

Messfehler von Temperatursensoren bei Stromschleifenkalibrierungen reduzieren

Das Kalibrieren von Stromschleifen ist mehr als das Verifizieren von 4 mA bis 20 mA

Anwendungsbericht

Das Verhalten und die Genauigkeit eines Messsystems können durch die Optimierung der Stromschleifenkalibrierung bedeutend verbessert werden, indem der einzigartigen Charakteristik des Temperaturmessfühlers besser Rechnung getragen wird. Variationen des Werkstoffs und der Bauweise sowie Gebrauch und Einsatz der Sensoren in verschiedenen Umgebungen machen jeden Temperaturmessfühler einmalig. Das setzt sich über die gesamte Lebensdauer des Sensors durch Drift aufgrund mechanischer Stöße und Vibrationen sowie Verschmutzung der Werkstoffe mit den zu messenden Substanzen fort. Diesen Abweichungen und Änderungen kann nur durch regelmäßige Überprüfung Rechnung getragen und somit das Verhalten der Messkette verbessert werden.

Temperatur spielt bei vielen industriellen und kommerziellen Prozessen eine wichtige Rolle. Die Beispiele erstrecken sich über so vielfältige Bereiche wie Sterilisierung in Pharmakonzernen, Hitzebehandlung von Metallen zur Gewährleistung der optimalen Festigkeit für Anwendungen in der Luftfahrt, Temperaturüberprüfung in Kühllagern sowie atmosphärische und ozeanografische Forschung. Bei allen Temperaturmessanwendungen beeinflusst der Sensor die Ergebnisse stark. Leider werden viele Messungen durchgeführt, ohne vorher das System so zu optimieren, dass die Messkette die bestmögliche Genauigkeit erzielt.

Die meisten Temperaturmessungen werden bei technischen Prozessen mit einem Messelement durchgeführt, das an einen Transmitter angeschlossen ist. Abbildung 1 zeigt ein Diagramm einer üblichen Konfiguration.

In vielen Anwendungen werden die einzelnen Elemente des Messsystems getrennt voneinander

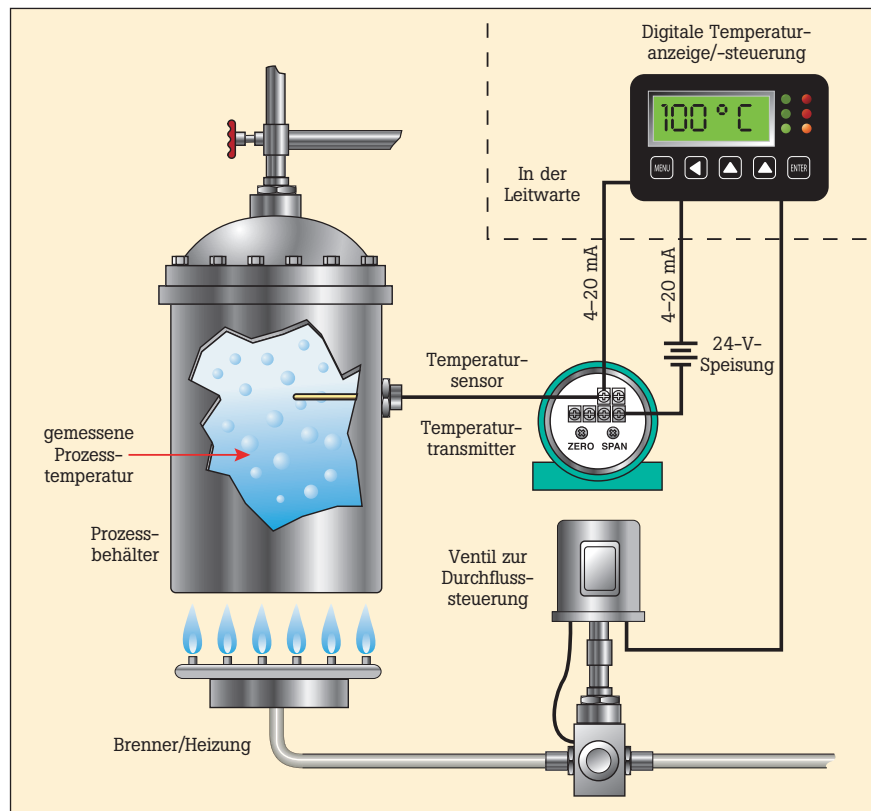


Abbildung 1. Diagramm eines typischen Temperaturmesssystems für technische Prozesse.

