

# Kombi-Fixpunktzelle zur Erzielung kleinster metrologischer Unsicherheiten

Die Einführung von Qualitätssicherungssystemen, der zunehmende konkurrenzbedingte Druck zu Kosteneinsparungen sowie wachsende Forderungen nach einer Verringerung industriell verursachter Umweltverschmutzungen erfordern die Kenntnis und Einhaltung aller Prozessparameter zur strikten Produktionskontrolle. Ein entscheidender Parameter ist die Temperatur. Trotz ihrer Allgegenwärtigkeit sind Temperaturmessungen insbesondere im Bereich oberhalb von 1.000 °C schwierig. Das hier beschriebene patentierte Konstruktionsprinzip einer neuartigen Fixpunktzelle ermöglicht erstmals die gleichzeitige Kalibrierung von Berührungs- und Strahlungsthermometern. Dadurch kann die Präzision der Temperaturmessung im Bereich oberhalb 1.000 °C deutlich verbessert werden.

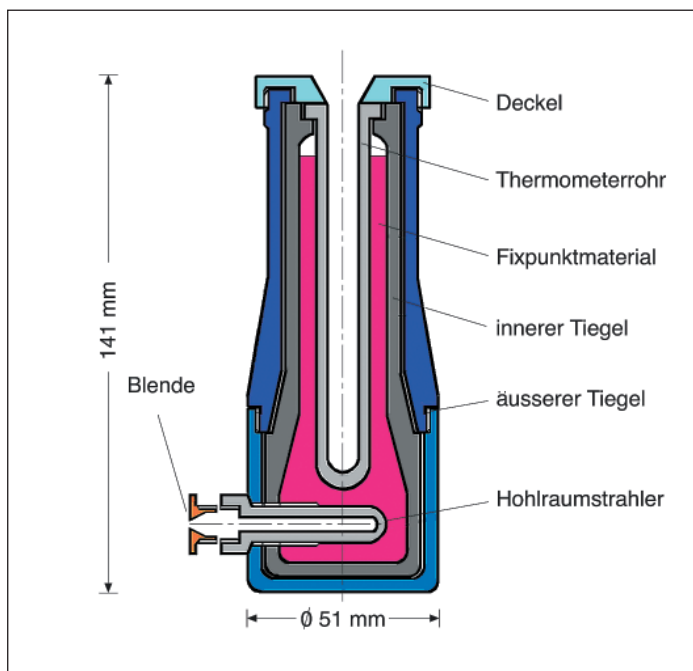
## Neues Design ermöglicht verbesserte Temperaturmessung

Das neue Konzept wird in der Abb. 1 dargestellt. In der Fixpunktzelle befinden sich, senkrecht zueinander und komplett vom Fixpunktmaterial umschlossen, ein vertikal eingesetztes Tauchrohr und ein horizontal angeordneter Hohlraumstrahler. Tauchrohr und Hohlraumstrahler sind so gestaltet, dass sie in ihrer Bauform und ihren Abmessungen den jeweiligen spezifischen Messanforderungen für die berührenden bzw. berührungslosen Temperaturmessverfahren entsprechen.

Mit dem Einsatz dieser kombinierten Fixpunktzellen kann die Messunsicherheit im Temperaturbereich oberhalb von 1.000 °C deutlich reduziert und die Weitergabe der Internationalen Temperaturskala an und in der Industrie deutlich vereinfacht werden.

Die Internationale Temperaturskala von 1990 (ITS-90) erstreckt sich von 0,65 K bis zu den höchsten Temperaturen, die mit Hilfe des Planckschen Strahlungsgesetzes messbar sind. Sie

beruht auf 17, durch Phasenübergänge realisierte Fixpunkte, denen bestimmte Temperaturwerte zugeordnet sind. Temperaturen zwischen den Fixpunkttemperaturen werden mit Hilfe festgelegter Messgeräte gemessen, die an den Fixpunkten kalibriert werden.



