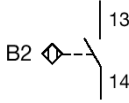




# Lösungsblatt

## Thema: Näherungssensoren

### Merkmale von Näherungssensoren

- a) 
- b) Näherungssensoren werden mit dem Buchstaben B gekennzeichnet, weil sie eine physikalische Größe in eine elektrische Größe umwandeln.
- c) Näherungssensoren sind kontaktlos und verschleißlos bzw. verschleißarm (Reed-Kontakt). Dadurch ist die Lebensdauer deutlich höher als bei einem mechanischen Endlagentaster. Nachteilig ist jedoch, dass Näherungssensoren in der Regel um rund 30% teurer sind.
- d) Neben einem Digitalsignal sind auch die genormten Analogsignale möglich, um den Abstand eines Werkstücks bzw. dessen Beschaffenheit zu erfassen. In diesem Fall wird auf die genormten Signale zurückgegriffen: 0 V ... 10 V, 0 mA ... 20 mA oder 4 mA ... 20 mA.
- e) Näherungssensoren erkennen Werkstoffe je nach Einstellung unterschiedlich gut. Mit Schaltabstand wird daher der Abstand zwischen einem Material, das sich dem Sensor/Schalter nähert und dem Sensor/Schalter genannt, ab dem dieses eindeutig registriert wird und der Schaltausgang des Sensors/Schalters schaltet.
- f) **Magnetischer Näherungssensor:** Hier muss zwischen dem Reed-Kontakt und dem magneto-resistiven Näherungssensor unterschieden werden. Bei einem **Reed-Kontakt** befinden sich in einer mit Edelgas gefüllten Glasampulle zwei dünne, flache Kontakte. Kommt ein Magnetfeld in die Nähe der Kontakte, ziehen sich die beiden Kontakte magnetisch an und schließen dadurch den Kontakt. Wird das Magnetfeld entfernt, federn die Kontakte wieder in ihre Ausgangsstellung zurück. Wenngleich der Reed-Kontakt kontaktlos (ohne mechanische Betätigung) schaltet, ist er ein mechanischer Schalter und damit in seiner Lebenszeit entsprechend begrenzt (ca.  $10^7$  Schaltspiele). **Magneto-resistive Näherungssensoren** arbeiten dagegen mit einem Halbleitermaterial, das seinen Widerstand in Abhängigkeit des vorhandenen magnetischen Feldes ändert. Diese Änderung wird ausgewertet und als digitales oder analoges Signal am Ausgang bereitgestellt. Der magneto-resistive Näherungssensor besitzt eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer (ca.  $10^{10}$  Schaltspiele), benötigt aber eine Spannungsversorgung. Vorteilhaft ist dabei gegenüber dem Reed-Kontakt, dass der elektronische Sensor schlagunempfindlich ist und einen deutlich schmaleren Schaltbereich besitzt. Nachteilig ist, dass er rund 30% teurer ist. Beide Sensoren reagieren auf Magnetfelder.
- Induktiver Näherungssensor:** Ein Oszillator erzeugt ein elektromagnetisches Wechselfeld, das aus der aktiven Fläche austritt. In jedem sich nähernden elektrisch leitenden Metall werden dadurch Wirbelströme induziert, die dem Oszillator Energie entziehen. Die daraus resultierende Pegeländerung am Oszillatorausgang wird über eine auswertende Elektronik am Schaltausgang bereitgestellt. Durch seinen berührungslos arbeitenden, nichtmechanischen Aufbau ist seine Lebensdauer nahezu unbegrenzt (ca.  $10^{10}$  Schaltspiele). Der induktive Näherungssensor benötigt eine Spannungsversorgung und erkennt alle elektrisch leitenden Metalle.
- Kapazitiver Näherungssensor:** Am Kopf des Sensors befindet sich ein elektrisches Feld. Er verhält sich wie ein Kondensator, der Bestandteil eines Schwingkreises ist. Wird die Kapazität des Kondensators durch einen Werkstoff verändert, wird diese Änderung am Schaltausgang als Signal dargestellt. Da der Sensor stark von der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  abhängig ist, können die Schaltabstände, also die Erkennbarkeit eines Werkstoffes, stark schwanken. Der kapazitive Näherungssensor benötigt eine Spannungsversorgung und erkennt nahezu alle Werkstoffe in Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  unterschiedlich gut.