überprüft. Dadurch werden aber bedeutende Verbesserungen, die erst möglich sind, wenn man die Messkette als gesamtes System betrachtet, nicht berücksichtigt. Einer der Hauptgründe, aus dem die Elemente einzeln überprüft bzw. kalibriert werden, ist, dass das oft als effizienter betrachtet wird. Die Überprüfung der Messgeräte oder Transmitter wird meistens einfach und schnell mit einem elektronischen Simulator für Thermoelemente (TE) oder Widerstandsthermometer (RTD) durchgeführt. Bei diesem Verfahren wird die Genauigkeit des dazugehörigen Temperaturfühlers nicht überprüft und man geht davon aus, dass alle Messfühler identisch

und normgerecht sind. In der Praxis sind aber keine zwei Messfühler identisch - sie weichen alle von den Idealwerten ab und auch im Laufe der Zeit und durch den Gebrauch ändern sich ihre Eigenschaften. Wenn Sie verstehen, wie Messfühler von den Idealwerten abweichen, können Sie das Messsystem optimieren, um die beste Genauigkeit zu erreichen. Rosemount Inc. verwendet das Beispiel aus Tabelle 1 zur Darstellung der Genauigkeitsverbesserungen, die ihr Temperaturmessumformer Modell 644H ermöglicht. Um diese Verbesserung zu erreichen, sind werden dem Rosemount 644H Daten (Callendar Van-Dusen

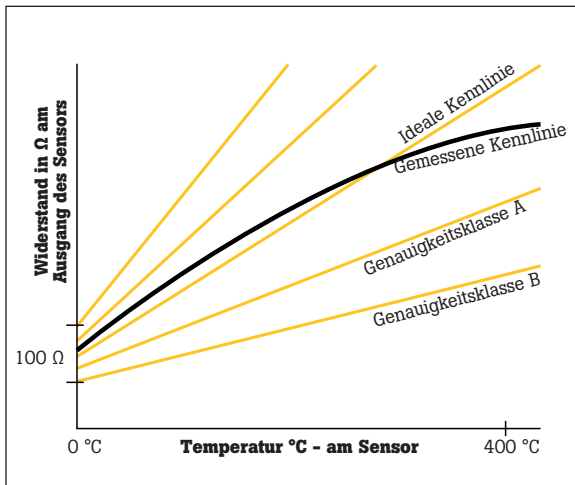


Abbildung 2.

Messung zum Vergleich der Systemgenauigkeit bei 150 °C mit einem Pt100-Widerstandsthermometer (RTD) nach DIN EN 60751 (IEC 751) mit einem Transmittermessbereich von 0 bis 200 °C

Standard RTD	Genauigkeit	Charakterisiertes RTD	Genauigkeit
Rosemount Modell 644H	± 0,15 °C	Rosemount Modell 644H	± 0,15 °C
Standard RTD	± 1,05 °C	Abgeglichen (kalibriert) RTD	± 0,18 °C
Gesamtsystem	± 1,06 °C	Gesamtsystem	± 0,23 °C

Die gesamte Systemgenauigkeit wurde als Summe der quadrierten Abweichungen berechnet.

Tabelle 1

Koeffizienten) mitgeliefert, mit denen das Verhalten des Temperatursensors, in diesem Fall ein Pt100-Standard sensor gemäß IEC 751, mit einberechnet werden kann.

Blockkalibratoren und Mikrobäder sind zum Überprüfen der Spezifikationen von Temperaturmessfühlern und anderen dazugehörigen Sensoren gut geeignet. Aber sie können die Ausgabe oder Anzeige des Transmitters nicht kalibrieren und können nicht alleine die gesamte Messschleife optimieren. Wenn die oben genannte Genauigkeitsverbesserung nachhaltig durchgeführt werden muss, wird eine Wärmequelle in Kombination mit einem intelligenten elektronischen Prozesskalibrator, mit dem man den Transmitter und die Anzeige kalibrieren kann, benötigt.

