

Kriterien zur Auswahl eines Metallblockkalibrators

von Dipl.-Ing. Peter Klasmeier
Klasmeier Kalibrier- und Messtechnik GmbH – ISOTECH
www.klasmeier.com

Ein überwiegender Teil der Kalibrieraufgaben in der Industrie und Forschung wird durch den Einsatz von Metallblockkalibratoren und durch Multifunktionskalibratoren gelöst.

Die richtige Auswahl des zur Kalibrierungsaufgabe passenden Kalibrators erleichtert die Bearbeitung der gestellten Aufgabe, die Anschaffung und kann Kosten sparen.

Folgende Kriterien sollten beachtet werden:

- Temperaturbereich
- Austauschmöglichkeit des Einsatzes
- Messunsicherheit und Stabilität
- Transportierbarkeit
- Eintauchtiefe
- Referenzthermometer
- Rechnerunterstützung (Remotefähigkeit)

Temperaturbereich

Der Temperaturbereich des Metallblockkalibrators muss sich mit den Prozesstemperaturen der zu kalibrierenden Temperaturfühler decken. In der Industrie stehen Kalibratoren für Temperaturen von -65°C unter der Umgebungstemperatur bis 1200°C zur Verfügung. Leider gibt es keine Technik, die es ermöglicht, den genannten Temperaturbereich mit nur einem Gerät abzudecken. Muss für eine Anwendungstemperatur unter die Umgebungstemperatur gekühlt werden, so ist die dazu verwendete Peltier-Technologie höheren Temperaturen gegenüber empfindlich. Das heißt, diese Technologie kann nicht über 140°C eingesetzt werden. Es muss unterschieden werden, zwischen Geräten die heizen und kühlen können und damit einen Temperaturbereich von -65°C unter Umgebungstemperatur bis 140°C abdecken, und Geräten, die nur heizen können und damit ab Umgebungstemperatur bis 1200°C arbeiten .

Temperaturfühler sollten an dem Temperaturpunkt kalibriert werden, an dem sie eingesetzt werden. Die Interpolation von Kalibrierergebnissen ist zulässig, die Extrapolation nicht. Das heißt, ein Temperaturerfassungssystem, welches im Bereich von 0°C bis 100°C kalibriert worden ist, darf nicht bei 121°C verwendet werden. Der Metallblockkalibrator wird individuell kalibriert, der Anwender sollte in der Lage sein, die von ihm benötigten Temperaturpunkte in die Kalibrierung einzubringen.

Austauschmöglichkeit des Einsatzes

Ein Metallblockkalibrator sollte immer mindestens 2 Bohrungen haben. Eine Bohrung für das Referenzthermometer, die andere für das zu kalibrierende Thermometer. Die Bohrungen müssen eine gewisse Passgenauigkeit haben, dürfen aber nicht zu eng ausfallen. Die Temperatur fließt, wie der elektrische Strom, über einen metallischen Kontakt. Luft ist dabei ein schlechter Wärmeleiter. Die Fühler sollten deshalb im Einsatz am Boden aufsitzen und der Luftspalt nicht so groß sein. Da der Anwender üblicherweise unterschiedliche Fühlerdurchmesser hat, sind auswechselbare Metalleinsätze (Bild 1) immer festen Bohrungen vorzuziehen. Wärmeübertragungsmittel wie Öl, Wärmeleitpaste oder Quarzsand führen zur Verschmutzung der Einsätze und sollten deswegen vermieden werden. Ölrückstände oder alte Wärmeleitpaste können zusätzlich eine Isolierschicht bilden und verhindern einen guten Wärmeübergang. Die Temperatur des Blockes kann in diesem Fall nicht den Referenzfühler oder den zu kalibrierenden Fühler erreichen. Auf keinen Fall sollte Aluminiumoxyd verwendet werden. Dieses sehr aggressive Pulver zerstört alle sich bewegende Teile in dem Kalibrierlabor wie Ventilatoren, Meßlehren und Passungen

