9.1       | Feste Installation von Kameras .....                           | 19        |
| 9.2       | Aufsetzen und Abnehmen von Objektiven (FLIR A3xxseries) .....  | 20        |
| 9.2.1     | Aufsetzen eines zusätzlichen Infrarotobjektivs .....           | 20        |
| 9.2.2     | Entfernen eines zusätzlichen Infrarotobjektivs .....           | 21        |
| 9.3       | Aufsetzen und Abnehmen von Objektiven (FLIR A6xx series) ..... | 22        |
| 9.3.1     | Entfernen eines Infrarotobjektivs .....                        | 22        |
| 9.3.2     | Aufsetzen eines Infrarotobjektivs .....                        | 23        |
| <b>10</b> | <b>Anschlüsse, Steuerelemente und Anzeigen</b> .....           | <b>24</b> |
| <b>11</b> | <b>Beispielsystemübersichten</b> .....                         | <b>28</b> |
| <b>12</b> | <b>Temperaturüberprüfung</b> .....                             | <b>31</b> |
| <b>13</b> | <b>Reinigen der Kamera</b> .....                               | <b>33</b> |
| 13.1      | Kameragehäuse, Kabel und weitere Teile .....                   | 33        |
| 13.2      | Infrarotobjektiv .....   | 34        |
| 13.3      | Infrarotdetektor .....   | 35        |
| <b>14</b> | <b>Technische Daten</b> .....                                  | <b>36</b> |
| <b>15</b> | <b>Steckerkonfigurationen</b> .....                            | <b>37</b> |
| <b>16</b> | <b>Technische Zeichnungen</b> .....                            | <b>39</b> |
| 16.1      | FLIR A3xxseries .....  | 39        |
| 16.1.1    | Kameraabmessungen (Frontansicht) .....                         | 39        |
| 16.1.2    | Kameraabmessungen (seitliche Ansicht) .....                    | 40        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 16.1.3    | Kameraabmessungen (Ansicht von unten) .....                            | 41        |
| 16.1.4    | Kameraabmessungen (mit 10-mm-/45°-Objektiv) .....                      | 42        |
| 16.1.5    | Kameraabmessungen (mit 30-mm-/15°-Objektiv) .....                      | 43        |
| 16.1.6    | Infrarotobjektiv (10 mm/45°) .....                                     | 44        |
| 16.1.7    | Infrarotobjektiv (30 mm/15°) .....                                     | 45        |
| 16.2      | FLIR A6xx series .....   | 46        |
| 16.2.1    | Kameraabmessungen (Frontansicht, ohne Objektiv) .....                  | 46        |
| 16.2.2    | Kameraabmessungen (seitliche Ansicht, ohne Objektiv) .....             | 47        |
| 16.2.3    | Kameraabmessungen (seitliche Ansicht, mit 24,5-mm-/25°-Objektiv) ..... | 48        |
| 16.2.4    | Spezifikation der Befestigungsplatten, Nr. 1 .....                     | 49        |
| 16.2.5    | Spezifikation der Befestigungsplatten, Nr. 2 .....                     | 50        |
| 16.2.6    | Kameraabmessungen (Rückansicht) .....                                  | 51        |
| 16.2.7    | Infrarotobjektiv (24,5 mm/25°) .....                                   | 52        |
| <b>17</b> | <b>Informationen zu FLIR Systems</b> .....                             | <b>53</b> |
| 17.1      | Mehr als nur eine Infrarotkamera .....                                 | 55        |
| 17.2      | Weitere Informationen .....  | 55        |
| 17.3      | Support für Kunden .....   | 55        |
| 17.4      | Bilder .....   | 56        |
| <b>18</b> | <b>Glossar</b> .....   | <b>58</b> |
| <b>19</b> | <b>Thermografische Messtechniken</b> .....                             | <b>62</b> |
| 19.1      | Einleitung .....   | 62        |
| 19.2      | Emissionsgrad .....  | 62        |
| 19.2.1    | Ermitteln des Emissionsgrades eines Objekts .....                      | 63        |
| 19.2.1.1  | Schritt 1: Bestimmen der reflektierten Strahlungstemperatur .....      | 63        |
| 19.2.1.2  | Schritt 2: Ermitteln des Emissionsgrades .....                         | 65        |
| 19.3      | Reflektierte scheinbare Temperatur .....                               | 66        |
| 19.4      | Abstand .....  | 66        |
| 19.5      | Relative Luftfeuchtigkeit .....  | 66        |
| 19.6      | Weitere Parameter .....  | 66        |
| <b>20</b> | <b>Geschichte der Infrarot-Technologie</b> .....                       | <b>67</b> |
| <b>21</b> | <b>Theorie der Thermografie</b> .....                                  | <b>72</b> |
| 21.1      | Einleitung .....   | 72        |
| 21.2      | Das elektromagnetische Spektrum .....                                  | 72        |
| 21.3      | Strahlung des schwarzen Körpers .....                                  | 73        |
| 21.3.1    | Plancksches Gesetz .....   | 74        |
| 21.3.2    | Wiensches Verschiebungsgesetz .....                                    | 76        |
| 21.3.3    | Stefan-Boltzmann-Gesetz .....  | 77        |
| 21.3.4    | Nicht-schwarze Körper als Strahlungsquellen .....                      | 78        |
| 21.4      | Halb-transparente Infrarotmaterialien .....                            | 81        |
| <b>22</b> | <b>Die Messformel</b> .....  | <b>82</b> |
| <b>23</b> | <b>Emissionstabellen</b> .....   | <b>88</b> |
| 23.1      | Referenzen .....   | 88        |
| 23.2      | Wichtiger Hinweis zu den Emissionsgradtabellen .....                   | 88        |
| 23.3      | Tabellen .....   | 89        |

---

# 1

# Sicherheitshinweise

---

## WARNUNG

- Diese Ausrüstung erzeugt und nutzt elektromagnetische Strahlung und kann diese abstrahlen. Bei unsachgemäßer Installation und Verwendung (entgegen der Bedienungsanleitung) kann sie Funkverbindungen stören. Tests haben ergeben, dass sie den Grenzwerten für Computergeräte der Klasse A gemäß Teil 15, Kapitel J der FCC-Regeln (Subpart J of Part 15 of FCC Rules) entspricht, die beim Einsatz im kommerziellen Bereich einen angemessenen Schutz gegen diese Interferenzen bieten sollen. Der Betrieb dieser Ausrüstung in einem Wohngebiet kann durchaus Interferenzen verursachen; in diesem Fall ist der Benutzer selbst dafür verantwortlich, die erforderlichen Maßnahmen zur Behebung der Interferenz zu ergreifen.
- (Gilt nur für Kameras mit Laserpointer.) Schauen Sie nicht direkt in den Laserstrahl. Der Laserstrahl kann die Augen reizen.
- Gilt nur für Kameras mit Akku:
  - Bauen Sie den Akku niemals auseinander und manipulieren Sie ihn nicht. Der Akku verfügt über Sicherheits- und Schutzmechanismen. Wenn diese beschädigt werden, kann sich der Akku erhitzen, entzünden oder explodieren.
  - Sollten Sie Batterieflüssigkeit in die Augen bekommen, reiben Sie Ihre Augen auf keinen Fall. Spülen Sie sie mit reichlich Wasser aus, und suchen Sie umgehend einen Arzt auf. Ergreifen Sie diese Maßnahmen nicht, kann die Batterieflüssigkeit Ihre Augen ernsthaft verletzen.
  - Wenn der Akku sich nicht innerhalb der angegebenen Zeit auflädt, setzen Sie den Ladevorgang nicht fort. Laden Sie den Akku länger als angegeben, kann dieser heiß werden und explodieren oder sich entzünden.
  - Verwenden Sie zum Entladen des Akkus nur die dafür vorgesehene Ausrüstung. Wenn Sie nicht die dafür vorgesehene Ausrüstung verwenden, kann sich dies negativ auf die Leistung oder die Lebensdauer des Akkus auswirken. Wenn Sie nicht die richtige Ausrüstung verwenden, erhält der Akku möglicherweise eine falsche Spannung. Dadurch kann sich der Akku erhitzen oder gar explodieren und Personen verletzen.
- Lesen Sie unbedingt alle entsprechenden MSDS (Material Safety Data Sheets, Sicherheitsdatenblätter) und Warnhinweise auf den Behältern durch, bevor Sie eine Flüssigkeit verwenden: Flüssigkeiten können gefährlich sein.

---

## VORSICHT

- Richten Sie die Infrarotkamera (mit oder ohne Objektivkappe) niemals auf intensive Strahlungsquellen wie beispielsweise Geräte, die Laserstrahlen abgeben. Richten Sie sie auch nicht auf die Sonne. Dies könnte unerwünschte Auswirkungen auf die Genauigkeit der Kamera haben. Der Detektor in der Kamera könnte sogar beschädigt werden.
- Verwenden Sie die Kamera nicht bei Temperaturen über +50 °C, sofern in der Benutzerdokumentation nicht anders angegeben. Hohe Temperaturen können die Kamera beschädigen.
- (Gilt nur für Kameras mit Laserpointer.) Bedecken Sie den Laserpointer mit der Schutzkappe, wenn Sie ihn nicht verwenden.
- Gilt nur für Kameras mit Akku:

- Schließen Sie die Akkus niemals direkt an einen PKW-Zigarettenanzünder an, es sei denn, es wurde von FLIR Systems ein spezieller Adapter zum Anschließen der Akkus an den Zigarettenanzünder bereitgestellt.
- Überbrücken Sie den Plus- und Minus-Pol eines Akkus niemals mit einem metallischen Gegenstand wie einem Draht.
- Setzen Sie den Akku niemals Wasser oder Salzwasser aus, und lassen Sie ihn nicht nass werden.
- Beschädigen Sie den Akku niemals mit spitzen Gegenständen. Schlagen Sie niemals mit dem Hammer auf den Akku. Treten Sie niemals auf den Akku oder setzen ihn starken Schlägen oder Stößen aus.
- Setzen Sie die Akkus niemals offenem Feuer oder direkter Sonneneinstrahlung aus. Wenn sich der Akku erhitzt, wird der eingebaute Sicherheitsmechanismus aktiviert, der ein weiteres Aufladen des Akkus verhindert. Wenn der Akku heiß wird, kann der Sicherheitsmechanismus beschädigt werden und zur weiteren Erhitzung, Beschädigung oder Entzündung des Akkus führen.
- Setzen Sie den Akku unter keinen Umständen Feuer oder großer Hitze aus.
- Halten Sie den Akku von offenem Feuer, Herdplatten oder anderen Stellen fern, an denen hohe Temperaturen herrschen.
- Versuchen Sie niemals am Akku etwas zu löten.
- Ziehen Sie den Akku aus dem Verkehr, wenn dieser während des Betriebs, Ladens oder Aufbewahrens einen ungewöhnlichen Geruch verströmt, sich heiß anfühlt, sich in Farbe oder Form verändert oder sonstige Anormalitäten aufweist. Wenn eines dieser Symptome auftritt, setzen Sie sich mit Ihrer Vertriebsstelle in Verbindung.
- Verwenden Sie zum Laden des Akkus nur empfohlene Ladegeräte.
- Der Akku muss bei Temperaturen zwischen  $\pm 0$  °C und  $+45$  °C geladen werden, wenn dies nicht anders in der Benutzerdokumentation angegeben ist. Wenn der Akku bei Temperaturen außerhalb dieses Bereichs geladen wird, kann der Akku heiß werden oder aufbrechen. Außerdem kann dadurch die Leistung und Lebensdauer des Akkus beeinträchtigt werden.
- Das Entladen des Akkus muss bei Temperaturen zwischen  $-15$  °C und  $+50$  °C erfolgen, sofern nicht anderweitig in der Benutzerdokumentation angegeben. Der Einsatz des Akkus bei Temperaturen außerhalb des angegebenen Bereichs kann die Leistung und Lebensdauer des Akkus beeinträchtigen.
- Wenn der Akku defekt ist, isolieren Sie die Pole vor der Entsorgung mit Klebeband oder etwas Ähnlichem.
- Sollte der Akku Feuchtigkeit aufweisen, entfernen Sie diese vor dem Einsetzen.
- Verwenden Sie niemals Verdünnungsmittel oder ähnliche Flüssigkeiten für Kamera, Kabel oder Zubehör. Dies könnte zu Beschädigungen führen.
- Gehen Sie bei der Reinigung des Infrarotobjektivs behutsam vor. Das Objektiv ist mittels einer Beschichtung entspiegelt, die sehr empfindlich ist.
- Reinigen Sie das Infrarotobjektiv sehr vorsichtig, da andernfalls die Entspiegelung Schaden nehmen könnte.
- Bei Anwendungen in der Nähe von Öfen oder in anderen Hochtemperaturumgebungen müssen Sie einen Hitzeschild an der Kamera befestigen. Die Verwendung der Kamera in der Nähe von Öfen oder in anderen Hochtemperaturumgebungen ohne einen Hitzeschild kann die Kamera beschädigen.

- (Diese Art der Reinigung funktioniert nur bei Kameras mit deaktivierbarem automatischem Shutter.) Deaktivieren Sie den automatischen Shutter Ihrer Kamera höchstens für 30 Minuten. Eine längere Deaktivierung kann den Detektor beschädigen oder völlig unbrauchbar machen.
  - Die Gehäuseschutzklassifizierung ist nur gültig, wenn alle Öffnungen Ihrer Kamera mit den entsprechenden Abdeckungen, Klappen oder Kappen verschlossen sind. Dies gilt auch, aber nicht ausschließlich, für die Fächer der Speichermedien, Akkus und Anschlüsse.
-

---

## 2

# Hinweise für Benutzer

---

### Typografische Konventionen

In diesem Handbuch gelten die folgenden typografischen Konventionen:

- **Halbfett** wird für Menünamen, Menübefehle sowie Elemente und Schaltflächen in Dialogfeldern verwendet.
  - *Kursiv* wird für wichtige Informationen verwendet.
  - `Monospace` wird für Codebeispiele verwendet.
  - GROSSBUCHSTABEN werden für Tastenbezeichnungen verwendet.
- 

### Benutzerforen

In unseren Benutzerforen können Sie sich mit anderen Thermografen auf der ganzen Welt über Ideen, Probleme und Infrarotlösungen austauschen. Die Foren finden Sie hier:

<http://www.infraredtraining.com/community/boards/>

---

### Kalibrierung

(Diese Anmerkung gilt nur für Kameras mit Messfunktionen.)

Wir empfehlen, die Kamera einmal pro Jahr zur Kalibrierung einzusenden. Wenden Sie sich an Ihre Vertriebsstelle, um entsprechende Informationen zu erhalten.

---

### Genauigkeit

(Diese Anmerkung gilt nur für Kameras mit Messfunktionen.)

Um sehr genaue Ergebnisse zu erzielen, sollten Sie erst 5 Minuten nach dem Einschalten der Kamera eine Temperaturmessung vornehmen.

Im Falle von Kameras, bei denen der Detektor mechanisch gekühlt wird, umfasst dieser Zeitraum nicht die Zeit, in der der Detektor heruntergekühlt wird.

---

### Enstörung elektronischer Geräte

10742803:a1



Dieses Gerät muss wie die meisten anderen elektronischen Geräte auf umweltfreundliche Weise und gemäß den geltenden Bestimmungen für elektronische Geräte entsorgt werden.

Weitere Informationen erhalten Sie bei Ihrem FLIR Systems-Ansprechpartner.

---

### Schulung

Informationen zu Schulungen im Bereich Infrarottechnik finden Sie hier:

- <http://www.infraredtraining.com>
- <http://www.irtraining.com>
- <http://www.irtraining.eu>

**Zusätzliche Lizenz-  
informationen**

Mit dieser Lizenz kann der Benutzer die Software auf einem beliebigen kompatiblen Computer installieren und verwenden, wobei die Software maximal auf zwei (2) Computern gleichzeitig verwendet werden darf (z. B. einem Laptop für die Datenerhebung vor Ort und einem Desktop für die Analyse im Büro).

Zu Archivierungszwecken darf eine (1) Sicherungskopie der Software erstellt werden.

---

---

# 3

# Hilfe für Kunden

---

## Allgemein

Die Kundenhilfe finden Sie hier:

<http://support.flir.com>

---

## Fragen stellen

Um eine Frage an das Team der Kundenhilfe stellen zu können, müssen Sie sich als Benutzer registrieren. Die Online-Registrierung nimmt nur wenige Minuten in Anspruch. Sie müssen kein registrierter Benutzer sein, um in der Informationsdatenbank nach vorhandenen Fragen und Antworten suchen zu können.

Wenn Sie eine Frage stellen möchten, sollten Sie folgende Informationen zur Hand haben:

- Kameramodell
  - Seriennummer der Kamera
  - Kommunikationsmodell oder -methode zwischen Kamera und PC (z. B. HDMI Ethernet, USB™ oder FireWire™)
  - Betriebssystem Ihres Computers
  - Version von Microsoft® Office
  - Vollständiger Name, Veröffentlichungs- und Revisionsnummer des Handbuchs
- 

## Downloads

Darüber hinaus sind auf der Website der Kundenhilfe folgende Downloads verfügbar:

- Firmware-Updates für Ihre Infrarotkamera
  - Programm-Updates für Ihre PC-Software
  - Benutzerdokumentation
  - Anwendungsberichte
  - Technische Veröffentlichungen
-

---

# 4

# Aktualisierung der Dokumentation

---

## Allgemein

Unsere Handbücher werden mehrmals jährlich aktualisiert. Zudem veröffentlichen wir regelmäßig auch wichtige Änderungsmitteilungen zu Produkten.

Die neuesten Handbücher und Mitteilungen finden Sie auf der Registerkarte Download unter:

<http://support.flir.com>

Die Online-Registrierung dauert nur wenige Minuten. Im Download-Bereich finden Sie auch die neuesten Versionen von Handbüchern unserer anderen Produkte sowie Handbücher für historische und ausgelaufene Modelle.

---

---

# 5

# Wichtiger Hinweis zu diesem Handbuch

---

## Allgemein

FLIR Systems veröffentlicht generische Handbücher, die sich auf mehrere Kameras einer Modellreihe beziehen.

Das bedeutet, dass dieses Handbuch Beschreibungen und Erläuterungen enthalten kann, die möglicherweise nicht auf Ihr Kameramodell zutreffen.

---

## HINWEIS

FLIR Systems behält sich das Recht vor, die Herstellung von Modellen, Software, Teilen, Zubehör und anderen Artikeln ohne vorherige Ankündigung einzustellen und/oder deren Funktionen zu ändern.

---

---

# 6 Übersicht der Kameramodelle

## 6.1 FLIR A300

T638517.a1



Die Kamera FLIR A300 stellt eine erschwingliche und genaue Lösung für Temperaturmessungen für alle dar, die Probleme lösen müssen, die nicht ein Höchstmaß an Geschwindigkeit und Reaktion erfordern, und die einen PC verwenden. Durch den CVBS-Ausgang (FBAS) ist die Kamera auch eine ausgezeichnete Wahl für Infrarotbild-Automatisierungsanwendungen, bei denen Sie ihre einzigartigen Eigenschaften nutzen können, wie die Fähigkeit, Bilder durch Dampf hindurch aufnehmen zu können.

Wichtige Funktionen:

- MPEG-4-Streaming
- PoE (Stromversorgung über Ethernet)
- Integrierter Webserver
- Universal-I/O
- 100 Mbps Ethernet (100 m Kabel, drahtlos, Glasfaser usw.)
- Synchronisierung über SNTP
- FBAS-Ausgang
- Dienstprogramm-Software für mehrere Kameras: IP Config Utility und IR Monitor im Lieferumfang enthalten
- Offenes und gut beschriebenes TCP/IP-Protokoll für Steuerung und Einrichtung
- 16-Bit-Bilder, 320 × 240 bei 3 Hz, radiometrisch
- Objektiv: 25° im Lieferumfang, 15° und 45° optional

Typische Anwendungen:

- Brandschutz, Überwachung kritischer Behälter und Bestandsmanagement von Energieversorgungsanlagen
- Volumenorientierte Industriesteuerung (Installation mehrerer Kameras möglich)

## 6.2 FLIR A310

T638517,a1



Die Kamera FLIR A310 stellt eine erschwingliche und exakte Lösung für Temperaturmessungen für alle dar, die Probleme lösen müssen, für die integrierte “Intelligenz” erforderlich ist, wie Analyse, Alarmfunktion und autonome Kommunikation mittels Standardprotokollen. Die Kamera FLIR A310 verfügt zudem über alle erforderlichen Merkmale und Funktionen zur Einrichtung dezentraler Einzel- oder Mehrkamelarlösungen mit Ethernet-Standardhardware und -Softwareprotokollen.

Die Kamera FLIR A310 bietet darüber hinaus integrierte Unterstützung für die Verbindung mit Industriesteuerungen wie SPS und ermöglicht die Freigabe von Analyse- und Alarmergebnissen sowie die einfache Steuerung über die Feldbusprotokolle Ethernet/IP und Modbus TCP.

Wichtige Funktionen:

- Unterstützung für das Feldbusprotokoll Ethernet/IP (Analyse, Alarm und einfache Kamerasteuerung)
- Unterstützung für das Feldbusprotokoll Modbus TCP (Analyse, Alarm und einfache Kamerasteuerung)
- Umfangreiche integrierte Analysefunktionen
- Umfangreiche Alarmfunktionen, in Abhängigkeit zur Analyse und weiteren Aspekten
- Nach Zeitplan: Datei- (FTP) oder E-Mail-Versand (SMTP) von Analyseergebnissen oder Bildern
- Bei Alarmen: Datei- (FTP) oder E-Mail-Versand (SMTP) von Analyseergebnissen oder Bildern
- MPEG-4-Streaming
- PoE (Stromversorgung über Ethernet)
- Integrierter Webserver
- Universal-I/O
- 100 Mbps Ethernet (100 m Kabel, drahtlos, Glasfaser usw.)
- Synchronisierung über SNTP
- FBAS-Ausgang

- Dienstprogramm-Software für mehrere Kameras: IP Config Utility und IR Monitor im Lieferumfang enthalten
- Offenes und gut beschriebenes TCP/IP-Protokoll für Steuerung und Einrichtung
- 16-Bit-Bilder,  $320 \times 240$  bei 7–8 Hz, radiometrisch
- Objektiv: 25° im Lieferumfang, 15° und 45° optional

Typische Anwendungen:

- Sicherheitsanwendungen mit Temperaturalarmen (Anwendungen mit mehreren Kameras), Brandschutz, Überwachung kritischer Behälter und Bestandsmanagement von Energieversorgungsanlagen
- Volumenorientierte Industriesteuerung (Installation mehrerer Kameras möglich)

## 6.3 FLIR A315

T638517:a1



Die Kamera FLIR A315 bietet Merkmale und Funktionen, die sie zur perfekten Wahl für jeden machen, der PC-Software zum Lösen von Problemen einsetzt und für den eine Auflösung von  $320 \times 240$  Pixeln ausreicht. Zu den wichtigsten Merkmalen gehört GigE Vision™- und GenICam™-Konformität. Dadurch ist die Kamera bei Verwendung mit Softwarepaketen wie IMAQ Vision und Halcon Plug-and-Play-fähig.

Wichtige Funktionen:

- Erschwinglich
- GigE-konform
- GenICam-konform
- Trigger/Synchronisierung/GPIO
- 16-Bit-Bilder,  $320 \times 240$  bei 60 Hz, Signal und Temperatur linear und radiometrisch
- Kompatibel mit jeder Software, die GenICam unterstützt, einschließlich National Instruments IMAQ Vision und Stemmers Common Vision Blox
- Objektiv: 25° im Lieferumfang, 15° und 45° optional

Typische Anwendungen:

- High-End-Infrarot-Maschinenüberwachung, für die Temperaturmessungen erforderlich sind
- Schlackeerkenennung
- Lebensmittelverarbeitung
- Testen von Elektronik
- Testen von Leistungswiderständen
- Automobiltechnik

## 6.4 FLIR A320 Tempscreen

T638517.a1



Die FLIR A320 Tempscreen ist eine Kamera, die für den Einsatz in Anwendungen vorkonfiguriert ist, bei denen man Temperaturabweichungen in einer Menschenansammlung finden möchte. Dazu werden Temperaturdifferenz-Alarme mit einer dynamisch aktualisierten Referenztemperatur verwendet.

