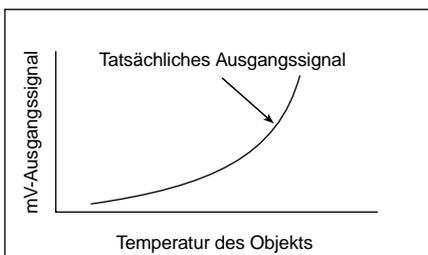


Infrarot-Thermoelemente und deren Funktionsprinzip

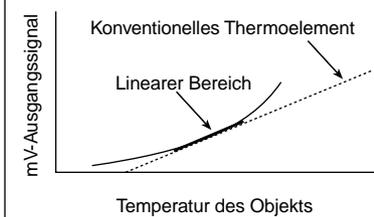
Eine Einführung

Infrarot-Thermoelement – eine revolutionäre neue Technologie zur Messung der Temperatur

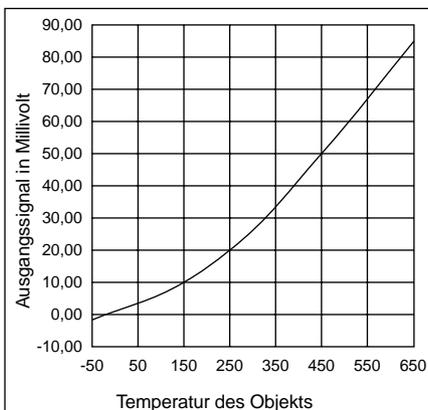
Die Produktreihe der Infrarot-Thermoelemente stellt einen dramatischen Durchbruch in der Temperaturmeßtechnik dar. Diese Sensoren arbeiten ohne externe Spannungsversorgung, sind preisgünstig und messen die Oberflächentemperatur kontaktlos. Sie können direkt an konventionelle Regler, SPS, Transmitter, Schreiber und andere Instrumente mit Thermoelement-Eingang angeschlossen werden.



Das tatsächliche Ausgangssignal eines IR-Thermoelements kann durch ein Polynom vierter Ordnung der Objekttemperatur angenähert werden. Diese Beziehung basiert auf der Strahlungsphysik und stellt keine Einschränkung des Infrarot-Thermoelements dar.



Der lineare Bereich entspricht mit einer spezifizierten Toleranz einem konventionellen Thermoelement.



Das Modell OS36-K-80 hat einen 2% Linearitätsbereich, der um eine Temperatur von 27° zentriert ist, gibt jedoch bis zu einer Temperatur von 650°C ein reproduzierbares Ausgangssignal aus.

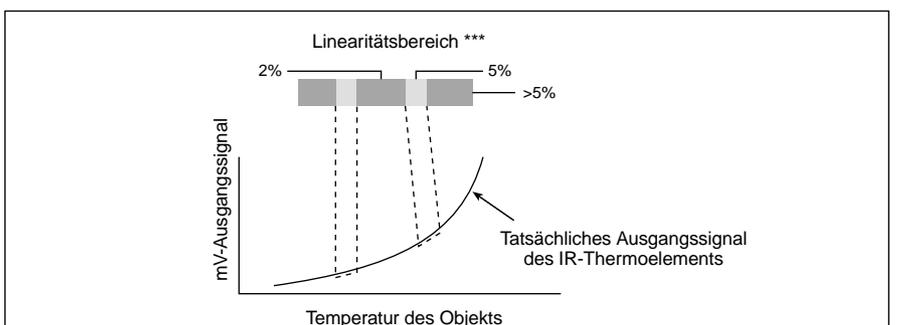
Wie wird die Temperatur gemessen?

Alle IR-Thermoelemente verfügen über ein Infrarot-Detektorsystem, das die Wärmeenergie mißt, die ein anvisiertes Objekt ausstrahlt, und diese Energie passiv in ein elektrisches Signal umsetzt. Das resultierende Millivolt-Signal wird entsprechend der Kennlinie des gewünschten Thermoelements skaliert und ausgegeben.

