

Anwender-Bericht:

Mit Abstand – messbar besser

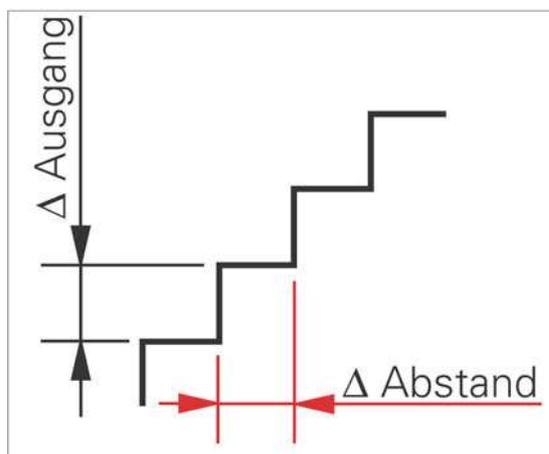
Eine effiziente Auswahl geeigneter Sensorik für die berührungslose Distanzmessung und Positionsbestimmung wird immer wichtiger. Stetig höhere Anforderungen an die Maschinenleistung und reduzierte Budgets erfordern insbesondere bei der Wahl des passenden Messverfahrens grosse Erfahrung für eine erfolgreiche Lösung. Um ein optimales Ergebnis zu erzielen, stehen drei physikalische Messverfahren zur Verfügung: Induktiv, Optisch und Ultraschall.



Bild1: Messende Sensoren

Es ist sehr hilfreich zunächst einige messtechnische Begriffe zu betrachten und diese Schritt für Schritt auf die jeweilig aktuelle Aufgabenstellung zu übertragen.

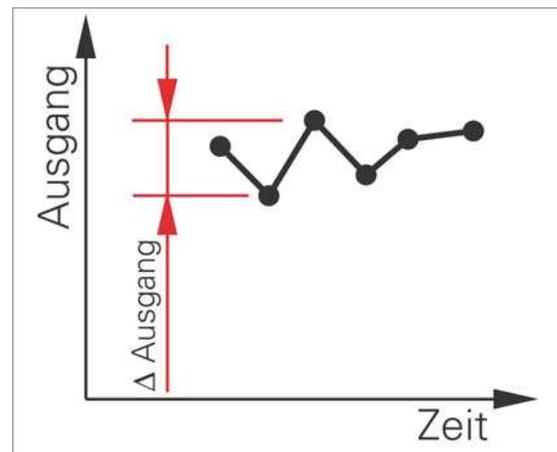
Wichtige messtechnische Grundlagen



Grafik1

Auflösung

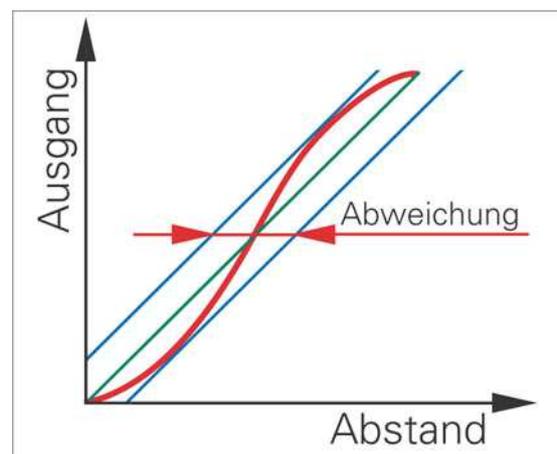
Die Auflösung entspricht der kleinst möglichen Abstandsänderung, die eine messbare Änderung am Ausgangssignal bewirkt.



Grafik2

Wiederholgenauigkeit (R)

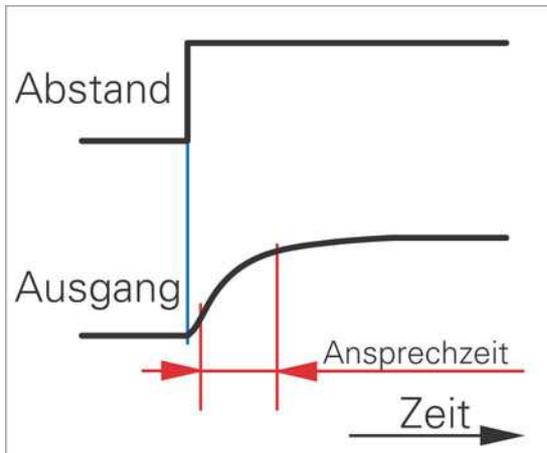
Unter Wiederholgenauigkeit versteht man die Differenz der Messwerte von aufeinanderfolgenden Messungen innerhalb einer Dauer von 8 Stunden bei einer Umgebungstemperatur von 23°C ± 5°C.



