

Kalibrierung von Temperaturmessgeräten für Produktionsumgebungen

Einführung

Dieses Whitepaper OMEGA Engineering befasst sich mit Temperaturfühler für die industrielle Produktion und mit der Frage, warum und wie häufig diese kalibriert werden müssen.

Weiterhin werden verschiedene Optionen und Argumente für und gegen die Nutzung von Kalibrierlaboren angesprochen, die nach ISO 17025 zertifiziert sind.

Arten von Temperaturfühlern

In Produktionsumgebungen werden fünf verschiedene Arten von Temperaturfühlern eingesetzt:

- Bimetall- oder Federthermometer. Da diese Thermometer preisgünstig und einfach einzustellen sind, werden sie trotz ihres langsamen Ansprechverhaltens und der geringen Genauigkeit gerne eingesetzt.
- Thermoelemente. Diese Art von Temperaturfühler ist der mit Abstand am Häufigsten eingesetzte Fühler für industrielle Anwendungen. Er besteht aus zwei Drähten aus unterschiedlichen Metallen, die eine Spannung proportional zur Temperatur erzeugen.
- Widerstandsfühler Meist aus Platindraht gewickelt, sind diese Fühler kostengünstig und verbinden schnelle Ansprechzeiten mit einer guten Messgenauigkeit.
- Thermistoren. Diese Halbleiter-basierten Fühler messen die Temperatur über einen begrenzten Bereich und werden häufig in medizintechnischen Anwendungen eingesetzt.
- Infrarot-Thermometer Diese kontaktlos arbeitenden Sensoren messen die Oberflächentemperatur von Objekten und lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: IR-Pyrometer und Wärmebildkameras. Mit steigender Anzahl der auf dem Markt angebotenen Produkte werden beide Gruppen immer häufiger eingesetzt.

Nicht in dieser Liste enthalten sind Glasthermometer mit Flüssigkeitsfüllung. Mangels Einstellmöglichkeiten lassen sie sich nicht kalibrieren, sondern es kann nur der Messfehler notiert werden. Außerdem sind diese Thermometer, insbesondere die klassischen Quecksilberthermometer, wegen der Bruchgefahr problematisch.

Messen und Dokumentieren von Temperaturen

In vielen Branchen reicht es nicht aus, die Temperatur zu regeln: die Temperatur oder der Temperaturverlauf, dem das Produkt ausgesetzt war, muss auch dokumentiert werden. Eine derartige Dokumentation ist zum Beispiel in der Nahrungsmittelverarbeitung oder der Produktion und Lagerung von Pharmaerzeugnissen zwingend vorgeschrieben. Für diese

Aufgabe kann zum Beispiel ein Temperaturregler mit Aufzeichnungsfunktion oder Schreiber Ausgang eingesetzt werden. Bei sicherheitsrelevanten Teilen wie Rad-aufhängungen, Radnaben oder Bremsenteilen erlaubt die Dokumentation dem Hersteller im Zweifelsfall den Nachweis, dass die Vergütungs- und Härteprozesse korrekt abliefen und das Material nicht zu weich oder brüchig wurde.

Zunehmend an Bedeutung gewinnt dies auch bei der Herstellung von Kohlefaser-Bauteilen für den Automobilbau und die Luftfahrt. Wie bei allen Aushärteprozessen müssen Temperatur und Druck präzise geregelt werden. Auch in Fällen, wo die Temperaturregelung keinen so großen Einfluss auf kritische Produkteigenschaften hat, sorgt Wiederholbarkeit für einheitliche Produkte.

Im Rahmen von Qualitätsmanagementsystemen ist grundsätzlich eine Kalibrierung aller Messeinrichtungen erforderlich, die sich auf die Qualität des Endprodukts auswirken können. Während die Kalibrierung von mechanischen Messvorrichtungen weitgehend selbstverständlich ist, wird die Notwendigkeit einer Kalibrierung von Temperaturfühlern bisweilen übersehen.

