



Quelle: panthermedia

0,1 % = 0,5 % – Stimmt das so? Beherrschen Sie das Einmaleins der Genauigkeitsangaben bei Drucksensoren?

Genauigkeit hat ihren Preis. Je genauer eine Messung sein soll, desto teurer ist die Messtechnik. Noch teurer aber wird es, wenn durch mangelnde Genauigkeit des Sensors die Qualität des damit hergestellten Produktes leidet. Bei der Auswahl des richtigen Sensors sollte daher auch die Genauigkeit eine entscheidende Rolle spielen. Dazu muss man sich aber erst einmal in dem Wirrwarr der Genauigkeitsangaben zurechtfinden.

Der Begriff »Genauigkeit« existiert lediglich im Sprachgebrauch der Anwender. Er ist in keiner Norm definiert. Dennoch ist er in vielen Datenblättern von Sensoren zu finden. Leider gibt es kein gemeinsames Verständnis darüber, was Genauigkeit bedeutet. Es gibt nicht »die Genauigkeit«, sondern eine Vielzahl von genauigkeitsrelevanten Angaben. Alle zusammen beschreiben die »Genauigkeit« eines Gerätes.

Die genauigkeitsrelevanten Faktoren für Drucksensoren sind normenübergreifend einheitlich definiert. Dennoch lassen sich die Herstellerangaben kaum miteinander vergleichen, denn welche und wie Genauigkeitsangaben im Datenblatt spezifiziert werden, ist Herstellersache.

Selbst wenn zwei Hersteller die gleichen Begriffe verwenden, so ist leider nicht sichergestellt, dass auch das Gleiche damit gemeint ist. Häufig werden wichtige Zusätze einfach weggelassen. In der Praxis bedeutet dies: Zwei Geräte, die auf den ersten Blick die gleiche »Genauigkeit« zu haben scheinen, können sich bei näherer Betrachtung drastisch unterscheiden. Entsprechend gibt es natürlich auch den umgekehrten Fall, wie Abb. 1 zeigt.

Warum zwei Sensoren, die scheinbar derart unterschiedlichen Genauigkeitsklassen angehören, in Wirklichkeit eine nahezu identische Genauigkeit haben, wird in den folgenden Abschnitten erläutert.

Die übliche Angabe

Für viele Praktiker ist die aussagekräftigste und daher am häufigsten genannte Genauigkeitsangabe die Nichtlinearität. Fälschlicherweise wird die Nichtlinearität häufig als Linearität bezeichnet. Die Nichtlinearität beschreibt, wie »krumm« oder wie »nicht-linear« eine Kennlinie ist. Sie beschreibt die größtmögliche Abweichung der Kennlinie von einer Referenzgeraden.

Es gibt prinzipiell drei Methoden, diese Referenzgerade zu ermitteln: die Grenzpunkteinstellung, die Kleinstwerteneinstellung (BFSL) und die Anfangspunkteinstellung. Wobei letztere aber eher selten anzutreffen ist.

Bei der Nichtlinearität nach Grenzpunkteinstellung geht die Referenzgerade durch den Kennlinienanfang und -ende; während bei der BFSL-Methode (Best Fit Straight Line) die Referenzgerade so gelegt wird, dass die maximale positive und negative Abweichung gleich groß ist. Die Nichtlinearität nach Grenzpunkteinstellung liefert im Vergleich

zur Kleinstwerteneinstellung deshalb den betragsmäßig größeren Fehler. Sie ist jedoch für den Anwender messtechnisch am leichtesten nachvollziehbar. Die Nichtlinearität nach Kleinstwerteneinstellung hingegen ist in vielen Fällen der aussagekräftigere Wert. Er beschreibt das Potenzial der Kennlinie. Wie groß der Unterschied zwischen der Nichtlinearität nach Grenzpunkteinstellung und nach der BFSL-Methode tatsächlich ist, hängt allerdings von der typischen Form der Kennlinie des jeweiligen Drucksensors ab. Die Nichtlinearität nach Grenzpunkteinstellung kann dabei bis zu Faktor zwei größer sein.

Leider ist vielen Datenblättern nicht eindeutig zu entnehmen, nach welcher Methode die Nichtlinearität ermittelt wurde. Eine Vergleichbarkeit der Angaben ist deshalb häufig nur nach Rücksprache mit dem Hersteller möglich. Die Nichtlinearität lässt sich aus Anwendersicht häufig nur mit entsprechendem Aufwand minimieren. Zum Beispiel, indem in der nachgeschalteten Elektronik an Hand von Stützpunkten die Fehler herausgerechnet werden. Hierzu ist ein hoch präzises Normal notwendig (Abb. 2).

