



Bild: by-studio - AdobeStock

PROFI-GUIDE	Branche	Anlagenbau	● ●
		Chemie	● ● ●
		Pharma	● ● ●
		Ausrüster	● ●
	Funktion	Planer	● ●
		Betreiber	● ● ●
		Einkäufer	● ●
		Manager	●

ENTSCHEIDER-FACTS

Für Betreiber

- Die Ansprechzeit von elektrischen Thermometern ist eine entscheidende Größe zur präzisen Prozesssteuerung. Unterschiedliche Schutzrohre erhöhen die Ansprechzeit unterschiedlich stark, weshalb dieser Faktor zu berücksichtigen ist.
- Mit unterschiedlichen Messverfahren lässt sich die Ansprechzeit eines Thermometers ermitteln, um diesen Effekt zu erfassen und zu kompensieren.

Messung der Ansprechzeiten von elektrischen Thermometern

Antwort auf den Temperatursprung

Wirkungsgrade optimieren, Prozessarbeitsbereiche effizienter nutzen, thermische Überbeanspruchung des Prozessmediums vermeiden – ob ein elektrisches Thermometer diese Anforderungen erfüllen kann, hängt maßgeblich von der Ansprechzeit ab.

Zwar sind für eine Temperaturüberwachung in erster Linie die eigentlichen Prozessparameter, wie Temperatur, Druck, Fließgeschwindigkeit, Viskosität usw., ausschlaggebend. Doch wird die Instrumentierung einer Messstelle auch von anderen Faktoren beeinflusst. So ermöglicht in einem Regelkreis erst die korrekte Reaktionszeit von Aktoren und Sensoren einen optimal ablaufenden Prozess. Die präzise Ermittlung der Ansprechzeit eines Thermometers liefert daher eine wichtige Aussage zur Effizienz eines Regelkreises.

Auswirkungen auf die Ansprechzeit hat die weltweit zunehmende Forderung nach Schutzrohr-Festigkeitsberechnungen, die das Schutz-

rohr-Design beeinflussen. Neue Normen-Versionen wie die ASME PTC 19.3 TW-2016 führen oft zu kürzeren und dickeren Schutzrohren, und damit auch zu Veränderungen bei den Massen der eingesetzten Temperaturmessgeräte. Mit dem Grad der Festigkeit nimmt gemeinhin die Wandstärke des Thermometerschafts bzw. des Schutzrohrs zu, was in der Regel zu einer höheren Wärmeableitung führt. Analog dazu steigt die Ansprechzeit.

Grundlagen für die Messung

Die Herausforderung bei der Auslegung einer Temperaturmessstelle besteht darin, Prozessparameter und normative Anforderungen mit dem Ziel der bestmöglichen Performance – Genauigkeit und Ansprechzeit – unter einen Hut zu bringen. Bei Applikationen in der Prozessindustrie handelt es sich sehr oft um kundenspezifische

Bilder: Wika

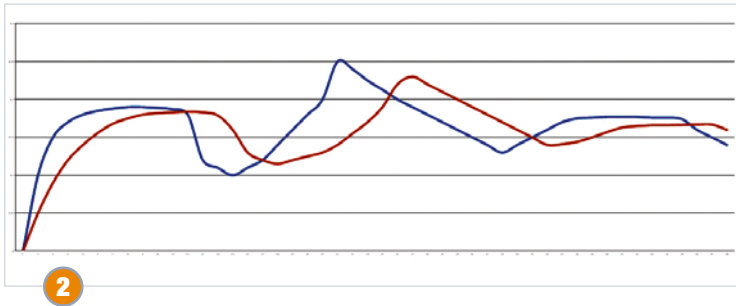


Bild 2: Die Grafik zeigt ein im Vergleich zum Temperaturverlauf (blaue Kurve) zu träges Thermometer (rote Kurve).

Bild 3: Wasserbad mit umlaufender Strömung.

Lösungen, deren Ansprechzeiten mit denen von Standardgeräten nicht vergleichbar sind. Dies gilt besonders für Messstellen, bei denen Schutzrohre verbaut sind. Ist die Ansprechzeit prozesskritisch, muss sie im Labor ermittelt werden. Dazu stehen vier Methoden zur Verfügung: Je nach Applikation werden Messungen in strömendem Wasser, in Luft, auf einer Oberfläche oder in einem Festkörper vorgenommen.