Da alle Infrarot-Thermoelemente ohne Hilfsenergie arbeiten und ausschließlich von der auftreffenden IR-Strahlung abhängig sind, um das elektrische Signal durch einen thermoelektrischen Effekt zu erzeugen, folgt das Signal den Regeln der Thermophysik und ist prinzipiell einigen nicht-linearen

Einflüssen unterworfen, die diesem Prozeß innewohnen.

Über einen gewissen Temperaturbereich ist das Ausgangssignal des IR-Thermoelements jedoch ausreichend linear, um anstelle des Signals eines konventionellen Thermoelements eingesetzt zu werden. Wenn beispielsweise eine Linearitäts-Übereinstimmung von 2% spezifiziert wird, führt dies zu einem Temperaturbereich, in dem das IR-Thermoelement ein Signal ausgibt, das innerhalb von 2% des Signals eines konventionellen Thermoelements liegt. Eine Linearitäts-Übereinstimmung (oder kurz ein Linearitätsbereich) von 5% führt zu einem etwas größeren Temperaturbereich. Dieser Zusammenhang wird in der folgenden Abbildung verdeutlicht.



Temperatúrauswahl-Übersicht

Sensor	Typ	Temperatur
*	**	220°C
*	**	170°C
*	**	140°C
*	**	120°C
*	**	90°C
*	**	60°C
*	**	37°C
*	**	27°C
*	**	10°C

Temperaturbereich	Lineartoleranz
0°C - 220°C	±0,2°C (35,4 – 39,4°C), ±0,3° (25-40°C)
0°C - 170°C	±0,2°C (35,4 – 39,4°C), ±0,3° (25-40°C)
0°C - 140°C	±0,2°C (35,4 – 39,4°C), ±0,3° (25-40°C)
0°C - 120°C	±0,2°C (35,4 – 39,4°C), ±0,3° (25-40°C)
0°C - 90°C	±0,2°C (35,4 – 39,4°C), ±0,3° (25-40°C)
0°C - 60°C	±0,2°C (35,4 – 39,4°C), ±0,3° (25-40°C)
0°C - 37°C	±0,2°C (35,4 – 39,4°C), ±0,3° (25-40°C)
0°C - 27°C	±0,2°C (35,4 – 39,4°C), ±0,3° (25-40°C)
0°C - 10°C	±0,2°C (35,4 – 39,4°C), ±0,3° (25-40°C)

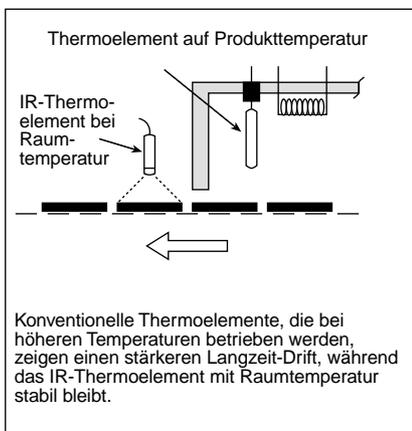
* OS36, OS36-2 oder OS36-5
** Typ J, K, E oder T
*** Linearitätsbereich (s. o.)

Alle Infrarot-Thermoelemente sind für eine optimale Genauigkeit in dem Bereich ausgelegt, in dem die größte Linearitäts-Übereinstimmung zu konventionellen Thermoelementen gegeben ist. Natürlich können die IR-Thermoelemente auch außerhalb dieses Bereichs eingesetzt werden, indem der Anzeiger entsprechend kalibriert wird. Das Ausgangssignal ist über den gesamten spezifizierten Temperaturbereich sprunghaft und kontinuierlich steigend. Die Reproduzierbarkeit liegt über den gesamten Bereich innerhalb von 1%.

