



ifm electronic

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

**Schulungsunterlagen**

**Anschlussstechnik**

Schulungsunterlagen Anschlusstechnik, Version 1.5

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](http://www.ifm.com)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1	Näherungsschalter in industriellen Prozessen	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>6</b>
2.1	<b>Binäre Sensoren</b>	<b>6</b>
2.1.1	2-Leiter	6
2.1.2	3-Leiter	8
2.1.3	Versorgung	9
2.1.4	Weitere elektrische Eigenschaften	10
2.2	Analoge Sensoren	14
2.3	Busfähige Sensoren	15
<b>3</b>	<b>Hinweise zum praktischen Einsatz</b>	<b>16</b>
3.1	Versorgung	16
3.2	Schaltungen	18
3.2.1	Allgemein	18
3.2.2	Reihenschaltung	18
3.2.3	Parallelschaltung	20
3.2.4	Mechanische und elektronische Schalter	21
3.3	Elektrische Daten	21
<b>4</b>	<b>Anhang</b>	<b>22</b>
4.1	Kleines technisches Lexikon	22

# 1 Einleitung

## 1.1 Näherungsschalter in industriellen Prozessen

Sensoren

In automatisierten Produktionsabläufen ist der Einsatz von Sensoren als Informationsgeber Voraussetzung. Sie senden die notwendigen Signale über Positionen, Endlagen, Füllstände, oder dienen als Impulsgeber. Ohne zuverlässig arbeitende Sensoren ist die beste Steuerung nicht in der Lage, Prozesse zu kontrollieren.

Generell bestehen all diese Sensoren aus zwei Komponenten: Die erste registriert die Änderung physikalischer Zustände (Elementarsensor), die zweite setzt die Signale des Elementarsensors in elektrische Ausgangssignale um (Signalverarbeitung).

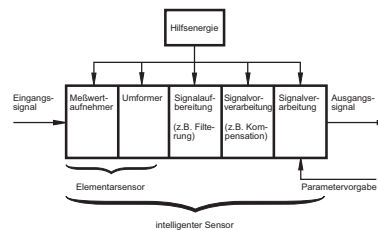


Abbildung 1: Struktur eines Sensors

Man unterscheidet allgemein zwischen sogenannten binären Sensoren, die ein eindeutiges High-Low Signal schalten, und sogenannten analogen Sensoren, die vorzugsweise in der Messtechnik zur Temperatur-, Weg-, Druck-, Kraftmessung usw. eingesetzt werden. Hierbei gibt der Sensor ein analoges Signal ab, welches zur Messung und Regelung weiter ausgewertet wird.

binär und digital

Um Missverständnisse zu vermeiden soll der Unterschied noch kurz erläutert werden. Binär bedeutet, auch im ursprünglichen Sinne des Wortes „zweiwertig“. Ein analoges Signal, das innerhalb gewisser Grenzen jeden beliebigen Wert annehmen kann, wird heute oft digitalisiert, damit es in elektronischen Steuerungen weiterverarbeitet werden kann. Dazu dient ein AD-Wandler (Analog in Digital). Er teilt das analoge Signal in Schritte auf. Die Anzahl der Schritte ergibt sich aus der Anzahl der verwendeten Bits. Während ein Bit eben nur zwei Werte annehmen kann, ergeben sich bei 8 Bit schon 256, bei 10 Bit 1024 Schritte. Das wird auch als Auflösung bezeichnet. Weniger als 8 Bit werden kaum verwendet, weil dann die Auflösung zu grob ist. Mehr als 12 Bit kommen auch selten vor, weil es keinen Sinn hat, wenn die Auflösung viel höher ist als die Messgenauigkeit. Winkelcodierer sind ein Sonderfall. Sie liefern von vornherein digitale Signale, siehe Schulungsunterlagen Drehgeber und Winkelcodierer.

In diesem Text werden speziell binäre elektronische Sensoren als Ersatz für mechanische Schalter behandelt. Er soll einen Überblick geben über die Eigenschaften und die Kriterien für den Einsatz solcher Sensorsysteme. Für induktive und kapazitive Sensoren gibt es viele Namen: Näherungsschalter, Initiator, Induktivtaster, berührungsloser Positionsgeber; aber auch herstellertypische Namen wie z. B. efactor (eingetragenes Warenzeichen der Firma ifm electronic gmbh) werden verwendet. Genormt ist jedoch der Begriff Näherungsschalter, der im folgenden verwendet werden soll.

## Einteilung

Bei der am Anfang verwirrenden Menge an Sensoren mit den unterschiedlichsten Funktionsprinzipien hilft es, die Übersicht zu behalten, wenn man sie nach ihren Anwendungen einteilt.

- **Position**  
Das kann einfaches Vorhandensein, Erreichen einer Endlage oder Endposition, Über- oder Unterschreiten eines Füllstands usw. bedeuten. Bei dieser Anwendung werden also eher mechanische Bewegungen überwacht.  
Es sind meistens binäre Sensoren, die auch als Grenzwertgeber bezeichnet werden.  
Typische Beispiele sind induktive und kapazitive Näherungsschalter, optoelektronische Sensoren usw. Auch Drehgeber können dazu gezählt werden.
- **Fluide**  
Bei flüssigen, teilweise auch gasförmigen Medien werden neben Füllständen auch andere Parameter kontrolliert, wie Über- oder Unterschreiten einer Grenzgeschwindigkeit, eines Grenzdruckes, einer Grenztemperatur usw.  
Fluidsensoren werden also auch häufig als binäre Sensoren eingesetzt. Daneben haben aber analoge Ausgangssignale eine größere Bedeutung.  
Typische Beispiele sind Füllstands-, Strömungs-, Druck- und Temperatursensoren

Diese Einteilung sollte nicht als starres Schema gesehen werden. Es gibt auch Grenzfälle. Z. B. ein binärer Füllstandssensor kann als Positions- oder als Fluidsensor gesehen werden.

Binäre Sensoren werden hauptsächlich mit elektronischen Steuerungen verbunden. Es gibt aber auch Fälle, bei denen andere Lasten geschaltet werden, oder bei denen versucht wird, die Sensoren miteinander zu verschalten (Reihen- oder Parallelschaltungen). Zu diesem Thema sollen diese Unterlagen nützliche Informationen liefern.

