



ifm electronic

**Optimierung und Lösung
von technischen Abläufen
durch Sensorik, Kommunikations-
und Steuerungssysteme**

Schulungsunterlagen

efector120³

Magnetsensoren und Zylindersensoren

Schulungsunterlagen Magnetsensoren und Zylindersensoren, V1.5

Hinweis zur Gewährleistung:

Sämtliche auf diesem Datenträger veröffentlichten Daten sind geistiges Eigentum der ifm bzw. wurden uns teilweise von Kunden oder Lieferanten zur exklusiven Nutzung überlassen. Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass jedwede Verwertung (insbesondere Vervielfältigung, Verbreitung und Ausstellung) sowie Bearbeitung oder Umgestaltung nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung durch ifm zulässig ist.

Diese Schulungsunterlagen wurden unter Beachtung der größtmöglichen Sorgfalt erstellt. Gleichwohl kann keine Garantie für die Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts übernommen werden.

Da sich Fehler trotz intensiver Bemühungen nie vollständig vermeiden lassen, sind wir für Hinweise jederzeit dankbar.

ifm electronic gmbh, Abteilung VTD-STV, Teichstr. 4, 45127 Essen, Tel.: 0201/2422-0,

Internet: www.ifm.com

Inhaltsverzeichnis

1	Sensoren im Anlagen- und Maschinenbau	4
1.1	Einleitung	4
1.2	Verschiedene Möglichkeiten zur Positionserfassung	4
1.3	Elektronische Schalter	6
2	Magnetfeldsensoren	6
2.1	Prinzip der Magnetfeldsensoren	6
2.2	Der Permanentmagnet	8
2.3	Schaltabstand und Ansprechempfindlichkeit	8
2.4	Bauformen und Gehäusematerialien	9
2.5	Verschiedene Beispiele für Zylinderschalter	10
3	Elektrische Daten	12
4	Spezielle Geräte und Bauformen	12
4.1	Universeller Zylinderschalter für T-Nut-Montage	12
4.2	Magnetfeldfeste Zylinderschalter	13
5	Umgebungsbedingungen	13
5.1	Temperatur	13
5.2	Schock- und Vibrationsfestigkeit	13
6	Montage	14
6.1	Veränderungen der Schaltpunkte und des Schaltabstandes durch den Einbau	14
6.2	Veränderung des Schaltabstandes durch bündigen und nichtbündigen Einbau	15
7	Einsatzfälle und Applikationen der verschiedenen Magnetschalter	15
7.1	Magnetische Näherungsschalter	15
7.1.1	„Molch“-Abfrage am Rohr	15
7.1.2	Codierungssystem	15
7.2	Zylinderschalter	16
7.2.1	Gebräuchliche Zylinderbauformen und die zugehörigen Zylinderschalter	17
8	Anhang	18
8.1	Grundlagen Magnetsensoren	18
8.1.1	Funktionsprinzip	18
8.2	Magnetische Eigenschaften	18
8.2.1	Einheiten	18
8.3	Materie im Magnetfeld	19
8.4	Hysterese	20
8.5	Amorphe Materialien	22
8.6	Typenschlüssel	24

1 Sensoren im Anlagen- und Maschinenbau

1.1 Einleitung

Vielfältig stellt sich der Einsatz von binären Sensoren und Näherungsschaltern in automatisierten Prozessen dar. So werden an Transportsystemen zur Erfassung des Transportgutes optoelektronische Systeme eingesetzt. In Rohrleitungen findet man elektronische und mechanische Systeme gleichermaßen zur Strömungserfassung bzw. zur Erfassung von Störungen, wobei das strömende Medium selbst das auslösende Signal liefert. Zur Kontrolle des Füllstandes in Behältern werden kapazitive Näherungsschalter verwendet. Hiermit kann das Medium durch die Behälterwandung hindurch abgefragt werden, wenn der Behälter beispielsweise aus Kunststoff oder Glas besteht. Zur Positionserfassung sind induktive Näherungsschalter bestens geeignet. Im Maschinen- und Anlagenbau werden Metallteile wie Hebel, Schraubenköpfe, Schwenkarme etc. in den Anlagen erfasst. Durch die große Wiederholgenauigkeit des Schaltpunktes können die Geräte sehr gut zur Anlagenpositionierung eingesetzt.

Magnetische Sensoren

Schwieriger wird es, wenn man ein Objekt durch die Wandung eines Metallgehäuses hindurch erfassen will. Als mögliche Lösungen bieten sich Reedkontakte, Hallsensoren oder magnetoresistive Sensoren an. So soll z. B. beim Einsatz von pneumatischen Zylindern die Position des jeweiligen Kolbens erfasst werden. Es reicht dabei aus, festzustellen in welcher Endlage sich der Kolben befindet. Die Ableitung der Stellungsmeldung muss durch das geschlossene Metallgehäuse des Zylinders hindurch möglich sein. Dazu ist eine magnetische Energie notwendig die durch die Gehäusewandung des Zylinders reicht. Das kann durch ein konstantes Magnetfeld erreicht werden, das mit Hilfe eines Permanentmagneten erzeugt wird. Dazu ist es selbstverständlich notwendig, dass die Zylinderwandung aus nicht magnetisierbarem Material (z. B. Aluminium, Messing, Edelstahl) besteht.

Auf Basis der induktiven Näherungsschalter bietet die ifm electronic magnetische Sensoren an, die speziell für die Montage an pneumatischen und hydraulischen Zylindern geeignet sind. Zusätzlich gibt es aber auch dieses Funktionsprinzip in Standardgehäusen (quaderförmig und zylindrisch), um beispielsweise Objekte, die zur Reinigung von Rohrleitungen eingesetzt werden (Fachbegriff: Molche), erfassen zu können.

1.2 Verschiedene Möglichkeiten zur Positionserfassung

Zur Positionserfassung von Objekten an und in Rohrsystem gibt es verschiedenste Möglichkeiten.

Mechanische Endschalter

Die niedrigen Anschaffungskosten sind häufig Auswahlkriterium für den mechanischen Endschalter. Die Kraft zur Betätigung wird direkt vom Objekt abgeleitet. Soll beispielsweise die Position eines Kolbens erfasst werden, wird an der jeweiligen Endposition der Schalter montiert. Eine mechanische Vorrichtung an der Kolbenstange sorgt dafür, dass der Hebel am Schalter entsprechend bewegt wird.

