

2.6 Sensorik

Zur Steuerung, Regelung und Überwachung von Maschinen in der Druckweiterverarbeitung ist es nötig, daß man Informationen über den Zustand des Prozesses oder eines Teilprozesses erhält. Man benötigt elektrische Signale, welche einer physikalischen Größe (z. B. einem Abstand oder einem Drehmoment) entsprechen. In vielen Fällen dient das Signal zur Anzeige eines Meßwertes.

Einen Signalgeber, welcher Abweichungen von vorgegebenen Sollgrößen oder Gegebenheiten anzeigt (z.B. das Vorhandensein eines Buchblocks), nennt man Aufnehmer, Fühler, Sonde oder Sensor¹. Oft kann man durch Kalibrieren² aus Sensorsignalen auch Meßwerte ableiten.

Meßwertgeber und Sensoren sind Bauelemente, deren elektrische Eigenschaften durch elektrische Größen (z.B. einen Strom) oder auch durch nichtelektrische Größen (z. B. eine Kraft) beeinflusst werden. Für die meisten physikalischen Größen gibt es Sensoren. Sie formen elektrische, mechanische, thermische, optische, akustische und chemische Größen in passende elektrische Signale um, zum Teil in mehreren Stufen.

Beispielsweise muß das Papier in einem Trichterfalz immer gleichmäßig gespannt sein. Das Messen der Papierzugspannung ist eine Kraftmessung. Die Kraftmessung wird zunächst durch elastische Verformung einer Feder in einen Weg umgeformt, und dieser Weg ändert über eine Potentiometerverstellung ein Widerstandsverhältnis, welches schließlich zu einem veränderten Spannungsabfall führt (Abb. 2.6-1). Die so veränderte Spannung kann über eine Sendeeinrichtung zur Messung, Steuerung, Regelung oder Überwachung übertragen werden.

Bei Sensoren sind folgende Kriterien besonders wichtig:

- Genauigkeit
- Zuverlässigkeit
- Empfindlichkeit
- Auflösungsvermögen
- Verarbeitungsgeschwindigkeit.

¹ sensus(lat.) = gefühlt

² to calibrate (engl.) = einmessen, Zusammenhang zwischen Meßgröße und Anzeige feststellen

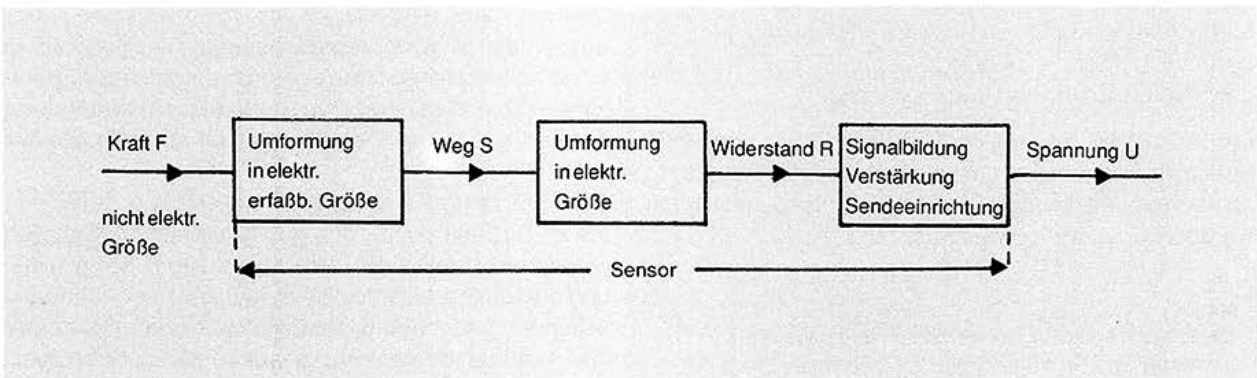


Abb. 2.6-1: Aufbau eines Sensors

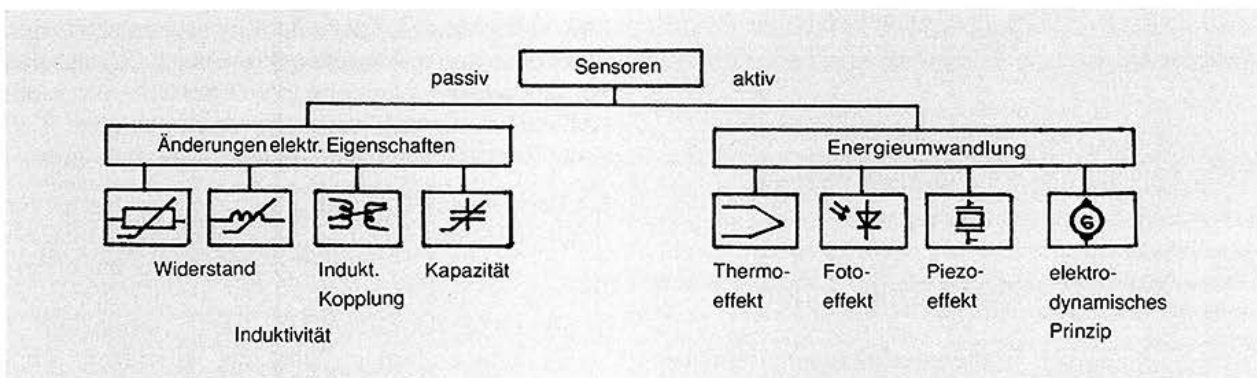


Abb. 2.6-2: Einteilung der Sensoren

Nach statistischen Untersuchungen liegen 90% aller in einer Anlage auftretenden Fehler in der Peripherie, d. h. bei den Sensoren. Dies wird verständlich, wenn man berücksichtigt, daß diese Baugruppen und deren Zuleitungen oft extremen Umweltbedingungen ausgesetzt sind. Ein unbemerkter Ausfall eines Befehlsgebers kann unter Umständen zur Zerstörung von Anlagenteilen führen. Man sollte daher die Funktionsweise und Arten der Sensoren kennen.

