

# Rückführbare Kalibrierung von Wechselstrom-Widerstandsmessbrücken auf nationale Normale

WIKA Datenblatt IN 00.30

Zur Prüfung/Kalibrierung der Brücken oder Geräte für die Widerstandsthermometrie werden drei verschiedene Techniken verwendet, die unterschiedliche Unsicherheiten aufweisen und mit Wechselstrom-Widerstandsmessbrücken funktionieren.

## 1. Kalibriermethode: Kalibrierte Referenzwiderstände

Mit kalibrierten Referenzwiderständen kann die Kalibrierung geprüft werden (mit Gleichstrom- oder Wechselstromgeräten). Die Kalibrierunsicherheit (Werte von nationalen Instituten) dieser Widerstände liegt normalerweise bei 0,05 ppm DC und 0,5 ppm AC.

Diese Technik scheint also bei Wechselstromgeräten nicht so gut zu funktionieren wie bei den entsprechenden Gleichstromgeräten.

Die verwendeten Normale sind jedoch üblicherweise Wilkins-Widerstandsnormale oder Widerstände gleichwertiger Bauart, die eine Stabilität von 2 ppm pro Jahr aufweisen. Somit wird die Messunsicherheit verbunden mit dem Referenzwiderstand in erster Linie nicht durch die ursprüngliche Kalibrierunsicherheit, sondern durch die Langzeitstabilität bestimmt.

Die Verknüpfung der Unsicherheiten (RMS = root mean square) bedeutet, dass bei Kalibrierungen, bei denen das verwendete Normal jährlich durch ein nationales Kalibrierla-

bor kalibriert wird, der Referenzwiderstand folgendermaßen zur Gesamtmessunsicherheit beiträgt:

1. DC: Unsicherheit,  $uR = 2^2 + 0,05^2 = 2,0$  ppm
2. AC: Unsicherheit,  $uR = 2^2 + 0,5^2 = 2,1$  ppm

Aufgrund dessen ist der Unterschied zwischen Wechselstrom- und Gleichstromgeräten in Bezug auf die Messunsicherheit bei Verwendung dieser Technik sehr gering. ASL verwendet diese Methode nur für die Industrieprodukte (F150, CTR2000 und CTR5000); WIKA verwendet sie nicht für Präzisionsmessbrücken, wo sie angesichts eines angestrebten Wertes von mindestens 1 ppm ungeeignet wäre.

Manche Hersteller von Gleichstrom-Widerstandsmessgeräten empfehlen diese Technik zur Linearisierung ihrer Geräte. Dies wirft Zweifel bezüglich der Kalibriergenauigkeit solcher Produkte auf.

## 2. Kalibriermethode: Widerstandsmessbrücken-Kalibrator (RBC = resistance bridge calibrator)

Mit Hilfe des Widerstandsmessbrücken-Kalibrators (RBC) kann (mit Wechselstrom- oder Gleichstromgeräten) die Linearität einer Brücke geprüft werden. Hierfür wird eine Reihe von Widerstandswerten im Arbeitsbereich der Brücke erzeugt.

Dieses Gerät wurde von Rod White vom nationalen Kalibrierlabor in Neuseeland erfunden. Der RBC enthält vier Präzisionswiderstände, die verschiedene Reihen- und Parallelschaltungen ermöglichen.

Obwohl der tatsächliche Wert jedes einzelnen Widerstands nur bis auf wenige ppm genau bekannt ist, kann die Linearität des Gerätes mit deutlich verbesserter Unsicherheit bestimmt werden. Mit den vier Basiswiderständen können 35 verschiedene Widerstandswerte erzeugt werden.

Diese werden mit dem zu prüfenden Gerät gemessen, wobei, wenn auch eine gerätebedingte Messunsicherheit berücksichtigt werden muss, gleichzeitig 35 Gleichungen mit lediglich vier Unbekannten (den Werten der vier Widerstände) erzeugt werden.

Danach ist es möglich, von diesen vier Werten den Best-Fit-Wert abzuleiten und davon wiederum die 35 Widerstände (als proportionaler Anteil des Maximalwiderstands) zum Prüfen der Brücke. Dadurch kann die Linearität (jedoch nicht die Skalengenauigkeit) geprüft werden.

### 3. Kalibriermethode: Prüfung des Widerstandsverhältnisses (RTU = Ratio test unit)

Ein solches Gerät (RTU) kann zum Prüfen der Genauigkeit und der Linearität einer Widerstandsmessbrücke (nur Wechselstrom-Widerstandsmessbrücken) verwendet werden. Dieses Gerät wird von ASL hergestellt und erzeugt mit Hilfe eines induktiven Spannungsteilers (Transformator) Wechselstrom-Spannungsverhältnisse, um den Referenzwiderstand und den Widerstand des Thermometers zu simulieren.

Bei dieser Technik werden auf wirkungsvolle Weise die Messwerte des Verhältniswandler-Spannungsteilers der Brücke mit einem genaueren, externen Verhältniswandler-Spannungsteiler verglichen.

Der Vorteil hierbei liegt darin, dass das vom induktiven Spannungsteiler (IVD = inductive voltage divider) erzeugte Spannungsverhältnis ausschließlich vom zeit- und temperaturstabilen Windungsverhältnis abhängt (das Windungsverhältnis bleibt immer konstant).

Darüber hinaus ist die Unsicherheit dieser Spannungsverhältnisse und somit die der RTU-Kalibrierung kalkulierbar und ebenfalls stabil in Bezug auf Zeit und Temperatur. IVDs werden in nationalen Kalibrierlaboren als „natürliche“ Normale eingesetzt, die keine Kalibrierung erfordern.

Um die Genauigkeit der Skala einer Wechselstrom-Widerstandsmessbrücken zu prüfen, kann die interne Prüffunktion des Gerätes verwendet werden. Diese Methode ermöglicht die Prüfung einer Brücke vom Typ ASL CTR9000 (Genauigkeit 0,1 ppm) mit einem Restlinearitätsfehler von weniger als 0,03 ppm.

Dieses Gerät, die RTU, das ASL zur Kalibrierung seiner Produkte verwendet, wurde an die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) geschickt, um es mit den eigenen Spannungsteilern abzugleichen. Dadurch sind die Kalibrierungen bei ASL auf Normale führender nationaler Kalibrierlabore rückführbar.

Die Unsicherheit für den ganzen Betriebsbereich reicht von 0,09 ... 0,13 ppm und wird durch die Unsicherheit der PTB-Normale begrenzt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass zur Prüfung der ASL-Messbrücken die RTU verwendet wird, dessen Linearität bei < 0,001 ppm liegt und bei welchem eine Messunsicherheit von 0,13 ppm durch ein nationales Kalibrierlabor festgestellt worden ist (Messunsicherheit begrenzt durch die Normale).

Die Kalibrierungen von WIKA sind somit auf nationale Normale rückführbar. Gleichstrom-basierte Geräte verwenden normalerweise Standardwiderstände zur Kalibrierung und bei einer jährlichen Kalibrierung wäre die Messunsicherheit für ihre rückführbare Kalibrierung auf 2 ppm begrenzt (aufgrund der Driftrate ihrer Normale).

