

# Das richtige Kalibrierbad für Temperaturfühler kaufen

## Anwendungsbericht

Während einer Europareise besuchte eine Gruppe von Spezialisten für Temperaturkalibrierung von Fluke Calibration ein Labor, das sich gerade durch den Akkreditierungsprozess kämpfte. Das Problem war das Kalibrierbad. Sie hatten bereits Kalibrierbäder von zwei Herstellern getestet. Das erste Bad erfüllte die Spezifikationen nicht und der Hersteller hatte keine Lust, die Angelegenheit zu bereinigen. Also wurde das Bad zurückgeschickt. Der zweite Hersteller lieferte ein Kalibrierbad, das funktionierte. Nach Untersuchung des Kalibrierbads während der Akkreditierungsprüfung wurde die Messunsicherheit des Labors jedoch herabgestuft, weil die Anforderungen an Stabilität und die Gleichförmigkeit der Temperaturverteilung (Homogenität) nicht erfüllt wurden.

Die meisten Hersteller von Bädern geben so wenig wie möglich über die Betriebseigenschaften und Spezifikationen ihrer Bäder preis. Vor einigen Jahren erzählte ein Hersteller seinen Kunden sogar, dass eine hohe Temperaturstabilität für eine exakte Kalibrierung gar nicht nötig wäre. Einige veröffentlichten die Spezifikationen ihrer Kalibrierbäder immer noch nicht, und andere sind hinsichtlich der Bedeutung ihrer Spezifikationen so vage, dass man nicht umhin kann zu vermuten, es gäbe etwas zu verbergen.

### Labor-Akkreditierung

Die von NVLAP (National Voluntary Laboratory Accreditation Program, USA) veröffentlichten Akkreditierungsrichtlinien sehen vor, dass Temperaturstabilität und Homogenität der Badflüssigkeit um ein Zehnfaches besser sein müssen als die erforderliche Unsicherheit des kalibrierten Sensors. Wenn Sie einen Temperaturfühler mit

einer nicht allzu anspruchsvollen Genauigkeit von  $\pm 0,05$  °C über den gesamten Bereich testen, muss das Bad stabil und homogen bis zu  $\pm 0,005$  °C sein. Sie benötigen also ein Bad mit einer Genauigkeit bis zur dritten Dezimalstelle für jede Temperatur, bei der Sie messen müssen. Bei der Auswahl eines Kalibrierbads spielen mehrere Überlegungen eine Rolle, von denen sich jede auf die Kalibrierung auswirkt.

### Stabilität

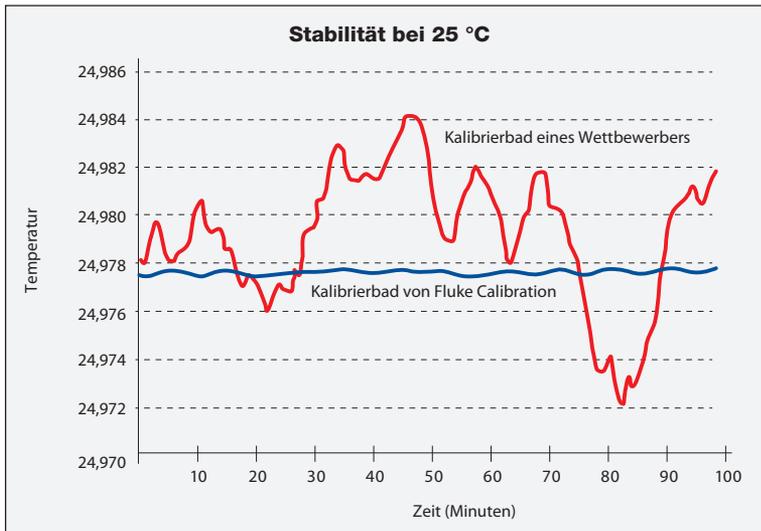
Stabilität ist ein Maß für die Fähigkeit des Kalibrierbads, Temperaturschwankungen auszuregeln. Wie gut hält es eine konstante Temperatur? Die Kurzzeitstabilität wird normalerweise als Schwankung um den Regelpunkt betrachtet, wobei die Spitzenwerte in einer "2-Sigma"- oder "±"-Angabe definiert sind. Wenn sich die Temperatur der Badflüssigkeit während der Messungen ändert, erhalten Sie keine zuverlässigen Kalibrierergebnisse. Eine hohe Kurzzeitstabilität ist daher ein entscheidendes Kriterium. Fragen Sie nach der Kurzzeitstabilität und definieren Sie als Periode für die Stabilität mindestens 15 Minuten. Ein niedrigerer Wert kann sich als äußerst ärgerlich erweisen.