Weitere elektrische Daten und Eigenschaften von binären und analogen Sensoren werden besprochen. Es gibt eine Reihe von elektrischen Eigenschaften, die allen elektronischen, binären Positionssensoren, z. B. induktiven und kapazitiven Näherungsschaltern, optoelektronischen Sensoren usw. gemeinsam sind. Das gleiche gilt für analoge Sensoren. Daher werden sie hier separat ausführlich behandelt.

## Ausgänge

Zum Schalten des Ausgangssignals haben sich auf dem Markt Halbleiterschalter, wie Transistoren und Thyristoren durchgesetzt. Sie bieten hinsichtlich der Lebensdauer, der Zahl der zuverlässigen Schaltspiele, der Schaltfrequenz und des prellfreien Schaltverhaltens eindeutige Vorteile gegenüber mechanischen Schaltern.

Die geringen Nachteile, nämlich Leckstrom im ausgeschalteten Zustand, Spannungsfall (Spannungsabfall) im durchgeschalteten Zustand und höhere Empfindlichkeit gegenüber Überspannung und Überströmen, können in der Regel toleriert oder durch geeignete Schutzmaßnahmen weitgehend vermieden werden. Dabei sollen diese Unterlagen helfen.

## 2 Grundlagen

In diesem Kapitel wird nicht auf physikalische Grundlagen eingegangen; das geschieht bei den einzelnen Sensortypen. Hier werden Grundbegriffe der Anschlusstechnik erklärt und Klassifizierungen vorgenommen.

### 2.1 Binäre Sensoren

Binäre Sensoren sind mit mechanischen Schaltern vergleichbar. Die Eigenschaften dieser Systeme werden ausführlich z. B. in den [Schulungsunterlagen induktive Näherungsschalter](#) besprochen.

Vergleicht man alle Merkmale, so erkennt man deutlich, dass es sich bei allen Punkten des elektronischen Näherungsschalters um Vorteile gegenüber dem mechanischen Endschalter handelt, so dass der Einsatz von berührungsloser Sensorik für den Anwender in jedem Fall einen Pluspunkt - einen Vorteil - bedeutet. Es ergibt sich eine Erhöhung der Zuverlässigkeit seiner Anlage bei Senkung der Betriebskosten und damit eine größere Wettbewerbsfähigkeit.

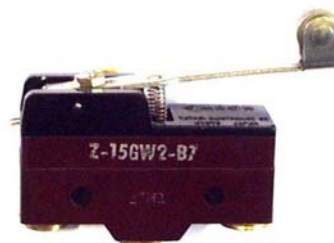


Abbildung 2: Mechanischer Schalter

Diese Gründe haben dazu geführt, dass der elektronische Näherungsschalter den mechanischen Endschalter in der industriellen Anwendung weitgehend verdrängt hat. Er hat jedoch auch spezifische Eigenschaften, die beachtet werden müssen.

Näherungsschalter werden in sogenannter 2-Leiter-, 3-Leiter- und (für besondere Fälle) in 4-Leiter-Technik angeboten.

#### 2.1.1 2-Leiter

Dieses System ist dem mechanischen Schalter am ähnlichsten (in Abbildung 3 symbolisch angedeutet). Die Last liegt mit dem Sensor in Reihe.

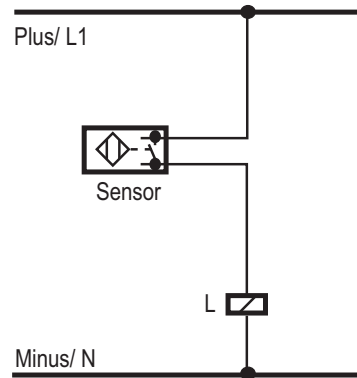


Abbildung 3: 2-Leiter

Spannung

Bei 2-Leiter-Schaltern ist die Betriebsspannung diejenige, die der Reihenschaltung von Näherungsschalter und Last gemeinsam zur Verfügung steht. Dabei liegt an den Anschlüssen des Näherungsschalters in diesem Falle eine etwas geringere Spannung an, weil, je nach Innenwiderstand der Last, ein Teil der Spannung bereits dort abfällt. Ein wichtiges Kriterium ist hier der Spannungsfall über dem Sensor in durchgeschaltetem Zustand. Er ist im Datenblatt zu finden, siehe z. B. [www.ifm.com](http://www.ifm.com), und hängt vom Typ ab. Typische Werte sind:

- 2,5 V bei aktuellen DC-Geräten
- 6,5 V / 6 V bei UC-Geräten im AC / DC-Betrieb
- 8,5 V bei AC-Geräten

Diese drei Typen werden in 2.1.3 beschrieben.

Strom

Im nicht durchgeschalteten Zustand fließt der Reststrom, den die elektronische Schaltung für ihren eigenen Betrieb benötigt, über die Last. Je nachdem, wie empfindlich die Last ist, als Beispiel kann hier ein SPS-Eingang genannt werden, kann das zu Problemen führen (vgl. auch Reihenschaltung, 3.2.2 und 3.2.3). Bei früheren Geräten lag er in der Größenordnung von einigen mA. Gegebenenfalls muss hier ein Widerstand oder eine RC-Kombination parallel zur Last geschaltet werden.

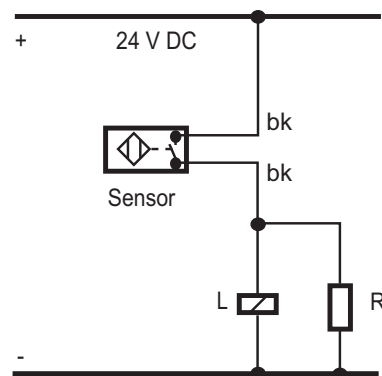


Abbildung 4: Reststrom DC

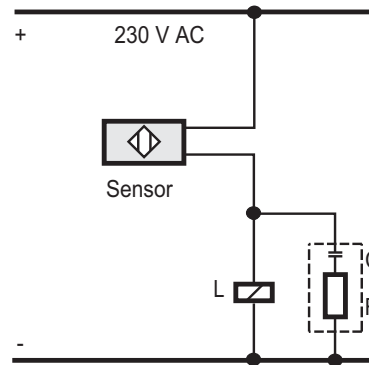


Abbildung 5: Reststrom AC

Früher wurden in der Regel, um eine optimale Sicherheit gegen Fehlschaltungen zu gewährleisten, z. B. in Verbindung mit einer SPS, 3-Leiter-Geräte verwendet. Bei neueren Geräten, speziell den Quadronormgeräten, ist es gelungen den Reststrom auf typischerweise 0,4 bis 0,6 mA zu reduzieren. Der Spannungsabfall im durchgeschalteten Zustand konnte ebenfalls reduziert werden.