Darüber hinaus stellt die Kamera FLIR A320 Tempscreen eine erschwingliche und exakte Lösung für Temperaturmessungen für jeden dar, der Probleme lösen muss, für die integrierte "Intelligenz" erforderlich ist, wie Analyse, Alarmfunktion und autonome Kommunikation mittels Standardprotokollen. Die Kamera FLIR A320 Tempscreen verfügt zudem über alle erforderlichen Merkmale und Funktionen zur Einrichtung dezentraler Einzel- oder Mehrkameranlösungen mit Ethernet-Standardhardware und -softwareprotokollen.

Wichtige Funktionen:

- Überprüfung: Temperaturdifferenz-Alarm mit einer dynamisch aktualisierten Referenztemperatur (visualisiert durch die Isotherme)
- Umfangreiche integrierte Analysefunktionen
- Umfangreiche Alarmfunktionen, in Abhängigkeit zur Analyse und weiteren Aspekten
- Nach Zeitplan: Datei- (FTP) oder E-Mail-Versand (SMTP) von Analyseergebnissen oder Bildern
- Bei Alarmen: Datei- (FTP) oder E-Mail-Versand (SMTP) von Analyseergebnissen oder Bildern
- MPEG-4-Streaming

- PoE (Stromversorgung über Ethernet)
- Integrierter Webserver
- Universal-I/O
- 100 Mbps Ethernet (100 m Kabel, drahtlos, Glasfaser usw.)
- Synchronisierung über SNTP
- FBAS-Ausgang
- Dienstprogramm-Software für mehrere Kameras: IP Config Utility und IR Monitor im Lieferumfang enthalten
- Offenes und gut beschriebenes TCP/IP-Protokoll für Steuerung und Einrichtung
- 16-Bit-Bilder, 320 × 240 in Halb-Echtzeit, Signal und Temperatur linear
- Objektiv: 25° im Lieferumfang, 15° und 45° optional

Typische Anwendungen:

- Sicherheitsanwendungen mit Temperaturalarmen (Anwendungen mit mehreren Kameras), Brandschutz, Überwachung kritischer Behälter und Bestandsmanagement von Energieversorgungsanlagen
- Volumenorientierte Industriesteuerung (Installation mehrerer Kameras möglich)

## 6.5 FLIR A615

T638519:a1



Die Kamera FLIR A615 bietet Merkmale und Funktionen, die sie zur perfekten Wahl für jeden machen, der PC-Software zum Lösen von Problemen einsetzt und der eine Auflösung von 640 × 480 Pixeln benötigt. Zu den wichtigsten Merkmalen gehört GigE Vision™- und GenICam™-Konformität. Dadurch ist die Kamera bei Verwendung mit Softwarepaketen wie IMAQ Vision und Halcon Plug-and-Play-fähig.

Wichtige Funktionen:

- Erschwinglich
- GigE-konform
- GenICam-konform
- Trigger/Synchronisierung/GPIO
- 16-Bit-Bilder, 640 × 480 bei 50 Hz, Signal und Temperatur linear und radiometrisch
- Fenstermodus: 640 × 240 bei 100 Hz oder 640 × 120 bei 200 Hz

- Kompatibel mit jeder Software, die GenICam unterstützt, einschließlich National Instruments IMAQ Vision und Stemmers Common Vision Blox
- Offene und gut beschriebenes TCP/IP-Protokoll für Steuerung und Einstellung
- Objektive: 25° im Lieferumfang, 15° und 45° optional

Typische Anwendungen:

- High-End-Infrarot-Maschinenüberwachung, für die Temperaturmessungen erforderlich sind
- Schlackeerkennung
- Lebensmittelverarbeitung
- Testen von Elektronik
- Testen von Leistungswiderständen
- Automobiltechnik

---

# 7

# Packzettel

---

## Allgemein

Die Anzahl der im Lieferumfang enthaltenen Kamera- und Zubehörteile ist abhängig vom Kameramodell und/oder den Ausstattungswünschen des Kunden.

---

## Inhalt

- Transportkoffer oder Karton
  - Infrarotkamera mit Objektiv
  - ThermoVision™ System Tools & Utilities CD-ROM
  - Anwendungs-CD-ROM
  - Kalibrierungsnachweis
  - Ethernet™ -Kabel
  - Netzkabel
  - Stromversorgungskabel (vom Netzteil)
  - Netzteil
  - Druckversion des Handbuchs "Erste Schritte"
  - Druckversion des Handbuchs „Wichtige Informationen“
  - Benutzerdokumentation auf CD-ROM
  - Karte für Garantieverlängerung oder Registrierung
  - sechspolige Schraubklemme (an Kamera montiert)
  - Transportkoffer oder Karton
  - USB-Kabel
- 

## HINWEIS

FLIR Systems behält sich das Recht vor, die Herstellung von Modellen, Teilen, Zubehör und anderen Artikeln ohne vorherige Ankündigung einzustellen oder deren Spezifikationen zu ändern.

---

---

# 8 Montage

## 8.1 *Allgemeine Informationen*

---

### Erläuterung

Die folgenden Programme sind auf der Anwendungs-CD-ROM ThermoVision™ System Tools & Utilities enthalten:

- FLIR IP Config: Ein Einrichtungs- und Konfigurationsprogramm zum Ermitteln von FLIR Automations- und Wissenschaftskameras in einem Netzwerk sowie zum automatischen Zuweisen oder manuellen Einstellen der IP-Adressen.
- FLIR IR Monitor: Ein Programm zur Steuerung von FLIR Automations- und Wissenschaftskameras in einem Netzwerk. Üblicherweise wird FLIR IR Monitor zur Änderung der Kameraeinstellungen, Platzierung von Messwerkzeugen auf dem Bildschirm, Konfiguration von Alarmen usw. verwendet.
- FLIR IR Camera Player: Eine PC-basierte Fernsteuerung mit Videoplayer für Infrarotkameras von FLIR Systems.
- Ein Link zu einer Webinstallation von FLIR AXXX Control & Image Interfaces: Diese Installation umfasst Interface Control Documents (ICDs), Benutzerdokumentation und Beispiele für C-Code. Wir empfehlen, die Dokumentation aufmerksam zu lesen.

---

### Standard-Installationspfade

- C:\Program Files\FLIR Systems\FLIR IP Config
- C:\Program Files\FLIR Systems\FLIR IR Monitor
- C:\Program Files\FLIR Systems\FLIR IR Camera Player
- C:\Program Files\FLIR Systems\AXXX Control & Image Interfaces

---

### HINWEIS

Die Funktionalität in den PC-Programmen ist vom Kameramodell abhängig.

---

---

## 8.2 Systemanforderungen

---

**Betriebssystem**

- Microsoft® Windows® XP Professional mit Service Pack 2 (SP2)
  - Microsoft® Windows® Vista Ultimate 32-Bit
  - Microsoft® Windows® 7, 32- und 64-Bit
- 

**Hardware**

- PC mit 2-GHz-Prozessor, 32-Bit oder 64-Bit
  - 1 GB RAM oder größer
  - 20 GB Festplattenspeicher
  - Super VGA-Monitor (1024 × 768) oder Monitor mit höherer Auflösung
  - Unterstützung für DirectX 9-Grafiken mit:
    - WDDM-Treiber
    - 128 MB Grafikspeicher (Minimum)
    - Pixel Shader 2.0 (in Hardware)
    - 32 Bit per Pixel
  - DVD-ROM-Laufwerk
  - Audioausgang
  - Tastatur und Microsoft®-Maus oder kompatibles Zeigegerät
- 

**Software**

Microsoft® Internet Explorer 6 oder höher

---

**SIEHE**

Weitere Informationen zu den Systemanforderungen der genannten Betriebssysteme finden Sie unter folgender Adresse: <http://www.microsoft.com/windows/>.

---

## 8.3 Montage

### Allgemein

Informationen zu kurzfristigen Änderungen und andere wichtige Angaben finden Sie in der **Info**-Datei auf der CD-ROM. Es wird empfohlen, diese Datei vor der Installation der Programme zu lesen.

### HINWEIS

- Sollten Sie Probleme bei der Installation haben, wenden Sie sich an unseren Technischen Support unter <http://support.flir.com>.
- Sie müssen sich als Administrator oder Benutzer mit Administratorrechten anmelden, um die Programme installieren zu können.
- Eine vollständige Installation umfasst mehrere Unterinstallationen, von denen einige von Drittanbietern stammen. Brechen Sie diese Unterinstallationen nicht ab, da sie für die vollständige Installation erforderlich sind.
- Eine vollständige Installation dauert bis zu 10 Minuten.

### Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

|          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | Schließen Sie alle Anwendungen.  |
| <b>2</b> | Legen Sie die ThermoVision™ System Tools & Utilities-CD-ROM in das CD-ROM-Laufwerk des Computers ein. Die Installation wird automatisch gestartet.<br><br>Wird die Installation nicht automatisch gestartet, öffnen Sie den Windows® Explorer, und doppelklicken Sie auf die Datei SETUP.EXE auf der CD-ROM. |
| <b>3</b> | Klicken Sie auf eine der folgenden Optionen: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Install FLIR IP Config</li> <li>■ Install FLIR IR Monitor</li> <li>■ Install FLIR Camera Player</li> <li>■ Install AXXX Control &amp; Image Interfaces</li> </ul>  |
| <b>4</b> | Folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm.   |

---

# 9 Montage

## 9.1 *Feste Installation von Kameras*

---

**Befestigungsmöglichkeiten** Die Kamera eignet sich zur Montage in beliebiger Position. Das Gehäuse ist mit drei Montageplatten ausgestattet – unten, links und rechts – die jeweils die folgenden Gewindebohrungen besitzen.

FLIR A3XX-Kameras:

- 2 × metrisches M4-Innengewinde
- 1 × Stativbefestigung UNC ¼-20

FLIR A6XX-Kameras:

- 2 × metrisches M4-Innengewinde
  - 1 × Stativbefestigung UNC ¼-20
- 

**Hinweise zur dauerhaften Montage** Falls die Kamera dauerhaft am Einsatzort installiert werden soll, sind bestimmte Schritte erforderlich.

Die Kamera muss möglicherweise in ein Schutzgehäuse eingebaut werden. Dieses Gehäuse muss ggf. je nach Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur) mit einer Kühlung oder Heizung ausgestattet werden, die mit Wasser oder Luft arbeitet.

In sehr staubigen Umgebungen muss ggf. zudem ein Druckluftstrom auf das Objektiv gerichtet werden, um Staubansammlungen zu vermeiden.

---

**Vibrationen** Bei Installation der Kamera in rauen Industrieumgebungen sollten bei der Befestigung alle Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden.

Wenn die Kamera starken Vibrationen ausgesetzt ist, müssen die Befestigungsschrauben möglicherweise mit Loctite™ oder einem anderen handelsüblichen Gewindesicherungsmittel gesichert und die Vibrationen durch Montage der Kamera auf einem speziellen Sockel gedämpft werden.

---

**Weitere Informationen** Wenn Sie weitere Informationen zu Montage und Schutzgehäusen benötigen, wenden Sie sich an FLIR Systems.

---

## 9.2 *Aufsetzen und Abnehmen von Objektiven (FLIR A3xxseries)*

### 9.2.1 **Aufsetzen eines zusätzlichen Infrarotobjektivs**

---

**HINWEIS**

Berühren Sie beim Aufsetzen eines Infrarotobjektivs nicht die Objektivoberfläche. Sollten Sie die Objektivoberfläche berührt haben, reinigen Sie das Objektiv gemäß den Anweisungen in Abschnitt 13.2 – Infrarotobjektiv auf Seite 34.

---

**Vorgehensweise**

Gehen Sie folgendermaßen vor, um ein zusätzliches Infrarotobjektiv aufzusetzen:

|          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | Drücken Sie die Entriegelungstaste, um den Objektivring zu entriegeln. Der Objektivring besteht aus Kunststoff und trägt die Kunststoff-Objektivkappe. |
| <b>2</b> | Drehen Sie den Objektivring um 30° gegen den Uhrzeigersinn (Blickwinkel auf die Vorderseite des Objektivs).  |
| <b>3</b> | Nehmen Sie den Objektivring vorsichtig aus dem Bajonettring.   |
| <b>4</b> | Positionieren Sie das Objektiv ordnungsgemäß vor dem Bajonettring.   |
| <b>5</b> | Drücken Sie das Objektiv vorsichtig in die richtige Position.  |
| <b>6</b> | Drehen Sie das Objektiv um 30° im Uhrzeigersinn (von der Vorderseite des Objektivs aus betrachtet).  |

---

## 9.2.2 Entfernen eines zusätzlichen Infrarotobjektivs

### HINWEIS

- Berühren Sie beim Entfernen eines Infrarotobjektivs nicht die Objektivoberfläche. Sollten Sie die Objektivoberfläche berührt haben, reinigen Sie das Objektiv gemäß den Anweisungen in Abschnitt 13.2 – Infrarotobjektiv auf Seite 34.
- Setzen Sie nach Entfernen des Objektivs umgehend die Schutzkappen auf das Objektiv, um es vor Staub und Fingerabdrücken zu schützen.

### Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um ein zusätzliches Infrarotobjektiv zu entfernen:

|          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | Drücken Sie die Entriegelungstaste für das Objektiv, um das Objektiv zu entriegeln.                        |
| <b>2</b> | Drehen Sie das Objektiv um 30° gegen den Uhrzeigersinn (von der Vorderseite des Objektivs aus betrachtet). |
| <b>3</b> | Ziehen Sie das Objektiv vorsichtig aus dem Bajonettring.   |
| <b>4</b> | Positionieren Sie den Objektivring ordnungsgemäß vor dem Bajonettring.                                     |
| <b>5</b> | Setzen Sie den Objektivring vorsichtig ein.  |
| <b>6</b> | Drehen Sie den Objektivring um 30° im Uhrzeigersinn (Blickwinkel auf die Vorderseite des Objektivs).       |

## 9.3 *Aufsetzen und Abnehmen von Objektiven (FLIR A6xx series)*

### 9.3.1 Entfernen eines Infrarotobjektivs

---

**HINWEIS**

- Berühren Sie beim Entfernen eines Infrarotobjektivs nicht die Objektivoberfläche. Sollten Sie die Objektivoberfläche berührt haben, reinigen Sie das Objektiv gemäß den Anweisungen in Abschnitt 13.2 – Infrarotobjektiv auf Seite 34.
  - Setzen Sie nach Entfernen des Objektivs umgehend die Schutzkappen auf das Objektiv, um es vor Staub und Fingerabdrücken zu schützen.
- 

**Vorgehensweise**

Gehen Sie folgendermaßen vor, um ein Infrarotobjektiv abzunehmen:

|          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | Drehen Sie das Objektiv um 30° gegen den Uhrzeigersinn (von der Vorderseite des Objektivs aus betrachtet). |
| <b>2</b> | Ziehen Sie das Objektiv vorsichtig aus dem Bajonettring.   |

---

### 9.3.2 Aufsetzen eines Infrarotobjektivs

#### HINWEIS

Berühren Sie beim Aufsetzen eines Infrarotobjektivs nicht die Objektivoberfläche. Sollten Sie die Objektivoberfläche berührt haben, reinigen Sie das Objektiv gemäß den Anweisungen in Abschnitt 13.2 – Infrarotobjektiv auf Seite 34.

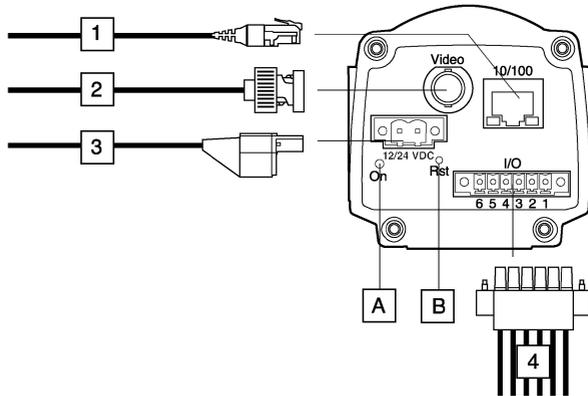
#### Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor, um ein Infrarotobjektiv aufzusetzen:

|          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | Positionieren Sie das Objektiv ordnungsgemäß vor dem Bajonettring.   |
| <b>2</b> | Drücken Sie das Objektiv vorsichtig in die richtige Position.  |
| <b>3</b> | Drehen Sie das Objektiv um 30° im Uhrzeigersinn (Blickwinkel auf die Vorderseite des Objektivs), bis es mit einem Klicken einrastet. |

FLIR Serie A3XX

10769803.a2



## Erläuterung

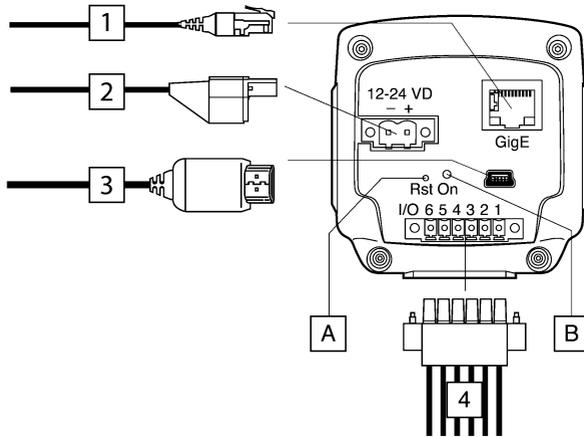
Die folgende Tabelle enthält Informationen zur oben stehenden Abbildung:

|   |   |
|---|---|
| 1 | <p>Netzwerkabel mit RJ45-Stecker für Ethernet™-Verbindung und PoE™ (je nach Kameramodell)</p> <p><b>Hinweis:</b> Mit dieser Kamera sollten nur Ethernet™-Kabel der Spezifikation CAT-6 verwendet werden.</p>  |
| 2 | <p>Videokabel mit BNC-Anschluss für CVBS-Ausgang (FBAS) (je nach Kameramodell)</p>  |
| 3 | <p>Stromversorgungskabel für 12–24 V DC Eingangsspannung</p> <p><b>Hinweis:</b> Der Stromversorgungsanschluss an der Kamera ist verpolungssicher.</p>   |
| 4 | <p>Digitale I/O-Ports, optoisoliert (6-polige Schraubklemme)</p> <p>Steckerkonfiguration:</p> <p><b>1</b> IN 1<br/> <b>2</b> IN 2<br/> <b>3</b> OUT 1<br/> <b>4</b> OUT 2<br/> <b>5</b> I/O +<br/> <b>6</b> I/O –</p> <p>Eine schematische Übersicht der digitalen I/O-Ports finden Sie auf Seite 37.</p> |

| <b>A</b>                           | Netzanzeige<br><b>Hinweis:</b> Die LEDs haben folgende Bedeutung:   |   |             |                                      |                            |                                   |   |                                    |                             |                                    |   |
|------------------------------------|---|---|-------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---|
|                                    | <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Signaltyp</th> <th style="text-align: left;">Erläuterung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Die LED leuchtet durchgängig orange.</td> <td>Die Kamera wird gestartet.</td> </tr> <tr> <td>Die LED leuchtet durchgängig rot.</td> <td>Ein Fehler wurde erkannt. Wenden Sie sich an den Service.</td> </tr> <tr> <td>Die LED leuchtet durchgängig grün.</td> <td>Die Kamera wurde gestartet.</td> </tr> <tr> <td>Die LED blinkt 10 Mal pro Sekunde.</td> <td>Ein Fehler wurde erkannt. Wenden Sie sich an den Service.</td> </tr> </tbody> </table> | Signaltyp   | Erläuterung | Die LED leuchtet durchgängig orange. | Die Kamera wird gestartet. | Die LED leuchtet durchgängig rot. | Ein Fehler wurde erkannt. Wenden Sie sich an den Service. | Die LED leuchtet durchgängig grün. | Die Kamera wurde gestartet. | Die LED blinkt 10 Mal pro Sekunde. | Ein Fehler wurde erkannt. Wenden Sie sich an den Service. |
|                                    | Signaltyp   | Erläuterung   |             |                                      |                            |                                   |   |                                    |                             |                                    |   |
|                                    | Die LED leuchtet durchgängig orange.  | Die Kamera wird gestartet.                                |             |                                      |                            |                                   |   |                                    |                             |                                    |   |
|                                    | Die LED leuchtet durchgängig rot.   | Ein Fehler wurde erkannt. Wenden Sie sich an den Service. |             |                                      |                            |                                   |   |                                    |                             |                                    |   |
| Die LED leuchtet durchgängig grün. | Die Kamera wurde gestartet.   |   |             |                                      |                            |                                   |   |                                    |                             |                                    |   |
| Die LED blinkt 10 Mal pro Sekunde. | Ein Fehler wurde erkannt. Wenden Sie sich an den Service.   |   |             |                                      |                            |                                   |   |                                    |                             |                                    |   |
| <b>B</b>                           | Hardware-Reset-Taste (Zurücksetzen auf Standardeinstellungen)<br>Verwenden Sie eine gerade gebogene Büroklammer oder ein ähnliches Werkzeug, um die Rücksetztaste durch das kleine Loch auf der Kamerarückseite 5 Sekunden lang gedrückt zu halten. Lassen Sie die Taste anschließend wieder los.   |   |             |                                      |                            |                                   |   |                                    |                             |                                    |   |

**HINWEIS**

Kabel für die digitalen I/O-Ports dürfen nicht länger als 100 m sein.



Erläuterung

Die folgende Tabelle enthält Informationen zur oben stehenden Abbildung:

|   |  |
|---|--|
| 1 | <p>Netzwerkkabel mit RJ45-Stecker für Ethernet™-Verbindung und PoE™ (je nach Kameramodell)</p> <p><b>Hinweis:</b> Mit dieser Kamera sollten nur Ethernet™-Kabel der Spezifikation CAT-6 verwendet werden.</p>  |
| 2 | <p>Stromversorgungskabel für 12–24 V DC Eingangsspannung</p> <p><b>Hinweis:</b> Der Stromversorgungsanschluss an der Kamera ist verpolungssicher.</p>  |
| 3 | <p>USB-Kabel mit USB-Mini-B-Stecker zur Steuerung und Bildübertragung</p>  |
| 4 | <p>Digitale I/O-Ports, optoisoliert (6-polige Schraubklemme)</p> <p>Steckerkonfiguration:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 IN 1</li> <li>2 IN 2</li> <li>3 OUT 1</li> <li>4 OUT 2</li> <li>5 I/O +</li> <li>6 I/O –</li> </ul> <p>Eine schematische Übersicht der digitalen I/O-Ports finden Sie auf Seite 37.</p> |
| A | <p>Hardware-Reset-Taste (Zurücksetzen auf Standardeinstellungen)</p> <p>Verwenden Sie eine gerade gebogene Büroklammer oder ein ähnliches Werkzeug, um die Rücksetztaste durch das kleine Loch auf der Kamerarückseite 5 Sekunden lang gedrückt zu halten. Lassen Sie die Taste anschließend wieder los.</p>                   |

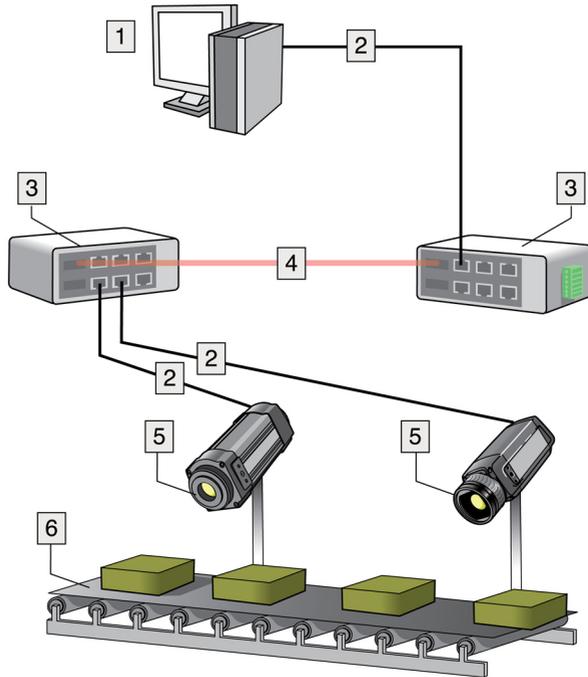
| <b>B</b>                           | Netzanzeige   |   |
|------------------------------------|---|---|
|                                    | <b>Hinweis:</b> Die LEDs haben folgende Bedeutung:        |   |
|                                    | Signaltyp   | Erläuterung   |
|                                    | Die LED leuchtet durchgängig orange.                      | Die Kamera wird gestartet.                                |
|                                    | Die LED leuchtet durchgängig rot.                         | Ein Fehler wurde erkannt. Wenden Sie sich an den Service. |
| Die LED leuchtet durchgängig grün. | Die Kamera wurde gestartet.                               |   |
| Die LED blinkt 10 Mal pro Sekunde. | Ein Fehler wurde erkannt. Wenden Sie sich an den Service. |   |

**HINWEIS**

Kabel für die digitalen I/O-Ports dürfen nicht länger als 100 m sein.