Die Temperaturswahl-Übersicht auf der vorhergehenden Seite stellt die Linearitätsbereiche der verschiedenen Modelle und Typen sowie den entsprechenden Temperaturbereich gegenüber, in den der Linearitätsbereich fällt. Zur Kalibrierung (Emissionsfaktor und Hintergrundeffekte) des installierten IR-Thermoelement wird der normale Offset-Abgleich des Anzeigers oder Reglers verwendet.

Wie zuverlässig sind diese neuen Instrumente?

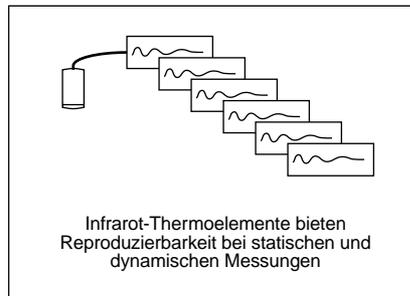
Bei der Temperaturregelung steht die Stabilität und Konstanz der Kalibrierung unter Betriebsbedingungen im Vordergrund des Interesses, und dies über einen möglichst langen Zeitraum hinweg. Infrarot-Thermoelemente haben eine spezifizierte Reproduzierbarkeit von 1% (des Meßwerts) und unterliegen keinen langfristigen Veränderungen, wodurch sie sich für die Temperaturregelung als besonders geeignet erweisen. Diese Eigenschaften liegen in der Konzeption und Konstruktion dieser Meßfühler begründet.



Die Reproduzierbarkeit beschreibt die Fähigkeit eines Instruments, unter identischen Bedingungen gleiche Meßwerte zu reproduzieren. Infrarot-Thermoelemente sind hermetisch abgedichtete, vergossene Systeme, die im Laufe des Betriebs weder mechanischen noch metallurgischen Veränderungen unterliegen. Das Ausgangssignal wird ohne aktive elektronische Komponenten und ohne externe Spannungsversorgung, sondern ausschließlich durch den thermoelektrischen Effekt

erzeugt. Die Spezifikation von 1% ist ein konservativer Wert, der eher darauf zurückzuführen ist, daß es praktisch schwierig ist, engere Toleranzen unter Prüfbedingungen nachzuweisen als daß es eine tatsächliche Grenze des Instruments wäre.

Die Langzeit-Genauigkeit wird durch die gleichen Faktoren beeinflusst wie die Reproduzierbarkeit: mechanische und metallurgische Veränderungen. Es ist hinreichend bekannt, daß sich die Kalibrierung von Thermoelementen aufgrund dieser Faktoren im Laufe der Zeit verändert. Mechanische Veränderungen treten auf, da konventionelle Thermoelemente allgemein so klein und leicht wie möglich konstruiert werden, um ihr Ansprechverhalten zu verbessern. Gleichzeitig damit wächst jedoch auch die Empfindlichkeit gegenüber Verformungen, die die elektrischen Eigenschaften verändern. Wichtiger noch ist der Umstand, daß Thermoelemente einem höheren Temperaturbereich ausgesetzt sind, da sie ja lediglich die eigene Temperatur in ein elektrisches Signal umsetzen.



Metallurgische Veränderungen, die sich auf die thermoelektrischen Eigenschaften auswirken, sind stark von der Temperatur abhängig. Während dieser Effekt bei Raumtemperatur zu vernachlässigen ist, erlangt er bei höheren Temperaturen eine zunehmende Tragweite.