Entsprechend der Wirkungsweise bei der Umformung nichtelektrischer Größen in elektrische Größen unterscheidet man zwischen passiven und aktiven Sensoren (Abb. 2.6-2).

Aktive Sensoren formen mechanische Energie, thermische Energie, Lichtenergie oder chemische Energie direkt in elektrische Energie um. Aktive Sensoren sind daher Spannungserzeuger und beruhen auf einem Umwandlungseffekt, wie z. B. Thermoeffekt, Fotoeffekt, Piezoeffekt, elektrodynamisches Prinzip.

Passive Sensoren beeinflussen elektrische Größen durch nichtelektrische Größen, wie z. B. einen Widerstand durch einen Weg. Es erfolgt keine Energieumwandlung. Man spricht deshalb von einer passiven Energieumformung. Damit ein Erfassen der elektrischen Größen des passiven Sensors möglich ist, benötigen diese eine Hilfsstromquelle. Die elektrische Meßgröße des passiven Sensors wird durch eine physikalische, chemische oder mechanische Einwirkung der nichtelektrischen Größen verändert.

Die Abb. 2.6-3 zeigt eine Übersicht über mögliche Sensorausführungen. Obwohl es, wie die Abbildung zeigt, viele Bauformen gibt, kommt die Sensorik mit wenigen Grundprinzipien aus.

Merke

Man unterscheidet zwischen aktiven und passiven Sensoren.

Neben den schon immer verwendeten mechanischen Sensoren, wie Hebel oder Stößel als Tastelement an einer Kurvenscheibe oder einem Kurventrieb, verwendet man an Druckweiterverarbeitungsmaschinen vor allem elektrische, elektronische und pneumatische Sensoren, wobei diese zum Teil gekoppelt sind. Die Abbildung 2.6-4 zeigt eine solche Kopplung in einer Bandkantensteuerung mit Reflexaugen.

2.6.1 Sensoren mit Widerstandsänderungen

Viele physikalische Größen beeinflussen den Widerstand eines elektrischen Bauelements und werden dadurch erfaßbar. Der elektrische Widerstand eines

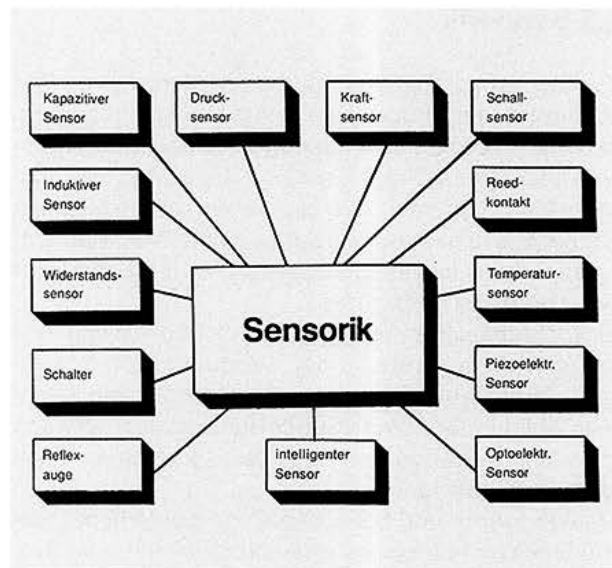


Abb. 2.6-3: Mögliche Sensorausführungen

Leiters ist von seinem Material, von seinem Querschnitt und von der Länge abhängig.

Die wichtigsten Sensoren dieser Art sind Widerstandssensoren, potentiometrische Sensoren, Widerstandsthermometer und Dehnungsmeßstreifen.

Ein einfacher **Widerstandssensor** ist der Schalter in einem elektrischen Stromkreis. Ein geöffneter Schalter stellt einen sehr großen (unendlichen) Widerstand dar, ein geschlossener Schalter ist ein sehr kleiner (kein) Widerstand.

Die Abbildung 2.6-5 zeigt einen solchen Sensor in einem Stromkreis, für den gilt: Nur wenn der Schalter geschlossen ist, fließt Strom in diesem Stromkreis, und die Lampe leuchtet. Beispiele an Druckweiterverarbeitungsmaschinen sind vielfach vorhanden. Der Widerstandssensor wird besonders bei Schutzvorrichtungen verwendet. So schneidet der Planschneider nur, wenn die Zweihand-Schnittauslösung (Schalter) gedrückt ist.

Abb. 2.6-6 zeigt einen Widerstandssensor in einem Klebstoffbehälter. Da auch der Klebstoff zwischen den Elektroden den elektrischen Strom leitet, läßt sich das Vorhandensein ausreichenden Klebstoffs im Klebstoffbehälter kontrollieren. Bei ungenügendem Füllstand (unendlicher Widerstand) erlischt die Lampe.

