



Bild: Wika / © iStockphoto.com

AUGEN AUF BEIM THERMOMETERKAUF

Kriterien zur Auswahl einer geeigneten elektrischen Temperaturmessstelle – Die Temperatur ist eine der wichtigsten Messgrößen eines Prozessmediums und wird überwiegend mit elektrischen Thermometern überwacht. Doch so einfach die Aufgabe auch klingt: Bei der Auswahl des passenden Messfühlers ist Know-how gefragt.

JOCHEN GRIES, JONAS BUSCH*

In der Industrie wird größtenteils die berührende Messmethode mit Widerstandsthermometern und Thermoelementen angewandt, weshalb der Fokus des Beitrags auf diesen beiden Gerätearten liegt. Widerstandsthermometer arbeiten in der Regel mit Platinsensoren, z.B. Pt 100 oder

Pt 1000. Das Metallmaterial ist dabei als Draht in einem Keramikkörper eingebettet oder als Schicht auf einem Keramiksubstrat aufgebracht. Zur Temperaturmessung wird der elektrische Widerstand des Platinsensors ermittelt. Dessen Wert verändert sich gemäß definierter Kennlinienverläufe, bei-

spielsweise nach IEC 60751, in Abhängigkeit von der Temperatur und entspricht einem absoluten Temperaturwert.

* J. Gries ist Produktmanager Elektrische Temperaturmesstechnik und J. Busch Dualer Student Wirtschaftsingenieurwesen bei Wika, Klingenberg. Kontakt: Tel. +49-9372-132-0

Ein Thermoelement besteht aus zwei Leitern unterschiedlicher Metalle, die zu einem Thermopaar verbunden sind. Kommt es entlang der beiden Stränge zu einer Temperaturdifferenz, so entsteht eine thermoelektrische Spannung zwischen den beiden Schenkeln (Seebeck-Effekt). Diese kann an den Enden der metallischen Leiter gemessen werden und liegt im Bereich einiger μV pro einem Grad Celsius. Die Spannung entspricht einem relativen Temperaturwert bezogen auf die Vergleichsstellentemperatur.

Genauigkeit und Einsatztemperatur

Widerstandsthermometer besitzen eine hohe Genauigkeit und eine sehr gute Langzeitstabilität. So liegt die Grenzabweichung von Sensoren der Klasse AA bei $0,10^\circ\text{C} + 0,0017 | t |$. Die für Widerstandssensoren zulässigen Messbereiche schließen allerdings den Einsatz bei höheren Temperaturen aus. Klassische Keramik-Sensoren decken gemäß IEC 60751 eine Spanne von -200°C bis 600°C ab.

Thermoelemente weisen zwar eine deutliche geringere Langzeitstabilität auf. Sie können aber, von wenigen Ausnahmen abgesehen, Temperaturen bis 1700°C erfassen. Einige Thermopaare, wie Wolfram-Rhenium, Gold-Platin oder Platin-Palladium, eignen sich sogar für noch weit höhere Werte.

Angesichts der unterschiedlichen Vorzüge ist bei der Auswahl der Messtechnik immer ein Kompromiss zwischen Genauigkeit und Langzeitstabilität, getrieben durch den erforderlichen Messbereich, einzugehen.

Baugröße und Vibrationsbeständigkeit

Aufgrund der Sensorgröße und ihrer Konstruktion haben Widerstandsthermometer einen größeren Durchmesser als Thermoelemente. Die Minimalgrößen bei Wika-Temperaturmessgeräten z.B. liegen bei zirka 2,0 mm bzw. etwa 0,5 mm.

Thermoelemente sind wegen ihrer einfachen Bauweise besonders unempfindlich gegenüber



Bilder: Wika

Elektrisches Thermometer mit typischem Anschlusskopf und Transmitter

Vibrationen. Normale Widerstandsthermometer sind für eine Belastung von 6 g ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) an der Fühlerspitze ausgelegt, mittels Sonderaufbauten lässt sich dieser Wert bis 60 g steigern.

Einsatz- und Einbaubedingungen

Neben der Sensorgröße spielen auch die Abmaße der kompletten Temperaturmessstelle eine entscheidende Rolle, vor allem angesichts des Trends zu modular aufgebauten Smart-Scale-Produktionseinheiten. Messtechnik-Hersteller reagieren auf diese Entwicklung mit Miniaturmessgeräten wie dem TR34 von Wika, in das trotz eines Durchmessers von lediglich 19 mm und einer Maximalhöhe von 68 mm auch ein Transmitter mit 4...20 mA-Ausgang verbaut werden kann.