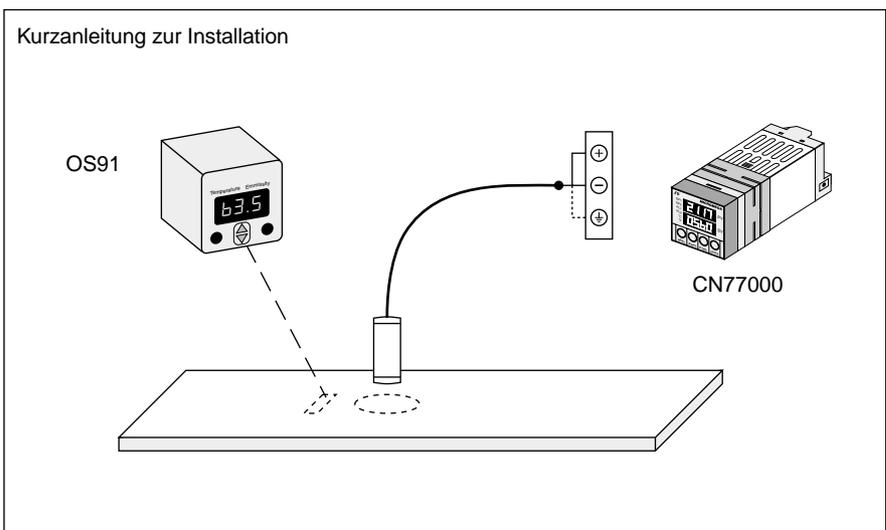
Infrarot-Thermoelemente umgehen diese beiden Probleme sowohl von der konstruktiven Seite als auch aufgrund des Funktionsprinzips. Durch die robuste

Bauweise, eingegossen in ein mechanisch robustes Gehäuse aus Edelstahl treten die klassischen, mit konventionellen Thermoelementen verbundenen Drift-Problem fast nicht mehr auf. Alle Infrarot-Thermoelemente sind bei einer Temperatur von mehr als 100°C zweimal eingebraunt und werden fünfmal getestet, bevor sie verpackt werden. Abgesehen von einem sehr kleinen Prozentsatz von Ausfällen bieten Infrarot-Thermoelemente eine praktisch unbegrenzte Langzeit-Genauigkeit.

Kurzanleitung zur Installation

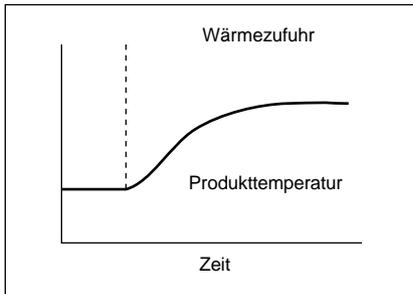
Alle Infrarot-Fühler müssen auf die spezifischen Oberflächeneigenschaften des Meßobjekts kalibriert werden. Diese Kalibrierung erfolgt durch Messung der Oberflächentemperatur mit einem genauen, zuverlässigen Temperaturfühler. Der einfachste Weg zur präzisen Kalibrierung ist die Messung mit einem OS91 tragbaren Infrarot-Thermometer, das dank der patentierten automatischen Kompensation des Emissionsfaktors eine genaue, vom Emissionsfaktor unabhängige Referenzmessung ermöglicht. Dabei sind folgende Schritte auszuführen:

1. Installieren Sie das Infrarot-Thermoelement so nahe am Meßobjekt wie praktisch sinnvoll.
2. Verdrahten Sie das IR-Thermoelement mit dem Regler, Schreiber, Transmitter usw. wie ein konventionelles Thermoelement, einschließlich der Abschirmung. Wie üblich ist die (+)-Leitung mit einer roten Isolierung versehen.
3. Bringen Sie den Prozeß auf die normale Betriebstemperatur und messen Sie die Temperatur des Meßobjekts mit dem OS91-Infrarot-Thermometer.
4. Stellen Sie das an das IR-Thermoelement angeschlossene Instrument so ein (Nullpunkt, Offset), daß es die mit dem OS91 gemessene Temperatur anzeigt. Damit ist die Installation abgeschlossen.