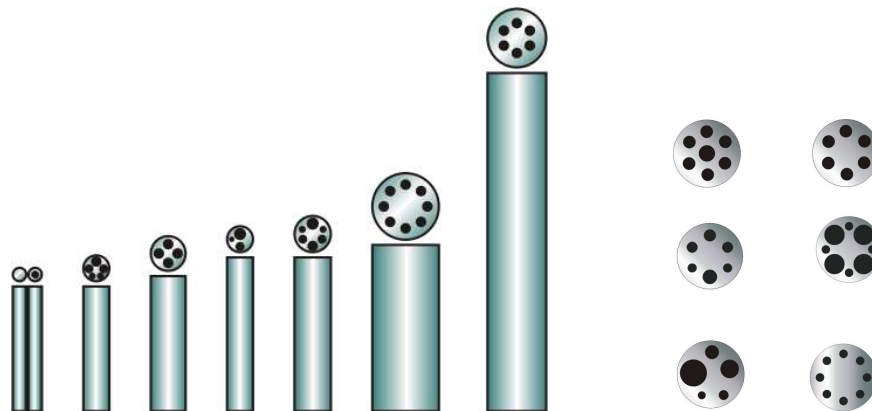


Bild 1: Varianten von Metallblockeinsätzen

Multifunktionskalibratoren haben neben der Verwendung von auswechselbaren Einsätzen, auch die Möglichkeit, ein umgewälztes Flüssigkeitsbad anstelle des Einsatzes zu verwenden. Damit können auch Fühler kalibriert werden, die aufgrund ihrer Form und ihren Abmessungen nicht in Metalleinsätze passen. Diese umgewälzten Flüssigkeitsbäder bieten auch die angenehme Möglichkeit, sekundäre Fixpunkte, wie den Eispunkt und den Wassersiedepunkt von entmineralisiertem Wasser, darzustellen.

Messunsicherheit, Messgenauigkeit und Stabilität

Für das Abschätzen von Meßunsicherheiten ist es zunächst notwendig, die genauen Definitionen der obigen Begriffe zu betrachten.

Das internationale Wörterbuch der Metrologie definiert:

Messunsicherheit: *Dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnte.*

Genauigkeit eines Messgerätes: *Fähigkeit eines Messgerätes, Werte der Ausgangsgröße in der Nähe eines wahren Wertes zu liefern*

ANMERKUNG: „Genauigkeit“ ist ein qualitativer Begriff

Der Begriff „Stabilität“ wird in der Metrologie nicht näher definiert.

Es ist festzustellen, dass in den Datenblättern unterschiedlicher Blockkalibratoren unterschiedliche Spezifikationen zur Darstellung der Messunsicherheit benutzt werden. Man findet Angaben wie: Anzeigegenauigkeit, Kalibriergenauigkeit, Messunsicherheit, Gleichmäßigkeit, Genauigkeit/ Auflösung, Genauigkeit/ Stabilität.

Manche Angaben dienen dabei nur der Verschleierung einer ungenügenden Funktion des Kalibrators. Die Wirkungsweise und das damit zu erzielende Ergebnis eines Metallblockkalibrators kann nur über die Summe von Einzelfehlern dargestellt werden, also über ein Messunsicherheitsbudget. Die DKD-Richtlinie DKD-R 5-4 definiert Einzelfehler wie Axiale Temperaturhomogenität, Temperaturunterschiede zwischen den Bohrungen, Beladungsfehler, zeitliche Stabilität, Temperaturabweichungen durch Wärmeableitung und Abweichung zwischen der Anzeige des Kalibratorthermometers und der Temperatur in der Messzone. Alle diese Einzelfehler müssen in einem Messunsicherheitsbudget berücksichtigt werden. Die Wirkungsweise eines Kalibrators kann also nicht nur mit **einer** Spezifikation dargestellt werden. Am sinnvollsten ist es, einen Kalibrator typentsprechend der DKD-Richtlinie auszumessen und in einem Untersuchungsbericht die Zusammensetzung der Fehler darzustellen. Es wird dem Anwender empfohlen, vor der Kaufentscheidung festzustellen, ob der Anbieter des Gerätes einen Untersuchungsbericht, basierend auf der DKD-Richtlinie DKD-R 5-4, zur Verfügung stellen kann. Noch besser ist es, den Kalibrator gemäß der Richtlinie kalibrieren zu lassen. **Nur ein DKD-Kalibrierzertifikat oder vergleichbares dokumentiert eine Systemmeßunsicherheit an den Kalibrierpunkten, die dann wiederum benutzt werden kann, um die eigene rückführbare Messunsicherheit darzustellen.**

In der Kalibrierhierarchie sollte das verwendete Kalibriernormal um den Faktor 3 besser sein als das zu kalibrierende Prüfmittel. Das bedeutet, dass der Anwender sehr sorgfältig die dargestellten Spezifikationen und die kleinsten angebbaren Messunsicherheiten eines Kalibrierlabors prüfen muss. Das DKD-Kalibrierlabor von Klasmeier Kalibrier- und Messtechnik GmbH hat für die Kalibrierung von Metallblockkalibratoren die kleinsten Messunsicherheiten aller DKD-Kalibrierlaboratorien, die Metallblockkalibratoren kalibrieren dürfen, akkreditiert bekommen. Das spricht nicht nur für das Kalibrierlabor, sondern auch für die Kalibratoren.

Eine Rückrechnung des zu prüfenden Temperaturfühlers, im Hinblick auf die Kalibrierhierarchie, zeigt die Grenzen der technischen Spezifikation einiger Anbieter von Metallblockkalibratoren sehr schnell.