Warum Geräte kalibriert werden müssen

Alle für Prozess-kritische Messungen verwendeten Geräte müssen regelmäßig auf ihre Genauigkeit geprüft werden. Wenn eine Einstellung möglich ist, sollte ein außerhalb der zulässigen Grenzwerte liegendes Gerät wieder innerhalb des Toleranzbereichs gebracht werden. Wo dies nicht möglich ist, muss die Abweichung oder Messungenauigkeit aufgezeichnet werden. Dann ist zu entscheiden, ob das Gerät weiterhin für den beabsichtigten Einsatzzweck tauglich ist.

Bei der Temperaturmessung verändern sich die Eigenschaften von Bimetallen und Thermoelementdraht im Laufe der Zeit, insbesondere wenn sie bei höheren Temperaturen eingesetzt werden. Dabei können andere Einflüsse wie Korrosion oder mechanische Beschädigungen das Thermoelement altern lassen, was ebenfalls zu Lasten der Messgenauigkeit geht. Widerstandsfühler und Thermistoren sind empfindliche Messeinrichtungen und können leicht beschädigt werden. Eine regelmäßige Prüfung ist also unverzichtbar. Das gleiche gilt auch für IR-Thermometer und Wärmebildkameras.

Häufigkeit der Kalibrierung

Wie häufig eine Messvorrichtung kalibriert werden sollte, überlassen die Qualitätsnormen dem Ermessen des Anwenders. Bei einem Audit wird der Prüfer allerdings nach einer plausiblen Begründung für das gewählte Prüfintervall fragen. Die Entscheidung, wie häufig eine Kalibrierung erfolgen soll, muss verschiedene Aspekte berücksichtigen, z. B. wie das Gerät eingesetzt wird, welche Gefahren für mögliche

Beschädigungen bestehen, oder wie stark der Messwert driftet. Letzteres lässt sich aus den Daten früherer Kalibrierungen bestimmen.

Für den Fall, dass die Kalibrierung ein Gerät außerhalb der zulässigen Grenzwerte ergibt, sind entsprechende Abläufe zu definieren. Dies kann bis zu einem Rückruf der seit der letzten Kalibrierung hergestellten Produkte reichen. Auch derartige Kosten müssen in die Überlegungen zum optimalen Kalibrierintervall bedacht werden. In sicherheitsrelevanten Prozessen wie bei der Nahrungsmittel- oder Pharmaproduktion kann eine Kalibrierung täglich oder sogar zu Schichtbeginn sinnvoll sein.



Kalibrator Modell CL900A
mit tragbarem Messgerät HH-21A

Kalibrieren von Temperaturmessgeräten

Die einfachste Möglichkeit zur Kalibrierung eines Temperatursensors ist Prüfung des Messwerts gegen zwei bekannte physikalische Konstanten: den Schmelzpunkt von Eis und den Siedepunkt von Wasser (unter Berücksichtigung des atmosphärischen Drucks). So unkompliziert und kostengünstig diese Methode auch ist, sie hat den Nachteil, dass sie in der Regel nicht rückführbar ist.



Blockkalibratoren haben dieses Problem nicht und bieten eine schnelle und genaue Möglichkeit zur Kalibrierung von Thermistoren, Thermoelementen und Widerstandsfühlern. Das Thermoelement wird mit einem Kalibrator wie dem hot point® Blockkalibrator von OMEGA auf eine gewählte Temperatur aufgeheizt, und der Messwert des Thermoelements wird mit der Anzeige des Kalibrators verglichen. Als nächstes wird eine Eispunkt-Referenz wie OMEGAs TRCIII zum Abkühlen auf die Referenztemperatur von 0°C verwendet. Auch hier wird der Messwert mit der Anzeige des Kalibrators verglichen. Aus diesen beiden Messungen lässt sich dann ein eventuell erforderlicher Korrekturwert bestimmen.