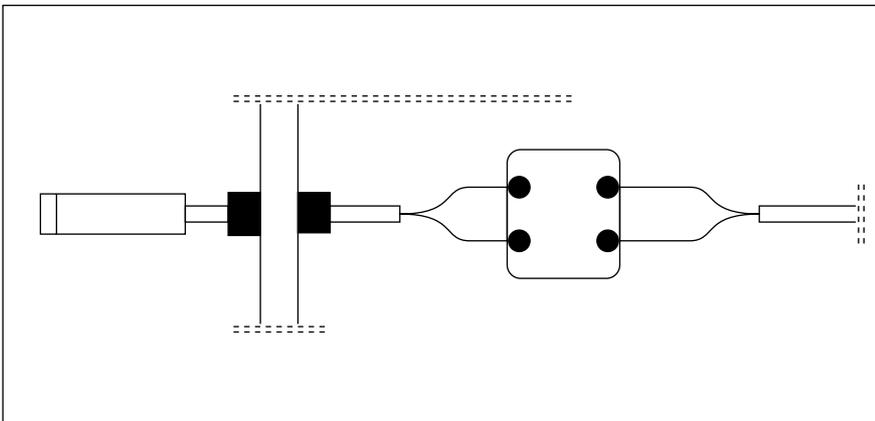
Infrarot-Thermoelemente und selbstoptimierende Regler

In vielen Applikationen werden Heizelemente eingesetzt, um das Produkt in einem Ofen oder einem Heißluftstrom zu erhitzen. Konventionelle Regelsysteme, die mit kontakt-basierten Thermoelementen arbeiten, messen und regeln die Ofen-, Luft- oder Heizstrahler-Temperatur, um eine gegebene Produkttemperatur zu erhalten – oft mit wenig zufriedenstellenden Ergebnissen.

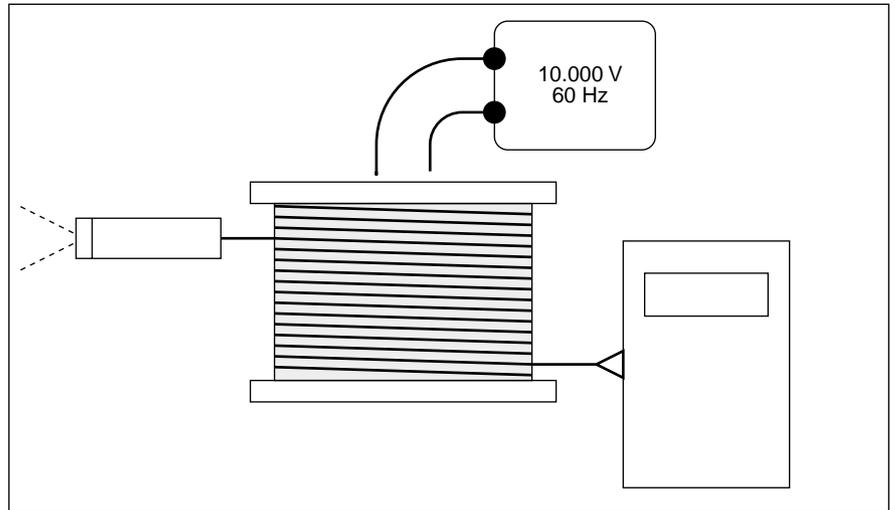


Durch den Austausch des Standard-Thermoelementes, das z. B. die Ofen-Temperatur mißt, gegen ein Infrarot-Thermoelement, das direkt die Produkttemperatur mißt, kann sichergestellt werden, daß auch tatsächlich die Produkttemperatur geregelt wird. Die Reglerparameter bedürfen einer Neueinstellung, da sich durch den Austausch Unterschiede in der Sensor-Ansprechzeit (kürzer) sowie in der Zeit ergeben, die zum Aufheizen des Produkts verglichen zum ursprünglichen Sensor (langsamer) erforderlich ist. Nach der Installation des Infrarot-Thermoelements und der Kalibrierung mittels eines OS91 Infrarot-Scanners (s. vorhergehende Seite) kann die Selbstoptimierungsfunktion des Reglers aufgerufen werden. Sollte diese nicht zu einer befriedigenden Regelung führen, müssen die Regelparameter manuell nachgestellt werden. Da sich die Produkttemperatur wahrscheinlich langsamer ändert als bei der Messung mit dem ursprünglichen Sensor, sollte damit begonnen werden, den D-Anteil der PID-Regelung langsam zu vergrößern.

