

Fachbericht

Spezifikationen von Drucksensoren richtig interpretieren. Eine Orientierungshilfe.

Spezifikationen geben dem Anwender Auskunft über die technischen und funktionalen Aspekte eines Produktes. Da keine gesetzlichen Vorschriften oder branchenspezifische Standards Inhalt und Format regeln, gibt es so viele unterschiedliche Arten von Spezifikationen wie Hersteller. Umso wichtiger ist es zu wissen, auf welche Details es ankommt, wo die Unterschiede liegen und worauf beim Umgang mit den Daten zu achten ist.

Die beiden Begriffe Präzision (precision) und Genauigkeit (accuracy) sind nicht dasselbe und müssen bei Messsensoren korrekt auseinandergehalten werden. Präzision beinhaltet die Linearitätsabweichung über den Messbereich, die Hysterese und die Nichtwiederholbarkeit. Die Messwerte liegen mehr oder weniger eng um den schliesslichen Durchschnitt herum und können mit einem Streukreis quantifiziert werden. Die Präzision beinhaltet jedoch keine Aussage darüber, wie nahe der Durchschnittswert der Einzelmessungen vom wahren Wert entfernt liegt. Diese Abweichung ist der Grad der Genauigkeit. Die Präzision ist mit einem Streukreis um den Durchschnittswert charakterisiert. Die Genauigkeit ist die Abweichung des Durchschnittswerts der Einzelmessungen vom wahren Wert.

Maximale Messabweichung vs. Isolierter Standardmessfehler

Sensoren werden von verschiedenen Anbietern unterschiedlich spezifiziert. Bei den einen wird die maximale Messabweichung angegeben, während andere wiederum den Standardmessfehler isoliert bekanntgeben. Die beiden Grössen sind jedoch grundlegend verschieden.

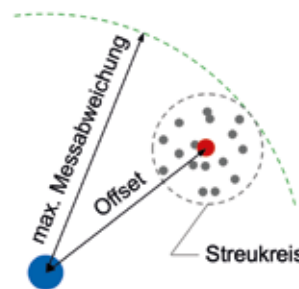


Fig. 2

Fig. 2: Maximale Messabweichung; Maximale Messabweichung = Offset + Standardmessfehler (Streukreis)

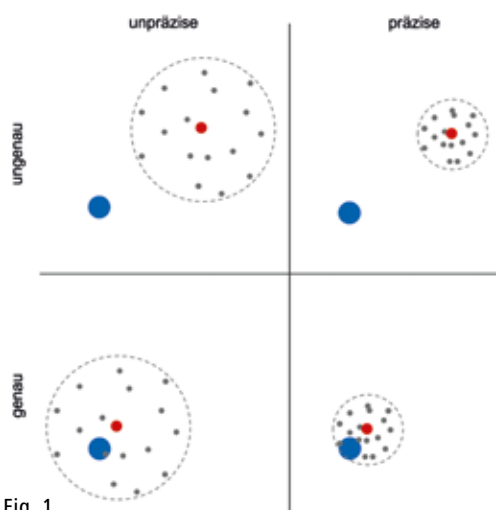


Fig. 1

Der Standardmessfehler ist durch den Streukreis (Radius) charakterisiert (Präzision), während sich die maximale Messabweichung aus der Summe von Offset (Genauigkeit) und dem Standardmessfehler (Präzision) ergibt. Durch die unterschiedlich gebräuchlichen Spezifikationen entsteht die Problematik, dass Sensoren mit «demselben Wert» Welten auseinanderliegen. Werden beide Sensoren mit 0,1 % Full Scale (FS) angegeben, so fehlt beim einen die Angabe über den Offset. Inwieweit der gemessene Wert mit dem wahren Wert korreliert, ist dann nicht ausgewiesen. Es ist

