

Einführung in Infrarot-Pyrometer

Wo werden Infrarot-Pyrometer eingesetzt?

Infrarot-Pyrometer eignen sich besonders für den Einsatz in Applikationen, in denen konventionelle Sensoren nicht verwendet werden können. Dies gilt für bewegliche Objekte wie Walzen oder Förderbänder, aber auch überall dort, wo aufgrund von Kontamination oder anderen Störeinflüssen (z. B. hohe Spannungen) eine kontaktlose Messung erforderlich ist. Ebenso ist die IR-Meßtechnik prädestiniert für Anwendungen, in denen sich Thermoelemente und andere, auf Kontakt mit dem Objekt basierende Fühler durch große Entfernungen oder zu hohe Temperaturen nur schwierig einsetzen lassen.

Was ist bei der Auswahl von IR-Pyrometern zu beachten?

Wichtige Auswahlkriterien für Infrarot-Thermometer sind das Sichtfeld (Größe und Entfernung des Meßobjekts), die Art der zu messenden Oberfläche (Emissionsfaktor), Spektralkennlinie (Umgebungseinflüsse und Filter), Temperaturbereich und Montageart (tragbares oder stationäres Gerät). Weitere Kriterien sind Ansprechzeit, Meßumgebung, Sichtlinie zum Objekt und gewünschte Signalverarbeitungs-Funktionen.

Sichtfeld

Was bedeutet "Sichtfeld", und warum ist es wichtig?

Als Sichtfeld wird die Fläche bezeichnet, die das Instrument bei einer gegebenen Entfernung aufgrund seiner Optik erfaßt. Um eine genaue Temperaturmessung zu erhalten, muß das Meßobjekt das Sichtfeld des Thermometers vollständig ausfüllen. Infrarot-Thermometer messen die durchschnittliche Temperatur der gesamten Oberfläche, die sich im Sichtfeld befindet. Wenn außer dem Meßobjekt andere Objekte im Sichtfeld liegen, geht deren Temperatur mit in die Messung ein und führt zu einem Meßfehler.

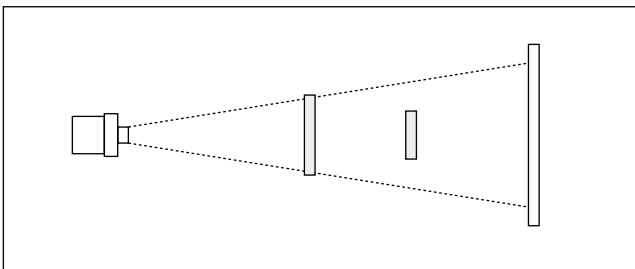


Abbildung 1. Sichtfeld

Die meisten IR-Thermometer für allgemeine Anwendungen haben eine Brennweite zwischen 50 bis 150 cm. Die Brennweite ist die Entfernung, in welcher der Meßfleck die Mindestgröße aufweist. Als Beispiel hat ein Instrument mit einem Entfernungs/Meßfleck-Verhältnis von 120:1 und einer Brennweite von 152 cm bei einer Entfernung von 152 cm eine Mindestgröße des Meßflecks von ca. 1,27 cm. Instrumente mit kurzer Brennweite erreichen die Mindestgröße des Meßflecks bei Entfernungen zwischen 0,5 bis 30 cm. Umgekehrt gibt es auch IR-Thermometer mit besonders langer Brennweite, die für Messungen auf einen Abstand von 150 Metern fokussiert sind.

Emissionsfaktor

Was ist ein Emissionsfaktor, und welche Bedeutung hat er für die IR-Temperaturmessung?

Der Emissionsfaktor ist definiert als das Verhältnis der von einem Objekt bei gegebener Temperatur abgestrahlten Energie und der Energie, die ein idealer Strahlungskörper bei dieser Temperatur abstrahlen würde. Der Emissionsfaktor des idealen Strahlungskörpers, der als schwarzer Körper oder Schwarz-

körper bezeichnet wird, beträgt 1,0. Der Emissionsfaktor kann einen beliebigen Wert zwischen 0,0 und 1,0 annehmen.

