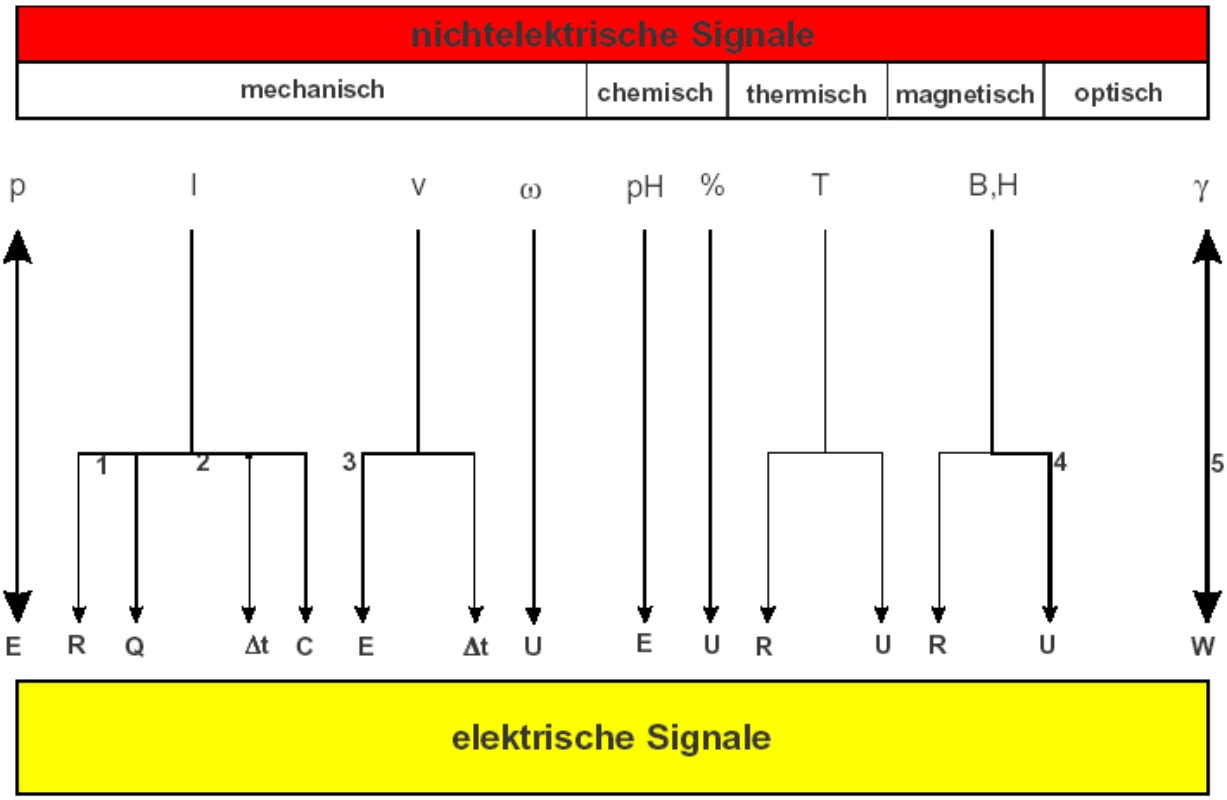
Inhaltsverzeichnis:

6 Abstands-, Weg- und Winkelmessverfahren 2
6.1 Widerstandslängenfühler 5
6.2 Widerstandswinkelfühler 7
6.3 Inkrementalgeber 10
6.4 Ultraschallsensor 13
6.5 Lichtschranken und Lichttaster 16
6.5.1 Der Reflexions-Lichttaster 16
6.5.2 Der Reflexions-Lichtschranke 17
6.5.3 Die Einweg-/Durchlicht-Schranke 18
6.5.4 Störeinflüsse bei optoelektronischen Sensoren 19
6.6 Initiatoren 22
6.6.1 Auswahlkriterien für Näherungsinitiatoren (Fa. Pepperl + Fuchs) 24
6.6.2 Induktive Initiatoren 24
6.6.3 Kapazitive Initiatoren 36
6.6.3.4 Gängige Applikationen für kapazitive Sensoren sind: 39
6.6.3.5 Übliche Einsatzbereiche für kapazitive Sensoren sind: 39
6.7 Magnetfeldsensoren 45
6.7.1 Hallsensoren 45
6.8 Magnetostriktiven Wegmesssysteme 48
6.9 Wirbelstromsensoren 54
6.10 Magnetbandsensoren 56
6.11 Induktive Sensoren 59
6.12 Seilzugsensoren 61

6 Abstands-, Weg- und Winkelmessverfahren

Sensoren sind Signalwandler, die eine nichtelektrische Größe in eine elektrische Größe umwandeln (nur bei einigen Applikationen werden pneumatische Ausgangssignale verarbeitet). Dabei übernehmen sie für die Automatisierungstechnik die Aufgabe, die Sinnesorgane des Menschen zu ersetzen.

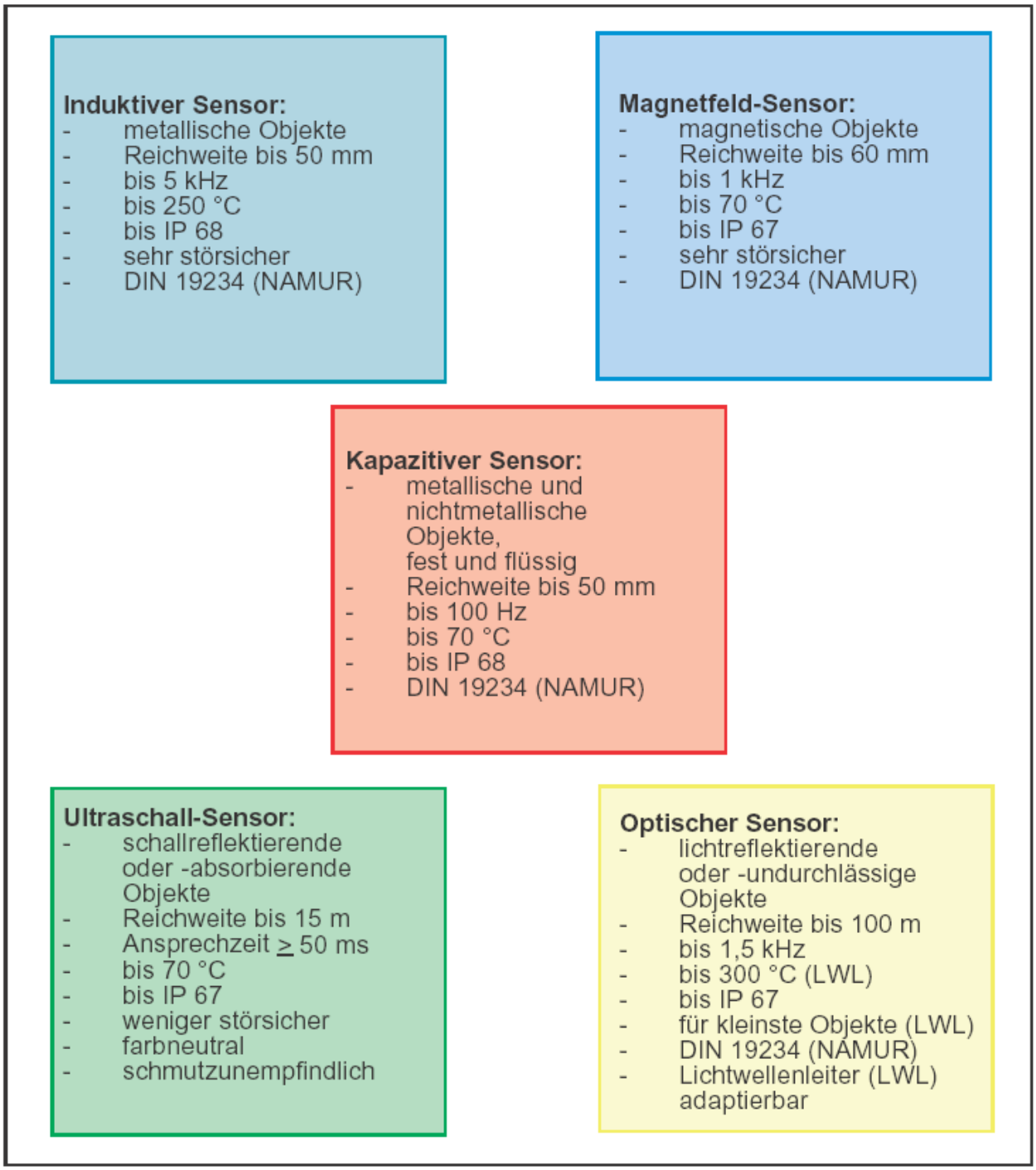


p	=	Druck	U	=	Spannung
l	=	Weg, Abstand	R	=	Widerstand
v	=	Geschwindigkeit	Q	=	Schwingkreisgüte
ω	=	Winkelgeschwindigkeit, Drehzahl	Δt	=	Zeitintervall
			C	=	Kapazität
pH	=	Ionen-Konzentration	E	=	elektrische Feldstärke
%	=	Volumen-% Gaskonzentration	W	=	elektrische Energie
			H	=	magnetische Feldstärke
T	=	Temperatur	γ	=	Lichtquant
B	=	Flußdichte			

Sensor: andere Bezeichnungen sind Messwertaufnehmer, Messfühler, Detektor, Messwandler, Messumformer, Messwertgeber.

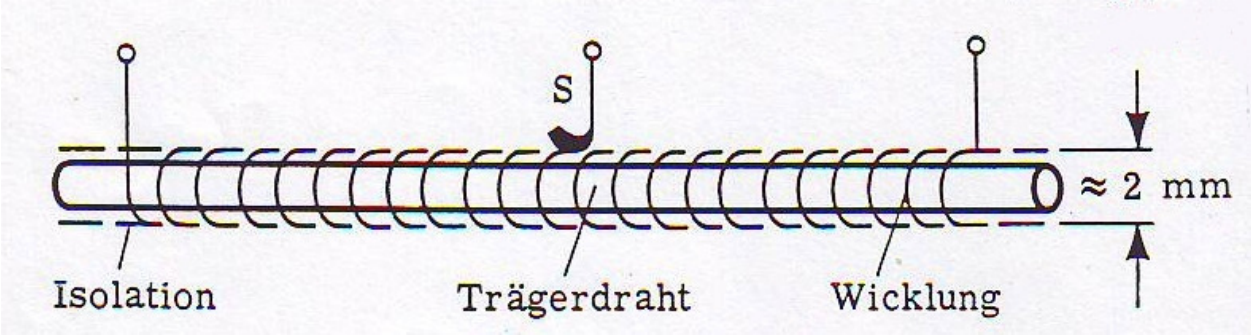
Sensorelement: der Teil eines Sensors, der die Messgröße erfasst, aber keinen selbständigen Einsatz erlaubt, da z.B. die Signalaufbereitung und die Anschlüsse noch nötig sind Beispiel: Sättigungskernspule des Magnetfeld-Sensors oder Wandlerelement des Ultraschall-Sensors

Multisensorsystem: Sensorsysteme aus mehreren gleichartigen oder verschiedenartigen Sensoren oder Sensorelementen, die gemeinsam eine Aufgabe lösen. Die Verdichtung der einzelnen Analysekomponenten erfolgt elektronisch, über Logik, mathematisch. Beispiel: Kombination mehrerer Initiatoren zur Form- und Materialunterscheidung von Werkstücken oder ein Verbund von Gasanalysesensoren; wobei die Sensoren überlappende Ansprechbereiche haben und in ihrer Gesamtheit durch intelligente Auswertung mehr Informationen liefern als einzelne Sensoren.


Induktiver Sensor:
- metallische Objekte
- Reichweite bis 50 mm
- bis 5 kHz
- bis 250 °C
- bis IP 68
- sehr störsicher
- DIN 19234 (NAMUR)
Magnetfeld-Sensor:
- magnetische Objekte
- Reichweite bis 60 mm
- bis 1 kHz
- bis 70 °C
- bis IP 67
- sehr störsicher
- DIN 19234 (NAMUR)
Kapazitiver Sensor:
- metallische und nichtmetallische Objekte, fest und flüssig
- Reichweite bis 50 mm
- bis 100 Hz
- bis 70 °C
- bis IP 68
- DIN 19234 (NAMUR)
Ultraschall-Sensor:
- schallreflektierende oder -absorbierende Objekte
- Reichweite bis 15 m
- Ansprechzeit ≥ 50 ms
- bis 70 °C
- bis IP 67
- weniger störsicher
- farbneutral
- schmutzunempfindlich
Optischer Sensor:
- lichtreflektierende oder -undurchlässige Objekte
- Reichweite bis 100 m
- bis 1,5 kHz
- bis 300 °C (LWL)
- bis IP 67
- für kleinste Objekte (LWL)
- DIN 19234 (NAMUR)
- Lichtwellenleiter (LWL) adaptierbar

6.1 Widerstandslängenfühler

Widerstandslängenfühler sind bildlich betrachtet nichts anders als sogenannte Schiebepotentiometer, ob aus Kohleschichtwiderständen, oder Drahtwiderständen.
Entscheidend für die Genauigkeit ist jedoch die Präzision der Abfrage. Bei einem Drahtpotentiometer ist dies zweifelsfrei von der Gestaltung des Schleiferabgriffs und der Dicke des Widerstandsdrahtes abhängig. Ebenso spielt die exakte Führung des Schleifers über die Widerstandswicklung eine wichtige Rolle für die Erzielung von kleinen Fehlerraten.

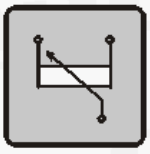


Typische Messbereiche sind 0 – 10mm, 0 – 100 mm, 0 – 2000mm, , wobei Sondermessbereiche möglich sind.

An die Widerstandswerkstoffe werden hohe Anforderungen gestellt, zu diesem Zweck wurden spezielle Potentiometer-Legierungen entwickelt.

a) Potentiometerkonstantan → 50% Nickel, 50% Kupfer mit geringen Zusätzen von Mangan (0,5 Ohm * mm²/m).
b) Silber-Palladium → 50% Palladium, 50% Silber (0,3 Ohm * mm²/m).
c) Potentiometer-Goldlegierung → 70% Gold, 26% Silber, 4% Unedelmetalle (0,31 Ohm * mm²/m).

Resistive Sensoren



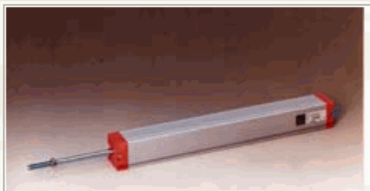
Resistive Sensoren bzw. Linearpotentiometer arbeiten als Spannungsteiler über einer Hybridleitplastik- schicht und sind in unterschiedlichen Bauformen erhältlich; z.B. für Zylindereinbau, Klemmbock- u. Gelenkaugenbefestigung oder Taster

Besonderheiten

- Messbereiche von 10 mm...2000 mm
- Auflösung nahezu unendlich
- Linearität ± 0,05% MB
- Schutzart bis IP65
- Betriebstemperatur -30...+150°C
- Verfahrgeschwindigkeit 10 m/s
- Lebensdauer > 100 Mio Zyklen
- Variable Befestigungsmöglichkeiten

Einsatzgebiete

- Pneumatik- u. Hydraulikzylinder
- Maschinenbau
- Kunstsoffbearbeitungsindustrie
- Verpackungsindustrie
- Metallverarbeitung
- Automation
- Biegemaschinen
- Textilindustrie

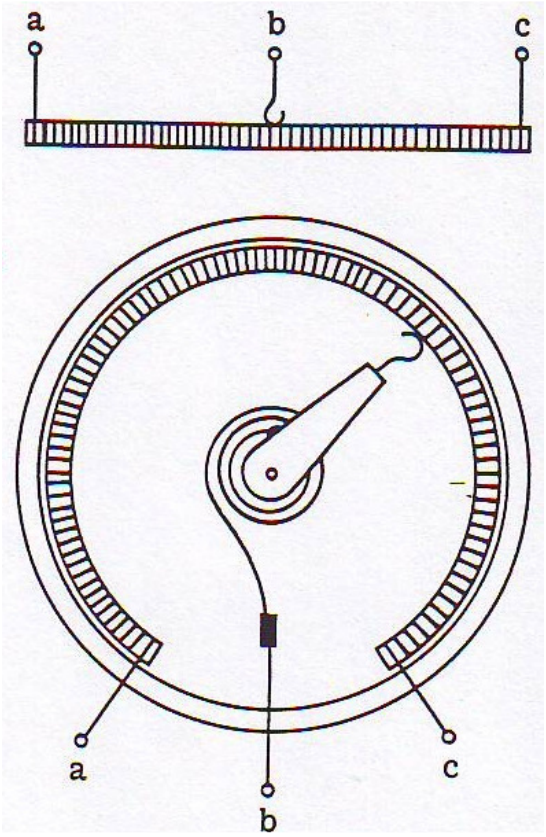


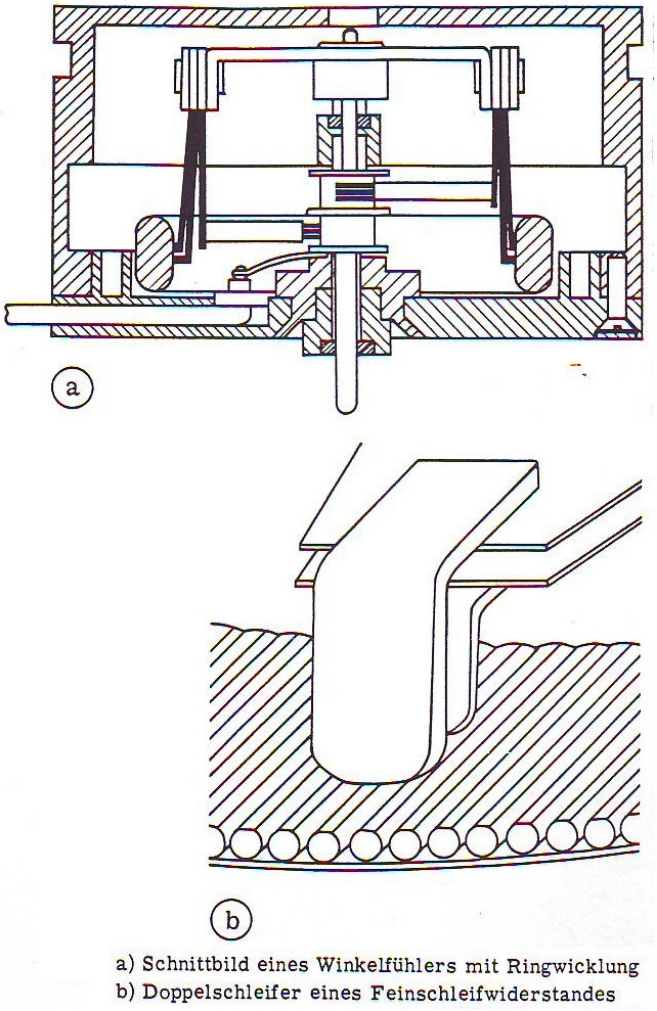
Messbereiche	50 mm...900 mm
Widerstand	5 K 10 K für 750 und 900 mm MB
Linearität	+/- 0,05%
Auflösung	nahezu unendlich
Max. Spannung	60 V
Temperaturkoeffizient Widerstand	-200 +/-200 ppm/°C
eff. Temperaturkoeffizient Ausgangssp.	< 1,5 ppm/°C
Schutzklasse	IP60 optional IP65
Arbeitstemperatur	-30...+100°C
Gehäusematerial	Aluminium eloxiert
Max. zulässige Verlustleistung bei 40 °C	3 W

Messbereiche	100 mm...2000 mm
Widerstand	5 K bis 300 mm MB 10 K bis 1000 mm MB 20 K bis 2000 mm MB
Linearität	bis zu +/- 0,05%, MB abhängig
Auflösung	nahezu unendlich
Max. Spannung	60 V
Temperaturkoeffizient Widerstand	-200 +/-200 ppm/°C
eff. Temperaturkoeffizient Ausgangssp.	< 1,5 ppm/°C
Schutzklasse	IP40
Arbeitstemperatur	-30...+100°C
Gehäusematerial	Aluminium eloxiert
Max. zulässige Verlustleistung bei 40 °C	3 W

6.2 Widerstandswinkelfühler

Wenn Widerstandswinkelfühler den Schiebepotentiometern gleich sind, wenn auch auf einem höheren Präzisionsstand, so kann man für die Widerstandswinkelfühler ähnliches sagen. Hierbei handelt es sich also um Drehpotentiometer die deutlich höheren Qualitätsansprüchen genügen müssen, als das Standard Wald- und Wiesen-Drehpotentiometer.