Abbildung

10777403:a3



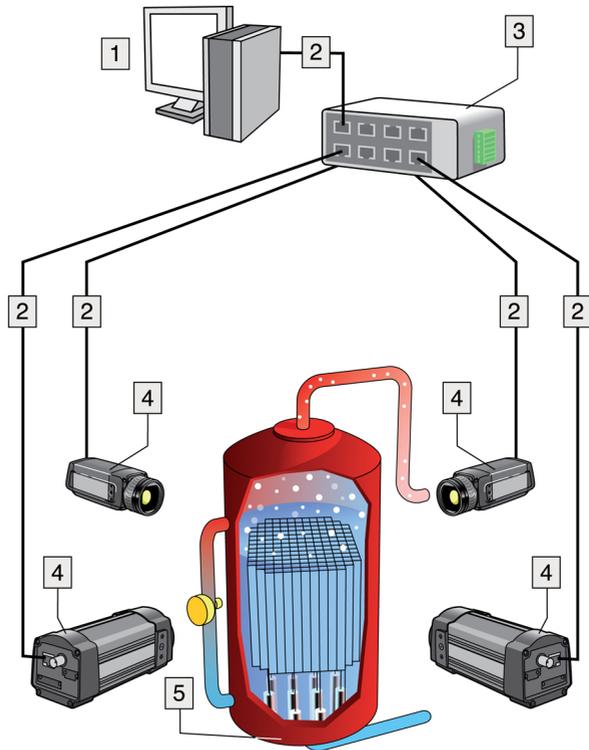
## Erläuterung

Diese Tabelle enthält Informationen zur Abbildung:

|   |   |
|---|---|
| 1 | Computer  |
| 2 | CAT-6 Ethernet™-Kabel mit RJ45-Steckern   |
| 3 | Industrielle Ethernet™-Switches mit Glasfaserschnittstellen                     |
| 4 | Glasfaserkabel  |
| 5 | FLIR Kameras A3XX/A6XX  |
| 6 | Überwachung von Industrieprozessen, z. B. von Gegenständen auf einem Förderband |

Abbildung

10777503.a3



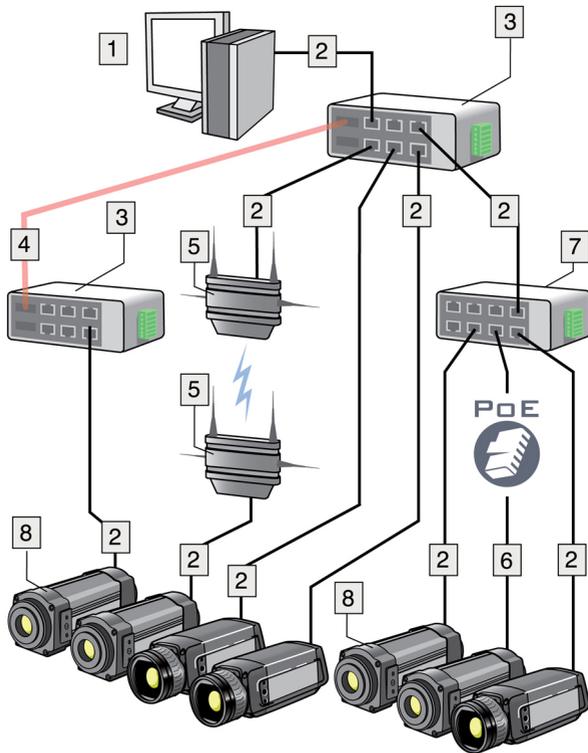
## Erläuterung

Diese Tabelle enthält Informationen zur Abbildung:

|   |   |
|---|---|
| 1 | Computer  |
| 2 | CAT-6 Ethernet™-Kabel mit RJ45-Steckern               |
| 3 | Industrieller Ethernet™-Switch                        |
| 4 | FLIR Kameras A3XX/A6XX                                |
| 5 | Zu überwachender Industrieprozess, z. B. ein Vergaser |

Abbildung

10777603:a4



Erläuterung

Diese Tabelle enthält Informationen zur Abbildung:

|   |  |
|---|--|
| 1 | Computer   |
| 2 | CAT-6 Ethernet™-Kabel mit RJ45-Steckern  |
| 3 | Industrielle Ethernet™-Switches mit Glasfaserschnittstellen  |
| 4 | Glasfaserkabel   |
| 5 | WLAN-Zugangspunkte   |
| 6 | CAT-6 Ethernet™-Kable mit RJ45-Steckern—Stromversorgung der Kamera über PoE (Power over Ethernet™, je nach Kameramodell) |
| 7 | Industrieller Ethernet™-Switch   |
| 8 | FLIR Kameras A3XX/A6XX   |

## Anwendungsbe- reich

Dieser Abschnitt gilt für die folgenden Kameramodelle:

- FLIR A320 (30 Hz) Tempscreen
- FLIR A320 (9 Hz) Tempscreen

## Beschreibung der Funktion

Mit der Überprüfungsfunktion können Sie die Gesichtstemperatur von mehreren Personen überprüfen und ermitteln, ob diese oberhalb einer festgelegten Referenztemperatur liegt.

Wenn eine erhöhte Temperatur entdeckt wird, löst die Kamera einen sichtbaren und/oder hörbaren Alarm aus.

## HINWEIS

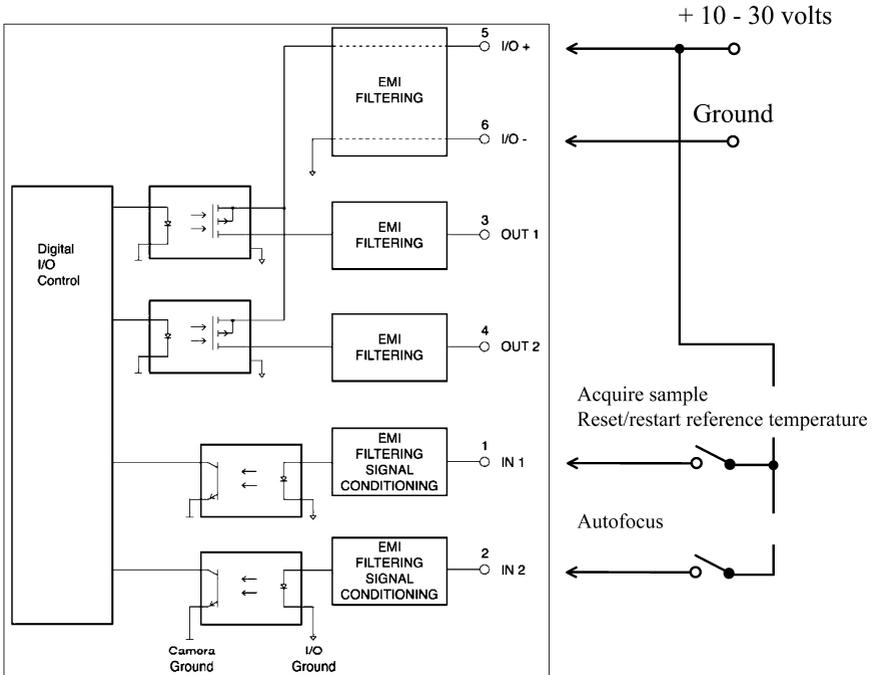
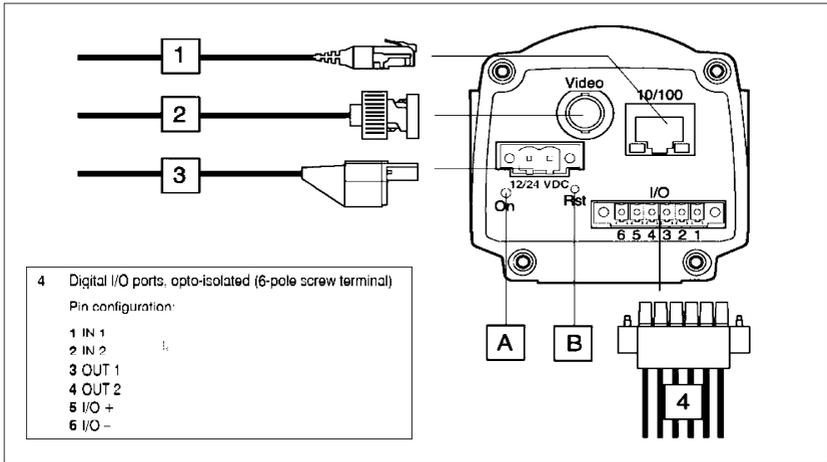
- Sie können die Temperaturabweichung von 2°C/3,6°F (nachstehend beschrieben) über die Registerkarte **Screening** in FLIR IR Monitor ändern. (FLIR IR Monitor ist in ThermoVision™ System Tools & Utilities 1.5.1 HF2 (1.5.1.16) enthalten.) HF2 kann unter der Adresse <http://support.flir.com> heruntergeladen werden.
- Die Kamera muss mindestens 30 Minuten lang in Betrieb sein, bevor Sie Messungen durchführen können.
- Der Abstand zum Gesicht sollte so gewählt werden, dass das Gesicht mehr als 75 % der Bildbreite ausfüllt.

## Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

|          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | Verbinden Sie die Kamera mit einem Videomonitor.   |
| <b>2</b> | Schließen Sie die Kamera an die Stromversorgung an.  |
| <b>3</b> | Schließen Sie den Port IN 1 über Kabel und einen Schließerschalter an +10–30 VDC an.   |
| <b>4</b> | Richten Sie die Kamera nun auf ein Gesicht (auf den inneren Augenwinkel) mit einer vermutlich normalen Temperatur. Schließen Sie den Schalter kürzer als zwei Sekunden, um eine Temperaturmessung zu erfassen. Wiederholen Sie diesen Vorgang bei mindestens 10 Gesichtern mit vermutlich normaler Temperatur. Sie haben nun die Referenztemperatur festgelegt. Wenn Sie die Erfassung der Referenztemperatur neu starten oder diese zurücksetzen möchten, schließen Sie den Schalter länger als zwei Sekunden. Einzelheiten zur Einrichtung können Sie der schematischen Zeichnung auf der folgenden Seite entnehmen. |
| <b>5</b> | Sie können nun mit der Überprüfung beginnen. Richten Sie die Kamera auf die Gesichter (auf den inneren Augenwinkel) der Personen, deren Gesichtstemperatur Sie überprüfen möchten. Wenn die Gesichtstemperatur einer Person mehr als 2°C über der Referenztemperatur liegt, wird ein Alarm ausgelöst.  |

# Screening of elevated facial temperatures using FLIR A320



---

# 13

# Reinigen der Kamera

## 13.1

## *Kameragehäuse, Kabel und weitere Teile*

---

### Flüssigkeiten

Verwenden Sie eine der folgenden Flüssigkeiten:

- Warmes Wasser
  - Milde Reinigungslösung
- 

### Ausrüstung

Ein weiches Tuch

---

### Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

|          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | Tränken Sie das Tuch in der Flüssigkeit.                             |
| <b>2</b> | Wringen Sie das Tuch aus, um überschüssige Flüssigkeit zu entfernen. |
| <b>3</b> | Reinigen Sie das Teil mit dem Tuch.                                  |

---

### VORSICHT

Verwenden Sie niemals Verdünnungsmittel oder ähnliche Flüssigkeiten für Kamera, Kabel oder Zubehör. Dies könnte zu Beschädigungen führen.

---

## 13.2 Infrarotobjektiv

---

- Flüssigkeiten** Verwenden Sie eine der folgenden Flüssigkeiten:
- 96 % Ethylalkohol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)
  - DEE (= 'Ether' = Diethylether, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O).
  - 50 % Aceton (= Dimethylketone, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO)) und 50 % Ethylalkohol (nach Volumen). Diese Flüssigkeit verhindert Trockenflecken auf dem Objektiv.
- 

**Ausrüstung** Watte

---

**Vorgehensweise** Gehen Sie folgendermaßen vor:

|          |   |
|----------|---|
| <b>1</b> | Tränken Sie die Watte in der Flüssigkeit.                             |
| <b>2</b> | Drücken Sie die Watte aus, um überschüssige Flüssigkeit zu entfernen. |
| <b>3</b> | Reinigen Sie das Objektiv nur einmal, und werfen Sie die Watte weg.   |

---

**WARNUNG** Lesen Sie unbedingt alle entsprechenden MSDS (Material Safety Data Sheets, Sicherheitsdatenblätter) und Warnhinweise auf den Behältern durch, bevor Sie eine Flüssigkeit verwenden: Flüssigkeiten können gefährlich sein.

---

**VORSICHT**

- Gehen Sie bei der Reinigung des Infrarotobjektivs behutsam vor. Das Objektiv ist mittels einer Beschichtung entspiegelt, die sehr empfindlich ist.
- Reinigen Sie das Infrarotobjektiv sehr vorsichtig, da andernfalls die Entspiegelung Schaden nehmen könnte.

---

## 13.3 Infrarotdetektor

**Allgemein** Selbst geringe Staubmengen auf dem Infrarotdetektor können zu schwerwiegenden Bildfehlern führen. Befolgen Sie nachstehende Anweisungen, um alle Staubpartikel vom Detektor zu entfernen.

**HINWEIS**

- Dieser Abschnitt ist nur für Kameras relevant, bei denen der Infrarotdetektor durch die Entfernung des Objektivs freigelegt wird.
- In manchen Fällen können Sie den Staub auch mithilfe dieser Anweisungen nicht entfernen. Der Infrarotdetektor muss dann mechanisch gesäubert werden. Diese mechanische Reinigung muss von einem autorisierten Servicepartner vorgenommen werden.

**VORSICHT** Verwenden Sie für Schritt 2 dieser Anleitung keine Druckluft aus Druckluftkreisläufen, wie sie beispielsweise in Werkstätten gebräuchlich sind. Diese Luft wird zumeist mit einem Önebel angereichert, der pneumatische Werkzeuge schmiert.

**Vorgehensweise** Gehen Sie folgendermaßen vor:

|          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | Entfernen Sie das Objektiv von der Kamera.   |
| <b>2</b> | Entfernen Sie den Staub mithilfe von Druckluft. Hierzu eignet sich beispielsweise ein Druckluft-Spray. |

---

# 14 Technische Daten

Die technischen Daten finden Sie in den Datenblättern der Benutzerdokumentation auf der im Lieferumfang enthaltenen CD-ROM.

Datenblätter finden Sie auch unter <http://support.flir.com>.

---

# 15

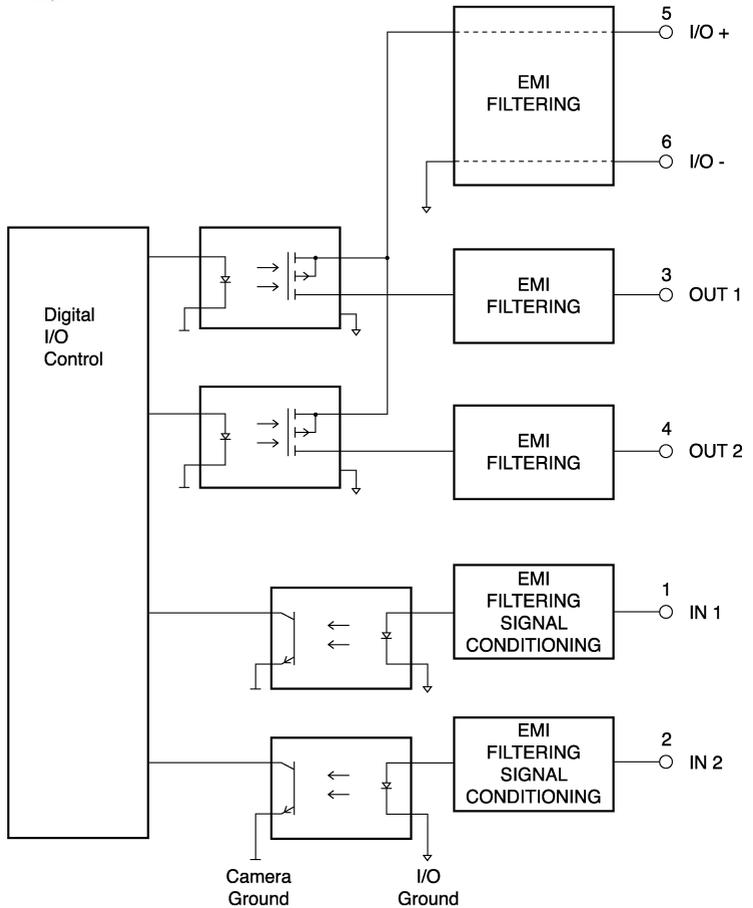
# Steckerkonfigurationen

Steckerkonfiguration für den I/O-Anschluss

| Pin | Konfiguration |
|-----|---------------|
| 1   | IN 1          |
| 2   | IN 2          |
| 3   | OUT 1         |
| 4   | OUT 2         |
| 5   | I/O +         |
| 6   | I/O -         |

Schematische  
Übersicht der  
digitalen I/O-Ports

10771603.a1



---

# 16

# Technische Zeichnungen

## 16.1

## *FLIR A3xxseries*

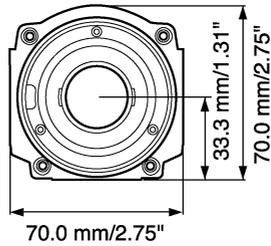
### 16.1.1

### Kameraabmessungen (Frontansicht)

---

Abbildung

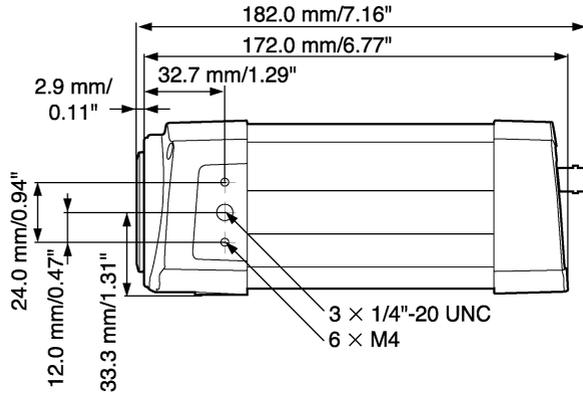
10770303.a1



## 16.1.2 Kameraabmessungen (seitliche Ansicht)

Abbildung

10770403.a1



### HINWEIS

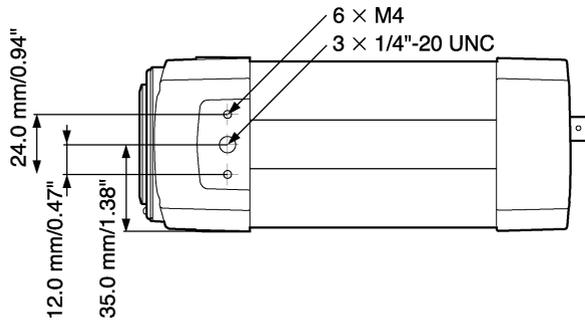
Der BNC-Anschluss auf der Kamerarückseite ist nur bei bestimmten Kameramodellen vorhanden.

## 16.1.3

## Kameraabmessungen (Ansicht von unten)

Abbildung

10770503.a1



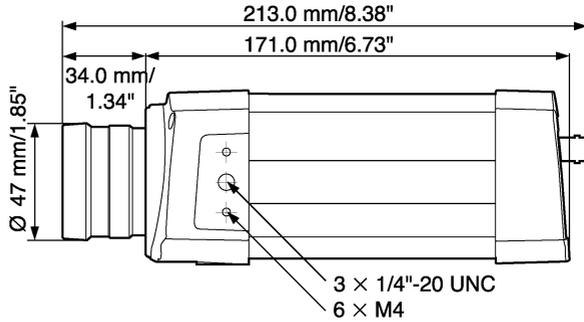
## HINWEIS

Der BNC-Anschluss auf der Kamerarückseite ist nur bei bestimmten Kameramodellen vorhanden.

### 16.1.4 Kameraabmessungen (mit 10-mm-/45°-Objektiv)

Abbildung

10770603.a1



#### HINWEIS

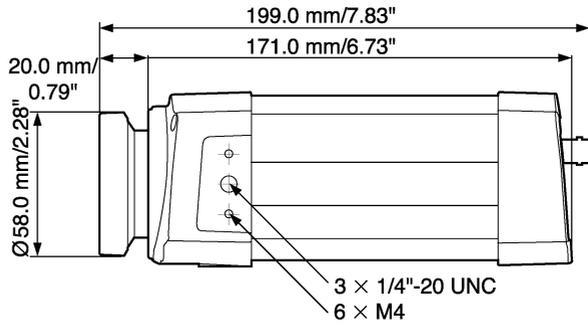
Der BNC-Anschluss auf der Kamerarückseite ist nur bei bestimmten Kameramodellen vorhanden.

## 16.1.5

## Kameraabmessungen (mit 30-mm-/15°-Objektiv)

Abbildung

10770703.a1



## HINWEIS

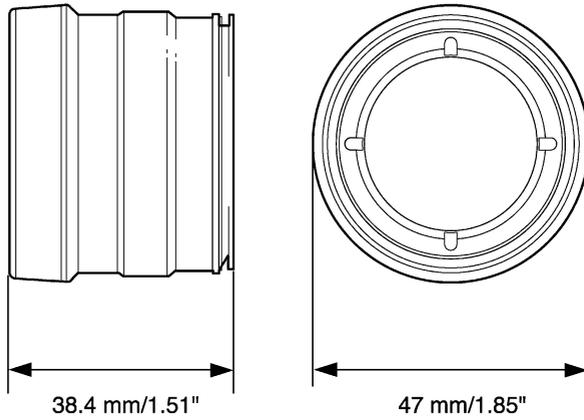
Der BNC-Anschluss auf der Kamerarückseite ist nur bei bestimmten Kameramodellen vorhanden.