Es zeichnet sich ein Trend zur Ablösung von 3-Leiter-Geräten durch 2-Leiter-Geräte ab. Dadurch werden beträchtliche Einsparungen bei der Verkabelung ermöglicht. Man muss sich aber vor Augen halten, dass speziell 2-Leiter-Geräte nicht ohne weiteres mit mechanischen Schaltern gleichzusetzen sind. Man versucht sie jedoch mit jedem Entwicklungsschritt ähnlicher zu machen.

### 2.1.2 3-Leiter

Bei 3-Leiter-Schaltern wird die Betriebsspannung zwischen +UB und 0 V angelegt und das Schaltsignal über eine Extraleitung zur Last geführt.

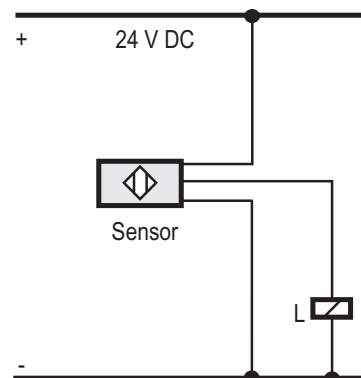


Abbildung 6: 3-Leiter

Spannung

Der Spannungsfall im durchgeschalteten Zustand ist erheblich geringer, er liegt typisch bei 1 V.

Strom

Der Ausgang ist dann, abgesehen vom Leckstrom des Transistors und der Schutzbeschaltung in der Größenordnung  $\mu\text{A}$ , im nicht geschalteten Zustand praktisch stromlos. Der eigene Bedarf des Sensors spielt hierbei keine Rolle. Er muss aber bei der Dimensionierung des Netzgeräts beachtet werden.

#### 4-Leiter

Ein Sonderfall sind (einige wenige) 4-Leiter-Geräte. Bei diesen gibt es zwei antivalente Ausgänge, die beide genutzt werden können, für die Schließer- und Öffner-Schaltfunktion.

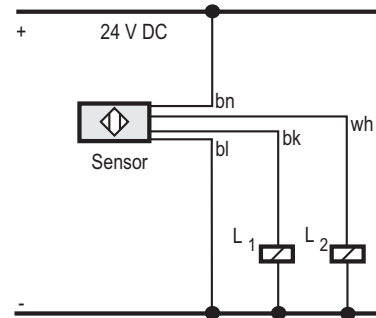


Abbildung 7: 4-Leiter

### 2.1.3 Versorgung

Hier folgt eine Übersicht und Erläuterung der Bezeichnungen. Weitere Informationen sind in 3.1 zu finden.

Es gibt im wesentlichen 3 Typen:

- DC-Geräte
- AC-Geräte
- UC-Geräte

#### DC-Geräte

Dieser Typ ist am weitesten verbreitet.

Die in industriellen Anlagen gängige Betriebsspannung für Sensorik beträgt 24 V. In der Regel ist das DC. Es gibt aber auch Anlagen, die mit Wechselspannung betrieben werden. Auch andere Nennbetriebsspannungen wie 12, 48 oder 60 V kommen vor.

In der Praxis ist nicht allein die Nennspannung sondern der Bereich der Betriebsspannung zu beachten, in dem der Sensor zuverlässig arbeitet (siehe 3.1). Er ist auch im Datenblatt zu finden. Typische Werte sind: 10...36 V, 10...50 V, 5...36 V, 18...36 V.

Ein großer Bereich ist aus mehreren Gründen interessant:

Die Geräte können auch mit ungewöhnlichen Spannungen betrieben werden, z. B. mit einer 12 V Batterie.

In industrieller Umgebung muss mit Spannungsschwankungen gerechnet werden. Das sollte nicht zu Fehlsignalen führen.

In der Regel sind Strom- und Spannungsschwankungen beliebiger Form bei einer DC-Versorgung zulässig, sofern die minimale und maximale Spannung des angegebenen Betriebsspannungsbereichs nicht über- oder unterschritten wird

#### AC-Geräte

Das kann 230 V oder auch 115 V sein. Die Bedeutung dieser Geräte nimmt aber ab. Wenn kein reines Wechselstromgerät zur Verfügung steht, dann kann statt dessen ein UC-Gerät (siehe unten) verwendet werden.

UC-Geräte

UC steht für universal current oder Allstrom. Diese Geräte sind bei Gleich- oder Wechselstrom einsetzbar. Typische Bereiche sind 20... 250 V AC/DC. Sie vereinfachen für den Anwender die Lagerhaltung von Ersatzteilen, wenn Geräte für beide Spannungen benötigt werden. Der Oberschwingungsgehalt (Störungen im Bereich von mehr als 50 Hz sollte bei Wechselspannungsgeräten etwa 10 % nicht übersteigen).

In der Norm IEC 60947-5-2 werden Gebrauchskategorien definiert. Sie dienen der Ein- bzw. Abgrenzung von Schaltgeräten, um besser die für diese Kategorien typischen Eigenschaften zu erfassen.

Gebrauchskategorien

Diese werden in der nachstehenden Tabelle aufgeführt und erläutert.

Schaltelemente		
	Kategorie	Typische Anwendungen
Wechselspannung	AC-12	Steuerung von Widerstands- und Halbleiterlasten
	AC-140	Steuerung kleiner elektromagnetischer Lasten mit Haltestrom < 0,2 A; z. B. Hilfsschütze
Gleichspannung	DC-12	Steuerung von Widerstands- und Halbleiterlasten
	DC-13	Steuerung von Elektromagneten

Bei efectoren in Allstrom-Ausführung gilt die Kategorie AC-140, bei 2- und 3-Leiter DC efectoren DC-13 und bei NAMUR-Ausführungen DC-12.