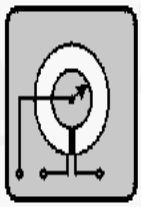




a) Schnittbild eines Winkelfühlers mit Ringwicklung
b) Doppelschleifer eines Feinschleifwiderstandes

100 Ohm entsprechen 270Grad
Linearitätsfehler 0,5% vom Endwert
Ausführungen möglich als linear, logarithmisch, radizierend

Analoger Winkelsensor



Analoge Winkelsensoren arbeiten potentiometrisch und stellen den Absolutwert des Drehwinkels als Ausgangssignal dar. Das robuste Gehäuse und die doppelt kugelgelagerte Welle erlauben den Einsatz im Bereich der Digital-Absolut-Encoder.

Besonderheiten

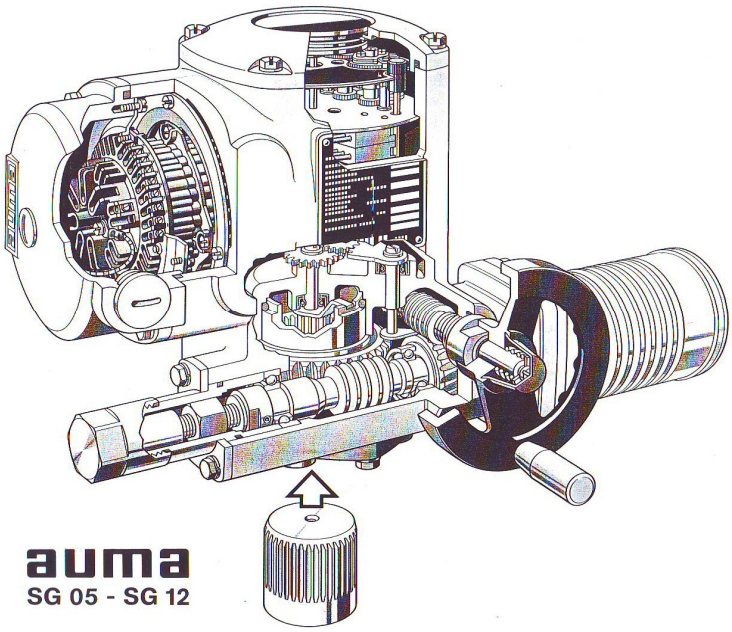
- Robuste Bauform
- Hohe Lebensdauer
- Anpaßbare Flanschvarianten
- Beliebige Drehwinkel kalibrierbar
- Durchdrehbar

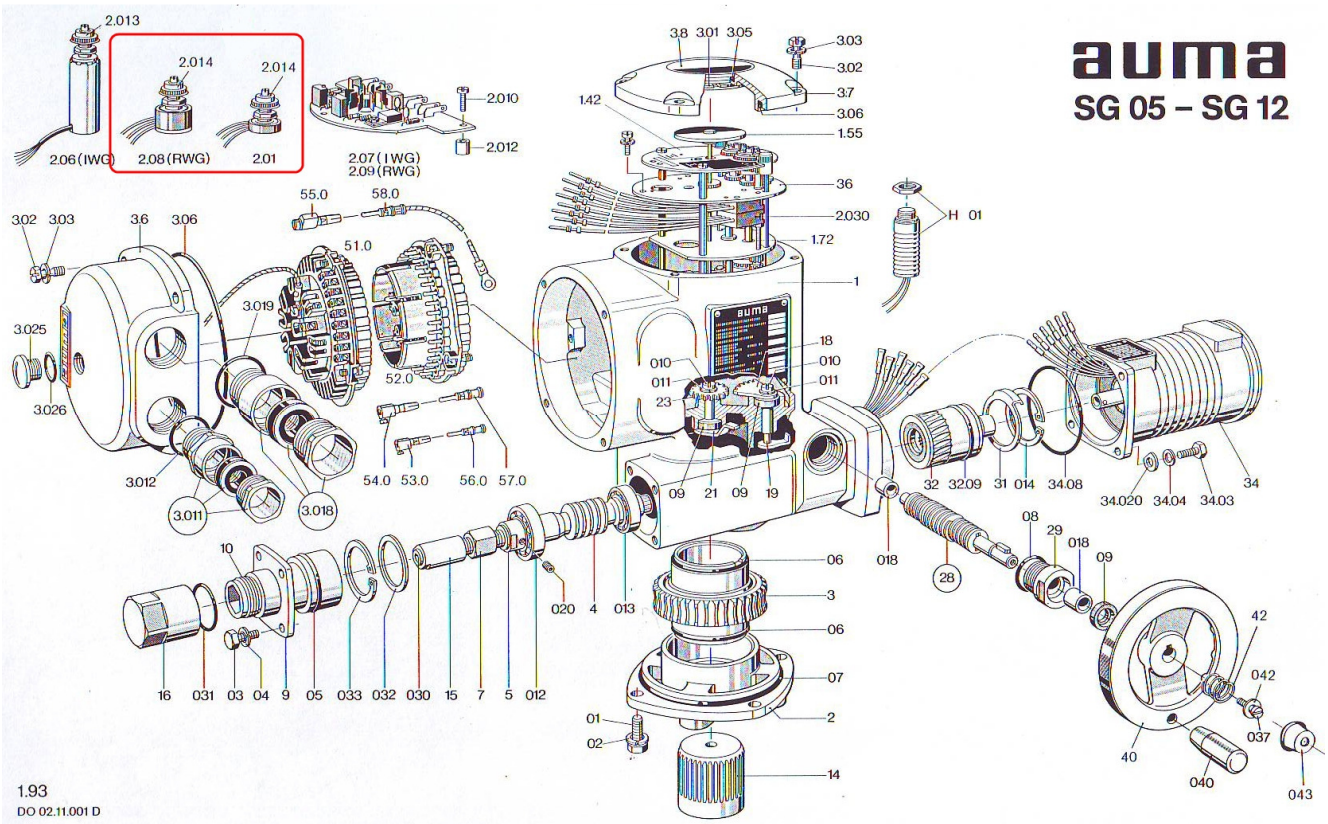
Einsatzgebiete

- Zahnstangenantriebe
- Medizintechnik
- Lenkvorrichtungen
- Rundtaktanlagen
- Handhabungstechnik

Elektrischer Drehwinkel	180° / 340° / 3 Turn / 5 Turn / 10 Turn
Mechanischer Drehwinkel	durchdrehbar (single turn) nicht durchdrehbar (multi turn)
Ausgang	Spannungsteiler 1 k Ohm, 0...10V od. 4...20 mA
Linearität	bis zu ±0,1%
Versorgung	12...30 VDC 0...30 VDC (Spannungsteiler)
Betriebstemperatur	-20...+85°C
Drehzahl	400 U/min
Wellendurchmesser	10 mm
Wellenbelastung	max. 50 N axial/radial
Befestigung	36 mm Klemmflansch / 3xM4 auf 48mm Lochkreis, 58 mm Gehäusedurchmesser
Schutzklasse	IP 65
Gehäuse	Aluminium titangrau eloxiert
Lebensdauer	10 Mio. Achsumdrehungen
Kurzschlussfest/Verpolungsfest	ja/ja

Anwendungsbeispiel





6.3 Inkrementalgeber

Man unterscheidet zwei Formen von Gebern zu r Erfassung von linearen und rotierenden Bewegungen.

Inkrementalwertgeber → Nach jedem Start wird der Referenzpunkt vom System neu gesucht, es erfolgt keine Bestimmung der absoluten Position.

Absolutwertgeber → Behält seine jeweilige Position d.h. nach dem Einschalten des Messsystems, oder nach einer Spannungsunterbrechung hat der Absolutwertgeber eine eindeutige Position. Es ist somit keine aufwendige bzw. zeitraubende Referenzfahrt notwendig.

Ein typisches Ausgangssignal kann zum Beispiel 4 – 20mA sein.

Durch eine eindeutige Codierung, ist auch eine Richtungserkennung möglich.

Funktionsprinzipien:

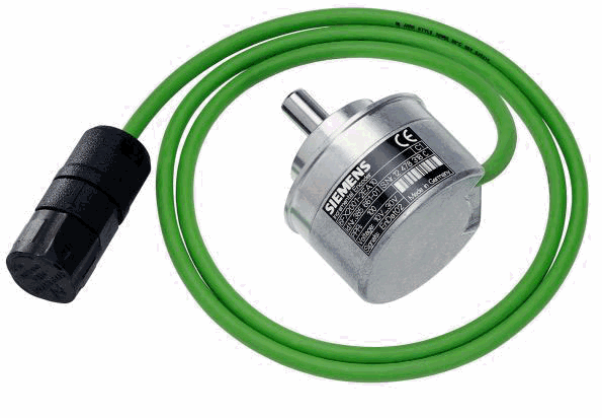
- Kapazitiv, ähnlich Drehkondensator

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{\alpha}$$

- Induktiv, Magnetplättchen und Hallsensoren

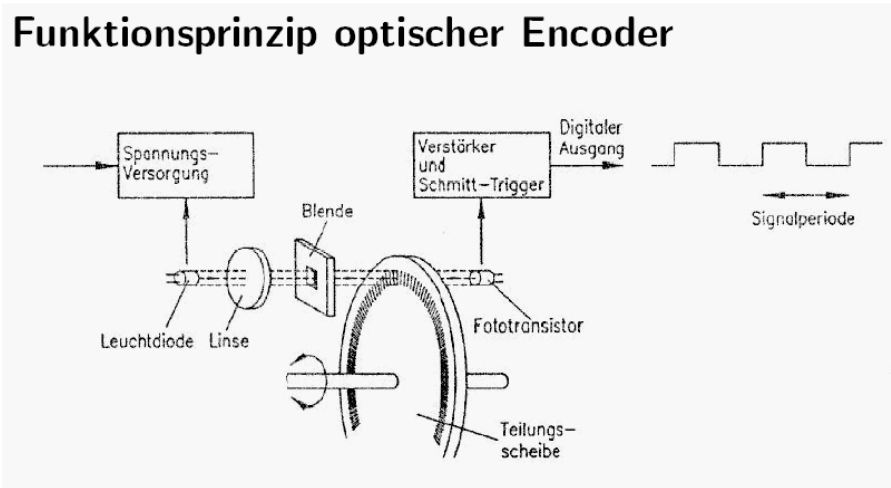
- Optisch, photoelektrisch

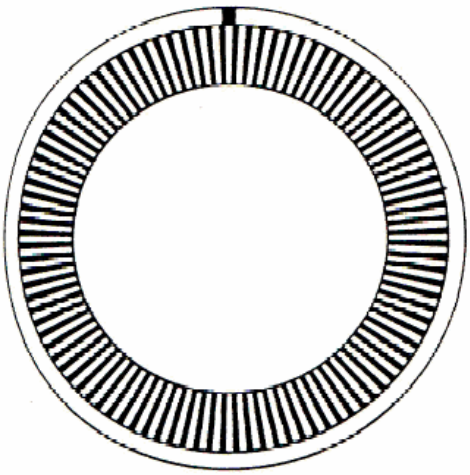
Die sogenannte Maßverkörperung ist → periodisch, wiederholend sowie eine Zählspur bei Inkrementalgebern.



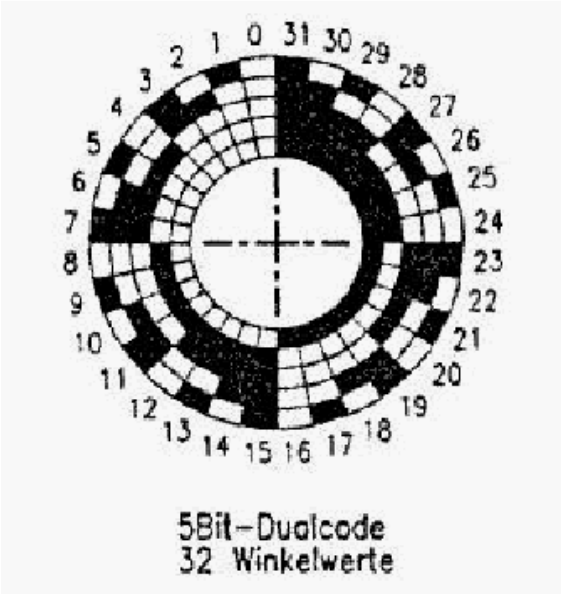
Absolutwert-Drehgeber

Als Inkrementalgeber werden Sensoren zur Erfassung von Lageänderungen (linear oder rotierend) bezeichnet, die sowohl Wegstrecke als auch -richtung erfassen können. Gegenüber anderen, kontinuierlich arbeitenden Messsystemen wie Potentiometer, besitzen Inkrementalgeber eine Maßverkörperung mit einer sich wiederholenden, periodischen Zählspur. Es wird dabei eine zählende Messung durchgeführt. Am häufigsten verwendet werden rotierende optische Geber. Diese Bauform ist auch unter der Bezeichnung *Drehgeber* oder *Drehimpulsgeber* bekannt.

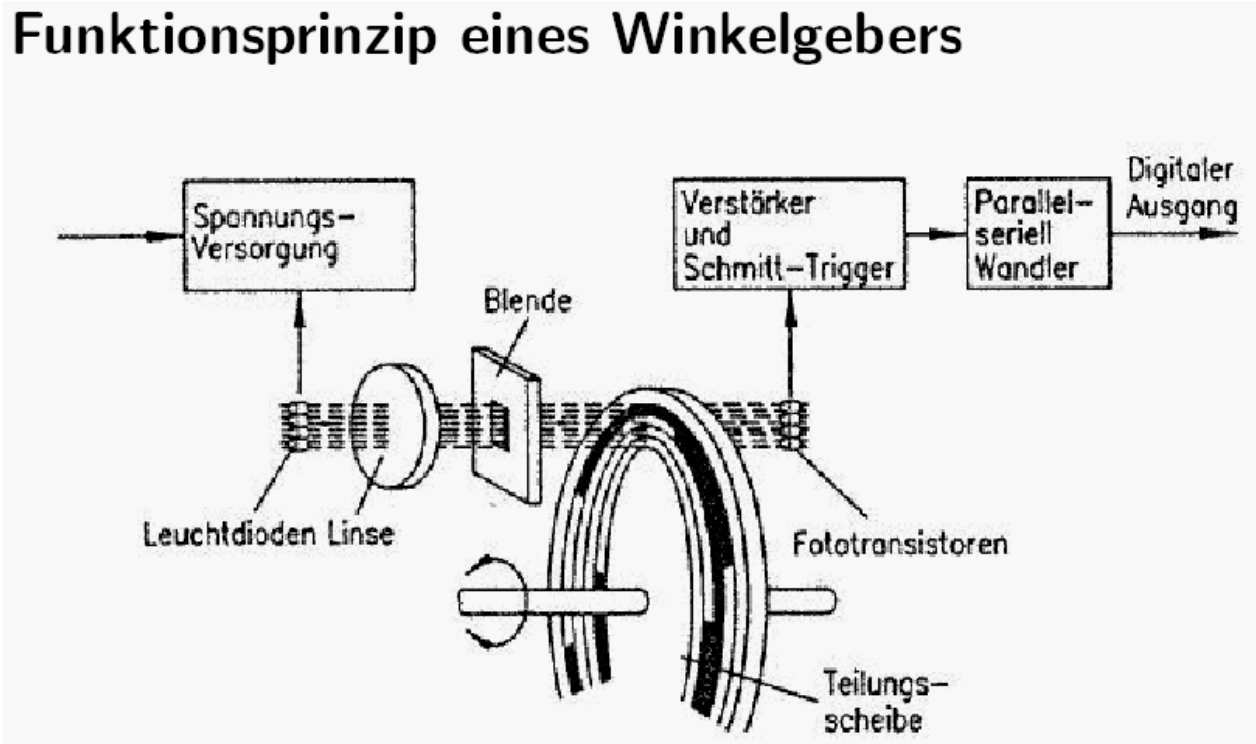




Encoderscheibe für Inkrementalgeber



Encoderscheibe für Winkelgeber

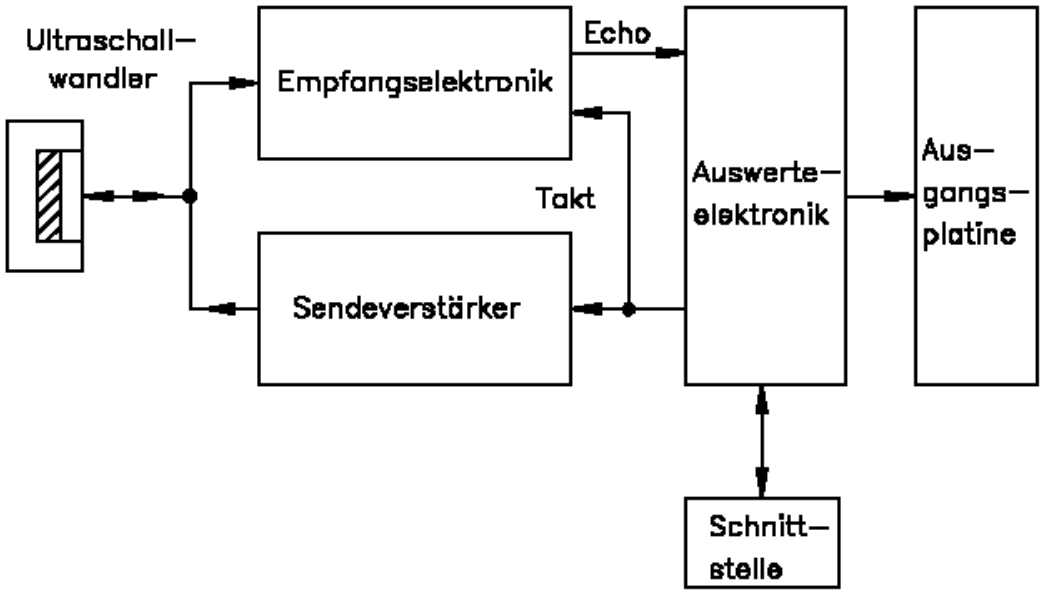


6.4 Ultraschallsensor

Mit Ultraschall bezeichnet man akustische Wellen im Frequenzbereich oberhalb 20 kHz, jenseits der menschlichen Hörgrenze. Im Gegensatz zu elektromagnetischen Wellen können sich Schallwellen nur in Materie ausbreiten. Eine Schallwelle ist verbunden mit räumlichen und zeitlichen Schwankungen der Dichte ‧ ‧, des Druckes P und der Temperatur T des Mediums und mit Orts- und Geschwindigkeitsschwankungen der Mediumteilchen.

Funktionsweise: Die nachfolgend beschriebenen abstandsmessenden Ultraschall-Sensoren beruhen alle auf dem Prinzip der Echo-Laufzeit-Messung. Da die Auswertung des Echos am gleichen Ort stattfindet, von dem aus die Ultraschallwelle gesendet worden ist, spricht man vom Tastbetrieb. Ein Ultraschallwandler sendet dabei zu einem Zeitpunkt t0 einen kurzen Wellenzug der Länge Delta t aus, der sich mit der Schallgeschwindigkeit c des umgebenden Mediums ausbreitet. Trifft der ausgesendete Wellenzug auf ein Objekt, wird ein Teil der Welle reflektiert und gelangt nach der Laufzeit 2 Tau wieder zum Sensor zurück. Das zum Zeitpunkt t1 zurückkommende Echo wird entweder mit demselben oder mit einem zweiten Ultraschallwandler detektiert und in einem nach geschalteten Verstärker zu einem auswertbaren Signal verstärkt. Die Auswerteelektronik, die den Objektabstand ermittelt, misst die Laufzeit des Echos, indem sie zum Zeitpunkt t0 eine Zeitmessung startet und zum Zeitpunkt t1, bei der Ankunft des Echos, wieder stoppt.

Wird ein einziger Ultraschallwandler zum Senden und zum Empfangen verwendet, spricht man von einem **Einkopfsystem**, werden zum Senden und zum Empfangen zwei getrennte Wandler verwendet, spricht man vom einem **Zweikopfsystem**.