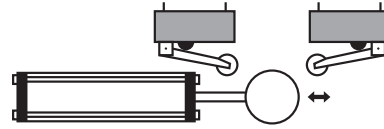


Abbildung 1: Zylinder mit mechanischen Endschaltern

Eigenschaften	<p>Beim Einsatz von mechanischen Schaltern ergeben sich jedoch die bekannten Nachteile gegenüber elektronischen Näherungsschaltern:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schaltkraft notwendig, also nicht berührungslos • niedrige Schaltfrequenz • spezielle mechanische Vorrichtungen notwendig • Verschleiß an bewegten Teilen • Schaltpunktdrift durch Materialermüdung • Übergangswiderstände an den Kontakten • Anzahl der Schaltspiele ist begrenzt • Kontaktprellen • Teuer, wenn hohe Schutzart gefordert wird
Reedkontakte	<p>Reedkontakte stellen eine preiswerte Möglichkeit dar, Positionen berührungslos zu erfassen. Jedoch sind, wie bei den mechanischen Schaltern, die laufenden Kosten zu beachten. Gegenüber den mechanischen Endschaltern bieten Reedkontakte eine hohe Schutzart. Ansonsten gelten bei diesen Systemen die gleichen zuvor genannten Nachteile der mechanischen Schalter. Hinzu kommt, dass sie bei Erschütterung und Vibration leicht beschädigt werden.</p>
Aufbau	<p>Reedkontakte sind zwei nahe beieinander liegende magnetisierte Federkontakte, die in einen Glaskörper eingebracht sind. Befindet sich dieses Röhrchen in einem magnetischen Feld, nehmen die Kontakte unterschiedliche Polarität an und schließen sich sprunghaft. Dadurch wird die elektrische Verbindung zwischen den beiden Kontakten hergestellt. Zur mechanischen Stabilisierung befinden sich die Glasröhrchen meist in Kunststoffgehäusen.</p>
Eigenschaften	<p>Reedkontakte haben die folgenden Eigenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> • berührungslos schaltend. Die magnetische Energie ist aber höher als bei magnetischen Sensoren • höhere Schaltfrequenz als bei mechanischen Schaltern • Verschleiß der Kontakte • Schaltpunktdrift durch Materialermüdung • geringe Wiederholgenauigkeit des Schaltpunktes • Übergangswiderstände an den Kontakten • Anzahl der Schaltspiele ist begrenzt • vermindertes Kontaktprellen gegenüber mech. Schaltern • hohe Schutzart durch geschlossenen Glaskörper und Kunststoffgehäuse • hohe Einschaltströme möglich • anfällig gegen hohe ind. Spannungsspitzen • mehr als ein Schaltpunkt durch Nebenfelder • niedriger Preis <p>Das Feld befindet sich in Röhrchenmitte. Der Reed-Schalter hat nur einen Schaltpunkt.</p>

Das Hauptfeld befindet sich in der Mitte des Röhrchens. Rechts und links davon befinden sich die beiden Nebenseitenfelder. Dadurch ergeben sich drei Schaltpunkte.

Es ergeben sich zwei Felder für zwei Schaltpunkte. In der Mitte des Röhrchens bleiben die Kontakte geöffnet.

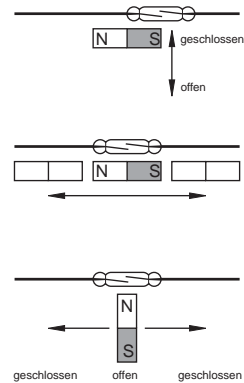


Abbildung 2: Reedschalter bei unterschiedlicher Annäherung des Magneten

1.3 Elektronische Schalter

Hallsensoren

Hallsensoren erzeugen eine Spannung proportional zur wirksamen magnetischen Flussdichte. Polarität und Betrag hängen dabei von der Richtung des Magnetfeldes ab.

Magnetoresistive Sensoren

Magnetoresistive Sensoren verändern unter Einwirkung eines Magnetfeldes ihren elektrischen Widerstand. Dieser Effekt wird durch Einlagerung von weichmagnetischen Materialien in einen Halbleiter erreicht.

2 Magnetfeldsensoren

2.1 Prinzip der Magnetfeldsensoren

Begriffe

Für das im folgenden Text beschriebene Schalterprinzip sind verschiedene Begriffe gebräuchlich. Diese Begriffe werden gleichwertig nebeneinander benutzt. Wobei bei Sensoren nicht grundsätzlich zwischen Geräten mit analogen und digitalen Ausgangsfunktionen unterschieden wird.

Bei den Schaltern ist zwar das Sensorprinzip analog, jedoch wird das gelieferte Signal in der Auswertestufe digitalisiert. Somit steht nur ein binäres Ausgangssignal zur Verfügung.

- Magnetschalter
- Magnetfeldschalter
- Magnetfeldsensoren
- Magnetische Sensoren
- Magnetische Näherungsschalter

Der Vergleich

Grundsätzlich entspricht der Aufbau der Magnetsensoren dem der induktiven Näherungsschalter. Das Blockbild zeigt den induktiven Näherungsschalter aufgeteilt in drei Stufen: Sensor mit Oszillator, Auswertung und Endstufe.

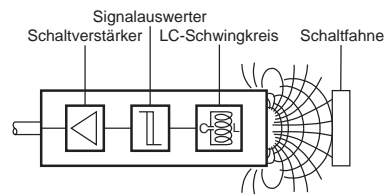


Abbildung 3: Blockbild induktiver Näherungsschalter

der induktiven Näherungsschalter

Prinzipielle Funktionsweise

Der eigentliche Sensor besteht aus einer Spule mit Ferritkern. Die Spule bildet zusammen mit einem Kondensator einen Schwingkreis. Dadurch entsteht vor der Spule ein elektromagnetisches Feld. Befindet sich ein elektrisch leitfähiger Gegenstand in diesem Feld so wird in ihm eine Spannung erzeugt, die ihrerseits sogenannte Wirbelströme im Material hervorruft. Die dazu nötige Energie wird dem Schwingkreis entzogen. Man spricht hier auch von einer Bedämpfung des Schwingkreises. Über die Auswertestufe wird, entsprechend der Programmierung, die Endstufe geschaltet.

der magnetische Näherungsschalter

Prinzipielle Funktionsweise

Bei einem induktiven Näherungsschalter wird also durch Bedämpfung mit einem metallischen Gegenstand der Schaltvorgang ausgelöst. In den magnetischen Näherungsschaltern wird dieser Effekt in der Art ausgenutzt, dass durch Einbringen eines dünnen Metallstreifens seitlich zur Spule, der Schwingkreis soweit vorbedämpft wird, dass sich keine Schwingung aufbauen kann. Der Metallstreifen befindet sich in Form eines amorphen Glasmetalls - das hochpermeable und weichmagnetische Eigenschaften besitzt - im Gehäuse des Näherungsschalters. Geht man von einem Gerät mit Schließfunktion aus, ist im bedämpften Zustand die Endstufe des magnetischen Näherungsschalters also nicht geschaltet.

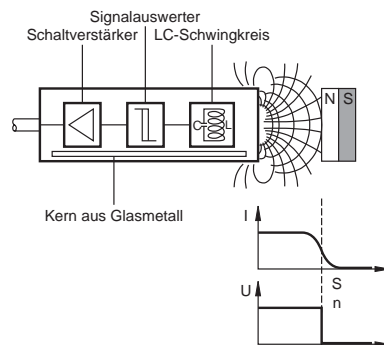


Abbildung 4: Blockbild magnetischer Näherungsschalter

Im Blockbild des magnetischen Näherungsschalters ist deutlich die Anordnung des Glasmittelstreifens zu erkennen.