Durch Kombination der Automatisierungs- und Dokumentationsfähigkeiten des dokumentierenden Prozesskalibrators Fluke 754 mit der intelligenten und stabilen Familie der Blockkalibratoren für den mobilen Einsatz und von Mikrobädern von Fluke Calibration können sie die ganze Messkette für die Temperatur

prüfen und kalibrieren. Mit dieser Gerätekombination können Sie leicht die Charakteristiken der Temperatursensoren und Messelektronik überprüfen. Mithilfe dieser Daten kann die ganze Genauigkeit der Schleife optimiert werden. Unten finden Sie einige Beispiele, wie Sie die Genauigkeit Ihres Messsystems mit diesen Instrumenten optimieren können.

Der Kalibrator Fluke 754 ist an einen Blockkalibrator oder ein Mikrobad von Fluke Calibration über ein serielles RS-232 Schnittstellenkabel angeschlossen. Für den 754 ist die Firmware Version 2.3 oder höher erforderlich. Die Firmware-Version wird beim Hochfahren kurz auf dem Display des 754 angezeigt. Wenn Sie nicht die erforderliche Firmware haben, setzen Sie sich mit Ihrem autorisierten Fluke Vertriebspartner bezüglich Informationen zu einer Aktualisierung in Verbindung. Das serielle Kabel können Sie bei einem autorisierten Fluke Vertriebspartner erhalten. Der Blockkalibrator wird an die Druckmodul-Schnittstelle des 754 angeschlossen. Der Start erfolgt über die Geberfunktionen des 754 für Thermoelemente oder RTDs. Da diese Tests sehr lange dauern, wird empfohlen, den 754 bei völlig geladener Batterie oder mit einem Netzadapter zu betreiben. In Abbildung 4 wird ein Anschlussdiagramm dieser Ausrüstung dargestellt.

Bei vielen Prozessanwendungen ist das zur Temperaturmessung gewählte Instrument ein Transmitter, der das Ausgangssignal des Temperatursensors aufnimmt und zur SPS, zum Prozessleitsystem oder zur Anzeige ein 4 bis 20 mA Signal zurückgibt. In diesem Beispiel wird eine Methode zur Verifizierung beschrieben, die eine Optimierung dieser Messung zur Verbesserung der Genauigkeit bietet.

Zur Durchführung dieser Messung wird der RTD-Sensor aus

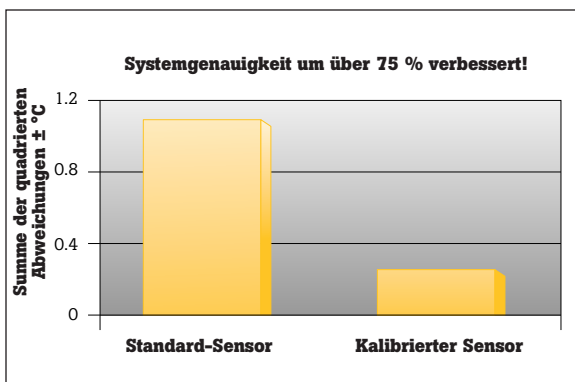


Abbildung 3: Die Systemgenauigkeit konnte mit einem kalibrierten Pt100 Sensor verbessert werden.