Die typische Angabe

Kein Gerät ist wie das andere. Das gilt auch für die Genauigkeit von Drucksensoren. Tatsächlich wird bei einer Vielzahl von Geräten die Nichtlinearität deutlich besser sein, als der im Datenblatt spezifizierte maximale Wert. Nur so ist sichergestellt, dass



▲ Abb. 1: Vergleich

die durch Toleranzen und Streuungen bedingte Abweichung einen bestimmten Maximalwert sicher nicht überschreitet. Diese (bessere) Genauigkeit wird als typischer Wert bezeichnet. Entsprechende Genauigkeiten werden deshalb bei vielen Exemplaren mit »typ.« gekennzeichnet (Abb. 3). Wie viele Geräte diese »typische Genauigkeit« tatsächlich einhalten, wird von fast keinem Hersteller eindeutig spezifiziert. Man kann aber üblicherweise davon ausgehen, dass eine

»typische Genauigkeit« dem 1-Sigma-Wert nach der Gauß'schen Normalverteilung entspricht. Das heißt: ca. 68,27% der Geräte halten den typischen Wert ein. Für den Anwender bedeutet also die Angabe einer typischen Genauigkeit, dass der Hersteller nicht garantiert, dass 100% der ausgelieferten Geräte die angegebene Genauigkeit einhalten. Je nach Streuung der Messwerte kann der maximale Wert um das zwei- bis dreifache größer sein als der typische

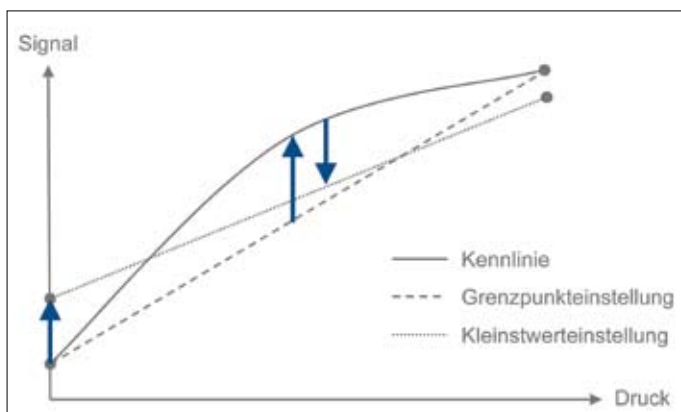


Abb. 2: Nichtlinearität

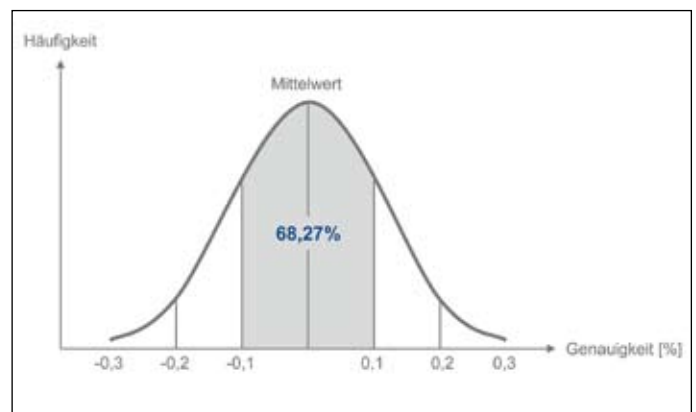


Abb. 3: Typische Werte

Wert. Typische Werte sind im Übrigen nicht nur bei Nichtlinearitäten, sondern auch bei vielen anderen Genauigkeitsangaben anzutreffen.

Die ehrlichste Angabe

Der wohl »ehrlichste« Wert ist die Messabweichung. Sie ist ohne Aufwand direkt aus der Kennlinie ablesbar und beinhaltet alle relevanten Fehler bei Raumtemperatur wie Nichtlinearität, Hysterese, Nichtwiederholbarkeit und Messabweichung am Messbereichsanfang und -ende. Wenn der Anwender sein Gerät bei Raumtemperatur betreibt, ist dieser Fehler, mit dem er tatsächlich seinen Druck erfasst (Abb. 4).

Die Messabweichung ist die größte Abweichung der tatsächlichen Kennlinie von der idealen Kennlinie. Die Hysterese ist definiert als die maximale Abweichung der Kennlinien im Aufwärts- und Abwärtsgang. Unter Nichtwiederholbarkeit versteht man die größte Abweichung aus drei Messungen unter identischen Bedingungen.