Wie bei allen Näherungsschaltern soll auch bei den magnetischen Sensoren die Annäherung eines Gegenstandes das auslösende Signal liefern. Dazu ist es notwendig einen Gegenstand zu wählen, der in der Lage ist die seitliche Vorbedämpfung durch das Glasmittel aufzuheben. Möglich ist das mit Permanent- (Dauer-) oder Elektromagnete.

2.2 Der Permanentmagnet

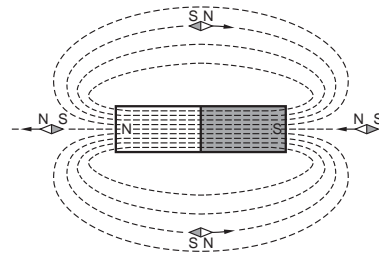
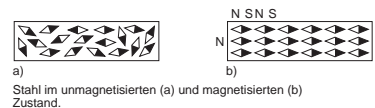


Abbildung 5: Feldlinienverlauf bei einem Permanentmagneten

Prinzip

Überlegen wir nochmals was in dem Glasmetall eigentlich passiert: Die Wirbelströme im Metall werden durch das wechselnde Magnetfeld erzeugt. Soll dieser Effekt nicht entstehen, ist es notwendig den Metallstreifen in eine magnetische Sättigung zu bringen. Das ist möglich durch ein zusätzliches stärkeres Magnetfeld von außen. Beispielsweise durch das Feld eines Permanent- bzw. Dauermagneten. Dieser Magnet sorgt dafür, dass sich die Molekularmagneten im Metall entsprechend dem magnetischen Feld des Dauermagneten ausrichten.



Stahl im unmagnetisierten (a) und magnetisierten (b) Zustand.

Abbildung 6: Molekularmagneten im Metall

Schaltsignal

Durch die Ausrichtung der Molekularmagneten werden die Wirbelströme reduziert und somit die Verluste im Schwingkreis verkleinert. Dieses Entdämpfen des Schwingkreises wird als Schaltsignal ausgewertet. D. h., bei einem Schließer wird der Ausgang durchschalten.

Bei induktiven Näherungsschaltern wird bei Annähern einer Metallfahne der Ausgang durch Bedämpfung des Schwingkreises geschaltet. Bei magnetischen Näherungsschaltern wird bei Annäherung eines Permanentmagneten der Ausgang durch Entdämpfung des Schwingkreises geschaltet.

2.3 Schaltabstand und Ansprechempfindlichkeit

Die Reichweite von magnetischen Näherungsschaltern hängt unmittelbar von dem verwendeten Magneten ab. Je höher die magnetische Flussdichte des Magneten, um so größer die Reichweite des Schalters.

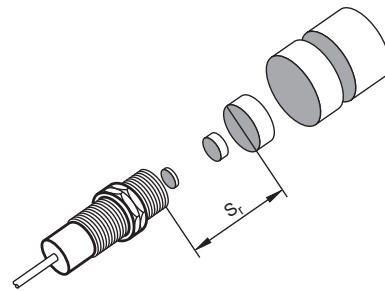


Abbildung 7: Größere Magnete erzeugen höhere Schaltabstände

Ebenfalls wird der Schaltabstand durch den bündigen oder nichtbündigen Einbau des Magneten in ferromagnetischen Stoffen beeinflusst. Im Kapitel 'Montage' wird darauf näher eingegangen.

Die verwendeten Magnete bestehen aus einem hartmagnetischen Werkstoff, z. B. Stahl legiert mit anderen Metallen, wie Aluminium, Kobalt und Nickel.

Definition Schaltabstand

Als Messnormal für die Definition des Schaltabstandes, wird ein Oxydmagnet aus Bariumferrit benutzt. Dieser Magnet trägt die Bezeichnung M4.0 und hat einen Durchmesser von 30 mm, sowie eine Dicke von 10 mm.

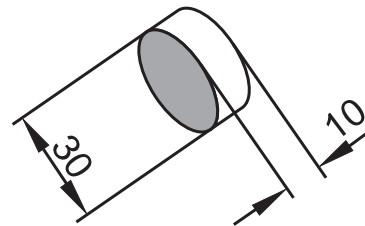


Abbildung 8: Messnormal M4.0 aus Bariumferrit

Toleranz

Das Messnormal definiert also den Realschaltabstand S_r . Dieser Wert darf über den gesamten Temperaturbereich von -25°C bis $+75^{\circ}\text{C}$ eine Toleranz von $\pm 10\%$ nicht übersteigen.

Ansprechempfindlichkeit

Bei Zylinderschaltern wird kein Schaltabstand angegeben. Das Gerät soll so nahe wie möglich am Magneten montiert sein. Daraus ergibt sich ein minimaler Abstand, der lediglich durch die Dicke der Zylinderwandung, durch Gerätebauform und Gerätehalterung vorgegeben wird. Die Ansprechempfindlichkeit der Geräte selbst wird angegeben mit 3.25 mT (Milli-Telsa).

Hysterese

Die Hysterese definiert den Abstand zwischen dem Ein- und dem Ausschaltpunkt. Sie kann 1 %..10 % des Realschaltabstandes betragen.

Wiederholgenauigkeit

Die Wiederholgenauigkeit, auch Reproduzierbarkeit genannt, ist die Differenz, die bei zwei Messungen des Schaltabstandes auftritt. Die Messungen müssen unter gleichen Bedingungen in einer bestimmten Zeit erfolgen. Der Wert wird in Prozent angegeben und beträgt max. 1 % des Realschaltabstandes.

2.4 Bauformen und Gehäusematerialien

Bei den magnetischen Näherungsschaltern stehen zylindrische und quaderförmige Gehäusebauformen zur Verfügung. Die verschiedenen Maße sind aus der Tabelle ersichtlich.

Bauform	zyl.	zyl.	zyl.	quad.
Ø /mm	M8x1	M12x1	M18x1	
Kabel in PPU	2m	2m	2m	2m
mit Kabel /mm	L=50	L=50	L=50	BxHxL: 10x15x28
Stecker	M8x1	M12x1	M12x1	M8x1
mit Stecker /mm	L=59	L=62,5	L=65	BxHxL: 10x15x39
Material	Messing vernickelt	Messing vernickelt	Messing vernickelt	Kunststoff

Gehäuse Zylinderschalter

Die Gehäuse der magnetischen Zylinderschalter sind speziell auf die Montage am Zylinder direkt angepasst. Für die verschiedenen Zylinderformen gibt es unterschiedliche Geräte. Im nächsten Bild sind die gebräuchlichsten Zylinder im Profil dargestellt. Die Gehäuse können aus Kunststoff oder Aluminium bestehen. Die elektrische Verbindung erfolgt über 2 m PPU-Kabel oder M12x1-Stecker, wobei die kleineren Bauformen mit einem M8x1-Stecker ausgestattet sind.