16.1.6 Infrarotobjektiv (10 mm/45°)

---

Abbildung

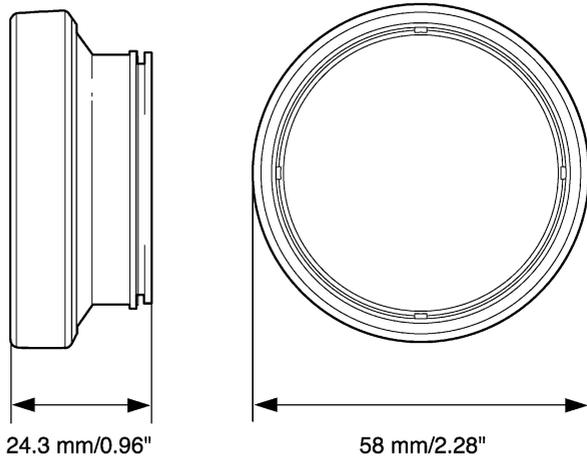
10762403:a1



16.1.7 Infrarotobjektiv (30 mm/15°)

Abbildung

10762503.a1



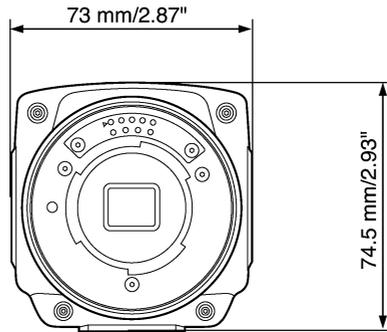
## 16.2 FLIR A6xx series

### 16.2.1 Kameraabmessungen (Frontansicht, ohne Objektiv)

---

Abbildung

T638548,a1

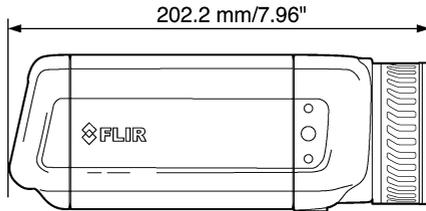


16.2.2

Kameraabmessungen (seitliche Ansicht, ohne Objektiv)

Abbildung

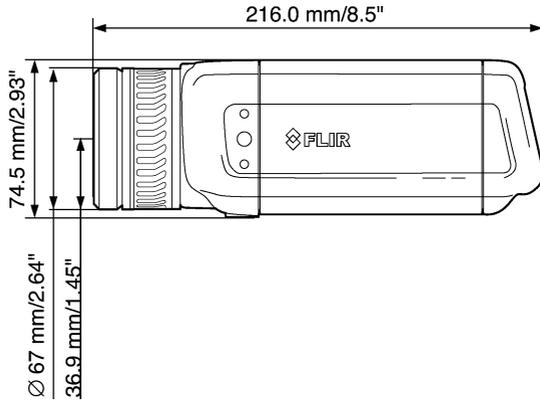
T638546.a1



16.2.3 Kameraabmessungen (seitliche Ansicht, mit 24,5-mm-/25°-Objektiv)

Abbildung

T638545,a1

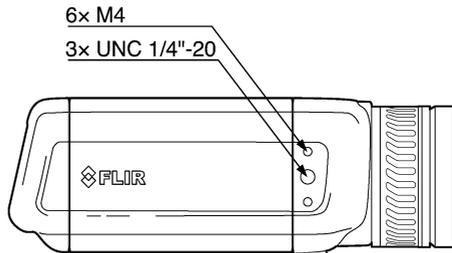


16.2.4

Spezifikation der Befestigungsplatten, Nr. 1

Abbildung

T638550,a1

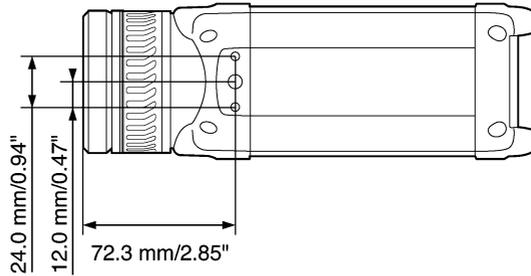


16.2.5

Spezifikation der Befestigungsplatten, Nr. 2

Abbildung

T638544;a1

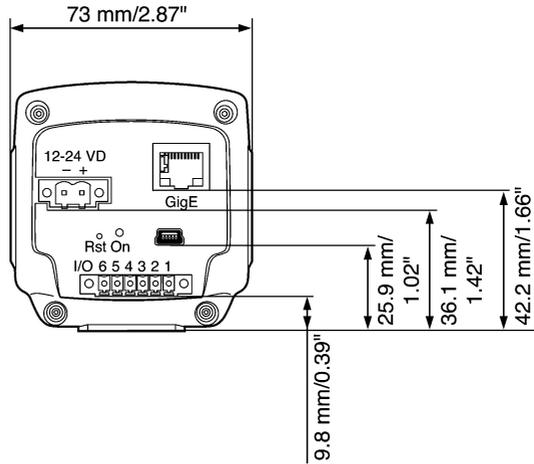


## 16.2.6

## Kameraabmessungen (Rückansicht)

Abbildung

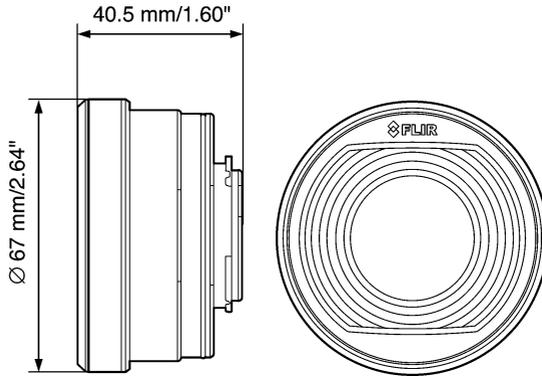
T638547;a1



16.2.7 Infrarotobjektiv (24,5 mm/25°)

Abbildung

T638549,a1





FLIR Systems besitzt drei Produktionsstätten in den USA (Portland, Boston und Santa Barbara) und eine in Schweden (Stockholm). Seit dem Jahr 2007 gibt es einen weiteren Produktionsstandort in Tallinn in Estland. Niederlassungen mit Direktvertrieb in Belgien, Brasilien, China, Frankreich, Deutschland, Großbritannien, Hongkong, Italien, Japan, Korea, Schweden und den USA sowie ein weltweites Netzwerk aus Vertretern und Vertriebshändlern sind Ansprechpartner für unsere Kunden aus aller Welt.

FLIR Systems übernimmt eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung neuer Infrarottechnologien. Wir greifen der Marktnachfrage vor, indem wir vorhandene Kameras verbessern und neue entwickeln. Das Unternehmen hat bei Produktdesign und Entwicklung stets eine führende Rolle eingenommen, wie beispielsweise bei der Markteinführung der ersten batteriebetriebenen tragbaren Kamera für Industrieüberwachungen und der ersten Infrarotkamera ohne Kühlsystem.

10722703:a2



**Abbildung 17.2 LINKS:** Modell 661 der Thermovision® aus dem Jahr 1969. Die Kamera wog ca. 25 kg, das Oszilloskop 20 kg und das Stativ 15 kg. Für den Betrieb wurden darüber hinaus ein 220-Volt-Generator und ein 10-Liter-Gefäß mit flüssigem Stickstoff benötigt. Links neben dem Oszilloskop ist der Polaroid-Aufsatz (6 kg) zu erkennen. **RECHTS:** Die FLIR i7 aus dem Jahr 2009. Gewicht: 0,34 kg einschließlich Akku.

FLIR Systems stellt alle zentralen mechanischen und elektronischen Komponenten der Kamerasysteme selbst her. Von Design und Herstellung der Detektoren über Objektive und Systemelektronik bis hin zu Funktionstests und Kalibrierung werden alle Produktionsschritte von unseren Ingenieuren durchgeführt und überwacht. Die genauen Kenntnisse dieses Fachpersonals gewährleisten die Genauigkeit und Zuverlässigkeit aller zentraler Komponenten, aus denen Ihre Infrarotkamera besteht.

## **17.1**            *Mehr als nur eine Infrarotkamera*

Wir von FLIR Systems haben erkannt, dass es nicht ausreicht, nur die besten Infrarotkameras herzustellen. Wir möchten allen Benutzern unserer Infrarotkameras ein produktiveres Arbeiten ermöglichen, indem wir leistungsfähige Kameras mit entsprechender Software kombinieren. Wir entwickeln Software, die genau auf die Bedürfnisse von F & E, vorbeugender Instandhaltung und Prozessüberwachung zugeschnitten ist. Ein Großteil der Software steht in mehreren Sprachen zur Verfügung.

Wir bieten für alle Infrarotkameras ein umfassendes Sortiment an Zubehörteilen, so dass Sie Ihre Ausrüstung auch an anspruchsvolle Einsätze anpassen können.

## **17.2**            *Weitere Informationen*

Obwohl sich unsere Kameras durch hohe Benutzerfreundlichkeit auszeichnen, gehört zur Thermografie mehr als nur das Wissen, wie man eine Kamera bedient. Daher hat FLIR Systems das Infrared Training Center (ITC) gegründet, einen eigenständigen Geschäftsbereich, der zertifizierte Schulungen anbietet. Durch die Teilnahme an ITC-Kursen können Sie sich praxisorientiert weiterbilden.

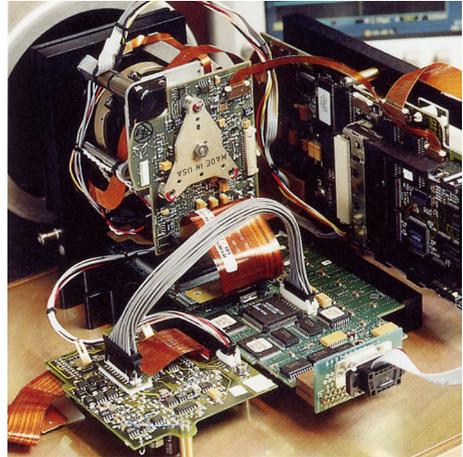
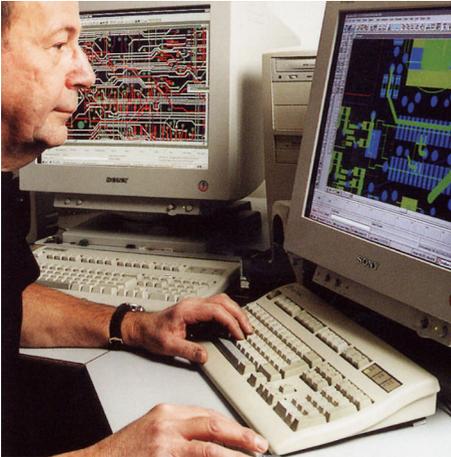
Die Mitglieder des ITC unterstützen Sie auch bei allen Fragen und Problemen, die beim Umsetzen der Theorie in die Praxis auftreten können.

## **17.3**            *Support für Kunden*

FLIR Systems bietet ein weltweites Service-Netzwerk, um den unterbrechungsfreien Betrieb Ihrer Kamera zu gewährleisten. Bei Problemen mit Ihrer Kamera verfügen die lokalen Service-Zentren über die entsprechende Ausstattung und Erfahrung, um die Probleme innerhalb kürzester Zeit zu lösen. Sie müssen Ihre Kamera also nicht rund um den Globus schicken oder mit einem Mitarbeiter sprechen, der nicht Ihre Sprache spricht.

## 17.4 Bilder

10401303.a1



**Abbildung 17.3 LINKS:** Entwicklung der Systemelektronik **RECHTS:** FPA-Detektortest

10401403.a1



**Abbildung 17.4 LINKS:** Diamantdrehmaschine **RECHTS:** Schleifen eines Objektivs

10401503.a1



**Abbildung 17.5 LINKS:** Testen von Infrarotkameras in der Klimakammer; **RECHTS:** Roboter zum Testen und Kalibrieren von Kameras

# 18 Glossar

| Begriff oder Ausdruck                              | Erläuterung   |
|--|---|
| Absorption (Absorptionsgrad)                       | Das Verhältnis der von einem Objekt absorbierten Strahlung zur auftreffenden Strahlung. Eine Zahl zwischen 0 und 1.                             |
| Angenommene Transmission (geschätzte Transmission) | Ein von einem Benutzer angegebener Wert für die Transmission, der einen berechneten Wert ersetzt.   |
| Atmosphäre   | Die Gase, die sich zwischen dem Messobjekt und der Kamera befinden, in der Regel handelt es sich um Luft.                                       |
| Auto. Farben                                       | Das Infrarotbild zeigt eine unregelmäßige Farbverteilung an, mit der kalte und warme Objekte gleichzeitig angezeigt werden.                     |
| Automatische Einstellung                           | Eine Funktion, mit der die Kamera eine interne Bildkorrektur durchführt.  |
| Berechnete Transmission                            | Ein aus der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und dem Abstand zum Objekt errechneter Wert für die Transmission.                        |
| Bildkorrektur (intern/extern)                      | Eine Funktion zum Ausgleich der unterschiedlichen Empfindlichkeit in verschiedenen Teilen von Live-Bildern sowie zur Stabilisierung der Kamera. |
| Doppelisotherme                                    | Eine Isotherme mit zwei Farbbändern an Stelle von einem.  |
| Emission (Emissionsgrad)                           | Die von einem Objekt ausgehende Strahlung im Vergleich zu der eines Schwarzen Körpers. Eine Zahl zwischen 0 und 1.                              |
| Externe Optik                                      | Zusätzliche Objektive, Filter, Wärmeschilde usw., die zwischen der Kamera und dem Messobjekt platziert werden können.                           |
| Farbtemperatur                                     | Die Temperatur, bei der die Farbe eines Schwarzen Körpers einer bestimmten Farbe entspricht.  |
| Filter   | Material, das nur für bestimmte Infrarot-Wellenlängen durchlässig ist.  |
| FPA  | Focal Plane Array: Ein Infrarotdetektortyp.   |
| Grauer Körper                                      | Ein Objekt, das einen bestimmten Anteil der Energiemenge eines Schwarzen Körpers für jede Wellenlänge abgibt.                                   |
| Hohlraumstrahler                                   | Ein flaschenförmiger Strahler mit absorbierenden Innenwänden, der über den "Flaschenhals" einsehbar ist.  |
| IFOV   | Momentaner Sehwinkel: Ein Maß für die geometrische Auflösung einer Infrarotkamera.  |
| Infrarot   | Unsichtbare Strahlung mit einer Wellenlänge von 2 – 13 $\mu\text{m}$ .  |
| IR   | Infrarot  |

| Begriff oder Ausdruck               | Erläuterung   |
|-------------------------------------|---|
| Isotherme                           | Eine Funktion, mit der die Teile eines Bildes hervorgehoben werden, die über, unter oder zwischen einem oder mehreren Temperaturintervallen liegen.   |
| Isothermer Hohlraum                 | Ein flaschenförmiger Strahler mit einheitlicher Temperatur, der über den "Flaschenhals" einsehbar ist.  |
| Laser LocatIR                       | Eine elektrische Lichtquelle an der Kamera, die Laserstrahlung in Form eines dünnen, gebündelten Strahls abgibt, der auf bestimmte Teile des Messobjekts vor der Kamera gerichtet ist.  |
| Laserpointer                        | Eine elektrische Lichtquelle an der Kamera, die Laserstrahlung in Form eines dünnen, gebündelten Strahls abgibt, der auf bestimmte Teile des Messobjekts vor der Kamera gerichtet ist.  |
| Level                               | Der Zentralwert der Temperaturskala, wird in der Regel als Signalwert ausgedrückt.  |
| Manuelle Einstellung                | Eine Methode zur Anpassung des Bildes durch manuelles Ändern bestimmter Parameter.  |
| Messbereich                         | Der aktuelle Temperaturmessbereich einer Infrarotkamera. Kameras können über mehrere Bereiche verfügen. Sie werden mit Hilfe von zwei Schwarzkörpertemperaturwerten angegeben, die als Grenzwerte für die aktuelle Kalibrierung dienen. |
| NETD                                | Rauschäquivalente Temperaturdifferenz. Ein Maß für das Bildrauschen einer Infrarotkamera.   |
| Objektparameter                     | Eine Reihe von Werten, mit denen die Bedingungen, unter denen die Messungen durchgeführt werden, sowie das Messobjekt selbst beschrieben werden (z. B. Emission, reflektierte scheinbare Temperatur, Abstand).                          |
| Objektsignal                        | Ein unkalibrierter Wert, der sich auf die Strahlungsmenge bezieht, die die Kamera von dem Messobjekt empfängt.  |
| Palette                             | Die zur Anzeige eines Infrarotbildes verwendeten Farben.  |
| Pixel                               | Synonym für <i>Bildelement</i> . Ein einzelner Bildpunkt in einem Bild.   |
| Rauschen                            | Unerwünschte geringfügige Störung im Infrarotbild.  |
| Referenztemperatur                  | Eine Temperatur, mit der die regulären Messwerte verglichen werden können.  |
| Reflexionsgrad (Reflexionsvermögen) | Das Verhältnis der von einem Objekt reflektierten Strahlung zur auftreffenden Strahlung. Eine Zahl zwischen 0 und 1.  |
| Relative Luftfeuchtigkeit           | Die relative Luftfeuchtigkeit ist das prozentuale Verhältnis zwischen der momentanen Wasserdampfmasse in der Luft und der maximalen Masse, die unter Sättigungsbedingungen enthalten sein kann.   |

| Begriff oder Ausdruck              | Erläuterung  |
|------------------------------------|--|
| Sättigungsfarbe                    | Bereiche, deren Temperaturen außerhalb der aktuellen Einstellungen für Level/Span liegen, werden mit den Sättigungsfarben dargestellt. Die Sättigungsfarben umfassen eine Farbe für die Überschreitung und eine für die Unterschreitung der Werte. Hinzu kommt eine dritte Sättigungsfarbe (Rot), die den gesamten Sättigungsbereich markiert und darauf hinweist, dass der Bereich wahrscheinlich geändert werden sollte. |
| Schwarzer Körper                   | Objekt mit einem Reflexionsgrad von Null. Jegliche Strahlung ist auf seine eigene Temperatur zurückzuführen.   |
| Schwarzkörper-Strahler             | Ein Infrarotstrahler mit den Eigenschaften eines Schwarzen Körpers, der zum Kalibrieren von Infrarotkameras eingesetzt wird.   |
| Sichtfeld                          | Sehwinkel (Field of view): Der horizontale Betrachtungswinkel eines Infrarotobjektivs.   |
| Span                               | Das Intervall der Temperaturskala, wird in der Regel als Signalwert ausgedrückt.   |
| Spektrale spezifische Ausstrahlung | Von einem Objekt abgegebene Energiemenge bezogen auf Zeit, Fläche und Wellenlänge ( $W/m^2/\mu m$ ).   |
| Spezifische Ausstrahlung           | Von einem Objekt abgegebene Energiemenge pro Zeit- und Flächeneinheit ( $W/m^2$ ).   |
| Strahler                           | Ein Infrarotstrahler.  |
| Strahlung                          | Von einem Objekt abgegebene Energiemenge bezogen auf Zeit, Fläche und Raumwinkel ( $W/m^2/sr$ ).   |
| Strahlung                          | Vorgang, bei dem elektromagnetische Energie durch einen Festkörper oder ein Gas abgegeben wird.  |
| Strahlungsfluss                    | Von einem Objekt abgegebene Energiemenge pro Zeiteinheit ( $W$ ).  |
| Stufenlose Anpassung               | Eine Funktion, über die das Bild eingestellt wird. Diese Funktion passt die Helligkeit und den Kontrast fortlaufend dem Bildinhalt entsprechend an.  |
| Tageslicht                         | Bezeichnet den Videomodus einer Infrarotkamera im Gegensatz zum normalen thermografischen Modus. Im Videomodus zeichnet die Kamera herkömmliche Videobilder auf, während sie im Infrarotmodus Wärmebilder aufzeichnet.   |
| Temperaturdifferenz                | Ein Wert, der durch die Subtraktion zweier Temperaturwerte berechnet wird.   |

| <b>Begriff oder Ausdruck</b>     | <b>Erläuterung</b>  |
|----------------------------------|---|
| Temperaturmessbereich            | Der aktuelle Temperaturmessbereich einer Infrarotkamera. Kameras können über mehrere Bereiche verfügen. Sie werden mit Hilfe von zwei Schwarzkörpertemperaturwerten angegeben, die als Grenzwerte für die aktuelle Kalibrierung dienen. |
| Temperaturskala                  | Die aktuelle Anzeigart eines Infrarotbildes. Wird mit Hilfe von zwei Temperaturwerten angegeben, die die Farben abgrenzen.  |
| Thermogramm                      | Ein Infrarotbild.   |
| Transmission (Transmissionsgrad) | Gase und Festkörper sind verschieden durchlässig. Die Transmission gibt die Menge der Infrarotstrahlung an, die sie durchlassen. Eine Zahl zwischen 0 und 1.  |
| Transparente Isotherme           | Eine Isotherme, bei der an Stelle der hervorgehobenen Teile des Bildes eine lineare Farbverteilung angezeigt wird.  |
| Umgebung                         | Objekte und Gase, die Strahlung an das Messobjekt abgeben.  |
| Wärmeleitung                     | Der Vorgang, bei dem sich Wärme in einem Material ausbreitet.   |
| Wärmeübergang (Konvektion)       | Konvektion ist ein Wärmeübergangsmodus, bei dem eine Flüssigkeit durch Gravität oder eine andere Kraft in Bewegung gebracht wird und so Wärme von einem Ort auf den anderen überträgt.  |

---

# 19 Thermografische Messtechniken

## 19.1 *Einleitung*

Eine Infrarotkamera misst die von einem Objekt abgegebene Infrarotstrahlung und bildet sie ab. Da die Infrarotstrahlung eine Funktion der Oberflächentemperatur eines Objekts ist, kann die Kamera diese Temperatur berechnen und darstellen.

Die von der Kamera gemessene Strahlung hängt jedoch nicht nur von der Temperatur des Objekts, sondern auch vom Emissionsgrad ab. Auch aus der Umgebung des Objekts stammt Strahlung, die im Objekt reflektiert wird. Die Strahlung des Objekts und die reflektierte Strahlung werden auch von der Absorption der Atmosphäre beeinflusst.

Um Temperaturen messen zu können, müssen die Auswirkungen verschiedener Strahlungsquellen kompensiert werden. Dies wird von der Kamera automatisch durchgeführt. Der Kamera müssen jedoch die folgenden Objektparameter übermittelt werden:

- Der Emissionsgrad des Objekts
- Die reflektierte scheinbare Temperatur
- Der Abstand zwischen Objekt und Kamera
- Die relative Luftfeuchtigkeit
- Die Atmosphärentemperatur

## 19.2 *Emissionsgrad*

Der Objektparameter, bei dem eine richtige Einstellung am wichtigsten ist, ist der Emissionsgrad. Dieser Wert gibt an, wie viel Strahlung das Objekt im Vergleich zu einem völlig schwarzen Objekt abgibt.

In der Regel gelten für Objektwerkstoffe und Oberflächenbeschichtungen Emissionsgrade von etwa 0,1 bis 0,95. Der Emissionsgrad einer hochpolierten Oberfläche (Spiegel) liegt unter 0,1, während eine oxidierte oder gestrichene Oberfläche einen höheren Emissionsgrad aufweist. Ölfarbe hat unabhängig von der Farbe im sichtbaren Spektrum im Infrarotbereich einen Emissionsgrad von über 0,9. Der Emissionsgrad der menschlichen Haut liegt zwischen 0,97 und 0,98.

Nicht oxidierte Metalle stellen einen Extremfall für perfekte Opazität und hohe Reflexivität dar, die sich mit der Wellenlänge kaum verändert. Daher ist der Emissionsgrad von Metallen niedrig und steigt lediglich mit der Temperatur an. Bei Nichtmetallen ist der Emissionsgrad im Allgemeinen höher und nimmt mit sinkender Temperatur ab.

## 19.2.1 Ermitteln des Emissionsgrades eines Objekts

### 19.2.1.1 Schritt 1: Bestimmen der reflektierten Strahlungstemperatur

Die reflektierte scheinbare Temperatur können Sie mit einer der folgenden Methoden bestimmen:

#### 19.2.1.1.1 Methode 1: Direkte Methode

- 1 Suchen Sie nach möglichen Reflektionsquellen und beachten Sie hierbei Folgendes: Einfallswinkel = Reflektionswinkel ( $a = b$ ).

10588903;a1

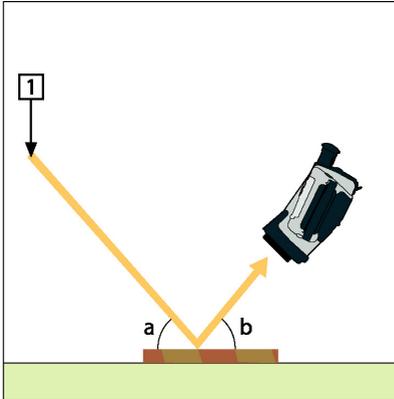


Abbildung 19.1 1 = Reflektionsquelle

- 2 Wenn es sich bei der Reflektionsquelle um einen Punkt handelt, verdecken Sie sie mit einem Stück Karton.

