

Untersuchung zur Messgenauigkeit der GO analog PT 1000- Module

1.) Ausgangssituation

Platin- Messfühler sind Widerstandsthermometer, bei denen die Temperaturabhängigkeit des spezifischen Widerstands als unveränderliche Materialkonstante eines Metalls zur Temperaturmessung ausgenutzt wird. PT- Fühler basieren auf Platin als besonders beständigem Metall. Die Widerstände sind üblicher Weise auf 100, 200, 500, 1000 Ohm bei 0°C festgelegt. Diese Temperatur ist in der Produktion leicht vorzuhalten (Wasser / Eis- Gemisch) und hinsichtlich des Temperaturgangs kann sich ein Hersteller auf die stabilen Materialeigenschaften seines Werkstoffs verlassen.

Die so gefertigten PT- Sensoren (z.B. PT 1000) sind also einfach herzustellen (reines Material, Abgleich bei 0 °C), langzeitstabil (PT verändert seine Eigenschaften nicht) und preiswert (nur wenig Platin wird benötigt).

Messtechnisch erfordern Thermometer für PT- Sensoren eine aufwändige Schaltungstechnik und müssen aufwändig abgeglichen werden. Genaue Messverstärker sind daher teuer.



MAX31865

RTD-to-Digital Converter

<p>General Description</p> <p>The MAX31865 is an easy-to-use resistance-to-digital converter optimized for platinum resistance temperature detectors (RTDs). An external resistor sets the sensitivity for the RTD being used and a precision delta-sigma ADC converts the ratio of the RTD resistance to the reference resistance into digital form. The MAX31865's inputs are protected against overvoltage faults as large as ±50V. Programmable detection of RTD and cable open and short conditions is included.</p> <p>Applications</p> <ul style="list-style-type: none"> Industrial Equipment Medical Equipment Instrumentation 	<p>Features</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Simple Conversion of Platinum RTD Resistance to Digital Value ◆ Handles 100Ω to 1kΩ (at 0°C) Platinum RTDs (PT100 to PT1000) ◆ Compatible with 2-, 3-, and 4-wire Sensor Connections ◆ Conversion Time: 21ms max ◆ 15-Bit ADC Resolution; Nominal Temperature Resolution 0.03125°C (Varies Due to RTD Nonlinearity) ◆ Total Accuracy Over All Operating Conditions: 0.5°C (0.05% of Full Scale) max ◆ ±50V Input Protection ◆ Fully Differential V_{REF} Inputs
--	---

Durch moderne IC- Fertigung sind jedoch neuerdings Schaltkreise verfügbar, die laut Hersteller hoch genau arbeiten, keinen Abgleich erfordern und den Messwert auf einer seriellen Schnittstelle (I2C) direkt digital zur Verfügung stellen. Der im GO Modul verwendete MAX 31865 benötigt keine Kalibrierung und ist laut Hersteller auf 0,5 °C genau.

Durch Fragen von Anwendern aber auch aus Interesse für die eigene Produktqualität wurde bei ConiuGo das Messverhalten des GO analog PT1000- Messmoduls untersucht. Dieses Modul enthält **für jeden der vier Eingänge einen eigenen MAX 31865**. Es erfolgt also **keine Sensorumschaltung** im Modul. Die vier Schaltkreise werden periodisch auf die neuesten akquirierten Messwerte über das I2C- Interface vom Prozessor des Moduls abgefragt. Die gesamte Messwertverarbeitung erfolgt digital, es gibt keine Abgleichpunkte. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass der Prozessor die digitalen Daten vor einer Weiterleitung an die GO Zentrale weiter verarbeitet, also z.B. mit einem Faktor multipliziert oder einen Korrekturwert addiert.

2.) PT 1000 Messwert- Tabelle

Allen handelsüblichen PT 1000 Messfühlern liegt die für PT 1000- Sensoren genormte Referenztable bei, die nachfolgend für den Bereich – 40 bis + 150 °C wiedergegeben wird.