Abweichende Anwendungsarten sind zulässig, falls das zwischen der ifm als Hersteller und dem Anwender vereinbart wurde oder falls im Katalog darauf hingewiesen wird.

Weitere Informationen zur Störfestigkeit sind in den Schulungsunterlagen CE-Kennzeichnung zu finden.

**2.1.4 Weitere elektrische Eigenschaften**

Energiebedarf

Zur Eigenversorgung der Elektronik wird natürlich auch Energie benötigt. Als Beispiel werden 24 V DC-Geräte betrachtet. Dabei soll angenommen werden, dass die 24 V konstant gehalten werden.  
 Beim 2-Leiter-Gerät fließt im gesperrten Zustand der Reststrom über den Sensor (und die Last), siehe 2.1.1. Er liegt typisch bei 0,5 mA. Beim 3-Leiter-Gerät, siehe 2.1.2, ist die Stromaufnahme zu berücksichtigen. Sie liegt typisch bei 15 mA. Damit ergibt sich beim 2-Leiter typisch 10 mW und bei 3-Leiter 150 mW.  
 Dieser beträchtliche Unterschied ist ein weiterer Anlass zur Überlegung, ob nicht möglicherweise 3-Leiter-Geräte durch 2-Leiter ersetzt werden können. Das betrifft hauptsächlich induktive Standardsensoren. Bei optoelektronischen Sensoren ist das natürlich nicht ohne weiteres möglich. Hier muss eher mit noch höheren Werten gerechnet werden.

Belastbarkeit

U. a. bedingt durch die Bauform ist die Belastbarkeit der Sensoren nicht mit der von elektronischen Relais vergleichbar. Der maximale Strom liegt bei DC-Geräten, je nach Typ, zwischen 100 und 400 mA. Bei UC-Geräten ist der maximale Strom je nach Art der Betriebsspannung unterschiedlich. Typische Werte sind z. B. 100 mA DC und 350 mA AC.

Schutzbeschaltung

Die meisten DC-Geräte verfügen über einen Kurzschlussschutz. In diesem Fall sind sie auch verpolungssicher und überlastfest.

## Kurzschlusschutz

Technisch gesehen wird der Kurzschlusschutz bei Näherungsschaltern in der Regel wie folgt realisiert: Ein Messwiderstand wird in den Laststromkreis geschaltet und der Spannungsfall über diesem Widerstand überwacht. Übersteigt der Strom einen festgelegten Grenzwert, so wird der Schalter gesperrt.

An dieser Stelle muss auf zwei Nachteile des Kurzschlusschutzes eingegangen werden: Zum einen bedingt der Messwiderstand einen etwas höheren Spannungsfall im durchgeschalteten Zustand als bei einem vergleichbaren Näherungsschalter ohne Kurzschlusschutz; zum anderen spricht der Kurzschlusschutz eventuell ungewollt an, z. B. bei kurzzeitigen höheren Einschaltströmen (Schütze, Glühlampen), bei kapazitiven Lasten (z. B. bei Betrieb des Näherungsschalters an langen Leitungen) oder auch bei eingekoppelten Störstromspitzen.

Der letzte Fall führt zu sporadisch auftretenden Störungen, die schwer zu lokalisieren sind. Manche Anwender lehnen es aus diesem Grund ab, Geräte mit Kurzschlusschutz zu verwenden. Falls der Sensor einmal durch Überlast zerstört werden sollte, ist der Fehler lokalisiert und es kann durch geeignete Maßnahmen Abhilfe geschaffen werden.

Woran erkennt nun der Näherungsschalter, nachdem er den Schalter gesperrt hat und (nahezu) kein Strom mehr über die Last fließt, dass der Kurzschluss behoben ist und wieder eingeschaltet werden kann?

Hier werden auf dem Markt zwei unterschiedliche Prinzipien angeboten:

Beim Prinzip 1 bleibt der Näherungsschalter nach Erkennen des Kurzschlusses so lange im gesperrten Zustand, bis die Betriebsspannung unterbrochen und dadurch ein "Rücksetzen" der Kurzschlusschutz-Schaltung herbeigeführt wird. Nach der EN 50178 sind Schalter, die nach diesem Prinzip arbeiten, nur als "bedingt kurzschlussfest" zu bezeichnen, weil zur Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft eine Schalthandlung erforderlich ist.

Beim Prinzip 2 wird der Schalter nur für eine bestimmte Zeit gesperrt (typischerweise etwa 100 ms), danach jedoch selbsttätig wieder eingeschaltet. Steht der Kurzschluss noch an, so wird der Strom am Messwiderstand wiederum den festgelegten Grenzwert überschreiten und den Schalter wieder sperren, worauf der Zyklus erneut beginnt (sogenannte "Guckschaltung"). Ist der Kurzschluss beseitigt, so ist der Näherungsschalter sofort (also spätestens nach 100 ms) und ohne weitere Maßnahmen wieder betriebsbereit. Dies ist das Prinzip, nach dem die mit einem Kurzschlusschutz versehenen Effectoren der ifm ausgerüstet sind.

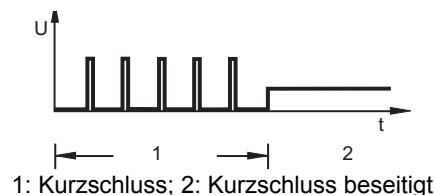


Abbildung 8: Guckschaltung

Näherungsschalter, bei denen der Kurzschlusschutz in dieser Art realisiert ist, entsprechen voll den Anforderungen der DIN 57 160 an kurzschlussfeste elektrische Betriebsmittel.

**Polarität** Wie oben erwähnt, haben Halbleiterausgänge entscheidende Vorteile gegenüber mechanischen Kontakten. Dafür sind andere Eigenschaften zu beachten, z. die Polarität. In vielen Ländern sind pnp-schaltende Geräte üblich in anderen jedoch npn-schaltende. In beiden Fällen ist natürlich durch einen Verdrahtungsfehler eine Verpolung möglich.