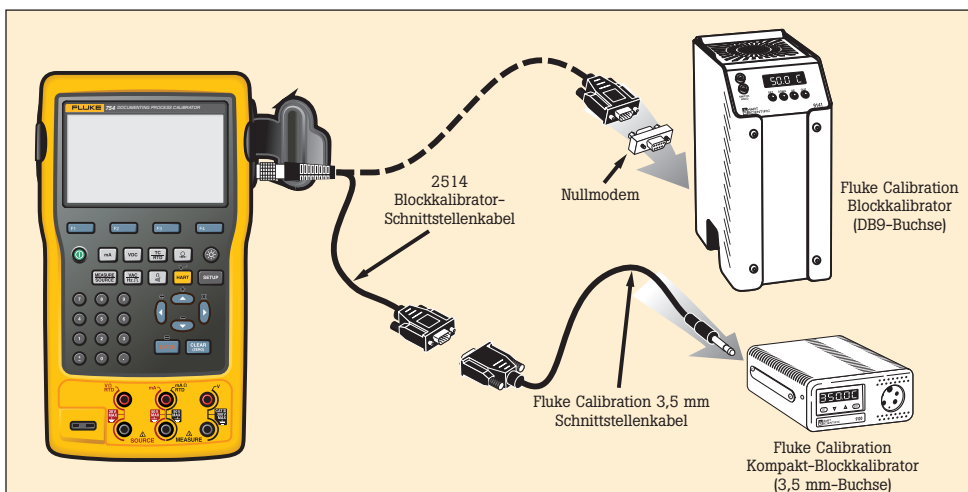


Abbildung 4: Anschließen eines Fluke 754 an einen Fluke Blockkalibrator.

dem Prozessaufbau entfernt und in den Blockkalibrator eingeführt. Die mA-Anschlüsse des Transmitters werden direkt an den dokumentierenden Prozesskalibrator 754 angeschlossen (siehe Abbildung 5). Für die meisten Anwendungen bietet diese Lösung eine angemessene Leistung. Wenn Ihre Anwendung aber mit einem Sensor mit Sonderform arbeitet, sollten Sie vielleicht eher an den Einsatz eines Mikrobads denken. Wenn eine höhere Genauigkeit der Wärmequelle erforderlich ist, kann ein Referenzthermometer mit der Funktion des 754 zur manuellen Eingabe von Messwerten angewendet werden. Siehe Anwendungsbericht 1263925 für weitere Informationen über die Benutzereingabe von Messwerten in den 754.

Sobald die Verbindungen angeschlossen sind, können Sie auf die Transmittereinstellungen zugreifen (vorausgesetzt Sie haben einen Transmitter mit HART-Protokoll). Sie können nun die Testeinstellungen des Kalibrators für mA-Messungen mit dem Blockkalibrator zur Vorgabe der Temperaturwerte konfigurieren.

Durch Drücken auf die HART-Taste auf dem 754 kann der Kalibrator die Transmitterkonfiguration von einem Transmitter mit HART-fähigem Kommunikationsprotokoll einlesen. Im Folgenden ein Beispiel für eingelesene Konfigurationsdaten.

HART	HART mA	LOOP
Measure	7.798 mA	4000
Source	Off	
644 Temp TT100		
PV	23.7 °C	
PVAO	7.7975 mA	
PV LRV	0.0 °C	
PV URV	100.0 °C	
Select operation for this device		
Abort	Service	Setup Process

Durch erneutes Drücken auf die HART-Taste des 754 wird folgender Bildschirm mit mehreren Optionen zur Einstellung des Kalibrators mit den für diesen Test korrekten Parametern aufgerufen. In diesem Beispiel verwenden wir den Transmitter mit einer Einstellung des Ausgangssignals von 4 bis 20 mA. Die korrekte Einstellung des 754 hierfür ist die Messung von mA und das Geben der Temperatur über den Blockkalibrator.

HART	HART mA	LOOP
Measure	7.798 mA	4000
Source	Off	
Select calibrator mode of operation		
Don't change calibrator mode		
MEAS mA, SOURCE PT100, a=385/4W		
MEAS PV, SOURCE PT100, a=385/4W		
MEAS mA, SOURCE Drywell		
MEAS PV, SOURCE Drywell		
Abort		

Durch Drücken des Softkeys AS FOUND („Messwerte vor der Justierung aufnehmen“) am 754 erhalten Sie Zugriff auf einen Bildschirm, mit dem Parameter für automatisierte Messungen eingegeben werden können. Unten finden Sie eine typische Einstellung, die Messsysteme bei ansteigenden Temperaturvorgaben von 50 °C bis 150 °C mit einem Blockkalibrator testet.

MEASURE	HART mA	LOOP
0% Value	4.000 mA	
100% Value	20.000 mA	
Tolerance	0.25 %	
Delay	1.0 s	
SOURCE Hart 9143		
0% Value	50.0 °C	
100% Value	150.0 °C	
Test Strategy	S1	
Abort	User Value	Custom Units Done

Nach Festlegung des Tests führt der Fluke 754 den Test durch und nimmt dabei die Temperaturvorgaben zusammen mit der gemessenen Ausgabe des Transmitters in mA auf. Am Ende des Tests wird das Ergebnis auf dem Bildschirm angezeigt, sodass der Kalibrier- oder Prozesstechniker die Ergebnisse beurteilen und gegebenenfalls Korrekturmaßnahmen vornehmen kann. Im Folgenden ein Beispiel für die Ergebnisse.