Eine Langzeitstabilität über mehrere Stunden, Tage oder Wochen erhöht die Benutzerfreundlichkeit. Wenn für Ihre Arbeit ein exakter oder absoluter Wert erforderlich ist, angenommen 25,000 °C, und das Bad eine Langzeitdrift aufweist, müssen Sie vor jedem Einsatz den Sollwert neu justieren und das Temperaturgleichgewicht (das Erreichen der Kurzzeitstabilität) abwarten. Sie müssen daher wirklich beide Werte kennen, Kurzzeit- und Langzeitstabilität, bevor Sie entscheiden können, ob das Bad Ihren Anforderungen

entspricht. Eine langfristige Instabilität zeigt sich normalerweise in Form einer Drift in eine Richtung. Bei einigen Bädern kann sie sich aber auch als langfristige Welle oder Schwankung äußern.

Die Stabilität eines Bads ändert sich abhängig von verschiedenen Temperaturen. Die Eigenschaften der meisten Bäder sind in der Nähe der Umgebungstemperatur am besten. Je kälter oder heißer der Regelpunkt ist, umso geringer ist die Stabilität. Viele Anbieter nennen Ihnen nur eine Spezifikation bei oder annähernd bei Umgebungstemperatur. Einige bieten nur eine einzige Stabilitätspezifikation an und halten es nicht für nötig, darauf hinzuweisen, dass sie nur für eine Temperatur oder einen eng gefassten Temperaturbereich gilt. Fragen Sie nach Stabilität über den gesamten für Sie interessanten Bereich.





Bäder von Fluke Calibration können eine bessere Stabilität als 1 mK über längere Zeiträume erreichen.

Die Badflüssigkeit wirkt sich ebenfalls auf die Stabilität aus. Je höher die Viskosität und je niedriger die Wärmeleitung einer Flüssigkeit ist, umso größer ist die Auswirkung auf die Stabilität. Abgesehen von den Temperaturen sollten Sie auch danach fragen, welche Flüssigkeit bei der Erstellung der Spezifikation verwendet wurde. Ein Bad bei 37 °C ist beispielsweise stabiler, wenn Wasser als Medium verwendet wird. Wenn Sie Öl verwenden, müssen Sie mit einer etwas höheren Instabilität rechnen. Wenn das Öl bei 37 °C eine hohe Viskosität aufweist, ist sogar eine noch größere Verschlechterung der Stabilität zu erwarten.

ein Wärmereströmungsverhalten, das die Temperaturhomogenität stört? Fragen Sie nach vertikalen und nach horizontalen Gradienten.

In einem Laminarfluss-Bad (in dem die Flüssigkeit in einer Kreisform gerührt wird) ist möglicherweise kein horizontaler Gradient vorhanden. Da die Flüssigkeit aber nicht vertikal gemischt wird, bestehen Gradienten zwischen unterschiedlichen Höhen in dem Bad. Dies wird zum Problem, wenn die Normal-Temperaturfühler und die zu prüfenden Fühler nicht dieselbe Länge aufweisen. Wenn Sie zum Beispiel Fühler mit einer Länge von 3 Zoll prüfen und als Normal ein 19-Zoll-SPRT

verwendet wird, wird es problematisch. Sie können die zu prüfenden Fühler nur bis zu 3 Zoll tief eintauchen. Wenn Sie aber das SPRT nur 3 Zoll tief eintauchen, haben Sie nicht die erforderliche Tiefe, um Wärmeabfluss über das Schutzrohr und leichte Strömungseffekte zu vermeiden, die sich auf die vom SPRT vorgenommene Messung auswirken. Wenn jedoch das SPRT richtig eingetaucht wird und das Bad vertikale Gradienten aufweist, messen Sie nicht die Temperatur in der 3-Zoll-Tiefe der Testfühler.