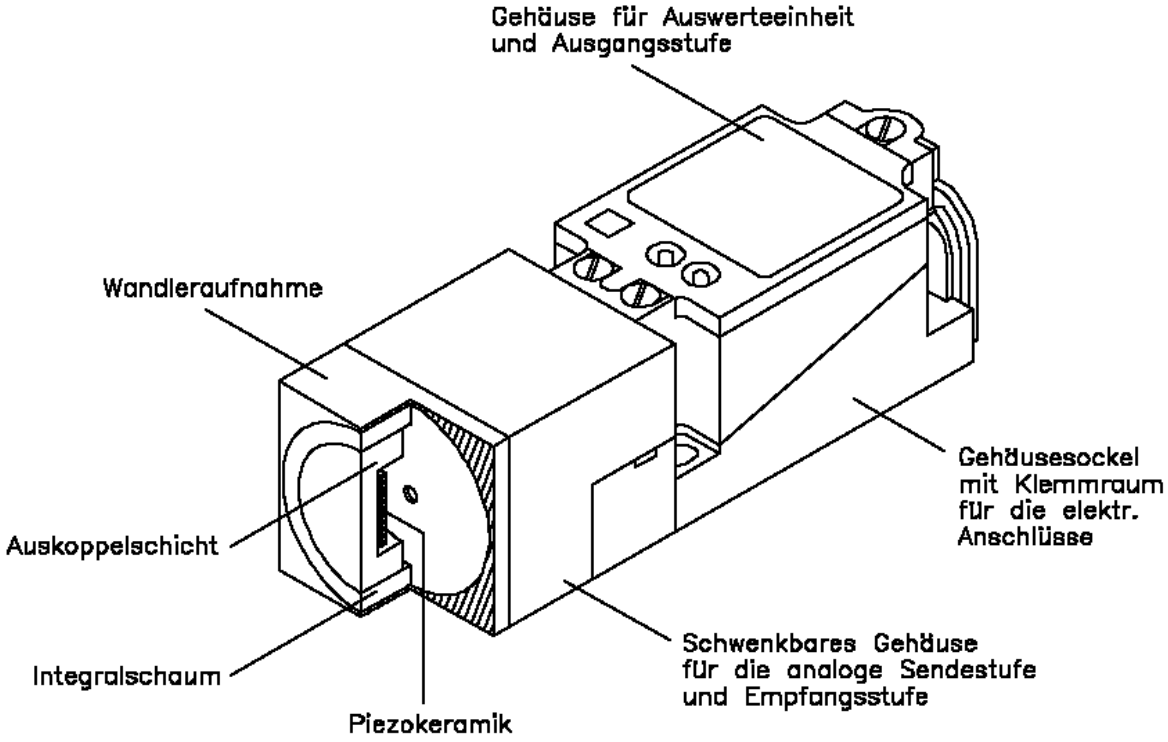
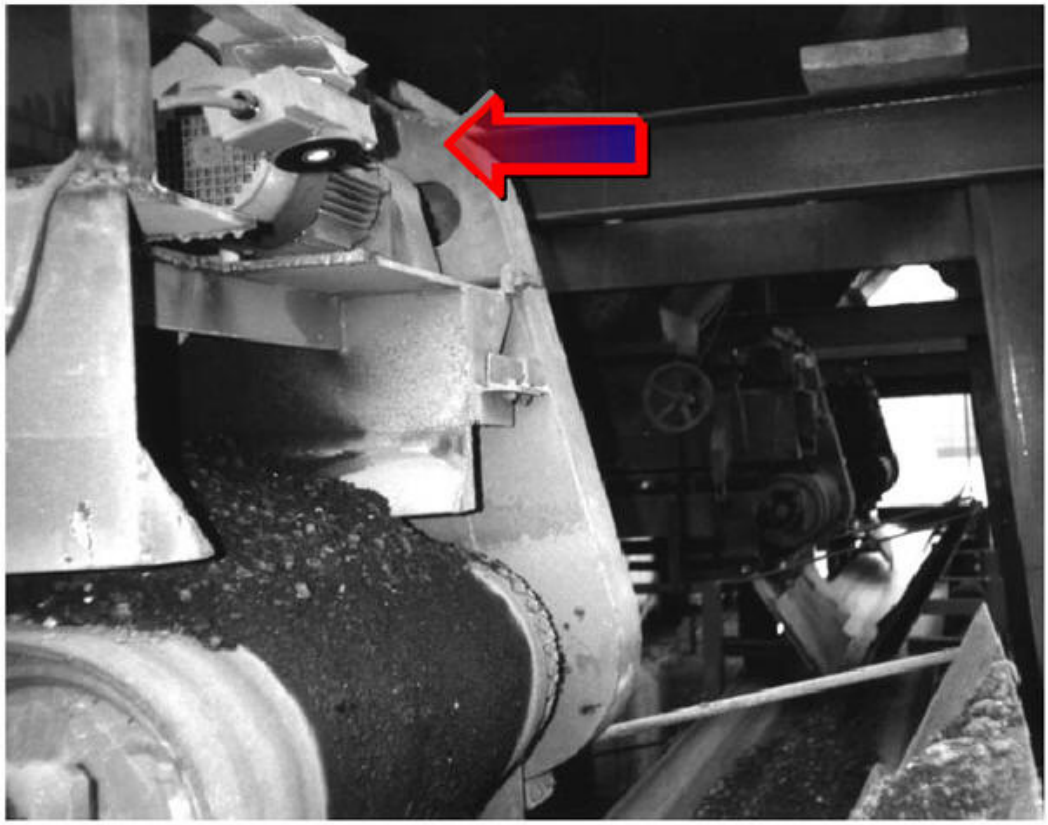


Bild 4.13: Mechanischer Aufbau eines Ultraschallsensors (UJ 2000+U1+H12+P1, Pepperl+Fuchs)

Anwendungsbeispiele:: „Staukontrolle an einem Schüttgutförderband“



Ultraschall-Abstandswarner an Kraftfahrzeugen

6.5 Lichtschranken und Lichttaster

Die grundsätzliche Eigenschaft der hier beschriebenen Bauelemente ist die Umwandlung eines elektrischen Stromes in eine elektromagnetische Welle (Licht) oder umgekehrt. Unter dem Begriff Licht ist das elektromagnetische Spektrum vom nahen Ultraviolett-Bereich über den sichtbaren Bereich hinaus bis zum nahen Infrarot-Bereich zu verstehen. Wichtige moderne Sendeelemente sind Lumineszenzdioden (LED, IRED) und Halbleiter-Laserdioden als Sendeelemente; als moderne Empfangselemente hat man Fotodioden (PN-Dioden, PIN-Dioden), Fototransistoren).

6.5.1 Der Reflexions-Lichttaster

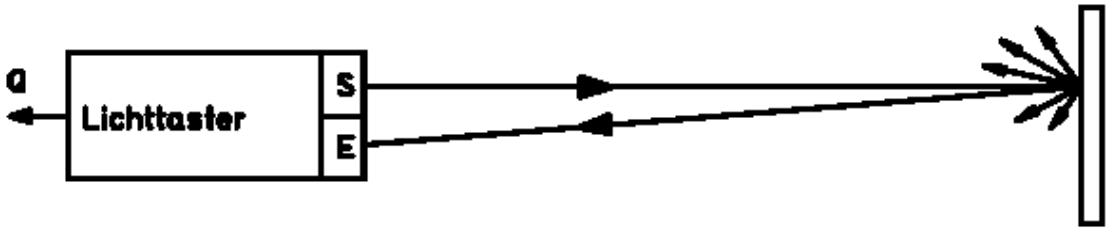


Bild 5.11: Reflexions-Lichttaster

Bei Reflexions-Lichttastern (Bild 5.11) wird Licht von einem Sender S ausgestrahlt, vom optisch rauhen Objekt O diffus reflektiert und in den Empfänger E zurückgeworfen. Beim Überschreiten einer festgelegten Empfangsamplitude wird der Schaltausgang Q aktiviert. Reflexlichttaster haben typische Tastweiten von **0 mm** bis **500 mm**. Spezielle Ausführungen sind darüber hinaus mit Tastweiten bis zu **10 m** erhältlich.

Mit Reflexions-Lichttastern können alle optisch rauhen Objekte erfasst werden. Da eine einfache Ausrichtung des Schalters auf das Objekt genügt, sind Installations- und Justageaufwand relativ gering. In Verbindung mit Lichtleitern ist eine Erfassung kleinster Objekte möglich.

Da eine Bewertung der Empfangsamplitude stattfindet, wirken sich Verschmutzungen der Optik des Schalters und Veränderungen der Reflexionseigenschaften des Objekts nachteilig auf die Konstanz der Tastweite aus. Die optische Empfangsleistung ist nach einer diffusen Reflexion sehr klein; daher sind die erzielbaren Tastweiten relativ gering. Bedingt durch das Funktionsprinzip des Lichttasters, die Eigenreflexion des Objekts auszuwerten, sind transparente und spiegelnde Objekte nicht oder nur bedingt zu detektieren.

6.5.2 Der Reflexions-Lichtschranke

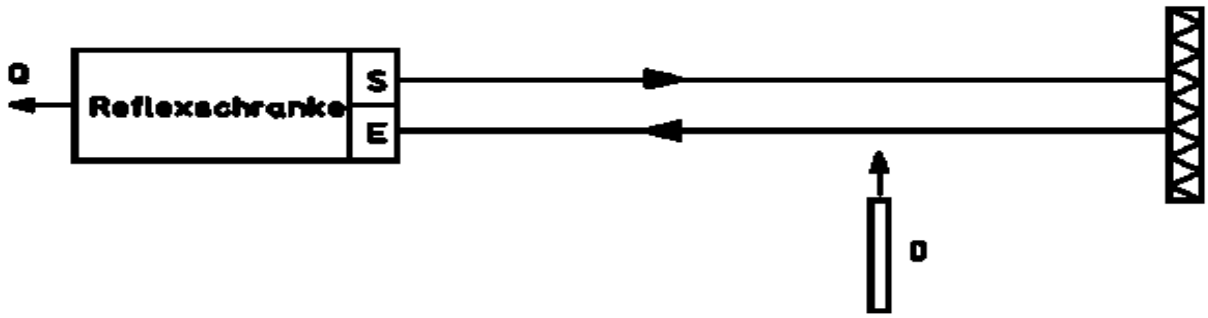


Bild 5.12: Reflexions-Lichtschranke

Bei Reflexions-Lichtschranken (Bild 5.12) wird Licht vom Sender S ausgestrahlt und vom Retroreflektor R in den Empfänger E zurückgeworfen. Bei einer Unterbrechung der optischen Strecke durch das Objekt O wird der Schaltausgang Q aktiviert.

Mit Reflexlichtschranken werden Reichweiten von **ca. 0.1 m bis 20 m** und mehr erzielt. Reflexlichtschranken lassen die Erfassung aller nichttransparenten Objekte zu. Im Gegensatz zur diffusen Reflexion bei Lichttastern wird hier durch den Retroreflektor eine erheblich größere Strahlungsleistung in den Empfänger zurückgeworfen, so dass die Reichweiten relativ groß sind. Eine Verschmutzung der Optik und Veränderungen der optischen Eigenschaften des Objekts wirken sich daher viel geringer aus als bei Reflexlichttastern.
Allerdings ist der Justage- und Installationsaufwand gerade bei großen Entfernungen zwischen Lichtschranke und Reflektor groß, da eine genaue Ausrichtung erforderlich ist. Transparente Objekte sind nur bedingt zu erfassen, da eventuell keine ausreichende Dämpfung des Lichtes beim Eintritt des Objekts in die optische Strecke gegeben ist. Spiegelnde Objekte können eine unzulässige Stellung in der Strecke einnehmen. Dieser Fall tritt ein, wenn das ausgesendete Licht durch das spiegelnde Objekt genau in den Empfänger zurückgeworfen wird. Eine Unterscheidung zwischen Retroreflektor und Objekt ist dann nicht mehr gegeben.

6.5.3 Die Einweg-/Durchlicht-Schranke

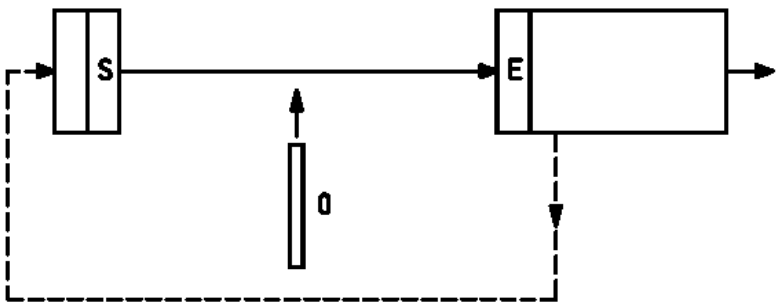


Bild 5.13: Einweg-/Durchlichtschranke

Bild 5.13 zeigt das Funktionsprinzip. Licht wird vom Sender S ausgestrahlt und gelangt über die optische Strecke in den Empfänger E. Bei einer Unterbrechung der optischen Strecke durch das Objekt O wird der Schaltausgang Q aktiviert.

Mit Durchlichtschranken lassen sich große Entfernungen bis zu 100 m und mehr überbrücken. Ebenso wie bei der Reflexions-Lichtschranke sind auch hier alle nichttransparenten Objekte detektierbar. Zusätzlich können beim Durchlichtprinzip spiegelnde Objekte problemlos erfasst werden. Verschmutzungen der Optiken und Veränderungen der optischen Objektbeschaffenheiten wirken sich bei diesem Prinzip am geringsten aus.

Zwischen der Sendeeinheit und der Empfangseinheit ist in den meisten Fällen eine elektrische Verbindung notwendig. Der Installationsaufwand ist daher im allgemeinen bei der Durchlichtschranke am größten. Der Justageaufwand ist, wie bei der Reflexions-Lichtschranke, relativ hoch. Transparente Objekte sind ebenfalls nicht oder nur bedingt detektierbar.

6.5.4 Störeinflüsse bei optoelektronischen Sensoren

Aus Bild 5.14 wird deutlich, dass sich ein optoelektronisches System in einer recht feindlichen Umgebung befinden kann. Eine gute Signalverarbeitung sollte diese Störungen wirkungsvoll unterdrücken oder eliminieren können. Für eine nähere Betrachtung ist eine Unterteilung in optische und nichtoptische Störmechanismen vorteilhaft.