- wahrer Wert
- ∅ Messwerte
- Einzelmessung
- Streukreis

Der Standardmessfehler ist durch den Streukreis (Radius) charakterisiert (Präzision), während sich die maximale Messabweichung aus der Summe von Offset (Genauigkeit) und dem Standardmessfehler (Präzision) ergibt. Durch die unterschiedlich gebräuchlichen Spezifikationen entsteht die Problematik, dass Sensoren mit «demselben Wert» Welten auseinanderliegen. Werden beide Sensoren mit 0,1 % Full Scale (FS) angegeben, so fehlt beim einen die Angabe über den Offset. Inwieweit der gemessene Wert mit dem wahren Wert korreliert, ist dann nicht ausgewiesen. Es ist

Fig. 1: Präzision und Genauigkeit; Präzision → Streukreis, Genauigkeit → Offset

also durchaus möglich, dass der Sensor mit 0,1 % FS Standardmessfehler einem mit 0,5 % FS maximaler Messabweichung entspricht. Zur Erreichung eines 0,1 % FS maximalen Messabweichung müsste der Sensor also deutlich besser sein, das heisst bspw. 0,05 % FS für den Standardmessfehler (Präzision, Streukreis) plus 0,05 % FS für den Offset.

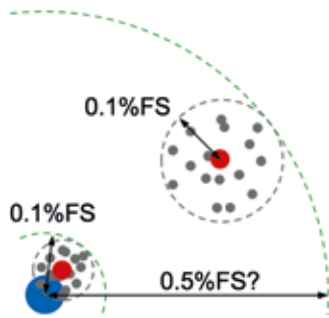


Fig. 3

Wenn in Datenblättern nicht explizit angegeben wird und dadurch einfach erkennbar ist, ob es sich um die maximale Messabweichung oder um den Standardmessfehler handelt, ist das Kleingedruckte zu interpretieren. Der springende Punkt ist, ob Nullpunkt- und Endwertabweichung in der Angabe beinhaltet sind. Ein Beispiel dafür: Die Spezifikation nach Standardmessfehlern beinhaltet die Linearitätsabweichung (nach Kleinstwerteneinstellung, BFSL) sowie Hysterese und Nichtwiederholbarkeit, die nach der maximalen Messabweichung die Nullpunkt-, Endwert- und Linearitätsabweichung (nach Grenzpunkteinstellung) sowie Hysterese und Nichtwiederholbarkeit (EN 61298-2).

Ermitteln der Abweichungen

Ein weiteres Augenmerk muss auf die Ermittlung der Abweichungen gelegt werden, egal ob für den Standardmessfehler oder die maximale Messabweichung. Auch hier gibt es zwei verbreitete, unterschiedliche Vorgehen.

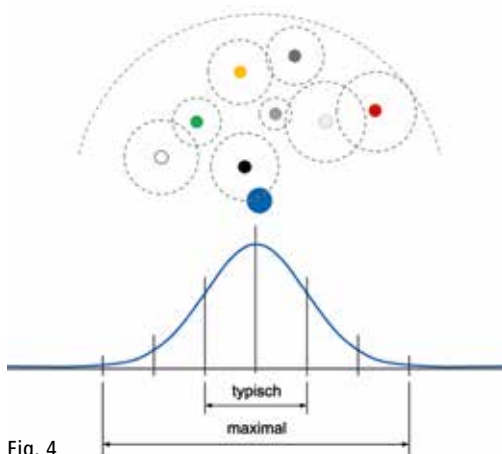


Fig. 4

Es wird eine grosse Anzahl von Sensoren genommen und entsprechende Einzelmessungen durchgeführt. Bei der Angabe des «typischen» Fehlers liegen nur 68 % (1σ) innerhalb der Spezifikation. Das heisst, 32 % der Sensoren entsprechen nicht der Spezifikation, welche der Hersteller angibt. Es zeugt von einer hohen Qualität, wenn nach dem «maximalen» Fehler spezifiziert wird, weil statistisch 99,7 % (3σ) der Messgeräte die Spezifikation erfüllen. Es liegt also praktisch kein Sensor ausserhalb der vom Hersteller gemachten Angaben.