▲ **Abb. 1: Schematischer Aufbau der neuartigen Fixpunktzelle zur gleichzeitigen Kalibrierung von Strahlungs- und Berührungsthermometern (DE 10 2004 027 072 B3)**

Temperaturen oberhalb von 1.234,94 K (961,78 °C), dem Erstarrungspunkt von Silber, sind gemäß der ITS-90 mit Strahlungsthermometern zu messen, wobei das Verhältnis der Messsignale beim

Messen der unbekanntenen Strahldichte und der Strahldichte eines Hohlraumstrahlers mit der Temperatur von erstarrendem Silber (1.234,93 K), Gold (1.337,33 K) oder Kupfer (1.357,77 K) bestimmt wird. Die unbekanntene Temperatur wird dann unter Verwendung des Planckschen Strahlungsgesetzes berechnet. Gleichzeitig dienen die genannten Fixpunkte aber auch zur Kalibrierung von Berührungsthermometern, die zur Approximation der ITS-90 in einem weiten Temperaturbereich, u. a. auch oberhalb des Erstarrungspunktes von Silber, eingesetzt werden. Aus den unterschiedlichen Messprinzipien von Berührungs- und Strahlungsthermometern erwachsen für die einzusetzenden Fixpunkte unterschiedliche Anforderungen.

Fixpunkte zur Kalibrierung von Berührungsthermometern werden vertikal betrieben. Fixpunkte zur Kalibrierung von Strahlungsthermometern sind als Hohlraumstrahler mit einem Emissionsgrad nahe 1 aufgebaut und werden in der Regel horizontal betrieben.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Anforderungen ist bisher ein Vergleich von verschiedenen Fixpunktzellen für die Kalibrierung von Berührungsthermometern mit Fixpunktzellen für die Strahlungsthermometrie nicht direkt möglich, da eine Messung von Fixpunktzellen für Be-

rührungsthermometer mit Strahlungsthermometern nicht möglich ist. Ein Vergleich ist also nur durch zeitlich und messtechnisch aufwändige Messungen eines Strahlungsthermome-

ters gegen das zu kalibrierende Berührungsthermometer in speziell dafür entwickelten Öfen möglich.

Dieses Problem wurde durch die Entwicklung der Kombi-Fixpunktzelle gelöst, mit der nun gleichzeitig (oder nacheinander) die Phasenübergangstemperatur des entsprechenden Fixpunktmaterials berührungslos und/oder mit einem Berührungsthermometer an ein und demselben Phasenübergang mit für Fixpunkte üblicher kleinster metrologischer Unsicherheit bestimmt werden kann. Auf diese Weise wird erstmals eine gleichzeitige Kalibrierung von Berührungsthermometern und Strahlungsthermometern bezüglich der ITS-90 möglich bzw. erlaubt diese Konfiguration einen direkten Vergleich von Berührungs- und Strahlungsthermometern an dieser Fixpunkttemperatur.

Die Tabelle gibt einen Überblick über Fixpunktmaterialien und deren Phasenübergangstemperaturen, die in der neuartigen Zelle zum Einsatz kommen können:

**Fixpunktmaterialien mit entsprechender Phasenübergangstemperatur, die in der neuartigen Fixpunktzelle verwendet werden können:**

Material	Temp./°C	Temp./K
Au	1.064,18	1.337,33
Cu	1.084,62	1.357,77
Fe-C	1.154	1.427,15
Co-C	1.323,7	1.596,85
Ni-C	1.328,5	1.601,65
Pd-C	1.492	1.765,15
Rh-C	1.657	1.930,15
Pt-C	1.734	2.007,15

### Technische Umsetzung mittels Reinstgraphit

Abb. 1 zeigte bereits den schematischen Aufbau. Die technische Realisierung ist in Abb. 2 dargestellt.

Alle Bestandteile der Kombi-Fixpunktzelle sind aus Reinstgraphit gefertigt, um eine Verunreinigung des Fixpunkt-



▲ Abb. 2: Kombi-Fixpunktzelle

materials (häufig eine eutektische Metall-Kohlenstoff-Verbindung) im Inneren der Zelle zu vermeiden. Um

das Risiko eines Ausfalls der Kombi-Fixpunktzelle durch den Bruch des äußeren Tiegels zu minimieren, wurde sie als doppelwandige Zelle konzipiert.

Die neuartige Kombifixpunktzelle ermöglicht Kalibrierlaboratorien die zeitoptimierte genaue Kalibrierung und Rückführung von Strahlungsthermometern und Berührungsthermometern in einem Arbeitsschritt. Sowohl die Zelle selbst wie auch die Lizenzen zu dem Patent stehen Interessierten zur Verfügung.

Autoren:

Frank Edler, Jürgen Hartmann  
 Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
 Abbestrasse 2-12  
 10587 Berlin  
 Tel.: 030/34 81-1

Weitere Informationen zur Sensorik innerhalb der PTB erhalten Sie von:

Bernhard Smandek  
 Beauftragter für Technologietransfer  
 Tel.: 0531/592 8303  
 E-Mail: bernhard.smandek@ptb.de  
 www.technologietransfer.ptb.de