

Aktive Kompensation des Temperaturfehlers bei Druckmittlersystemen

Druckmessung mit Druckmittler

In der Prozessindustrie werden für Druckmessungen häufig Druckmittler eingesetzt, um das Messgerät vor aggressiven Medien zu schützen, oder – z.B. in der Pharmaindustrie – um eine spaltfreie Prozessanbindung zu realisieren. Dabei wird der Prozess mittels einer dünnen Metallmembran vom Messgerät getrennt. Eine Druckübertragungsflüssigkeit hinter der Membran überträgt den Prozessdruck zum eigentlichen Drucksensor.

Mittels Druckmittlersystemen lässt sich für fast jede Druckmessaufgabe eine Lösung finden.

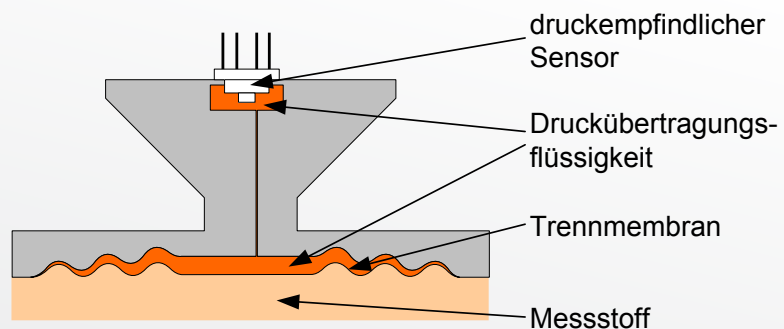


Abb. 1 Druckmittler-Prinzip

Messfehler durch Einfluss der Prozesstemperatur

Nachteilig ist, dass ein Druckmittler nicht vollständig rückwirkungsfrei ist. Abhängig von der Ausführung kann ein Messfehler durch den Einfluss der Prozesstemperatur auftreten. Durch die Prozesswärme dehnt sich die Druckübertragungsflüssigkeit aus und lenkt die Trennmembran aus. Abhängig von deren Steifigkeit erzeugt diese eine Rückstellkraft, die als Fehler in die Druckmessung eingeht.

Die Größe der Rückstellkraft hängt entscheidend von der Membrandicke, dem Membrandurchmesser und der Membrankontur ab. Die Membrandicke muss aufgrund der erforderlichen mechanischen Widerstandskraft eine gewisse Mindestdicke aufweisen. Deshalb wird üblicherweise mit optimierten Membrankonturen gearbeitet, um die Steifigkeit zu reduzieren. Gerade bei kleinen Druckmittlern stößt man jedoch schnell an die Grenzen des Machbaren. Bei kritischen Druckmessungen ist deshalb ein entsprechend großer Druckmittler erforderlich, damit der Fehler durch Prozesstemperaturänderungen akzeptabel bleibt.

Aktive Kompensation des Temperaturfehlers bei Druckmittlersystemen

Große Druckmittler sind allerdings nicht nur teurer in der Herstellung, sondern stellen auch nicht selten ein Problem bei der Prozessanbindung dar. Gerade in kleinen, kompakten Anlagen, wie sie häufig in der pharmazeutischen Industrie vorkommen, erlauben die räumlichen Gegebenheiten meist nicht den Einbau von großen Druckmittlern.

Ansatz: Kompensation im Temperaturschrank

Es gibt bereits verschiedene Ansätze zur Reduzierung des Druckmittlerfehlers. Ein Ansatz ist die Temperaturkompensation des gesamten Druckmesssystems inklusive Druckmittler. Dabei wird das komplette Druckmesssystem in einem Temperaturschrank temperiert und die auftretenden Fehler in Korrektortabellen hinterlegt. Damit kann die Geräteelektronik diese Fehler herausrechnen.