Eine Methode zur Optimierung dieses Systems zur Fehlerminimierung besteht darin, die Werte am unteren und oberen Bereichsende des Transmitters auf die vom 754 gemessenen Werte einzustellen. Bei einem HART-fähigen Transmitter ist das leicht über den 754 durch Eingabe der neuen Werte LRV und URV im Bildschirm des HART SETUPS unten zu tun.

HART	HART mA	LOOP
Measure	20.462 mA	4000
Enter Values		
PV Unit	°C	
Lower Range Value	50.0	
Upper Range Value	151.5	
Abort Send		



Abbildung 5: Der Kalibrator Fluke 754 und der Fluke Blockkalibrator kalibrieren einen 4–20 mA Transmitter und Temperatursensor.

SOURCE	HART mA	MEASURE	LOOP	ERROR %
50.0 °C		4.005 mA	4000	0.03
75.0 °C		7.938 mA	4000	-0.39
100.0 °C		12.125 mA	4000	0.78
124.9 °C		16.035 mA	4000	0.32
149.9 °C		20.225 mA	4000	1.51
Abort	Prev. Page	Next Page	Done	

Bei einem analogen Transmitter müssen Sie die Einstellungen zur Vorgabe der korrekten Temperaturwerte für den Nullpunkt und die Messspanne mechanisch einstellen. Der 754 ist mit einer praktischen Menütaste ausgestattet, mit der Sie die korrekten Werte des Blockkalibrators auf Knopfdruck leicht einstellen können.

Kalibrieren und Justieren von Messsystemen mit charakterisierten Sensoren und Kalibrierkonstanten

Ein weiteres Verfahren zur Verringerung der Ungenauigkeit und Optimierung von Temperatormesssystemen besteht darin, den Temperatursensor zu charakterisieren, Korrekturkoeffizienten zu berechnen und diese dann in die Messausrüstung zu laden. Dieses Verfahren wurde im Beispiel für den Rosemount 644H auf der vorherigen Seite dargestellt. Bei Messsystemen funktioniert diese Methode zur Reduzierung der Fehler, die vom Sensor kommen, am besten. Dafür benötigt man jedoch Transmitter mit einem Korrektur- oder Linearisierungsalgorithmus, der zum Sensor passt. Platin-RTDs arbeiten zur Linearisierung der Sensorausgabe zum Beispiel normalerweise mit der Callendar Van-Dusen (CVD)-Gleichung. Die Charakterisierung eines Sensors ergibt einzigartige CVD-Koeffizienten, die in den Transmitter eingegeben werden können, sodass dessen Konversionsalgorithmus die einzigartigen Kenndaten des Sensors einberechnen kann.

Der Fluke 754 kann zusammen mit einem Blockkalibrator dazu beitragen, die zur Sensorcharakterisierung nötigen Daten zu erfassen. Zur Bildung neuer CVD-Konstanten anhand dieser Daten werden jedoch zusätzlich Software und weitere Ressourcen benötigt. TableWare von Fluke Calibration ist zum Beispiel eine solche erforderliche Software. Ebenso könnten als Software unter anderem Mathcad, Mathematica, Maple oder Excel verwendet werden. Zum Arbeiten mit dieser Software muss man jedoch erhebliche Kenntnisse der Gleichungen zur Linearisierung von Sensoren haben und muss die Kurven der erfassten Daten anpassen können.

Die Charakterisierung von Messfühlern ähnelt dem oben beschriebenen Verfahren. Das Ausgangssignal des Transmitters wird jedoch nicht gemessen, sondern der Sensor wird direkt an den 754 angeschlossen. Unten wird ein Beispiel für die vom 754 an einem Temperatursensor erfassten Daten gezeigt.