2.5 Verschiedene Beispiele für Zylinderschalter

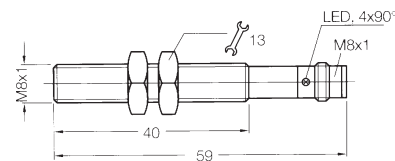


Abbildung 9: Zylindrische Bauform (ME5001)

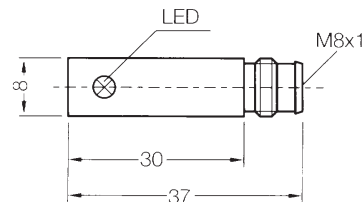


Abbildung 10: Gerät für Rundzylinder (MK5001)

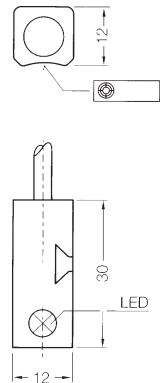


Abbildung 11: Gerät für Rundzylinder (MK5004)

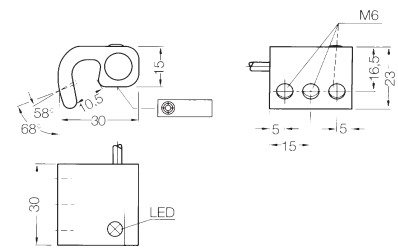


Abbildung 12: Gerät für Zugstangenzyylinder (MK5006)

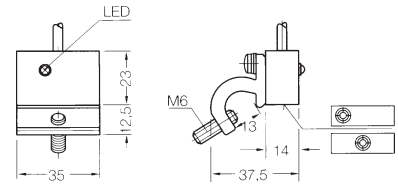


Abbildung 13: Gerät für Zugstangenzyylinder (MK5008)

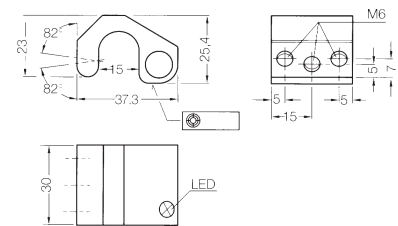


Abbildung 14: Gerät für Profilstangenzyylinder (MK5012)

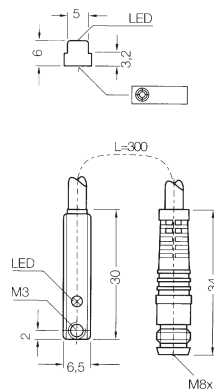


Abbildung 15: Gerät für T-Nut-Zylinder

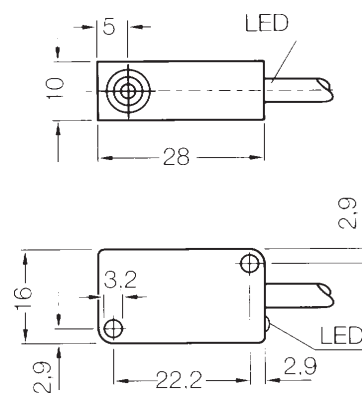


Abbildung 16: Quaderförmiger Magnetschalter

3 Elektrische Daten

Stromversorgung

Die magnetischen Näherungsschalter und die Zylinderschalter sind 3-Leiter DC-Geräte und für eine Betriebsspannung von 10 bis 30 V ausgelegt. Bei fast allen Geräten besteht die Möglichkeit die Endstufe mit 300 mA zu belasten. Lediglich die beiden Typen für T-Nut-Zylinder haben wegen der kleinen Bauform eine Dauerstrombelastbarkeit von 200 mA bzw. 150 mA.

4 Spezielle Geräte und Bauformen

Um den Einsatz der Zylinderschalter universeller zu gestalten, wurden zwei neue Bauformen entwickelt, die das Standardprogramm erweitern sollen.

4.1 Universeller Zylinderschalter für T-Nut-Montage

Zylinderschalter dieser Bauart werden direkt in die T-Nut des Zylinders geschoben und mit einer Madenschraube befestigt. Die bereits angebotenen Bauformen haben den Nachteil, dass sie jeweils zu einer Zylinderbauform passen müssen. D.h., jeder Zylinderhersteller hat seine eigenen Nutmaße und somit seine eigenen Schaltermaße. Der neue ifm-Schalter wurde so konstruiert, dass er in viele Zylinder eingebaut werden kann. Durch seine ovale Bauform muss er lediglich durch den Spalt der T-Nut passen. Beim Befestigen wird mit Hilfe einer Madenschraube das Sensorgehäuse unter den Rand der Nut gepresst und schließt dort bündig ab.

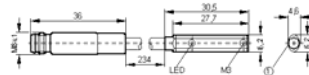


Abbildung 17: T-Nut-Zylinderschalter

4.2 Magnetfeldfeste Zylinderschalter

Elektronische Näherungsschalter sind vielen äußeren Einflüssen unterlegen. Besonders beim Einsatz in Schweißanlagen, werden spezielle Schutzmaßnahmen gegen die hohen elektromagnetischen Felder, die beim Schweißvorgang erzeugt werden, benötigt. Die neuen magnetfeldfesten Zylinderschalter erfüllen diese Forderung. Sie sind störfest in allen Schweißstromfeldern wie

- AC
- DC
- Mittelfrequenz (100 Hz)

Das Vollmetallgehäuse besteht aus Zinkdruckguss und ist wahlweise mit Teflon beschichtet. Durch eine spezielle Klemmvorrichtung können die Geräte an Zug- und Profilstangenzyylinder eingesetzt werden.

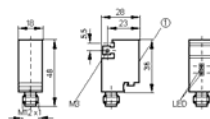


Abbildung 18: Magnetfeldfest Zylinderschalter

5 Umgebungsbedingungen

5.1 Temperatur

Die Geräte sind für einen Temperaturbereich von -25° bis +75°C ausgelegt.

5.2 Schock- und Vibrationsfestigkeit

Der Wert 30 g (11 ms; 10 Hz - 55 Hz; 1 mm) entspricht den Standardangaben bei Näherungsschaltern.

6 Montage

6.1 Veränderungen der Schaltpunkte und des Schaltabstandes durch den Einbau

Anfahrkurven

Von der Montage der Geräte und Magnete zueinander hängt sehr stark die Funktions- und Arbeitsweise der magnetischen Näherungsschalter ab. Der Magnet kann sich frontal oder seitlich dem Sensor nähern, wobei die Achsen von Sensor und Magnet jeweils in der gleichen Ebene liegen oder 90° zueinander gedreht sein können. Zusätzlich ist zu beachten, dass sich durch bündigen bzw. nichtbündigen Einbau des Magneten der Schaltabstand des Sensors verändert. In den folgenden Zeichnungen werden die verschiedenen Varianten ausführlich dargestellt.