Ein **Dehnungsmeßstreifen** ist ein elektrisch leitender Draht, der sich aufgrund mechanischer Einflüsse (Druck, Zug, Torsion) dehnt und damit seinen Widerstand verändert. Durch Dehnung wird der Draht verlängert und gleichzeitig im Querschnitt verkleinert. Meist kommen Folien-Dehnungsmeßstreifen (Abb. 2.6-7) zum Einsatz, bei denen ein metallisches Meßgitter in einem galvanischen Verfahren auf eine Trä-

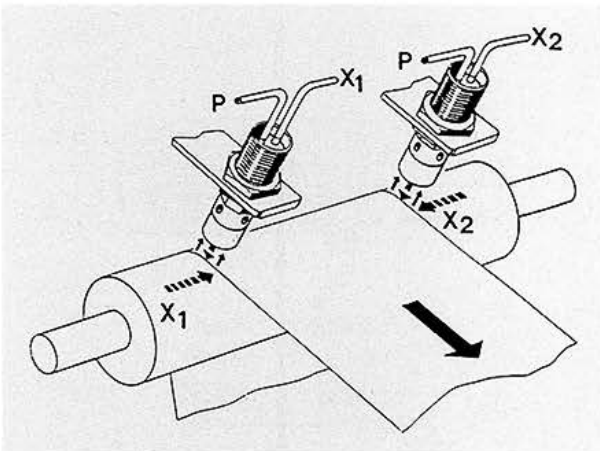


Abb. 2.6-4: Bandkantensteuerung mit Reflexaugen

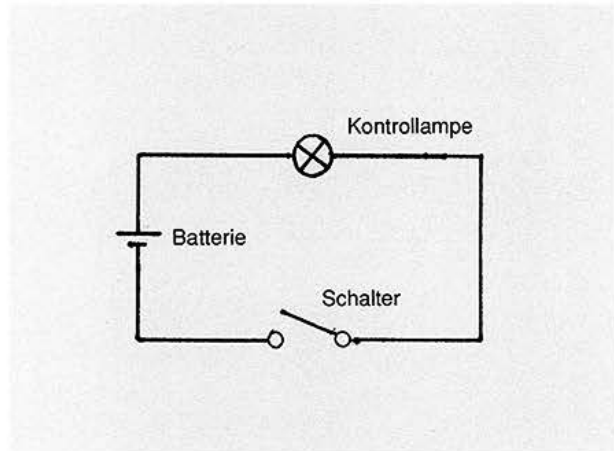


Abb. 2.6-5: Elektrischer Stromkreis mit Sensor

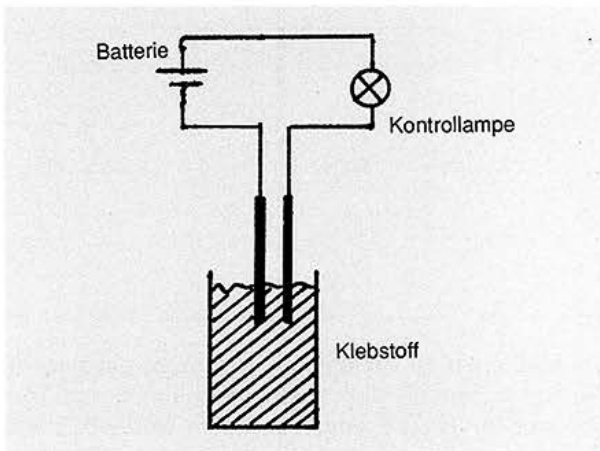


Abb. 2.6-6: Klebstoffkontrolle

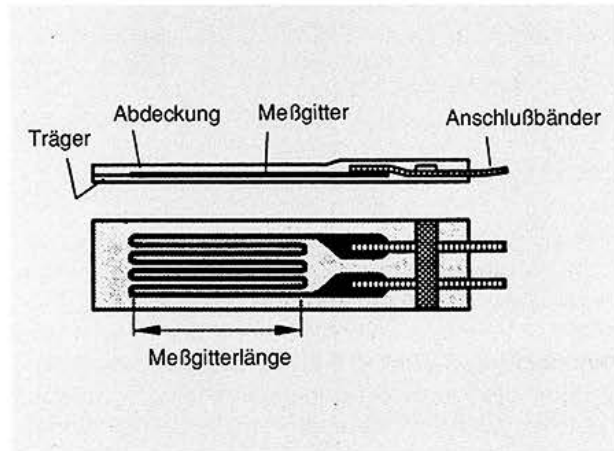


Abb. 2.6-7: Folien-Dehnungsmeßstreifen

gerfolie aufgetragen wird. Um kleine Baulängen von wenigen Millimetern zu erhalten, sind die Leitungswege mäanderförmig¹ aufgebracht, und zwar in Längsrichtung sehr dünn und in den Umkehrschleifen, also in Querrichtung, sehr breit. Durch die Mäanderform erreicht man eine große wirksame Leiterlänge. Die Widerstandsänderung ist bei der Dehnung in Längsrichtung entsprechend hoch und bei etwaigen Querdehnungen sehr gering. Die Meßstreifen müssen mit großer Sorgfalt auf das Meßobjekt geklebt werden und erhalten zum mechanischen Schutz einen Kitt oder eine Metallkapsel. Der Sensor wird z. B. zur Luftdrucküberwachung an Druckweiterverarbeitungsanlagen eingesetzt.

