

# 6 Unterschiede zwischen Thermoelementen und Widerstandsthermometern

Ellab White Paper - 02/19



*Worin besteht der Unterschied zwischen einem Widerstandsthermometer bzw. RTD (Resistance Temperature Detector) und einem Thermoelement?*

*Sowohl RTDs als auch Thermoelemente sind Temperatursensoren, die für eine Vielzahl von Anwendungen eingesetzt werden können – allerdings sind ihr Design und ihre technischen Einsatzbereiche völlig unterschiedlich.*

*Dies wirft oft die Frage auf: Wie entscheide ich mich zwischen RTDs und Thermoelementen? Jede Technologie hat auf die jeweiligen bezogenen Anwendungen und Prozesse ihre Vor- und Nachteile, die sie für geeignet oder ungeeignet machen.*

*Dieses White Paper stellt die sechs wichtigsten Unterschiede zwischen RTDs und Thermoelementen gegenüber, indem es sich eingehend mit den technologiebedingten Vor- und Nachteilen der einzelnen Sensortypen befasst.*

*Die verschiedenen Aspekte, die bei der Entscheidung über den jeweils für eine Anwendung geeigneten Sensortyp eine Rolle spielen sollten, werden erläutert und abschließend zusammengefasst.*

*Weitere White Paper, Application Notes und Produkt-Highlights finden Sie auf unserer Website [ellab.de](https://www.ellab.de).*

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                |   |
|--------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>Widerstandsthermometer / RTDs</b> .....                                     | 4 |
| RTDs - Pro und Contra .....                                                    | 4 |
| <b>Thermoelemente</b> .....                                                    | 5 |
| Thermoelemente - Pro und Contra .....                                          | 5 |
| <b>Die 6 wesentlichen Unterschiede zwischen RTDs und Thermoelementen</b> ..... | 6 |
| Messbereich .....                                                              | 7 |
| Genauigkeit .....                                                              | 7 |
| Messmethode .....                                                              | 7 |
| Drift .....                                                                    | 7 |
| Ansprechverhalten .....                                                        | 7 |
| Kosten .....                                                                   | 7 |
| <b>Fazit</b> .....                                                             | 8 |
| <b>Wie kann Ellab Ihnen helfen?</b> .....                                      | 8 |

## Widerstandsthermometer / RTDs

Das Messprinzip eines Widerstandsthermometers oder RTDs (Resistance Temperature Detector) kann wie folgt beschrieben werden:

- Wenn die Temperatur zunimmt, werden die Metalle heißer und ihr elektrischer Widerstand steigt
- Wenn die Temperatur abnimmt, kühlen die Metalle ab und ihr elektrischer Widerstand sinkt



RTD Prinzip (Quelle: [electrical4you.com](http://electrical4you.com))

RTDs sind also Temperatursensoren, die die Änderung des elektrischen Widerstandes von Metallen nutzen, um die Veränderung der lokalen Temperatur zu messen.

Alle Widerstandsthermometer bestehen entweder aus einem fein gewickelten Platindraht, der um einen Kera-mikkern gewickelt ist – oder aus einem auf ein Substrat aufgetragenen dünnen Platinfilm. Das Element wird typischerweise in einer Schutzhülle installiert, um es vor äußerlichen Einflüssen zu schützen.

RTD-Sensorelemente bestehen aus reinen Materialien, deren Widerstand bei verschiedenen Temperaturen wissenschaftlich dokumentiert ist. Mit anderen Worten: Das Material weist bei Schwankungen der Temperatur eine berechenbare Änderung des Widerstandes auf. Anhand der Änderung wird die tatsächliche Temperatur ermittelt.