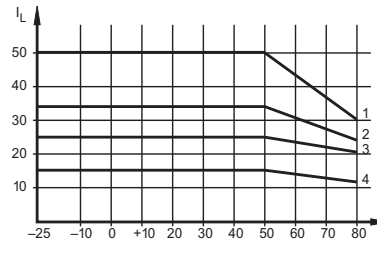
**Verpolungssicherheit** Wenn ein Näherungsschalter verpolungssicher ist, dann können seine Anschlüsse beliebig vertauscht an die vorgesehenen Klemmen angeschlossen werden, ohne dass der Schalter Schaden nimmt. Doch kann man nicht erwarten, dass er in allen diesen Fällen funktioniert. Bei Näherungsschaltern mit 2-Leiter-Anschlußsystem gibt es nur 2 Möglichkeiten des Anschlusses, so dass der Fehlerfall einfach beherrscht werden kann (z. B. durch eine eingebaute Diode in Reihe mit dem Schalter, der bei falscher Polarität sperrt oder durch eine eingebaute Gleichrichterbrücke, die jede Polarität erlaubt).

**Vertauschte Anschlüsse** Bei 3-Leiter-Systemen gibt es schon eine ganze Reihe verschiedener Möglichkeiten, mindestens 2 Leitungen verkehrt anzuschließen. Die Reaktion des Schalters auf den Fehlanschluss, d. h. ob er geöffnet bleibt oder z. B. permanent durchgeschaltet, ist je nach Art der Schutzbeschaltung unterschiedlich; ein detailliertes Beispiel zeigt die Tabelle:

Anschluss des Kabels			Reaktion des efectors
braun	schwarz	blau	
L+	Last	L-	Normale Funktion
L+	L-	Last	Kurzschlusschutz spricht an
Last	L+	L-	Schalter gesperrt, keine Funktion
Last	L-	L+	Schalter gesperrt, keine Funktion
L-	Last	L+	Schalter gesperrt, keine Funktion
L-	L+	Last	Schalter gesperrt, keine Funktion

Verpolungssichere Schalter müssen bei 3-Leiter-Systemen kurzschlussfest sein, da sonst eine Vertauschung des Ausganges und der 0 V-Leitung zur Zerstörung des Schalters führen würde.

**Überlastfestigkeit** Bedingt durch Bauelemente-Toleranzen entsteht zwischen dem Strom, der für einen bestimmten Näherungsschalterttyp maximal nach Datenblatt zugelassen ist, und dem Strom, bei dem der Kurzschlusschutz einsetzt, eine mehr oder weniger große Differenz, die Überlastbereich genannt wird. Im normalen Einsatz sollte ein Näherungsschalter nicht in diesem Bereich betrieben werden, weil der Hersteller die im Datenblatt angegebenen Grenzdaten nur bis zum Nennstrom garantiert. Zudem ist der Überlastbereich im allgemeinen abhängig von der Umgebungstemperatur (dieser Effekt wird auch "Derating" genannt) und streut von Exemplar zu Exemplar.



$I_L$ : Dauerstrombelastbarkeit [mA]; T: Umgebungstemperatur [°C]; 1: AC-Geräte; 3: IF / IFA AC; 2: Allstrom bei AC; 4: kurze Bauformen IFB, IGB, IIB

Abbildung 9: Derating

Ein Näherungsschalter ist überlastfest, wenn er auch in diesem Strombereich für beliebig lange Zeit und über den gesamten Temperaturbereich betrieben werden darf. Damit kann der Schalter an jeden beliebigen Widerstand zwischen  $0 \Omega$  und  $\infty$  angeschlossen werden, ohne dass er Schaden nimmt.

Sofern als Kurzschlusschutz die sogenannte "Guckschaltung" verwendet wird, besteht allerdings die Einschränkung, dass der Überlastschutz bei hohen induktiven Lasten ohne externe Freilaufdiode in der Regel nicht sichergestellt werden kann.

#### Standardsensoren

Alle efectoren aus dem ifm-Standardprogramm mit dem Buchstaben "K" an der 11. Stelle des Typenschlüssels sind kurzschlussfest nach DIN 57 160. Sie sind zudem im gesamten zugelassenen Temperaturbereich, siehe [www.ifm.com](http://www.ifm.com), überlastfest.

Weiter sind sie in der Lage, kapazitive Lasten von mindestens 20 nF parallel zu einer ohmschen Last zu schalten. Dieser Wert entspricht in der Regel mindestens 200 m Kabellänge.

Der Kurzschlusschutz ist nach der sogenannten "Guckschaltung" ausgeführt. Bei induktiven Lasten mit einer Zeitkonstante  $\gg 1$  ms kann es im Überlastfall ohne externe Schutzbeschaltung zu einer Zerstörung des Näherungsschalters kommen.

Bei der Auslegung der Kurzschlusschutz-Schaltung wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass kurze Störstromspitzen, wie sie in Industrienetzen häufig vorkommen, nicht zum Ansprechen des Kurzschlusschutzes führen. Der Kurzschlusschutz vermindert die hohe Störfestigkeit der efectoren also nicht.

#### Anschlussreihenfolge

Bei AC- und UC-Sensoren ist die Anschlussreihenfolge beliebig; sie sind bei beiden Anschlussmöglichkeiten voll funktionsfähig. Alle efectoren sind verpolungssicher. Auch Quadronormgeräte können nicht durch fehlerhaften Anschluss beschädigt werden; bei ihnen bestimmt der Anschluss jedoch die Programmierung der Ausgangsfunktion.