¹ Mäander (nach dem Fluß in Kleinasien) = geschlängelter Flußlauf

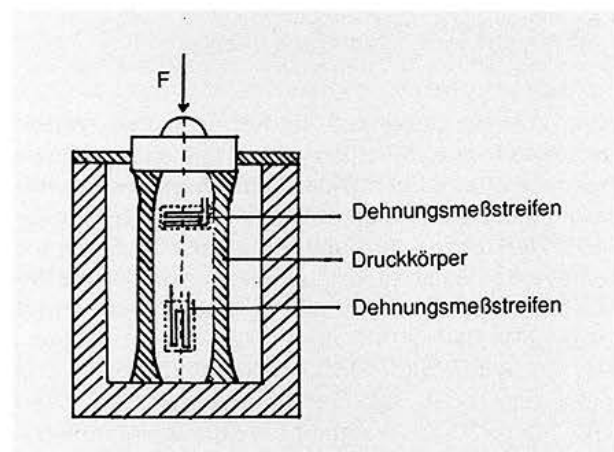


Abb. 2.6-8: Kraftmeßdose mit Dehnungsmeßstreifen

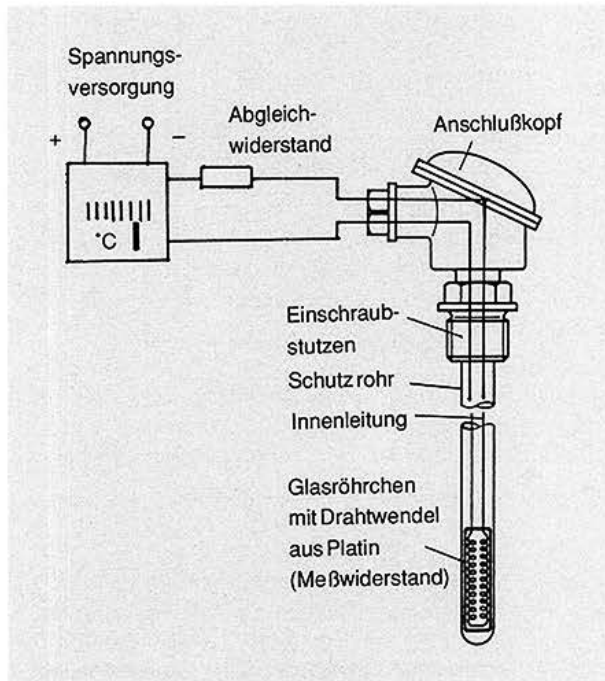


Abb. 2.6-9: Widerstandsthermometer

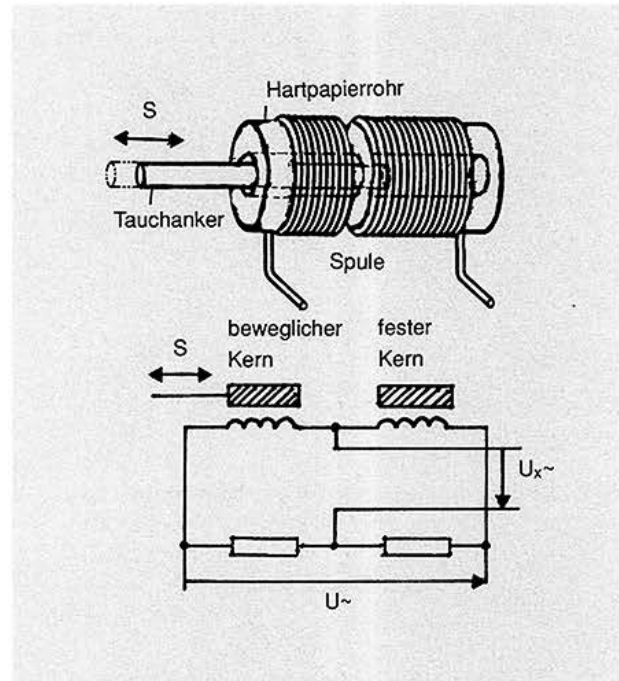


Abb. 2.6-10: Aufbau und Schaltung eines Tauchankersensors

Kraftmeßdosen (Abb. 2.6-8) mit Dehnungsmeßstreifen enthalten je zwei Dehnungsmeßstreifen, die auf Stauchung und auf Zug reagieren. Die Dehnungsmeßstreifen sind auf einen Druckkörper aufgeklebt und erlauben Kräftermessungen bis über 1000 kN. Sie werden z. B. zur Kraftmessung an Prägepressen und als Wägezellen für elektronische Waagen verwendet.

Merke

Ein Dehnungsmeßstreifen oder ein Reckdraht ändert seinen Widerstand infolge der mechanischen Verformung beim Dehnen, also durch mechanische Beeinflussung.

Unter Temperatureinfluß ändert sich der Widerstandswert von Metallen und Halbleitern. Diese Eigenschaft wird beim **Widerstandsthermometer**, wie es die Abb. 2.6-9 zeigt, ausgenutzt. Durch Messen des Widerstandes wird über eine geeichte Skala die Temperatur bestimmt. Temperaturmessungen mit Widerstandsthermometern sind in einem Bereich von minus 220° Celsius bis plus 1000° Celsius möglich. Als Meßwiderstand wird überwiegend Platin und Nickel verwendet. Halbleiterthermometer verwenden NTC- oder PTC-Widerstände als Sensorelement. Sie haben einen Meßbereich von minus 70° Celsius bis plus 300° Celsius.