Messung in Wasser oder Luft

Bei dieser Methode wird gleichmäßig temperiertes Wasser in eine laminare Strömung mit einer Fließgeschwindigkeit von $> 0,2 \text{ m/s}$ versetzt. Der temperaturempfindliche Teil des Prüflings wird über eine bewegliche Vorrichtung sehr schnell aus dem Bereich der Umgebungsbzw. Anfangstemperatur zwischen 5 °C und 30 °C in den Bereich der Wassertemperatur versetzt. Dieser Temperatursprung beträgt zwischen 10 und 30 K . Der zeitliche Verzug, bis der Prüfling die vorgegebene Wassertemperatur erreicht hat, wird ermittelt und aufgezeichnet. Diese Sprungantwort bildet die Ansprechzeit ab.

Die Messung der Ansprechzeit in Luft ist der in Wasser prinzipiell ähnlich, die festgelegten Werte für Ausgangstemperatur und Temperatursprung stimmen überein. Bei dieser Methode wird eine gleichmäßig temperierte Luft mittels Gebläse in eine laminare Strömung mit einer Geschwindigkeit von etwa 3 m/s versetzt. Im

Luftstrom befindet sich eine Haltevorrichtung, in die der Prüfling montiert ist. Zur Messung der Verzugszeit erzeugt ein elektrisches Heizgitter schlagartig eine höhere Temperatur des Luftstromes.

Im Vergleich zur Messung in Wasser gelten allerdings andere physikalische Rahmenbedingungen, wie der Wärmeübergangswiderstand von Luft in Metall oder die spezifische Wärmekapazität der Luft. Daher sind bei demselben Thermometer die Ansprechzeiten in Luft generell größer als in Flüssigkeiten.

Messung an einer Oberfläche

Die Ansprechzeiten-Messung an einer Oberfläche ist anspruchsvoller als die anderen Messungen. Die Basis für den Temperatursprung bildet zumeist eine gleichmäßig durchwärmte Metallplatte, auf die der Prüfling aufgesetzt wird. Wie groß die Ansprechzeit des Thermometers ausfällt, hängt auch davon ab, wie der Prüfling mit der Plattenoberfläche kontaktiert ist. Im Labor werden die Fühler in der Regel durch eine Vorrichtung mit definiertem Anpressdruck aufgesetzt.

Weitere Parameter wie Kontaktintensität und Wärmeableitung fallen bei unterschiedlichen Bauformen verschieden groß aus und führen damit zu unterschiedlichen Ansprechzeiten. Darüber hinaus gilt es zu beachten, dass der Anpressdruck dem Sensor und der Applikation entsprechen muss.

Der Autor:

Joachim Brückner,
Produktmanager
Elektrische Temperaturmesstechnik, Wika

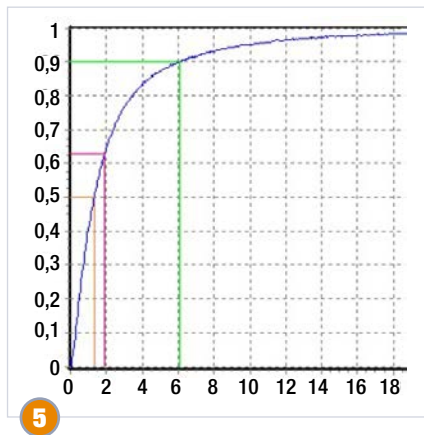
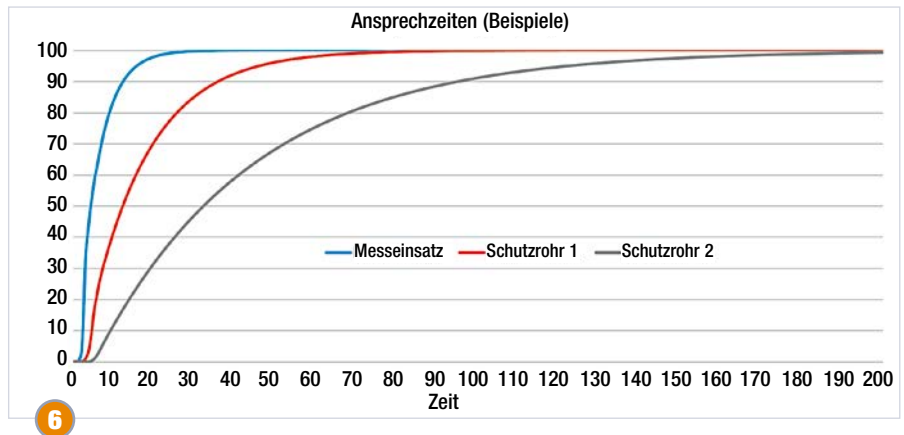


Bild 5: Ausschnitt aus einem Ansprechzeiten-Diagramm mit markierten Schwellenwerten $t_{0,9}$ (grün), $t_{0,63}$ (rot) und $t_{0,5}$ (gelb).

