

Auswahl eines Temperaturkalibrators für den Einsatz in der Industrie

Dutzende von Blockkalibratorherstellern weltweit produzieren Hunderte von verschiedenen Blockkalibratormodellen. Wie wissen Sie, welcher Blockkalibrator die beste Leistung liefert und welcher Blockkalibrator für Ihre Arbeit am besten geeignet ist? Im Folgenden werden zehn wichtige Punkte aufgeführt, die Sie beachten sollten.

Kenntnis der Anforderungen

Blockkalibratoren haben viele Eigenschaften, die nicht immer ganz einfach zu verstehen sind. Sie müssen sich darüber im Klaren sein, wie Sie den Blockkalibrator verwenden wollen, um zu wissen, welche Eigenschaften für Sie am wichtigsten sind.

Wird er in einer Laborumgebung oder vor Ort eingesetzt? Welche Temperaturen benötigen Sie? Welche Art von Durchsatz ist erforderlich? Soll der Durchsatz über Geschwindigkeit oder über Kapazität maximiert werden? Wie genau sind die Thermometer, die Sie im Blockkalibrator testen, d. h. wie genau muss der Blockkalibrator sein? Verlassen Sie sich auf die Blockkalibratoranzeige als Referenztemperatur, oder verwenden Sie ein externes Thermometer? Wie lang sind die Thermometer, die Sie in den Blockkalibrator einsetzen? Kalibrieren Sie kurze Sensoren oder Sensoren mit unüblicher Form, für die flüssige Bäder geeigneter sind? Sollen die Kalibrierungen des Blockkalibrators automatisiert werden?



Angesichts der Vielzahl von angebotenen Blockkalibratoren kann die Auswahl des für Ihre Anwendungen und Nutzung richtigen Blockkalibrators schwierig sein. Lesen Sie diesen Artikel, um herauszufinden, was Sie beim Kauf des nächsten Kalibrators beachten sollten.

Temperaturbereich

Im Idealfall decken die Blockkalibratoren alle Temperaturen ab, bei denen die Thermometer kalibriert werden müssen – mit etwas zusätzlichem Spielraum. Wenn Sie zu viel Spielraum haben, geben Sie wahrscheinlich zu viel aus. Gehen Sie bei der Auswertung von Spezifikationen für untere Grenzwerte sorgfältig vor. Beispielsweise ist „-40 °C“ nicht dasselbe wie „-40 °C unter der Umgebungstemperatur“.

Zuverlässigkeit

Je häufiger Sie den Blockkalibrator von einem extremen Ende des Temperaturbereichs zum anderen extremen Ende ausführen, desto kürzer ist die Lebensdauer des Blockkalibrators. Dies gilt besonders für „kalte“ Blockkalibratoren, die thermoelektrische Kühlung erfordern. Die Lebensdauer dieser Geräte wird durch extremes Umschalten und übermäßige Verwendung bei maximaler Temperatur des Blockkalibratorbereichs verkürzt.

Wenn Ihre Anwendung einen dieser Nutzungsmodi benötigt, erwägen Sie den Erwerb eines weiteren Geräts für hohe Temperaturen.

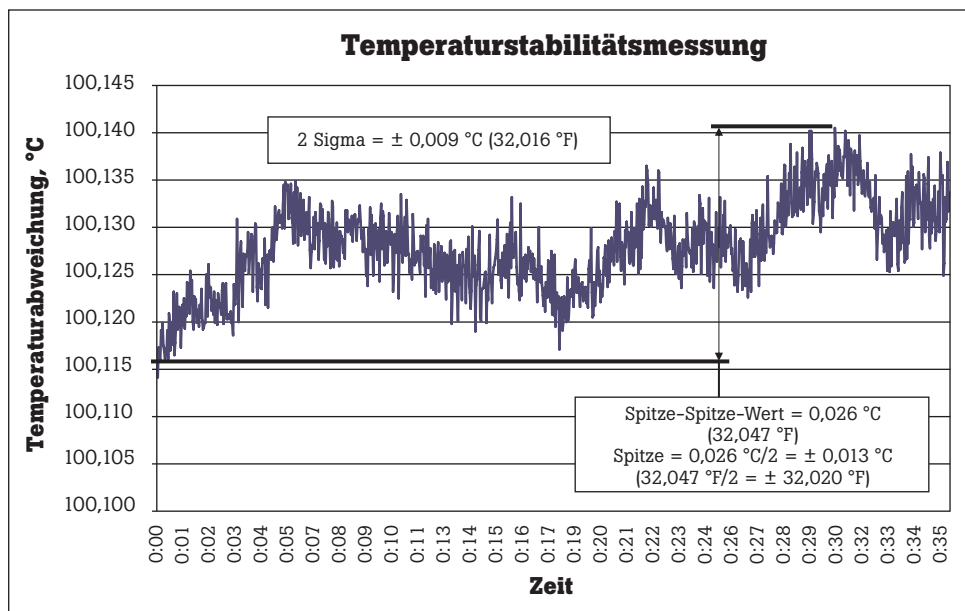
Achten Sie auf Blöcke und Einsätze, die aus abbaubarem Material hergestellt sind. Kupfer z. B. hat gute thermische Eigenschaften, kann jedoch schnell oxidieren und bei häufig auftretenden extremen Temperaturen abplatzen.

