

Mehrzonenkabriersysteme

Kompensation von vertikalen Inhomogenitäten und Verbesserung der Stabilität

von Dipl.-Ing. Peter Klasmeier

Vorwort

Die Kalibrierung nach der Vergleichsmethode ist die am meisten verbreitete Art der Kalibrierung. Sie bedeutet den Vergleich eines minderwertigen Thermometers mit einem höherwertigen. Dabei können beide der gleichen Konstruktion entsprechen aber das höherwertigere wurde mit einer kleineren Messunsicherheit kalibriert. Der Vergleich findet dann in einem Kalibriervolumen statt, beispielsweise in einem Flüssigkeitsbad, wo ein entsprechendes großes Volumen zur Verfügung steht, mit einer sehr gleichmäßigen Temperatur. Dieser isothermische Bereich muss groß genug sein, um beide Thermometer aufzunehmen, damit sie auf dieselbe Temperatur gebracht werden können wie das Bad, aber viel wichtiger, sehr homogen und tief genug sein, um eine Wärmeableitung entlang des Fühlers zu verhindern.

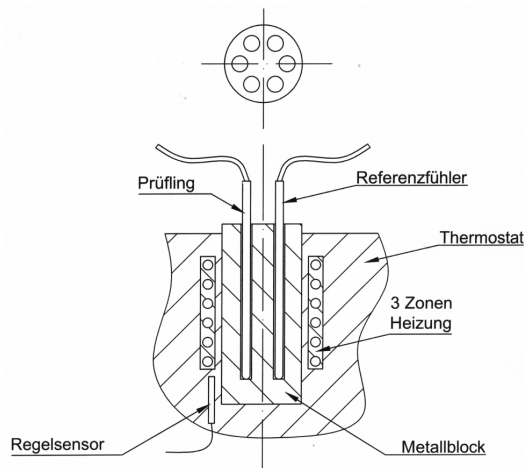
Die Methode der Vergleichskalibrierung begründet sich auf den O. Hauptsatz der Thermodynamik der das thermische Gleichgewicht eines Systems als Spezialfall des allgemeinen thermischen Gleichgewichts beschreibt.

Einleitung

Unter der Bezeichnung Metallblock-, Trockenblock- oder Dryblockkalibratoren sind Geräte bzw. Thermostate auf dem Markt, die über einen aufgeheizten oder gekühlten Metallblock Temperaturen zur Kalibrierung von Temperaturfühlern zur Verfügung stellen. Durch die Vielfalt der Anbieter unterscheiden sich die qualitativen Eigenschaften dieser Kalibratoren ganz enorm. Beispielsweise existieren Geräte, die nur eine Bohrung haben und einen internen Fühler als Referenz zur Kalibrierung benutzen. Dies hat den Nachteil, dass die tatsächliche Referenztemperatur des Kalibriervolumens nicht exakt festgestellt wird. Diese Konstruktionen entsprechen nicht dem „0.-Hauptsatz der Thermometrie“.



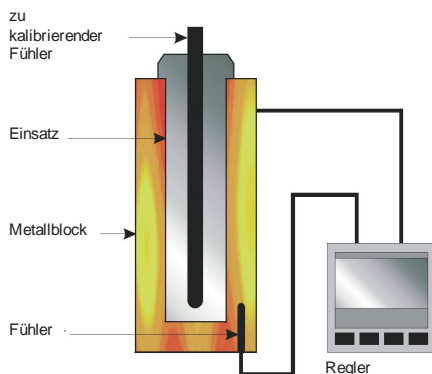
Vertikale Inhomogenitäten entstehen, wenn das Kalibriervolumen nur an einer Stelle beheizt oder gekühlt wird. Mehrzonenkabriersysteme wie die hier beispielsweise vorgestellten Kalibratoren Europa und Medusa haben Heizungen und Kühlungen an mehreren Stellen. Dabei wird die Temperatur über mehrere Zonen kontrolliert und die Regler arbeiten dabei mit einer so genannten Master/Slave Konfiguration. Dabei ist die Hauptheizung/Kühlung in der Mitte angeordnet und zwei kleinere Heizungen/Kühlungen am unteren und oberen Ende des Kalibriervolumens sorgen dafür, dass Wärmeableitung reduziert wird. Dadurch wird eine Zone sehr konstanter Temperatur längs des Kalibriervolumens erzeugt.