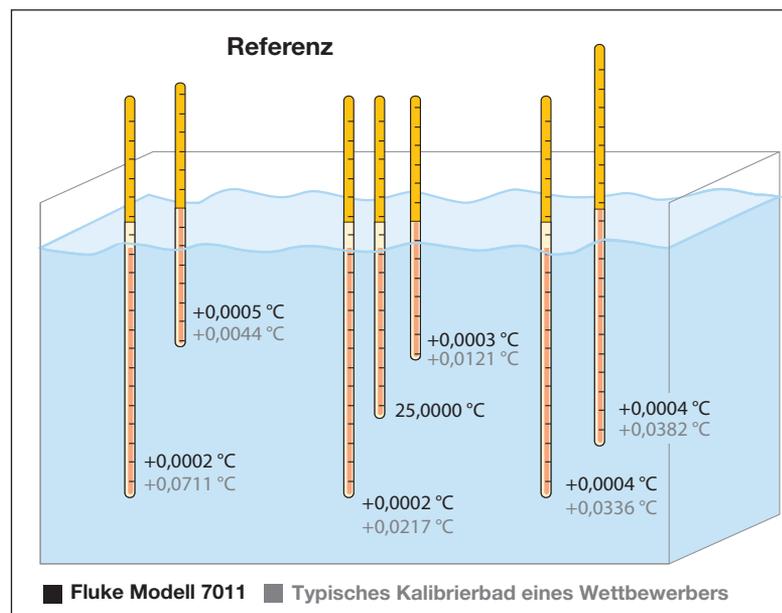
### Metall-Ausgleichsblöcke

In den Akkreditierungsrichtlinien wird der Einsatz eines Ausgleichsblocks aus Metall empfohlen, um die kurzfristige Stabilität während der Messung zu verbessern. Es ist sicherlich richtig, dass ein Block die Stabilität der Messungen erhöhen kann. Ein Block kann aber auch unpraktisch sein. Die feste Positionierung und der Durchmesser der Löcher stehen der Flexibilität eines Bads entgegen, jede Größe oder Form von Temperaturfühlern testen zu können. Sie brauchen einen Block für jeden Fühlertyp. Das Einsetzen der Fühler in den Block und dann des Blocks in das Bad ist auf jeden Fall umständlicher als das direkte Eintauchen des Fühlers in das Bad. Blöcke oxidieren außerdem, und Silikonöl verdickt sich und setzt sich am Boden der Löcher ab. Um konsistente Ergebnisse zu gewährleisten, ist eine regelmäßige Reinigung erforderlich. Wenn

### Temperaturhomogenität

Ein Bad kann eine gute Stabilität, aber eine schlechte Temperaturhomogenität aufweisen. Das Bad muss im gesamten Messbereich, in dem die Vergleichsmessungen vorgenommen werden, eine homogene Temperatur aufweisen. Wenn Sie ein oder zwei Thermometer in die Flüssigkeit tauchen, sollten diese während der Messung dieselbe Temperatur anzeigen. Die Spezifikation für die Temperaturhomogenität definiert den Maximalwert für diese Fehlerquelle. Je mehr Fühler Sie testen, umso größer ist der Testbereich und umso wichtiger wird die Temperaturhomogenität.

Die Temperaturhomogenität hängt größtenteils vom Mischen der Badflüssigkeit ab. Wird für das Bad zum Mischen eine Umlaufpumpe eingesetzt? Falls ja, entsteht im Bad



Abweichungen von der Referenztemperatur in der Mitte des Bades, gemessen in Wasser bei 25 °C mit einem PRT-Element von 1/4 Zoll Durchmesser

Sie mehrere Fühler gleichzeitig testen, ist ein Block möglicherweise nicht das Richtige für Sie. Es dürfte schwierig ein, einen Block so zu konstruieren, dass 20 Thermometer gleichzeitig sachgemäß getestet werden können.

Beziehen Sie sich bei der Auswahl des Kalibrierbads auf Spezifikationen, die direkt in der Badflüssigkeit erstellt wurden. Wenn Ihnen Diagramme über Spezifikationen des Bads vorgelegt werden, informieren Sie sich, ob ein Block verwendet wurde. Sie können in Ihrem Labor für die kritischsten Messungen dann immer noch einen Block hinzufügen. Denken Sie immer daran: Ein Bad mit hervorragenden Spezifikationen ohne Block wird mit Block ebenfalls ausgezeichnete Eigenschaften haben.

### Temperaturbereich

Der angegebene Temperaturbereich eines Bads ist nicht unbedingt auch der in der Praxis verwendbare Bereich. Zum Beispiel kann ein Bad mit einem veröffentlichten Bereich von -80 °C bis 150 °C etwas irreführend sein. Das Bad kann zwar für diesen Temperaturbereich eingesetzt werden, doch gibt es derzeit keine Flüssigkeit, die den gesamten Bereich abdeckt. Die Flüssigkeiten mit den besten Eigenschaften bei -80 °C verdunsten zu schnell, lange bevor sie 100 °C erreichen, geschweige denn 150 °C.

Ein Ölbad mit einem angegebenen Bereich von 35 °C bis 300 °C wird durch das zugegebene Silikonöl eingeschränkt. Ein gutes 300-°C-Öl ist zu dickflüssig, um unter etwa 80 °C eine gute Leistung zu erbringen, daher liegt der Badbereich mit dieser Flüssigkeit bei 80 °C bis 300 °C. In einem anderen Beispiel funktioniert ein Salzbad von Fluke Calibration mit der richtigen Flüssigkeit bei 40 °C sehr gut. Salz schmilzt aber erst bei mehr als 150 °C.