## Materialerkennung

	Metall	Kunststoff	Wasser	Glas
<b>Kapazitiver Näherungssensor</b>	sehr gut	gut	sehr gut	gut
<b>Induktiver Näherungssensor</b>	sehr gut, je leitfähiger, desto besser	nein	nein	nein
<b>Reed-Kontakt</b>	gut, wenn magnetischer Werkstoff	nein	nein	nein

## Drehzahlmessung

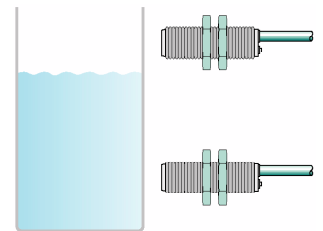
- Da die Zähne des Zahnrades den Abstand zum Näherungssensor verringern, wird der Sensor bei Drehung des Rades bei jedem Vorbeidrehen eines Zahns je einen Schaltimpuls abgeben. Somit ist die Frequenz der Ausgangsimpulse ein Maß für die Drehgeschwindigkeit. Zu beachten ist dabei, dass der Schaltabstand des Sensors so eingestellt werden muss, dass dieser nur bei Anwesenheit eines Zahns schaltet.
- Je nach Material des Zahnrades kann ein kapazitiver oder ein induktiver Näherungssensor verwendet werden.
- Bei hohen Drehzahlen kommt es bei dem vorgestellten Verfahren zu sehr hohen Frequenzen am Ausgang des Sensors.

$$\text{Schaltfrequenz} = \frac{\text{Drehzahl pro Minute} \cdot \text{Anzahl der Zahnradzähne}}{60 \text{ Sekunden pro Minute}}$$

In diesem Fall ist es einfacher, nur je einen Impuls je Umdrehung zu zählen. Dies kann z.B. geschehen, wenn an dem Zahnrad ein Magnet befestigt wird, der einen Reed-Kontakt betätigt.

## Füllstandsmessung

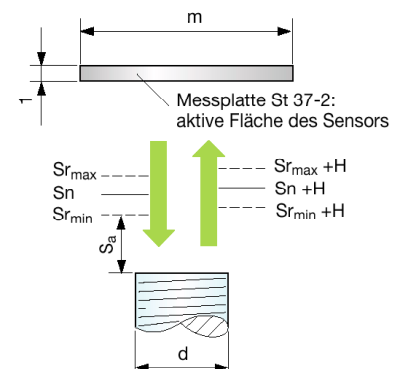
Kapazitive Näherungssensoren erkennen Wasser. Wird je ein Sensor an den gewünschten Minimal- und Maximalfüllständen angebracht, kann der Füllstand ermittelt werden.



## Schaltabstand

- Bemessungsschaltabstand  $S_n$ :** Gibt an, ab welchem Abstand eine Messplatte aus St37-Stahl bei direktem Annähern von dem Sensor erkannt wird und einen Schaltvorgang zur Folge hat. Dieser Kennwert berücksichtigt weder Fertigungstoleranzen noch Abweichungen durch Temperatur oder Spannungen. Wird unter Laborbedingungen ermittelt.

**Gesicherter Schaltabstand  $S_a$ :** Schaltabstand zwischen Messplatte und Sensor, bei dem der Sensor innerhalb der zulässigen Betriebsbedingungen arbeitet. Diese Angabe beschreibt somit den Abstand, bei dem der Sensor die Messplatte, die sich dem Sensor nähert, unter Anlagenbedingungen „spätestens“ sicher erfasst.



**Reproduzierbarkeit des Schaltwertes:** Abweichung der ermittelten Schaltabstände bei einer Wiederholung des Messvorgangs.

**Hysterese:** Die Hysterese beschreibt die Abweichung des Schaltabstandes beim Annähern und wieder Entfernen der Messplatte vom Sensor.