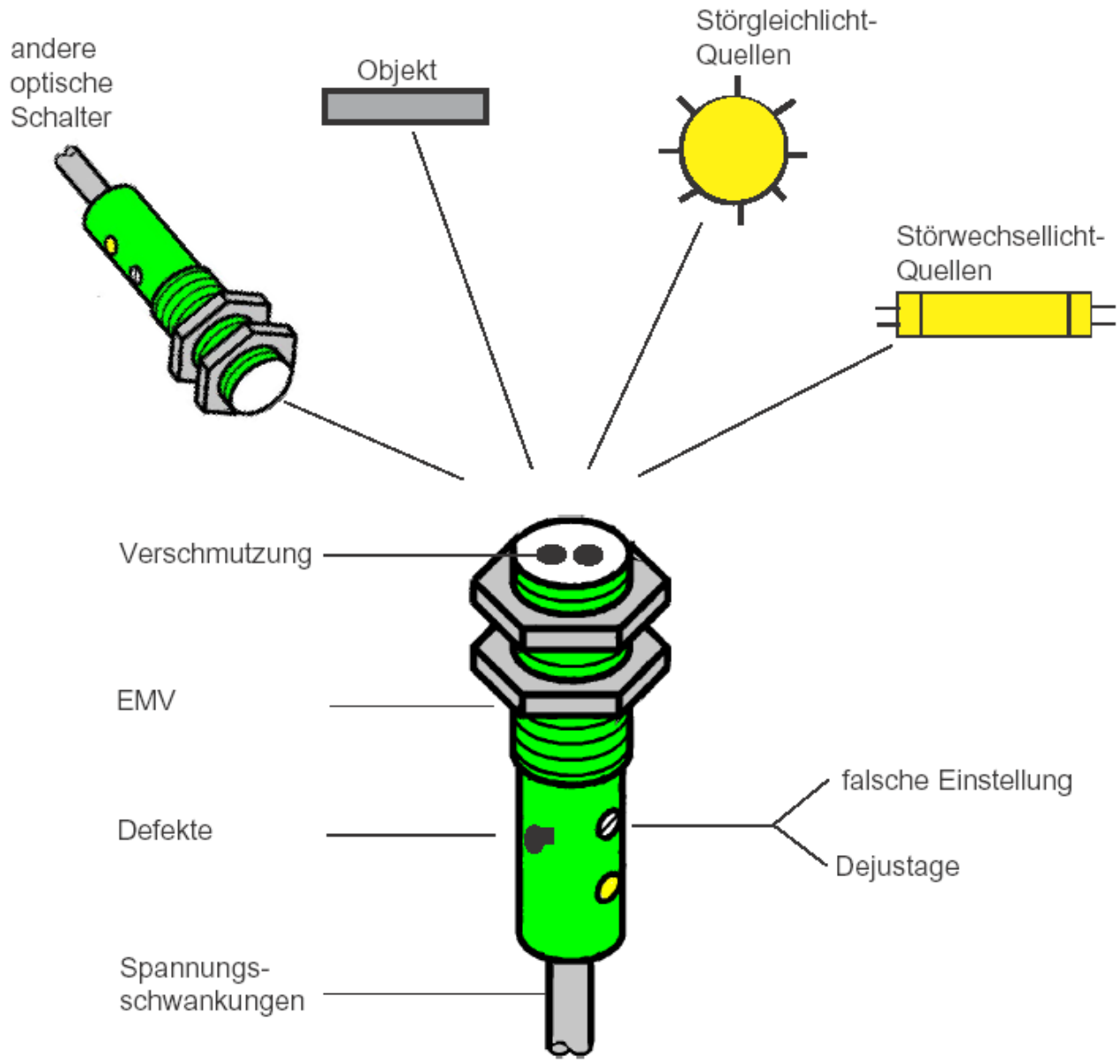


Bild 5.14: Vielerlei Störfaktoren wirken auf optische Schalter

Anwendungsfall „Konturenkontrolle und Positionserkennung“

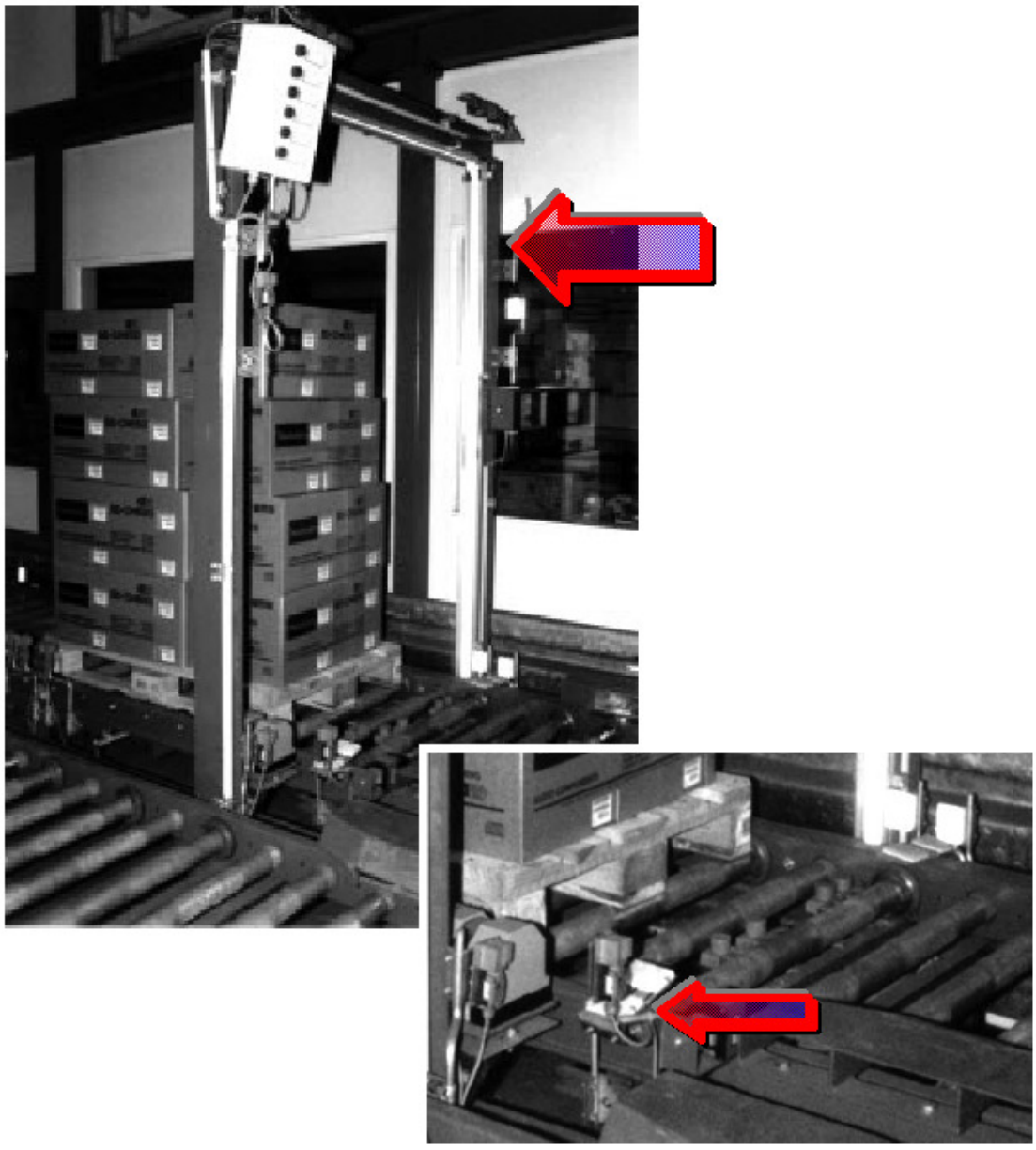


Bild 5.35: Rollenförderer für Paletten

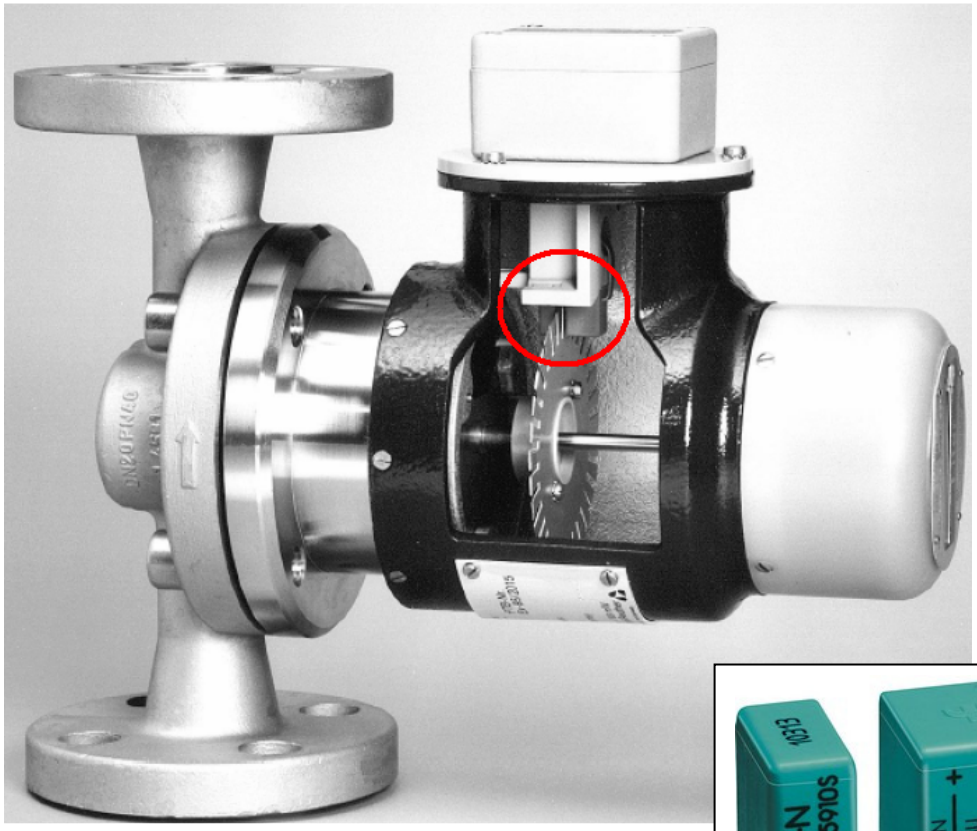
6.6 Initiatoren

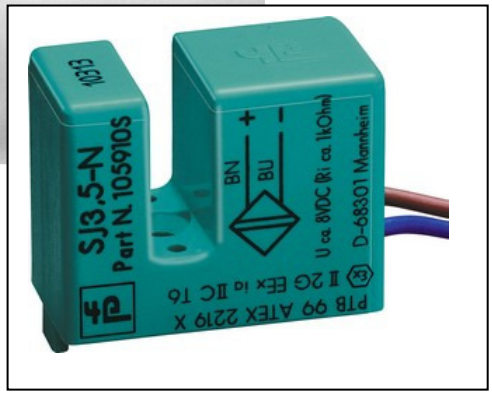
In der Automatisierungstechnik wird oft ein binäres Signal benötigt, das z.B. das Vorhandensein bzw. Nicht-Vorhandensein eines Objekts an einem bestimmten Ort signalisiert.
Solche Aufgaben lösen eine spezielle Kategorie der Sensorik, die Näherungsschalter. Bei diesen Sensoren wird das Ausgangssignal dadurch gewonnen, dass dem eigentlichen Signalwandler ein Schwellwertschalter (z.B. Schmitt-Trigger) nachgeschaltet wird, der bei Über- oder Unterschreiten eines fest eingestellten oder einstellbaren Wertes den Ausgang durchschaltet.

Diese berührungslos arbeitenden Sensoren bieten gegenüber mechanischen Kontakten erhebliche Vorteile:

- kraftfreies, rückwirkungsfreies und prellfreies Schalten
- hohe Schalthäufigkeit und Schaltfrequenz
- verschleißfrei
- wartungsfrei
- beständig gegen aggressive Medien

Ein Initiator wird auch als Näherungsschalter bezeichnet.




SJ3,5-N
Part N. 1059105
BN
BU
+
-
D-68301 Mannheim

Indukiv System

100
150
50
200
250
bar

6.6.1 Auswahlkriterien für Näherungsinitiatoren (Fa. Pepperl + Fuchs)

6.6.1.1 In 5 Schritten zum richtigen Sensor

Entscheiden Sie sich zunächst für das geeignete Sensorprinzip. Dieses ergibt sich aus dem Material des zu erfassenden Objektes.
Ist das Objekt aus Metall, so empfiehlt sich ein induktiver Sensor. Ist das Objekt aus Kunststoff, Papier oder ist es eine Flüssigkeit (ölig oder wässrig), Granulat oder Puder, so empfiehlt sich ein kapazitiver Sensor. Kann das Objekt einen Magneten tragen, so ist ein Magnetfeldsensor geeignet.

In 5 Schritten finden Sie den optimalen Sensor für ihre Anwendung:

- Schritt 1: Gehäuseform
- Schritt 2: Schaltabstand
- Schritt 3: Einbaubedingungen
- Schritt 4: Elektrische Daten und Anschlüsse
- Schritt 5: Allgemeine Spezifikation und besondere Eigenschaften

6.6.2 Induktive Initiatoren

Zylindrische Näherungsschalter haben ein Gehäuse aus Kunststoff oder Stahl. An der vorderen aktiven Stirnfläche befindet sich das Spulensystem mit dem Ferritkern, geschützt durch eine Kunststoffkappe. Dahinter ist die elektronische Schaltung auf einer Platine oder einer Dickschichtschaltung angeordnet. Eine LED dient als Anzeige für den Schaltzustand. Abgeschlossen wird das Gehäuse durch einen Deckel, der das Anschlusskabel enthält. Der gesamte Innenraum des Schalters ist mit einer Kunststoffmasse ausgegossen (Bild 2.17).

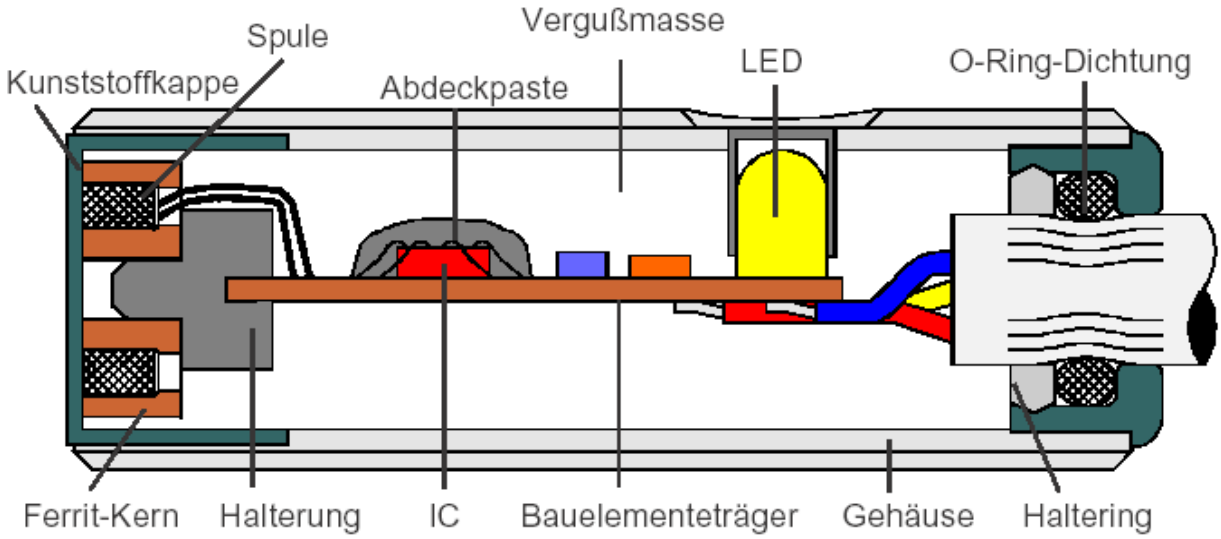
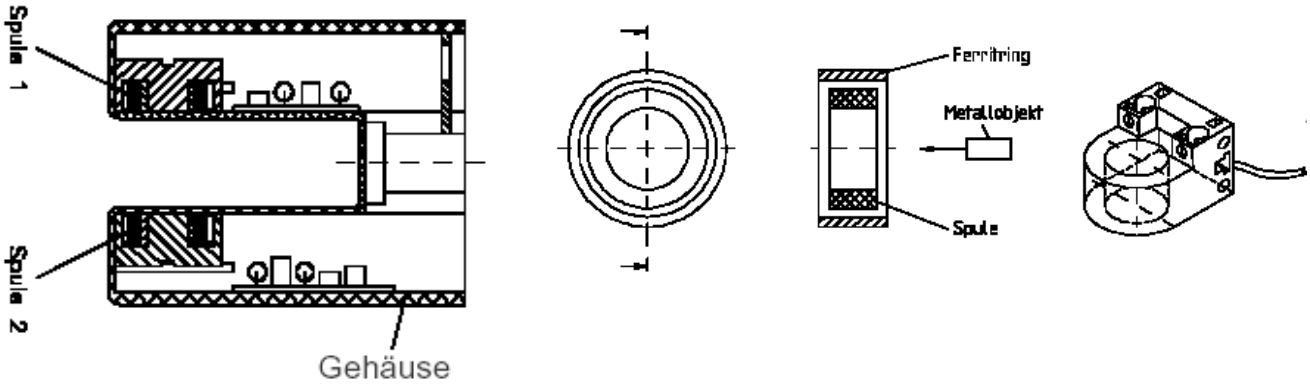


Bild 2.17: Prinzipieller Aufbau eines zylindrischen induktiven Sensors



Das Blockschaltbild eines induktiven Näherungsschalters ist im folgenden Bild dargestellt. Der Schwingkreis ist Bestandteil eines Oszillators und die Schwingkreisgüte Q= ·L/Rv bestimmt so die Amplitude der entstehenden HF-Schwingung. Mit sich nähernder Fahne sinkt die Schwingkreisgüte durch den steigenden Verlustwiderstand Rv und dadurch verringert sich die Schwingungsamplitude. Unterschreitet diese einen bestimmten Wert, spricht ein Komparator an und löst über die Endstufe ein Ausgangssignal aus, der Initiator schaltet.

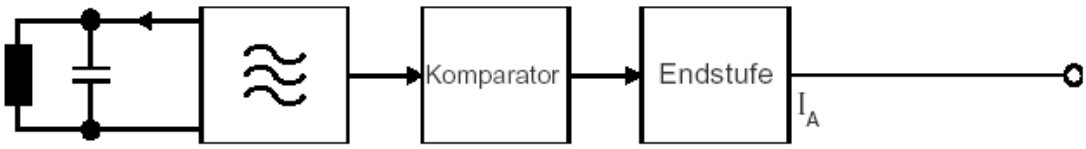


Bild 2.8: Blockschaltbild eines induktiven Näherungsschalters

6.6.2.1 Schaltabstände

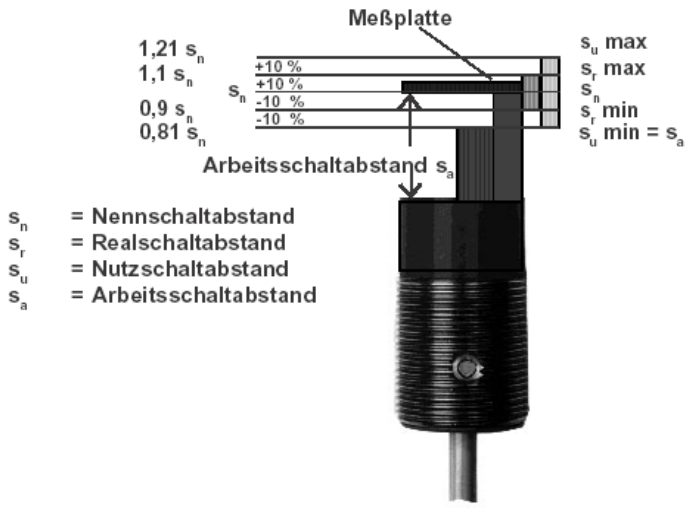


Bild 2.18: Definition der Schaltabstände

Abhängigkeit von:

- Einbau (bündig → Vordämpfung!)
- Material des „Betätigungselementes“
- Gehäusematerial (Edelstahl → Vordämpfung!)

6.6.2.2 Schaltabstand

Der Schaltabstand ist die wichtigste Kenngröße eines Näherungsschalters. Er hängt vorwiegend vom Sensordurchmesser ab (Spule oder Kondensator). Zusätzlichen Einfluss haben sowohl Abmessungen und Materialzusammensetzung des Betätigers als auch die Umgebungs-temperatur. Bei magnetischen Näherungsschaltern sind zusätzlich noch Ausrichtung und Feldstärke des eingesetzten Magneten zu berücksichtigen.

6.6.2.3 Definition des Schaltabstandes

Die EN 60947-5-2 definiert den Schaltabstand für alle Arten von Nähe-rungsschaltem außer schlitz- und ringförmigen Bauformen.

Es gibt zwei Möglichkeiten, einen Näherungsschalter zu betätigen:

- durch axiale Annäherung
- durch radiale Annäherung

Die folgenden Definitionen gelten zunächst nur für axiale Betätigung.

6.6.2.4 Nennschaltabstand Sn

Der Nennschaltabstand (laut EN 60947-2-5 „Bemessungsschaltabstand") ist eine konventionelle Größe zur Festlegung des Schaltabstandes. Er berücksichtigt weder Fertigungstoleranzen noch Änderungen durch äußere Einflüsse wie Spannung und Temperatur.

6.6.2.5 Normmessplatte

Die folgenden Schaltabstände werden mit einer Normmessplatte ermittelt. Diese hat eine quadratische Form mit einer Dicke von 1 mm und besteht aus Stahl, z. B.Typ FE 360 (ST37) mit einer geglätteten Oberfläche.

Sie hat entweder die Seitenlänge

- 1 x Innenkreisdurchmesser der aktiven Fläche oder
- 3 x Sn.

Es gilt in jedem Fall der größere Wert. Bei kapazitiven Näherungsschaltern muss die Normmessplatte geerdet sein.

Beispiel 1:
Näherungsschalter M18
Schaltabstand 5 mm
3 x Schaltabstand =15 mm < Durchmesser
Der Betätiger muss demnach 18 x 18 x 1 mm groß sein

Beispiel 2:
Näherungsschalter M18
Schaltabstand 8 mm
3 x Schaltabstand = 24 mm
Somit muss der Betätiger 24 x 24 x 1 mm groß sein

Diese Normmessplatte stellt das optimale Betätigungselement für den Betrieb dar!
Eine Reduzierung der Abmessungen oder Veränderung der Materialzusammensetzung reduziert den Schaltabstand!

6.6.2.6 Realschaltabstand sr

Schaltabstand eines einzelnen Näherungsschalters, der bei einer Umgebungstemperatur von 23 ± 5 °C, bei einer Spannung innerhalb des Betriebsspannungsbereichs und den festgelegten Einbaubedingungen gemessen wird:

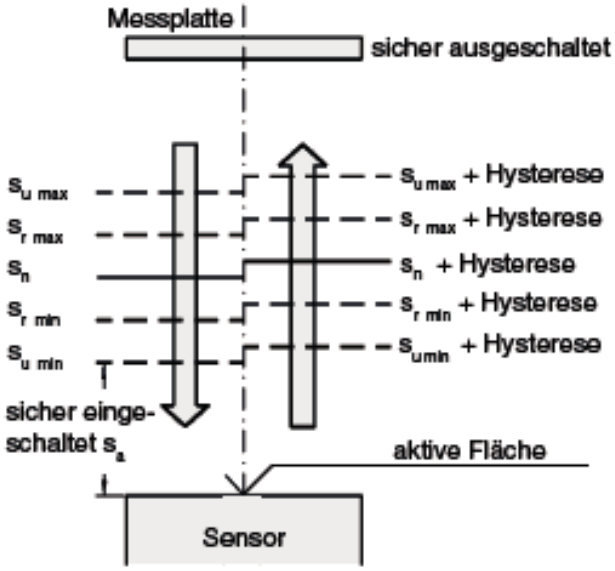
0,9 sn <= sr <= 1,1 sn

6.6.2.7 Nutzschaltabstand su

Schaltabstand eines einzelnen Näherungsschalters, gemessen in einem Umgebungstemperaturbereich zwischen -25 °C und +70 °C bei einer

Versorgungsspannung zwischen 85 % und 110 % der Bemessungsbetriebs-spannung:

0,9 • sr <= Su <= 1,1 Sr



6.6.2.8 Gesicherter Schaltabstand sa

Abstand von der aktiven Fläche, in dem die Betätigung des Näherungs-schalters unter festgelegten Bedingungen sichergestellt ist:

0 < sa <= 0,81 •sn

6.6.2.9 Wiederholgenauigkeit R

Veränderung des Realschaltabstandes sr, gemessen über einen Zeitraum von acht Stunden mit einer Gehäusetemperatur von (23 ± 5) °C, einer beliebigen relativen Feuchte und einer Versorgungsspannung Ue
5 % oder einer beliebigen Spannung 55 % innerhalb des Bemessungs-betriebsspannungsbereichs:

R <= 0,1 * sr

6.6.2.10 Hysterese H

Abstand zwischen den Schaltpunkten, wenn sich die Messplatte dem Näherungsschalter nähert und wenn sie sich entfernt. Sie wird relativ zum realen Schaltabstand sr angegeben, gemessen bei einer Umgebungs-temperatur von (23+-5) °C und der Bemessungsbetriebsspannung:

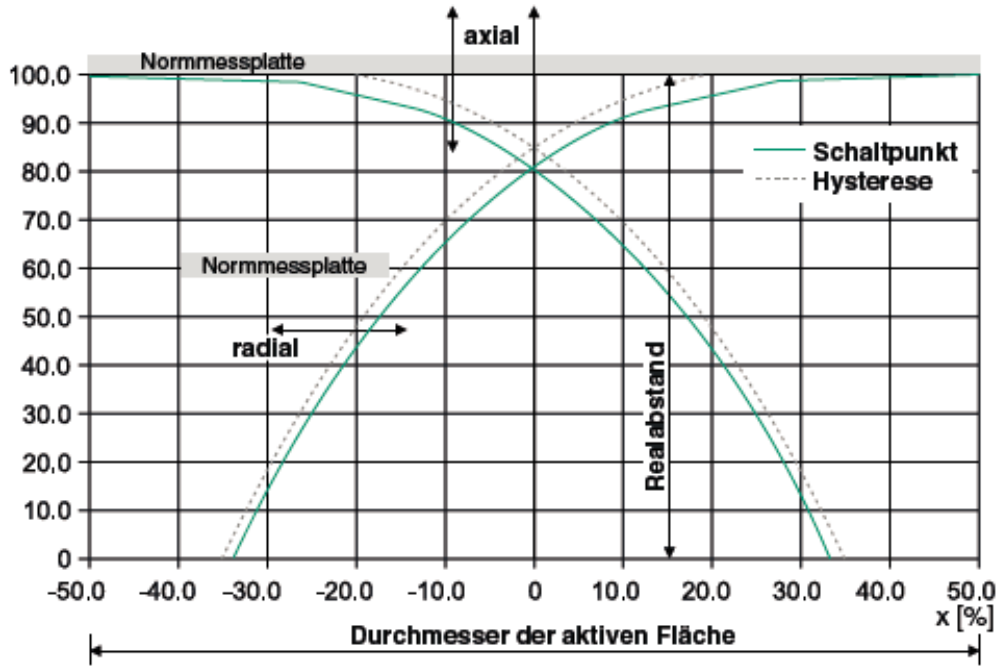
H <= 0,2 * sr.