SOURCE	MEASURE	ERROR %
-25.0 °C	91.1 Ω	3.14
0.0 °C	101.1 Ω	6.71
25.0 °C	110.8 Ω	9.48
50.0 °C	120.6 Ω	12.48
75.0 °C	130.2 Ω	14.86

Solche Daten können mit den Bildschirmen aus Abbildung 6 in die Kalibrier-Software von Fluke eingegeben werden, um dann die einzigartigen CVD-Konstanten für diesen Messfühler zu berechnen.

Solche Koeffizienten können dann in ein geeignetes Messgerät eingegeben werden, das sie zur Anpassung an die Kenndaten des Messfühlers linearisieren kann.

Zusammenfassung

Temperatormesssysteme können mit einem Blockkalibrator und einem Prozesskalibrator zur Optimierung der Genauigkeit verifiziert und justiert werden. Durch Verifizierung des gesamten Messsystems können die einzigartigen Kenndaten des Sensors gemeinsam mit der Messelektronik zur Minimierung des Messfehlers eingesetzt werden. Das kann zu einer bedeutenden Verringerung von Messfehlern führen. Der dokumentierende Prozesskalibrator Fluke 754 macht diesen Vorgang zusammen mit einem Blockkalibrator von Fluke schneller und leichter.

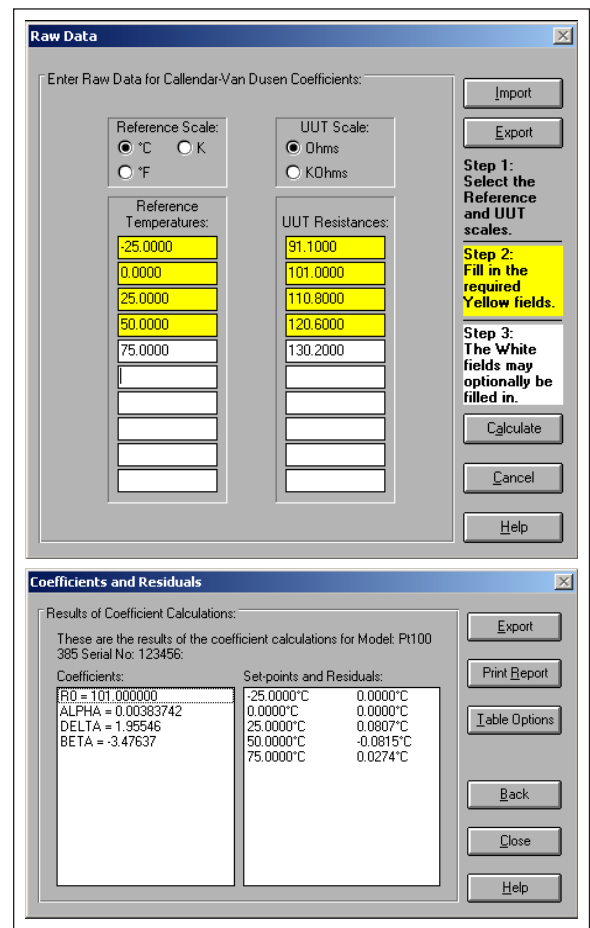


Abbildung 6: TableWare Software von Fluke Calibration berechnet die CVD-Konstanten, die für jedes RTD einzigartig sind, und die für dessen Charakterisierung erforderlich sind.

Fluke Calibration. Precision, performance, confidence.™

Electrical	RF	Temperature	Pressure	Flow	Software
------------	----	-------------	----------	------	----------

Fluke Calibration
PO Box 9090,
Everett, WA 98206 USA

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

Weitere Informationen telefonisch unter:

in den USA (877) 355-3225 oder Fax (425) 446-5116
In Europa/Naher Osten/Afrika +31 (0) 40 2675 200 oder Fax +31 (0) 40 2675 222
In Kanada (800)-36-FLUKE oder Fax (905) 890-6866
Aus anderen Ländern +1 (425) 446-5500 oder Fax +1 (425) 446-5116
Internet: <http://www.flukecal.com>

©2004-2011 Fluke Corporation. Änderungen der technischen Daten vorbehalten.
Gedruckt in den USA 11/2011 2148146C A-EN-N

Pub-Id 10725-ger

Dieses Dokument darf nicht ohne die schriftliche Genehmigung der Fluke Corporation geändert werden.