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Temperatur gemessen werden muss, um die richtigen Korrekturfaktoren zu verwenden. Üblicherweise steht der Geräteelektronik aber nur die Temperatur des Drucksensors zur Verfügung. Diese wird im Betrieb laufend gemessen, um den Temperaturfehler des Sensors selbst zu kompensieren. Die Temperatur der Druckübertragungsflüssigkeit hinter der Trennmembran kann jedoch erheblich von der Sensortemperatur abweichen, da der Drucksensor deutlich weiter vom Prozess entfernt sitzt (siehe Abb. 1). Als Folge wird nur ein Teil des Temperaturfehlers durch diese Methode vermieden.

Die Korrektur kann auch nur so schnell wirken, wie der Drucksensor erwärmt wird. Durch den Abstand zum Prozess kommt es jedoch zu erheblichen Verzögerungen, so dass die Kompensation bei Schwankungen der Prozesstemperatur auch nur verzögert greift.

Aktive Kompensation des Temperaturfehlers bei Druckmittlersystemen

Ansatz: Aktive Korrektur mittels Sensortemperatur

Bei einem weiterführenden Ansatz wird die Sensortemperatur für eine aktive Kompensation verwendet. Bei konstanten Randbedingungen kann durch die physikalischen Zusammenhänge von einem festen Verhältnis von Drucksensor- und Druckmittlertemperatur ausgegangen werden. Von der Sensortemperatur kann somit näherungsweise auf die Temperatur im Druckmittler geschlossen werden. Somit kann theoretisch mit diesem Verfahren der Temperaturfehler vollständig kompensiert werden.

In einem realen Prozess kann aber nur selten von konstanten Bedingungen ausgegangen werden. Bereits eine Änderung der Umgebungstemperatur führt zu einer fehlerhaften Kompensation. Deshalb wird üblicherweise ein konservativer Korrekturfaktor gewählt, der den Fehler vermindert aber nicht vollständig eliminiert.

Auch bei diesem Ansatz führt die verzögerte Reaktion der Sensortemperatur auf Prozess temperaturänderungen zu deutlichen Abweichungen bei Temperaturschwankungen.

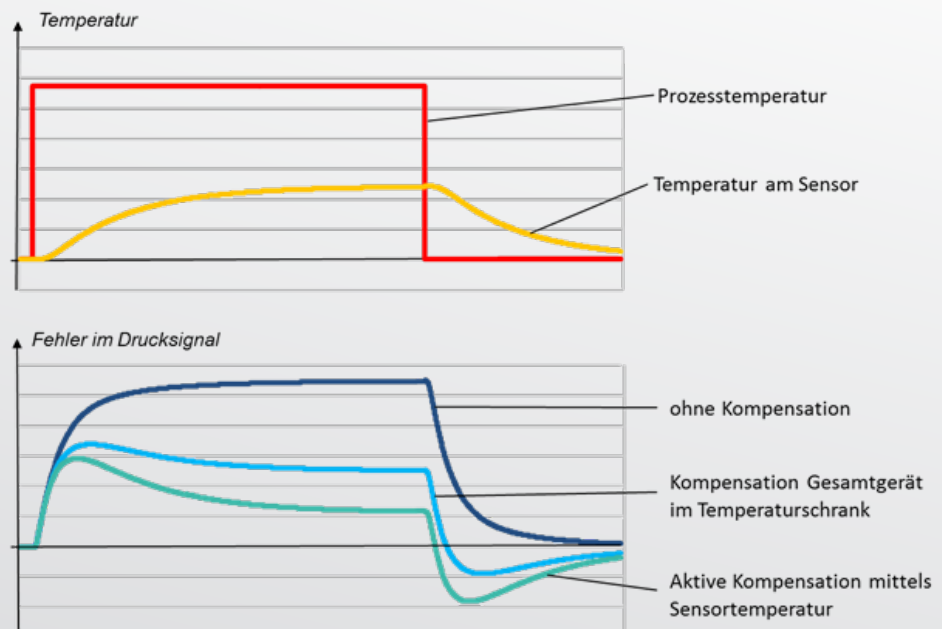


Abb. 2 Schematischer Vergleich der existierenden Verfahren zur Temperaturkompensation

Aktive Kompensation des Temperaturfehlers bei Druckmittlersystemen

Ansatz: Aktive Korrektur mittels Sensor- und Druckmittlertemperatur

Um die Nachteile der bestehenden Verfahren zu beseitigen, hat die Firma LABOM ein weiterführendes Kompensationsverfahren entwickelt und implementiert. Bei der ATC-Technologie (ATC = Active Temperature Compensation) wird mit einem zusätzlichen Temperatursensor die Temperatur der Druckübertragungsflüssigkeit erfasst. Dieser Sensor (ein Pt100-Element) ist dabei so nah wie möglich an der Trennmembran platziert. Damit erfasst der Sensor in guter Näherung die Temperatur der Flüssigkeit hinter der Trennmembran.