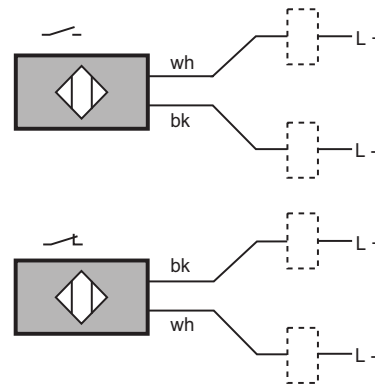


Abbildung 10: Anschluss efector quadronorm

Ein Ziel bei der Entwicklung der efector-quadronorm-Geräte war es, ein Gerät für möglichst viele Einsatzfälle zu haben. Durch einfache Vertauschung der Anschlüsse werden die Funktionen Öffner und Schließer vertauscht. Das kann aber bei ungewollter Vertauschung der Anschlüsse, bei Verdrahtungsfehlern, zu einer ungewollten Vertauschung dieser Funktionen kommen, was zu Fehlschaltungen führen kann. Um diese Fehlermöglichkeit auszuschließen, wurden die unipolaren Geräte entwickelt.

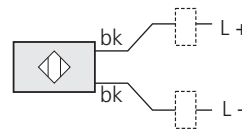


Abbildung 11: Anschluss efector unipolar

2-Leiter-Gleichspannungsgeräte mit Ausnahme der quadronorm-Geräte (Programmierung durch Leitungswechsel) sind bei falscher Polarität an den Anschlussklemmen permanent leitend.

## Ausgangsfunktion

Einige Geräte sind wahlweise als Schließer oder Öffner erhältlich. Bei vielen Geräten ist eine Programmiermöglichkeit zusätzlich an die Auswertestufe angeschlossen. Hier kann die Schaltfunktion Schließer oder Öffner gewählt werden. Bei Quadrantengeräten geschieht das durch Vertauschen der Leitungen (siehe Abbildung 10). Bei 4-Leiter Geräten (siehe 2.1.2) stehen beide Funktionen gleichzeitig zur Verfügung.

## 2.2 Analoge Sensoren

Die Verarbeitung analoger Signale wurde schon praktiziert, bevor die binären elektronischen Näherungsschalter die mechanischen Schalter ersetzt haben. Diese Anwendung ist also seit langem wohlbekannt. Hier sind auch weniger besondere Eigenschaften zu beachten.

Zu unterscheiden sind hier Strom und Spannungsausgänge. Der Spannungsausgang wird seltener verwendet, um Messfehler auf Grund des Spannungsabfalls in den Leitungen zu vermeiden.

Strom

Hier gibt es zwei Varianten: 0...20 mA und 4...20 mA. Die zweite Lösung hat den Vorteil, dass dabei zusätzlich die Überwachung auf Leitungsbruch möglich ist. Sie wird in der Praxis bevorzugt. Bei den meisten Geräten mit Stromausgang ist daher nur die Variante 4...20 mA verfügbar.

Einfache Sensorsysteme, sogenannte Transmitter, bestehen praktisch nur aus dem Messwertempfänger, der ein analoges Signal ausgibt. Die Aufbereitung und Umsetzung geschieht in nachgeschalteten Geräten.

Modernere Sensoren mit Mikroprozessor übernehmen diese Funktion mit und helfen dabei, Aufwand und Kosten zu sparen. Sie erlauben zum Teil auch eine Anpassung des Messbereichs an die Anwendung. So lässt sich z. B. bei Temperatursensoren die untere Grenze von 4 mA einer Temperatur von 0° C und die obere Grenze von 20 mA einer Temperatur von 100° C zuordnen (siehe Schulungsunterlagen Temperatursensoren).

Das Steuer- oder Anzeigegerät, mit dem der Analogausgang verbunden ist, weist natürlich einen Eingangswiderstand auf. Ist dieser nur gering, selbst bei Kurzschluss, sollte die Regelung den Strom konstant halten. Kritischer ist hier der Fall eines zu hohen Widerstands. Die Regelung im Sensor kann die erforderliche Spannung nicht beliebig erhöhen. Es gibt daher eine obere Grenze für den Widerstand, beim efector 600 z. B. maximal 500 Ω.

Spannung

Üblich ist der Bereich von 0...10 V. Hier verhält es sich genau umgekehrt wie beim Stromausgang. Der Widerstand darf nicht zu gering sein, sonst ist die Regelung nicht mehr in der Lage die Spannung aufrecht zu erhalten. Im Kurzschlussfall ist der Spannungsausgang gesperrt. Der Widerstand sollte z. B. beim efector 600 mindestens 2000 Ω betragen.

Versorgungsspannung

Bei den binären Sensoren, siehe 2.1.3, wurde die Bedeutung des Spannungsintervalls schon erläutert, in dem die Sensoren zuverlässig arbeiten. Es gibt, besonders unter den Fluidsensoren, Typen, die wahlweise mit binären Schaltausgängen, z. B. zum Ansteuern einer Pumpe oder einer Heizung, oder mit Analogausgängen (oder auch gemischt), z. B. für einen Regelbaustein, ausgestattet sind. Wenn ein solches Gerät mit Analogausgang ausgestattet ist, dann müssen an die Versorgungsspannung höhere Ansprüche gestellt werden. Der zulässige Bereich ist daher häufig kleiner als beim Gerät mit binären Ausgängen.

### 2.3 Busfähige Sensoren

Diese sollen hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Es gibt z. B. induktive Näherungsschalter mit AS-i oder Drehgeber mit PROFI-Bus Anschaltung.

Sie haben also keine Schaltausgänge im herkömmlichen Sinne. Ihr Anschluss hat gemäß den Spezifikationen des Bussystems zu erfolgen. Daneben kann jeder Sensor auch an ein Bussystem angeschlossen werden; dazu wird allerdings z. B. ein E/A-Modul benötigt. In diesem Sinne ist jeder Sensor „busanschlussfähig“. Das ist nicht das gleiche wie busfähig.

intelligent

Häufig gehören busfähige Sensoren zu einer Gruppe, die als intelligente Sensoren bezeichnet werden. Damit sind Sensoren gemeint, die mehr Informationen liefern als „Objekt erkannt“ oder „Objekt nicht erkannt“. Optoelektronische Sensoren können z. B. melden, dass sie verschmutzt sind. Bei kapazitiven Sensoren kann durch einen Impuls auf der Programmierleitung der Sensor so abgeglichen werden, dass Umgebungseinflüsse kompensiert werden.