Bei schwer erreichbaren Messstellen kann das Anschließen des Verbindungskabels über Einzellitzen mühsam sein. Klassische Thermometerausführungen mit Anschlusskopf verfügen über eine Kabelverschraubung als Eingang, die das Gerät vor Fremdkörpern, Staub und Wasser schützt. Bei Wika-Miniaturthermometern beispielsweise wird die elektrische Kontaktierung durch M12-Stecker vereinfacht.

Für kleine, autarke Anlagen oder Einheiten ohne Anbindung der Temperatursensoren an eine Leitwarte empfehlen sich Messstellen mit einer Vor-Ort-Anzeige. Die Anzeige wird direkt in das Gehäuse des Anschlusskopfs eingebaut. Wo

der Messwert aufgrund der Einbausituation nur schlecht ablesbar ist, kann sie um ein Remote-Display erweitert werden.

Bei manchen Prozessen ist eine invasive Temperaturmessung generell ausgeschlossen, beispielsweise in sterilen Verfahren, bei denen die Rohrleitungen mit einem Molch gereinigt werden. Für solche Applikationen bieten Rohr-In-Line-Thermometer eine hygienegerechte und tottraumfreie Temperaturmessstelle. Deren zylindrische Tauchhülse, die wie ein Schutzrohr wirkt, ist direkt in die Leitung eingepasst.

Für zusätzliche Messpunkte in bestehenden Anlagen, bei denen eine nachträgliche Integration in das Rohrleitungssystem ausgeschlossen ist, können Rohroberflächen-thermometer zum Aufkleben oder Anschweißen herangezogen werden. Da die Messstelle an der äußeren Rohrwand sitzt, kann sie im Vergleich zur In-Line-Messung nur eine annähernde Aussage über die tatsächliche Prozess-temperatur treffen. Die Rohroberflächenmessung stellt sowohl bei der Genauigkeit als auch beim Ansprechverhalten immer einen Kompromiss dar.

Ansprechzeit auf Temperatursprünge

Bei der Auswahl eines Thermometers muss auch die thermische Ansprechzeit berücksichtigt werden: Wie schnell folgt das Messgerät einem prozessseitigen Temperatursprung? Die bei Thermometern sehr oft angegebene 90 %- oder t90-Zeit markiert die Dauer, bis 90 % des Stationärwerts nach einem Temperatursprung erreicht sind. Die Ansprechzeit hängt von einigen Faktoren ab. Neben dem Prozessmedium und der Strömungsgeschwindigkeit spielt das Schutzrohr, das ein Messgerät vor Prozesseinflüssen wie einer abrasiven Strömung abschirmt, eine wesentliche Rolle. Durch dessen große thermische Masse steigt die Ansprechzeit deutlich an. Sie kann aber unter bestimmten Voraussetzungen optimiert werden: Bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten z.B. können Schutzrohre mit verjüngter Spitze (nach DIN43772



Größenvergleich:
Miniatur-Widerstandsthermometer Typ TR34, zum Einschrauben vs. Widerstandsthermometer Typ TR10-B, zum Einbau in ein Schutzrohr

Form 3) oder mit freigelegter Thermometer-Messspitze erwogen werden, sofern sie die für den Prozess notwendige Stabilität aufweisen. Weitere Optionen sind der Einsatz von so genannten bodempfindlichen Sensoren oder von Sensoren, die in die Schutzrohrwand integriert und nur durch eine hauchdünne Membran vom Prozess getrennt sind. Komplexer gestaltet sich die Verbesserung der thermischen Ansprechzeit in Prozessen mit hoher Strömungsgeschwindigkeit. Eine Möglichkeit wäre hierbei, die Einbautiefe zu verkürzen und so die Krafteinwirkung auf das Schutzrohr zu verringern. Dies kann jedoch dazu führen, dass die Messspitze nicht weit

genug in den Prozess ragt und somit eine qualifizierte Temperaturmessung ausgeschlossen ist. Bei unveränderbarer Eintauchtiefe kann der Durchmesser des Tauchschafts vergrößert werden, um das Schutzrohr stabil zu halten – was die Ansprechzeit verlängert. Einen Kompromiss zwischen Festigkeit und kurzer Ansprechzeit bilden Schutzrohre mit einem helixförmigen Schaft wie dem Scrutonwell Design von Wika. Durch die Wendel wird die Neigung zum Aufschwingen reduziert und damit einem Schutzrohr-Abriss vorgebeugt.