### RTDs - Pro und Contra

#### Pro

- sehr hohe Genauigkeit
- ausgezeichnete Langzeitstabilität
- gute Reproduzierbarkeit der Messergebnisse
- hohe Resistenz gegenüber chemischen Stoffen

#### Contra

- kleiner Temperaturbereich
- hohe Anschaffungskosten

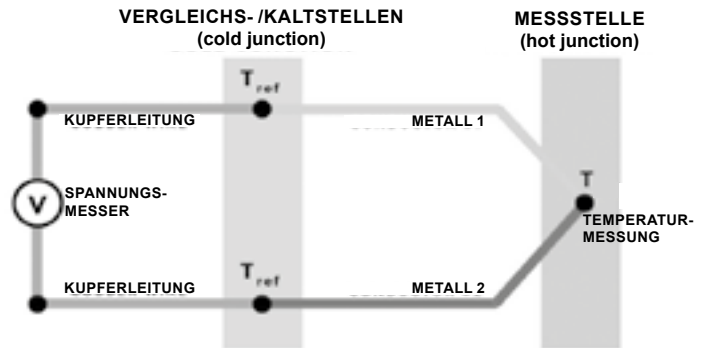


# Thermoelemente

Ein Thermoelement besteht aus zwei Drähten unterschiedlicher Metalle, die an einem Ende miteinander verschweißt sind. Diese Verbindung bildet die Messstelle. Wenn sich die Kaltstellen an den Drahtenden der beiden Metalle abkühlen oder erwärmen, entsteht eine Spannungsdifferenz, die direkt zur Temperatur der Messstelle in Beziehung gesetzt wird (Kaltstellenkompensation).

Thermoelemente werden in verschiedenen Kombinationen von Metallen und/oder Kalibrierbereichen hergestellt. Die gängigsten Typen sind J, K, T und E, wohingegen die Typen R, S und C zu den Hochtemperatur-Thermoelementen gehören. Jeder Typ hat einen anderen Temperaturbereich und eignet sich für unterschiedliche Umgebungsbedingungen. Auch wenn der Typ den Temperaturbereich definiert, stellt der Durchmesser des Thermoelementes ebenfalls einen entscheidenden Faktor dar.

Da Thermoelemente große Temperaturbereiche messen und relativ robust sind, können sie für Industrie- und Prozessanwendungen eingesetzt werden, bei denen eine hohe Genauigkeit einen weniger wichtigen Faktor darstellt.



Prinzip des Thermoelementes (Quelle: plcacademy.com)

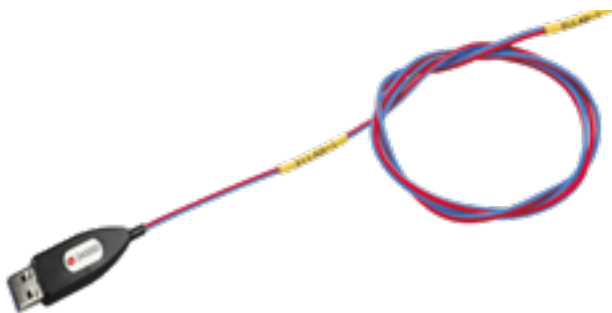
## Thermoelemente - Pro und Contra

### Pro

- großer Temperaturbereich
- wenig Platzbedarf
- kurze Ansprechzeit
- geringe Anschaffungskosten

### Contra

- geringere Genauigkeit (bezogen auf hundertstel °C)
- hohe Stressempfindlichkeit
- relativ starker Drift über die Zeit



| Typ | Verbindung/Materialien        | Temperaturbereich in °C |
|-----|-------------------------------|-------------------------|
| B   | Platin/Rhodium                | +50 bis +1.800          |
| E   | Nickel-Chrom/Kupfer-Nickel    | -200 bis +850           |
| J   | Eisen/Kupfer-Nickel           | -200 bis +850           |
| K   | Nickel-Chrom/Nickel-Aluminium | -200 bis +1.100         |
| R   | Platin-13% Rhodium/Platin     | +0 bis +1.400           |
| S   | Platin-10% Rhodium/Platin     | +0 bis +1.400           |
| T   | Kupfer/Kupfer-Nickel          | -250 bis +400           |



## Die 6 wesentlichen Unterschiede zwischen RTDs und Thermoelementen

Da RTDs und Thermoelemente unterschiedlich konstruiert sind, ist es relativ schwer zu entscheiden, welches der Instrumente die bessere Wahl für Ihre jeweilige Anwendung ist.