Grafik3

Linearität

Die Linearität ist die Abweichung von einer idealen linearen Funktion (Geraden). Sie wird meist in Prozent vom Messbereichsendwert (FS = Full Scale) angegeben.



Grafik4

Ansprechzeit

Als Ansprechzeit bezeichnet man die Zeit, die der Signalausgang eines Sensors benötigt um von 10% auf 90% des max. Signalpegels zu steigen.

Bei Sensoren mit digitaler Signalverarbeitung entspricht diese der Zeit, die nötig ist, um einen stabilen Messwert zu berechnen.

Temperaturdrift

Eine Temperaturänderung der Umgebung führt zu einer definierten Messwertverschiebung. Der Temperaturdrift ist meist proportional zur Temperaturänderung und wird z.B. in 0,08% / K (ΔT) angegeben werden.

Messprinzipien im Überblick

Die anschliessend besprochenen Sensoren liefern ein analoges Ausgangssignal, welches proportional zum Abstand zwischen Sensor und Messobjekt ist. Typische Sensorparameter sind in der nachfolgenden Tabelle für die drei Sensorprinzipien gegenüber gestellt.

	Induktiv	Optisch	Ultraschall
Messdistanz:	0...10 mm	15...1000 mm	20...2500 mm
Auflösung:	0,1 μ m	2 μ m	0,3 mm
Wiederholgenauigkeit:	1 μ m	2 μ m	0,5 mm
Linearität:	0,4...5 %	0,06...1,2 %	0,5 %
Ansprechzeit:	0,35 ms	0,9 ms	30 ms
Teach-in:	ja	ja	ja

Induktive Sensoren

Für die Abstandsmessung von elektrisch leitfähigen Objekten, wie z.B. Stahl, Aluminium oder metallischen Legierungen, ist diese Produktgruppe bestens geeignet. Das

Messverfahren beruht auf der Auswertung von induzierten Wirbelströmen. Somit ist dieses physikalische Prinzip besonders unempfindlich gegenüber allen nichtmetallischen Verschmutzungen.

Diese Sensoren eignen sich hervorragend, wenn von der Applikation hohe Anforderungen an Auflösung und Wiederholgenauigkeit gestellt werden. Die zur Zeit, mögliche Auflösung liegt bei \square 0,1 μ m, dies entspricht etwa dem 500sten Teil eines menschlichen Haares.

Dank innovativer Fertigungstechnologien kann schon ab einer Baugrösse von \square 6,5 x 40 mm ein Messbereich von 0 mm bis 2 mm zuverlässig und präzise erfasst werden.

Bei Anwendungen in welchen die übliche Spezifikation der Linearität (FS) z.B. \square 4% nicht ausreichend ist, bietet Baumer die Möglichkeit mittels gelieferter Polynomfunktion (mathematische Beschreibung der Sensorkennlinie) den Messwert weiter zu präzisieren.

Mit Hilfe dieses Polynoms lassen sich sehr genaue Mess- und Regelalgorithmen auf handelsüblichen Steuerungen programmieren.

Typische Polynomfunktion

$$\text{Abstand} = a + b (I_{out}) + c (I_{out})^2 + d (I_{out})^3 + e (I_{out})^4$$

z.B. Bauform M 12, Messbereich 0...2 mm, 0-20 mA(I_{out})

Diese Koeffizienten werden zur Verfügung gestellt:

$$a = -0,144334 \quad c = -0,00782 \quad e = -7,27311 \cdot 10^{-6}$$

$$b = 0,151453 \quad d = 0,00040$$

Daraus folgt bei einem Messwert von z.B. 5 mA (I_{out}) ein Abstand von 0,4638 mm.

Alternativ, sind auch Sensoren mit integriertem Mikroprozessor erhältlich. Der Einsatz digitaler Signalverarbeitung ermöglicht eine erhebliche Linearisierung der Ausgangskennlinie. Über eine Teach-in-Funktion lassen sich diese Sensoren auf einfachste Weise applikationsgerecht einsetzen.

Dies macht sich besonders bei einer absoluten Abstandsmessung bemerkbar. Beispielsweise erreicht ein linearisierter Sensor der Baugrösse M12, mit einem Messbereich von 0...4 mm, einen maximalen Linearitätsfehler von weniger als \square

0,4%, was einer Verbesserung um Faktor 10 entspricht.