Von Herstellerseite wird die Messabweichung leider nur selten spezifiziert, weil sie verständlicherweise größer ist als die Nichtlinearität. In der Regel wird die Nichtlinearität angegeben und die Messabweichung im Messbereichsanfang und -ende separat aufgeführt. Letztere werden in der Praxis als Nullpunkt- und Spannefehler bezeichnet, wobei die Spanne die Differenz aus Messbereichsanfang und -endwert ist. Die Hysterese und die Nichtwiederhol-

barkeit sind so ziemlich die einzigen Fehler, mit denen man leben muss. Alle anderen Fehler lassen sich mit entsprechendem Aufwand minimieren oder gar eliminieren.

Am einfachsten und anschaulichsten funktioniert dies beim Nullpunktfehler. Der Anwender kann ohne großen Aufwand im drucklosen Zustand den Nullpunktfehler ablesen und als Offset in seine Auswerteeinheit einpflegen.

Um den Spannefehler zu eliminieren, muss der Druck am Messbereichsende exakt angefahren werden. Das ist häufig nicht möglich, da keine entsprechende Druckreferenz zur Verfügung steht. Damit der Drucksensor am Ende nicht schlechter misst als zuvor, sollte der Referenzdruck mindestens dreimal genauer sein als die angestrebte Genauigkeit.

Die Gradangabe

Egal ob Nichtlinearität oder Messabweichung: all diese Genauigkeitsangaben beschreiben einen Drucksensor bei Raumtemperatur. Liegt jedoch die Arbeitstemperatur höher oder niedriger, so muss man mit einem zusätzlichen Temperaturfehler rechnen.

Der Temperaturfehler wird häufig als Temperaturkoeffizient angegeben, bezogen auf ein Intervall von 10 K. Dabei werden die Fehler des Nullpunktes und der Spanne getrennt aufgeführt. Ein Gerät, das bei Raumtemperatur noch eine ausreichende Genauigkeit bietet, kann bereits bei 10 K Abweichung einen doppelt so großen Fehler

haben (Abb. 5).

Was viele nicht wissen: Um den Fehler im Endwert zu berechnen, müssen die Temperaturkoeffizienten von Nullpunkt und Spanne aufaddiert werden.

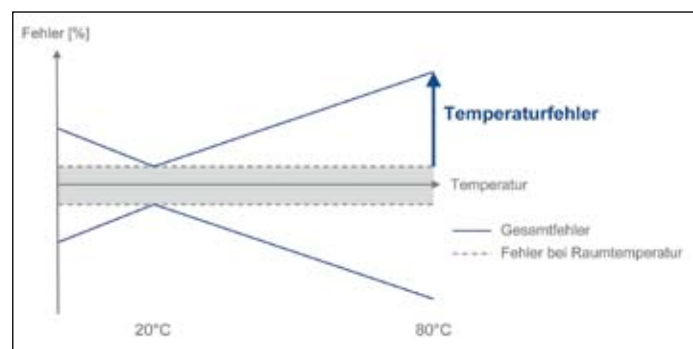
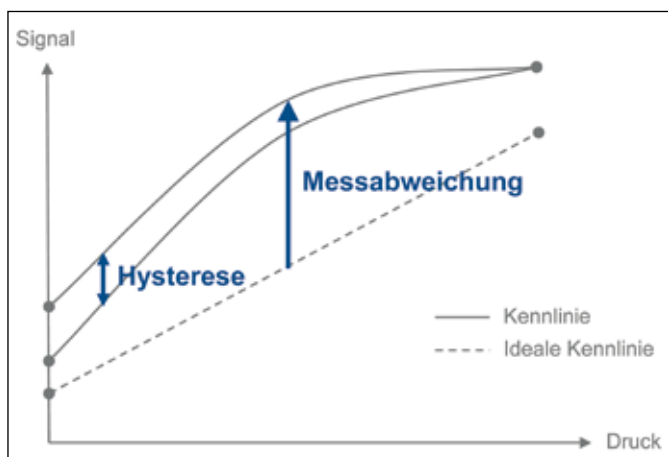
Temperaturfehler entstehen übrigens durch Abweichungen der Mediums- aber auch der Umgebungstemperatur.

Der Temperaturfehler lässt sich bei konstanten Arbeitstemperaturen noch relativ einfach abschätzen, sofern aber Ihre Anwendung einen größeren Temperaturbereich abdeckt, wird der Aufwand erheblich größer. Leider gehen noch immer sehr viele Anwender davon aus, dass Drucksensoren innerhalb des Bemessungstemperaturbereichs gar keinen zusätzlichen Temperaturfehler haben. Dabei ist der Bemessungstemperaturbereich lediglich der Bereich, in dem die spezifizierten Temperaturkoeffizienten gelten – aber keinesfalls gleich Null sind.