6.6.2.11 Sicher ausgeschaltet

Ein Näherungsschalter ist sicher ausgeschaltet, wenn der Abstand Messplatte zu aktiver Fläche mindestens dreimal dem Nennschaltabstand sn entspricht.

6.6.2.12 Seitliche Annäherung

Bisher war stets von axialer Annäherung der Normmessplatte die Rede. Bewegt man dagegen die Platte seitlich in die aktive Zone hinein, so erhält man je nach axialem Abstand einen anderen Schaltabstand s. Diesen Zusammenhang beschreibt die Ansprechkurve.



6.6.2.13 Abweichende Größe der Bedämpfungsfahne

Induktive Sensoren werden in vielen Fällen verwendet, um Maschinenteile abzufragen. Diese haben in den seltensten Fällen die gleiche Größe und Form der Normmessplatte, auf den sich die technischen Daten eines Sensors beziehen. Speziell der Schaltabstand ist von der Größe des Metalls abhängig, mit dem der Sensor bedämpft wird.

Generell kann man sagen, dass der Schaltabstand mir einer größeren Objektfläche nur unwesentlich steigt, dieser sich jedoch bei kleineren Objekten merklich verringert.

Weicht das abzufragende Objekt von der Größe der Normmessplatte ab, wird empfohlen, der Schaltabstand des ausgewählten Sensors zu überprüfen.

6.6.2.14 Abweichendes Material der Bedämpfungsfahne

Die Materialbeschaffenheit des Bedämpfungselementes spielt neben dessen Abmessungen eine große Rolle. Dies wird durch den Reduktionsfaktor beschrieben. Der Reduktionsfaktor gibt an, um welchen Faktor der Schaltabstand aufgrund unterschiedlicher Materialien gegenüber Stahl FE 360 (St37) für induktive Näherungsschalter und gegenüber einer geerdeten Platte für kapazitive Näherungsschalter absinkt. Je kleiner der Reduktionsfaktor, desto kleiner ist der Schaltabstand für das spezifische Material. Da dieser Reduktionsfaktor beim induktiven Näherungsschalter unter anderem auch vom Gehäuse- und Abschirmungsmaterial abhängig ist, kann er von Typ zu Typ variieren. Deshalb ist der Wert im jeweiligen Datenblatt maßgebend.

Beim induktiven Näherungsschalter ist der Quotient Leitfähigkeit/ Permeabilität des Bedämpfungselements die Kenngröße für den Reduktionsfaktor. Hier einige typische Werte für den Reduktionsfaktor:

Material	Reduktionsfaktor
Baustahl	1
Alu-Folien	1
rostfreier Stahl	0,85
Aluminium	0,4
Messing	0,4
Kupfer	0,3

6.6.2.15 Einbaubedingungen

Bei induktiven und kapazitiven Sensoren wird unterschieden zwischen bündigem und nicht bündigem Einbau.

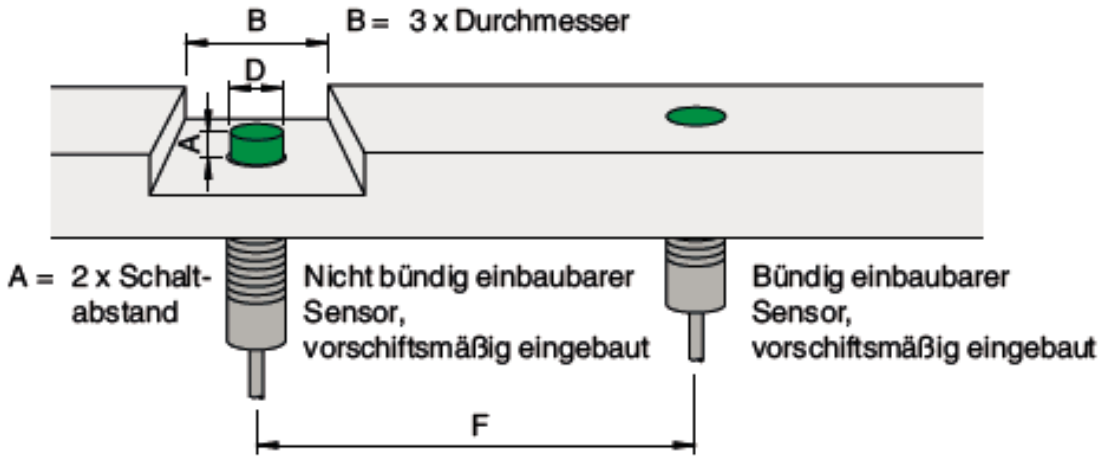
6.6.2.16 Nicht bündig einbaubare Sensoren

Den größtmöglichen Schaltabstand (bezogen auf den Durchmesser D der aktiven Fläche) erzielen nicht bündig einbaubare Sensoren.
Bei einem induktiven Sensor werden Spulen für die Erzeugung elektromagnetischer Felder verwendet. Um eine Richtung des Feldes nach vorne zu erzielen werden die Spulen in einen Schalenkern eingebettet. Trotz dieser Maßnahme wird ein Teil dieses Feldes seitlich abgestrahlt und durch umgebendes Metall beeinflusst. Ein solcher Seiteneffekt ist auch bei kapazitiven Sensoren zu beobachten.
Um zu vermeiden, dass Sensoren mit hoher Reichweite bereits von umgebendem Metall bedämpft werden, muss ein Freiraum um das Sensorelement geschaffen werden. Wie groß dieser Freiraum sein muss, kann aus den technischen Daten der jeweiligen Sensoren entnommen werden.

6.6.2.17 Bündig einbaubare Sensoren

Bündig einbaubare Sensoren lassen sich ohne Freiraum einsetzten. (A0). Der sich ergebende Vorteil gegenüber einem Nichtbündig einbaubarem Sensor ist, dass diese mechanisch besser geschützt und unempfindlicher gegen Fehlbeeinflussung sind. Ein Nachteil ist jedoch der geringere Schaltabstand, da die aktive Fläche des Sensors bereits mit Metall umgeben ist. Die seitliche Beeinflussung durch das umgebende Metall wird durch eine spezielle interne Abschirmung verringert.

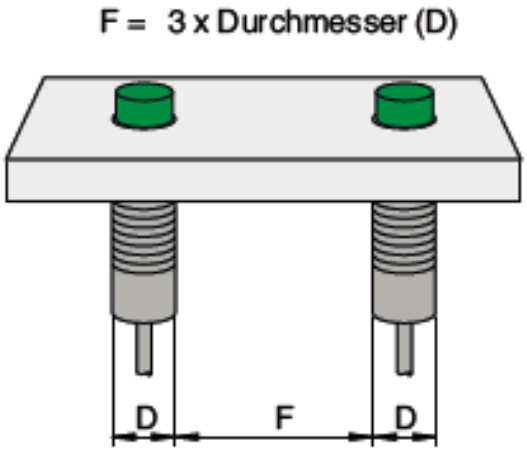
Dies geschieht auf Kosten der Reichweite. Diese Sensoren erreichen nur ca. 60% des Schaltabstandes von nicht bündigen Ausführungen.



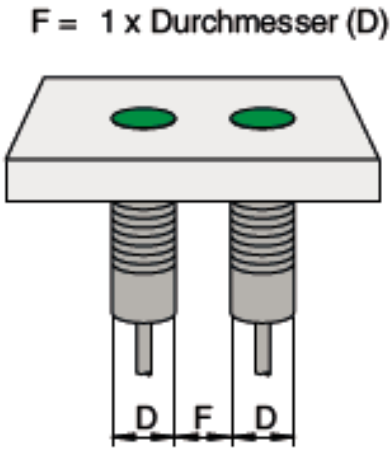
6.6.2.18 Gegenseitige Beeinflussung

Um Metalle detektieren zu können, bauen Induktive Sensoren mit Hilfe einer Sensorspule ein elektromagnetisches Wechselfeld auf. Dieses Wechselfeld wertet kleinste Änderungen in unmittelbarer Umgebung des Sensorelements aus. Eine Änderung ergibt sich zum Beispiel durch Annähern einer Metallplatte an den Sensor.

Auch ein äußeres magnetisches Wechselfeld z.B. das eines benachbarten Sensors kann Einfluss auf das Schaltverhalten haben. Daher ist ein Mindestabstand zwischen zwei benachbarten Sensoren einzuhalten. Der Mindestabstand zwischen zwei Sensoren kann wie folgt bestimmt werden.



Nicht bündig einbaubarer Sensor, F muss 3 mal dem Gehäuse-durchmesser entsprechen.



Bündig einbaubarer Sensor, F muss dem Gehäuse-durchmesser entsprechen.

Falls es die Anwendung nicht zulässt, dass der Mindestabstand eingehalten werden kann, sind Sensoren mit versetzten Schwingfrequenzen auf Anfrage von Pepperl + Fuchs lieferbar.

Diese Sensoren sind dann direkt nebeneinander montierbar.

6.6.2.19 Anwendungsbeispiele

- Rückwirkungsfrei
- Verschleißfrei
- Unempfindlich gegen Umwelteinflüsse
- Hohe Lebensdauer
- Hohe Schaltpunktgenauigkeit
- Hohe Schaltfrequenz
- Kleinste Bauformen durch Hybridtechnologie

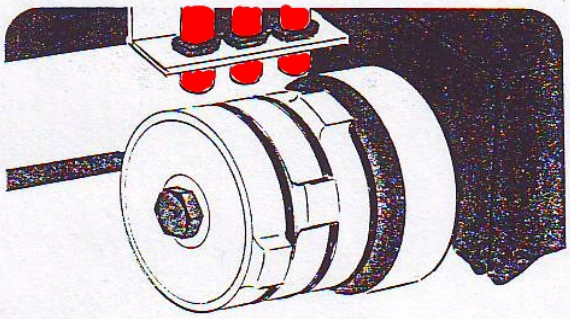


Abb. 1 Nockenschaltwerk

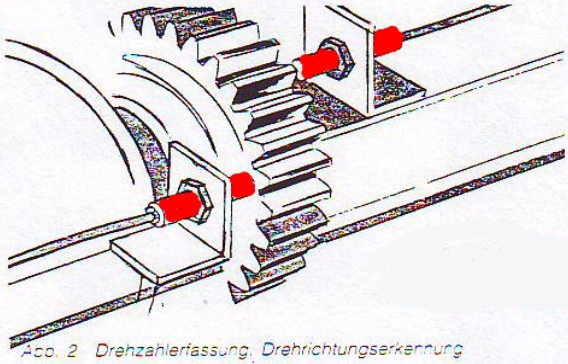


Abb. 2 Drehzahlerfassung, Drehrichtungserkennung

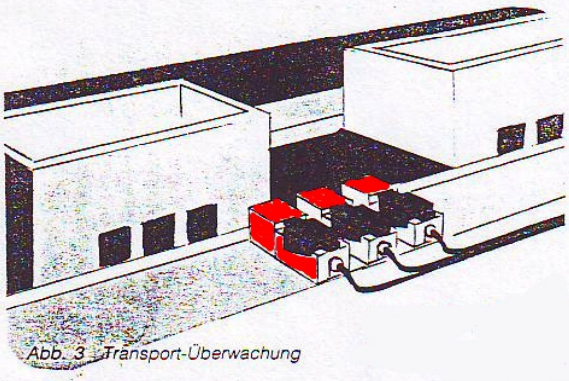


Abb. 3 Transport-Überwachung

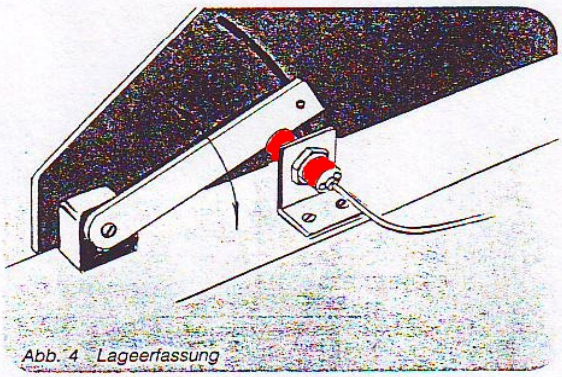


Abb. 4 Lageerfassung

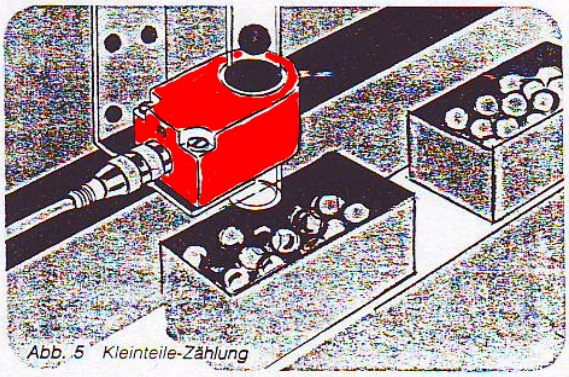


Abb. 5 Kleinteile-Zählung

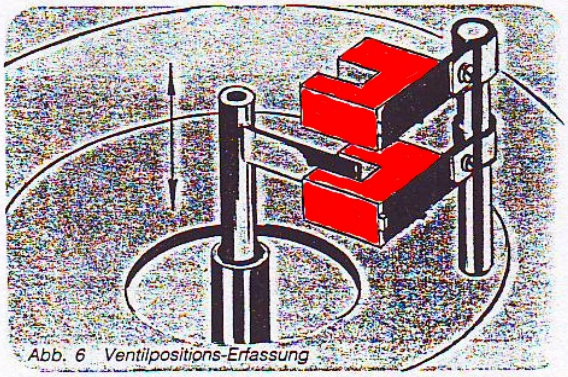


Abb. 6 Ventilpositions-Erfassung

6.6.3 Kapazitive Initiatoren

Kapazitive Sensoren arbeiten, ebenso wie induktive Sensoren, berührungslos, rückwirkungsfrei und kontaktlos. Sie ergänzen diese in Anwendungsbereichen, wo das induktive Funktionsprinzip versagt. Mit kapazitiven Sensoren lassen sich auch nicht- leitende Materialien detektieren. Kapazitive Sensoren werden hauptsächlich als Näherungsschalter angeboten.

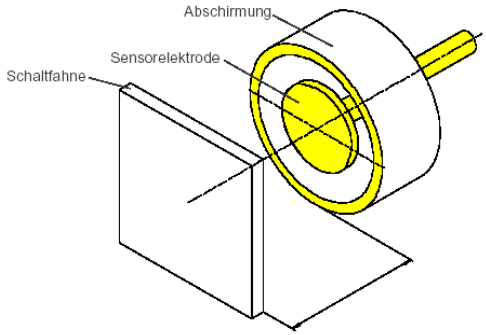


Bild 3.1: Prinzip des kapazitiven Sensors

Aktives Element eines kapazitiven Sensors ist eine Anordnung aus einer scheibenförmigen Sensorelektrode und einer becherförmigen Abschirmung (Bild 3.1). Diese beiden Elektroden bilden einen Kondensator mit einer Grundkapazität Cg. Durch Annähern einer Schaltfahne an die Sensorfläche (Abstand s) ändert sich die Kapazität um den Betrag ΔC. Der Kondensator ist Bestandteil eines RC-Generators. Dessen Ausgangsspannung ist abhängig von der wirksamen Kapazität Ca = Cg + ΔC zwischen Sensorelektrode und Schirmpotential. Bild 3.2 zeigt das Blockschaltbild eines kapazitiven Näherungsschalters. Die Generator-Ausgangsspannung wird gleichgerichtet, gefiltert und einer Störimpulsunterdrückung zugeführt. Diese bildet ein Schaltsignal, das durch die Endstufe in das Ausgangssignal umgewandelt wird.

Der kapazitive Näherungsschalter verfügt über eine Sensorelektrode (aktive Fläche) und einen Abschirmring. Die Sensorelektrode ist die aktive Fläche des Sensors und sendet ein elektrisches Wechselfeld aus, das mit der Umgebung als Gegenpotential eine Kapazität ausbildet (=Kondensatorprinzip). Nähert

sich ein Schaltbetätiger der aktiven Sensorelektrode an, so verändert er das Gegenpotential. Die Kapazität zwischen Sensor und Schaltfahne steigt an. Diese Veränderung der äußeren Kapazität wird mit einem sensorinternen Referenzwert verglichen. Bei Überschreitung des Referenzwertes wird der Sensor betätigt und liefert ein Umschaltsignal am Sensorausgang. Der äußere Schirmring bündelt das elektrische Feld der Sensorelektrode und reduziert dadurch eine Einflussnahme der Einbausituation auf den Schaltabstand des Sensors.