In Verbindung mit Sicherheitsbarrieren sind Infrarot-Thermoelemente eigensicher.



IR-Thermoelemente können mit bis zu 300 m Verlängerungsleitung angeschlossen werden



In Verbindung mit Thermoelement-Verlängerungsleitung, die als verdrehtes, abgeschirmtes Kabel ausgeführt ist, können IR-Thermoelemente in Entfernungen von bis zu 300 m vom Instrument installiert werden, selbst in Bereichen, in denen eine starke elektrische Störlast besteht. Als Demonstration wurde eine Rolle mit 300 m Verlängerungsleitung, von denen 30 m abgewickelt waren, zwischen einem schnellen (100 ms) A/D-Wandler und einem IR-Thermoelement angeschlossen. Als Störquelle dienten ein 10 kV-Transformator (60 Hz) sowie ein Funkgenerator, die in einer Entfernung von 15 cm zur Kabelrolle aufgestellt waren.

Die Testergebnisse zeigten, daß sich unabhängig von den relativen Positionen von Leitung, Funken und Transformator zueinander eine Störung von unter 0,1°C ergab. Dieses extrem gute Störverhalten von IR-Thermoelementen macht es möglich, größere Entfernungen ohne Transmitter zu überbrücken. Das Gehäuse des IR-Thermoelements ist von den Signalleitungen isoliert und wird an die Abschirmung des Kabels angeschlossen. Bei größeren Entfernungen sollte ein verdrehtes, abgeschirmtes Kabel verwendet werden, dessen Abschirmung gut geerdet werden sollte.

In Verbindung mit Sicherheitsbarrieren sind IR-Thermoelemente eigensicher

“Feldgeräte die Energie < 1,2 V, 0,1 A, 0,25 mW oder 25 µJ speichern oder erzeugen, sind als einfache Geräte (nicht-energiespeichernd) zu betrachten. Diese Allzweck-Geräte können in gefährdeten (klassifizierten) Bereichen ohne weitere Zulassung eingesetzt werden, wenn sie an einen zugelassenen eigensicheren Kreis angeschlossen sind.” – Zitat aus R. Stahl, Inc. Comprehensive Product Manual on Intrinsic Safety Barrier and Repeater Relays.

Beispiele für nicht-energiespeichernde, eigensichere Komponenten sind:

- Thermoelemente
- Pt100 Fühler
- LED's
- Potentialfreie Kontakte
- NAMUR induktive Näherungsschalter
- Nicht-induktive DMS-Aufnehmer und andere Widerstandsbrücken

Die IR-Thermoelemente fallen in die Kategorie der Thermoelemente, da sie das Signal erzeugen, indem sie die Strahlungsenergie durch den Seebeck-Effekt in elektrische Signale umsetzen, wie ein konventionelles Thermoelement auch. Ebenso benötigen sie keine externe Speisung, und das Ausgangssignal liegt im Bereich von mV für die Spannung, mA für den Strom und nW bei der Leistung. Sie haben eine kleine Kapazität, jedoch liegt die gespeicherte Energie bei 1 µF im Nanowatt-Bereich und liegt damit um den Faktor 10³ unter dem Kriterium von 25 µJ. Somit erfüllen IR-Thermoelemente alle Anforderungen, die an ein einfaches Gerät für den Einsatz im Ex-Bereich gestellt werden und sind in Verbindung mit einer geeigneten Sicherheitsbarriere als eigensicher anzusehen.