Wichtigste Merkmale induktiver Sensoren

- Geeignet für elektrisch leitfähige Materialien (Stahl, Aluminium, Messing etc.)
- Hohe Auflösung
- Kurze Ansprechzeit
- Verschmutzungsunempfindlich
- Kleine Bauform
- Preisgünstig

Optische Sensoren

Laser-Distanz-Sensoren sind besonders geeignet für Messvorgänge an kleinen und schnell bewegten Objekten. Über eine Distanz von bis zu 1 Meter können auch Teile mit häufig wechselnden Farben sicher vermessen werden.

Optische Sensoren arbeiten vorwiegend nach dem Prinzip der Triangulation. Bei diesem Prinzip erzeugt eine geeignete Lichtquelle, insbesondere ein Laser, auf dem Messobjekt einen sichtbaren Punkt oder Linie. Das vom Objekt meist komplex reflektierte Licht wird mit Hilfe einer Linse auf einem positionsempfindlichen Empfänger abgebildet. Eine Abstandsänderung zwischen Sensor und Objekt führt unmittelbar auch zu einer Veränderung der Position des Bildpunktes auf dem Empfänger. Die CCD-Zeile als Empfangselement und die Intelligenz des Mikrocontrollers sorgen dafür, dass die Messwerte nahezu farbunabhängig und mit einem sehr kleinen Linearitätsfehler als analoges Signal ausgegeben werden.

Für poröse oder sehr raue Oberflächen stehen Sensoren mit besonderen Lichtstrahlgeometrien zur Verfügung.

Durch die Verwendung einer feinen Laserlinie, haben wechselnde Oberflächenbeschaffenheiten der Objekte einen wesentlich geringeren bis gar kein Einfluss auf die Zuverlässigkeit und Präzision der Messung.

Für zeitsynchrone Messaufgaben, wie die Messung von Objektdicken, steht zusätzlich ein Synchronisiereneingang zur Verfügung. Mit Hilfe eines externen Signals lassen sich die Messungen von verschiedenen Sensoren gleichzeitig starten.

Das sehr gute Preis-Leistungsverhältnis der optischen Sensoren ermöglicht ein breites Anwendungsfeld.

Angefangen von der Fahrwerksabstimmung eines Formel 1 Boliden bis zum Nachführsystems (Bild 2) eines Laserbelichtungskopfes für den Digitaldruck mit einer Auflösung von 5 µm ergeben sich vielfältige Möglichkeiten.



Bild2: Laserbelichtungskopf

Wichtigste Merkmale optischer Sensoren

- Geeignet für unterschiedlichste Materialien
- Geeignet für kleine oder sich schnell bewegende Teile
- Hohe Auflösung
- Hohe Linearität
- Kurze Ansprechzeit

Ultraschall Sensoren

Anstelle von optischer Strahlung wird hier die Übertragung von Ultraschall zur Messung von Distanzen genutzt. Die wichtigste Messgröße ist die Schallgeschwindigkeit bzw. die Laufzeit von Ultraschallimpulsen welche durch das Medium Luft transportiert werden. Durch die Verwendung von Wandler die auf dem reversiblen piezoelektrischen Effekt beruhen können Einkopf-Systeme realisiert werden, bei denen ein Wandler sowohl als Sender wie Empfänger dient. Der Ultraschallwandler wird durch ein kurzes Burst-Paket zur Aussendung eines Ultraschall-Pakets angeregt. Gleichzeitig wird eine interne Uhr zur Messung der Laufzeit gestartet. Das vom Messobjekt reflektierte Schall-Paket generiert im Wandler wieder ein elektrisches Signal. Die gemessene Zeit zwischen Sendepaket und empfangenem Echo dient als Basis für die Berechnung der zu messenden Distanz. Der integrierte Mikrocontroller übernimmt dabei die gesamte Steuerung der Abläufe.

Schallwellen werden an verschiedenen Oberflächen reflektiert. Die zu erfassenden Objekte können fest, flüssig, körnig oder pulverförmig sein. Auch transparente und andere,

optisch nur schwer erkennbare Objekte, werden mit Ultraschall sicher und zuverlässig erkannt.

Schallabsorbierende Objekte oder Medien mit rauen, porösen Oberflächen reflektieren den Schall diffus. Die maximale Messdistanz wird somit reduziert. Eine optimale Ausnutzung kann trotzdem bis zu Oberflächenrauheiten von 0,2 mm gewährleistet werden.