Genauigkeit

Es gibt vier Punkte, die Sie hinsichtlich der Genauigkeit von Blockkalibratoren verstehen sollten. Erstens ist der interne Steuersensor im Blockkalibrator (der der Blockkalibratoranzeige Daten zuführt) ziemlich kostengünstig und weist nicht dieselben robusten Leistungsmerkmale auf wie ein guter Referenzthermistor oder PRT (oder gegebenenfalls eines Thermoelements aus Edelmetall). Wenn es sich um ein RTD handelt (was für die meisten zutrifft), verschiebt er sich bei einem mechanischen Stoß relativ leicht, was schlechte Hysterese zur Folge haben kann. Andererseits kann er für Ihren Anwendungsbereich vollständig ausreichend sein.

Zweitens wurden der Steuersensor und das Anzeigesystem wahrscheinlich anhand eines hochwertigen Referenz-PRT kalibriert. Der Referenz-PRT wurde jedoch in eine bestimmte Bohrung an einer bestimmten Tiefe eingesetzt und weist eine bestimmte Sensorenbauweise auf. Die bestimmten thermischen und mechanischen Eigenschaften des Referenz-PRT (Sensorenlänge, Sensorenposition, Leitfähigkeit der Messleitung usw.) wurden gewissermaßen in den Blockkalibrator „hineinkalibriert“. Wenn Sie also nicht gerade einen Sensor mit identischer Bauweise kalibrieren, der sich an derselben Position befand wie der Referenz-PRT, mit dem der Blockkalibrator kalibriert wurde, ist die Genauigkeit der Anzeige nicht unbedingt so gut, wie es den Anschein hat.

Drittens sind externe Referenzthermometer in der Regel genauer als interne Steuersensoren. Externe Messfühler schätzen die Blocktemperatur eher so ein wie die zu prüfenden Messfühler, als der interne Steuersensor. Beachten Sie



Fordern Sie Stabilitätsinformationen und entsprechende Dokumentation an, damit Sie die richtige Entscheidung treffen.

jedoch, dass die Verwendung eines externen Referenzthermometers nicht unbedingt bedeutet, dass die Messung genauer ist. Sie müssen verstehen, wie der Referenzmesswert angegeben wird. Viele Referenzmesswerte haben eine schlechte Auflösung und akzeptieren keine Kalibrierkonstanten für bestimmte Thermometertypen. Berücksichtigen Sie außerdem unbedingt den Referenzmessfühler sowie die Elektronik, die ihn liest. Ein Blockkalibrator mit einem integrierten Referenzmesswert gibt wahrscheinlich nur die Genauigkeit des Messwerts an und nicht die kombinierte Genauigkeit von Messwert und Messfühler.

Viertens umfasst Genauigkeit viel mehr als lediglich den kalibrierten internen Sensor oder eine kalibrierte externe Referenz. Abhängig von der jeweiligen Verwendung des Blockkalibrators müssen Sie auch die folgenden fünf Punkte (Stabilität, axiale Gradienten, radiale Gradienten, Belastungswirkung und Hysterese) beachten.

Stabilität

Der Verein der nationalen Metrologieinstitute definiert „Stabilität“ im Dokument EURAMET/Cg-13/V.01 als Temperaturschwankung „in einem Zeitraum von 30 Minuten“. Verlassen Sie sich bei der Angabe von Stabilität nicht zu sehr auf die Blockkalibratoranzeige. Aufgrund der Auflösung der Anzeige und der von ihr verwendeten Filterungsverfahren kann Instabilität möglicherweise nur begrenzt angezeigt werden.

Die Stabilität des Steuersensors ist zudem nur beschränkt für die Stabilität am unteren Ende der verwendeten Bohrung relevant.