Um Meßfehler zu vermeiden, wird meist ein zweiter Sensor außerhalb des Meßobjekts angebracht. An Druckweiterverarbeitungsmaschinen werden solche Meßeinrichtungen zur Temperaturregelung (Sollwertgeber) bei der Hotmelt-Klebung verwendet, in Temperaturregelkreisen oder zur Feuchte- und Temperaturbestimmung in einem Papierstapel.

Der **potentiometrische Sensor** ermöglicht das Messen eines zurückgelegten Weges. Durch mechanisches Verschieben oder Verändern des Potentiometerabgriffs ändert sich die Spannung. Der Weg kann durch eine Spannungsmessung bestimmt werden. In der Druckweiterverarbeitung wird der potentiometrische Sensor verwendet, z. B. zur Steuerung des Satzels beim Planschneider.

2.6.2 Induktive Sensoren

Verwendet man statt einer Gleich- eine Wechselspannung, kommen Wechselstromwiderstände als Sensoren in Betracht. Sie werden als kapazitive und induktive Sensoren bezeichnet und finden sich vielfältig in Druckweiterverarbeitungsmaschinen. Induktive Sensoren beruhen auf einer Veränderung der Induktivität, der induktiven Kopplung oder der Wirbelstrombil-

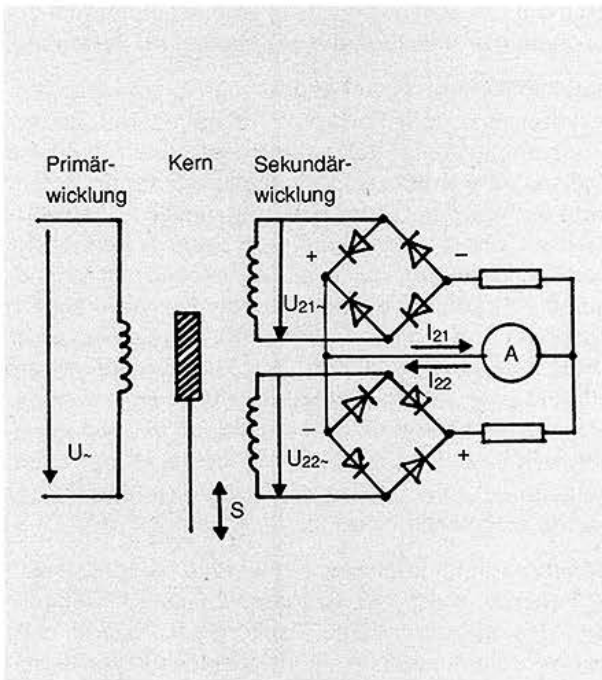


Abb. 2.6-11: Differentialtransformator

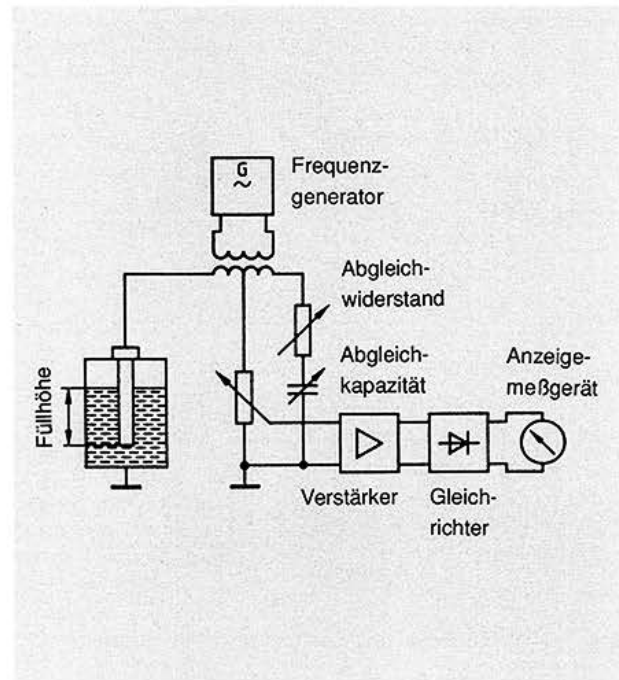


Abb. 2.6-12: Kapazitiver Füllhöhenmesser mit Meßanlage

dung. In der Druckweiterverarbeitung finden besonders induktive Wegsensoren und Dickenmeßsonden Verwendung.

In Klebebindeanlagen wird über sogenannte Induktivegeber in Form von Geberwellen (dies ist eine Welle mit Nocken) z.B. das Vorhandensein eines Buchblocks gemeldet. Dadurch werden Fotozellen aktiviert, die wiederum die exakte Positionierung melden. Abweichungen von eingegebenen Sollwerten (der Buchblock ist z.B. schief) führen, je nach Programmierung der Steuerung, zum Stoppen der Maschine oder zur Ausschleusung des fehlerhaften Buchblocks.

Tauchankersensoren (Abb. 2.6-10) eignen sich zur Wegerfassung für Meßlängen von 50 bis 1500 mm. Sie bestehen aus einem Rohr, auf das eine Meßwicklung aufgebracht ist. Ein Tauchanker verändert je nach Eintauchtiefe im Spulenkern die Induktivität der Meßwicklung.

Differentialtransformatoren bestehen aus einem beweglichen ferromagnetischen Kern und zwei Ausgangsspulen. Das Meßprinzip beruht auf einer Veränderung der magnetischen Kopplung zwischen der Eingangsspule und der Ausgangsspule (Abb. 2.6-11). Verschiebt man den Kern, zeigt der Strommesser die Richtung der Verschiebung und bei entsprechender Eichung die Wegstrecke an.