Die Wandler werden so konstruiert, dass sich eine gerichtete Abstrahlung mit kleinem Öffnungswinkel ergibt. Dabei erlauben die neusten Technologien Schallkeulen von 6° womit sich komplett neue Applikationsmöglichkeiten eröffnen. Durch den konsequenten Einsatz der Miniaturisierungstechnologie sind kleinste Bauformen möglich geworden, welche den Einsatz von Ultraschall auch unter beengten Platzverhältnissen erlauben. Messdistanzen bis über 3 m mit konstanter Auflösung von < 0,3 mm sind heute an der Tagesordnung. Die neueste Generation Sensoren mit Abmessungen von gerade mal 20x42x15 mm mit integrierte Teach-in-Funktion ist bereits in der Lage bei beengten Einbaumöglichkeiten Füllstände durch kleinste Öffnungen wie z.B. Reagenzgläser sicher und zuverlässig zu messen.

Wichtigste Merkmale von Ultraschall Sensoren

- Alternative zum optischen Distanz-Sensor
- Hohe Linearität
- Konstante Auflösung
- Grosse Messdistanz
- Verschmutzungsunempfindlich

Teach-in-Funktionen

Ein besonderes Highlight dieser Analogsensoren stellt das für alle Messprinzipien einheitliche Teach-in-Verfahren dar. Sowohl die Laser-Distanz-Sensoren, miniaturisierte Ultraschallsensoren wie auch die hochpräzisen Induktivsensoren können einfach auf die jeweilige Messaufgabe programmiert werden.

Diese Baumer einheitliche Teach-in-Funktion erlaubt den Messbereich innerhalb vorgegebenen Grenzen frei zu konfigurieren. Wird zum Beispiel ein kleiner Messbereich mit grossem Signalhub gewünscht, ist es nun möglich, den Messbereich auf wenige Millimeter zu begrenzen, und damit eine Auflösung von z.B. 2 µm (Laser-Distanz-Sensor) zu erreichen. Für den so konfigurierten Messbereich steht am Analogausgang der

gesamte Signalbereich von z.B. 4-20 mA zur Verfügung.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit einen Schaltausgang mit zwei beliebigen Schaltschwellen innerhalb des Messbereiches frei zu definieren.

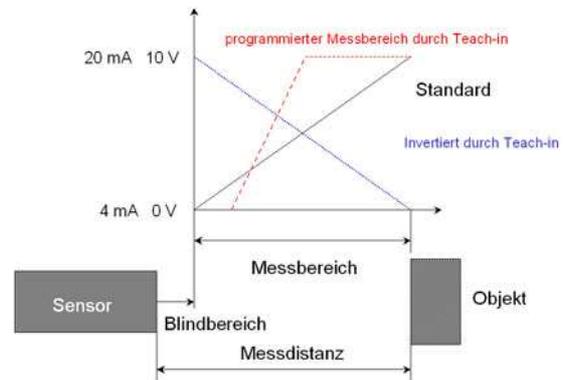


Bild3: Programmierbare Kennlinie

Schnittstellen

Den verschiedensten Anforderungen einer industriellen Umgebung wird mit drei verschiedenen Schnittstellen Rechnung getragen. Neben einer handelsüblichen Spannungsschnittstelle (0-10 V) steht zusätzlich auch eine Stromschnittstelle (4-20 mA) zur Verfügung. Eine Stromschnittstelle ist sinnvoll wenn Signale über grosse Distanzen übertragen werden müssen, bzw. hohe Störsicherheit (EMV) zu gewährleisten ist.

Die Produktgruppe der Laser-Distanz-Sensoren ist optional auch mit einer digitalen Schnittstelle erhältlich. Die RS 485-Schnittstelle ermöglicht eine maximale Datensicherheit mit 11 Bit Auflösung.

Vielseitiger Einsatz

Auf Grund steigender Produktvielfalt und Qualitätsanforderungen in der verarbeitenden Industrie müssen verstärkt Produkte oder Prozesse zuverlässig überwacht werden. Hierbei werden vermehrt Positionier- und Messaufgaben mit Hilfe des umfangreichen Produktprogramms von Baumer gelöst, die bisher kostspieligen Sensorsystemen vorbehalten oder nicht denkbar waren.

Typische Anwendungen messender Sensoren:

- Absolute Abstandsmessung
- Dickenmessung
- Durchgangs- und Verformungskontrolle

- Lineare Wegmessung
- Positionsregelung
- Profilerfassung
- Sortieren von Produkten
- Zentrierüberwachung (Durchmesser- und Exzentrizitätsmessung)