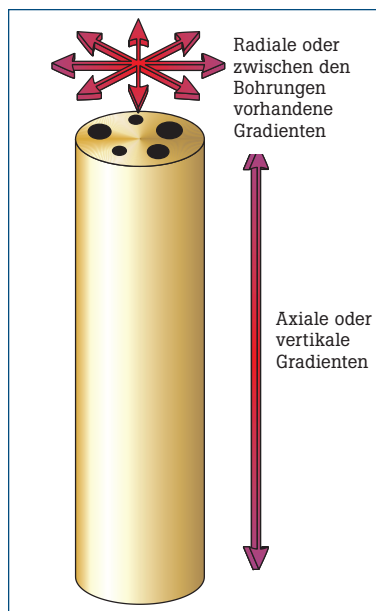
Beachten Sie auch, dass die Blockkalibratoranzeige für langfristige Stabilität oder „Drift“ im Steuersensor periodisch kalibriert werden muss. Wie lange soll zwischen Kalibrierungen gewartet werden? Das hängt vom Blockkalibrator und seiner Verwendung ab. Am besten fangen Sie mit kurzen Kalibrierintervallen (3–6 Monate) an, die Sie ausdehnen können, je mehr der Blockkalibrator demonstriert, dass er in der Lage ist, die Kalibrierung beizubehalten.

Axiale (oder vertikale) Gradienten (Sweetspots)

Da das obere Ende eines Blockkalibrators der Umgebung direkt (oder sehr nahe) ausgesetzt ist, ist die Temperatur an diesem Ende des Blockkalibrators näher an der Umgebungstemperatur und weniger stabil als das untere Ende der Bohrung. Das sind physikalische Gesetzmäßigkeiten. Nach den EA-Richtlinien müssen Blockkalibratoren über eine „mindestens 40 mm (1,5 Zoll) große Zone ausreichender Temperaturhomogenität verfügen“.

Der axiale Temperaturgradient eines Blockkalibrators kann wesentliche Messfehler ergeben, wenn zwei an unterschiedlichen Tiefen eingesetzte Messfühler miteinander verglichen werden. Dies muss vermieden werden. Messfehler treten auch auf, wenn zwei Messfühler in derselben Tiefe miteinander verglichen werden, sich die Bauweisen jedoch stark voneinander unterscheiden (z. B. unterschiedliche Sensorenlängen).

Messfehler aufgrund des axialen Temperaturgradienten eines Blockkalibrators können auch gravierend sein, wenn der zu testende Messfühler im Vergleich zu dem Referenzmessfühler, mit dem der Blockkalibrator kalibriert wurde, an einer anderen Tiefe eingesetzt wird oder sich in der Bauweise wesentlich unterscheidet. Dies gilt vor allem, wenn die



Axiale und radiale Gradienten sind wichtige Aspekte im Kalibrierprozess.

Blockkalibratoranzeige als Referenztemperatur verwendet wird.

Axiale Gradienten können durch Entwurfsverfahren wie die Erhöhung der Blockmasse und -tiefe, Isolierung, Mehrzonenregelung und die Verwendung von profilierter oder unausgewogener Erhitzung minimiert werden. Axiale Gradienten können auch gemessen werden, obwohl es schwierig ist, ihre Messung von den Wärmeverlustauswirkungen des Messfühlers, mit dem die Messungen durchgeführt werden, zu trennen.

Radiale (oder zwischen den Bohrungen vorhandene) Gradienten

Im Folgenden werden einige Schlüsselbegriffe definiert, um Missverständnissen vorzubeugen: „Block“ bezeichnet die feste metallische Masse, die in der Regel Heizelemente enthält oder von ihnen umgeben ist. „Einsatz“ bezeichnet eine metallische Masse, die aus dem festen Block herausgenommen werden kann. „Bohrung“ bezeichnet die Bohrung im Einsatz oder die Bohrung, in die Thermometer eingesetzt werden.

Der Nutzen des Vergleichs eines Messfühlers in einer Bohrung mit einem Messfühler in einer anderen Bohrung wird durch radiale Gradienten eingeschränkt. Der Steuersensor des Blockkalibrators misst zwar die Temperatur an einer festen Position, Temperaturen können jedoch in verschiedenen Messbohrungen aufgrund von Variationen bei den Abständen zwischen Bohrungen und Heizelementen sowie aufgrund von Variationen bei Bohrungsmustern und beim Fluss von Wärme in und um diese Bohrungen unterschiedlich sein. In einigen Fällen kann sogar die Temperatur in einer bestimmten Bohrung unterschiedlich sein, je nachdem, wie der Einsatz innerhalb des Blocks gedreht wird.