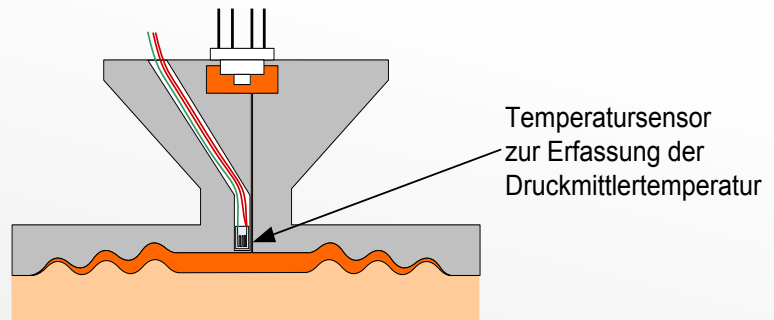


Abb. 3 Positionierung des zusätzlichen Temperatursensors im Druckmittler

Der große Vorteil der zusätzlichen Temperaturmessung liegt in der deutlich schnelleren Ansprechzeit im Vergleich zur Temperatur des Drucksensors. Veränderungen der Prozesstemperatur erfasst der zusätzliche Sensor sehr viel schneller. Die daraus resultierenden Messfehler lassen sich somit auch sehr viel schneller rechnerisch korrigieren.

Da die Temperaturen der bedeutenden Flüssigkeitsmengen im System (hinter der Membran und vor dem Sensor) bekannt sind, ist die Methode deutlich robuster gegen Änderungen der Umgebungsbedingungen. Die Korrektur kann deshalb so eingestellt werden, dass im stationären Zustand der Messfehler vollständig kompensiert wird.

Aktive Kompensation des Temperaturfehlers bei Druckmittlersystemen

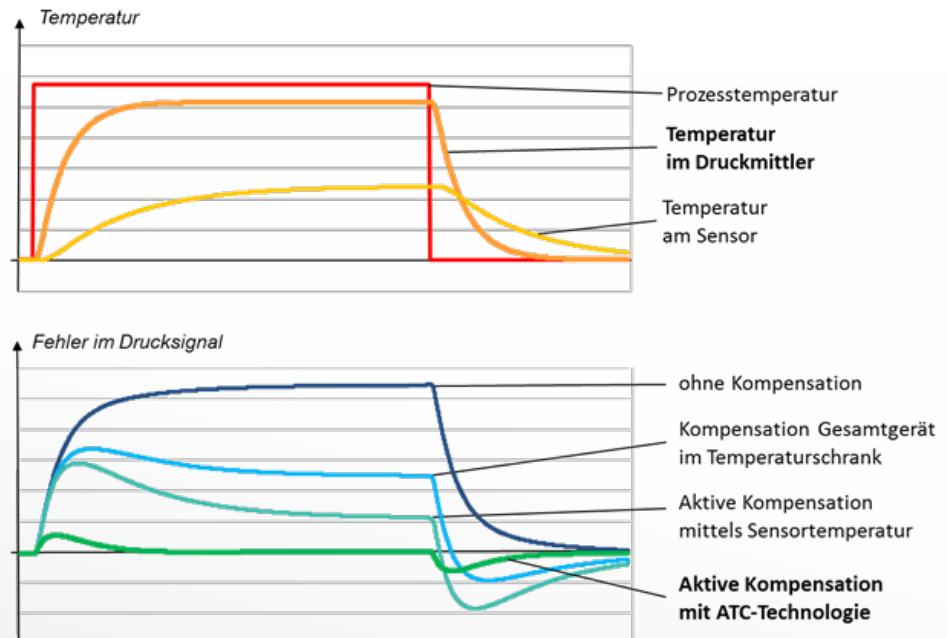


Abb. 4 Vergleich ATC-Technologie mit anderen Kompensationsverfahren

Die Einflussfaktoren auf die Temperaturstabilität des Drucksignals beschränken sich somit auf die Fertigungstoleranzen des Druckmittlers sowie die erreichbare Präzision beim Füllen des Druckmittlers. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich der Fehler im stationären Zustand bei kleinen Druckmittlern um 80-90% reduzieren lässt.