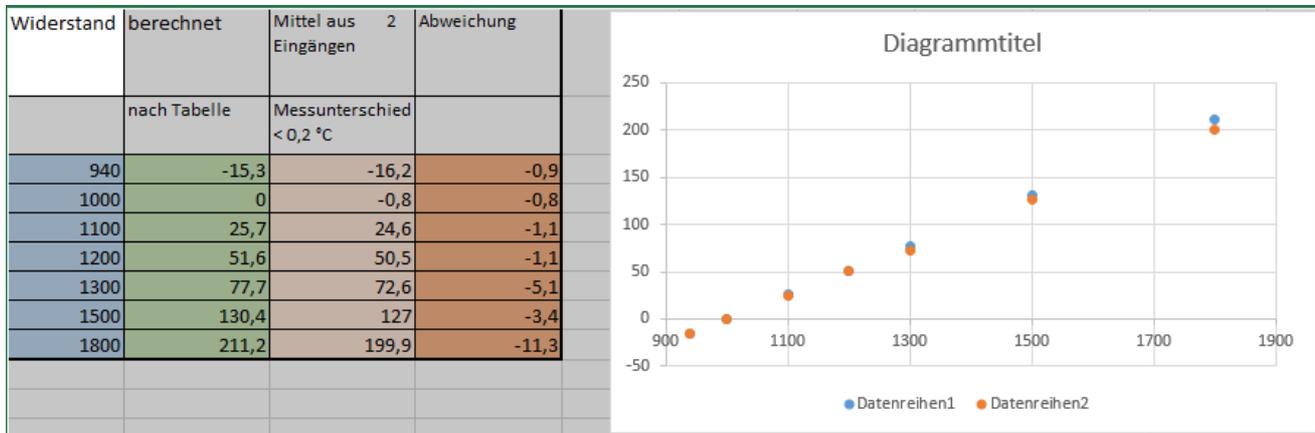
-40,000	842,707	10,000	1039,025	60,000	1232,419	110,000	1422,925
-30,000	882,217	20,000	1077,935	70,000	1270,751	120,000	1460,680
-20,000	921,599	30,000	1116,729	80,000	1308,968	130,000	1498,319
-10,000	960,859	40,000	1155,408	90,000	1347,069	140,000	1535,843
0,000	1000,000	50,000	1193,971	100,000	1385,055	150,000	1573,251

Die Änderung des Widerstands pro °C ist nicht völlig konstant, sondern liegt – je nach Temperatur – bei 3,92 bis 3,84 Ohm/°C. Diese Widerstandsänderung auf einem Grundwiderstand von 1000 Ohm zu messen, ist messtechnisch anspruchsvoll. Aber der MAX 31865 verspricht, diese Aufgabe zu lösen.

3.) Untersuchungsergebnisse mit Festwiderständen 0,1 % Genauigkeit

Zunächst wurde das GO analog PT 1000 unter Verwendung von Festwiderständen (Messwiderstände 0,1 %) überprüft. Das Ergebnis der Messungen ist in der nachfolgenden Tabelle festgehalten.

Die für die Messwiderstände berechneten Temperaturwerte und die mit dem GO analog in



PT1000- Modul gemessenen Werte stimmen bis ca. 50 °C gut überein. Es ist in der weiteren Untersuchung mit echten Medien unterschiedlicher Temperatur insbesondere zu prüfen, wie die Messergebnisse im Temperaturbereich um 80 °C aussehen, da in diesem Temperaturbereich eine relativ hohe Abweichung vom Erwartungswert festgestellt wurde.

Ziel dieser Teiluntersuchung war auch, das GO analog in PT1000 hinsichtlich der Stabilität der Messung zu untersuchen. Es zeigte sich, dass die Messwertanzeige über mehrere Stunden stabil blieb und sowohl **verschiedene Module** als auch **verschiedene Eingänge desselben Moduls** identisch anzeigen. Übliche Unterschiede bzw. Anzeigeschwankungen lagen typisch bei 0,1 °C, in seltenen Fällen auch 0,2 °C. Die Module arbeiten also stabil und verändern ihr Verhalten im Zeitraum von bis zu 16 Stunden nicht.

4.) Untersuchungsergebnisse mit realen PT 1000 Sensoren

In weiteren Messreihen wurden nun reale Messungen mit Wasser unterschiedlicher Temperatur durchgeführt. Eingesetzt wurden folgende Sensoren:

- Sensor 1 PT1000, Lieferant Pollin, Kabellänge: 3 m, Sensortyp: 2- Leiter, Sensor: 5 x 50 mm
- Sensor 2 PT1000, Lieferant Sensorshop 24, Kabellänge: 3 m, Sensortyp: 2- Leiter, Sensor: 4 x 30 mm
- Sensor 3 PT1000, Lieferant Sensorshop 24, Kabellänge: 3 m, Sensortyp: 3- Leiter, Sensor: 4 x 30 mm
- Sensor 4 PT1000, Lieferant Sensorshop 24, Kabellänge: 15 m, Sensortyp: 3- Leiter, Sensor: 4 x 30 mm
- Sensor 5 PT1000, Lieferant Sensorshop 24, Kabellänge: 3 m, Sensortyp: 3- Leiter, Sensor: 5 x 50 mm
- Sensor 6 PT1000, Lieferant Sensorshop 24, Kabellänge: 3 m, Sensortyp: 4- Leiter, Sensor: 5 x 50 mm

Es erfolgte die Temperaturmessung von Wasser mit 5 verschiedenen Temperaturen. Als Referenzmessgerät wurde ein kalibriertes elektronisches Thermometer (GTH 175/PT) mit PT 1000- Temperatursensor, eingesetzt. Dieses Messgerät hat laut Kalibrierprotokoll (Fa. Testo) einen Messfehler von maximal +/- 0,3 °C im Bereich 0 bis 60 °C.