Bei konventionellem Anschluss bedeutet das einen zusätzlichen Aus- oder Eingang, eine zusätzliche Leitung, mehr Aufwand bei der Verdrahtung,... und wird daher nicht häufig verwendet. Beim busfähigen Sensor bedeutet es dagegen keinen Mehraufwand. Hier lässt sich der Sensor auch auf einfache Weise auf Kabelbruch oder Betriebsbereitschaft überwachen. Es ist damit zu rechnen, dass diese busfähigen intelligenten Sensoren in Zukunft vermehrt eingesetzt werden.

### 3 Hinweise zum praktischen Einsatz

Dieses Kapitel handelt im wesentlichen von binären Sensoren.

#### 3.1 Versorgung

Zur Störfestigkeit und Gegenmaßnahmen bei Störeinflüsse (siehe Schulungsunterlagen CE-Kennzeichnung).

Elektronische Sensoren sind im Laufe der Zeit immer weniger anfällig gegen Störungen geworden. Ihr Einsatz ist zur Selbstverständlichkeit geworden. Das Datenblatt wird dann gar nicht erst studiert. Es kann auch vorkommen, dass beim zulässigen Bereich der Betriebsspannung (siehe 2.1.3) der Zusatz „einschließlich Restwelligkeit“ nicht beachtet wird.

Restwelligkeit

Dieser Punkt kann gelegentlich Störungen verursachen. Damit ist gemeint, dass auch kurze Spitzen oder Einbrüche der Versorgungsspannung im zulässigen Bereich liegen müssen. Andernfalls sind zuverlässige Signale nicht gewährleistet. Auch bei der Versorgung der Peripherie, also der Sensorik, sollte ein hochwertiges Netzteil verwendet werden, das, bei DC, eine stabile und glatte Versorgungsspannung liefert. Natürlich sollte auch bei AC- oder UC-Geräten die Wechselspannung nicht zu stark gestört sein.

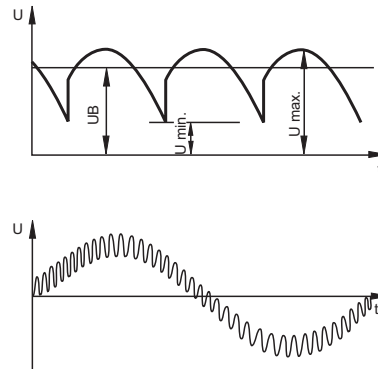


Abbildung 12: Restwelligkeit und Oberschwingungsgehalt

Außerdem sollte bei der Planung berücksichtigt werden, dass nicht nur Lasten, z. B. Ventile, versorgt werden müssen sondern auch die Sensoren. Der Bedarf liegt bei induktiven Sensor im mA Bereich. Optische Sensoren benötigen schon zur Erzeugung von Licht etwas mehr Strom. Speziell bei Fluidsensoren mit aufwendigerer Aufbereitung und Verarbeitung des Messsignals kann die Stromaufnahme 50 mA überschreiten. Wenn das Netzteil unterdimensioniert ist, dann wird riskiert, dass man bei einem Spannungseinbruch unter die zulässige Grenze der Versorgungsspannung gerät. Das kann zu Fehlimpulsen führen.

Periodische höherfrequente Wechselspannungsteile werden bei Gleichspannung Restwelligkeit genannt, bei Wechselspannung Oberschwingungsgehalt.

Auch bei AC kann es unterschiedliche Arten der Schwankung geben.

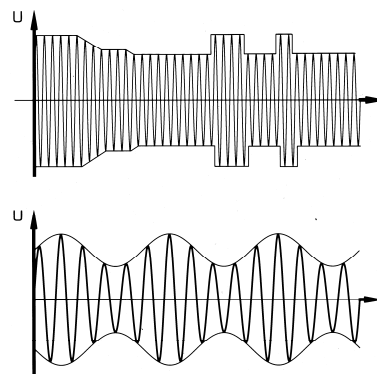


Abbildung 13: Spannungsschwankungen AC

## 3.2 Schaltungen

### 3.2.1 Allgemein

elektronische Geräte sind anders

Die Eigenschaften, die sich beim Gebrauch mechanischer Endschalter ungünstig auswirken, wie Verschleiß und Korrosion, haben, wie erwähnt, dazu geführt, dass diese von elektronischen Näherungsschaltern abgelöst wurden.

Ähnlich verhält es sich mit der Ablösung von Schützsteuerungen durch elektronische Steuerungen. Die aktuelle Lösung bietet wesentliche Vorteile. Dabei ist allerdings zu beachten, dass sich elektronische Sensoren anders verhalten können als mechanische Schalter. Das ist speziell bei den im folgenden beschriebenen Zusammenhängen von Bedeutung.

Übersichtlichkeit

Nach dem heutigen Stand der Automatisierungstechnik werden die binären Signale, die von Sensoren aus der Anlage geliefert werden, in einer elektronischen Steuerung verknüpft. In der Regel vermeidet man es, wenn z. B. mit einer SPS gearbeitet wird, logische Verknüpfungen durch Reihen- oder Parallelschaltungen extern zu realisieren, weil dies die Fehlersuche im Falle einer Störung erschwert. Gelegentlich wird aber doch davon Gebrauch gemacht. So kann beispielsweise der Verkabelungsaufwand in großen Anlagen reduziert werden, wenn man die Schalter bereits vor Ort logisch verknüpft. Auch bei nachträglichen Anlagenänderungen kann es geschehen, dass mehrere Näherungsschalter zusammengeschaltet werden müssen.

Zeitverhalten

Normalerweise haben elektronische Näherungsschalter wesentlich kürzere Schaltzeiten als mechanische Schalter. Bei ihnen tritt aber auch eine Bereitschaftsverzögerung auf, die erheblich größer als die Schaltzeit ist. Die Zeit, die zwischen dem Anlegen der Betriebsspannung und der vollen Betriebsbereitschaft vergeht, heißt Bereitschaftsverzögerungszeit. Wenn Sensoren erst nach dem Durchschalten eines anderen Sensors mit Betriebsspannung versorgt werden, ist diese Zeit zu beachten. Bei mehreren, entsprechend verschalteten Sensoren, können sich diese Zeiten aufaddieren.

besser nicht!