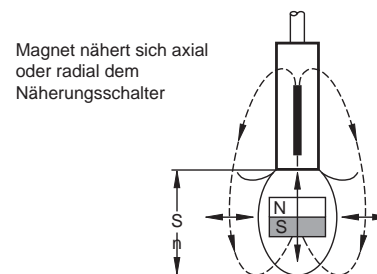


Abbildung 19: Die Achsen von Sensor und Magnet befinden sich auf gleicher Ebene 1

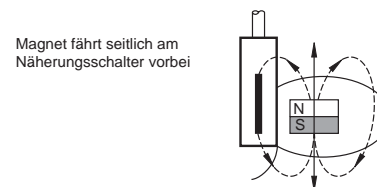


Abbildung 20: Die Achsen von Sensor und Magnet befinden sich auf gleicher Ebene 2

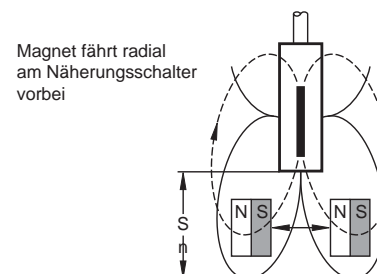


Abbildung 21: Die Achsen von Sensor und Magnet sind um 90° versetzt 1

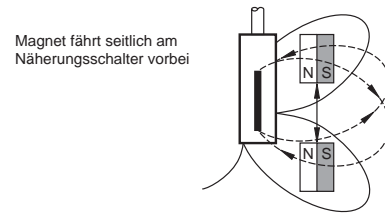
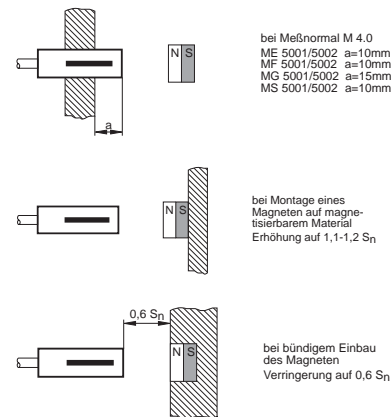


Abbildung 22: Die Achsen von Sensor und Magnet sind um 90° versetzt 2

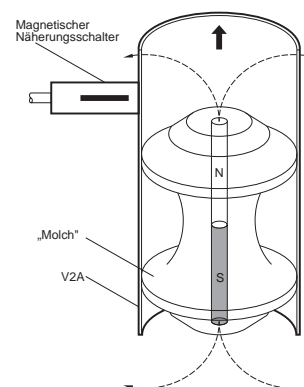
6.2 Veränderung des Schaltabstandes durch bündigen und nichtbündigen Einbau



7 Einsatzfälle und Applikationen der verschiedenen Magnetschalter

7.1 Magnetische Näherungsschalter

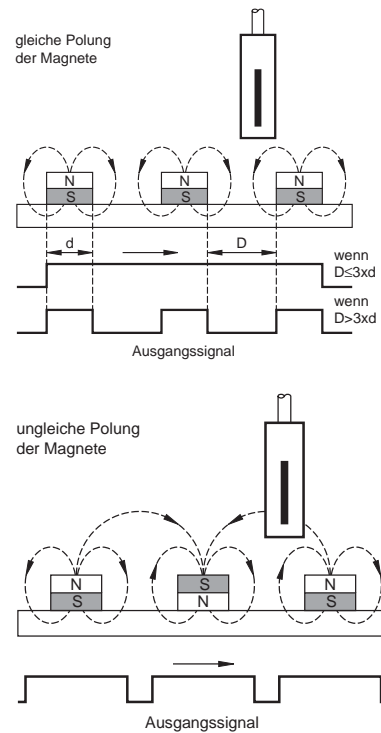
7.1.1 „Molch“-Abfrage am Rohr



Magnetischer Näherungsschalter im Einsatz an einem Rohrsystem. Abgefragt wird der 'Molch', der zu Reinigung des Systems und zur Produkttrennung durch das Rohr getrieben wird.

7.1.2 Codierungssystem

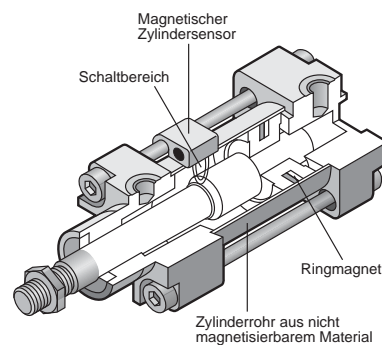
Oft ist es notwendig, Objekte durch Wandungen von Behältern und Rohren zu erfassen (siehe vorheriges Beispiel). Die Wandungen bestehen dabei häufig aus Edelstahl oder Kunststoff. Sollen einzelne Objekte voneinander unterschieden werden, so ist ein Codiersystem notwendig. Magnetische Näherungsschalter können hierfür sehr gut eingesetzt werden. Durch die unterschiedliche Anordnung der Magnete werden verschiedene Empfangsbereiche am Sensor erzeugt. In den nächsten beiden Skizzen sind die daraus resultierenden Ausgangssignale in Abhängigkeit von Position und Richtung der Magnete dargestellt.



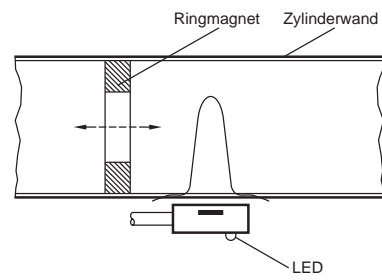
7.2 Zylinderschalter

Pneumatikzylinder

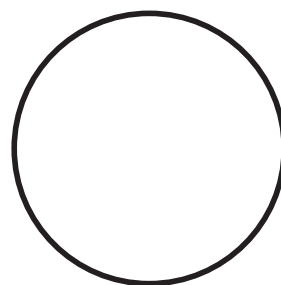
Zylinderschalter werden auf den jeweiligen Zylindern direkt montiert. Abgefragt wird dabei der Ringmagnet der im Zylinder an der Kolbenstange befestigt ist. Das Gehäuse des Zylinders besteht dabei aus nichtmagnetischen Materialien, wie beispielsweise Kunststoff, Aluminium, Messing oder Edelstahl.



Empfangsbereich des Zylinderschalters



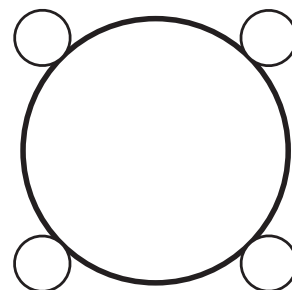
7.2.1 **Gebräuchliche Zylinderbauformen und die zugehörigen Zylinderschalter**



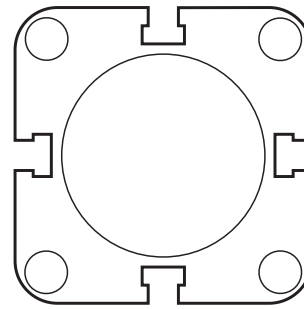
Rundzylinder ohne Anker/Schiene



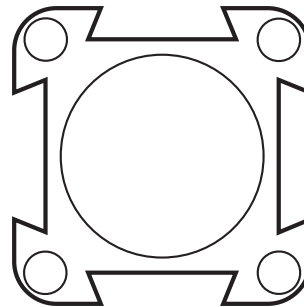
Zylinder mit Zugstangen



Profilstangen-zylinder



Zylinder mit T-Nut



Zylinder mit Trapeznut

8 Anhang

8.1 Grundlagen Magnetsensoren

Im folgenden Text werden einige Grundbegriffe erläutert, die zum Verständnis des Funktionsprinzips des Magnetschalters notwendig sind.