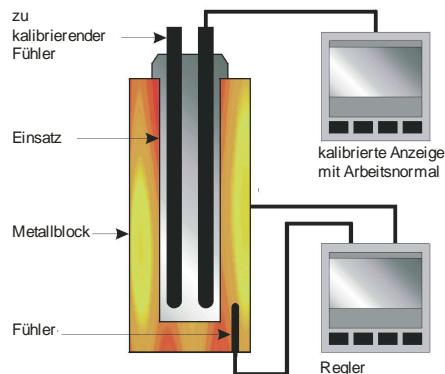
Metallblockkalibrator

ISOTECH war der erste Hersteller, der in Metallblockkalibratoren ein unabhängiges Referenzanzeigergerät einbaute, an welches ein Arbeitsnormalthermometer zur Referenztemperaturmittlung angeschlossen werden konnte. Diese Geräte wurden dann als „Vor-Ort“-Modelle beschrieben und entsprechen vollkommen dem „0.-Hauptsatz der Thermometrie“. Hier wird die wahre Kalibriertemperatur im Kalibriervolumen ermittelt.

**Metallblock-Kalibrator
einfache Ausführung**



**Metallblock-Kalibrator
nach den Anforderungen der ISO 9000**



Kalibratoren mit einem Block mit mehreren Bohrungen können nur gerade Fühler mit begrenzten Durchmessern aufnehmen. Abgewinkelte Temperaturfühler, Fühler mit unüblichen Durchmessern, Oberflächenfühler oder berührungslose Temperaturerfassungssysteme können in herkömmlichen Temperaturkalibratoren nicht kalibriert werden. Um diese Sonderfälle in „einem Gerät“ kalibrieren zu können, hat ISOTECH die Isocal-6-Geräteserie vorgestellt. Sie kann sechs Einzelkalibratoren ersetzen, und hat die Regeln der Temperaturkalibrierung komplett neu definiert. Das wegweisende neue Konzept (Patent angemeldet), das in die Isocal-6-Geräteserie eingebaut ist, hat die Arbeit vieler Kalibrierlaboratorien und Industrieanwender revolutioniert. Eine detaillierte Beschreibung dieser Geräteserie finden sie unter www.klasmeier.com/industrie.

Da sich das Normwesen in Deutschland und Europa kontinuierlich ändert, hat ISOTECH bereits sehr früh damit begonnen, sich in entsprechenden Normausschüssen und Arbeitskreisen zu engagieren. ISOTECH hat beispielsweise geholfen, die ersten Normentwürfe für Dr. Tegeler (PTB) zu untersuchen und auf Machbarkeit zu prüfen, die der jetzt gültigen EA 10/13 vorangegangen sind. Dieses Dokument beinhaltet Richtlinien, wie Metallblockkalibratoren kalibriert werden müssen (www.european-accreditation.org).

Neben dieser Normarbeit wird das hohe Arbeitsniveau von ISOTECH zusätzlich noch durch ein Qualitätssicherungssystem sichergestellt. Sowohl die Klasmeier GmbH als auch ISOTECH sind an die jeweiligen nationalen Kalibrierdienste (DKD, UKAS) angeschlossen.

UKAS (United Kalibration Accreditation Service) hat das Kalibrierlabor für Metallblockkalibratoren von ISOTECH mit einer kleinsten angebbaren Messunsicherheit von ± 0.025 K (K = 2) akkreditiert.



Der DKD hat das Labor der Klasmeier GmbH zum Kalibrieren von Metallblockkalibratoren mit 80mk akkreditiert. Das sind jeweils die kleinsten akkreditierten Messunsicherheiten für die Kalibrierung von Blockkalibratoren im DKD bzw. UKAS.

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass ISOTECH schon seit 1998 komplette Messunsicherheits-budgets für die eigenen Metallblockbäder publiziert. Anders als andere Hersteller, die gerade jetzt festgestellt haben, dass eine EA-10/13 existiert, deren Spezifikation aber von z.B. „Temperaturgenauigkeit“ spricht (und diese ohne Messunsicherheit des Temperaturfühlers angibt!?).