Das Messmedium Wasser wurde während der Messung in einem Dewar- Gefäß (Thermos- Gefäß mit doppelwandigem Glasbehälter, Wandzwischenraum evakuiert und Wände verspiegelt) aufbewahrt. Die Temperaturänderung betrug im gesamten Zeitraum, in dem mit einer bestimmten Wassertemperatur gearbeitet wurde, immer unter 0,2 °C.



Die mit dieser Messanordnung erzielten Messergebnisse sind in der nachfolgend gezeigten Tabelle zusammengefasst. Hierbei wurden neben den Temperaturwerten, die das GO analog in PT1000- Modul übermittelt auch mit einem Ohmmeter die Widerstandswerte der PT 1000- Sensoren gemessen. Obwohl – wie bereits gesagt – diese Messungen für belastbare Aussagen zu ungenau sind, sind die Widerstandsmessungen dennoch als Anhaltspunkte und als Vergleichswerte nützlich.

Medium	Wasser in Dewar- Gefäß	Temperatur mit kalibriertem Thermometer	Sensor 1 PT1000 (Pollin)		Sensor 2 PT1000 (Sensorshop 24)		Sensor 3 PT1000 (Sensorshop 24)		Sensor 4 PT1000 von ABE (Sensorshop 24)		Sensor 5 PT1000 (Sensorshop 24)		Sensor 6 PT1000 (Sensorshop 24)	
			T °C	R Ohm	T °C	R Ohm	T °C	R Ohm	T °C	R Ohm	T °C	R Ohm	T °C	R Ohm
Eis/Wasser 1:1		1,8	1,1	1013	0,3	1006	0,3	1006	0,1	1002	0,2	1006	0,6	1008
Wasser (Waschbecken Leitung kalt)		15,7	15,0	1064	15,3	1067	15,0	1063	15,1	1066	15,0	1066	15,0	1064
Wasser (auf Raumtemperatur)		18,8	18,0	1075	18,1	1075	18,0	1075	18,3	1077	18,1	1076	18,0	1076
Wasser (Waschbecken Leitung heiß)		51,6	50,7	1202	50,9	1202	50,7	1202	50,6	1203	50,8	1203	50,7	1202
Wasser (Heißwasserbereiter Teeküche)		89,5	87,6	1344	87,4	1343	87,2	1342	87,3	1342	87,6	1344	87,5	1343

Folgende Aussagen lassen sich treffen:

- Die Übereinstimmung der Messergebnisse aller Sensoren untereinander ist sehr gut. Der Sensor des Lieferanten Pollin zeigt etwas größere Abweichungen von den übrigen Sensoren.

- Die Kabellänge 3 oder 15 Meter und auch die 2-, 3-, oder 4- Leitertechnik wirkt sich auf das Messergebnis nicht erkennbar aus. Offenbar sind die Mess- Ströme sehr gering und Spannungsabfälle in der Sensorleitung spielen keine Rolle.
- Die Abweichung von dem Referenz- Messsystem liegt typisch um 0,5 bis 1 °C, wobei sie bei größerer Entfernung zum 0 °C- Widerstand ansteigen. Bei der höchsten gemessenen Temperatur von 89,5 °C beträgt diese Abweichung ca. 2 °C.

5.) Bewertung und Fazit

Die Messwertstabilität der Messaufnehmer, die Wiederholbarkeit der Messung und das Langzeitverhalten im Messbetrieb sind als sehr gut zu bezeichnen. Die Messwerte verschiedener Sensoren weichen nur geringfügig voneinander ab. Die Messwerte verschiedener Messkanäle und damit unterschiedlicher Messwertaufnehmer, stimmen ebenfalls gut überein.

Im Bereich 0 bis 50 °C liegen die Abweichungen zum Referenzmessgerät bei 0,5 bis maximal 1,0 °C. Im Bereich bis 100 °C können die Abweichungen auf bis 2 °C ansteigen.

Die Messungen wurden mit großer Sorgfalt unter „semi-professionellen“ Bedingungen ausgeführt. Grobe Fehler, wie das Abkühlen des Messguts während der Messung wurden sicher vermieden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Messungen mit dem GO analog in PT1000 üblichen technischen Anforderungen genügen.