- b) Der Sensor ist vom Hersteller so eingestellt worden, dass er ein Werkstück, das der Messplatte entspricht, bei einem Bemessungsabstand von 1,5 mm unter idealen Bedingungen erkennt. Da im realen Prozess jedoch mit widrigen Bedingungen zu rechnen ist (Umgebungstemperatur  $\lt \gt 20$  °C, Versorgungsspannung nicht konstant, usw.), gibt der gesicherte Schaltabstand den Wert an, dass die Messplatte bei einem Abstand von 1,21 mm sicher erkannt wird, wenn sich die Betriebsbedingungen innerhalb der angegebenen Werte bewegen.

Betriebsbedingungen können z.B. sein:

- Versorgungsspannung: 15 V ... 34 V
- Umgebungstemperatur: -25 00 ... +85 °C.

Der Schaltabstand variiert dabei bei dem dargestellten Sensor von Werkstück zu Werkstück um  $\pm 0,075$  mm. Dies entspricht 5% des Bemessungswertes.

Durch die Hysterese schaltet der Sensor den Schaltausgang auf 0, wenn das Werkstück bei „sich wieder entfernen“ 0,01 mm bis 0,33 mm weiter entfernt ist, als bei „sich nähern“.

## Reduktionsfaktor

- a) Da in der Tabelle lediglich Metalle aufgeführt sind, ist daraus zu schließen, dass es sich um einen induktiven Näherungssensor handelt.

b)

Werkstoff	Schaltabstand ( $S_n = 1,7$ mm)
Stahl St37	1,7 mm
Edelstahl St18/8	1,19 mm
Messing	0,68 mm
Aluminium	0,68 mm
Kupfer	0,51 mm

- c) Der Reduktionsfaktor gibt an, um wie viel geringer der Schaltabstand, bezogen auf ein Material im Vergleich zu Stahl St37, ist. Wenn der Schaltabstand für St37 laut Aufgabe 1,7 mm beträgt, so ist er für Kupfer  $0,3 \cdot 1,7$  mm = 0,51 mm. Ein Kupferwerkstück wird also bei einer Annäherung erst bei einem deutlich geringeren Abstand erkannt. Dies kann z.B. zur Unterscheidung metallischer Werkstücke eingesetzt werden, indem diese in konstantem Abstand, z.B. 1 mm, an dem Sensor vorbei transportiert werden. Da z.B. bei Kupfer der Schaltabstand deutlich geringer ist als bei Stahl St37, wird somit der Stahl erkannt, Kupfer nicht.

## Endkontrolle

Der kapazitive Sensor kann so eingestellt werden, dass er den Karton nicht erfasst. Befindet sich in einem Karton eine Glühlampe, besitzt der Sensor 1-Zustand - ist keine Glühlampe im Karton, besitzt der Sensor 0-Zustand. Ein induktiver Sensor wäre für die Erkennung nicht geeignet, da er für die Erfassung der Glühwendel nicht ausreichend sensibel ist und ihr Schaltabstand zu gering ist.

## Bohrtisch

- a) Der Durchlichtmesstab wird auch als optisch-inkrementaler Weggeber bezeichnet. Dabei wird ein durchsichtiger Glasstab verwendet, auf dem in konstantem Abstand lichtundurchlässige Striche aufgebracht sind. Mit Hilfe einer Abtasteinrichtung wird die Bewegung des Stabes ausgewertet. Die Abtasteinrichtung besteht aus einer Lichtquelle (Sender) und zwei „Lichtempfängern“, die mit Hilfe einer Optik und einer Elektronik die Geschwindigkeit und die Richtung des Stabes ermitteln kann. Da der Bohrtisch in zwei Richtungen bewegt werden kann, muss für jede Richtung (x- und y-Achse) je ein Weggeber verwendet werden.
- b) Optisch-inkrementale Weggeber sind sehr einfach konstruiert und günstig, da sie in vielen Geräten eingesetzt werden (z.B. Scroll-Rad von PC-Mäusen). Nachteilig ist, dass die Bewegungsrichtung bei schnellen Bewegungen unter Umständen nicht korrekt ausgewertet wird. Dadurch kann es zu Ungenauigkeiten kommen. Dem kann durch Referenzpunkte entgegengewirkt werden.