Leistungsmerkmale der Trockenblockkalibratoren

Vertikale und horizontale Homogenität

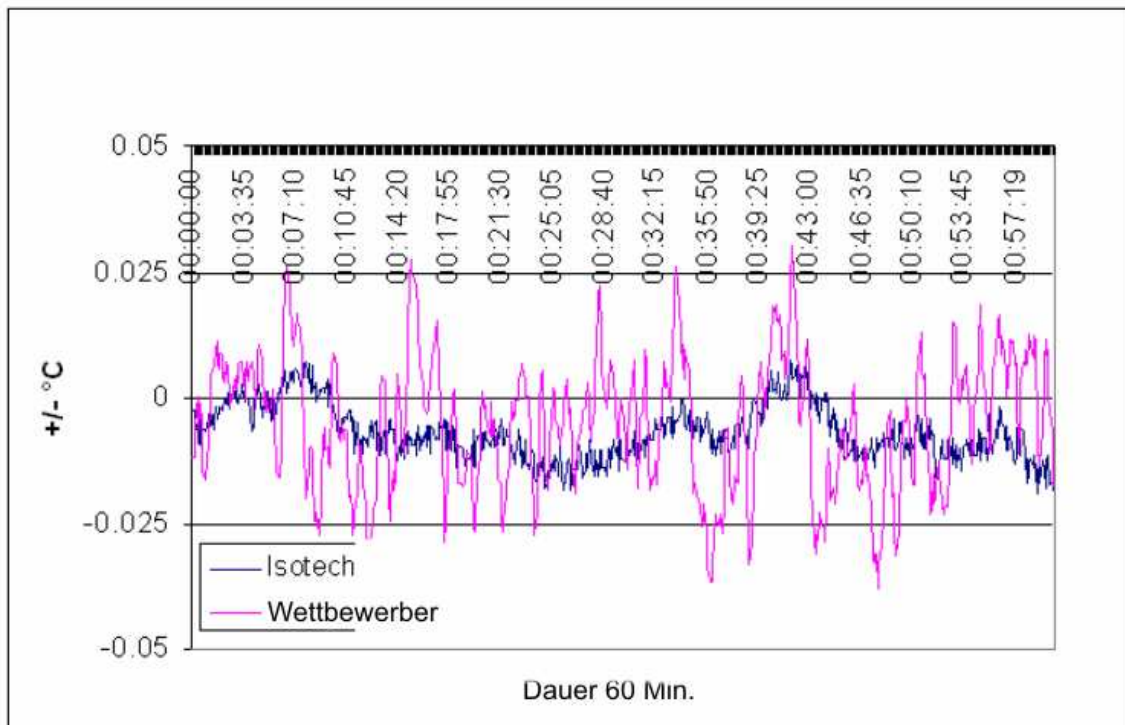
Die Homogenität des Kalibrierblockes der Europa-6- und der Venus-Serie wird durch 4 Zonen von Peltierelementen erreicht, die strategisch angeordnet sind, um kleinste vertikale und horizontale Temperaturgradienten zu erreichen.

Der Medusa III ist ein wahrer 3-Zonenofen, der eine Hauptheizung und 2 zusätzliche Heizungen besitzt, die im Kalibriervolumen oben und unten angeordnet sind. Diese Heizungen sind, bei richtiger Einstellung, in der Lage, Gradienten vertikal und horizontal zu eliminieren.

Stabilität

Der Hersteller der Regler, die Firma Eurotherm, hat viel Zeit und Geld in die Entwicklung der Regler investiert, um eine ideale Lösung für präzise und stabile Regelungen zu erreichen. Im nachfolgenden Diagramm vergleichen wir die Leistung eines Eurotherm-Reglers mit der eines Wettbewerbers.

Die Regler können an einem Punkt optimiert werden, um eine Stabilität von $\pm 0.003^\circ\text{C}$ zu erreichen. Aber es ist realistischer, eine gute Stabilität über den gesamten Temperaturbereich des Gerätes zu erreichen. Hier können Werte von $\pm 0.03^\circ\text{C}$ angegeben werden. In der anschließenden Betrachtung des Messunsicherheitsbudgets wird festgestellt, dass, wenn man die Stabilität mit den anderen Messunsicherheitsanteilen kombiniert, es nur kleine Unterschiede zu der Gesamtleistungsfähigkeit des Gerätes macht, die begrenzt ist durch die Wärmeableitung der zu kalibrierenden Fühler.



Beladung

Der Einsatz eines Referenz-Temperaturfühlers im Kalibriervolumen eliminiert Probleme durch die Beladung, da der Referenzfühler die Temperatur des Kalibriervolumens misst, wenn sich diese über die Beladung ändert.

Hysterese

Auch hier eliminiert der Einsatz des Referenzthermometers die Bedenken einer Hysterese des im Metallblock eingebauten internen Regelfühlers. Der Europa beispielsweise benutzt einen Regelsensor höchster Qualität, sehr robust und mit einer Konstruktion, die geringe Hysteresen von $\pm 5\text{mK}$ ergibt.