10589103;a2

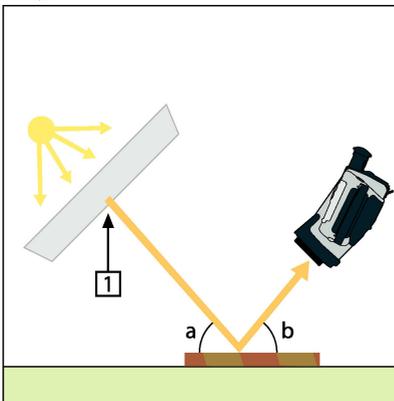


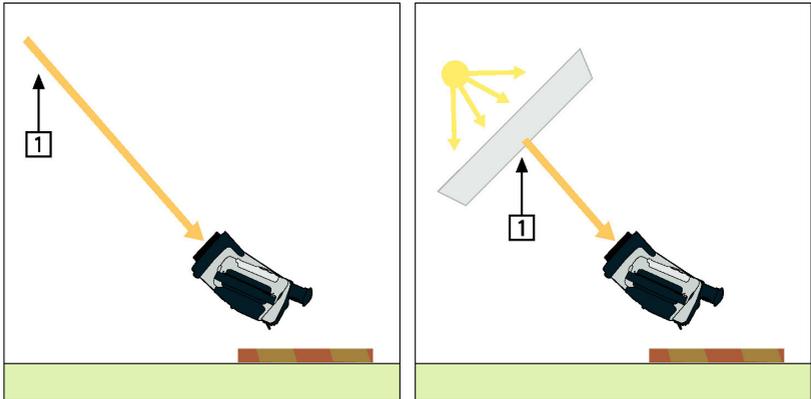
Abbildung 19.2 1 = Reflektionsquelle

**3** Messen Sie die Intensität der von der Reflektionsquelle ausgehenden Strahlung (= scheinbare Temperatur) unter Verwendung der folgenden Einstellungen:

- Emissionsgrad: 1,0
- $D_{obj}$ : 0

Sie können die Intensität der Strahlung mit einer der folgenden beiden Methoden ermitteln:

10589003:a2



**Abbildung 19.3** 1 = Reflektionsquelle

**Hinweis:** Von der Verwendung eines Thermoelements zur Ermittlung der reflektierten scheinbaren Temperatur wird abgeraten. Dies hat zwei wichtige Gründe:

- Ein Thermoelement misst nicht die Strahlungsintensität.
- Die Verwendung eines Thermoelements erfordert einen sehr guten thermischen Oberflächenkontakt. Dies wird in der Regel durch Kleben und Abdecken des Sensors mit einem thermischen Isolator erzielt.

#### 19.2.1.1.2 Methode 2: Reflektormethode

|   |   |
|---|---|
| 1 | Knüllen Sie ein großes Stück Aluminiumfolie zusammen.   |
| 2 | Streichen Sie die Aluminiumfolie wieder glatt und befestigen Sie sie an einem Stück Karton mit derselben Größe.   |
| 3 | Platzieren Sie den Karton vor dem Objekt, an dem Sie die Messung durchführen möchten. Die Seite, an der die Aluminiumfolie befestigt ist, muss zur Kamera zeigen. |
| 4 | Stellen Sie als Emissionsgrad 1,0 ein.  |

- 5 Messen Sie die scheinbare Temperatur der Aluminiumfolie und notieren Sie sie.

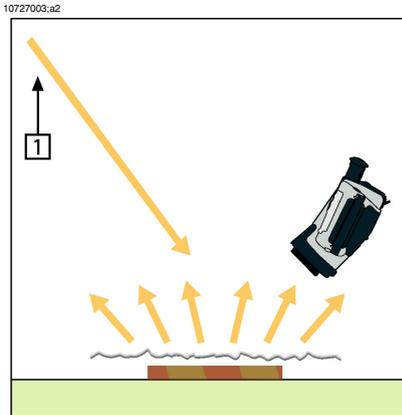


Abbildung 19.4 Messen der scheinbaren Temperatur der Aluminiumfolie

### 19.2.1.2 Schritt 2: Ermitteln des Emissionsgrades

|    |  |
|----|--|
| 1  | Wählen Sie die Stelle aus, an der das Messobjekt platziert werden soll.  |
| 2  | Ermitteln Sie die reflektierte Strahlungstemperatur und stellen Sie sie ein. Gehen Sie hierbei wie oben angegeben vor.   |
| 3  | Kleben Sie ein Stück Isolierband mit bekanntem, hohem Emissionsgrad auf das Objekt.  |
| 4  | Erwärmen Sie das Objekt auf mindestens 20 K über Raumtemperatur. Die Erwärmung muss gleichmäßig erfolgen.  |
| 5  | Stellen Sie den Fokus ein, verwenden Sie die automatische Abgleichfunktion der Kamera und erzeugen Sie ein Standbild.  |
| 6  | Stellen Sie Level und Span ein, um optimale Bildhelligkeit und Kontrast zu erzielen.   |
| 7  | Stellen Sie den Emissionsgrad des Isolierbandes ein (in der Regel 0,97).   |
| 8  | Messen Sie die Temperatur des Bandes mit Hilfe einer der folgenden Messfunktionen: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Isotherme (Hiermit können Sie feststellen, wie hoch die Temperatur ist und wie gleichmäßig das Messobjekt erwärmt wurde.)</li> <li>■ Messpunkt (einfacher)</li> <li>■ Rechteck Mitte (besonders geeignet für Oberflächen mit variierendem Emissionsgrad).</li> </ul> |
| 9  | Notieren Sie die Temperatur.   |
| 10 | Verschieben Sie Ihre Messfunktion zur Objektoberfläche.  |
| 11 | Ändern Sie die Emissionsgradeinstellung, bis Sie dieselbe Temperatur wie bei Ihrer letzten Messung ablesen.  |
| 12 | Notieren Sie den Emissionsgrad.  |

### **Hinweis:**

- Vermeiden Sie eine erzwungene Konvektion.
- Suchen Sie nach einer Umgebung mit stabiler Temperatur, in der keine punktförmigen Reflektionen entstehen können.
- Verwenden Sie hochwertiges, nicht transparentes Band mit einem bekannten, hohen Emissionsgrad.
- Bei dieser Methode wird davon ausgegangen, dass die Temperatur des Bandes und die der Objektoberfläche gleich sind. Ist dies nicht der Fall, liefert Ihre Emissionsgradmessung falsche Ergebnisse.

## **19.3      *Reflektierte scheinbare Temperatur***

Dieser Parameter dient als Ausgleich für die Strahlung, die im Objekt reflektiert wird. Wenn der Emissionsgrad niedrig ist und die Objekttemperatur sich relativ stark von der reflektierten Temperatur unterscheidet, muss die reflektierte scheinbare Temperatur unbedingt korrekt eingestellt und kompensiert werden.

## **19.4      *Abstand***

Der Abstand ist die Entfernung zwischen dem Objekt und der Vorderseite des Kameraobjektivs. Dieser Parameter dient zur Kompensation folgender Gegebenheiten:

- Die vom Messobjekt abgegebene Strahlung wird von der Atmosphäre zwischen Objekt und Kamera absorbiert.
- Die Atmosphärenstrahlung an sich wird von der Kamera erkannt.

## **19.5      *Relative Luftfeuchtigkeit***

Die Kamera kann auch die Tatsache kompensieren, dass die Übertragung zudem von der relativen Luftfeuchtigkeit der Atmosphäre abhängt. Dazu stellen Sie die relative Luftfeuchtigkeit auf den richtigen Wert ein. Für kurze Abstände und normale Luftfeuchtigkeit können Sie für die relative Luftfeuchtigkeit normalerweise den Standardwert von 50 % beibehalten.

## **19.6      *Weitere Parameter***

Darüber hinaus können Sie mit einigen Kameras und Analyseprogrammen von FLIR Systems folgende Parameter kompensieren:

- Atmosphärentemperatur, *d. h.* die Temperatur der Atmosphäre zwischen Kamera und Ziel.
- Temperatur externe Optik, *d. h.* die Temperatur der vor der Kamera verwendeten externen Objektive und Fenster.
- Transmission von externer Optik – *d. h.* die Übertragung von externen Objektiven oder Fenstern, die vor der Kamera verwendet werden.

---

# 20 Geschichte der Infrarot-Technologie

Vor nicht ganz 200 Jahren war der infrarote Teil des elektromagnetischen Spektrums noch gänzlich unbekannt. Die ursprüngliche Bedeutung des infraroten Spektrums, auch häufig als Infrarot bezeichnet, als Form der Wärmestrahlung war zur Zeit seiner Entdeckung durch Herschel im Jahr 1800 möglicherweise augenfälliger als heute.

10398703.a1



**Abbildung 20.1** Sir William Herschel (1738 – 1822)

Die Entdeckung war ein Zufall während der Suche nach einem neuen optischen Material. Sir William Herschel, Hofastronom bei König Georg III von England und bereits auf Grund seiner Entdeckung des Planeten Uranus berühmt, suchte nach einem optischen Filtermaterial zur Reduzierung der Helligkeit des Sonnenabilds in Teleskopen bei Beobachtungen der Sonne. Beim Testen verschiedener Proben aus farbigem Glas, bei denen die Reduzierung der Helligkeit ähnlich war, fand er heraus, dass einige Proben sehr wenig, andere allerdings so viel Sonnenwärme durchließen, dass er bereits nach wenigen Sekunden der Beobachtung eine Augenschädigung riskierte.

Sehr bald war Herschel von der Notwendigkeit eines systematischen Experiments überzeugt. Dabei setzte er sich das Ziel ein Material zu finden, mit dem sowohl die gewünschte Reduzierung der Helligkeit als auch die maximale Verringerung der Wärme erzielt werden konnte. Er begann sein Experiment mit der Wiederholung des Prismenexperiments von Newton, achtete dabei jedoch mehr auf den Wärmeeffekt als auf die visuelle Verteilung der Intensität im Spektrum. Zuerst färbte er die Spitze eines empfindlichen Quecksilberthermometers mit schwarzer Tinte und testete damit als Messeinrichtung die Erwärmung der verschiedenen Farben des Spektrums, die sich auf einem Tisch bildeten, indem Sonnenlicht durch ein Glasprisma geleitet wurde. Andere Thermometer, die sich außerhalb der Sonneneinstrahlung befanden, dienten zur Kontrolle.

Beim langsamen Bewegen des schwarz gefärbten Thermometers durch die Farben des Spektrums zeigte sich, dass die Temperatur von Violett nach Rot kontinuierlich anstieg. Dies war nicht ganz unerwartet, da der italienische Forscher Landriani in einem ähnlichen Experiment im Jahr 1777 den gleichen Effekt beobachtet hatte. Herschel erkannte jedoch als erster, dass es einen Punkt geben muss, an dem die Erwärmung einen Höhepunkt erreicht, und dass bei Messungen am sichtbaren Teil des Spektrums dieser Punkt nicht gefunden wurde.

10398903.a1



**Abbildung 20.2** Marsilio Landriani (1746 – 1815)

Durch das Bewegen des Thermometers in den dunklen Bereich hinter dem roten Ende des Spektrums bestätigte Herschel, dass die Erwärmung weiter zunahm. Er fand den Punkt der maximalen Erwärmung schließlich weit hinter dem roten Bereich. Heute wird dieser Bereich "infrarote Wellenlänge" genannt.

Herschel bezeichnete diesen neuen Teil des elektromagnetischen Spektrums als "thermometrisches Spektrum". Die Abstrahlung selbst nannte er manchmal "dunkle Wärme" oder einfach "die unsichtbaren Strahlen". Entgegen der vorherrschenden Meinung stammt der Begriff "infrarot" nicht von Herschel. Dieser Begriff tauchte gedruckt etwa 75 Jahre später auf, und es ist immer noch unklar, wer ihn überhaupt einführte.

Die Verwendung von Glas in den Prismen bei Herschels ursprünglichem Experiment führte zu einigen kontroversen Diskussionen mit seinen Zeitgenossen über die tatsächliche Existenz der infraroten Wellenlängen. Bei dem Versuch, seine Arbeit zu bestätigen, verwendeten verschiedene Forscher wahllos unterschiedliche Glasarten, was zu unterschiedlichen Lichtdurchlässigkeiten im Infrarotbereich führte. Durch seine späteren Experimente war sich Herschel der begrenzten Lichtdurchlässigkeit von Glas bezüglich der neu entdeckten thermischen Abstrahlung bewusst und schloss daraus, dass optische Systeme, die den Infrarotbereich nutzen wollten, ausschließlich reflektive Elemente (d. h. ebene und gekrümmte Spiegel) verwenden konnten. Glücklicherweise galt dies nur bis 1830, als der italienische Forscher Melloni entdeckte, dass natürliches Steinsalz (NaCl), das in großen natürlichen Kristallen zur Verwendung

in Linsen und Prismen vorhanden war, äußerst durchlässig für den Infrarotbereich ist. Nach dieser Entdeckung wurde Steinsalz für die nächsten hundert Jahre das optische Hauptmaterial für Infrarot, bis in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts Kristalle synthetisch gezüchtet werden konnten.

10399103.a1



**Abbildung 20.3** Macedonio Melloni (1798 – 1854)

Bis 1829 wurden ausschließlich Thermometer zum Messen der Abstrahlung verwendet. In diesem Jahr erfand Nobili das Thermoelement. (Das Thermometer von Herschel hatte einen Messbereich bis  $0,2\text{ °C}$  ( $0,036\text{ °F}$ ), spätere Modelle konnten bis  $0,05\text{ °C}$  ( $0,09\text{ °F}$ ) messen.) Melloni gelang ein Durchbruch, als er mehrere Thermoelemente in Serie schaltete und so die erste Thermosäule schuf. Das neue Gerät konnte Wärmeabstrahlung mindestens 40-mal empfindlicher messen als das beste zu dieser Zeit vorhandene Thermometer. So konnte es beispielsweise die Wärme einer drei Meter entfernten Person messen.

Das erste sogenannte "Wärmebild" wurde 1840 möglich, als Ergebnis der Arbeit von Sir John Herschel, Sohn des Entdeckers des Infrarotbereichs und selbst berühmter Astronom. Basierend auf der unterschiedlichen Verdampfung eines dünnen Ölfilms, wenn dieser einem Wärmemuster ausgesetzt wird, wurde das thermische Bild durch Licht, das sich auf dem Ölfilm unterschiedlich spiegelt, für das Auge sichtbar. Sir John gelang es auch, einen einfachen Abzug eines thermischen Bildes auf Papier zu erhalten, der "Thermograph" genannt wurde.

10399003,a2



**Abbildung 20.4** Samuel P. Langley (1834 – 1906)

Nach und nach wurde die Empfindlichkeit der Infrarotdetektoren verbessert. Ein weiterer Durchbruch gelang Langley im Jahr 1880 mit der Erfindung des Bolometers. Es handelte sich dabei um einen dünnen geschwärzten Platinstreifen, der in einem Arm einer Wheatstone-Brückenschaltung angeschlossen war und der infraroten Strahlung ausgesetzt sowie an ein empfindliches Galvanometer gekoppelt wurde. Damit konnte angeblich die Wärme einer Kuh gemessen werden, die 400 Meter entfernt war.

Ein englischer Wissenschaftler, Sir James Dewar, war der Erste, der bei Forschungen mit niedrigen Temperaturen flüssige Gase als Kühlmittel verwendete (wie beispielsweise flüssigen Stickstoff mit einer Temperatur von  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). 1892 erfand er einen einzigartigen isolierenden Vakuumbehälter, in dem flüssige Gase tagelang aufbewahrt werden konnten. Die herkömmliche Thermosflasche zur Aufbewahrung heißer und kalter Getränke beruht auf dieser Erfindung.

Zwischen 1900 und 1920 "entdeckten" die Erfinder in aller Welt den Infrarotbereich. Viele Geräte zum Erkennen von Personen, Artillerie, Flugzeugen, Schiffen und sogar Eisbergen wurden patentiert. Die ersten modernen Überwachungssysteme wurden im Ersten Weltkrieg entwickelt, als beide Seiten Programme zur Erforschung des militärischen Nutzens von Infrarotstrahlung durchführten. Dazu gehörten experimentelle Systeme in Bezug auf das Eindringen/Entdecken von Feinden, die Messung von Temperaturen über große Entfernungen, sichere Kommunikation und die Lenkung "fliegender Torpedos". Ein Infrarotsuchsystem, das in dieser Zeit getestet wurde, konnte ein Flugzeug im Anflug in einer Entfernung von 1,5 km oder eine Person, die mehr als 300 Meter entfernt war, erkennen.

Die empfindlichsten Systeme dieser Zeit beruhten alle auf Variationen der Bolometer-Idee. Zwischen den beiden Weltkriegen wurden jedoch zwei neue, revolutionäre Infrarotdetektoren entwickelt: der Bildwandler und der Photonendetektor. Zunächst schenkte das Militär dem Bildwandler die größte Aufmerksamkeit, da der Beobachter

mit diesem Gerät zum ersten Mal in der Geschichte im Dunkeln sehen konnte. Die Empfindlichkeit des Bildwandlers war jedoch auf die Nah-Infrarot-Wellenlängen beschränkt und die interessantesten militärischen Ziele (z. B. feindliche Soldaten) mussten mit Infrarot-Suchstrahlern ausgeleuchtet werden. Da hierbei das Risiko bestand, dass ein feindlicher Beobachter mit ähnlicher Ausrüstung die Position des Beobachters herausfand, schwand das militärische Interesse am Bildwandler.

Die taktischen militärischen Nachteile sogenannter aktiver (d. h. mit Suchstrahlern ausgestatteter) thermografischer Systeme gaben nach dem zweiten Weltkrieg den Anstoß zu umfangreichen geheimen Infrarot-Forschungsprogrammen des Militärs, wobei die Möglichkeiten "passiver" Systeme (ohne Suchstrahler) auf Grundlage des äußerst empfindlichen Photonendetektors erforscht wurden. In dieser Zeit wurde der Status der Infrarot-Technologie auf Grund von Geheimhaltungsvorschriften des Militärs nicht öffentlich bekannt gegeben. Erst Mitte der fünfziger Jahre wurde die Geheimhaltungspflicht gelockert und seitdem sind angemessene thermografische Geräte auch für die zivile Forschung und Industrie erhältlich.

# 21 Theorie der Thermografie

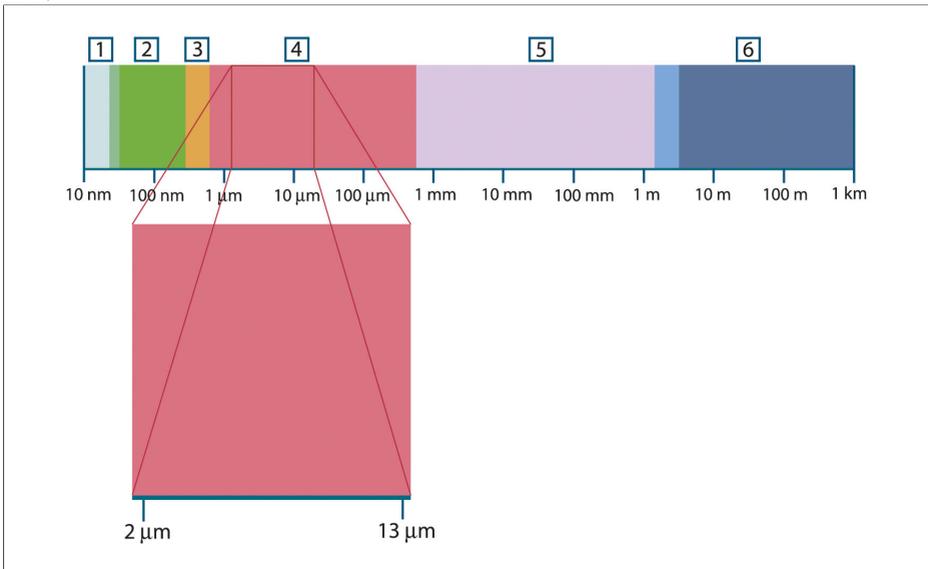
## 21.1 Einleitung

Das Gebiet der Infrarotstrahlung und die damit zusammenhängende Technik der Thermografie ist vielen Benutzern einer Infrarotkamera noch nicht vertraut. In diesem Abschnitt wird die der Thermografie zugrunde liegende Theorie behandelt.

## 21.2 Das elektromagnetische Spektrum

Das elektromagnetische Spektrum ist willkürlich in verschiedene Wellenlängenbereiche unterteilt, die als *Bänder* bezeichnet werden und sich jeweils durch die Methode zum Erzeugen und Messen von Strahlung unterscheiden. Es gibt keinen grundlegenden Unterschied zwischen der Strahlung in den verschiedenen Bändern des elektromagnetischen Spektrums. Für sie gelten dieselben Gesetze und die einzigen Unterschiede beruhen auf Unterschieden in der Wellenlänge.

10067803.a1



**Abbildung 21.1** Das elektromagnetische Spektrum. 1: Röntgenstrahlen; 2: UV-Strahlung; 3: Sichtbares Licht; 4: IR-Strahlung; 5: Mikrowellen; 6: Radiowellen

Die Thermografie nutzt das Infrarotspektralband aus. Am kurzwelligen Ende des Spektrums grenzt sie an das sichtbare Licht, bei Dunkelrot. Am langwelligen Ende des Spektrums geht sie in die Mikrowellen (Millimeterbereich) über.

Das Infrarotband ist weiter untergliedert in vier kleinere Bänder, deren Grenzen ebenfalls willkürlich gewählt sind. Sie umfassen: das *nahe Infrarot (NIR)* (0,75 – 3  $\mu\text{m}$ ), das *mittlere Infrarot (MIR)* (3 – 6  $\mu\text{m}$ ), das *ferne Infrarot (FIR)* (6 – 15  $\mu\text{m}$ ) und das *extreme Infrarot* (15 – 100  $\mu\text{m}$ ). Zwar sind die Wellenlängen in  $\mu\text{m}$  (Mikrometern) angegeben, doch werden zum Messen der Wellenlänge in diesem Spektralbereich oft noch andere Einheiten verwendet, z. B. Nanometer (nm) und Ångström (Å).

Das Verhältnis zwischen den verschiedenen Wellenlängenmaßeinheiten lautet wie folgt:

$$10\,000\ \text{Å} = 1\,000\ \text{nm} = 1\ \mu = 1\ \mu\text{m}$$

### 21.3 Strahlung des schwarzen Körpers

Ein schwarzer Körper ist definiert als ein Objekt, das jegliche einfallende Strahlung aller Wellenlängen absorbiert. Die offensichtlich falsche Bezeichnung *schwarz* im Zusammenhang mit einem Objekt, das Strahlung aussendet, wird durch das kirchhoffsche Gesetz (nach *Gustav Robert Kirchhoff*, 1824 – 1887) erklärt, das besagt, dass ein Körper, der in der Lage ist, die gesamte Strahlung beliebiger Wellenlängen zu absorbieren, ebenso in der Lage ist, Strahlung abzugeben.

10398803.a1



**Abbildung 21.2** Gustav Robert Kirchhoff (1824 – 1887)

Der Aufbau eines schwarzen Körpers ist im Prinzip sehr einfach. Die Strahlungseigenschaften einer Öffnung in einem isothermen Behälter, die aus einem undurchsichtigen absorbierenden Material besteht, repräsentieren fast genau die Eigenschaften eines schwarzen Körpers. Eine praktische Anwendung des Prinzips auf die Konstruktion eines perfekten Strahlungsabsorbers besteht in einem Kasten, der mit Ausnahme einer Öffnung an einer Seite lichtundurchlässig ist. Jede Strahlung, die in das Loch gelangt, wird gestreut und durch wiederholte Reflexionen absorbiert, so dass nur ein unendlich kleiner Bruchteil entweichen kann. Die Schwärze, die an der Öffnung erzielt wird, entspricht fast einem schwarzen Körper und ist für alle Wellenlängen nahezu perfekt.

Durch Ergänzen eines solchen isothermen Behälters mit einer geeigneten Heizquelle erhält man einen so genannten *Hohlraumstrahler*. Ein auf eine gleichmäßige Temperatur aufgeheizter isothermer Kasten erzeugt die Strahlung eines schwarzen Körpers. Dessen Eigenschaften werden allein durch die Temperatur der Aushöhlung bestimmt. Solche Hohlraumstrahler werden gemeinhin als Strahlungsquellen in Temperaturreferenzstandards in Labors zur Kalibrierung thermografischer Instrumente, z. B. der FLIR Systems-Kamera, verwendet.