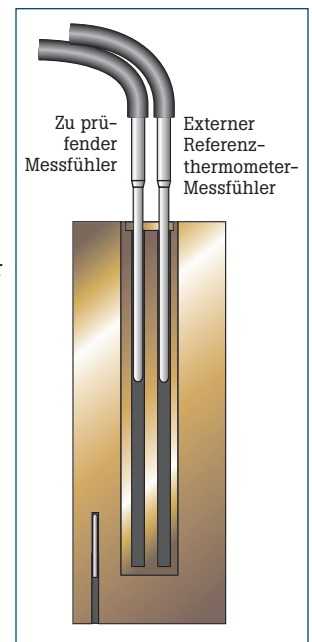
Außerdem ist es schwierig, einen Messfühler mit einem bestimmten Durchmesser in einer Bohrung mit einem Messfühler mit einem anderen Durchmesser in einer anderen Bohrung zu vergleichen. Bei Messführern mit größerer Wärmeleitfähigkeit wird der Block stärker durch die Umgebung beeinflusst. Allein deswegen eignen sich Messfühler mit einem großen Durchmesser (10 mm [3/8 Zoll]) häufig nicht für die Kalibrierung in Blockkalibratoren.

Belastungswirkung

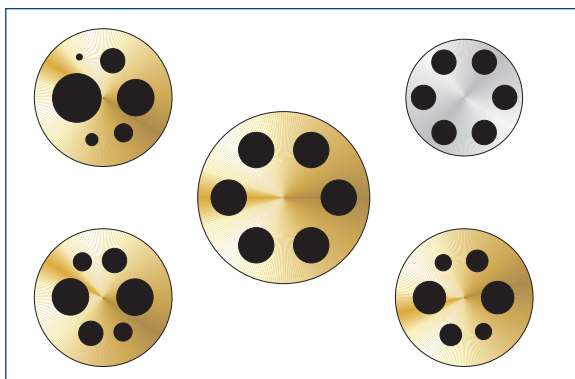
Hinsichtlich Wärmeleitung gilt Folgendes: Je mehr Messfühler in einen Blockkalibrator eingesetzt sind, desto mehr Wärme wird, abhängig von der Temperatur im Vergleich zur Umgebungstemperatur, aus dem bzw. in den Blockkalibrator geleitet. Die Anzeige eines Blockkalibrators ist in der Regel kalibriert, wenn in ihn ein einzelner Referenzmessfühler eingesetzt ist. Das Hinzufügen weiterer Messfühler kann einen Temperaturunterschied zwischen dem Steuersensor und einem der Messfühler im Block zur Folge haben. Derartige Auswirkungen können einfach gemessen werden, indem Messfühler hinzugefügt werden und die Temperaturänderung im Vergleich zum Messwert des ersten Messfühlers notiert wird. Entwurfseigenschaften von Blockkalibratoren (Blockmasse, Bohrungstiefe, Isolierung und Mehrzonenregelung) sowie die Verwendung von Messführern mit einem kleineren Durchmesser können die Belastungswirkung minimieren. Je tiefer ein Messfühler in einen Blockkalibrator eingesetzt wird, desto besser.

Hysterese

Hysterese ist der Unterschied in der tatsächlichen Temperatur eines Blockkalibrators aufgrund der Richtung, aus der an die Temperatur herangegangen wurde. Sie ist am Mittelpunkt eines Blockkalibratorbereichs am größten. Beispielsweise liegt der ungefähre Mittelpunkt eines Blockkalibrators mit einem Temperaturbereich zwischen 35 °C und 600 °C bei ungefähr 300 °C. Die tatsächliche Temperatur am Mittelpunkt relativ zu einem Referenzthermometer unterscheidet sich um einen bestimmten Betrag, wenn an sie von einer höheren Temperatur (im Vergleich zu einer niedrigeren Temperatur) herangegangen wird.



Sie können die maximale Genauigkeit für kurze Messfühler erzielen, indem Sie sie mit einem ähnlichen Messfühler an derselben Bohrtiefe vergleichen.



Die Verfügbarkeit einer Reihe von Blöcken oder Einsätzen kann die Flexibilität des Kalibrators erhöhen und mehrere gleichzeitige Kalibrierungen ermöglichen.

Diese Temperaturabweichung (Hysterese) hängt von den Eigenschaften des Steuersensors ab. Die Auswirkung der Hysterese wird wesentlich gesenkt, wenn ein Testmessfühler mit einem externen Referenzmessfühler verglichen wird. Sie müssen die Auswirkungen der Hysterese beim Vergleich mit der kalibrierten Anzeige des Blockkalibrators verstehen.