Bild 6: Vergleich der Ansprechzeiten von Thermometern mit und ohne Schutzrohr.



Einige Thermometerausführungen werden im Einsatz mittels eines Anschweißblechs beispielsweise auf Rohrleitungen geschweißt. Diese Form der Anbringung wird beim Ermitteln der Ansprechzeit nicht übernommen, die Prüflinge werden in der Regel ebenfalls auf die Testvorrichtung geklemmt. Alle Varianten der Oberflächenmessung können sowohl isoliert als auch nicht isoliert gegenüber der Umgebung sein – was zu extrem unterschiedlichen Messergebnissen führt.

Messung in einem Festkörper

Die Messung in einem Festkörper findet üblicherweise in einem temperierten Metallblock statt. Ein Einsteckkanal nimmt den Sensor auf, dann wird seine Umgebung für den Temperatursprung aufgeheizt. Stark vereinfacht ausgedrückt, lässt sich diese Methode mit der Messung eines Thermometers mit Schutzrohr in Wasser vergleichen, bei der das Messgerät statt der eigentlichen Medientemperatur die Oberflächentemperatur von Schutzrohrboden und -wandung erfasst.

Das Resultat diese Messmethode hängt entscheidend davon ab, wie genau der Thermometerdurchmesser zur Bohrung des Einsteckkanals passt. Je geringer der Luftspalt, umso kleiner die Ansprechzeit. Aber auch die Bauform des Sensors hat Einfluss auf das Ergebnis. Prüflinge, die die Temperatur nur mit der Fühlerspitze aufnehmen, erzielen bei vorhandenen seitlichen Luftspalten eine schnellere Reaktion. Ohne umlaufenden Luftspalt sind andere Bauformen überlegen.

Interpretation der Messwerte

Aus den Ergebnissen der jeweiligen Messung wird ein Ansprechzeiten-Diagramm erzeugt. Wichtige Schwellenwerte sind hier die drei Temperatur-Prozentangaben 50 % ($t_{0,5}$), 63 % ($t_{0,63}$) und 90 % ($t_{0,9}$). Sie geben an, nach welcher Zeit sich der Prüfling 50 %, 63 % oder 90 % der Wasser-, Luft- bzw. Oberflächentemperatur angeglichen hat (s. Bild 5). Der Wert für 100 % wird nicht ermittelt, da er nicht erreicht werden kann.

Bild 6 zeigt den Unterschied bei den Ansprechzeiten von drei Geräteausführungen: einem Thermometer ohne Schutzrohr, einem Thermometer in dünnwandigem Schutzrohr und einem Thermometer in dickwandigem Schutzrohr. Die Grafik verdeutlicht unter anderem, dass der ausschließliche Vergleich der Ansprechzeiten von Messeinsätzen nicht ausreichend ist, um eine Messstelle zu beurteilen. Ein verbautes Schutzrohr ist in der Lage, die Ansprechzeit in einem weit höheren Maße zu beeinflussen, als das einem schnelleren Messeinsatz möglich wäre. Erst die Messung des Gesamtsystems lässt einen Rückschluss auf die reale Ansprechzeit und deren Vergleichbarkeit mit Produkten verschiedener Hersteller zu.



Mehr zum Thema Messtechnik finden Sie auf www.chemietechnik.de/1906ct618

HINTERGRUND

Normen und Richtlinien

Die Messungen der Thermometer-Ansprechzeiten in Wasser und Luft erfolgen auf der Grundlage mehrerer Normen und Richtlinien. Dabei handelt es sich um die VDI/VDE-Richtlinien 3522 Blatt 1 (Dynamisches Verhalten von Berührungsthermometern / Grundlagen und Kennwerte) und 3522 Blatt 2 (Zeitverhalten von Berührungsthermometern / Experimentelle Bestimmung von Zeitprozentkennwerten) sowie um die IEC 60751, Kapitel 3.11 (Begriffsdefinition der Thermischen Ansprechzeit / Angabe der Messparameter) und Kapitel 6.5.2 (Thermi-

sche Ansprechzeit). In Nord-Amerika und in dem davon geprägten Teil der Welt bilden die ASTM E644-11 (Standard Test Methods for Testing Industrial Resistance Thermometers) und die ASTM E839-11 (Standard Test Methods for Sheathed Thermocouples and Sheathed Thermocouple Cable) die normative Basis für die Messungen. Für die Messung an Oberflächen oder in einem Festkörper gibt es derzeit noch keine normativen Rahmenbedingungen, eine entsprechende VDI/VDE-Richtlinie ist allerdings gerade im Entstehen.



Bild 4: Vorrichtung zur Messung der Ansprechzeit in Luft