Thermoelement-Messungen lassen sich auch durch Simulieren des vom Fühler erzeugten elektrischen Signals und Vergleich des angezeigten Wertes mit dem erwarteten Messwert verifizieren.

Kalibratoren für Infrarot-Temperaturmesssysteme nutzen eine Schwarzkörper oder Schwarzstrahler zur Kalibrierung kontaktlos arbeitender Geräte wie Wärmebildkameras oder Infrarot-Thermometern. Sie besitzen eine Oberfläche mit einem "perfekten" Emissionsfaktor (zwischen 0,95 und 0,98), die auf eine bekannte Temperatur aufgeheizt wird, um diese mit dem Messwert des Gerätes zu vergleichen. (Dabei ist zu beachten, dass die Genauigkeit zwar stark von der Qualität der Temperaturmessung innerhalb des Kalibrators abhängt und möglicherweise nur 1% beträgt, allerdings ist die Wiederholbarkeit sehr hoch).

Selber kalibrieren oder Kalibrierlabor nutzen?

Bei den meisten Unternehmen wird diese Entscheidung primär durch den Umfang der auszuführenden Kalibrierungsarbeiten und die intern verfügbaren Ressourcen bestimmt werden. Wenn bereits eine Druckkalibrierung ausgeführt wird, beschränkt sich der zusätzliche Aufwand für Temperaturfühler lediglich auf die Anschaffung eines Block- oder Schwarzkörperkalibrators. Für eine auf Standards rückführbare Kalibrierung ist jedoch immer in gewissen Umfang die Hilfe externer Labors erforderlich.

Die Bedeutung von ISO 17025-akkreditierten Kalibrierlabors

So wie die ISO9000 den Rahmen für das Qualitätsmanagement in Unternehmen festlegt, definiert die ISO 17025 das Grundgerüst für Kalibrierungslabors. Definierte Abläufe dokumentieren die zur Kalibrierung ausgeführten Arbeitsschritte und stellen sicher, dass die Methoden zuverlässig und in geeigneter Weise auf Standards rückführbar sind. Die Vermittlung der Ergebnisse, unter anderem auch Informationen zur Messunsicherheit, an den Kunden hat dabei einen hohen Stellenwert.

Ein Kalibrierdienst, der die Anforderungen nach ISO 17025 nicht erfüllt, kann sicherlich eine ausreichende Kalibrierung mit der erforderlichen Rückführbarkeit leisten. Allerdings bedeutet die formale Akkreditierung für den Kunden, dass er sich auf die Einhaltung der vorgeschriebenen Prozeduren verlassen kann und dies somit nicht auf eigene Kosten verifizieren muss.

Entscheidend für die Produktqualität

In vielen Produktionsprozessen wird Wärme eingesetzt, um Produkteigenschaften gezielt zu beeinflussen. In einigen Fällen hängt die Eignung des Produktes für einen bestimmten Zweck unmittelbar von einer präzisen Temperaturregelung ab. Der Hersteller dokumentiert dann mit Messprotokollen und dem Nachweis der ausgeführten Kalibrierungen, mit welchen Schritten er die Qualität der hergestellten Produkte sicherstellt. Die Kalibrierung der Temperaturfühler bildet dabei einen grundlegenden Teil dieser Aktivitäten, unabhängig davon, ob sie intern oder durch einen spezialisierten Dienstleister ausgeführt wird.

QUELLE

Einhalten der ISO 17025:

http://www.labnetwork.org/DownloadLinks/Final%20V-%20COMPLYING_WITH_ISO_17025-V20091204.pdf (Eine UNIDO-Veröffentlichung.)

<https://www.extension.purdue.edu/extmedia/fs/fs-25-w.pdf>

Kalibrierung von Thermoelementen:

[https://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/EURA MET_cg-8_v_2.1_Calibration_of_Thermocouples.pdf](https://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/EURA_MET_cg-8_v_2.1_Calibration_of_Thermocouples.pdf)