## Sortieranlage

Es soll zwischen Metall und Kunststoff unterschieden werden. Daher ist eine Kombination aus einem kapazitiven und einem induktiven Näherungssensor sinnvoll. Der kapazitive Sensor erfasst beide, der induktive nur metallische Materialien. Aus den Sensorsignalen lässt sich das Material ableiten:

Induktiver Sensor	Kapazitiver Sensor	Material
0	0	Kein Material vorhanden
0	1	Kunststoff
1	1	Metall

## Werkstückabstand

- a) Der Reduktionsfaktor von Messing wird mit 0,35 bis 0,5 angegeben. Für die dargestellte Messung ergibt sich somit:

$$s_{\min} = 0,35 \cdot s_N$$

$$s_{\min} = 0,35 \cdot 200 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{s_{\min} = 70 \text{ mm}}}$$

$$s_{\max} = 0,5 \cdot s_N$$

$$s_{\max} = 0,5 \cdot 200 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{s_{\max} = 100 \text{ mm}}}$$

Daraus folgt, dass ein Messingwerkstück bei einem Abstand von weniger als 100 mm erkannt werden kann, aber erst bei einem Abstand von weniger als 70 mm sicher erkannt wird.

- b) Um die Werkstücke sicher zu erfassen, sind zwei Lösungsansätze möglich:

I) Es kann ein Sensor mit einem größeren Schaltabstand gewählt werden. In der Aufgabe ist angegeben, dass es Sensoren mit einem Nennschaltabstand von bis zu 250 mm gibt. Unter Berücksichtigung des Reduktionsfaktor 0,35 ergibt sich damit

$$s_{\min} = 0,35 \cdot s_N$$

$$s_{\min} = 0,35 \cdot 250 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{s_{\min} = 87,5 \text{ mm}}}$$

Da der Abstand der Werkstücke mit 100 mm angegeben ist, ist dieser Lösungsansatz somit nicht möglich.

II) Da auch mit einem Sensor mit größerem Nennschaltabstand keine befriedigende Lösung herbeigeführt wurde, muss der Abstand zwischen dem Sensor und dem Werkstück auf weniger als 70 mm verringert werden.

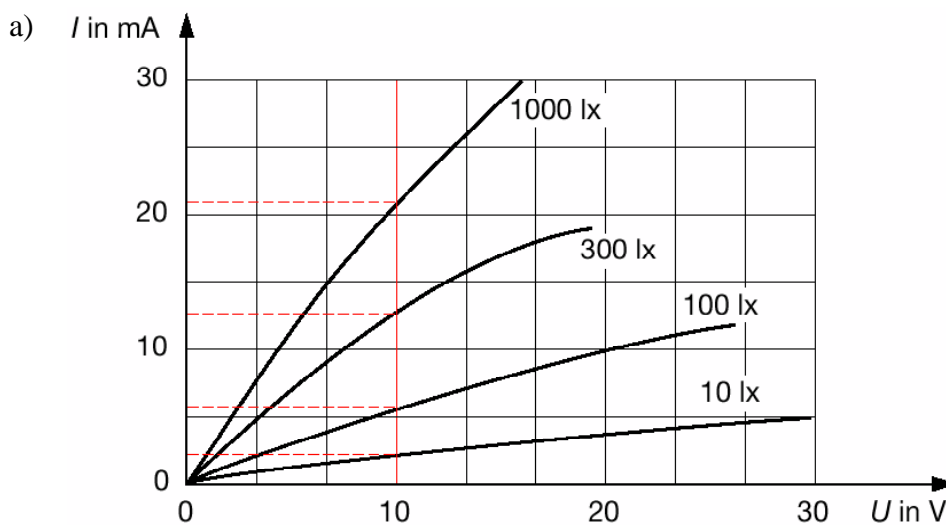
Bei Verwendung eines Sensors mit einem Schaltabstand von 250 mm muss der Abstand zum Werkstück nur auf 87,5 mm reduziert werden.