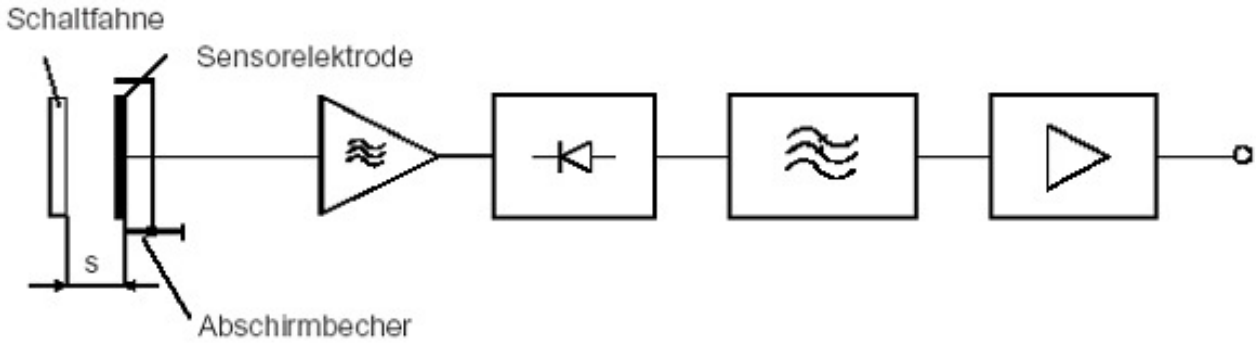


Bild 3.2: Blockschaltbild eines kapazitiven Sensors

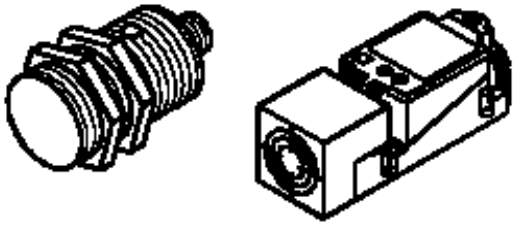


Bild 3.7: Beispiel eines zylindrischen und quaderförmigen kapazitiven Sensors

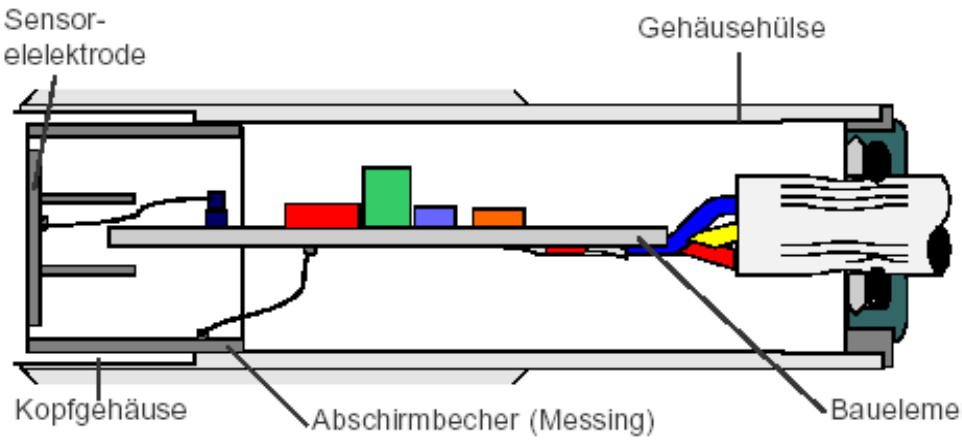


Bild 3.8: Prinzipieller Aufbau eines zylindrischen Sensors

6.6.3.1 Störeinflüsse

Hauptstörfaktor sind elektrische Wechselfelder (Leuchtstofflampen, Magnetventile, Thyristorantriebe und Rundfunksender), Temperatur, Schmutz, Staub, Feuchtigkeit

6.6.3.2 Materialerkennung

Kapazitive Sensoren erkennen sowohl metallische als auch nichtmetallische Zielobjekte wie zum Beispiel Glas, Kunststoff oder Holz. Je nach Größe und Materialbeschaffenheit des Zielobjektes sowie der Baugröße und der Einbaubedingungen des Sensors, können Schaltabstände zwischen 1 mm und 50mm realisiert werden.
Kapazitive Näherungsschalter können als „Durchblicker-Sensoren' zur Erkennung von wässrigen Medien oder Granulat verwendet werden. Dabei reagieren sie auf den Inhalt eines dünnwandigen und elektrisch-nicht-leitenden Behälters aus Glas oder Kunststoff. Diese Funktion wird durch eine Erhöhung der Summenkapazität, bestehend aus Behälterwand und Füllmedium realisiert (siehe auch ”Funktionsbeschreibung kapazitive Näherungsschalter). Die Durchblickerfunktionalität kapazitiver Sensoren ermöglicht eine Durchfluss- oder Füllstandskotrolle von flüssigen Medien und Schüttgütern ohne mit diesen selbst in Kontakt treten zu müssen.

6.6.3.3 Besondere technische Eigenschaften kapazitiver Sensoren sind:

- Reagieren sowohl auf elektrisch leitende als auch isolierende Materialien
- (Eisenmetalle, NE-Metalle, Glas, Holz, Kunststoffe sowie Öl und wässrige Lösungen)
- Schaltabstand des Sensors an Objekt- und Einbaueigenschaften anpassbar
- Können auch als „Durchblicker« durch undurchsichtige, nichtleitende Behälterwände eingesetzt werden

6.6.3.4 Gängige Applikationen für kapazitive Sensoren sind:

- Anwesenheitskontrolle von Papier, Holz-, Glas- oder Kunststoffmaterialien
- Füllstandskontrolle flüssiger Medien und Schüttgüter (Pellets, Tabletten, Granulate, Toner)
- Durchflusskontrolle an Kunststoffrohren und Schläuchen

6.6.3.5 Übliche Einsatzbereiche für kapazitive Sensoren sind:

- Druck- und papierverarbeitende Industrie
- Verpackungs- und Lebensmittelindustrie
- Pharmazie, Chemie- und Prozesstechnik
- Holz- und Kunststoffverarbeitung
- Automobilbau

6.6.3.6 Schaltabstand

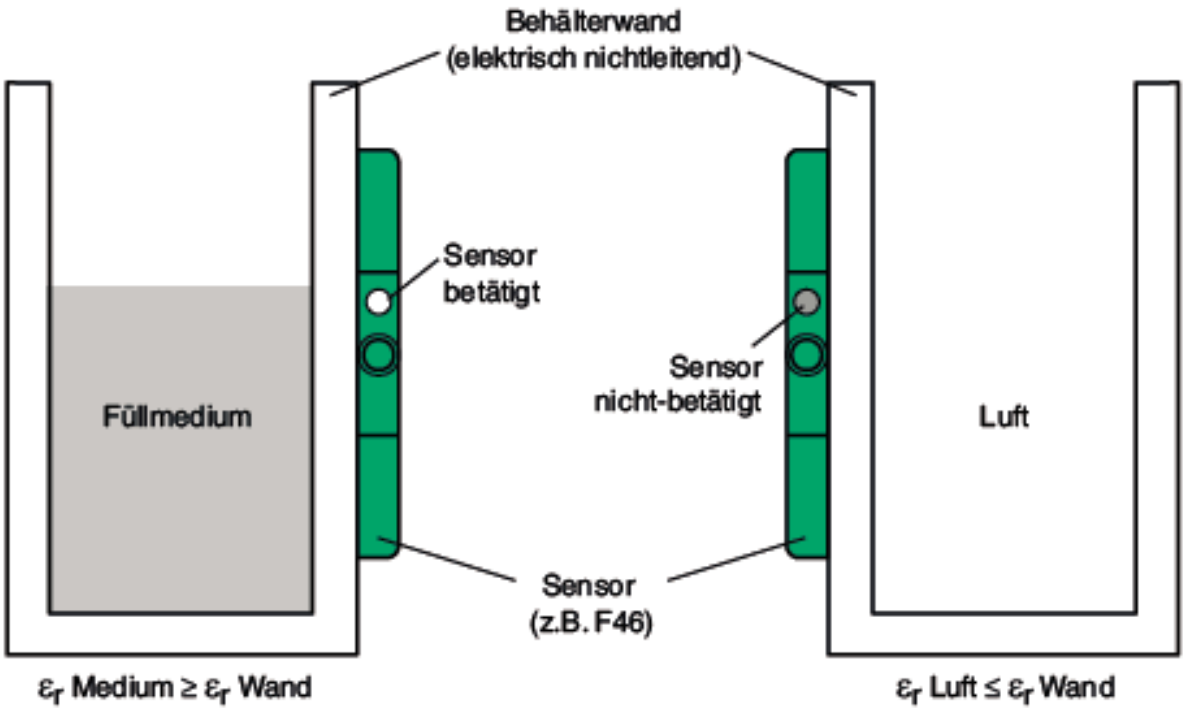
Der Nennschaltabstand Sn eines kapazitiven Näherungsschalters wird auf ein geerdetes Metallobjekt bestimmter Größe bezogen. im Vergleich dazu ist die Änderung der Kapazität bei nichtleitenden Targetmaterialien kleiner, weshalb das Objekt zur Betätigung des Schalters näher an die Sensorelektrode herangeführt werden muss. Wie groß der konkrete Schaltabstand ist, hängt von der Elektrodenfläche, der Größe und dem Material (Permittivität) des zu detektierenden Objektes sowie der Einbausituation des Sensors ab. Je niedriger die Permittivitätszahl des jeweiligen Targetmaterials bei sonst vergleichbaren geometrischen Einbaubedingungen ausfällt, desto kleiner ist der erreichbare Schaltabstand. Bei den meisten kapazitiven Näherungsschaltern ist die Empfindlichkeit mit Hilfe eines Potentiometers am Sensor in Grenzen einstellbar. So kann der werksseitig voreingestellte Schaltabstand noch nachträglich an das Objektmaterial und die Einbausituation des Sensors angepasst werden.

6.6.3.7 Zusammenhang zwischen Materialkonstanten und Schaltabstände

Der Nennschartabstand Sn eines kapazitiven Näherungsschalters wird unter Verwendung eines geerdetes Metallobjekts bestimmter Größe und unter definierten Einbaubedingungen (bündig, nicht bündig) werkseitig voreingestellt. Kommen bei sonst gleichbleibenden Geometrien des Objektes und Einbaubedingungen des Sensors, andere Materialien zum Einsatz, so reduziert sich der voreingestellte Schaltabstand. Die unten stehende Tabelle enthält Größenordungen von materialabhängigen Dielektrizitätskonstanten und zu erwartenden Reduktionsfaktoren auf den Nennschaltabstand.

Material	Dielektrizität ε_r	Reduktionsfaktor
Geerdete Metallplatte	>100…10000	1
Wasser	80	1
Alkohol	22	0,75
Glas	5..16	0,6
Keramik	4..7	0,5
PVC	2,3..3,4	0,45
Holz (trocken)	3..7	0,3
Öl	2,6..2,9	0,28
Papier (trocken)	1,6..2,6	0,25
Luft	1	0

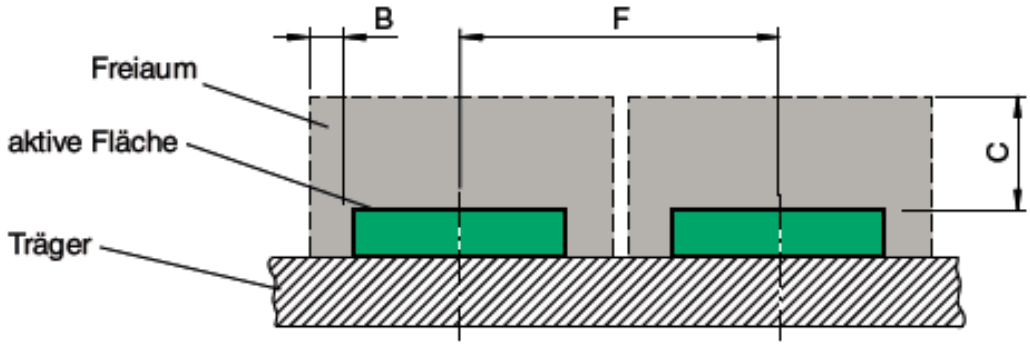
6.6.3.8 Spezialanwendung – Durchblickerfunktionalität



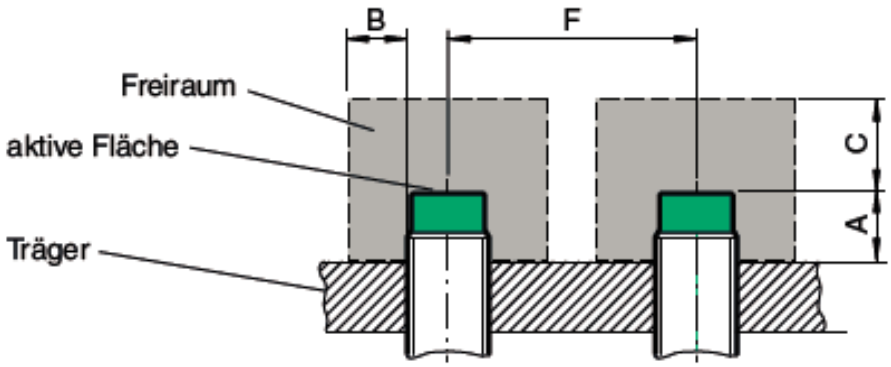
Die Durchblickerfunktionalität kapazitiver Näherungsgschalter beruht auf der Änderung der Summenkapazität des zu detektierenden Mediums. Der Begriff Durchblicker ist in diesem Zusammenhang weniger im optischen Sinne zu begreifen, indem eine bestimmte Reichweite zu überbrücken ist. Vielmehr blendet ein unempfindlicherer Sensor die Behälterwand im Sinne eines dielektrischen Gleichanteils aus (linke Skizze, Sensor reagiert gerade nicht auf die Behälterwand). Steigt nun das Füllmedium im Behälter über die Elektrodenmitte des Sensors an, so ändert das die elektrische Leitfähigkeit des Systems und führt zur Betätigung des Sensors.

6.6.3.9 Einbaubedingungen kapazitiver Sensoren

Durch den Einbau des Sensors in seine Maschinen- oder Anlagenumgebung kann es durch Material im Erfassungsbereich zu einer Vorbedämpfung des Sensors kommen, was sich durch eine Änderung des voreingestellten Schaftabstands äußert. Diese Änderungen können in gewissen Grenzen mit Hilfe eines eingebauten Potentiometers ausgeglichen werden. Sollen hingegen keine Änderungen des voreingestellten Schaltabstands auftreten, so ist darauf zu Achten, dass sich außer dem Schaltobjekt selbst, kein weiteres Material im Erfassungsbereich des Sensors (siehe "Freiraum“ grau) befindet. Die genauen Werte der Längen A...F sind sensorspezifisch und können den Datenblättern des jeweiligen Produktes entnommen werden.



Aufbaubedingungen kubische Sensoren



Einbaubedingungen zylindrische Sensoren

6.6.3.10 Bündiger Einbau kapazitiver Sensoren

Neben den oben genannten, nichtbündigen Einbau zylindrischer Sensoren, gibt es auch den Spezialfall des bündigen Einbaus (Maß A wird zu 0 mm). Für diesen Einsatzzweck stellt Pepperl+Fuchs besonders abgeglichene, bündig einbaubare Sensoren (CJ-, CBB-, CCB-Typen) zur Verfügung. Auch bei diesen Sensortypen kann mit Hilfe des Potentiometers eine Anpassung des Schaltabstands auf unterschiedliche Objektmaterialien vorgenommen werden.

Sensoren im kubischen Gehäuse werden generell auf ein Trägermaterial aufgebaut. In diesem Fall ist das Maß A durch die Gehäusehöhe festgelegt. Ein besonderes Qualitätsmerkmal kapazitiver Sensoren ist deren Schirmung gegenüber dem Trägermaterial. Der kritischste Fall entsteht bei Einbau in metallisch leitendes Trägermaterial. Sensoren von Pepperl+Fuchs können unter den oben stehenden Bedingungen in jedwedes Trägermaterial eingebracht werden.

6.6.3.11 Anwendungsbeispiele

Berührungsloses Abtasten von elektrisch leitenden und nichtleitenden Materialien:

z.B. Holz, Glas, Pappe, Kunststoff, Leder, Keramik, Flüssigkeiten, Mineralien, Metall ...

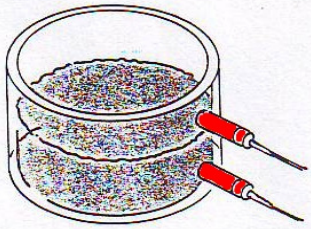


Abb. 1 Füllstandsmeldung – Behälter aus Kunststoff oder Glas

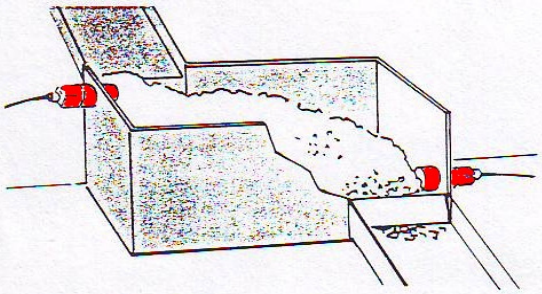


Abb. 2 Füllstands-Überwachung

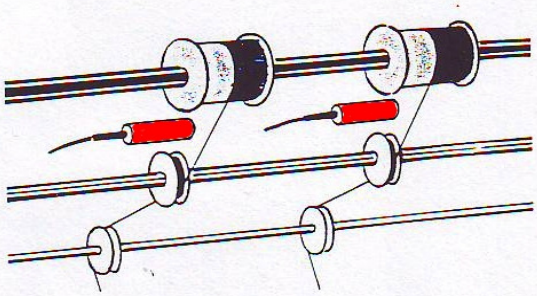


Abb. 3 Wickeldraht-Rißmeldung

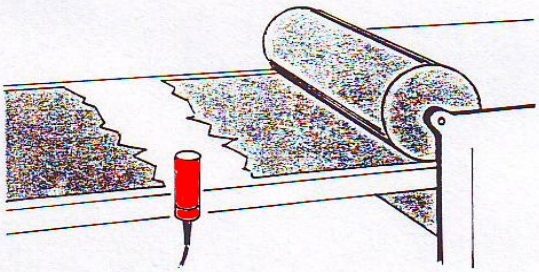


Abb. 4 Bandriß-Meldung

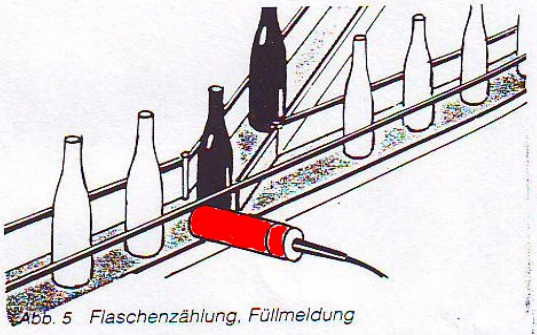


Abb. 5 Flaschenzählung, Füllmeldung

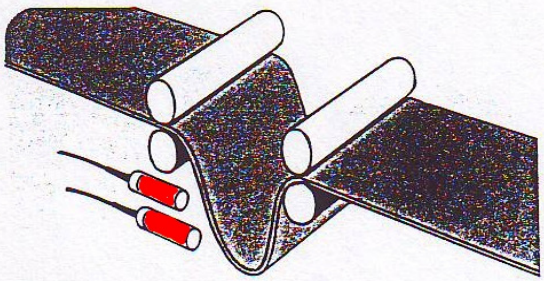


Abb. 6 Bandschlaufenregelung, Bandzugregelung

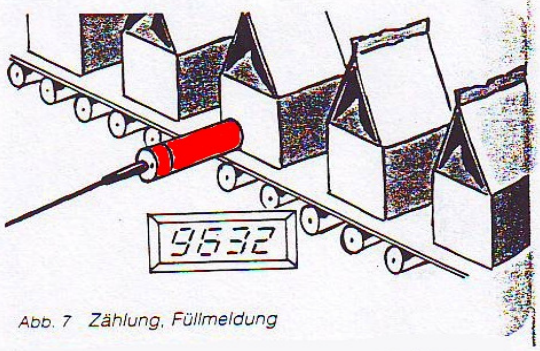


Abb. 7 Zählung, Füllmeldung

6.7 Magnetfeldsensoren

6.7.1 Hallsensoren

Unter dem Halleffekt (E. Hall, 1879) versteht man folgende Erscheinung (Bild 6.6):

Durchfließt ein Strom

$I = b \cdot d \cdot n \cdot e \cdot v,$

b,d – Breite, Höhe der Hallplatte,
n – Konzentration der Leitungselektronen e,
v – Elektronengeschwindigkeit,

einen plattenförmigen Leiter, so entsteht quer zum Strom I die Lorentz-Feldstärke

$E = v \cdot B$

vorausgesetzt, das Magnetfeld B durchstößt die Platte senkrecht.

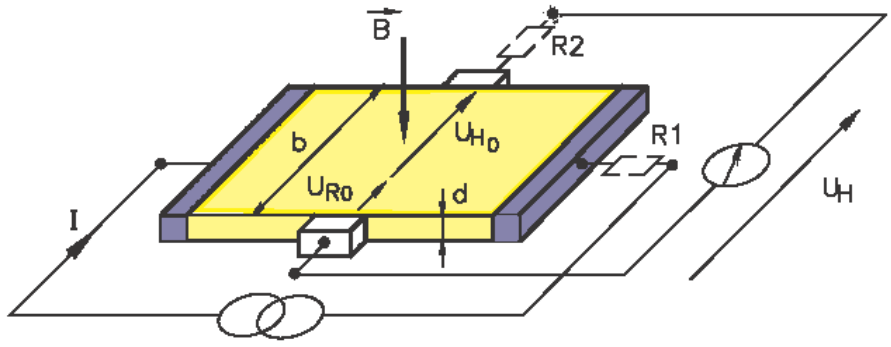


Bild 6.6: Prinzip des Hallsensors

Magnetoresistive Sensoren

Magnetfeldabhängige Widerstände vermögen dieselben Aufgaben zu erfüllen wie Hallsensoren, d.h. ihren hauptsächlichen Einsatz in der Automatisierungstechnik finden sie als Näherungsschalter und Positionssensoren.
Häufig verwendet man als Material für magnetoresistive Sensoren Halbleiter. Die Grundsubstanz ist z.B. InSb. In diesen Halbleiter eingebettet sind leitende, nadelförmige Einschlüsse aus NiSb, die quer zur Stromrichtung ausgerichtet sind (Bild 6.7). Ohne Magnetfeld nimmt der Strom den kürzesten Weg durch den Halbleiter. Mit Magnetfeld wird der Strom, wie bei Hallsensoren, seitlich abgelenkt, was bedeutet, dass er einen verlängerten Weg zurücklegt, d.h. einen größeren Widerstand zu überwinden hat. Die Nadeln aus NiSb haben eine sehr viel höhere Leitfähigkeit als das Grundmaterial InSb und wirken damit als Kurzschluss. Dadurch wird ein nahezu homogenes elektrisches Feld innerhalb des Halbleiters und eine homogene Verteilung der Ladungsträger erreicht.

