



Sariana Kunze,  
Redakteurin  
sariana.kunze@  
vogel.de

Dias Infrared stellt auf der Sensor+Test in Halle 5, Stand 115 in Nürnberg aus.

# Berührungslos messen

**Temperaturmesstechnik** In industriellen Prozessen macht berührungslose Temperaturmessung überall dort Sinn, wo es heiß, gefährlich oder schwer zugänglich ist. Dieser Beitrag beschreibt wesentliche Grundlagen sowie Beispiele für Geräte und Einsatzgebiete.

**Katrin Schindler\***



Bild: Dias

Für Messobjekte im Raumtemperaturbereich ist der Spektralbereich von 8  $\mu\text{m}$  bis 14  $\mu\text{m}$  (langwelliges Infrarot LWIR) von besonderem Interesse, weil hier die umgebende Atmosphäre eine hohe Transparenz aufweist (atmosphärisches Fenster). Für die Messung höherer Temperaturen sind die Wellenlängenbereiche zwischen 3  $\mu\text{m}$  und 5  $\mu\text{m}$  (MWIR) und 0,8  $\mu\text{m}$  bis 1,1  $\mu\text{m}$  bzw. 1,4  $\mu\text{m}$  bis 1,8  $\mu\text{m}$  (NIR bzw. SWIR) wichtig.

## Emissionsgrad von großer Bedeutung

Für eine korrekte berührungslose Temperaturmessung ist der Emissionsgrad von wesentlicher Bedeutung. Er kann an den meisten Infrarot-Temperaturmessgeräten eingestellt werden. Sein Maximalwert ist 1. Der minimal wählbare Wert beträgt oft 0,1. Der konkret einzustellende Wert kann Tabellenwerken entnommen oder beispielsweise durch eine berührende Vergleichstemperaturmessung ermittelt werden. Grundsätzlich gilt, dass zur Minimierung emissionsgradbedingter Temperaturmessfehler so kurzwellig wie möglich gemessen werden sollte oder Spektralbereiche zur Anwendung kommen, in denen das Messobjekt einen besonders hohen Emissionsgrad aufweist. Soll zum Beispiel eine Temperatur von 800 °C gemessen werden, so beträgt bei einer Fehleinstellung des Emissionsgrades um nur 1 % der Temperaturmessfehler bei einem zwischen 8  $\mu\text{m}$  und 14  $\mu\text{m}$  (LWIR) arbeitenden Infrarot-Temperaturmessgerät bereits über 6 K, bei Verwendung eines Spektralbereiches von 0,8  $\mu\text{m}$  bis 1,1  $\mu\text{m}$  (nahes Infrarot NIR) dage-

▲ Die Wärmebildkamera Pyroview Compact+ verfügt über eine hohe thermische und räumliche Auflösung.

Die Temperaturmessung ist in der Industrie zur Prozesskontrolle, Prozesssteuerung, Prozessautomatisierung und zur Qualitätskontrolle notwendig. Überall dort, wo Temperaturen beispielsweise an schwer zugänglichen, bewegten, aggressiven oder sehr heißen Objekten gemessen werden müssen, kommt die berührungslose Infrarot-Temperaturmesstechnik zur Anwendung. Beispiele sind in der Metall-, Glas-, Kunststoff-, Halbleiter- und Solarindustrie, aber auch in der Brandfrüherkennung und Feuerraumüberwachung zu finden.

## Die Grundlage: Das Plancksche Strahlungsgesetz

Jedes Objekt mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunktes emittiert eine natürliche elektromagnetische Strahlung. Die

abgegebene Strahlung ist gemäß dem Planckschen Strahlungsgesetz von der Temperatur des strahlenden Objektes und der Wellenlänge abhängig. Weiterhin wird sie vom Emissionsgrad des Messobjektes beeinflusst. Die Grafik auf Seite 28 zeigt die spektrale spezifische Ausstrahlung eines sogenannten schwarzen Strahlers (Emissionsgrad = 1) in Abhängigkeit von der Wellenlänge und der Temperatur (in K) des strahlenden Objektes. Im Bereich der Raumtemperatur liegt das Maximum der ausgesandten Strahlung bei Wellenlängen um 10  $\mu\text{m}$ . Bei höher werdenden Messtemperaturen verschiebt sich das Strahlungsmaximum zu niedrigeren Wellenlängen. Die Hauptanteile der Strahlung praktisch relevanter Messobjekte liegen in dem für das menschliche Auge nicht sichtbaren infraroten Wellenlängenbereich zwischen etwa 0,8  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$ .

\*Katrin Schindler, Marketing Managerin, Dias Infrared

gen nur weniger als 1 K. Ein Beispiel für einen geeigneten messobjektspezifischen Spektralbereich ist der Wellenlängenbereich 4,8 µm bis 5,2 µm, wo viele Gläser einen besonders hohen Emissionsgrad haben.