8.1.1 Funktionsprinzip

Kurz und knapp

Ein magnetischer Sensor besteht im Prinzip zunächst aus den gleichen Komponenten wie ein induktiver Sensor. Zusätzlich enthält er einen Streifen aus amorphem Glasmittel, der hochpermeable und weichmagnetische Eigenschaften besitzt.

Muss ich das wissen?

Ist damit alles klar? Genügt das als Erklärung? Falls nicht, dann sollten wir uns doch noch etwas mit den Grundlagen beschäftigen.

Begriffe

Es geht um die drei Begriffe „hochpermeabel“, „weichmagnetisch“ und „Glasmittel“. Die ersten beiden beziehen sich auf die magnetischen Eigenschaften des Materials, der dritte auf die Struktur des Materials. Es handelt sich dabei um amorphe Materie. In der folgenden Übersicht wird versucht, diese Begriffe kurz darzustellen und zu erläutern.

8.2 Magnetische Eigenschaften

8.2.1 Einheiten

Auch wenn wir uns auf das wesentliche beschränken wollen, kommen wir doch nicht darum herum, uns mit den beiden Grundgrößen des magnetischen Feldes zu beschäftigen.

B und H

Die eine ist die magnetische Feldstärke H, die andere die magnetische Induktion oder Flussdichte B.

Die Einheiten sind:

$$[H] = 1 \text{ Am}^{-1}$$

$$[B] = 1 \text{ T} = 1 \text{ Vsm}^{-2}$$

$$1 \text{ T} = 1 \text{ Tesla}$$

Tesla

Ist ein Tesla viel?

Zum Vergleich: Das magnetische Feld der Erde hat ca. 10^{-4} T. Die stärksten Permanentmagnete erreichen gerade so die Größenordnung 1 T. Mit starken Elektromagneten erreicht man auch höhere Werte. Für die Magnetfelder, mit denen man es aber normalerweise zu tun hat, ist ein Tesla viel.

Im Vakuum oder praktisch auch in Luft ist der Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen ganz einfach. Er wird durch folgende Gleichung dargestellt:

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} \quad (1)$$

$$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Vs A}^{-1} \text{m}^{-1}$$

Wozu B und H?

In vielen Fällen ist der Zusammenhang zwischen der magnetischen Feldstärke und der magnetischen Induktion auch bei Materie ebenso einfach, d. h. sie können mit einem konstanten Faktor umgerechnet werden. Aus diesem Grunde wird auch häufig in der Literatur, in Büchern, Prospekten oder Beschreibungen nicht genau zwischen diesen beiden Größen unterschieden. Man findet zum Beispiel oft folgende Angabe: Die Stärke des Magnetfeldes der Erde beträgt ca. 10^{-4} T. Damit ist aber genau genommen die magnetische Induktion und nicht die magnetische Feldstärke angegeben. Für praktische Anwendungen ist eher die Induktion oder magnetische Flussdichte von Bedeutung, siehe zum Beispiel auch die Beschreibung der magnetfeldfesten Näherungsschalter.

Um jedoch beschreiben zu können, was geschieht, wenn spezielle Materialien in ein Magnetfeld kommen, muss der Zusammenhang dieser beiden Größen etwas genauer betrachtet werden.

8.3 Materie im Magnetfeld

Zunächst soll folgende einfache Situation betrachtet werden. Bringt man zum Beispiel eine Platte aus beliebigem Material in ein Magnetfeld, so dass die Platte senkrecht von den Feldlinien durchdrungen wird, dann wird die Feldstärke (zu beachten: die Feldstärke, nicht die Induktion) im Inneren bei den meisten Materialien abgeschwächt.

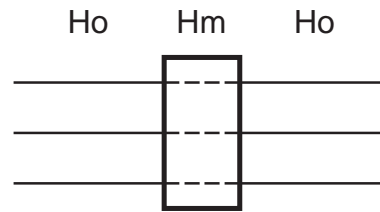


Abbildung 23: Materie im Magnetfeld

$$H_m = \frac{1}{\mu_r} H_0 \quad (2)$$

Permeabilität

μ_r : Permeabilitätszahl (manchmal auch einfach Permeabilität)

Gelegentlich wird auch ein anderer Parameter angegeben. Er soll hier kurz beschrieben werden.

Die Differenz zwischen der Feldstärke außen H_0 und innen H_m wird Magnetisierung genannt.

$$H_0 - H_m = M: \text{Magnetisierung}$$

Aus (2) erhält man daraus

$$H_0 - H_m = M = (\mu_r - 1) H_m = \chi_m H_m$$

Suszeptibilität

$\mu_r - 1 = \chi_m$: magnetische Suszeptibilität

μ_r bzw. χ_m : Materialeigenschaften

Magnetika

Mit diesen Eigenschaften lässt sich das Material klassifizieren (Spezialfälle wurden weggelassen).

$\mu_r < 1$	$(\chi_m < 0)$	Diamagnetika
$\mu_r > 1$	$(\chi_m > 0)$	Paramagnetika
$\mu_r \gg 1$	$(\chi_m \gg 0)$	Ferromagnetika

Der Effekt bei Dia- und Paramagnetika ist sehr klein ($\chi_m \cong 10^{-5}$)

Bei Ferromagnetika werden beträchtliche Werte erreicht (typisch $\mu_r \cong \chi_m \cong 10^2 \dots 10^5$)

8.4 Hysterese

B und H in Materie

Man kann das Beispiel oben mit der Platte im Feld jetzt anders beschreiben. Wird ein Magnetfeld, zum Beispiel erzeugt durch einen Elektromagneten, angelegt, dann ergibt sich eine magnetische Induktion, die mit der Feldstärke zusammenhängt. Dafür ergibt sich aus (1):

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (3)$$

Dabei ist:

Permeabilität

$\mu = \mu_0 \mu_r$: (absolute) Permeabilität

Die Permeabilitätszahl gibt also an, wie gut ein Stoff magnetisiert werden kann und damit zusammenhängend auch wie sehr das Feld (genauer: die Induktion) dadurch verstärkt wird.

hochpermeabel

Damit ist der erste Begriff geklärt. „Hochpermeabel“ bedeutet sehr stark magnetisierbar ($\mu_r \cong \chi_m \cong 10^5$).