Wenn die Temperatur der Strahlung des schwarzen Körpers auf über 525 °C steigt, wird die Quelle langsam sichtbar, so dass sie für das Auge nicht mehr schwarz erscheint. Dies ist die beginnende Rottemperatur der Strahlungsquelle, die dann bei weiterer Temperaturerhöhung orange oder gelb wird. Tatsächlich ist die sogenannte *Farbtemperatur* eines Objekts als die Temperatur definiert, auf die ein schwarzer Körper erhitzt werden müsste, um dasselbe Aussehen zu erzeugen.

Im Folgenden finden Sie drei Ausdrücke, mit denen die von einem schwarzen Körper abgegebene Strahlung beschrieben wird.

### 21.3.1 Plancksches Gesetz

10399203.a1



**Abbildung 21.3** Max Planck (1858 – 1947)

*Max Planck* (1858 – 1947) konnte die spektrale Verteilung der Strahlung eines schwarzen Körpers mit Hilfe der folgenden Formel darstellen:

$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left( e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right)} \times 10^{-6} [\text{Watt} / \text{m}^2, \mu\text{m}]$$

Es gilt:

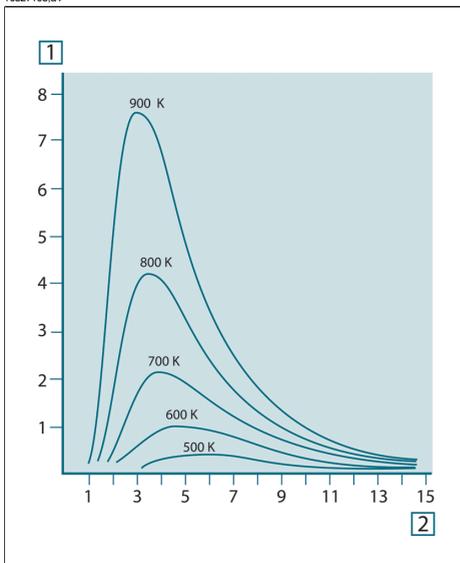
|                 |   |
|-----------------|---|
| $W_{\lambda b}$ | Spektrale Abstrahlung des schwarzen Körpers bei Wellenlänge $\lambda$ |
|-----------------|---|

|           |   |
|-----------|---|
| c         | Lichtgeschwindigkeit = $3 \times 10^8$ m/s              |
| h         | Plancksche Konstante = $6,6 \times 10^{-34}$ Joule Sek  |
| k         | Boltzmannsche Konstante = $1,4 \times 10^{-23}$ Joule/K |
| T         | Absolute Temperatur (K) eines schwarzen Körpers         |
| $\lambda$ | Wellenlänge ( $\mu\text{m}$ )                           |

☛ Der Faktor  $10^{-6}$  wird verwendet, da die Spektralstrahlung in den Kurven in  $\text{Watt/m}^2$ ,  $\mu\text{m}$  angegeben wird.

Die Plancksche Formel erzeugt eine Reihe von Kurven, wenn sie für verschiedene Temperaturen dargestellt wird. Auf jeder Planckschen Kurve ist die Spektralstrahlung Null bei  $\lambda = 0$  und steigt dann bei einer Wellenlänge von  $\lambda_{\text{max}}$  rasch auf ein Maximum an und nähert sich nach Überschreiten bei sehr langen Wellenlängen wieder Null an. Je höher die Temperatur, desto kürzer ist die Wellenlänge, bei der das Maximum auftritt.

10327103.a4



**Abbildung 21.4** Die spektrale Abstrahlung eines schwarzen Körpers gemäß dem Planckschen Gesetz, für verschiedene absolute Temperaturen dargestellt. 1: Spektrale Abstrahlung ( $\text{W/cm}^2 \times 10^3(\mu\text{m})$ ); 2: Wellenlänge ( $\mu\text{m}$ )

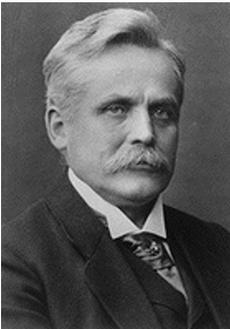
### 21.3.2 Wiensches Verschiebungsgesetz

Durch Ableitung der planckschen Formel nach  $\lambda$  und Ermittlung des Maximums erhalten wir:

$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T} [\mu\text{m}]$$

Dies ist die wiensche Funktion (benannt nach *Wilhelm Wien*, 1864 – 1928), die mathematisch darstellt, dass mit zunehmender Temperatur des thermischen Strahlers die Farben von Rot in Orange oder Gelb übergehen. Die Wellenlänge der Farbe ist identisch mit der für  $\lambda_{\max}$  berechneten Wellenlänge. Eine gute Näherung für den Wert von  $\lambda_{\max}$  für einen gegebenen schwarzen Körper wird erzielt, indem die Faustregel  $3000/T \mu\text{m}$  angewendet wird. So strahlt ein sehr heißer Stern, z. B. Sirius (11000 K), der bläulich weißes Licht abgibt, mit einem Spitzenwert der spektralen Abstrahlung, die innerhalb des unsichtbaren ultravioletten Spektrums bei der Wellenlänge  $0,27 \mu\text{m}$  auftritt.

10399403.a1

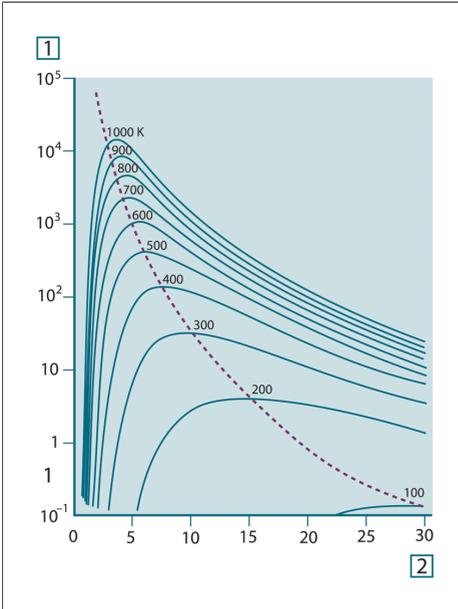


**Abbildung 21.5** Wilhelm Wien (1864 – 1928)

Die Sonne (ca. 6000 K) strahlt gelbes Licht aus. Der Spitzenwert liegt in der Mitte des sichtbaren Lichtspektrums bei etwa  $0,5 \mu\text{m}$ .

Bei Raumtemperatur (300 K) liegt der Spitzenwert der Abstrahlung bei  $9,7 \mu\text{m}$  im fernen Infrarotbereich, während bei der Temperatur von flüssigem Stickstoff (77 K) das Maximum einer beinahe zu vernachlässigenden Abstrahlung bei  $38 \mu\text{m}$  liegt – extreme Infrarot-Wellenlängen.

10327203,a4



**Abbildung 21.6** Plancksche Kurven auf halb-logarithmischen Skalen von 100 K bis 1000 K. Die gepunktete Linie stellt den Ort der maximalen Abstrahlung bei den einzelnen Temperaturen dar, wie sie vom wienschen Verschiebungsgesetz beschrieben wird. 1: Spektrale Abstrahlung ( $\text{W}/\text{cm}^2$  ( $\mu\text{m}$ )); 2: Wellenlänge ( $\mu\text{m}$ ).

### 21.3.3 Stefan-Boltzmann-Gesetz

Durch Integration der planckschen Funktion von  $\lambda = 0$  bis  $\lambda = \infty$  erhält man die gesamte abgegebene Strahlung eines schwarzen Körpers ( $W_b$ ):

$$W_b = \sigma T^4 \quad [\text{Watt}/\text{m}^2]$$

Das Stefan-Boltzmann-Gesetz (nach *Josef Stefan*, 1835 – 1893, und *Ludwig Boltzmann*, 1844 – 1906) besagt, dass die gesamte emittierte Energie eines schwarzen Körpers proportional zur vierten Potenz seiner absoluten Temperatur steigt. Grafisch stellt  $W_b$  die Fläche unterhalb der planckschen Kurve für eine bestimmte Temperatur dar. Die emittierte Strahlung im Intervall  $\lambda = 0$  bis  $\lambda_{\text{max}}$  beträgt demnach nur 25 % der Gesamtstrahlung. Dies entspricht etwa der Strahlung der Sonne, die innerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegt.

10399303,a1



**Abbildung 21.7** Josef Stefan (1835 – 1893) und Ludwig Boltzmann (1844 – 1906)

Wenn wir die Stefan-Boltzmann-Formel zur Berechnung der von einem menschlichen Körper ausgestrahlten Leistung bei einer Temperatur von 300 K und einer externen Oberfläche von ca. 2 m<sup>2</sup> verwenden, erhalten wir 1 kW. Dieser Leistungsverlust ist nur erträglich auf Grund von kompensierender Absorption der Strahlung durch Umgebungsflächen, von Raumtemperaturen, die nicht zu sehr von der Körpertemperatur abweichen, oder natürlich durch Tragen von Kleidung.

### 21.3.4 Nicht-schwarze Körper als Strahlungsquellen

Bisher wurden nur schwarze Körper als Strahlungsquellen und die Strahlung schwarzer Körper behandelt. Reale Objekte erfüllen diese Gesetze selten über einen größeren Wellenlängenbereich, obwohl sie sich in bestimmten Spektralbereichen dem Verhalten der schwarzen Körper annähern mögen. So erscheint beispielsweise eine bestimmte Sorte von weißer Farbe im sichtbaren Bereich perfekt *weiß*, wird jedoch bei 2 µm deutlich *grau* und ab 3 µm sieht sie fast *schwarz* aus.

Es gibt drei Situationen, die verhindern können, dass sich ein reales Objekt wie ein schwarzer Körper verhält: Ein Bruchteil der auftretenden Strahlung  $\alpha$  wird absorbiert, ein Bruchteil von  $\rho$  wird reflektiert und ein Bruchteil von  $\tau$  wird übertragen. Da alle diese Faktoren mehr oder weniger abhängig von der Wellenlänge sind, wird der Index  $\lambda$  verwendet, um auf die spektrale Abhängigkeit ihrer Definitionen hinzuweisen. Daher gilt:

- Die spektrale Absorptionsfähigkeit  $\alpha_\lambda$  = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung, die von einem Objekt absorbiert wird, zum Strahlungseinfall.
- Die spektrale Reflektionsfähigkeit  $\rho_\lambda$  = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung, die von einem Objekt reflektiert wird, zum Strahlungseinfall.
- Der spektrale Transmissionsgrad  $\tau_\lambda$  = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung, die durch ein Objekt übertragen wird, zum Strahlungseinfall.

Die Summe dieser drei Faktoren muss für jede Wellenlänge immer den Gesamtwert ergeben. Daher gilt folgende Beziehung:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Für undurchsichtige Materialien ist  $\tau_\lambda = 0$ . Die Beziehung vereinfacht sich zu:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Ein weiterer Faktor, Emissionsgrad genannt, ist zur Beschreibung des Bruchteils  $\varepsilon$  der Abstrahlung eines schwarzen Körpers, die von einem Objekt bei einer bestimmten Temperatur erzeugt wird, erforderlich. So gilt folgende Definition:

Der spektrale Emissionsgrad  $\varepsilon_\lambda =$  Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung eines Objekts zu der spektralen Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers mit derselben Temperatur und Wellenlänge.

Mathematisch ausgedrückt kann dies als Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung des Objekts zur spektralen Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers wie folgt beschrieben werden:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{W_{\lambda o}}{W_{\lambda b}}$$

Generell gibt es drei Arten von Strahlungsquellen, die sich darin unterscheiden, wie sich die Spektralstrahlung jeder einzelnen mit der Wellenlänge ändert.

- Ein schwarzer Körper, für den gilt:  $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = 1$
- Ein grauer Körper, für den gilt:  $\varepsilon_\lambda = \varepsilon =$  Konstante kleiner 1
- Ein selektiver Strahler, bei dem  $\varepsilon$  sich mit der Wellenlänge ändert

Nach dem kirchhoffschen Gesetz entsprechen für alle Werkstoffe die emittierte Strahlung und die spektrale Absorptionsfähigkeit eines Körpers einer bestimmten Temperatur und Wellenlänge. Das bedeutet:

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

Daraus erhalten wir für ein undurchsichtiges Material (da  $\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$ ):

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Für extrem glatte Werkstoffe nähert sich  $\varepsilon_\lambda$  Null an, so dass für einen vollkommen reflektierenden Werkstoff (*d. h.* einen perfekten Spiegel) gilt:

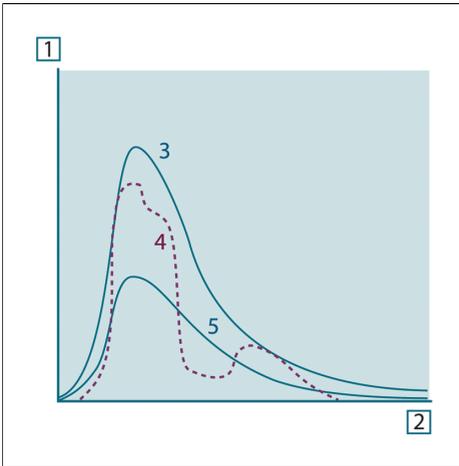
$$\rho_\lambda = 1$$

Für einen grauen Körper als Strahlungsquelle wird die Stefan-Boltzmann-Formel zu:

$$W = \varepsilon \sigma T^4 \text{ [Watt/m}^2\text{]}$$

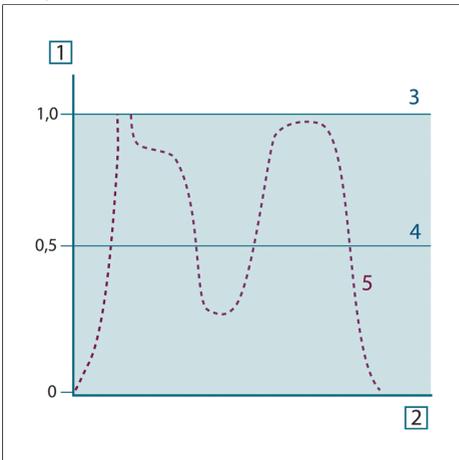
Dies sagt aus, dass die gesamte Strahlungsleistung eines grauen Körpers dieselbe ist wie bei einem schwarzen Körper gleicher Temperatur, der proportional zum Wert von  $\epsilon$  des grauen Körpers reduziert ist.

10401203,a2



**Abbildung 21.8** Spektrale Abstrahlung von drei Strahlertypen 1: Spektrale Abstrahlung; 2: Wellenlänge; 3: Schwarzer Körper; 4: Selektiver Strahler; 5: Grauer Körper

10327303,a4



**Abbildung 21.9** Spektraler Emissionsgrad von drei Strahlertypen 1: Spektraler Emissionsgrad; 2: Wellenlänge; 3: Schwarzer Körper; 4: Grauer Körper; 5: Selektiver Strahler

## 21.4 Halb-transparente Infrarotmaterialien

Stellen Sie sich jetzt einen nicht-metallischen, halb-transparenten Körper vor, z. B. in Form einer dicken, flachen Scheibe aus Kunststoff. Wenn die Scheibe erhitzt wird, muss sich die in dem Körper erzeugte Strahlung durch den Werkstoff, in dem sie teilweise absorbiert wird, an die Oberflächen durcharbeiten. Wenn sie an der Oberfläche eintrifft, wird außerdem ein Teil davon in das Innere zurückreflektiert. Die zurückreflektierte Strahlung wird wiederum teilweise absorbiert, ein Teil davon gelangt jedoch zur anderen Oberfläche, durch die der größte Anteil entweicht; ein Teil davon wird wieder zurückreflektiert. Obwohl die nachfolgenden Reflexionen immer schwächer werden, müssen sie alle addiert werden, wenn die Gesamtstrahlung der Scheibe ermittelt werden soll. Wenn die resultierende geometrische Reihe summiert wird, ergibt sich der effektive Emissionsgrad einer halb-transparenten Scheibe als:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{(1 - \rho_\lambda)(1 - \tau_\lambda)}{1 - \rho_\lambda \tau_\lambda}$$

Wenn die Scheibe undurchsichtig wird, reduziert sich diese Formel auf die einzelne Formel:

$$\varepsilon_\lambda = 1 - \rho_\lambda$$

Diese letzte Beziehung ist besonders praktisch, da es oft einfacher ist, die Reflexionsfähigkeit zu messen, anstatt den Emissionsgrad direkt zu messen.

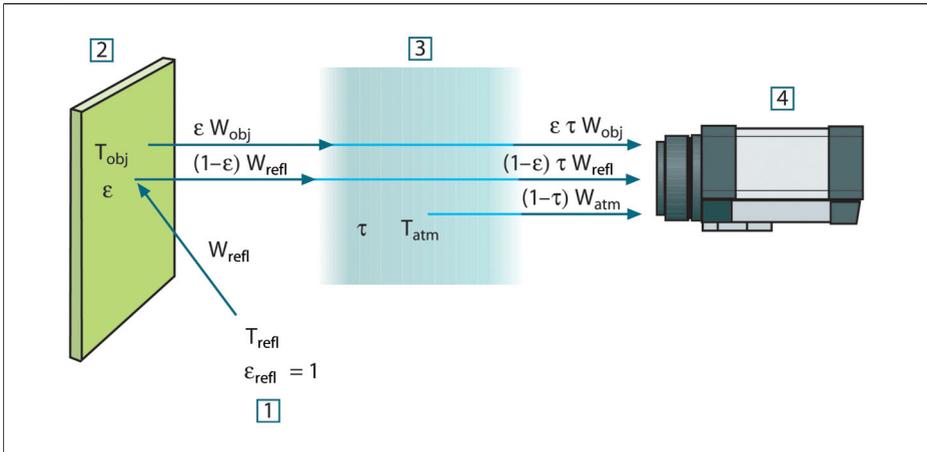
## 22 Die Messformel

Wie bereits erwähnt empfängt die Kamera beim Betrachten eines Objekts nicht nur die Strahlung vom Objekt selbst. Sie nimmt auch die Strahlung aus der Umgebung auf, die von der Objektfläche reflektiert wird. Beide Strahlungsanteile werden bis zu einem gewissen Grad durch die Atmosphäre im Messpfad abgeschwächt. Dazu kommt ein dritter Strahlungsanteil von der Atmosphäre selbst.

Diese Beschreibung der Messsituation, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, ist eine recht genaue Erläuterung der tatsächlichen Bedingungen. Vernachlässigt wurden wahrscheinlich die Streuung des Sonnenlichts in der Atmosphäre oder die Streustrahlung von starken Strahlungsquellen außerhalb des Betrachtungsfeldes. Solche Störungen sind schwer zu quantifizieren, in den meisten Fällen jedoch glücklicherweise so gering, dass sie vernachlässigbar sind. Ist dies nicht der Fall, ist die Messkonfiguration wahrscheinlich so ausgelegt, dass zumindest ein erfahrener Bediener das Störungsrisiko erkennen kann. Dann liegt es in seiner Verantwortung, die Messsituation so zu ändern, dass Störungen vermieden werden, z. B. durch Ändern der Betrachtungsrichtung, Abschirmen starker Strahlungsquellen usw.

Unter Berücksichtigung der obigen Beschreibung kann mit Hilfe der nachfolgenden Abbildung eine Formel zur Berechnung der Objekttemperatur über das Ausgangssignal der kalibrierten Kamera abgeleitet werden.

10400503.a1



**Abbildung 22.1** Schematische Darstellung der allgemeinen thermografischen Messsituation 1: Umgebung; 2: Objekt; 3: Atmosphäre; 4: Kamera

Wir gehen davon aus, dass die empfangene Strahlungsleistung  $W$  von einem Schwarzkörper als Temperaturquelle  $T_{\text{source}}$  bei einer kurzen Entfernung ein Ausgabesignal  $U_{\text{source}}$  der Kamera erzeugt, das proportional zum Leistungseingang ist (Kamera mit linearer Leistung). Daraus ergibt sich (Gleichung 1):

$$U_{\text{source}} = CW(T_{\text{source}})$$

oder einfacher ausgedrückt:

$$U_{\text{source}} = CW_{\text{source}}$$

wobei  $C$  eine Konstante ist.

Handelt es sich um einen Graukörper mit der Abstrahlung  $\varepsilon$ , ist die empfangene Strahlung folglich  $\varepsilon W_{\text{source}}$ .

Jetzt können wir die drei gesammelten Größen zur Strahlungsleistung notieren:

1 – *Emission von Objekt* =  $\varepsilon\tau W_{\text{obj}}$ , wobei  $\varepsilon$  die Abstrahlung des Objekts und  $\tau$  die Transmission der Atmosphäre ist. Die Objekttemperatur ist  $T_{\text{obj}}$ .

2 – *Reflektierte Emission von Umgebungsquellen* =  $(1 - \varepsilon)\tau W_{\text{refl}}$ , wobei  $(1 - \varepsilon)$  die Reflektion des Objekts ist. Die Umgebungsquellen haben die Temperatur  $T_{\text{refl}}$ .

Hier wurde davon ausgegangen, dass die Temperatur  $T_{\text{refl}}$  für alle emittierenden Oberflächen innerhalb der Halbsphäre, die von einem Punkt auf der Objektfläche betrachtet wird, gleich ist. Dies ist in einigen Fällen natürlich eine Vereinfachung der tatsächlichen Situation. Diese ist jedoch notwendig, damit eine praktikable Formel abgeleitet werden kann.  $T_{\text{refl}}$  kann – zumindest theoretisch – ein Wert zugewiesen werden, der eine effiziente Temperatur einer komplexen Umgebung darstellt.

Als Abstrahlung für die Umgebung wurde der Wert 1 angenommen. Dies ist in Übereinstimmung mit dem kirchhoffschen Gesetz richtig: Die gesamte Strahlung, die auf die umgebenden Oberflächen auftritt, wird schließlich von diesen absorbiert. Daher ist die Abstrahlung = 1. (Es ist zu beachten, dass entsprechend neuester Erkenntnisse die gesamte Sphäre um das betreffende Objekt beachtet werden muss.)

3 – *Emission von Atmosphäre* =  $(1 - \tau)\tau W_{\text{atm}}$ , wobei  $(1 - \tau)$  die Abstrahlung der Atmosphäre ist. Die Temperatur der Atmosphäre ist  $T_{\text{atm}}$ .

Die gesamte empfangene Strahlungsleistung kann nun notiert werden (Gleichung 2):

$$W_{\text{tot}} = \varepsilon\tau W_{\text{obj}} + (1 - \varepsilon)\tau W_{\text{refl}} + (1 - \tau)W_{\text{atm}}$$

Wir multiplizieren jeden Ausdruck mit der Konstante  $C$  aus Gleichung 1 und ersetzen die Produkte aus  $CW$  durch das entsprechende  $U$  gemäß derselben Gleichung und erhalten (Gleichung 3):

$$U_{tot} = \varepsilon\tau U_{obj} + (1 - \varepsilon)\tau U_{refl} + (1 - \tau)U_{atm}$$

Gleichung 3 wird nach  $U_{obj}$  aufgelöst (Gleichung 4):

$$U_{obj} = \frac{1}{\varepsilon\tau} U_{tot} - \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} U_{refl} - \frac{1 - \tau}{\varepsilon\tau} U_{atm}$$

Dies ist die allgemeine Messformel, die in allen thermografischen Geräten von FLIR Systems verwendet wird. Die Spannungen der Formel lauten:

**Abbildung 22.2** Spannungen

|            |  |
|------------|--|
| $U_{obj}$  | Berechnete Ausgabespannung der Kamera für einen Schwarzkörper der Temperatur $T_{obj}$ , also eine Spannung, die sofort in die tatsächliche Temperatur des betreffenden Objekts umgewandelt werden kann. |
| $U_{tot}$  | Gemessene Ausgabespannung der Kamera für den tatsächlichen Fall.   |
| $U_{refl}$ | Theoretische Ausgabespannung der Kamera für einen Schwarzkörper der Temperatur $T_{refl}$ entsprechend der Kalibrierung.   |
| $U_{atm}$  | Theoretische Ausgabespannung der Kamera für einen Schwarzkörper der Temperatur $T_{atm}$ entsprechend der Kalibrierung.  |

Der Bediener muss mehrere Parameterwerte für die Berechnung liefern:

- die Objektabstrahlung  $\varepsilon$ ,
- die relative Luftfeuchtigkeit,
- $T_{atm}$
- Objektentfernung ( $D_{obj}$ )
- die (effektive) Temperatur der Objektumgebung oder die reflektierte Umgebungstemperatur  $T_{refl}$  und
- die Temperatur der Atmosphäre  $T_{atm}$

Diese Aufgabe ist für den Bediener oft schwierig, da normalerweise die genauen Werte für die Abstrahlung und die Transmission der Atmosphäre für den tatsächlichen Fall nur schwer zu ermitteln sind. Die zwei Temperaturen sind für gewöhnlich ein geringeres Problem, wenn in der Umgebung keine großen und intensiven Strahlungsquellen vorhanden sind.