Für eine besonders exakte Messung ist zudem die individuelle Vermessung des Druckmittlersystems möglich. Damit können die Korrekturfaktoren speziell für das Messsystem eingestellt werden.

Das Beispiel einer realen Messung mit individuellen Korrekturfaktoren zeigt das Potenzial der ATC-Technologie. Mit einem temperierbaren Wassertank wurde eine Füllstandsmessung simuliert. Für einen sehr kleinen Druckmittler (3/4" Clamp) wurden die Korrekturfaktoren ermittelt und anschließend eine Temperaturrampe gefahren.

Im eingeschwungenen Zustand ließ sich der Temperaturfehler fast vollständig eliminieren. In der Aufheiz- und Abkühlphase kommt es nur zu minimalen Abweichungen vom Sollwert.

Aktive Kompensation des Temperaturfehlers bei Druckmittlersystemen

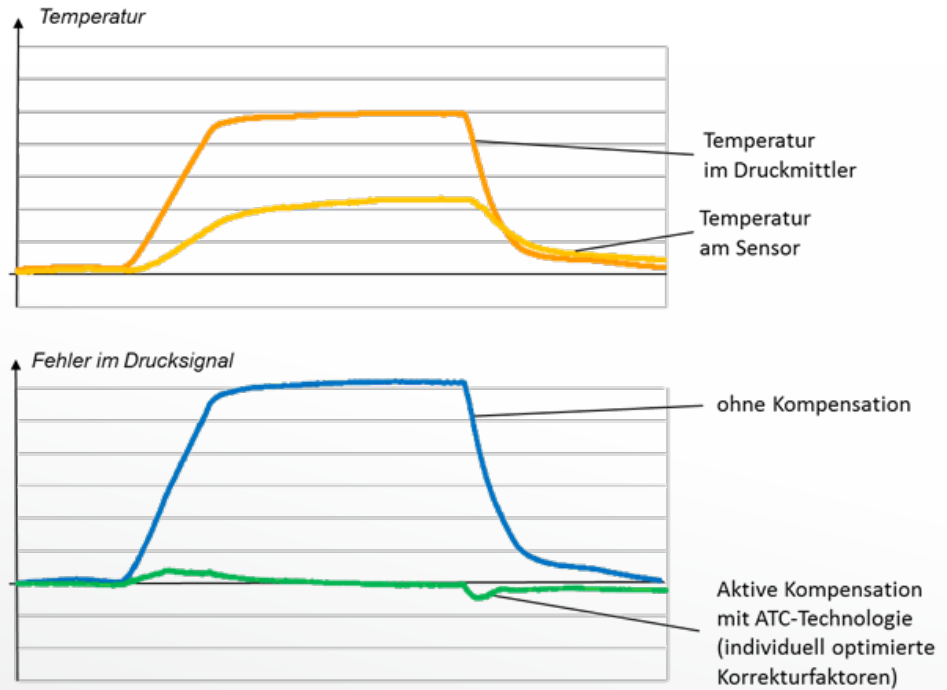


Abb. 5 Testmessung, Vergleich unkompensiert mit ATC-Kompensation

Zusammenfassung

Mit der ATC-Technologie hat die Firma LABOM einen Quantensprung in der Temperaturstabilität von Druckmittlersystemen erreicht. Zusammen mit einer hohen Genauigkeit des Druckmessgerätes lassen sich so hochpräzise Druckmessungen realisieren.

Autor: Dr. Thomas Köster, Leiter Entwicklung

© 2015