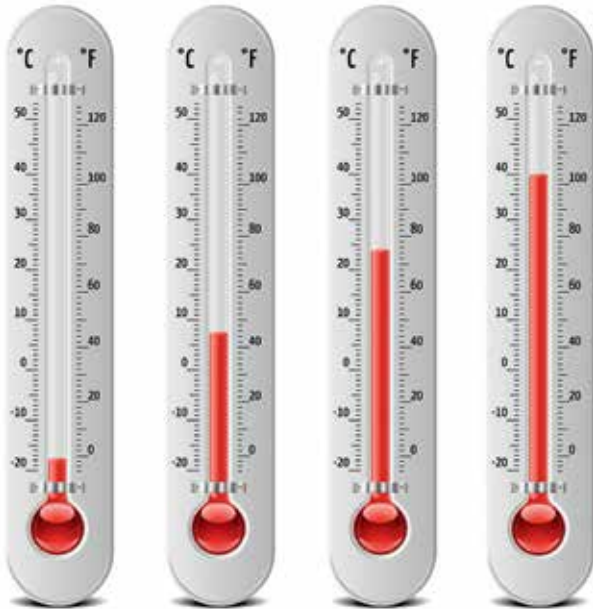


SPEZIFIKATIONEN VON KALIBRIERGERÄTEN DER MESSGRÖSSE TEMPERATUR

Eine Frage der Eigenschaften



Wegen der steigenden Anforderungen an die Genauigkeit von Temperaturmessungen ist das Angebot an Messgeräten für diese physikalische Größe breit gefächert. Doch welches Gerät ist die richtige Lösung für die beste Performance im jeweiligen Prozess? Dazu sollte sich der Anwender die Leistungsspezifikationen des Produkts anschauen.

Das wichtigste Entscheidungskriterium für ein Temperaturmess- oder Kalibriergerät sind zweifelsfrei dessen Eigenschaften. Doch deren Beschreibung fällt von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich aus. Betrachtet man die Funktionsweisen, Temperaturbereiche und -empfindlichkeiten, verwendete Medien und Ausgangssignale vor dem Hintergrund der Gerätevielfalt, wird die Schwierigkeit einer einheitlichen Begriffsdefinition rasch deutlich.

Das Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) hat für die Messung der Temperatur weltweit gültige Standards formuliert. Für einzelne Gruppen von Messgeräten wie Blockkalibratoren und Kalibrierbäder existieren jedoch neben den allgemein gültigen Begriffen zusätzliche Terminologien, die von den nationalen Organisationen, DKD und Euramet, als Beispiele für spezielle Kalibrierprozesse verwendet werden.

Die Richtlinien dieser Verbände dienen Laboren weltweit als Vorgabe für Kalibrierungen. Eine davon ist die Euramet-Richtlinie „Calibration of Temperature Block Calibrators“ (Guide 13), die die notwendigen Grundlagen für die Einrichtung und Anwendung von Kalibrierprozessen beschreibt. Diesem Leitfadenzufolge hängt die Messunsicherheit bei einem Temperaturmessgerät von folgenden Faktoren ab von:

- dem Referenzthermometer/-thermoelement und seinen Merkmalen (Wärmeableitungsfehler, Drift seit der letzten Kalibrierung etc.),
- den Merkmalen des Referenzmultimeters (Messunsicherheit, Auflösung, Drift etc.),
- der Homogenität der Temperatur innerhalb der Bohrung(en) (axialer Gradient),
- der Homogenität der Temperatur zwischen den Bohrungen (radialer Gradient),
- der Hysterese des Geräts und
- der (endlichen) Auflösung der Anzeige des Instruments.

Diese Angaben bilden die Basis für ein mathematisches Modell zur Definition der Messunsicherheit und des Messfehlers. Anhand dieses Modells werden die einzelnen Unsicherheiten in Verbindung mit den Faktoren kumuliert. Daraus ergibt sich die gesamte Messunsicherheit. Diese wird mit einem Erweiterungsfaktor (k) multipliziert, um die erweiterte Messunsicherheit zu erhalten. Dessen Wert beträgt in der Regel 2. Das heißt, dass der gemessene Wert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % innerhalb des ermittelten Unsicherheitsbereichs liegt.

Der Guide 13 enthält außerdem einen „All-inclusive-Wert“, um durch die Kombination der erweiterten Messunsicherheit mit dem Messfehler die größte Abweichung eines einzelnen Messergebnisses vom richtigen Wert zu ermitteln. Dieser Abweichungsgrad ist als Genauigkeit des Messinstruments deklariert und wird meistens in °C (Grad Celsius) oder K (Kelvin) angegeben.

Kenngrößen von Temperaturkalibratoren

Die Leistung von Kalibriergeräten lässt sich wie gesagt an verschiedenen Parametern messen. Neben der Messunsicherheit und der Genauigkeit zählen die Stabilität und die Abweichung dazu.

Die **Genauigkeit** gibt den oben genannten Pauschalwert der maximal erlaubten Differenz zwischen der gemessenen und der richtigen bzw. tatsächlichen Temperatur an. Sie dient vor allem bei Industrie- und Prozessinstrumenten als Richtschnur. Bei Kalibratoren und Thermometern dieser Kategorie wird entweder eine separate Berechnung oder ein kombiniertes Ergebnis von Messabweichung und -genauigkeit benötigt.