Eintauchtiefe

Eintauchfehler bei Messfühlern (auch Wärmeverlustfehler genannt) können schwerwiegend sein. Sie sind nicht nur je nach Blockkalibrator unterschiedlich, sondern auch je nach Messfühler, der in den Blockkalibrator eingesetzt wird. Unterschiedliche Messfühler haben unterschiedliche Designs und Bauweisen, einschließlich Größe und Position des Sensors in der Messfühlermontage sowie Typ und Größe der im Messfühler verwendeten Messleitungen. Aus diesem Grund weisen unterschiedliche Messfühler verschiedene Eintaucheigenschaften auf. Diese Eigenschaften können getestet werden, indem die Änderungen der Messwerte von einem Messfühler an verschiedenen Tiefen bei derselben Temperatur notiert werden. Im Allgemeinen lassen sich Wärmeverlustfehler aufgrund mangelhafter Eintauchung durch tiefere Bohrungen besser eliminieren. Wärmeverlustfehler werden außerdem durch die Implementierung einer Zonenregelung mit oben angeordnetem Heizelement in einem Blockkalibrator minimiert.

Wenn Sie Messfühler verwenden, die zu kurz sind, um die homogene Messzone des Blockkalibrators adäquat zu erreichen (in der Regel am unteren Ende der Bohrung), verwenden Sie anstelle dessen ein Bad. Vergleichen Sie den Messfühler auf jeden Fall mit einem anderen Messfühler, der an derselben Tiefe in eine andere Bohrung eingesetzt ist. (Siehe Abbildung auf der vorherigen Seite.)

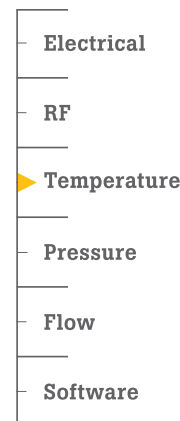
Flexibilität

Die flexibelsten Blockkalibratoren können herausnehmbare Einsätze mit mehreren Bohrungen aufnehmen. Einsätze mit mehreren Bohrungen können mehr und größere Messfühler unterschiedlicher Größen aufnehmen. Berücksichtigen Sie beim Berechnen der Anzahl Messfühler, die in einem einzelnen Einsatz verwendet werden sollen, den Durchmesser des Tastkopfgriffs. Die Einsatzbohrungen müssen ausreichend voneinander entfernt sein, damit die Tastkopfgriffe sich nicht gegenseitig stören.

Fazit

Größe, Gewicht und Kapazität müssen gegeneinander und gegen viele der zuvor beschriebenen Leistungseigenschaften abgewogen werden. Beispielsweise kann eine große, tiefe Wärmemasse zwar die höchste Kapazität, die geringsten Gradienten und die größte Stabilität liefern, sie ist jedoch wahrscheinlich nicht klein, leicht oder schnell. Im Allgemeinen sind die schnellsten und leichtesten Blockkalibratoren leistungsschwächer. Hohe Geschwindigkeit und hohe Stabilität können außerdem im selben Blockentwurf nur schwer erzielt werden. Daher ist es wichtig, dass Sie verstehen, wie der Blockkalibrator verwendet wird und wie die Eigenschaften der Messfühler lauten, die Sie darin kalibrieren. Letztlich sind die Messfühler, die Sie kalibrieren, dafür ausschlaggebend, ob Sie ein Bad, einen Blockkalibrator oder einen Blockkalibrator für den mobilen Einsatz verwenden.

Fluke Calibration.
Precision, performance, confidence.™



Fluke Calibration
PO Box 9090, Everett, WA 98206 U.S.A.

Fluke Europe B.V.
PO Box 1186, 5602 BD Eindhoven, Niederlande

Weitere Informationen telefonisch unter:
In den USA (877) 355-3225 oder Fax (425) 446-5116
In Europa/Naher Osten/Afrika +31 (0) 40 2675 200 oder Fax +31 (0) 40 2675 222
In Kanada (800)-36-FLUKE oder Fax (905) 890-6866
Aus anderen Ländern +1 (425) 446-5500 oder Fax +1 (425) 446-5116
Internet: <http://www.flukecal.com>

©2011 Fluke Corporation.
Änderungen der technischen Daten vorbehalten.
Gedruckt in den USA 10/2011 4115686A A-EN

Dieses Dokument darf nicht ohne die schriftliche Genehmigung der Fluke Corporation geändert werden.
Literaturnummer (Pub-ID): 11881-ger