Zwei weitere Punkte müssen bei der Betrachtung der Messunsicherheit von Metallblockkalibratoren ebenfalls berücksichtigt werden: Geräte, die über und unter der Umgebungstemperatur arbeiten, schalten zwischen Kühlung und Heizung um. Dies muss nahtlos, d.h. ohne Sprung oder Versatz geschehen. Gute Regler, wie sie z.B. bei ISOTECH-Metallblockkalibratoren verwendet werden, können das. Das zweite ist die Abhängigkeit des Gerätes von der Umgebungstemperatur. Der Anwender sollte die Anzeige der Kalibriertemperatur bei Raumtemperatur mit einer Anzeige bei einer niedrigeren oder höheren Umgebungstemperatur vergleichen. Es sollte höchstens eine vernachlässigbare Differenz auftreten. Ist sie bemerkenswert, muss sie direkt in die Fehlerbetrachtung eingerechnet werden. Auch Spannungsspitzen aus der Netzversorgung dürfen der Regelung keine Probleme bereiten. ISOTECH's Kalibratoren haben auch für diesen Fall eine Schutzvorrichtung die Problem durch diese Netzschwankungen eliminiert.

Transportierbarkeit

Metallblockkalibratoren werden oft zur „Vor Ort“-Kalibrierung eingesetzt. Sie müssen damit leicht und handlich sein. Die Angabe der Abmessungen und des Gewichtes gehört in jede Spezifikation. Für ein schnelles Überprüfen von Temperaturfühlern reichen oftmals Tester aus. Hier stehen „Kalibratoren für die Aktentasche“ zur Verfügung. Für die „Vor Ort“-Kalibrierung müssen die Geräte zusätzlich stabil und robust sein. Folientastaturen und LCD-Design sind zwar modern aber häufig für den industriellen Einsatz zu empfindlich und damit fehl am Platz.

Eintauchtiefe

Unter www.klasmeier.com/publikationen kann der Anwender einen Aufsatz über „Eintauchtiefen in thermische Systeme“ ausdrucken. Hier wird in Abhängigkeit von der gewünschten Messunsicherheit eine Mindesteintauchtiefe ermittelt. Eine von Fachleuten gern benutzte Faustformel gibt dem Anwender eine einfache Lösung: Durchmesser des Fühlers mal 15 plus 1,5fache Länge des Messwiderstandes ist gleich die Mindesteintauchtiefe. Für einen normalen industriellen Temperaturfühler mit einem Durchmesser von 6 mm und einer Länge des verwendeten Messwiderstandes von 35 mm ergibt sich eine Mindesteintauchtiefe von 142,5 mm. Eine davon abweichende geringere Eintauchtiefe verursacht erhebliche Wärmeableitungsfehler. Ob ein Fühler genügend eingetaucht ist, kann man auch durch eine einfache Überprüfung feststellen: Nachdem sich eine Fühleranzeige stabilisiert hat, zieht man den Fühler 2x um je einen cm wieder heraus. Ändert sich dabei die Fühleranzeige, ist er nicht ausreichend eingetaucht.

„Mehr-Zonen“ Heizungen und Kühlungen, sowie auch unsymmetrische Heizwicklungen sind zur Erzeugung eines homogenen Kalibriervolumens notwendig und bei guten Metallblockkalibratoren Standard. Dieses Prinzip ändert aber nichts am Effekt der Wärmeableitung. Diese ist physikalisch in erster Linie abhängig von der Konstruktion des zu kalibrierenden Fühlers und der Eintauchtiefe.

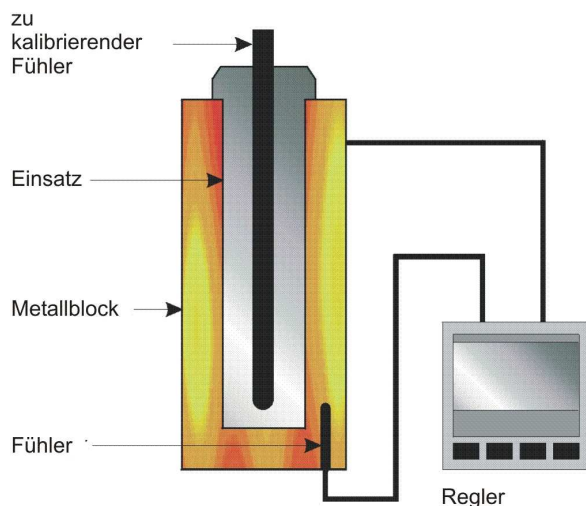
Referenzthermometer

Eine Kalibrierung darf erst durchgeführt werden, wenn der zu kalibrierende Fühler die Temperatur des Blockkalibrators erreicht hat. Die tatsächliche wahre Temperatur des Blockes ermittelt ein Referenzthermometer, das zu dem zu kalibrierenden Thermometer in den Metallblock eingetaucht sein muß. Dabei ist sehr sorgfältig darauf zu achten, dass das Referenzthermometer tatsächlich in derselben Umgebung sitzt, wie das zu kalibrierende Thermometer. Ein im Gerät irgendwo eingebautes Thermometer unterliegt immer einem