Die **Messunsicherheit** des Prüflings, auch als erweiterte Messunsicherheit bezeichnet, ist besonders für Geräte mit minimalster Abweichung von großer Bedeutung. Dazu zählen aufgrund ihrer komplexen Messmöglichkeiten Präzisionsthermometer (Platinum Resistance Thermometer, Silicon Resistance Thermometer) und Widerstandsmessbrücken. Für die Messunsicherheit werden die in einem Zertifikat dokumentierte Unsicherheit des Normals sowie die Umgebungs- bzw. Laborbedingungen (Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit) und die erwartete Eigenschaft des zu kalibrierenden Geräts zugrunde gelegt.

Soll-Temperatur t_{90} in °C	Ist-Temperatur t_{90} in °C	Messabweichung Δt in K	Messunsicherheit U in K
-25	-25,1	-0,1	0,2
0	0	0	0,2
50	50,1	0,1	0,2
100	100,3	0,3	0,2
130	130,2	0,2	0,2
160	159,8	-0,2	0,3

Tabelle 1. Kalibrierzertifikat für Temperatur: gemäß Kalibrierparameter ermittelte Messwerte

Die **Stabilität** wird definiert als die Zeit, die ein Kalibriergerät benötigt, um das Temperaturngleichgewicht zu erreichen. Nach dieser Zeitspanne, auch „Wartezeit“ genannt, gelten die Messwerte des Prüflings als akzeptiert. Die Dauer beträgt beim überwiegenden Teil der Prüfsysteme circa 30 Minuten, sofern nicht anders definiert.

Die **Abweichung** des Prüflings, häufig auch als Messfehler bezeichnet, ist die Differenz zwischen dem tatsächlichen bzw. richtigen und dem erwarteten Wert. Im Falle einer Vergleichskalibrierung gibt das Referenzgerät das Maß des richtigen Werts vor. Die Abweichung kann ebenfalls zur Messunsicherheit beitragen, wenn sie über eine Anzeige mit begrenzter Auflösung oder als Fehler beim Auslesen dargestellt wird. Allgemein gilt: Je größer die Abweichung, desto schlechter ist die Genauigkeit, da sich diese beiden Eigenschaften linear proportional zueinander verhalten. Daraus folgt: Genauigkeit \approx Messunsicherheit + Abweichung.

Kalibrierzertifikat für Temperatur

Die Spezifikationen der Hersteller von Temperaturmessgeräten und -kalibriergeräten stimmen nicht zwangsläufig mit der Auslegung der Anwender überein. Um Verwirrungen zu vermeiden, sollte man den entsprechenden Kalibrierschein zu Hilfe nehmen. Die darin aufgeführten Informationen werden hier am Beispiel eines von Wika, Klingenberg, ausgestellten DKD/DAkkS-Zertifikats erläutert. Bei dieser Kontrollstufe handelt es sich um das höchste nationale Akkreditierungslevel für Normale, Sekundärstandards und Industriegeräte.

Das Zertifikat für Temperaturmessgeräte enthält wie das entsprechende Dokument für Druckmessgeräte auf der ersten Seite allgemeine Informationen zu dem Kunden, dem zu kalibrierenden Gerät, der Referenz sowie den Umgebungsbedingungen. Anschließend werden nochmals alle Geräte – Prüfling und Referenzen – mit allen technischen Spezifikationen aufgeführt. Die anschließende Tabelle enthält die gemäß den Kalibrierparametern (Messbereiche, Ausgangssignale etc.) ermittelten Messwerte (Tab. 1). Sie gibt neben diesen Ergebnissen auch die Messabweichung Δt und die Messunsicherheit U an, beides in Kelvin (K).

Der Tabelle folgen im Zertifikat die eingestellten bzw. justierten Temperaturkoeffizienten des Geräts, bezogen auf die gelisteten Temperaturen. Diese Angaben sind besonders für die Rekalibrierung essenziell. Ist eine Kalibrierung oder Justage entsprechend den Herstellervorgaben nicht möglich, könnte die Ursache möglicherweise eine Drift im Temperaturelement sein. Ein solcher Fehler führt zu einer nichtlinearen Performance des Geräts.

Auswahl des Temperaturmessgeräts

Das Verstehen all dieser Spezifikationen macht die Auswahl des optimalen Temperaturmessgeräts anhand technischer Daten erheblich einfacher. Bei der Entscheidung für ein Kalibrierinstrument empfiehlt Wika, noch folgende Faktoren heranzuziehen: Temperaturbereich, Genauigkeitsklasse und Ausgangssignal.

Darüber hinaus gilt allgemein, dass die verwendete Referenz mindestens viermal so genau wie der Prüfling sein sollte. Daraus lässt sich die hier abgebildete „Kalibrierpyramide“ ableiten: Für die Kalibrierung eines industriellen Standardthermometers rät Wika zu einem Blockkalibrator mit internem Thermometer. Dieses Gerät als Sekundärstandard wiederum sollte dann mit einer AC/DC-Widerstandsmessbrücke plus Referenzthermometer kontrolliert werden.

Egal, auf welches Produkt die Wahl fällt: Anwender müssen stets beachten, dass die Kennwerte des Geräts nur unter den gleichen Umgebungsbedingungen (Feuchtigkeit, Temperatur, Luftdruck) wie bei der Kalibrierung gültig sind. □

Melissa Männert

► **WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG**
Monika Adrian
T 09372 132-8012
monika.adrian@wika.com
www.wika.de

QZ-Archiv

Diesen Beitrag finden Sie online:

www.qz-online.de/1054883