Begriffsdefinition Temperaturabhängigkeit

Der Standardmessfehler und / oder die maximale Messabweichung werden bezüglich einer Referenztemperatur angegeben. Diese liegt typischerweise bei 20 °C. Zumeist wird jedoch ein Sensor weder bei 20 °C noch bei konstanter Temperatur eingesetzt. Dies hat entsprechende Auswirkungen auf den Standardmessfehler und die maximale Messabweichung, welche sich verschlechtern. Dies liegt darin begründet, dass nur für eine Temperatur die Kennlinie abgeglichen werden kann. Somit verändert sich bei variierenden Temperaturen sowohl die Lage des Nullpunkts als auch der Spannefehler (Grenzpunkt- oder Kleinstwerteneinstellung) über den Druckbereich hinweg. Der Temperaturkoeffizient «Nullpunkt» (TK-Nullpunkt) bezeichnet den Temperatureinfluss auf den Standardmessfehler oder die maximale Messabweichung bei Zustand drucklos. Typischerweise wird der Koeffizient als % FS pro 10 °C angegeben. Ein Sensor mit einer initialen maximalen Messabweichung von 0,1% FS (bei 20 °C) hat bei einem TK-Nullpunkt von 0,05 % FS / 10 °C und einer Einsatztemperatur von 40 °C eine entsprechende von 0,2 % FS. Der Temperaturkoeffizient «Spanne» (TK-Spanne) bezeichnet den Einfluss auf den Standardmessfehler oder die maximale Messabweichung über den gesamten Messbereich hinweg. Typischerweise wird der Koeffizient als % FS pro 10 °C angegeben. Dies kommt zur Nullpunktverschiebung hinzu und kann mit der Abnahme der Präzision gleichgesetzt werden. Die Darstellung ist analog zur Fig. 1, das heisst, die Distanz zwischen wahrem Wert (blauer Punkt) und dem Durchschnitt der Einzelmessungen (roter Punkt), entspricht dem Offset. Der Streukreis (Standardmessfehler) widerspiegelt die Präzision und ist die Punktwolke der Einzelmessungen (graue Punkte). Schliesslich ergibt sich aus dem Streukreis und dem Offset die maximale Messabweichung, welche durch das grün gestrichelte Kreissegment dargestellt wird. Der TK-Nullpunkt beeinflusst den

Fig. 3: Messfehler und maximale Messabweichung; FS: Full Scale

Fig. 4: Ermittlung der Abweichung (Fehlerermittlung); Modellbildung mittels der Normalverteilung, dargestellt für die maximale Messabweichung

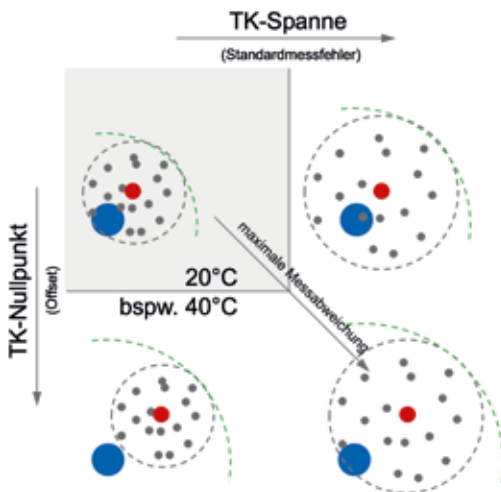


Fig. 5

Offset. Der TK-Spanne beeinflusst den Standardmessfehler. Zusammen beeinflussen TK-Nullpunkt und TK-Spanne die maximale Messabweichung.

Reale Temperaturabhängigkeiten

In der Fig. 6 wird offensichtlich, dass die Temperaturabhängigkeit des maximalen Messfehlers bei der Wahl von Drucksensoren unbedingt betrachtet werden muss. Im dargestellten Beispiel wurden alle Sensoren bei 20 °C auf 0,3 % FS maximale Messabweichung genommen. Das heisst, es geht hier nicht um die Initialgenauigkeit bei der Referenztemperatur. Deckt die Anwendung einen grösseren Temperaturbereich ab, dann ist die Temperaturstabilität zumeist wichtiger als die Anfangsgenauigkeit. In der Abbildung ist dies durch die gestrichelte Linie dargestellt. Schon bei Temperaturen, die um mehr als 10 °C von der Referenztemperatur abweichen, ist dieser Sensor mit tieferer Initialgenauigkeit genauer als die meisten anderen dargestellten. Der Anwendungsfall (Betriebsstem-

peratur und Temperaturschwankungen) ist also sorgfältig zu prüfen.