2.6.3 Kapazitive Sensoren

Kapazitive Sensoren reagieren auf Kapazitätsänderungen. Diese werden durch Veränderung der Elektrodenabstände oder des Dielektrikums¹ hervorgerufen. Bei Flachstapelanlegern wird z.B. der kapazitive Sensor (Taster) zur Höhenfeststellung des Papierstapels eingesetzt. Bei Rundstapelanlegern steuern sie den Stapelvorschub zum Saugrad. Neuere Falzmaschinen verwenden Reflexionslichtschranken zur Überwachung des Bogendurchlaufs.

Bei kapazitiven Drucksensoren ändern Druckkräfte den Abstand der Kondensatorplatten. Dadurch ändert sich der kapazitive Blindwiderstand des Sensors. Die Änderung wird über eine Wechselspannungsmeßbrücke erfaßt.

Für isolierende Flüssigkeiten verwendet man kapazitive Füllhöhenmesser. Die Behälterwand und eine eingeführte Elektrode wirken als Kondensatorplatten, die Flüssigkeit als Dielektrikum. Die Kapazität des Kondensators ist dann von der Füllhöhe der enthaltenen Flüssigkeit abhängig. Abb. 2.6-12 zeigt einen kapazitiven Füllhöhenmesser mit Meßanlage.

¹ Material zwischen den Kondensatorplatten

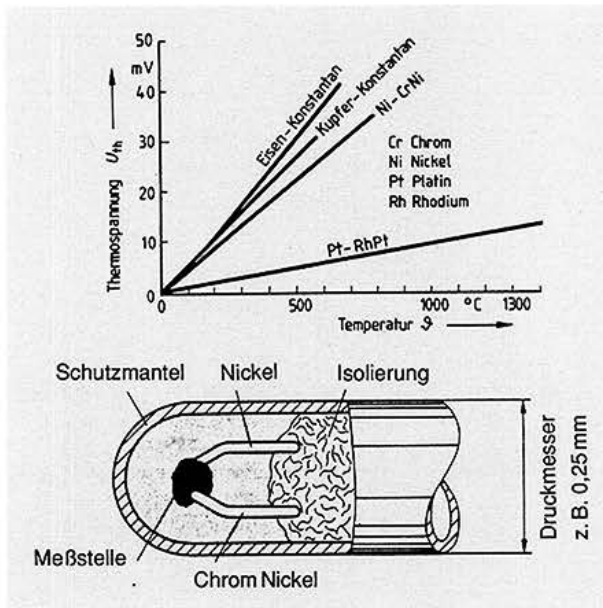


Abb. 2.6-13: Thermospannungen und Mantelthermoelement

2.6.4 Ultraschallsensoren

Ultraschallsensoren werden zur Distanzmessung, z. B. zur Stapelhöhenmessung im Bereich von 50 bis 2000 mm, eingesetzt. Sie arbeiten unabhängig von Material, Farbe und Oberflächenbeschaffenheit des Objekts und werden dort eingesetzt, wo optische Näherungsschalter wegen störendem Hintergrund nicht verwendet werden können.

2.6.5 Aktive Sensoren

Thermoelemente bestehen aus zwei verschiedenen Metalldrähten (z. B. Eisen und Konstantan), deren Enden an einer Seite miteinander verlötet oder verschweißt sind. Erwärmt man die Verbindungsstelle, so kann man an den freien Enden eine Gleichspannung abnehmen. Die Thermospannung steigt mit wachsender Temperatur. Thermospannungen verschiedener Thermopaare und ein Mantelthermoelement zeigt Abb. 2.6-13.

Piezelektrische Sensoren erzeugen bei Belastung durch Zugkräfte, Druckkräfte oder Schubkräfte eine elektrische Ladung. Durch die Kraftwirkung werden die negativen Gitterpunkte (Abb. 2.6-14) gegen die positiven Gitterpunkte verschoben. An den Oberflächen der Kristallscheibe sind dann Ladungsunterschiede als Spannung zwischen den Belägen meßbar. Sie finden Verwendung als Piezodrucktaster (Folientasten). Das Tastelement besteht aus einer ca. 0,15 mm dünnen Piezokeramikfolie. Verformt man das

Element um weniger als 15μ , so entsteht bereits ein genügend großes Signal zum Schalten zur Verfügung.

Induktionssensoren verwendet man in der Druckweiterverarbeitung in Form von Tachogeneratoren zur Drehzahlmessung von Maschinen. Sie sind wie Gleich- oder Wechselspannungsgeneratoren aufgebaut und werden häufig zusammen mit den Antriebsmotoren als ein Bauelement hergestellt. Kenngröße des Tachogenerators ist der Tachokoeffizient (KT). Er gibt die Spannung bezogen auf die Drehzahl an. Ein Tachogenerator mit $KT = 0,01 \text{ V/min}^{-1}$ liefert bei einer Drehzahl von $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ die Tachospannung von 10 V. Man findet ihn z. B. beim Falzkleben in Falzmaschinen. Er sendet eine Spannung an das Steuergerät, was bewirkt, daß der Leimstrich auch bei wechselnden Falzgeschwindigkeiten mit gleichbleibender Länge aufgetragen wird.