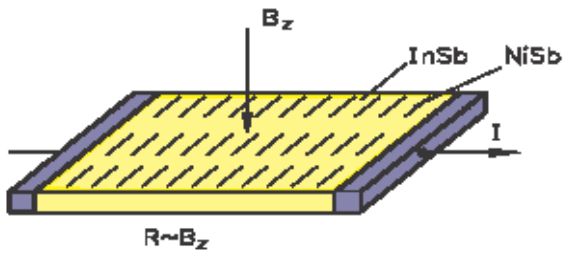
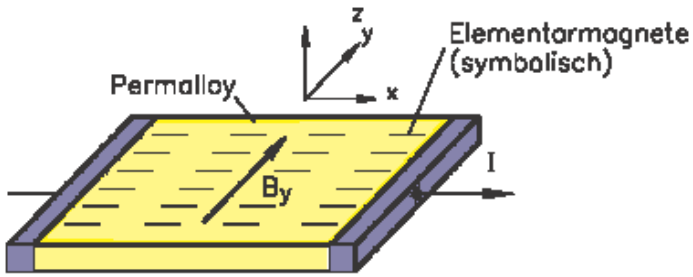


Bild 6.7: Magnetoresistiver Sensor aus InSb-Halbleiter (bei der gezeichneten Feldrichtung ist R maximal von B abhängig)

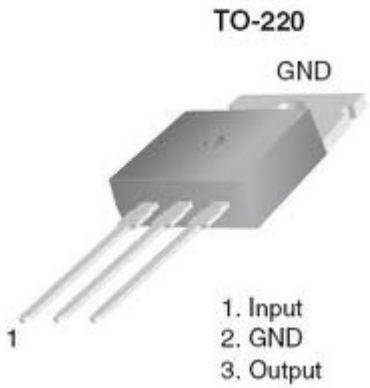
Die Stromlinien verlaufen zickzack-förmig durch den Halbleiter. Der Widerstand nimmt für kleine Feldstärken annähernd quadratisch mit der Flussdichte zu. Man ordnet das aktive Material mäander-förmig an, um Widerstände bis zu einigen hundert Ohm zu erreichen (Dicke ca. 25 µm). Die so gefertigten Sensoren werden auch als Feldplatten bezeichnet.

Verschiedene Firmen verwenden für ihre Magnetsensoren das ferromagnetische Material Permalloy (80% Fe, 20% Ni). Dieses Material wird bei der Fertigung so behandelt, daß die Elementarmagnete eine Vorzugsrichtung in Richtung des dünnen Sensorstreifens haben (x-Achse in Bild 6.8).

Bild 6.8: Magnetoresistiver Sensor aus Ferromagneticum Permalloy (bei der gezeichneten Feldrichtung ist R maximal von B abhängig)



Ohne äußeres Feld ist der Widerstand des Streifens am größten (R=Ro). Durch das äußere Magnetfeld nimmt er ab, und zwar im quadratischen Maß. Durch eine sinnreiche Konstruktion des Sensorstreifens kann man die Kennlinie in bestimmten, zum Punkt B = 0 symmetrischen Bereichen linearisieren. Man beachte, dass bei den beiden oben genannten Sensortypen das wirksame Magnetfeld in jeweils verschiedene Richtungen zeigen muss.



Radlaufsensor:

1 Geberrin

2 Sensor IC mit **Hallsensor**, 3 Sensorgehäuse

6.8 Magnetostriktiven Wegmesssysteme

Allgemein bekannte Wegmesssysteme sind potentiometrisch, induktiv oder inkremental. Für kleine Wege werden Dehnungsmessstreifen (z.B. Dehnungsaufnehmer) eingesetzt.

Vorteile der Magnetostriktiven Wegmessung

- Messbereich von 25mm bis ca. 7.600mm
- Auflösung >= 1µm
- Linearität ±0,02% des Messbereichs
- Hohe Schutzart, z.B. IP65
- Verfahrgeschwindigkeit des Magneten bis 10m/s
- hohe Beschleunigung des Magneten
- Betriebstemperatur -40 bis +70°C
- Absolutwertgeber
- Berührungsloses Messen

Aufbau Magnetostriktiver Wegmesssysteme

Magnetostriktive Wegmesssysteme bestehen aus den folgenden Komponenten:
- einem magnetostriktiven Wellenleiter, der als Messelement dient,
- einem beweglichen Permanentmagnet, der als Positionsgeber dient und
- einem Signalwandler, der aus der auftretenden mechanischen Welle ein elektrisches Signal erzeugt.

Messprinzip

Aufbau und Messprinzip eines magnetostriktiven Aufnehmers

Der Messvorgang wird durch einen kurzen Stromimpuls ausgelöst. Dieser Stromimpuls erzeugt ein zirkulares Impulsmagnetfeld, das entlang des magnetostriktiven Wellenleiters ansteht (Abb. 1). Am Ende der zu messenden Strecke befindet sich ein Permanentmagnet, der als Positionsgeber dient und seinerseits ein Magnetfeld erzeugt, dessen Feldlinien im rechten Winkel zu denen des Impulsmagnetfeldes stehen. Dort, wo sich das Impulsmagnetfeld mit dem Magnetfeld des Positionsgebers überlagert, entsteht durch Magnetostriktion eine elastische Verformung im Wellenleiter (Wiedemann-Effekt, Abb. 2).
Diese Verformung breitet sich als mechanische Welle nach beiden Seiten hin mit Ultraschallgeschwindigkeit aus und ist weitgehend unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen (Abb. 3). Die zum Ende des Wellenleiters laufende Welle wird abgedämpft, während die zum Signalwandler zurück laufende Welle von diesem erfasst wird. Der Signalwandler erzeugt aus der mechanischen Welle ein elektrisches Signal durch Umkehrung des magnetostriktiven Effekts (Villary-Effekt). Das Auftreten des elektrischen Signals beendet die Messung (Abb. 4). Da die Laufzeit der Welle vom Entstehungsort bis zum Signalwandler direkt proportional zur Entfernung zwischen Positionsgeber und Signalwandler ist, kann aus der Laufzeitmessung der Abstand direkt und mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

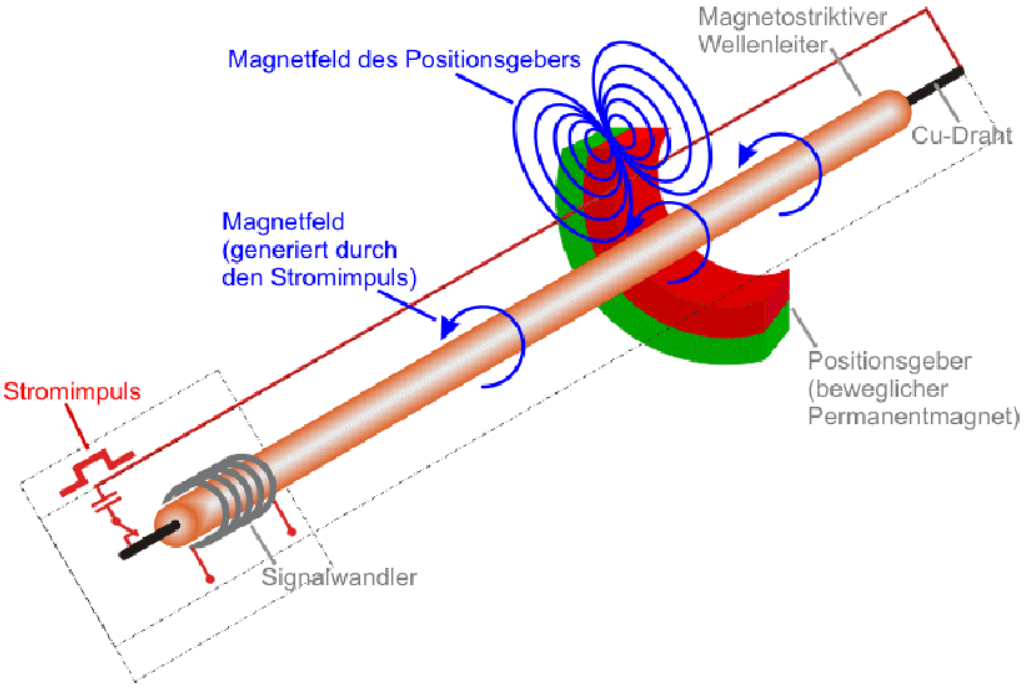


Abb. 1: Start der Messung. Durch einen Stromimpuls wird ein Magnetfeld um den magnetostriktiven Wellenleiter generiert. Der bewegliche Permanentmagnet (Positionsgeber) erzeugt ein zweites Magnetfeld.

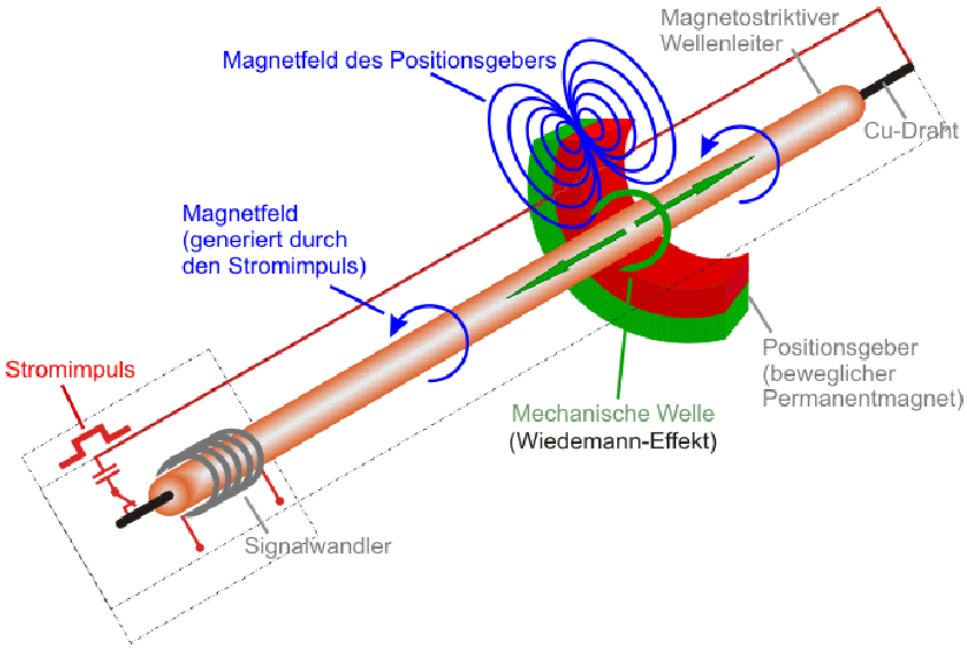


Abb. 2: Entstehung der mechanischen Welle. Bei Überlagerung der zwei Magnetfelder entsteht durch Magnetostriktion eine elastische Verformung im Wellenleiter, die eine mechanische Welle erzeugt, welche sich nach beiden Seiten hin ausbreitet (Wiedemann-Effekt).

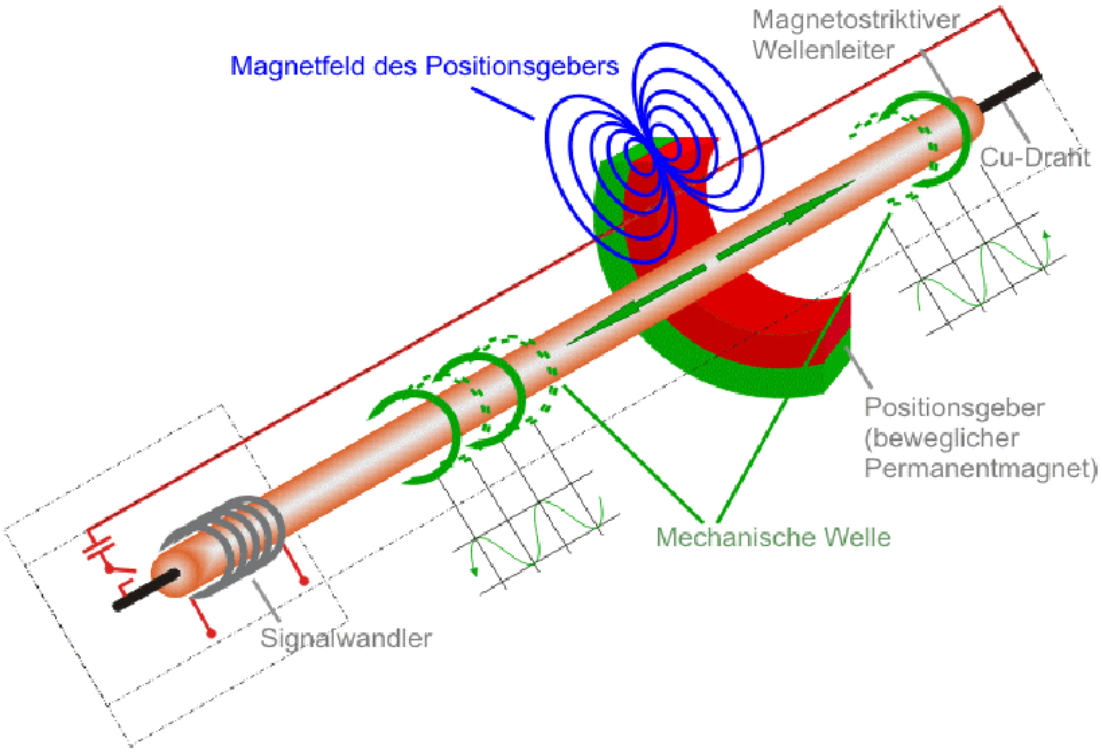


Abb. 3: Fortpflanzung der mechanischen Welle auf dem Wellenleiter.

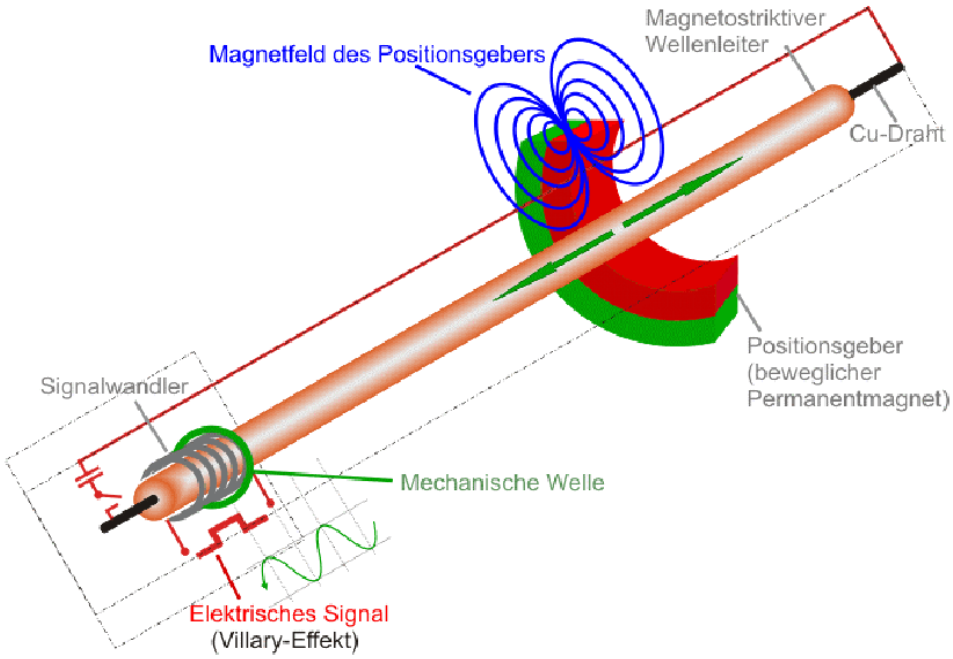
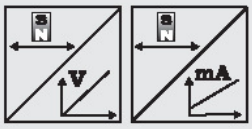


Abb. 4: Ende der Zeitmessung. Der Signalwandler erzeugt ein elektrisches Signal aus der mechanischen Welle (Villay-Effekt), das die Messung beendet.

POSICHRON®- Positionssensor im Profilgehäuse

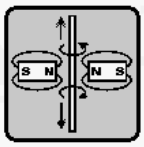
- **Schutzart IP67**
- **Meßbereich 0 ... 100 bis 0 ... 5750 mm**
- **Absolute Positionsmessung**
- **Einfache Montage mit Spannpratzen**
- **Keine Energiezufuhr für den Positionsmagneten**
- **Absolut verschleiß- und wartungsfrei**
- **Vielseitig montierbar**
- **0 ... 10 V-Ausgang**
- **4 ... 20 mA-Ausgang**



Technische Daten		
	Ausgangsarten	Spannung: 0 ... 10 V, 3-Leiter-Technik Strom: 4 ... 20 mA, 3-Leiter-Technik
	Auflösung	Quasi unendlich
	Messrate	0,5 ... 2 kHz abhängig von der Messlänge
	Linearität	±0,1 mm für Meßlängen ≤500 mm ±0,02 % vom Bereich für Meßlängen >500 mm
	Gehäusematerial	AlMgSi1
	Schutzart	IP67 (Steckerausführung: nur mit Gegenstecker)
	Arbeitstemperatur	-40 ... +85 °C
	EMV, Störfestigkeit	EN61326: 1998, Tabelle A1
	EMV, Störaussendung	EN55011 Gruppe 1 Klasse A
	Schockbelastung	100 g/6 ms nach EN60068-2-27
	Vibration	15 g, 10 ... 2000 Hz nach EN 60068-2-6
	Anschluss	Stecker 8-polig DIN 45326/Kabel 3 m (Standard)

Magnetostriktive Sensoren

Magnetostriktive Sensoren



Durch Überlagerung von magnetischen Feldern, entsteht eine elastische Verformung in einem Wellenleiter. Die Laufzeit des mechanischen Impulses ist zu dem Abstand Signalwandler und Permanent-
magnet direkt proportional. Das Messprinzip ist berührungslos und absolut.