Eine natürliche Frage in diesem Zusammenhang ist: Wie wichtig ist die Kenntnis der richtigen Werte dieser Parameter? Es kann hilfreich sein, bereits an dieser Stelle ein Gefühl für diese Problematik zu entwickeln, indem verschiedene Messfälle betrachtet und die relativen Größen der drei Strahlungsgrößen verglichen werden. Daraus lässt sich ersehen, wann es wichtig ist, die richtigen Werte bestimmter Parameter zu verwenden.

Die folgenden Zahlen stellen die relativen Größen der drei Strahlungsanteile für drei verschiedene Objekttemperaturen, zwei Abstrahlungen und zwei Spektralbereiche dar: SW und LW. Die übrigen Parameter haben die folgenden festen Werte:

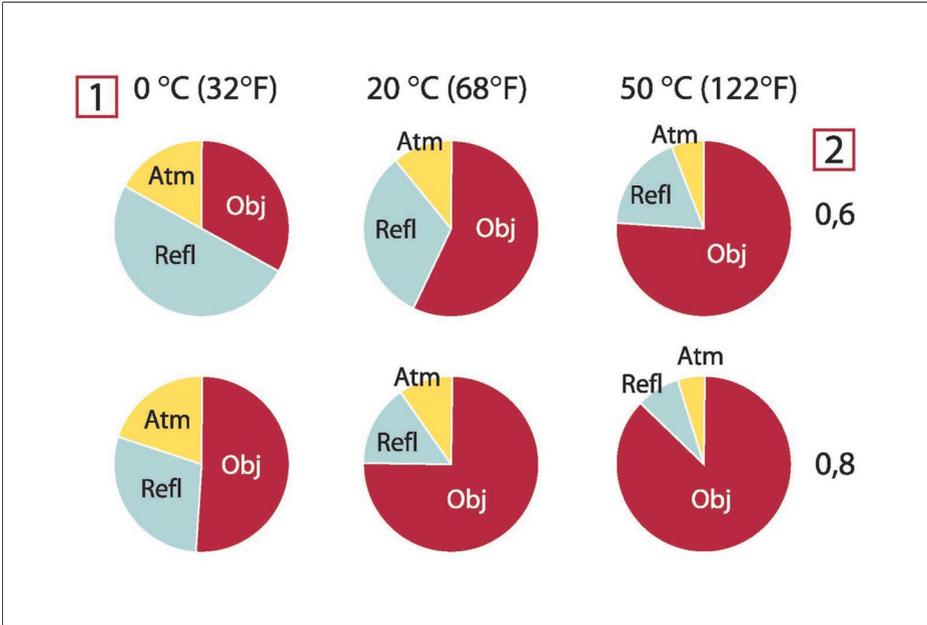
- $\tau = 0,88$
- $T_{\text{refl}} = +20 \text{ °C}$
- $T_{\text{atm}} = +20 \text{ °C}$

Es ist offensichtlich, dass die Messung niedriger Objekttemperaturen kritischer ist als die Messung hoher Temperaturen, da die Störstrahlungsquellen im ersteren Fall vergleichsweise stärker sind. Falls zusätzlich die Objektabstrahlung schwach ist, wird die Situation noch schwieriger.

Schließlich muss geklärt werden, wie wichtig es ist, die Kalibrierungskurve über dem höchsten Kalibrierungspunkt nutzen zu dürfen (Extrapolation genannt). Angenommen, in einem bestimmten Fall werden  $U_{\text{tot}} = 4,5$  Volt gemessen. Der höchste Kalibrierungspunkt der Kamera liegt im Bereich von 4,1 Volt, einem Wert, der dem Bediener unbekannt ist. Selbst wenn das Objekt ein Schwarzkörper ist, also  $U_{\text{obj}} = U_{\text{tot}}$  ist, wird tatsächlich eine Extrapolation der Kalibrierungskurve durchgeführt, wenn 4,5 Volt in Temperatur umgerechnet werden.

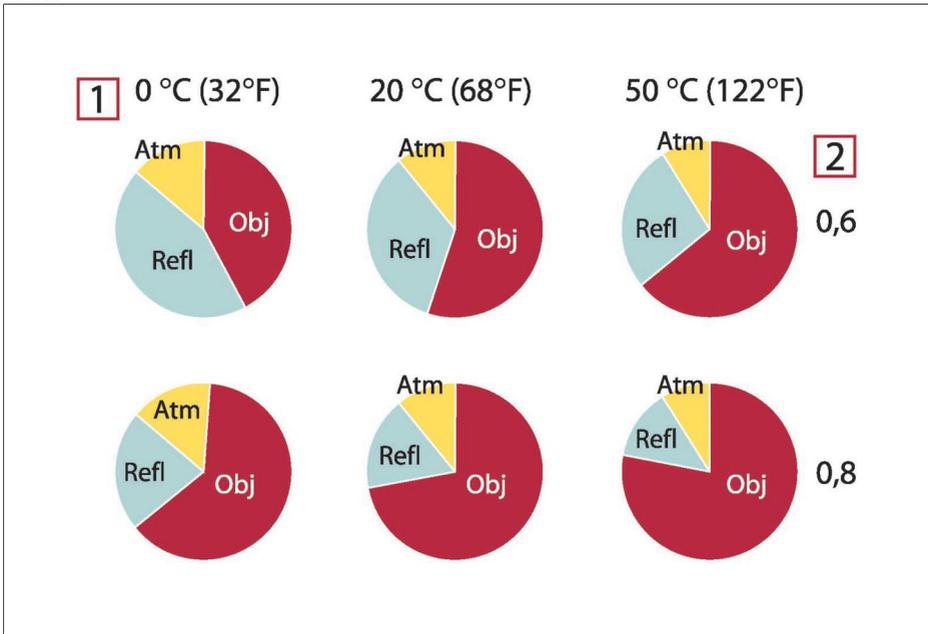
Es wird nun angenommen, dass das Objekt nicht schwarz ist, seine Abstrahlung 0,75 und die Transmission 0,92 betragen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die beiden zweiten Ausdrücke der Gleichung 4 zusammen 0,5 Volt ergeben. Die Berechnung von  $U_{\text{obj}}$  mit Hilfe der Gleichung 4 ergibt dann  $U_{\text{obj}} = 4,5 / 0,75 / 0,92 - 0,5 = 6,0$ . Dies ist eine recht extreme Extrapolation, besonders wenn man bedenkt, dass der Videoverstärker die Ausgabe wahrscheinlich auf 5 Volt beschränkt. Beachten Sie jedoch, dass die Anwendung der Kalibrierungskurve eine theoretische Vorgehensweise ist, bei der weder elektronische noch andere Beschränkungen bestehen. Wir sind davon überzeugt, dass bei einer fehlenden Signalbegrenzung in der Kamera und deren Kalibrierung auf weit mehr als 5 Volt die entstehende Kurve der tatsächlichen Kurve mit einer Extrapolation von mehr als 4,1 Volt sehr ähnlich gewesen wäre, vorausgesetzt, der Kalibrierungsalgorithmus beruht auf Gesetzen der Strahlungsphysik, wie zum Beispiel der Algorithmus von FLIR Systems. Natürlich muss es für solche Extrapolationen eine Grenze geben.

10400603,a2



**Abbildung 22.3** Relative Größen der Strahlungsquellen unter verschiedenen Messbedingungen (SW-Kamera). **1:** Objekttemperatur; **2:** Abstrahlung; **Obj:** Objektstrahlung; **Refl:** Reflektierte Strahlung; **Atm:** Atmosphärenstrahlung. Feste Parameter:  $\tau = 0,88$ ;  $T_{\text{refl}} = 20 \text{ °C}$ ;  $T_{\text{atm}} = 20 \text{ °C}$ .

10400703,a2



**Abbildung 22.4** Relative Größen der Strahlungsquellen unter verschiedenen Messbedingungen (LW-Kamera). **1**: Objekttemperatur; **2**: Abstrahlung; **Obj**: Objektstrahlung; **Refl**: Reflektierte Strahlung; **Atm**: Atmosphärenstrahlung. Feste Parameter:  $\tau = 0,88$ ;  $T_{\text{refl}} = 20 \text{ °C}$ ;  $T_{\text{atm}} = 20 \text{ °C}$ .

---

# 23 Emissionstabellen

In diesem Abschnitt finden Sie eine Aufstellung von Emissionsdaten aus der Fachliteratur und eigenen Messungen von FLIR Systems.

## 23.1 Referenzen

|    |   |
|----|---|
| 1  | Mikaél A. Bramson: <i>Infrared Radiation, A Handbook for Applications</i> , Plenum press, N.Y.  |
| 2  | William L. Wolfe, George J. Zissis: <i>The Infrared Handbook</i> , Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.   |
| 3  | Madding, R. P.: <i>Thermographic Instruments and Systems</i> . Madison, Wisconsin: University of Wisconsin - Extension, Department of Engineering and Applied Science.  |
| 4  | William L. Wolfe: <i>Handbook of Military Infrared Technology</i> , Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.  |
| 5  | Jones, Smith, Probert: <i>External thermography of buildings...</i> , Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, Juni 1977 London. |
| 6  | Paljak, Pettersson: <i>Thermography of Buildings</i> , Swedish Building Research Institute, Stockholm 1972.   |
| 7  | Vlcek, J: <i>Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at <math>\lambda = 5 \mu\text{m}</math></i> . Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.                                       |
| 8  | Kern: <i>Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites</i> , Defence Documentation Center, AD 617 417.   |
| 9  | Öhman, Claes: <i>Emittansmätningar med AGEMA E-Box</i> . Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emissionsmessungen mit AGEMA E-Box. Technischer Bericht, AGEMA 1999.)  |
| 10 | Mattei, S., Tang-Kwor, E: <i>Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between <math>-36^{\circ}\text{C}</math> AND <math>82^{\circ}\text{C}</math></i> .  |
| 11 | Lohrengel & Todtenhaupt (1996)  |
| 12 | ITC Technical publication 32.   |
| 13 | ITC Technical publication 29.   |

## 23.2 Wichtiger Hinweis zu den Emissionsgradtabellen

Die Emissionswerte in der Tabelle unten wurden mit einer Kurzwellenkamera aufgenommen. Die Werte gelten lediglich als Empfehlung und sind mit Sorgfalt zu verwenden.

## 23.3 Tabellen

**Abbildung 23.1** T:Gesamtspektrum; **SW:** 2 – 5  $\mu\text{m}$ ; **LW:** 8 – 14  $\mu\text{m}$ , **LLW:** 6,5 – 20  $\mu\text{m}$ ; **1:** Werkstoff; **2:** Spezifikation; **3:** Temperatur in  $^{\circ}\text{C}$ ; **4:** Spektrum; **5:** Emissionsgrad; **6:** Referenz

| 1                   | 2  | 3     | 4                | 5             | 6  |
|---------------------|--|-------|------------------|---------------|----|
| 3M Scotch 35        | PVC-Elektroisolierband (verschiedene Farben) | < 80  | LW               | ungefähr 0,96 | 13 |
| 3M Scotch Super 33+ | schwarzes PVC-Elektroisolierband             | < 80  | LW               | ungefähr 0,96 | 13 |
| 3M Scotch Super 88  | schwarzes PVC-Elektroisolierband             | < 105 | LW               | ungefähr 0,96 | 13 |
| 3M Scotch Super 88  | schwarzes PVC-Elektroisolierband             | < 105 | MW               | < 0,96        | 13 |
| Aluminium           | Blech, 4 Muster unterschiedlich zerkratzt    | 70    | LW               | 0,03–0,06     | 9  |
| Aluminium           | Blech, 4 Muster unterschiedlich zerkratzt    | 70    | SW               | 0,05–0,08     | 9  |
| Aluminium           | eloxiert, hellgrau, stumpf                   | 70    | LW               | 0,97          | 9  |
| Aluminium           | eloxiert, hellgrau, stumpf                   | 70    | SW               | 0,61          | 9  |
| Aluminium           | eloxiert, schwarz, stumpf                    | 70    | LW               | 0,95          | 9  |
| Aluminium           | eloxiert, schwarz, stumpf                    | 70    | SW               | 0,67          | 9  |
| Aluminium           | eloxiertes Blech                             | 100   | T                | 0,55          | 2  |
| Aluminium           | Folie  | 27    | 3 $\mu\text{m}$  | 0,09          | 3  |
| Aluminium           | Folie  | 27    | 10 $\mu\text{m}$ | 0,04          | 3  |
| Aluminium           | geraut                                       | 27    | 3 $\mu\text{m}$  | 0,28          | 3  |
| Aluminium           | geraut                                       | 27    | 10 $\mu\text{m}$ | 0,18          | 3  |
| Aluminium           | Guss, sandgestrahlt                          | 70    | LW               | 0,46          | 9  |
| Aluminium           | Guss, sandgestrahlt                          | 70    | SW               | 0,47          | 9  |

| 1                   | 2                                    | 3      | 4   | 5         | 6 |
|---------------------|--------------------------------------|--------|-----|-----------|---|
| Aluminium           | in HNO <sub>3</sub> getaucht, Platte | 100    | T   | 0,05      | 4 |
| Aluminium           | poliert                              | 50–100 | T   | 0,04–0,06 | 1 |
| Aluminium           | poliert, Blech                       | 100    | T   | 0,05      | 2 |
| Aluminium           | polierte Platte                      | 100    | T   | 0,05      | 4 |
| Aluminium           | raue Oberfläche                      | 20–50  | T   | 0,06–0,07 | 1 |
| Aluminium           | stark oxidiert                       | 50–500 | T   | 0,2–0,3   | 1 |
| Aluminium           | stark verwittert                     | 17     | SW  | 0,83–0,94 | 5 |
| Aluminium           | unverändert, Blech                   | 100    | T   | 0,09      | 2 |
| Aluminium           | unverändert, Platte                  | 100    | T   | 0,09      | 4 |
| Aluminium           | vakuumbeschichtet                    | 20     | T   | 0,04      | 2 |
| Aluminiumbronze     |                                      | 20     | T   | 0,60      | 1 |
| Aluminiumhydroxid   | Pulver                               |        | T   | 0,28      | 1 |
| Aluminiumoxid       | aktiviert, Pulver                    |        | T   | 0,46      | 1 |
| Aluminiumoxid       | rein, Pulver (Aluminiumoxid)         |        | T   | 0,16      | 1 |
| Asbest              | Bodenfliesen                         | 35     | SW  | 0,94      | 7 |
| Asbest              | Brett                                | 20     | T   | 0,96      | 1 |
| Asbest              | Gewerbe                              |        | T   | 0,78      | 1 |
| Asbest              | Papier                               | 40–400 | T   | 0,93–0,95 | 1 |
| Asbest              | Pulver                               |        | T   | 0,40–0,60 | 1 |
| Asbest              | Ziegel                               | 20     | T   | 0,96      | 1 |
| Asphaltstraßenbelag |                                      | 4      | LLW | 0,967     | 8 |
| Beton               |                                      | 20     | T   | 0,92      | 2 |
| Beton               | Gehweg                               | 5      | LLW | 0,974     | 8 |
| Beton               | rau                                  | 17     | SW  | 0,97      | 5 |

| 1                  | 2                       | 3        | 4  | 5         | 6 |
|--------------------|-------------------------|----------|----|-----------|---|
| Beton              | trocken                 | 36       | SW | 0,95      | 7 |
| Blech              | glänzend                | 20–50    | T  | 0,04–0,06 | 1 |
| Blech              | Weißblech               | 100      | T  | 0,07      | 2 |
| Blei               | glänzend                | 250      | T  | 0,08      | 1 |
| Blei               | nicht oxidiert, poliert | 100      | T  | 0,05      | 4 |
| Blei               | oxidiert, grau          | 20       | T  | 0,28      | 1 |
| Blei               | oxidiert, grau          | 22       | T  | 0,28      | 4 |
| Blei               | oxidiert bei 200 °C     | 200      | T  | 0,63      | 1 |
| Blei rot           |                         | 100      | T  | 0,93      | 4 |
| Blei rot, Pulver   |                         | 100      | T  | 0,93      | 1 |
| Bronze             | Phosphorbronze          | 70       | LW | 0,06      | 9 |
| Bronze             | Phosphorbronze          | 70       | SW | 0,08      | 9 |
| Bronze             | poliert                 | 50       | T  | 0,1       | 1 |
| Bronze             | porös, rau              | 50–150   | T  | 0,55      | 1 |
| Bronze             | Pulver                  |          | T  | 0,76–0,80 | 1 |
| Chrom              | poliert                 | 50       | T  | 0,10      | 1 |
| Chrom              | poliert                 | 500–1000 | T  | 0,28–0,38 | 1 |
| Ebonit             |                         |          | T  | 0,89      | 1 |
| Eis: Siehe Wasser  |                         |          |    |           |   |
| Eisen galvanisiert | Blech                   | 92       | T  | 0,07      | 4 |
| Eisen galvanisiert | Blech, oxidiert         | 20       | T  | 0,28      | 1 |
| Eisen galvanisiert | Blech, poliert          | 30       | T  | 0,23      | 1 |
| Eisen galvanisiert | stark oxidiert          | 70       | LW | 0,85      | 9 |
| Eisen galvanisiert | stark oxidiert          | 70       | SW | 0,64      | 9 |
| Eisen und Stahl    | elektrolytisch          | 22       | T  | 0,05      | 4 |
| Eisen und Stahl    | elektrolytisch          | 100      | T  | 0,05      | 4 |
| Eisen und Stahl    | elektrolytisch          | 260      | T  | 0,07      | 4 |

| 1               | 2   | 3        | 4  | 5         | 6 |
|-----------------|---|----------|----|-----------|---|
| Eisen und Stahl | elektrolytisch,<br>hochglanzpoliert             | 175–225  | T  | 0,05–0,06 | 1 |
| Eisen und Stahl | frisch gewalzt                                  | 20       | T  | 0,24      | 1 |
| Eisen und Stahl | frisch mit Schmir-<br>gelpapier bearbei-<br>tet | 20       | T  | 0,24      | 1 |
| Eisen und Stahl | geschliffenes<br>Blech                          | 950–1100 | T  | 0,55–0,61 | 1 |
| Eisen und Stahl | geschmiedet,<br>hochglanzpoliert                | 40–250   | T  | 0,28      | 1 |
| Eisen und Stahl | gewalztes Blech                                 | 50       | T  | 0,56      | 1 |
| Eisen und Stahl | glänzend, geätzt                                | 150      | T  | 0,16      | 1 |
| Eisen und Stahl | glänzende Oxid-<br>schicht, Blech               | 20       | T  | 0,82      | 1 |
| Eisen und Stahl | heißgewalzt                                     | 20       | T  | 0,77      | 1 |
| Eisen und Stahl | heißgewalzt                                     | 130      | T  | 0,60      | 1 |
| Eisen und Stahl | kaltgewalzt                                     | 70       | LW | 0,09      | 9 |
| Eisen und Stahl | kaltgewalzt                                     | 70       | SW | 0,20      | 9 |
| Eisen und Stahl | mit rotem Rost be-<br>deckt                     | 20       | T  | 0,61–0,85 | 1 |
| Eisen und Stahl | oxidiert  | 100      | T  | 0,74      | 1 |
| Eisen und Stahl | oxidiert  | 100      | T  | 0,74      | 4 |
| Eisen und Stahl | oxidiert  | 125–525  | T  | 0,78–0,82 | 1 |
| Eisen und Stahl | oxidiert  | 200      | T  | 0,79      | 2 |
| Eisen und Stahl | oxidiert  | 200–600  | T  | 0,80      | 1 |
| Eisen und Stahl | oxidiert  | 1227     | T  | 0,89      | 4 |
| Eisen und Stahl | poliert   | 100      | T  | 0,07      | 2 |
| Eisen und Stahl | poliert   | 400–1000 | T  | 0,14–0,38 | 1 |
| Eisen und Stahl | poliertes Blech                                 | 750–1050 | T  | 0,52–0,56 | 1 |
| Eisen und Stahl | rau, ebene Oberflä-<br>che                      | 50       | T  | 0,95–0,98 | 1 |
| Eisen und Stahl | rostig, rot                                     | 20       | T  | 0,69      | 1 |

| 1               | 2                       | 3       | 4  | 5         | 6 |
|-----------------|-------------------------|---------|----|-----------|---|
| Eisen und Stahl | rostrot, Blech          | 22      | T  | 0,69      | 4 |
| Eisen und Stahl | stark oxidiert          | 50      | T  | 0,88      | 1 |
| Eisen und Stahl | stark oxidiert          | 500     | T  | 0,98      | 1 |
| Eisen und Stahl | stark verrostet         | 17      | SW | 0,96      | 5 |
| Eisen und Stahl | stark verrostetes Blech | 20      | T  | 0,69      | 2 |
| Eisen verzinkt  | Blech                   | 24      | T  | 0,064     | 4 |
| Emaile          |                         | 20      | T  | 0,9       | 1 |
| Emaile          | Lack                    | 20      | T  | 0,85–0,95 | 1 |
| Erde            | mit Wasser gesättigt    | 20      | T  | 0,95      | 2 |
| Erde            | trocken                 | 20      | T  | 0,92      | 2 |
| Faserplatte     | hart, unbehandelt       | 20      | SW | 0,85      | 6 |
| Faserplatte     | Ottrelith               | 70      | LW | 0,88      | 9 |
| Faserplatte     | Ottrelith               | 70      | SW | 0,75      | 9 |
| Faserplatte     | Partikelplatte          | 70      | LW | 0,89      | 9 |
| Faserplatte     | Partikelplatte          | 70      | SW | 0,77      | 9 |
| Faserplatte     | porös, unbehandelt      | 20      | SW | 0,85      | 6 |
| Firnis          | auf Eichenparkettboden  | 70      | LW | 0,90–0,93 | 9 |
| Firnis          | auf Eichenparkettboden  | 70      | SW | 0,90      | 9 |
| Firnis          | matt                    | 20      | SW | 0,93      | 6 |
| Gips            |                         | 20      | T  | 0,8–0,9   | 1 |
| Gipsputz        |                         | 17      | SW | 0,86      | 5 |
| Gipsputz        | Gipsplatte, unbehandelt | 20      | SW | 0,90      | 6 |
| Gipsputz        | raue Oberfläche         | 20      | T  | 0,91      | 2 |
| Gold            | hochglanzpoliert        | 200–600 | T  | 0,02–0,03 | 1 |
| Gold            | hochpoliert             | 100     | T  | 0,02      | 2 |