Der Zusammenhang (3) sieht scheinbar ganz einfach aus.

Der Grund, warum wir uns aber so ausführlich mit den beiden Grundgrößen - magnetische Feldstärke und magnetische Induktion - befassen mussten, liegt darin, dass die Permeabilität nicht immer konstant ist. Wäre sie immer konstant, dann könnte man natürlich leicht die magnetische Feldstärke in die magnetische Induktion umrechnen und sich zum Beispiel nur auf die magnetische Induktion beschränken.

Ferromagnetika

Zur Beschreibung der Magnetisierung von ferromagnetischem Material reicht die Formel nicht aus, man kann sie besser verstehen, wenn man sie an folgendem Diagramm betrachtet.

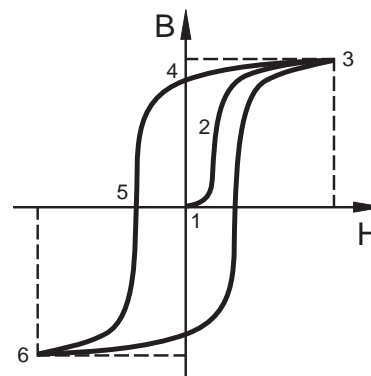


Abbildung 24: Magnetisierungskurve (Hystereseschleife)

Ablauf

Aus diesem Diagramm kann man folgendes ablesen:

1. Geht man davon aus, dass zu Beginn das äußere Magnetfeld und die magnetische Induktion 0 sind, dann beginnen wir im Nullpunkt des Diagramms. Steigt nun die magnetische Feldstärke an, dann steigt die Induktion zunächst schwach ①, dann steil ② an. Aber nach einer gewissen Feldstärke steigt sie nicht weiter an, hier ist die sogenannte Sättigung ③ erreicht.
2. Wird nun die äußere Feldstärke wieder reduziert und schließlich wieder auf 0 eingestellt, dann geht die magnetische Induktion nicht auf 0 zurück, sondern es bleibt eine gewisse Größe, die sogenannte Remanenz ④.
3. Lässt man nun das Magnetfeld in umgekehrter Richtung wieder ansteigen, dann ergibt sich der obere Teil der Schleife. Erst bei der sogenannten Koerzitivfeldstärke ⑤ geht B wieder auf 0. Auch in negativer Feldrichtung wird schließlich die Sättigung erreicht ⑥.

4. Jetzt kann das Spiel praktisch von neuem beginnen. Lässt man das Magnetfeld wieder in der ursprünglichen Richtung ansteigen, so gelangt man über den unteren Teil der Schleife wieder zum oberen Sättigungspunkt ③. Der erste Teil, die sogenannte Neukurve ①②③, wird nur beim ersten Mal durchlaufen. Anschließend ist das Material nicht mehr „jungfräulich“.

Die Gestalt dieser Kurve gibt also wichtige Informationen über die magnetischen Eigenschaften des Materials wieder.

Breite Schleife

Bleibt zum Beispiel eine hohe Remanenz zurück, auch wenn das äußere Magnetfeld H Null beträgt, dann ist das ein erwünschter Effekt bei Permanentmagneten.

Ein anderes Beispiel ist die Fläche unter der Kurve. Man kann zeigen, dass sie der Arbeit entspricht, die geleistet werden muss, um das Material einmal hin und her zu magnetisieren. Das ist die sogenannte Magnetisierungsarbeit, die zum Beispiel bei Transformatorblechen vollständig in Wärme umgewandelt wird (Hystereseverlust). Beim Material von Transformatorblechen wird also besonderer Wert darauf gelegt, dass die Hystereschleife besonders schmal ist.

schmale Schleife

Ein Material mit dieser Eigenschaft (geringe Remanenz, kleine Koerzitivfeldstärke) wird als magnetisch weich bezeichnet, das Material mit der entgegengesetzten Eigenschaft als magnetisch hart.

weichmagnetisch

Damit ist jetzt der Begriff „weichmagnetisch“ erläutert.

8.5 Amorphe Materialien

Aggregatzustände

Praktisch alle Materialien, mit denen wir es normalerweise zu tun haben, liegen in einem der drei bekannten Aggregatzustände vor: fest, flüssig oder gasförmig. Man spricht auch von einer festen und einer flüssigen Phase, dazwischen gibt es einen Phasenübergang. Wenn man zum Beispiel Eiswürfel in einem Glas Wasser hat, dann kann man hier eindeutig unterscheiden zwischen der festen und der flüssigen Phase. Durch Erwärmung geht die feste in die flüssige Phase über.

Festkörper

Die Aggregatzustände sind natürlich schon seit langem bekannt. Ein tiefergehendes und besseres Verständnis dieser Zustände ist möglich, wenn man den atomaren Aufbau der Materie berücksichtigt. Ein Festkörper ist dadurch charakterisiert, dass seine Atome in regelmäßigen Abständen in Form eines Gitters angeordnet sind. Ein idealer Festkörper ist ein Einkristall, das heißt, ein Material, bei dem es überhaupt keine Unterbrechungen dieser regelmäßigen Struktur gibt, abgesehen natürlich von der Oberfläche. Viele reale Festkörper bestehen nicht aus Einkristallen. Wenn man sie jedoch genauer, zum Beispiel mikroskopisch untersucht, dann kann man feststellen, dass aber - für teilweise auch nur kleine Bereiche - diese regelmäßige Struktur existiert.

Materialeigenschaften

Allein aus der Anordnung und der Art der Atome kann man viele Eigenschaften der Festkörper erklären. Damit sind wir wieder bei der praktischen Anwendung. Es handelt sich um Materialeigenschaften, wie zum Beispiel mechanische Festigkeit, Beständigkeit gegen Abrieb, chemische Beständigkeit gegen Korrosion, elektrische Leitfähigkeit, Verhalten in Magnetfeldern usw. Unter anderem beruht auch unsere gesamte Elektronik auf diesen Grundlagen. Erst nachdem es klar geworden war, wie zum Beispiel die elektrische Leitfähigkeit von der Zusammensetzung des Materials abhängt, war es möglich, Dioden, Transistoren usw., herzustellen.

amorph

Daneben gibt es aber auch noch eine Gruppe von Materialien, die in letzter Zeit an Interesse gewonnen haben. Das sind die sogenannten amorphen Materialien (amorph bedeutet etwa „formlos“). Sie passen nur schlecht in das Schema der Aggregatzustände. Einerseits zeichnen sich einige von ihnen durch hohe mechanische Festigkeit aus. Sie unterscheiden sich aber von den Festkörpern dadurch, dass die Atome in ihnen nicht regelmäßig angeordnet, sondern ungeordnet sind. Ein schon lange bekanntes Beispiel dafür ist Glas. Es ähnelt in seinem mechanischen Verhalten den Festkörpern, in seinem inneren Aufbau dagegen den Flüssigkeiten. Amorphe Festkörper werden auch als „unterkühlte Flüssigkeiten“ bezeichnet. Es gibt auch in dem Sinn auch keinen Phasenübergang. Wenn z. B. Glas erhitzt wird, dann wird es nur weniger fest und beginnt zu fließen. Der Übergang zwischen fest und flüssig ist hier also selber „fließend“.

amorphes Metall

In den letzten Jahren ist es gelungen, auch Metalle in dieser amorphen Form herzustellen. Man spricht aus diesem Grunde von Glasmittel. Die Herstellung geschieht folgendermaßen: Man sprüht Metall in flüssiger Form auf große rotierende Trommeln, die gut gekühlt sein müssen. An der Oberfläche erstarrt es sozusagen so schnell, dass es keine Zeit hat, Kristalle zu bilden. In dieser Form kann es dann in Streifen, ähnlich Lamettastreifen, von der Trommel abgeschabt werden.