Strenge Spezifikationskriterien für hohe Qualität und Zuverlässigkeit

Baumer liefert exzellente Drucksensoren, welche sauber spezifiziert sind und dem Kunden verlässliche Anwendungen ermöglichen. In den meisten Fällen spezifiziert Baumer die maximale Messabweichung und nicht isoliert den Standardmessfehler. Werden solch unterschiedlich ausgewiesenen Drucksensoren mit «gleichen Werten» miteinander verglichen, so ist derjenige nach maximaler Messabweichung präziser. Ist der Absolutdruck zu messen oder kein Referenzieren innerhalb eines Messsystems möglich (leer / voll oder ein weiterer bekannter Zustand), so ist zwingend ein nach maximaler Messabweichung spezifizierter Sensor zu wählen. Der Grund liegt darin, dass bei der anderen Spezifikation die Abweichung von durchschnittlichem Messwert zum wahren Wert nicht oder zumindest bedingt bekannt ist. Baumer ermittelt die Güte der Sensoren nach «maximalem» und nicht nach «typischem» Fehler. Laut Statistik liegen 99,7 % der nach «maximalem» Fehler geprüften Sensoren innerhalb der Spezifikation, während 32 % der nach «typischem» Fehler geprüften diese nicht erfüllen. Vorsicht ist hinsichtlich des Anwendungstemperaturbereiches der Sensoren geboten, da die maximale Messabweichung durch die Temperaturabhängigkeit massgeblich beeinflusst werden kann. Je nach Anwendung sind TK-Nullpunkt und TK-Spanne mit zu berücksichtigen. Ein temperaturstabiler Sensor ist auf jeden Fall zu bevorzugen. Baumer baut bei allen Elementen auf die «schärfere» Definition. Damit erhält der Kunde die notwendige Sicherheit und hohe Qualität.

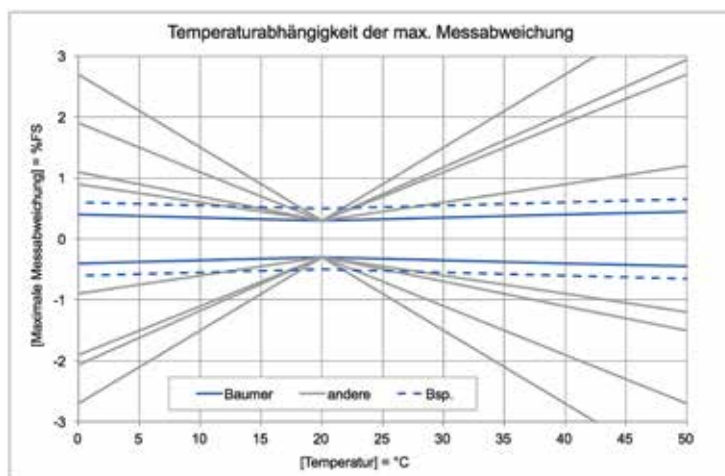


Fig. 6

Weitere Informationen:
www.baumer.com/druck

Fig. 5: Temperatureinfluss auf Standardmessfehler und maximale Messabweichung; TK-Spanne → Standardmessfehler, TK-Nullpunkt → Einfluss auf den Offset

Fig. 6: Temperaturabhängigkeit und unterschiedliche Initialgenauigkeit; blau: hochstabiler Baumer Drucksensor, grau: Beispiele von Marktbegleitern, blau gestrichelt: hochstabiler Baumer Drucksensor mit leicht geringerer Initialgenauigkeit

AUTOR
 Daniel Schmid
 Senior Produktmanager
 Druck, Baumer