Der Emissionsfaktor ist eine wichtige Einflußgröße bei der Infrarot-Temperaturmessung. In Zusammenhang mit dem Emissionsfaktor sind der Reflexionsfaktor R und der Transmissionsfaktor T zu nennen. Sie geben die Fähigkeit des Objekts an, Infrarotenergie zu reflektieren (R) bzw. durchzulassen (T). Die Gesamtenergie, die das IR-Thermometer mißt, ist die Summe dieser drei Anteile.

$$E + T + R = 1,0$$

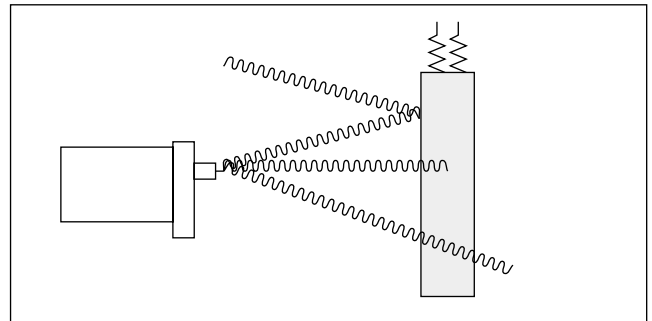


Abbildung 2. Am Thermometer auftreffende IR-Strahlung

Die ideale Oberfläche für die Infrarot-Messung ist ein perfekter Strahlungskörper, mit einem Emissionsfaktor von 1,0. In der Praxis sind die meisten Meßobjekte jedoch keine idealen Strahlungskörper, sondern reflektieren zu einem gewissen Anteil IR-Strahlung und/oder sind für diese durchlässig. Daher bieten die meisten IR-Thermometer eine Einstellmöglichkeit, um diesen Einfluß des Emissionsfaktors zu kompensieren. Allgemein kann gesagt werden, daß eine genaue Temperaturmessung durch Messung der IR-Strahlung umso einfacher erreicht werden kann, je größer der Emissionsfaktor des Meßobjekts ist. Objekte mit sehr kleinem Emissionsfaktor (unter 0,2) sind sehr schwierig zu messen. Einige polierte, glänzende Metallflächen wie Aluminium reflektieren IR-Strahlung so stark, daß eine genaue Temperaturmessung nach diesem Verfahren nicht immer möglich ist.

Dem Reflexionsfaktor kommt in der Praxis eine größere Bedeutung zu als dem Transmissionsfaktor, mit Ausnahme einiger weniger Applikationen wie z. B. die Messung von



dünnen Kunststoff-Folien. Die meisten organischen Materialien (wie Holz, Textilien oder auch Kunststoffe) haben einen Emissionsfaktor von ca. 0,95. Auch bei rauhen oder lackierten Flächen liegt der Emissionsfaktor zumeist im oberen Bereich.

Mögliche Verfahren zur Bestimmung des Emissionsfaktors

Je nach geforderter Genauigkeit gibt es verschiedene Verfahren, um den Emissionsfaktor eines gegebenen Objekts zu ermitteln.

1. Heizen Sie ein Muster des Meßobjekts auf und messen Sie die Temperatur mit einem genauen Fühler. Stellen Sie anschließend den Emissionsfaktor des IR-Thermometers so ein, daß die gemessene Temperatur angezeigt wird.
2. Bei Temperaturen bis ca. 250°C kann das Meßobjekt mit einem Klebeband mit bekanntem Emissionsfaktor abgedeckt werden. Messen Sie die Temperatur, nachdem das Band die Temperatur des Meßobjekts angenommen hat. Anschließend kann das Band abgezogen werden und der Emissionsfaktor so eingestellt werden, daß die vorher gemessene Temperatur angezeigt wird.
3. Zur Messung höherer Temperaturen eignet sich ein in das Objekt gebohrtes Loch als Quasi-Schwarzkörper. Das Bohrloch hat einen Emissionsfaktor von 1,0. Messen Sie zunächst die Temperatur des Bohrlochs, oder genauer formuliert, der Luft in diesem Loch. Anschließend kann das Objekt gemessen und der Emissionsfaktor so eingestellt werden, daß die gleiche Temperaturanzeige erhalten wird.
4. Wenn das Meßobjekt mit einem matten, schwarzen Lack lackiert wird, erhalten Sie ebenfalls einen Emissionsfaktor von ca. 1,0. Messen Sie zunächst die Temperatur des lackierten Bereichs. Anschließend kann das Objekt gemessen und der Emissionsfaktor so eingestellt werden, daß die gleiche Temperaturanzeige erhalten wird.
5. Für viele Materialien gibt es standardisierte Emissionsfaktoren. Entnehmen Sie den Emissionsfaktor des Meßobjekts einer entsprechenden Tabelle und stellen Sie den Wert am Instrument ein. (Eine Aufstellung vieler gebräuchlicher Materialien finden Sie auf den Seiten 24 und 25.)