**Faktoren, die die Messung beeinflussen**

Nicht- oder geringtransparente Messobjekte mit niedrigem Emissionsgrad haben aus physikalischen Gründen eine hohe Strahlungsreflexion. Das kann dazu führen, dass durch Einspiegelung von Umgebungsstrahlung Messfehler entstehen. Bewegte Objekte können ebenfalls zu Temperaturmessfehlern führen. Die Zeitkonstante des Infrarot-Sensors oder das dynamische Verhalten der Auswertelektronik müssen hier entsprechend gewählt werden. Die berührungslose Erfassung von Temperaturen mit Hilfe der Infrarotmesstechnik hat sich in den letzten Jahren besonders stark entwickelt. Geräte zur punktförmigen Temperaturmessung, sogenannte Pyrometer oder Strahlungs-

Quelle: Dias Infrared

TEMPERATURBEREICH	SPEKTRALBEREICH	ANWENDUNGSBEISPIELE
-20 °C bis 500 °C	8 µm bis 14 µm	Nichtmetalle, beschichtete Metalle
200 °C bis 1250 °C	4,8 µm bis 5,2 µm	Glasoberflächen
600 °C bis 1250 °C	um 3,9 µm	Messung durch Flammen und Verbrennungsgase
100 °C bis 500 °C	3 µm bis 5 µm	Keramik, Metalle
300 °C bis 1200 °C	1,4 µm bis 1,8 µm	Metalle, Keramik, Graphit
600 °C bis 3000 °C	0,8 µm bis 1,1 µm	Metalle, Glasschmelzen

thermometer, gibt es in unterschiedlichsten Ausführungsformen. Temperatur- und Spektralbereiche, Messgeschwindigkeiten, Gehäusevarianten, analoge und digitale Schnittstellen sowie Messfleckgeometrien können optimal an die konkrete Anwendung angepasst werden. Das Angebotsspektrum hat sich in den letzten Jahren weiter vergrößert, wobei erhebliche Unterschiede in Qualität und Preis festzu-

stellen sind. Eine rasante Entwicklung fand und findet auf dem Gebiet der Wärmebildkameras statt. Durch große technische Fortschritte bei ungekühlten Infrarot-Bildsensoren – speziell sogenannte Mikrobolometer – sind heute viele portable Wärmebildkameras zur berührungslosen Temperaturmessung auf dem Markt. Für die Temperaturmessung in industriellen Prozessen gibt es heute ebenfalls ein großes Spekt-

◀ Welche Spektral- und Temperaturbereiche sollten gewählt werden? Die Übersicht zeigt typische Temperaturmessbereiche, zugehörige messtechnisch sinnvolle Spektralbereiche und Anwendungsbeispiele.

► Wellenlängenabhängigkeit der spektralen Ausstrahlung eines schwarzen Strahlers (Plancksches Strahlungsgesetz).

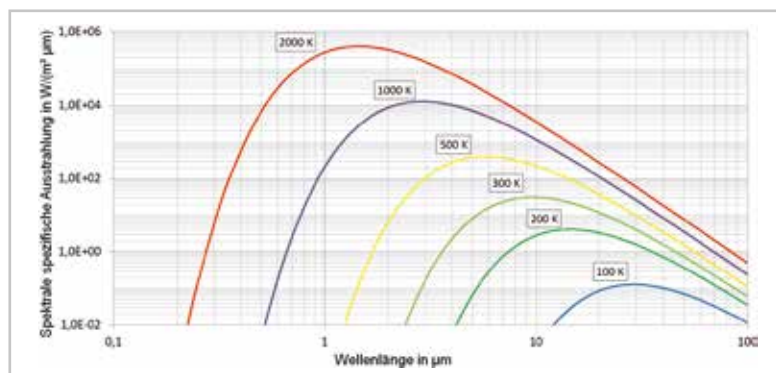


Bild: Dias Infrared

► Resultierender Temperaturmessfehler bei einem Emissionsgradfehler von 1 %.

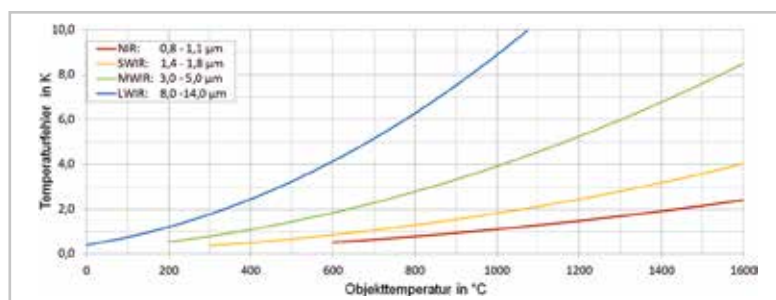


Bild: Dias Infrared

## INFRAROTKAMERAS

### Integrierter Web-Server erweitert Funktionsumfang

In Zeiten von Digitalisierung, IoT und Industrie 4.0 bieten auch Hersteller von Infrarot-Temperaturmesstechnik neue Funktionen und erweiterte Nutzungsmöglichkeiten an. Dias-Wärmebildkameras Pyroview und IR-Linienkameras Pyroline nutzen das Internetprotokoll (IP) für die Übertragung von Messdaten, aber auch für das Controlling der Kameras sowie für Service und Wartung. Insbesondere für die letzten beiden Funktionen steht bei Dias Infrared ein eingebauter Web-Server zur Verfügung, der parallel zur Messdatenerfassung von jedem Webbrowser aufgerufen werden kann. Der built-in Web-Server stellt eine Reihe von Funktionen zur Verfügung, die für den Anwender Vorteile bieten:

- Informationen über die technischen Daten und den aktuellen Betriebszustand der Kamera: Treten hier Unregelmäßigkeiten auf oder kommt es zu Problemen, kann direkt eingegriffen werden.
- Aktuelle Ergebnisse der Selbstüberwachung (camera health): Dias-Infrarotkameras melden selbstständig, ob bestimmte Wartungen nötig sind oder Fehlfunktionen vorliegen. Sollte das der Fall sein, gibt es über den integrierten Web-Server beispielsweise die Möglichkeit einer Fernwartung. Ebenfalls ist es möglich, per Remote ein Firmware-Update einzuspielen.
- Anzeige des Infrarotbildes: Das IR-Bild des aktuellen Prozesses wird im Web-Server dargestellt.
- Einstellungen (zugangsgeschützt): Bestimmte Einstellungen am Gerät können ebenfalls vorgenommen werden. Aus Sicherheitsgründen erfolgt das passwortgeschützt.
- Service/Kalibrierinformationen: Ist ein bestimmtes Serviceintervall erreicht oder muss eine Dias-Kamera zur Kalibrierung geschickt werden, wird diese Information mit den nötigen Schritten angezeigt.
- Technische Dokumentation/Manuals zum Download: Anleitungen und technische Dokumentationen sind papierlos im integrierten Web-Server hinterlegt.

Für die Dias-Infrarotkameras wird keine Spezialsoftware benötigt. Die Informationen können von jedem Web-Browser zu jeder Zeit abgerufen und administriert werden, was Abläufe schlank hält und vereinfacht.

rum an stationären Wärmebildkameras. „Sich als Unternehmen in diesem High-Tech-Wettbewerb zu behaupten, verlangt hohe technologische Kompetenz, ein ausgeprägtes Kundenverständnis und Flexibilität“, erläutert Prof. Günter Hofmann, einer der Geschäftsführer von Dias Infrared. Das Unternehmen ist bereits seit über 25 Jahren auf diesem Gebiet tätig. „Unser Fokus liegt vorrangig auf dem Gebiet der industriellen Prozessmesstechnik und verwandten Gebieten“, ergänzt Hofmann. Vermehrt werden kundenspezifische Systemlösungen nachgefragt, die aus einer individuell auf das Messproblem zugeschnittenen Mischung aus Wärmebildgeräten, Pyrometern sowie kundenspezifischer Soft- und Hardware bestehen, so das Unternehmen.

Die Brandfrüherkennung ist hier ein sehr gutes Beispiel. Mit Hilfe von Wärmebildkameras erfolgt eine kontinuierliche, automatische Temperaturmessung. Glimmnester oder Schweißbrände werden frühzeitig erkannt und können beseitigt werden. Dias Infrared hat dazu das System Pyroview FDS entwickelt, bestehend aus Infrarotkameras mit ergänzender Hardware und einem Softwarepaket, das je nach Kundenanforderung angepasst und erweitert wird. Im Alarmfall verfärben sich die Bereiche des Thermografiebildes, wenn die zuvor definierte Temperatur überschritten wird. Das System kann aktiv durch Fachpersonal gesteuert werden, aber auch automatisiert einen möglichen Brandherd an die Feuerwehr melden.

Eine Entwicklung im Bereich stationäre Wärmebildkameras ist die Pyroview 768N für Hochtemperaturanwendungen, die vor allem in der Metall-, Glas und Zementindustrie zu finden sind. Die Besonderheit der Infrarotkamera liegt laut Hersteller in dem großen durchgängigen Messbereich von 600 °C bis 1.500 °C, optional sogar bis 3.000 °C. Dadurch entfällt das Umschalten der Messbereiche während des Betriebs, wie es bei vergleichbaren Modellen der Fall ist. Die Wärmebildkamera wird für Aufgaben in der Prozesssteuerung- und überwachung sowie Qualitätskontrolle eingesetzt. Abschließend ist festzuhalten, dass jeder Einsatz von berührungsloser Temperaturmesstechnik durch die verschiedenen beeinflussenden Faktoren gründlich geplant werden muss. Eine entsprechende Beratung ist in den meisten Fällen sinnvoll, um mögliche Messfehler und Fehlanpassungen im Vorfeld zu vermeiden bzw. auszuschließen. [kun]