Es ist daher sinnvoll, die Performance von RTDs und Thermoelementen anhand von Messbereich, Genauigkeit, Ansprechverhalten, Drift und Kosten zu vergleichen, um eine auf die spezifischen Anforderungen zugeschnittene Entscheidung treffen zu können.





## 1. Messbereich

Der größte Vorteil von Thermoelementen ist ihr Messbereich. Die meisten RTD-Sensoren sind auf Temperaturen von max. 400 bis 500 °C beschränkt. Demgegenüber können bestimmte Thermoelemente für Messungen oberhalb des Bereiches von 1.400 bis 1.800 °C eingesetzt werden, sodass sie sich für eine Vielzahl von Anwendungen eignen.

## 2. Genauigkeit

RTDs bieten höchste Genauigkeiten und können die bevorzugte Lösung darstellen, wenn eine Temperaturmessgenauigkeit von ca.  $\pm 0,05$  °C bis  $\pm 0,1$  °C benötigt wird. Thermoelemente hingegen verfügen über eine geringere Genauigkeit von ca.  $\pm 0,2$  bis  $\pm 0,5$  °C.

## 3. Messmethode

Durch die Konstruktion eines Thermoelementes ist es möglich, den Messpunkt genau auf die Stelle zu beschränken, an der die beiden Metalle miteinander verschweißt sind. Dieser Punkt lässt sich bei der Anwendung von Thermoelementen mit „offenen Messspitzen“ sehr genau definieren. RTD-Sensoren benötigen im Vergleich zu Thermoelementen keine Vergleichsstellenkompensation. Bei RTDs wird der Messwert berechnet, indem der Mittelwert über die gesamte Oberfläche des Platin-Elementes genommen wird. Dies ist vor allem ein Nachteil großer Elemente wie bei Pt100, während die Herausforderung bei kleineren Elementen wie Pt1000 kaum eine Rolle spielt, da wir als Hersteller Pt1000-Elemente bereits ab 1 x 1,5 mm liefern.

## 4. Drift

Der Drift von RTD-Sensoren ist aufgrund des Designs der Sensoren gering, was zu stabilen Messwerten über einen längeren Zeitraum führt. Anders als RTD-Sensoren driften Thermoelemente über die Zeit stärker. Typischerweise wird dies durch die Inhomogenität der Leiterdrähte infolge von Hitzeeinwirkung, chemischer Belastung oder mechanischer Beschädigung, wie z. B. durch Verbiegen, Ziehen oder Zusammendrücken während des Betriebes, verursacht. Aus diesem Grund sind für Thermoelemente Kalibrierungen in kürzeren Intervallen empfohlen.

## 5. Ansprechverhalten

Obwohl Thermoelemente schneller auf Temperaturänderungen reagieren, dauert es in der Regel länger, bis das thermische Gleichgewicht erreicht ist. Dies ist im Wesentlichen durch die Anwendung der Kaltstellenkompensation begründet, die dazu führt, dass die Reaktion auf eine Temperaturänderung nicht so schnell erfolgt, wie am Messpunkt an der Spitze des Sensors. RTDs reagieren aufgrund der Gehäusestechnik des Sensors langsamer auf Temperaturveränderungen.

## 6. Kosten

Thermoelemente sind in der Regel kostengünstiger als RTD-Sensoren. Ihr Preis ist oft um bis zu 50 % niedriger als für einen RTD. Wie bereits erwähnt, benötigen Thermoelemente jedoch regelmäßige Justierungen und Kalibrierungen, die zusätzlich zu längeren Installations- und Rüstzeiten führen und langfristig die Kosten des Produktes erhöhen.