Auswirkungen der Umgebungsbedingungen

Ebenso wie der interne Prozessablauf haben die Umgebungsbedingungen zum Teil erhebliche Auswirkungen auf das Thermometer und die Messqualität. So kann der Messwert durch starke Wärmeeinflüsse von außen oder durch nicht kompensierte Leitungswiderstände beeinflusst werden. Außerdem können elektromagnetische Felder das Messsignal stören und somit den Temperaturmesswert verfälschen.

Ein noch genaueres Hinschauen ist erforderlich, soll das Thermometer in Extremverhältnissen eingesetzt werden. Der Anwender muss auf die Tauglichkeit der Konstruktion und der verwendeten Werkstoffe achten. Für bestimmte Applikationen muss das Gerät über entsprechende Zulassungen verfügen, beispielsweise in explosionsgefährdeten Bereichen oder in der sterilen Verfahrenstechnik.

PROCESS-Tipp

• Wika finden Sie auf der SPS IPC Drives in Halle 4A, Stand 411.



Globale Produktzertifizierungen erlauben den weltweiten Einsatz.

Unter extremen Umgebungsbedingungen können Thermometer rasch an ihre Grenzen stoßen. Bedingt durch die verbaute Elektronik und nichtmetallische Komponenten liegt die obere Einsatztemperatur typischerweise bei +85 °C oder +105 °C. Am entgegengesetzten Ende der Skala sind -40 °C üblich. Für „arktische“ Anwendungen hat Wika auch Geräteausführungen mit einem Limit von -60 °C entwickelt und zertifiziert.

Darüber hinaus muss ein Thermometer auch gegen Umwelteinflüsse in Form von Festkörpern und Wasser gewappnet sein. Die maximale Geräteprotektion wird gemäß IEC 60529 durch die IP-Schutzklasse ausgedrückt. Die erste Kennziffer gibt den Schutz vor Fremdkörpern bzw. Staub, die zweite den Schutz vor Wasser an. Thermometer mit Anschlusskopf erfüllen je nach Ausführung IP65 und IP68.

Signalverarbeitung, Kommunikation, Kalibrierung

Über Jahrzehnte hinweg wurde das Messsignal per Kabel in die Leitwarte transportiert und dort weiterverarbeitet. Bei dieser Übertragungsform kann die Genauigkeit der Messung durch externe Einflüsse beeinträchtigt werden. Mittlerweile wird das analoge

Messsignal allerdings überwiegend mithilfe eines Transmitters im Anschlusskopf des Thermometers noch vor Ort in ein genormtes Industriesignal umgewandelt, das störunanfällig ist.

Mit digitaler Elektronik lässt sich auch die Funktionalität der Thermometer erweitern. So kann das Messgerät von der Leitwarte aus über eine Software komplett konfiguriert werden. Bei den Ausgangssignalen ist 4...20 mA am meisten verbreitet, hinzu kommen das Hart-Protokoll und verschiedene Feldbusse.

Zur Sicherstellung der Prozessqualität ist in regelmäßigen Zeitabständen die Messgenauigkeit eines Thermometers nachzuweisen. Zur Kalibrierung muss das Gerät demontiert werden. Bei Messstellen mit Schutzrohr bleibt der Prozess nach Entnahme des Sensors geschlossen.

Im kontinuierlichen Verfahrensbetrieb kann die Kalibrierung trotzdem problematisch sein, da während der Dauer der Überprüfung keine Messwerte zur Verfügung stehen. In solchen Fällen öffnet eine Messstelle mit In-Situ-Kalibrierung einen Ausweg. Das dafür notwendige Thermometer enthält parallel zum permanent installierten Sensor einen Kanal, in den die kalibrierte Referenz gesteckt werden kann. Ein Vergleich der beiden



Schutzrohr im Scrutonwell-Design

Sensorsignale liefert eine Aussage zur Genauigkeit der Messstelle ohne Unterbrechung des Prozesses. Den höheren Investitionskosten stehen hier verringerte Betriebskosten und längere Serviceintervalle gegenüber.

Zertifikate und Markteintrittsbarrieren

Bei der Auswahl des Messgeräts ist bereits an mögliche Zulassungen für dessen späteren Einsatzort zu denken. International agierende Unternehmen benötigen global einsetzbare Produkte mit entsprechender Zertifizierung. Diese Bandbreite kann nicht jeder Messtechnikhersteller abdecken, das gilt vor allem für die Explosionsschutz-Zulassungen.