Spektralkurve

Was ist die Spektralkurve, und wie wirkt sie sich auf die Messung aus?

Die Spektralkurve eines Instruments gibt an, welchen Ausschnitt des IR-Spektrums das Instrument mißt. Instrumente für allgemeine Anwendungen und Temperaturen bis 550°C arbeiten mit einem Breitband-Filter im Bereich von 8 bis 14 μ , da in diesem Bereich atmosphärische Einflüsse nicht in den Meßwert eingehen. Einige Geräte sind mit einem breitbandigen Filter von 8 bis 20 μ ausgestattet. Sie werden für Nahbereichs-Messungen verwendet, da mit zunehmender Entfernung zum Meßobjekt der Einfluß der Umgebungsluft (zwischen Instrument und Objekt) wächst. Daneben gibt es eine Reihe von Thermometern, die durch den Einsatz spezieller Filter für eine gegebene Aufgabenstellung abgestimmt sind. Für spezielle Aufgabenstellungen stehen Instrumente mit einer auf die Applikation zugeschnittenen Ansprechkurve zur Verfügung.



Ein Beispiel ist ein Tiefpass-Filter (2,2 oder 3,8 μ), der für die Messung durch Luft, Flammen und Gase hindurch verwendet wird. Höhere Temperaturen oberhalb von 800°C werden üblicherweise mit einem Filter für 2,1 bis 2,3 μ gemessen. Zur Messung dünner Kunststoff-Folien wird ein Filter für 7,9 μ oder 3,43 μ eingesetzt, der den durch Transmission entstehenden Meßfehler stark reduziert.

Was ist bei der Messung durch Glas hindurch zu beachten?

Der Transmissionsfaktor des Glases ist entscheidend. Die Spektralkurve des Thermometers muß so gewählt sein, daß das Glas in diesem Bereich zumindest überwiegend transparent für die IR-Strahlung ist. In der Praxis bedeutet dies, daß nur höhere Temperaturen gemessen werden können. Eine mangelnde Transparenz des Glases führt zu einem Meßfehler, da das IR-Thermometer dann effektiv einen Mittelwert der Objekt- und der Glastemperatur anzeigt.

Montage

Welche Bauformen gibt es?

Infrarot-Thermometer werden als tragbare und als stationäre Ausführungen angeboten. Zur kontinuierlichen Überwachung in Prozeßumgebungen wird in aller Regel ein stationäres Instrument gewählt werden, das mit Netzspannung betrieben wird und fest auf einen bestimmten Punkt gerichtet ist. Die Anzeige kann im Gerät integriert oder extern installiert sein. Stationäre Instrumente verfügen häufig über einen Analogausgang, der zur Anzeige oder Regelung verwendet wird.

Batterie-betriebene tragbare Instrumente werden primär in der Wartung, Diagnose, Qualitätssicherung oder anderen nicht regelmäßigen Messungen eingesetzt. Aufgrund dieser Aufgabenstellung ist ein Analogausgang oft nicht erforderlich.

Ansprechzeit

Welche anderen Aspekte sollte ich bei der Auswahl meines Infrarot-Meßsystems berücksichtigen?

Zunächst muß das Instrument schnell genug ansprechen, um eine genaue Aufzeichnung oder Regelung der Temperatur zu ermöglichen. Typische Ansprechzeiten liegen im Bereich von 0,1 bis 1 Sekunde. Daneben muß sich das Instrument natürlich für die vorliegenden Umgebungs- und Temperaturbedingungen eignen. Weiterhin sind mechanische Gegebenheiten zu beachten, wie etwa die Montagemöglichkeiten am Installationsort oder ob das Meßobjekt direkt oder durch ein Fenster anvisiert wird. Schließlich sind die erforderlichen Signalverarbeitungs-Funktionen in Betracht zu ziehen.