Temperaturgradienten entlang des Wärmeflusses. Gänzlich abzulehnen sind Geräte, bei denen der Regelfühler zur Referenztemperaturermittlung benutzt wird. (Bild 2)

Der Regelfühler sitzt zur optimalen Regelung immer im Bereich der Heizung/Kühlung und damit auch immer örtlich entfernt vom Metallblock, also vom Kalibriervolumen. Ein DKD-Kalibrierzertifikat dokumentiert einmal den Sollwert und den Istwert des Reglers, die mit dem Referenzthermometer gemessene Temperatur am Boden des Blockes und die tatsächlich herrschende wahre Temperatur am Boden des Blockes, die mit einem Normalthermometer des DKD-Kalibrierlabors ermittelt wurde.

Metallblock-Kalibrator einfache Ausführung



Metallblock-Kalibrator nach den Anforderungen der ISO 9000

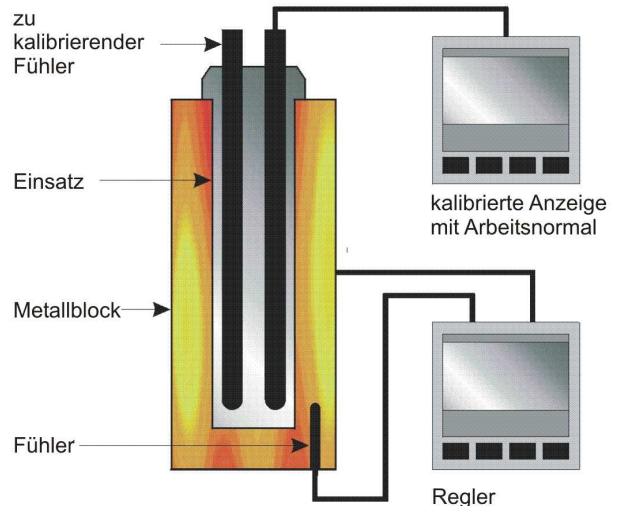


Bild 2: Kalibratoraufbau nach ISO9000 und DKD

Rechnerunterstützung

Bei Kalibriereinrichtungen sollte eine PC-Schnittstelle Standard sein. Über diese Schnittstelle kann der Sollwert verändert werden und das Referenzthermometer ausgelesen werden. Zur Darstellung dieser Temperaturwerte sollte Software frei verfügbar sein, um feststellen zu können, wann ein System stabil ist. Softwareprogramme, die die Automatisierung der Kalibrieraufgaben ermöglichen, sollten mit dem Kalibrator kompatibel sein. Dabei prüft der Rechner wann ein Metallblockkalibrator stabil ist, notiert die wahre Temperatur und notiert außerdem die Temperatur der zu kalibrierenden Temperaturfühler. Datum und Zeit sollten ebenfalls protokolliert werden. Mit guten Programmen sollten so automatisch mehrere Kalibrierpunkte abgearbeitet werden können und in verschiedenen Formaten zum Einfügen in Kalibrierzertifikaten abgespeichert werden. Dabei ist es **nicht** wichtig, daß die Software ein „Kalibrierzertifikat“ erstellen kann, denn die Masken für Kalibrierzertifikate sind jeweils firmenspezifisch. Vielmehr ist es wichtig, daß die Kalibrierwerte in Echtzeit und mit der entsprechenden Auflösung und Meßunsicherheit dokumentiert werden. Da diese Kalibrierungen



tatsächlich automatisch ablaufen, können sie über Nacht, ohne Beaufsichtigung durch Personal, durchgeführt werden.

Metallblockkalibratoren sind heute ein anerkanntes und angenehmes Hilfsmittel in der industriellen Temperaturkalibrierung. Nicht alle auf dem Markt angebotenen Geräte erfüllen die Ansprüche der Industrie. Der Anwender ist gut beraten, wenn er sich alle Funktionen des Gerätes in einem Labor vorstellen lässt und dabei die in diesem Aufsatz angesprochenen kritischen Fragen stellt. Auch die Möglichkeiten der Automatisierung sollte sich der Anwender zeigen lassen. Durch die Möglichkeit der automatischen Kalibrierung werden eventuelle Mehrkosten, die ein hochwertiger Metallblockkalibrator verursacht, sehr schnell wieder amortisiert.