## Vergleich der Sensoren

| Parameter                 | RTD                                | Thermoelement                      |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Typischer Messbereich     | -240 bis +650 °C                   | -270 bis +2.320 °C                 |
| Langzeitstabilität        | ausgezeichnet                      | schlecht bis ausreichend           |
| Genauigkeit               | ausgezeichnet                      | gut bis durchschnittlich           |
| Reproduzierbarkeit        | ausgezeichnet                      | schlecht bis ausreichend           |
| Ansprechzeit              | gut                                | durchschnittlich bis ausgezeichnet |
| Linearität                | gut                                | ausreichend                        |
| Unerwünschte Eigenwärmung | durchschnittlich bis ausgezeichnet | ausgezeichnet                      |

### Fazit

*RTD-Temperatursensoren sind oft die richtige Wahl für Anwendungen, die eine hohe Genauigkeit verlangen und bei Temperaturen unter 500 °C arbeiten. Demgegenüber sind Thermoelemente ideal für einfach gestaltete Prozesse, die einen größeren Temperaturbereich, schnellere Reaktionszeiten und die Möglichkeit, sehr eingegrenzte Messpunkte zu erfassen, erfordern.*

*Im Hinblick auf die sechs wichtigsten Unterschiede sind RTDs genauer, stabiler und ihre Messungen reproduzierbarer. Darüber hinaus ist ihr Drift weitaus geringer. RTDs bieten auch ein stabileres Ausgangssignal, was zu einer besseren Genauigkeit und Linearität führt. Sie haben jedoch einen begrenzteren Einsatzbereich und sind im Allgemeinen teurer sowie größer im Vergleich zu Thermoelementen.*

*Thermoelemente punkten durch eine kurze Ansprechzeit, sind kostengünstiger in der Anschaffung und können über einen größeren Temperaturbereich messen. Sie haben jedoch eine geringere Genauigkeit und einen hohen Drift über die Zeit, was Kalibrierungen in kürzeren Intervallen erforderlich macht und die Gesamtkosten erhöht.*

*Das Fazit lautet, dass RTDs und Thermoelemente jeweils ihre Vor- und Nachteile haben. Bei der Entscheidung zwischen den beiden Arten von Temperatursensoren sollten alle sechs wesentlichen Unterschiede berücksichtigt und den wichtigen Faktoren des Prozesses gegenübergestellt werden.*

### Wie kann Ellab Ihnen helfen?

Ellab bietet komplette Validierungslösungen an, bei denen die Sensoren selbst nur einen kleinen Teil der gesamten Messausrüstung ausmachen. Das bedeutet, dass zusätzliche Ansichten eine Rolle spielen können, die in die endgültige Entscheidung einfließen sollten.

Mehrere Untersuchungen haben gezeigt, dass der Kauf von kabelgeführten Messsystemen unter Investitionsgesichtspunkten zunächst günstiger sein mag. Beim Betrieb der beiden unterschiedlichen Systeme (TrackSense Pro Datenloggersystem und [E-Val™ Pro Plus Thermoelements-system](#)) sticht jedoch ein wichtiger Aspekt heraus – in der Regel ist es viel schneller, RTDs über [kabellose Datenlogger](#) zu installieren und zu betreiben, sodass der Anschaffungspreis im Vergleich zu den Gesamtbetriebskosten erheblich an Bedeutung verliert.

Mit anderen Worten: Zeit ist Geld und das Arbeiten mit einem kabellosen System bedeutet in der Regel eine erhebliche Zeitersparnis für Anwender.

Ellab hat eine neue Lösung entwickelt, bei der [Thermoelemente in Verbindung mit kabellosen Datenloggern](#) eingesetzt werden können. Diese Lösung ermöglicht vielfältige Optionen für Anwendungen wie die z. B. bei der [Lyophilisation](#) oder der [UHT-/KZE-Pasteurisierung](#).

Wenn Sie mehr über Ellab und unsere Angebote erfahren möchten, empfehlen wir Ihnen, sich die verschiedenen Thermoelement- und RTD-basierten Validierungssysteme unter [ellab.de](#) genauer anzusehen – Bei Fragen sprechen Sie uns gerne an!