Die langfristige Angabe

Die Genauigkeitsangaben in Datenblättern beschreiben üblicherweise den Zustand des Gerätes am Ende des Produktionsprozesses. Bereits beim Verlassen des Herstellers, seines Lagers, beim Transport etc. kann das Gerät Bedingungen ausgesetzt werden, die seine Genauigkeit nachhaltig beeinflussen.

Jedes auch noch so präzise und hochwertige Gerät ändert im Laufe seines



▲ Abb. 5: Temperaturfehler

◀ Abb. 4: Messabweichung und Hysterese

Lebens seine Genauigkeit. Diese Veränderung bezeichnet man als Langzeitdrift bzw. Langzeitstabilität. Die Größenordnung dieser Drift wird maßgeblich durch die Einsatzbedingungen bestimmt, d. h. den Drücken, Temperaturen und anderen Einflüssen, denen das Gerät ausgesetzt wird. In manchen Fällen trägt die Stabilität wesentlich mehr zum Gesamtfehler bei als z. B. die Nichtlinearität. Werte die zwei- bis dreimal höher liegen sind nicht unüblich.

Angaben zur Stabilität in den Herstellerdatenblättern sind so gut wie nicht vergleichbar. Die unterschiedlichen Normen beschreiben zum Teil sehr unterschiedliche Tests zur Ermittlung der Stabilität. Zudem ist keiner dieser Tests ein wirkliches Abbild der realen Einsatzbedingungen. Kann es auch nicht sein, denn diese sind von Anwendung zu Anwendung viel zu unterschiedlich. Die Stabilitätsangaben gelten folglich nur für den Einsatz unter Laborbedingungen bzw. Referenzbedingungen.

Doch selbst für den Einsatz bei Referenzbedingungen ist es kaum möglich, zu vergleichbaren Aussagen zu kommen. Zeit lässt sich nun mal leider nicht raffen. Und alle Bemühungen, durch Temperaturschocks und andere Methoden einen Zeitraffereffekt zu simulieren, sind und bleiben Bemühungen.

Von Herstellerseite wird meistens empfohlen, Drucksensoren einmal pro Jahr zu kalibrieren, d. h. auf die Einhaltung ihrer Spezifikation zu überprüfen. Dabei geht es weniger darum, das Gerät nachjustieren als die tatsächlich erfolgte Veränderung des Gerätes, sprich die Drift, zu erfassen. Fällt diese größer aus als der vom Hersteller spezifizierte Wert, so ist dies ein Indiz dafür, dass ein Gerätefehler vorliegt. Es versteht sich, je größer die Instabilität ausfällt, desto wahrscheinlicher ist der Sensor defekt. In diesem Fall kann bei weiterer Verwendung die Sicherheit des Prozesses nicht länger gewährleistet werden.

Für diese Überprüfung muss kein großer Aufwand getrieben werden, oft reicht es schon, den Nullpunkt im drucklosen Zustand auf eventuelle Veränderungen zu überprüfen. Sind weder die Überprüfung in der Anlage noch der Ausbau des Gerätes möglich, so sollten Sie wenigstens Wert auf eine sehr gute Stabilität legen und diese in Ihrer Genauigkeitsanforderung mit berücksichtigen.

Immer noch unsicher?

Leider sind das noch längst nicht alle möglichen Fehlerquellen. Vibrationen, elektromagnetische Störungen, die Einbaulage des Sensors, die Hilfeenergie und sogar die Bürde der Aus-

werteinheit können zusätzlich die Genauigkeit Ihres Drucksensors negativ beeinflussen. Deshalb ist in vielen Fällen eine individuelle Beratung durch einen Fachmann sinnvoll.

Wie genau ist Ihr Drucksensor wirklich? Ist er so gut wie Sie erwartet haben? Oder ist er zu gut? Welche Fehler für Sie relevant sind und welche nicht, können letztendlich nur Sie beurteilen. Welche Produkteigenschaften dafür entscheidend sind und wie diese in Ihre Anwendung optimal zur Geltung kommen, erklären gerne die Anwendungsberater der Hersteller. Das stellt sicher, dass Sie Ihre Prozessziele mit optimalem Einsatz erreichen. Wir beraten Sie gerne, um herauszufinden, welche Genauigkeit sie heute haben und welche Sie wirklich benötigen.

▶ INFO

Autor:
Michèle Beyer (Dipl.-Ing. FH)
Produktmanagement
WIKA Alexander Wiegand GmbH & Co. KG
Geschäftsbereich TRONIC

Kontakt:
Monika Adrian
Marketing Vertriebs Service
WIKA Alexander Wiegand GmbH & Co. KG
Alexander-Wiegand-Str. 30
63911 Klingenberg
Phone: +49 9372 132-9972
Fax: +49 9372 132-423
E-Mail: m.adrian@wika.de
www.wika.de