## LDR-Widerstandskennlinie

$$10 \text{ lx} \Rightarrow 6,3 \text{ k}\Omega$$

$$10^3 \text{ lx} \Rightarrow 70 \Omega$$

## LDR-Strom-Spannungs-Kennlinie



$$1000 \text{ lx} \Rightarrow 476 \Omega$$

$$300 \text{ lx} \Rightarrow 769 \Omega$$

$$100 \text{ lx} \Rightarrow 1,7 \text{ k}\Omega$$

$$10 \text{ lx} \Rightarrow 5 \text{ k}\Omega$$

b)  $R_{\text{LDR}}$  ist nicht linear, mit zunehmender Beleuchtungsstärke sinkt der Widerstand.

$$c) \quad P = \frac{U^2}{R} \quad U = \sqrt{P \cdot R}$$

$$1000 \text{ lx} \Rightarrow U = 6,9 \text{ V}$$

$$300 \text{ lx} \Rightarrow U = 8,8 \text{ V}$$

$$100 \text{ lx} \Rightarrow U = 13,0 \text{ V}$$

$$10 \text{ lx} \Rightarrow U = 22,3 \text{ V}$$

## Überwachung der Beleuchtungsstärke

a) Einschalten:

$$R = \frac{24 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} ; R = 240 \Omega ; R_1 = 240 \Omega - 140 \Omega ;$$

$$R_1 = 100 \Omega ;$$

$$\text{aus Diagramm: } E_{\text{ein}} = 100 \text{ lx}$$

b) Ausschalten:

$$R = \frac{24 \text{ V}}{0,05 \text{ A}} ; R = 480 \text{ } \Omega ; R_1 = 480 \text{ } \Omega - 140 \text{ } \Omega ;$$

$$R_1 = 340 \text{ } \Omega ; \quad \text{aus Diagramm: } E_{\text{aus}} = 20 \text{ lx}$$

## LDR im Spannungsteiler

$$\begin{aligned} E \uparrow &\Rightarrow R_{\text{LDR}} \downarrow && \text{(aus Kennlinie des LDR)} \\ &\Rightarrow R_{\text{ges}} \downarrow && \text{(aus } R_{\text{ges}} = R + R_{\text{LDR}} \text{ und } R = \text{konst.)} \\ &\Rightarrow I \uparrow && \text{(aus } I = U_{\text{ges}} / R_{\text{ges}} \text{ und } U_{\text{ges}} = \text{konst.)} \\ &\Rightarrow U_{\text{R}} \uparrow && \text{(aus } U_{\text{R}} = I \cdot R \text{ und } R = \text{konst.)} \\ &\Rightarrow U_{\text{LDR}} \downarrow && \text{(aus } U_{\text{LDR}} = U_{\text{ges}} - U_{\text{R}} \text{ und } U_{\text{ges}} = \text{konst.)} \end{aligned}$$

## Rufanlage mit Signalspeicherung

Wenn der Taster S2 nicht betätigt ist, fließt auf Grund des nicht beleuchteten LDR durch P1 kein nennenswerter Strom ( $R_{\text{LDR}}$  ist hochohmig).

Wenn S2 betätigt wird, wird der LDR überbrückt, die Lampe P1 leuchtet, der LDR wird beleuchtet, sein Widerstand sinkt, so dass die Lampe P1 auch dann noch leuchtet, wenn S2 wieder geöffnet wird.

Mit S1 kann die Rufspeicherung wieder rückgängig gemacht werden.

## Produktinformation

### Reflexions-Lichttaster

Sender und Empfänger befinden sich im selben Gehäuse. Der Sender sendet einen gepulsten roten oder infraroten Lichtstrahl aus, der vom Tastobjekt direkt reflektiert wird. Wenn der Lichtstrahl das Objekt trifft (in beliebigem Winkel), wird er in alle Richtungen gestreut und ein Teil wird zurückreflektiert. Der kleine Teil des Lichtstrahls, der auf den Empfänger trifft, wenn sich ein Objekt im Erfassungsbereich befindet, bringt den Sensor zum Schalten.

### Eigenschaften:

- Der Tastbereich hängt weitgehend von den Reflexionseigenschaften der Objektoberfläche ab.
- Geeignet zur Unterscheidung von schwarzen und weißen Objekten.
- Relativ großer aktiver Bereich.
- Positionierung und Überwachung mit lediglich einem Sensor.

### Typische Anwendungen:

- Unterscheidung und Sortierung von Gegenständen z.B. nach Größe, Reflexionsgrad.
- Zählen von Gegenständen.
- Anwesenheitskontrolle von Kisten.