Sensoren mit Fotoelementen werden beispielsweise in **Feuersensoren** der Brandmeldeanlagen verwendet. Das niederfrequente Flackern der Flamme wird mit Fotoelementen in ein Wechselspannungssignal umgewandelt und verstärkt. Ein nachfolgender Schwellwertschalter löst Alarm aus, wenn mehrere Sekunden flackerndes Licht auf das Fotoelement fällt. Fotosensoren werden auch zur Doppelbogenkontrolle an Falzmaschinen verwendet.

2.6.6 Optoelektronische Sensoren

Optoelektronische Sensoren spielen in der Druckweiterverarbeitung eine besonders große Rolle. Fotosensoren werden als Näherungsschalter oder in Form von Reflexionslichtschranken eingesetzt. Optoelektronische Sensoren bestehen aus einem Sender, der gepulstes Infrarotlicht ausstrahlt, und einem Empfänger, der dieses Licht empfängt und in elektrische Signale umwandelt. Der optoelektronische Sensor trifft eine Auswertung zwischen „Licht empfangen“ und „kein Licht empfangen“. Durch Beeinflussung des optischen Strahlengangs können somit berührungslos mechanische Abläufe erfaßt, kontrolliert und gesteuert werden.

Der **optoelektronische Näherungssensor** dient zum Abtasten von seitlich und frontal anfahrenen Objekten und zur Hell-Dunkel-Unterscheidung. Er wird z. B. zur Abrißkontrolle oder zur Rollendickenkontrolle (Abb. 2.6-15) eingesetzt. Sender und Empfänger befinden sich im selben Gehäuse. Das zu detektierende Objekt (Papierband) wirkt selbst als Reflektor. Das Abtastverhalten ist dabei von der Größe und Oberflächenbeschaffenheit des Abtastobjekts abhängig.

Die **Reflexions-Lichtschranke**, auch fotoelektronischer Reflexionstaster genannt, wird zur Abtastung der Stapelhöhe und Zählung von Büchern z. B. in