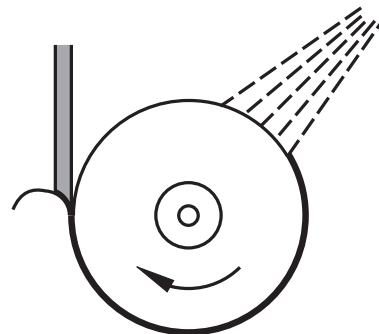


Abbildung 25: Fertigung von Glasmittel

Dieses Glasmittel ist interessant, weil es sich durch bemerkenswerte Eigenschaften auszeichnet. Es ist einerseits hochflexibel, besitzt aber andererseits auch eine sehr hohe Festigkeit gegen Zugbeanspruchung. Es ist sehr widerstandsfähig gegen Korrosion.

Glasmittel

Damit ist auch der Begriff „Glasmittel“ etwas ausführlicher beschrieben.

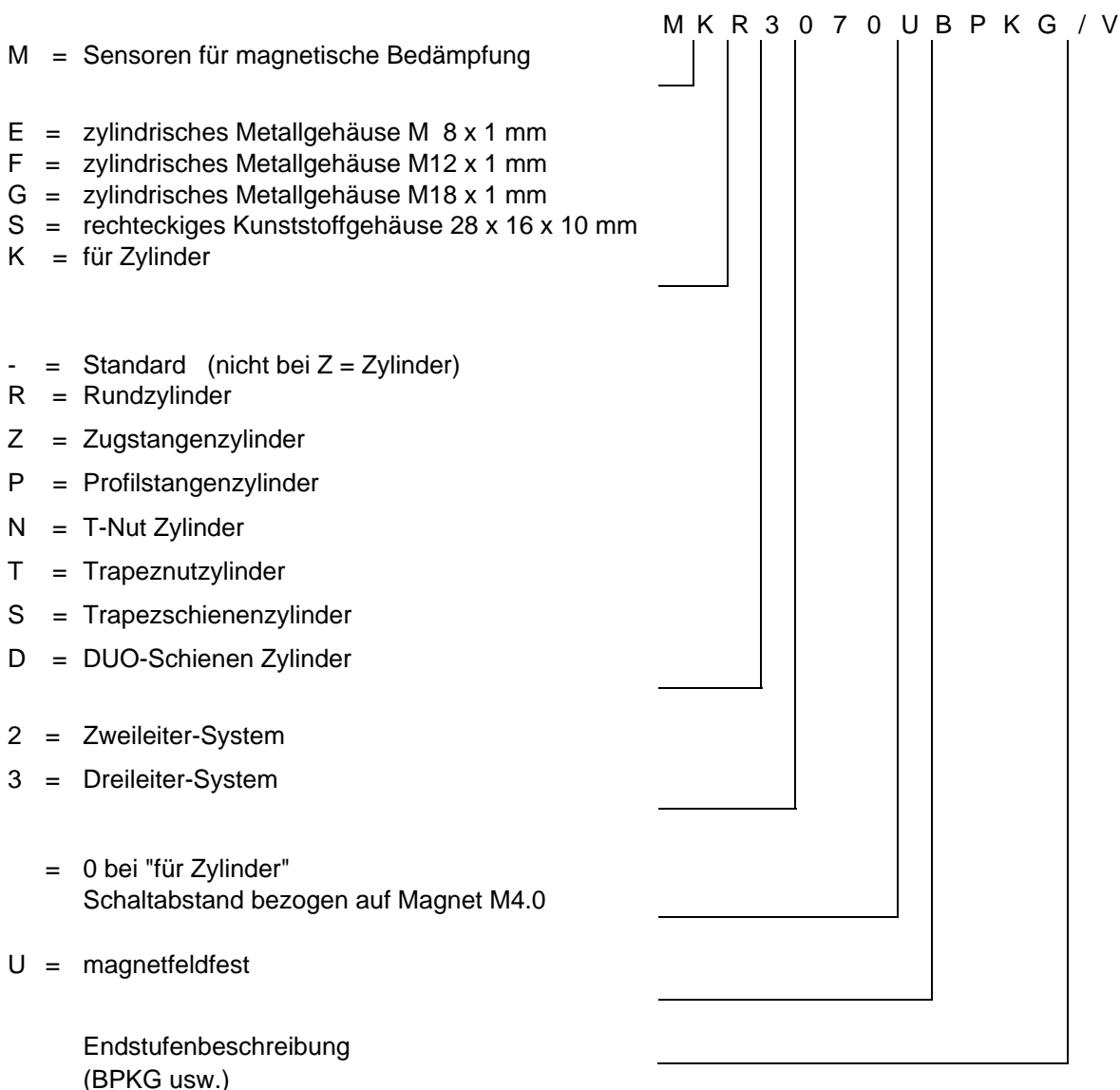
Was es in unserem Zusammenhang besonders interessant macht, ist, dass es extrem weichmagnetisch ist. Eine technische Anwendung von Glasmittel ist - siehe oben - der Einsatz als Transformatorblech. Damit sind wir dann auch beim induktiven Sensor angelangt. Bekanntlich kann man auch den induktiven Sensor als Ersatzschaltbild durch einen Transformator darstellen.

Der Unterschied zwischen einem induktiven Sensor und einem Magnetsensor besteht nun in folgendem: Der Magnetsensor besteht aus einem induktiven Sensor, der durch einen Streifen aus Glasmittel bedämpft ist. Wird der Glasmittelstreifen in das Feld eines äußeren Magneten gebracht, dann ändern sich aufgrund seiner hohen Permeabilität und der Weichheit seine magnetischen Eigenschaften so stark, dass der induktive Sensor entdämpft wird. Der Magnetsensor wird also durch einen Permanentmagneten betätigt.

Welche Konsequenzen dieser Aufbau für das Verhalten des Magnetsensors hat, z. B. ist die Bewegungsrichtung des Magneten zu beachten, wird bei den Sensoreigenschaften genauer beschrieben.

8.6 Typenschlüssel

Typenschlüssel für Magnet- und Zylinderschalter



V = Sensor vorne
M = Sensor mittig



ENDE