Besonderheiten

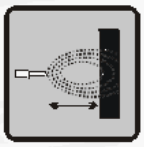
- Messbereiche von 100 mm...4000 mm
- Auflösung <=0,1 mV oder <=0,2 µA
- Linearität ± 0,02% MB
- Schutzart bis IP67
- Betriebstemperatur -40...+70°C
- Verfahrgeschwindigkeit bis 10 m/s
- Berührungsloses Messen
- Variable Befestigungsmöglichkeiten

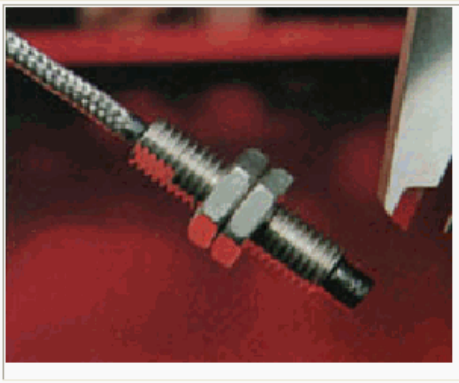
Einsatzgebiete

- Pneumatik- u. Hydraulikzylinder
- Automobilindustrie
- Kunstsoffbearbeitungsindustrie
- Verpackungsindustrie
- Holzbearbeitungsmaschinen
- Pressen
- Fördertechnik
- Textilindustrie

Messbereiche	100 mm...4000 mm
Ausgangssignal	0...10 VDC / 4...20 mA 0...20 mA, Start/Stop, PWM
Linearität	bis +/- 0,02%, MB abhängig
Auflösung	<0,1 mV, <0,2 µA, 0,1 mm (dig)
Spannungsversorgung	24 VDC ± 20%
Ausführung	Ringmagnet
Stromaufnahme	max. 100 mA
Ausgangslast	>5 kOhm
Arbeitstemperatur	-40...+70°C
Schutzart	IP67
Verfahrgeschwindigkeit	<10 m/s

6.9 Wirbelstromsensoren

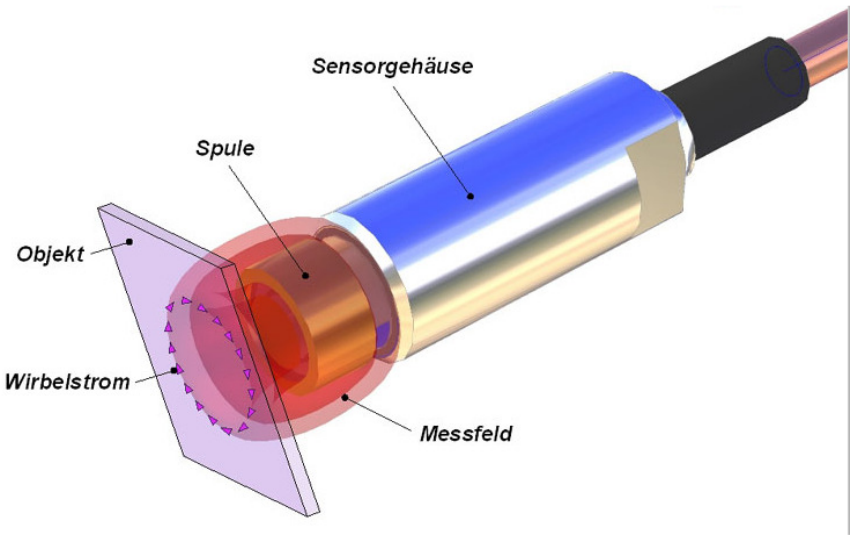
Wirbelstromsensoren	***Besonderheiten***	***Einsatzgebiete***
 Wirbelstromsensoren tasten Metalle berührungslos und unbeeinflusst von nichtmetallischen Medien im Messraum mit einer hohen Genauigkeit ab. Schwingungstechnische Applikationen mit hohen Messfrequenzen (bis 10 kHz) können realisiert werden.	• **Berührungslose Abstandsmessung an Aluminium und Stahl** • **Hohe Auflösung bis 1 µm** • **Für schnelle Bewegungs-änderungen (bis 10 kHz)** • **Unbeeinflusst von nicht-metallischen Medien im Messraum** • **Messung an statischen und rotierenden Objekten möglich** • **Sonderbauformen möglich**	• **Berührungslose Qualitäts-kontrolle** • **Sondermaschinenbau** • **Speziell für schwierige industrielle Umgebung** • **Spindelspielmessung** • **Unwucht- und Vibrationsmessung**



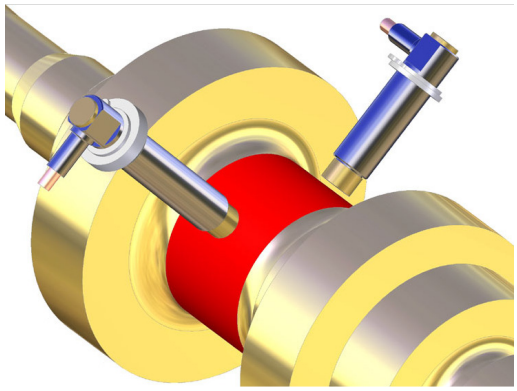
Messbereiche	0,254...7,620 mm
Ausgang	Spannungsausgang
Linearität	bis 50,8 µm
Frequenzbereich	DC bis 10 kHz
Schutzklasse	IP65/IP68
Empfindlichkeit	200 mV oder 50 mV / 25,4 µm (abh. vom Typ)
Betriebstemperatur	-35...+177°C
Sensorkopf	Ryton
Anschlußkabel	1 m Standard Koaxial mit Telflon Isolierung
Gehäuse	Edelstahl

Messbereiche	0...5 mm
Ausgang	0...20 mA / 4...20 mA
Linearität	± 0,1 mm
Frequenzbereich	DC bis 1 kHz
Schutzklasse	IP 67
Betriebstemperatur	0...+60°C
Anschlußkabel	M12 oder M8 Sensorkabel mit Stecker
Gehäuse	Stahl 9 SMn (Pb) 28/36 / Messing vernickelt

Prinzipbild eines Wirbelstromsensors



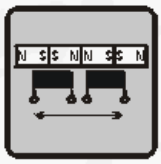
Das grundlegende Messprinzip der **Wirbelstromsensoren** basiert darauf, dass die **Spule** im Sensorkopf ein magnetisches Wechselfeld erzeugt, dessen Feldlinien aus der Sensorebene austreten, das **Objekt** passieren, und sich wieder schließen. Dabei erzeugt das **Messfeld** (magnetisches Wechselfeld) im elektrisch leitfähigen Objekt **Wirbelströme**, die joulsche Verluste zur Folge haben. Diese Wirbelstromverluste im Objekt nehmen mit geringerem Abstand zu. Auf der Eingangsseite der Sensorspule wird diese Auskopplung der Wirbelstromverluste über die Änderung der komplexen Eingangsimpedanz messtechnisch ausgewertet und ein abstandsproportionales Ausgangssignal gebildet wie z. B. 0...10 V oder 4...20 mA.



Haupteinsatzgebiet Maschinenüberwachung

6.10 Magnetbandsensoren

Magnetbandprinzip



Magnetmesswertaufnehmer sind in Form von Maßstäben, Magnetbänder und Messtaster erhältlich. Konzipiert für den Einsatz in rauher Umgebung sowie in der Halbleiter- und Biotechnologie. Ein Garant für höchste Präzision im Submikronbereich von 0,1 µm.

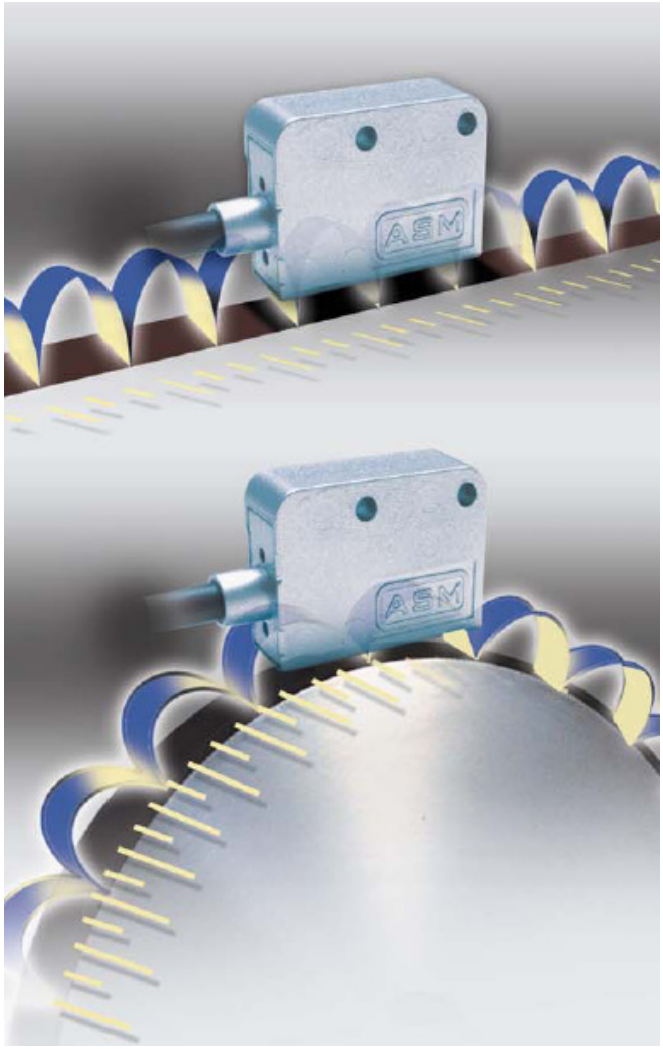
Besonderheiten

- Messbereiche 200...>30000 mm
- Auflösung bis 0,005 mm
- Genauigkeit bis 0,005 mm
- Hochpräzises Messprinzip
- Ausgang: TTL-Auswertung/ 1Vs-s Sin/Cos (Resolver),Positionsanzeige
- Hohe Verfahrgeschwindigkeit 10 m/s
- Äußerst resistent gegen Verschmutzung, Schwingung, Schock
- Hohe Zuverlässigkeit

Einsatzgebiete

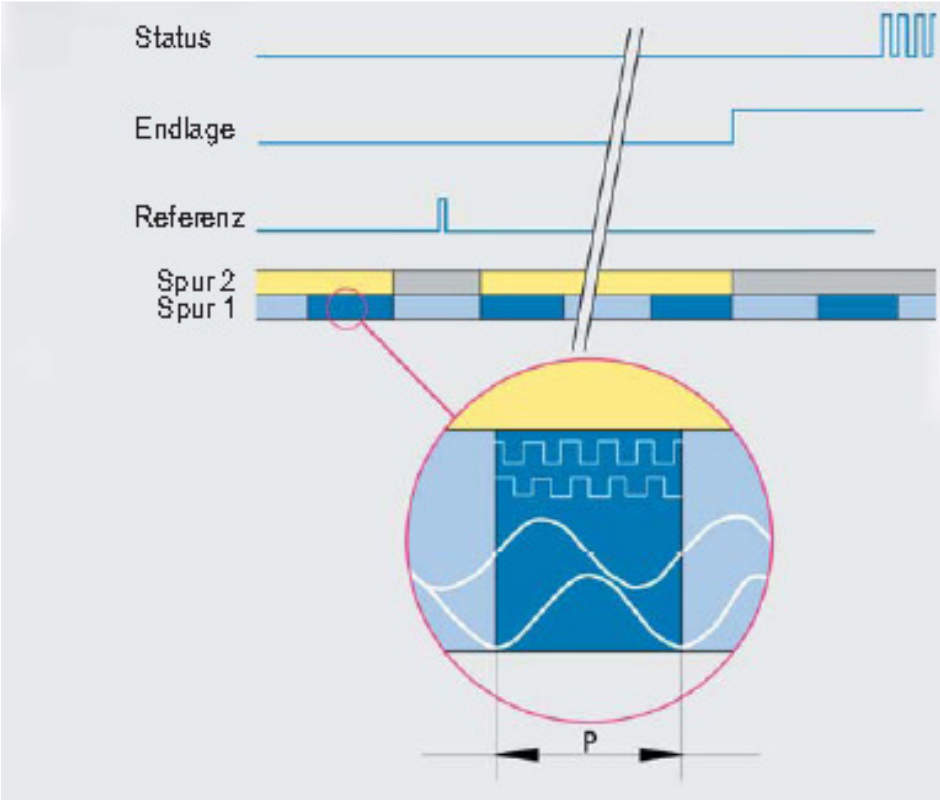
- Maschinenautomatisierung
- CNC/NC-Dreh- und Fräsmaschinen
- Holzindustrie
- Schneide- und Sägemaschinen
- Biegemaschinen
- Werkzeugmaschinen
- Laserschweißanlagen
- Walzwerke

Messbereiche	200 mm bis über 100 m
Ausgänge	Positionssignal Phase A/B Nullpunktsignal Phase Z open collector, linedriver , 1Vs-s Sin/Cos(Resolver) Auswertung über Positionsanzeige
Genauigkeit	bis +/- 0,01 mm
Auflösung	bis 1 µm
Max. Ansprechgeschwindigkeit	10 m/s
Betriebstemperatur	0...+45°C
Betriebsspannung	5 VDC / 10...30 VDC
Wärmeausdehnungskoeff.	(10,4+/-1)x10EXP-6 / Grad C
Schutzklasse	IP 67



POSIMAG® ist ein berührungsloses, hochauflösendes magnetisches Längenmesssystem für Messlängen bis ca. 30 Meter. Aufgrund seiner Robustheit und Unempfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen sowie der hohen Verschleißfreiheit des Systems ist POSIMAG® auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen einsatzfähig.
POSIMAG® besteht aus einem MR-Lesekopf sowie einem magnetischen Maßband als Maßverkörperung. Das magnetische Maßband besteht aus einem flexiblen Stahlband mit einer auflaminierten Magnetträgerschicht. Diese ist in regelmäßigen Abschnitten mit magnetischen Nord- und Südpolen magnetisiert. Das Maßband kann durch einfache Klebemontage oder auch mittels vorgefertigter Montageschienen mit Spannpratzen befestigt werden. Zum Schutz gegen äußere mechanische Einflüsse erhält das Magnetband optional ein Decklaminat aus einem dünnen rostfreien Stahlband.

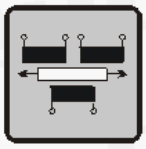
Zur Erfassung einer Position tastet der magnetoresistive Sensorkopf sinusförmige Magnetfelder oberhalb des magnetischen Maßbands berührungslos und verschleißfrei ab. Der Abstand des MR-Sensorkopfes zur Oberfläche des Magnetbandes darf bei einem Band mit einer 5 mm Polteilung bis zu 2 mm betragen. Die im Sensorkopf erzeugten um 90° versetzten Sinus-Cosinus-Signale werden von der integrierten Interpolationselektronik zusammen mit dem Referenzsignal ohne Zeitverzögerung als RS-422-kompatible Impulssignale ausgegeben. Auflösungen bis 5 µm sind als Standard verfügbar. Die Signale können von allen gängigen industriellen Steuerungen mit passender Signalverarbeitungsgeschwindigkeit weiter verarbeitet oder direkt vor Ort durch eine digitale Anzeige der PRODIS-Serie von ASM angezeigt werden.



Fa. ASM GmbH

6.11 Induktive Sensoren

Induktive Sensoren



Induktive Sensoren, kurz LVDT (Linear Variable Differential Transformer), eignen sich hervorragend für den Einsatz in harter industrieller Umgebung wie Hochtemperatur- u. Druckbereich, sowie für große Beschleunigungen und hohe Messzyklen

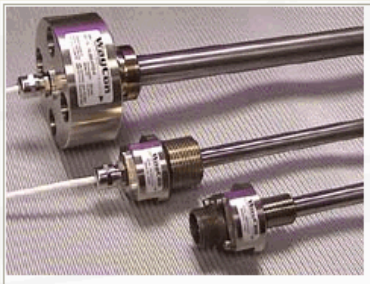
Besonderheiten

- Messbereiche 0,5 mm...1100 mm
- Auflösung ca. 0,01% v. Messbereich
- Linearität kleiner ± 0,5% MB
- AC und DC Versorgung
- Variable AC/DC-Ausgänge
- Betriebstemperatur bis +150°C
- Edelstahlgehäuse, IP68
- Unbegrenzte Lebensdauer

Einsatzgebiete

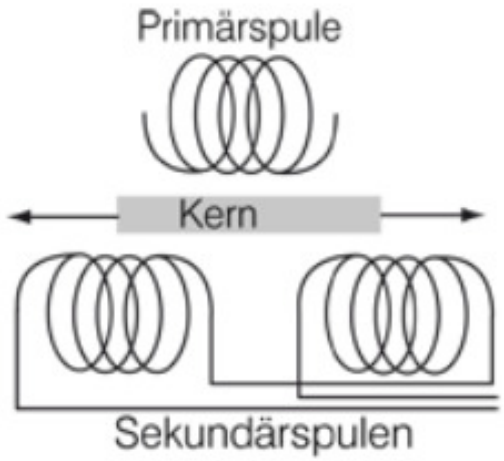
- Pneumatik- u. Hydraulikzylinder
- Maschinenbau
- Automobilindustrie
- Holz- und Papierindustrie
- Elektronikindustrie
- Automation
- Sondermaschinenbau
- Messlabor

Messbereiche	± 1 mm bis ± 500 mm
Ausgänge	0...10 V, 0...5 V, 4...20 mA, 0...20 mA... mit justierbarer Externelektronik oder Kabelelektronik
Linearität	± 0,5% / ± 0,3 %
Auflösung	ca. 0,01% v. Messbereich
Ausführungen	Federtaster, freier Anker, Stössel mit/ohne Lagerung, Gelenkköpfe
Gehäuse	Edelstahlausführung
Anschluß	Kabelausgang 1,5 m radial, Steckerausgang axial
Betriebstemperatur	-30...+120°C (150°C optional)
Schutzklasse	IP65 / IP68 10 bar
Schock	1000 g (10 ms)
Vibration	20 g (2 kHz)



Messbereiche	± 12,5 mm bis ± 300 mm
Druckbereich	400 bar
Ausgänge	0...10 V, 0...5 V, 4...20 mA, 0...20 mA... mit justierbarer Externelektronik AC 3 Veff bei 3 kHz
Linearität	± 0,3% / ± 0,5%
Auflösung	ca. 0,01% v. Messbereich
Ausführungen	Verschiedene Gehäuseformen (z.B. Flansch, Gewinde M18x1,5 M30x1,5), kundenspezifische Bauformen, Anker mit Stössel
Gehäuse	ø 12/20 mm, Edelstahl/Stahl vernickelt
Anschluß	PTFE-Kabelausgang, MIL-Steckerausgang
Betriebstemperatur	-30...+150°C

Der induktive Sensor bedient sich des LVDT Prinzips (Linear Variabler Differential Transformer) und besteht aus einer primären und zwei sekundären Spulen mit einem gemeinsamen, beweglichen weichmagnetischen/ ferromagnetischen Magnetkern.

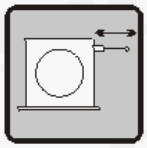


LVDT
Diese Bezeichnung beschreibt ein Verfahren induktiver Wegmessung. Dabei werden die Primärwindungen mit einer konstanten Wechselspannung gespeist. Die Primärwindungen erzeugen ein Wechselfeld, worauf sich ein Signal in den Sekundärspulen induziert, dessen Stärke von der Position des Kerns abhängt.

Ein Oszillator regt die Primärspule mittels Wechselstrom konstanter Frequenz an. Daraufhin werden Spannungen in die beiden sekundären Spulen induziert, deren Amplituden von der Position des Kerns abhängen. Eine Bewegung des Kerns erzeugt eine steigende Amplitude in einer Sekundärspule bzw. eine fallende Amplitude in der anderen Sekundärspule. Die Differenz zwischen den beiden Sekundärspannungen ist proportional dem Weg. Bekannte und geschätzte Vorteile der induktiven Wegsensoren sind Robustheit, da das Gehäuse vollständig in Metall ausgeführt werden kann, sowie Zuverlässigkeit bei rauen Bedingungen, hohe Signalgüte und Temperaturstabilität. Die Bandbreite ist auf etwa 300 Hz begrenzt und damit sind diese Sensoren eher nicht für schnelle Prozesse zu bevorzugen. Der Spulenkern ist immer metallisch, weshalb sich magnetische Einflüsse auf das Messergebnis auswirken.

6.12 Seilzugsensoren

Seilzugsensoren



Seilzugsensoren eignen sich vorwiegend für die Messung von linearen und nichtlinearen Bewegungen. Die kompakte Bauform erlaubt eine flexible und einfache Installation. Präzise Messungen werden selbst an schwer zugänglichen Stellen ermöglicht

Besonderheiten

- Einfache Montage
- Hohe Dynamik
- Robustes Aluminiumgehäuse
- Ummanteltes Edelstahl-Meßseil
- Variable AC/DC-Ausgänge
- Hohe Störfestigkeit
- Sonderbauformen
- Bis IP 65

Einsatzgebiete

- Maschinenbau
- Medizintechnik
- Lager- und Fördertechnik
- Hebebühnen, Portalkräne
- Automobilindustrie
- Schienenfahrzeuge
- Sondermaschinenbau
- Gleichlaufüberwachung

Messbereiche	50 / 125 / 150 / 250 / 375 / 500 / 625 / 1250 mm 2 / 2,5 / 3 / 4 / 5 / 6 / 8 / 10 / 15 / 20 / 25 / 30 m 35 / 40 m
Ausgänge	0...10V (galvanisch getrennt) 4...20 mA Potentiometer 1 k Ohm Inkremental (Pulse/mm) Digital-Absolut/Bussysteme
Linearität	±0,10% Analogausgang ±0,05% Digital
Auflösung	bis zu 27 Pulse/mm oder bis 24 Bit
Seilbeschleunigung	max. 170 m/s²
Verfahrgeschwindigkeit	max. 10 m/s
Auszugskraft	je nach Typ
Schutzklasse	IP 65
Betriebstemperatur	-20...+70°C
Betriebsspannung	5 / 11...30 VDC
Gehäuse	Aluminium Titaneloxiert