| 1         | 2                          | 3        | 4   | 5         | 6 |
|-----------|----------------------------|----------|-----|-----------|---|
| Gold      | poliert                    | 130      | T   | 0,018     | 1 |
| Granit    | poliert                    | 20       | LLW | 0,849     | 8 |
| Granit    | rau                        | 21       | LLW | 0,879     | 8 |
| Granit    | rau, 4 verschiedene Muster | 70       | LW  | 0,77–0,87 | 9 |
| Granit    | rau, 4 verschiedene Muster | 70       | SW  | 0,95–0,97 | 9 |
| Gummi     | hart                       | 20       | T   | 0,95      | 1 |
| Gummi     | weich, grau, rau           | 20       | T   | 0,95      | 1 |
| Gusseisen | bearbeitet                 | 800–1000 | T   | 0,60–0,70 | 1 |
| Gusseisen | flüssig                    | 1300     | T   | 0,28      | 1 |
| Gusseisen | Guss                       | 50       | T   | 0,81      | 1 |
| Gusseisen | Gusseisenblöcke            | 1000     | T   | 0,95      | 1 |
| Gusseisen | oxidiert                   | 38       | T   | 0,63      | 4 |
| Gusseisen | oxidiert                   | 100      | T   | 0,64      | 2 |
| Gusseisen | oxidiert                   | 260      | T   | 0,66      | 4 |
| Gusseisen | oxidiert                   | 538      | T   | 0,76      | 4 |
| Gusseisen | oxidiert bei 600 °C        | 200–600  | T   | 0,64–0,78 | 1 |
| Gusseisen | poliert                    | 38       | T   | 0,21      | 4 |
| Gusseisen | poliert                    | 40       | T   | 0,21      | 2 |
| Gusseisen | poliert                    | 200      | T   | 0,21      | 1 |
| Gusseisen | unbearbeitet               | 900–1100 | T   | 0,87–0,95 | 1 |
| Haut      | Mensch                     | 32       | T   | 0,98      | 2 |
| Holz      |                            | 17       | SW  | 0,98      | 5 |
| Holz      |                            | 19       | LLW | 0,962     | 8 |
| Holz      | gehobelt                   | 20       | T   | 0,8–0,9   | 1 |
| Holz      | gehobelte Eiche            | 20       | T   | 0,90      | 2 |
| Holz      | gehobelte Eiche            | 70       | LW  | 0,88      | 9 |
| Holz      | gehobelte Eiche            | 70       | SW  | 0,77      | 9 |

| 1                            | 2  | 3                      | 4  | 5             | 6  |
|------------------------------|--|------------------------|----|---------------|----|
| Holz                         | geschmirgelt                               |                        | T  | 0,5–0,7       | 1  |
| Holz                         | Pinie, 4 verschiedene Muster               | 70                     | LW | 0,81–0,89     | 9  |
| Holz                         | Pinie, 4 verschiedene Muster               | 70                     | SW | 0,67–0,75     | 9  |
| Holz                         | Sperrholz, glatt, trocken                  | 36                     | SW | 0,82          | 7  |
| Holz                         | Sperrholz, unbehandelt                     | 20                     | SW | 0,83          | 6  |
| Holz                         | weiß, feucht                               | 20                     | T  | 0,7–0,8       | 1  |
| Kalk                         |  |                        | T  | 0,3–0,4       | 1  |
| Kohlenstoff                  | Grafit, Oberfläche gefeilt                 | 20                     | T  | 0,98          | 2  |
| Kohlenstoff                  | Grafitpulver                               |                        | T  | 0,97          | 1  |
| Kohlenstoff                  | Holzkohlepulver                            |                        | T  | 0,96          | 1  |
| Kohlenstoff                  | Kerzenruß                                  | 20                     | T  | 0,95          | 2  |
| Kohlenstoff                  | Lampenruß                                  | 20–400                 | T  | 0,95–0,97     | 1  |
| Krylon Ultra-flat black 1602 | Mattschwarz                                | Raumtemperatur bis 175 | LW | ungefähr 0,96 | 12 |
| Krylon Ultra-flat black 1602 | Mattschwarz                                | Raumtemperatur bis 175 | MW | ungefähr 0,97 | 12 |
| Kunststoff                   | Glasfaserlaminat (Leiterplatte)            | 70                     | LW | 0,91          | 9  |
| Kunststoff                   | Glasfaserlaminat (Leiterplatte)            | 70                     | SW | 0,94          | 9  |
| Kunststoff                   | Polyurethan-Isolierplatte                  | 70                     | LW | 0,55          | 9  |
| Kunststoff                   | Polyurethan-Isolierplatte                  | 70                     | SW | 0,29          | 9  |
| Kunststoff                   | PVC, Kunststoffboden, stumpf, strukturiert | 70                     | LW | 0,93          | 9  |
| Kunststoff                   | PVC, Kunststoffboden, stumpf, strukturiert | 70                     | SW | 0,94          | 9  |

| 1            | 2  | 3         | 4  | 5         | 6 |
|--------------|--|-----------|----|-----------|---|
| Kupfer       | elektrolytisch, hochglanzpoliert         | 80        | T  | 0,018     | 1 |
| Kupfer       | elektrolytisch, poliert                  | –34       | T  | 0,006     | 4 |
| Kupfer       | geschabt                                 | 27        | T  | 0,07      | 4 |
| Kupfer       | geschmolzen                              | 1100–1300 | T  | 0,13–0,15 | 1 |
| Kupfer       | kommerziell, glänzend                    | 20        | T  | 0,07      | 1 |
| Kupfer       | oxidiert                                 | 50        | T  | 0,6–0,7   | 1 |
| Kupfer       | oxidiert, dunkel                         | 27        | T  | 0,78      | 4 |
| Kupfer       | oxidiert, stark                          | 20        | T  | 0,78      | 2 |
| Kupfer       | oxidiert schwarz                         |           | T  | 0,88      | 1 |
| Kupfer       | poliert                                  | 50–100    | T  | 0,02      | 1 |
| Kupfer       | poliert                                  | 100       | T  | 0,03      | 2 |
| Kupfer       | poliert, kommerziell                     | 27        | T  | 0,03      | 4 |
| Kupfer       | poliert, mechanisch                      | 22        | T  | 0,015     | 4 |
| Kupfer       | rein, sorgfältig vorbereitete Oberfläche | 22        | T  | 0,008     | 4 |
| Kupferdioxid | Pulver                                   |           | T  | 0,84      | 1 |
| Kupferoxid   | rot, Pulver                              |           | T  | 0,70      | 1 |
| Lack         | 3 Farben auf Aluminium gesprüht          | 70        | LW | 0,92–0,94 | 9 |
| Lack         | 3 Farben auf Aluminium gesprüht          | 70        | SW | 0,50–0,53 | 9 |
| Lack         | Aluminium auf rauer Oberfläche           | 20        | T  | 0,4       | 1 |
| Lack         | Bakelit                                  | 80        | T  | 0,83      | 1 |
| Lack         | hitzebeständig                           | 100       | T  | 0,92      | 1 |
| Lack         | schwarz, glänzend, auf Eisen gesprüht    | 20        | T  | 0,87      | 1 |

| 1         | 2                                     | 3      | 4  | 5         | 6 |
|-----------|---------------------------------------|--------|----|-----------|---|
| Lack      | schwarz, matt                         | 100    | T  | 0,97      | 2 |
| Lack      | schwarz, stumpf                       | 40–100 | T  | 0,96–0,98 | 1 |
| Lack      | weiß                                  | 40–100 | T  | 0,8–0,95  | 1 |
| Lack      | weiß                                  | 100    | T  | 0,92      | 2 |
| Lacke     | 8 verschiedene Farben und Qualitäten  | 70     | LW | 0,92–0,94 | 9 |
| Lacke     | 8 verschiedene Farben und Qualitäten  | 70     | SW | 0,88–0,96 | 9 |
| Lacke     | Aluminium, unterschiedliches Alter    | 50–100 | T  | 0,27–0,67 | 1 |
| Lacke     | auf Ölbasis, Mittelwert von 16 Farben | 100    | T  | 0,94      | 2 |
| Lacke     | chromgrün                             |        | T  | 0,65–0,70 | 1 |
| Lacke     | kadmiumgelb                           |        | T  | 0,28–0,33 | 1 |
| Lacke     | kobaltblau                            |        | T  | 0,7–0,8   | 1 |
| Lacke     | Kunststoff, schwarz                   | 20     | SW | 0,95      | 6 |
| Lacke     | Kunststoff, weiß                      | 20     | SW | 0,84      | 6 |
| Lacke     | Öl                                    | 17     | SW | 0,87      | 5 |
| Lacke     | Öl, diverse Farben                    | 100    | T  | 0,92–0,96 | 1 |
| Lacke     | Öl, glänzend grau                     | 20     | SW | 0,96      | 6 |
| Lacke     | Öl, grau, matt                        | 20     | SW | 0,97      | 6 |
| Lacke     | Öl, schwarz, matt                     | 20     | SW | 0,94      | 6 |
| Lacke     | Öl, schwarz glänzend                  | 20     | SW | 0,92      | 6 |
| Leder     | gebräunt, gegerbt                     |        | T  | 0,75–0,80 | 1 |
| Magnesium |                                       | 22     | T  | 0,07      | 4 |
| Magnesium |                                       | 260    | T  | 0,13      | 4 |
| Magnesium |                                       | 538    | T  | 0,18      | 4 |

| 1                              | 2   | 3         | 4  | 5         | 6            |
|--------------------------------|---|-----------|----|-----------|--------------|
| Magnesium                      | poliert   | 20        | T  | 0,07      | 2            |
| Magnesiumpulver                |   |           | T  | 0,86      | 1            |
| Messing                        | abgerieben mit<br>80er-Schmirgelpa-<br>pier     | 20        | T  | 0,20      | 2            |
| Messing                        | Blech, gewalzt                                  | 20        | T  | 0,06      | 1            |
| Messing                        | Blech, mit Schmir-<br>gelpapier bearbei-<br>tet | 20        | T  | 0,2       | 1            |
| Messing                        | hochpoliert                                     | 100       | T  | 0,03      | 2            |
| Messing                        | oxidiert  | 70        | SW | 0,04–0,09 | 9            |
| Messing                        | oxidiert  | 70        | LW | 0,03–0,07 | 9            |
| Messing                        | oxidiert  | 100       | T  | 0,61      | 2            |
| Messing                        | oxidiert bei 600 °C                             | 200–600   | T  | 0,59–0,61 | 1            |
| Messing                        | poliert   | 200       | T  | 0,03      | 1            |
| Messing                        | stumpf, fleckig                                 | 20–350    | T  | 0,22      | 1            |
| Molybdän                       |   | 600–1000  | T  | 0,08–0,13 | 1            |
| Molybdän                       |   | 1500–2200 | T  | 0,19–0,26 | 1            |
| Molybdän                       | Faden   | 700–2500  | T  | 0,1–0,3   | 1            |
| Mörtel                         |   | 17        | SW | 0,87      | 5            |
| Mörtel                         | trocken   | 36        | SW | 0,94      | 7            |
| Nextel Velvet 811-<br>21 Black | Mattschwarz                                     | –60–150   | LW | > 0,97    | 10 und<br>11 |
| Nickel                         | Draht   | 200–1000  | T  | 0,1–0,2   | 1            |
| Nickel                         | elektrolytisch                                  | 22        | T  | 0,04      | 4            |
| Nickel                         | elektrolytisch                                  | 38        | T  | 0,06      | 4            |
| Nickel                         | elektrolytisch                                  | 260       | T  | 0,07      | 4            |
| Nickel                         | elektrolytisch                                  | 538       | T  | 0,10      | 4            |
| Nickel                         | galvanisiert, poliert                           | 20        | T  | 0,05      | 2            |
| Nickel                         | galvanisiert auf Ei-<br>sen, nicht poliert      | 20        | T  | 0,11–0,40 | 1            |

| 1             | 2                                     | 3         | 4  | 5         | 6 |
|---------------|---------------------------------------|-----------|----|-----------|---|
| Nickel        | galvanisiert auf Eisen, nicht poliert | 22        | T  | 0,11      | 4 |
| Nickel        | galvanisiert auf Eisen, poliert       | 22        | T  | 0,045     | 4 |
| Nickel        | hell matt                             | 122       | T  | 0,041     | 4 |
| Nickel        | oxidiert                              | 200       | T  | 0,37      | 2 |
| Nickel        | oxidiert                              | 227       | T  | 0,37      | 4 |
| Nickel        | oxidiert                              | 1227      | T  | 0,85      | 4 |
| Nickel        | oxidiert bei 600 °C                   | 200–600   | T  | 0,37–0,48 | 1 |
| Nickel        | poliert                               | 122       | T  | 0,045     | 4 |
| Nickel        | rein, poliert                         | 100       | T  | 0,045     | 1 |
| Nickel        | rein, poliert                         | 200–400   | T  | 0,07–0,09 | 1 |
| Nickelchrom   | Draht, blank                          | 50        | T  | 0,65      | 1 |
| Nickelchrom   | Draht, blank                          | 500–1000  | T  | 0,71–0,79 | 1 |
| Nickelchrom   | Draht, oxidiert                       | 50–500    | T  | 0,95–0,98 | 1 |
| Nickelchrom   | gewalzt                               | 700       | T  | 0,25      | 1 |
| Nickelchrom   | sandgestrahlt                         | 700       | T  | 0,70      | 1 |
| Nickeloxid    |                                       | 500–650   | T  | 0,52–0,59 | 1 |
| Nickeloxid    |                                       | 1000–1250 | T  | 0,75–0,86 | 1 |
| Öl, Schmieröl | 0,025-mm-Film                         | 20        | T  | 0,27      | 2 |
| Öl, Schmieröl | 0,050-mm-Film                         | 20        | T  | 0,46      | 2 |
| Öl, Schmieröl | 0,125-mm-Film                         | 20        | T  | 0,72      | 2 |
| Öl, Schmieröl | dicke Schicht                         | 20        | T  | 0,82      | 2 |
| Öl, Schmieröl | Film auf Ni-Basis:<br>nur Ni-Basis    | 20        | T  | 0,05      | 2 |
| Papier        | 4 verschiedene Farben                 | 70        | LW | 0,92–0,94 | 9 |
| Papier        | 4 verschiedene Farben                 | 70        | SW | 0,68–0,74 | 9 |
| Papier        | beschichtet mit schwarzem Lack        |           | T  | 0,93      | 1 |

| 1                | 2                               | 3         | 4  | 5         | 6 |
|------------------|---------------------------------|-----------|----|-----------|---|
| Papier           | dunkelblau                      |           | T  | 0,84      | 1 |
| Papier           | gelb                            |           | T  | 0,72      | 1 |
| Papier           | grün                            |           | T  | 0,85      | 1 |
| Papier           | rot                             |           | T  | 0,76      | 1 |
| Papier           | schwarz                         |           | T  | 0,90      | 1 |
| Papier           | schwarz, stumpf                 |           | T  | 0,94      | 1 |
| Papier           | schwarz, stumpf                 | 70        | LW | 0,89      | 9 |
| Papier           | schwarz, stumpf                 | 70        | SW | 0,86      | 9 |
| Papier           | weiß                            | 20        | T  | 0,7–0,9   | 1 |
| Papier           | weiß, 3 verschiedene Glanzarten | 70        | LW | 0,88–0,90 | 9 |
| Papier           | weiß, 3 verschiedene Glanzarten | 70        | SW | 0,76–0,78 | 9 |
| Papier           | weiß, gebunden                  | 20        | T  | 0,93      | 2 |
| Platin           |                                 | 17        | T  | 0,016     | 4 |
| Platin           |                                 | 22        | T  | 0,03      | 4 |
| Platin           |                                 | 100       | T  | 0,05      | 4 |
| Platin           |                                 | 260       | T  | 0,06      | 4 |
| Platin           |                                 | 538       | T  | 0,10      | 4 |
| Platin           |                                 | 1000–1500 | T  | 0,14–0,18 | 1 |
| Platin           |                                 | 1094      | T  | 0,18      | 4 |
| Platin           | Band                            | 900–1100  | T  | 0,12–0,17 | 1 |
| Platin           | Draht                           | 50–200    | T  | 0,06–0,07 | 1 |
| Platin           | Draht                           | 500–1000  | T  | 0,10–0,16 | 1 |
| Platin           | Draht                           | 1400      | T  | 0,18      | 1 |
| Platin           | rein, poliert                   | 200–600   | T  | 0,05–0,10 | 1 |
| Porzellan        | glasiert                        | 20        | T  | 0,92      | 1 |
| Porzellan        | weiß, leuchtend                 |           | T  | 0,70–0,75 | 1 |
| rostfreier Stahl | Blech, poliert                  | 70        | LW | 0,14      | 9 |

| 1                    | 2                                   | 3         | 4   | 5         | 6 |
|----------------------|-------------------------------------|-----------|-----|-----------|---|
| rostfreier Stahl     | Blech, poliert                      | 70        | SW  | 0,18      | 9 |
| rostfreier Stahl     | Blech, unbehandelt, etwas zerkratzt | 70        | LW  | 0,28      | 9 |
| rostfreier Stahl     | Blech, unbehandelt, etwas zerkratzt | 70        | SW  | 0,30      | 9 |
| rostfreier Stahl     | gewalzt                             | 700       | T   | 0,45      | 1 |
| rostfreier Stahl     | Legierung, 8 % Ni, 18 % Cr          | 500       | T   | 0,35      | 1 |
| rostfreier Stahl     | sandgestrahlt                       | 700       | T   | 0,70      | 1 |
| rostfreier Stahl     | Typ 18 – 8, glänzend                | 20        | T   | 0,16      | 2 |
| rostfreier Stahl     | Typ 18-8, oxidiert bei 800 °C       | 60        | T   | 0,85      | 2 |
| Sand                 |                                     |           | T   | 0,60      | 1 |
| Sand                 |                                     | 20        | T   | 0,90      | 2 |
| Sandstein            | poliert                             | 19        | LLW | 0,909     | 8 |
| Sandstein            | rau                                 | 19        | LLW | 0,935     | 8 |
| Schlacke             | Kessel                              | 0–100     | T   | 0,97–0,93 | 1 |
| Schlacke             | Kessel                              | 200–500   | T   | 0,89–0,78 | 1 |
| Schlacke             | Kessel                              | 600–1200  | T   | 0,76–0,70 | 1 |
| Schlacke             | Kessel                              | 1400–1800 | T   | 0,69–0,67 | 1 |
| Schmirgelpapier      | grob                                | 80        | T   | 0,85      | 1 |
| Schnee: Siehe Wasser |                                     |           |     |           |   |
| Silber               | poliert                             | 100       | T   | 0,03      | 2 |
| Silber               | rein, poliert                       | 200–600   | T   | 0,02–0,03 | 1 |
| Spanplatte           | unbehandelt                         | 20        | SW  | 0,90      | 6 |
| Stukkatur            | rau, gelbgrün                       | 10–90     | T   | 0,91      | 1 |
| Styropor             | Wärmedämmung                        | 37        | SW  | 0,60      | 7 |

| 1       | 2                                 | 3         | 4  | 5         | 6 |
|---------|-----------------------------------|-----------|----|-----------|---|
| Tapete  | leicht gemustert,<br>hellgrau     | 20        | SW | 0,85      | 6 |
| Tapete  | leicht gemustert,<br>rot          | 20        | SW | 0,90      | 6 |
| Teer    |                                   |           | T  | 0,79–0,84 | 1 |
| Teer    | Papier                            | 20        | T  | 0,91–0,93 | 1 |
| Titan   | oxidiert bei 540 °C               | 200       | T  | 0,40      | 1 |
| Titan   | oxidiert bei 540 °C               | 500       | T  | 0,50      | 1 |
| Titan   | oxidiert bei 540 °C               | 1000      | T  | 0,60      | 1 |
| Titan   | poliert                           | 200       | T  | 0,15      | 1 |
| Titan   | poliert                           | 500       | T  | 0,20      | 1 |
| Titan   | poliert                           | 1000      | T  | 0,36      | 1 |
| Ton     | gebrannt                          | 70        | T  | 0,91      | 1 |
| Tuch    | schwarz                           | 20        | T  | 0,98      | 1 |
| Wasser  | destilliert                       | 20        | T  | 0,96      | 2 |
| Wasser  | Eis, bedeckt mit<br>starkem Frost | 0         | T  | 0,98      | 1 |
| Wasser  | Eis, glatt                        | -10       | T  | 0,96      | 2 |
| Wasser  | Eis, glatt                        | 0         | T  | 0,97      | 1 |
| Wasser  | Frostkristalle                    | -10       | T  | 0,98      | 2 |
| Wasser  | Schicht >0,1 mm<br>dick           | 0–100     | T  | 0,95–0,98 | 1 |
| Wasser  | Schnee                            |           | T  | 0,8       | 1 |
| Wasser  | Schnee                            | -10       | T  | 0,85      | 2 |
| Wolfram |                                   | 200       | T  | 0,05      | 1 |
| Wolfram |                                   | 600–1000  | T  | 0,1–0,16  | 1 |
| Wolfram |                                   | 1500–2200 | T  | 0,24–0,31 | 1 |
| Wolfram | Faden                             | 3300      | T  | 0,39      | 1 |
| Ziegel  | Aluminiumoxid                     | 17        | SW | 0,68      | 5 |

| 1      | 2   | 3         | 4  | 5         | 6 |
|--------|---|-----------|----|-----------|---|
| Ziegel | Dinas-Siliziumoxid, Feuerfestprodukt                                    | 1000      | T  | 0,66      | 1 |
| Ziegel | Dinas-Siliziumoxid, glasiert, rau                                       | 1100      | T  | 0,85      | 1 |
| Ziegel | Dinas-Siliziumoxid, unglasiert, rau                                     | 1000      | T  | 0,80      | 1 |
| Ziegel | Feuerfestprodukt, Korund  | 1000      | T  | 0,46      | 1 |
| Ziegel | Feuerfestprodukt, Magnesit  | 1000–1300 | T  | 0,38      | 1 |
| Ziegel | Feuerfestprodukt, schwach strahlend                                     | 500–1000  | T  | 0,65–0,75 | 1 |
| Ziegel | Feuerfestprodukt, stark strahlend                                       | 500–1000  | T  | 0,8–0,9   | 1 |
| Ziegel | Feuerziegel   | 17        | SW | 0,68      | 5 |
| Ziegel | glasiert  | 17        | SW | 0,94      | 5 |
| Ziegel | Mauerwerk   | 35        | SW | 0,94      | 7 |
| Ziegel | Mauerwerk, verputzt   | 20        | T  | 0,94      | 1 |
| Ziegel | normal  | 17        | SW | 0,86–0,81 | 5 |
| Ziegel | rot, normal   | 20        | T  | 0,93      | 2 |
| Ziegel | rot, rau  | 20        | T  | 0,88–0,93 | 1 |
| Ziegel | Schamotte   | 20        | T  | 0,85      | 1 |
| Ziegel | Schamotte   | 1000      | T  | 0,75      | 1 |
| Ziegel | Schamotte   | 1200      | T  | 0,59      | 1 |
| Ziegel | Silizium, 95 % SiO <sub>2</sub>   | 1230      | T  | 0,66      | 1 |
| Ziegel | Sillimanit, 33 % SiO <sub>2</sub> , 64 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1500      | T  | 0,29      | 1 |
| Ziegel | wasserfest  | 17        | SW | 0,87      | 5 |

23 – Emissionstabellen

| 1    | 2                    | 3         | 4 | 5         | 6 |
|------|----------------------|-----------|---|-----------|---|
| Zink | Blech                | 50        | T | 0,20      | 1 |
| Zink | oxidiert bei 400 °C  | 400       | T | 0,11      | 1 |
| Zink | oxidierte Oberfläche | 1000–1200 | T | 0,50–0,60 | 1 |
| Zink | poliert              | 200–300   | T | 0,04–0,05 | 1 |

---

**A note on the technical production of this publication**

This publication was produced using XML—the *eXtensible Markup Language*. For more information about XML, please visit <http://www.w3.org/XML/>

**A note on the typeface used in this publication**

This publication was typeset using Swiss 721, which is Bitstream's pan-European version of the Helvetica™ typeface. Helvetica™ was designed by Max Miedinger (1910–1980).

**List of effective files**

20235102.xml b18  
20235202.xml b14  
20235302.xml b12  
20236702.xml b26  
20237102.xml b12  
20238502.xml a10  
20238702.xml a7  
20250402.xml a17  
20254903.xml a67  
20257002.xml a22  
20257102.xml a7  
20257302.xml a14  
20279802.xml a6  
20286102.xml a1  
20286202.xml a1  
20286402.xml a1  
20286502.xml a1  
20286602.xml a1  
20286702.xml a1  
20286802.xml a1  
20286902.xml a1  
20287302.xml a5  
20287402.xml a1  
20292402.xml a2  
20295402.xml a1  
20295502.xml a1  
R128.rcp a4  
config.xml a5







**Corporate Headquarters**

FLIR Systems, Inc.  
27700 SW Parkway Avenue  
Wilsonville, OR 97070  
USA

Telephone: +1-800-727-3547  
Website: <http://www.flir.com>