Neben der Flüssigkeit schränken auch andere Faktoren den Bereich eines Bads mechanisch ein. Dazu gehören Kühlung, Isolierung, Heizertypen und andere Konstruktionsprobleme. Kühlgase spalten sich bei über 150 °C auf und begrenzen somit die Lebensdauer des Systems. Wenn ein Kühlbad mit einem höheren Bereich angegeben wird, informieren

Sie sich, ob Sie die Kühlpule ab einer bestimmten Temperatur entfernen müssen. Für einige Bäder sind Bereiche von -80 °C bis 300 °C in einem einzigen Bad angegeben. Die Kühlgase bzw. Kühlpulen müssen jedoch vor der Nutzung des oberen Temperaturbereichs entfernt werden.

### Können Sie zu viele Fragen stellen?

Es ist unwahrscheinlich, dass ein Hersteller über eine Datei mit sämtlichen für Sie interessanten Temperatur- und Flüssigkeitskombinationen verfügt. Sie können sich aber nach den für Ihre Anwendungen wichtigsten Temperaturen erkundigen. Wie viele Angaben werden Sie erhalten?

Wir empfehlen "je mehr, umso besser". Wenn ein Anbieter angibt, dass die Stabilität seines Bads von ±0,005 °C für den gesamten Bereich gelte, bitten Sie um ein Diagramm bei mehreren Temperaturen. Wenn Sie ein Bad für den Einsatz bei 300 °C kaufen, der Hersteller aber keine Spezifikationen für über 100 °C beibringen kann, ist Skepsis angebracht.

Wenn ein Anbieter über "Kalibriergenauigkeit" spricht, statt über die Eigenschaften des Bads, bitten Sie um Spezifikationen über Stabilität und Temperaturhomogenität, die in der Flüssigkeit aufgenommen wurden. Und zu guter Letzt geht es auch um den Kundendienst. Wenn Sie in Ihrem Labor Probleme haben, mit dem Bad die benötigten Ergebnisse zu erzielen, dann muss der Hersteller für Sie da sein.

## Die Flüssigkeit beeinflusst die Betriebseigenschaften

Fluke Calibration legt die Spezifikationen für seine Kalibrierbäder unter Verwendung ausgewählter Flüssigkeiten für bestimmte Temperaturen fest. Es ist jedoch möglich, dass für Ihre Anwendung andere Flüssigkeiten für andere Temperaturen erforderlich sind. Angesichts der Tatsache, dass sich Flüssigkeitsmerkmale temperaturabhängig verändern, sollten Sie bei der Anwendung allgemeiner Spezifikationen auf Ihre eigene Anwendung Vorsicht walten lassen.

Fluke Calibration verwendet zum Beispiel oft Wasser zum Spezifizieren von Bädern bei 25 °C. Die Eigenschaften der Viskosität, Wärmeleitfähigkeit und Wärmeleistung machen Wasser zu einer idealen Flüssigkeit bei 25 °C. Wenn jedoch ein Bereich zwischen -5 °C bis 110 °C abgedeckt werden soll, ist Wasser völlig ungeeignet. Die Silikonöflüssigkeit 5010 von Fluke Calibration deckt diesen Bereich mehr als angemessen ab, zeigt aber möglicherweise nicht dieselben guten Betriebseigenschaften wie Wasser bei 25 °C. Durch einen sorgfältigen Test der Flüssigkeit für den verwendeten Bereich erfahren Sie alles, was Sie für Ihr Unsicherheitsbudget wissen müssen.

**Fluke Calibration. Precision, performance, confidence.™**

Elektrisch	HF	Temperatur	Druck	Fluss	Software
------------	----	------------	-------	-------	----------

**Fluke Calibration**  
PO Box 9090,  
Everett, WA 98206 USA

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

**Weitere Informationen erhalten Sie telefonisch unter den folgenden Rufnummern:**  
USA: (877) 355-3225 oder Fax (425) 446-5116  
Europa/Naher Osten/Afrika: +31 (0) 40 2675 200 oder per Fax an +31 (0) 40 2675 222  
Kanada: (800)-36-FLUKE oder Fax (905) 890-6866  
Andere Länder: +1 (425) 446-5500 oder per Fax an +1 (425) 446-5116  
Webzugriff: <http://www.flukecal.com>

©2013 Fluke Calibration. Die technischen Daten können ohne Vorankündigung geändert werden.  
Gedruckt in den USA 1/2013 4253455A\_DE  
Pub\_ID: 11961-ger

Eine Änderung dieses Dokuments ist ohne schriftliche Genehmigung von Fluke Calibration nicht gestattet.