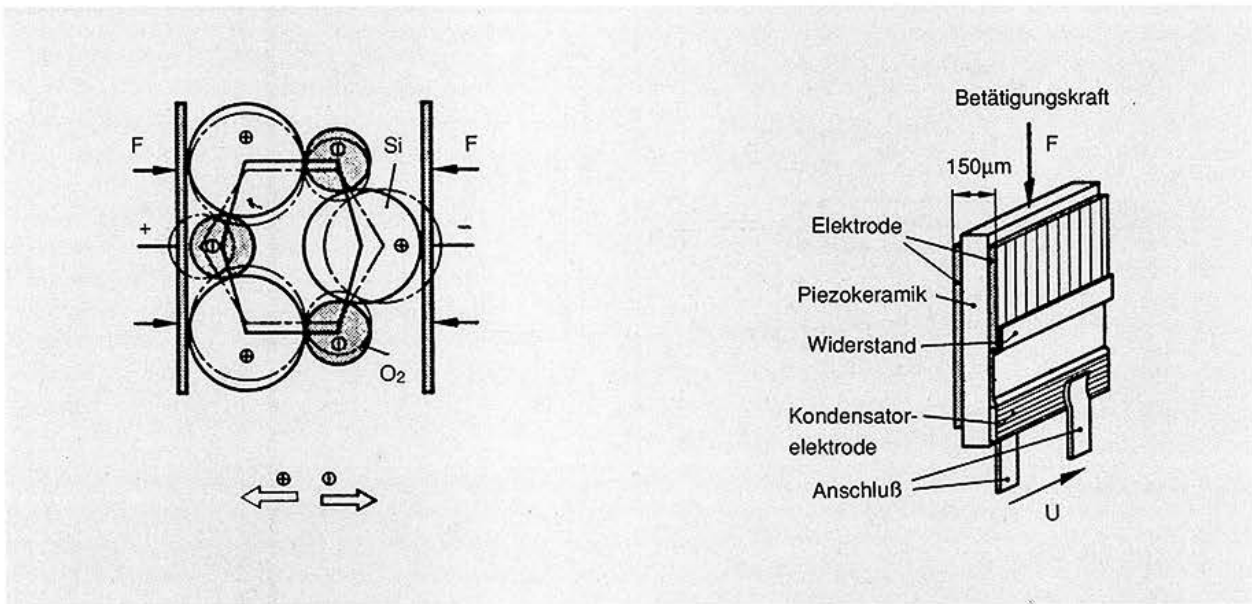


Abb. 2.6-14: Längseffekt bei Quarz

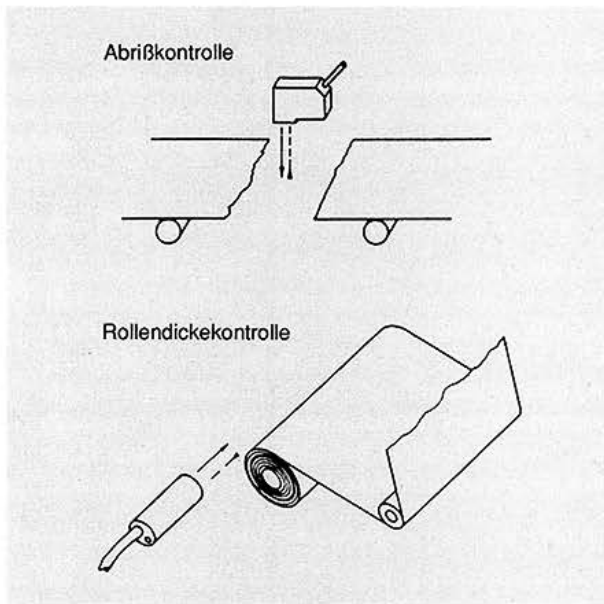


Abb. 2.6-15: Abriß- und Rollendickenkontrolle mit optischem Näherungssensor

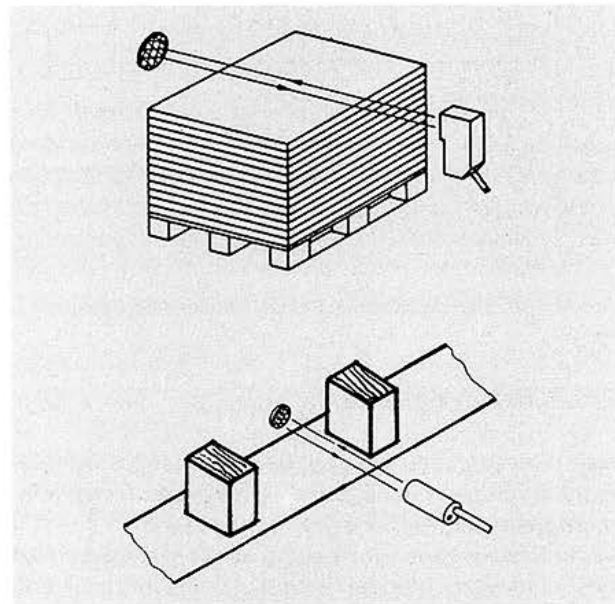


Abb. 2.6-16: Abtastung der Stapelhöhe und Zählung von Objekten mit der Reflexionslichtschranke

Klebebindemaschinen verwendet (Abb. 2.6-16). Der Lichtstrahl wird vom Sender auf den Reflektor und von diesem zurück auf den Empfänger geworfen. Der Lichtweg wird vom Abtastobjekt (Buch) unterbrochen. Der Ausgang schließt, wenn das Buch den Lichtstrahl freigibt. Beim Falzkleben meldet der fotoelektronische Reflexionstaster den Falzbogen, steuert den Vor-

lauf (z.B. 100 mm) und auch die Leimlänge (z.B. 120 mm). In Falzmaschinen steuert er das Falzschwert. Er meldet den Bogen an die Steuerung, die das Falzschwert zum richtigen Zeitpunkt absenkt. In Schuppen- und Stehendbogenauslegern steuern Reflexionstaster als Melder den Antrieb der Auslagebänder in Abhängigkeit von der Materialzuführung.

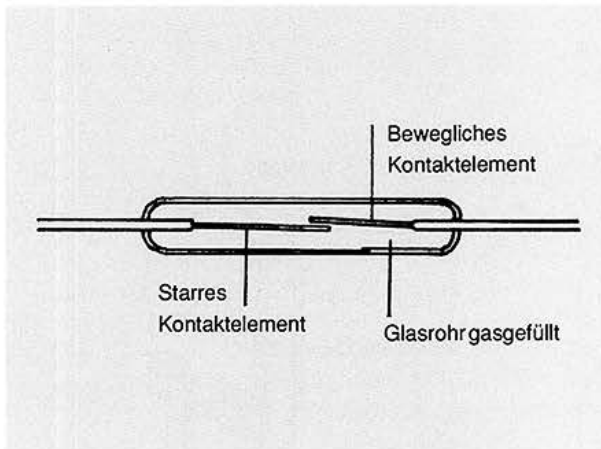


Abb. 2.6-17: Reedschalter

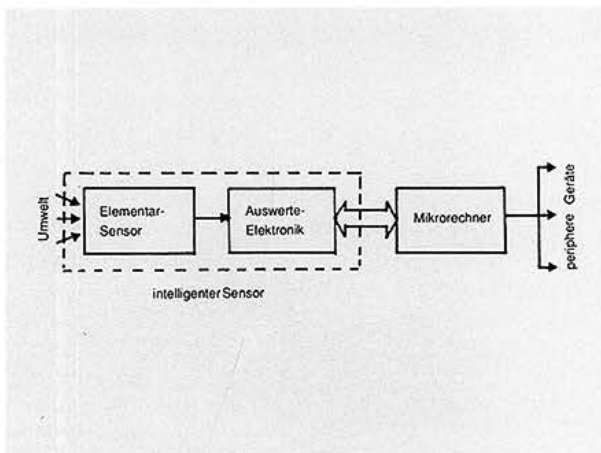


Abb. 2.6-18: Schemazeichnung eines intelligenten Sensors

2.6.7 Reed Schalter

Beim Reedschalter wird ein bewegliches Kontaktelement durch ein Magnetfeld an ein starres Kontaktelement gedrückt (Abb. 2.6-17).

In der Druckweiterverarbeitung wird er hauptsächlich bei Schutzvorrichtungen eingesetzt. Er überprüft beispielsweise, ob ein Schutzgitter geschlossen ist.

2.6.8 Intelligente Sensoren

Zunehmend werden in der Druckweiterverarbeitung intelligente Sensoren verwendet (Abb. 2.6.18). Intelligente Sensoren bestehen aus dem eigentlichen Sensor, einer Auswertelektronik und einem Chip, der in der Lage ist, das vom Sensor gelieferte Signal zu verstärken und evtl. zu verformen. In Verbindung mit einem Mikrorechner können dann komplexe Steuerungen oder Korrekturen vorgenommen werden. ■