Aus diesem Grund, der besseren Übersichtlichkeit, und wegen den im folgenden beschriebenen Eigenschaften ist grundsätzlich davon abzuraten, binäre elektronische Sensoren miteinander zu verschalten! Nur wenn es sich nicht vermeiden lässt, kann man sich auf diese Weise behelfen. Dabei sollten aber die Hinweise auf die maximal mögliche Anzahl unbedingt beachtet werden. Ausführliche Tests und Probeläufe sind unbedingt zu empfehlen.

### 3.2.2 Reihenschaltung

2-Leiter-Geräte

Die Reihenschaltung von 2-Leiter- Standardgeräten induktiv ist in der Regel nicht zu empfehlen, da eine sichere Funktion nicht garantiert werden kann.

Es ist zu beachten, dass sich die Spannungsfälle der Näherungsschalter addieren, so dass der Last entsprechend weniger Spannung zur Verfügung steht. Beim Schalten von induktiven Verbrauchern wird der Phasenwinkel wirksam. Es können auch unter Berücksichtigung dieser Punkte je nach Typ maximal 2 bis 3 Näherungsschalter in Reihe geschaltet werden. Die ifm electronic bietet für solche Anwendungen einige Sondergeräte an, die in den Fachabteilungen angefragt werden können.

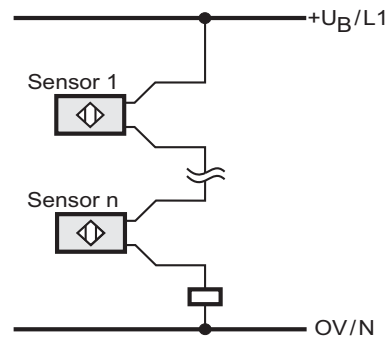


Abbildung 14: Reihenschaltung 2-Leiter

Die Reihenschaltung von 2-Leiter Optogeräten ist grundsätzlich nicht empfehlenswert. Da die Ruhestromaufnahme der Geräte unterschiedlich sein kann, wird das Gerät mit dem höheren Ruhestrom unterversorgt, was zu Problemen führt. Zugleich benötigt das geschaltete Gerät einen höheren Strom, das führt dazu, dass die Schaltzustandsanzeige nicht leuchtet, wenn eines der Geräte nicht durchgeschaltet hat. Grundsätzlich ist die Reihenschaltung auch für die Geräte der neuen Generation mit Mikroprozessor nicht empfehlenswert.

### 3-Leiter-Geräte

Bei der Reihenschaltung von 3-Leiter-Näherungsschaltern addieren sich die Spannungsfälle an durchgeschalteten Geräten von je 1 bis 2,5 V. Es ist darauf zu achten, dass die Last mit der verbleibenden Spannung noch einwandfrei arbeitet. Der erste Näherungsschalter muss zusätzlich zum Laststrom die Stromaufnahme aller nachgeschalteten Näherungsschalter schalten können. Da die Betriebsspannung der nachgeschalteten Näherungsschalter ein- bzw. ausgeschaltet werden kann, muss die Bereitschaftsverzögerungszeit berücksichtigt werden (bis zu einigen 100 ms). Es können unter Berücksichtigung dieser Punkte je nach Typ maximal 5 bis 10 Näherungsschalter in Reihe geschaltet werden.

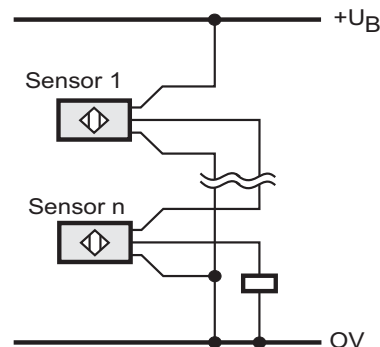


Abbildung 15: Reihenschaltung 3-Leiter

Die Reihenschaltung von 3-Leiter Optogeräten ist grundsätzlich **nicht empfehlenswert**. Optoelektronische Komponenten haben systembedingt einen hohen Einschaltstrom. Dieser Strom führt dazu, dass der Kurzschlusschutz des vorgeschalteten Sensors anspricht.

Es sei daran erinnert, dass die Schaltungslogik das gleiche Resultat ergibt, wenn statt der Reihen- die Parallelschaltung gewählt wird. Die Schaltfunktion „Schließer“ ist dabei zu invertieren, d. h. durch „Öffner“ zu ersetzen.

## 2-Leiter-Geräte

### 3.2.3 Parallelschaltung

Bei der Parallelschaltung von 2-Leiter-Näherungsschaltern ist zu beachten, dass die Restströme aller nicht geschalteten Geräte sich addieren.

Die Summe der Restströme muss deutlich unterhalb des Haltestroms der Last liegen (wichtig z. B. beim Anschluss von SPS). Außerdem ist zu beachten, dass beim Durchschalten eines Näherungsschalters den anderen parallel liegenden Näherungsschaltern die Betriebsspannung entzogen wird, so dass diese nicht mehr ihren tatsächlichen Bedämpfungszustand anzeigen können (Ausnahme: quadronorm-Geräte). Unter Berücksichtigung all dieser Punkte können je nach Typ maximal 5 bis 10 Näherungsschalter parallel geschaltet werden.

Da Optogeräte im allgemeinen einen hohen Reststrom haben ist die Parallelschaltung von 2-Leiter Optogeräten **nicht empfehlenswert**. Beim Durchschalten wird den übrigen Schaltern Betriebsspannung entzogen, so dass es zu Funktionsbeeinträchtigungen kommt.

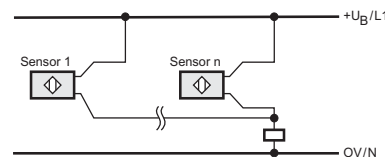


Abbildung 16: Parallelschaltung 2-Leiter

## 3-Leiter-Geräte

Eine Parallelschaltung von (je nach Typ) maximal 20 bis 30 Drei-Leiter-Sensoren ist problemlos möglich. Zu beachten ist dabei lediglich, dass sich die (sehr geringen) Restströme der Schalter im nichtgeschalteten Zustand addieren. Entkopplungsdioden sind nur erforderlich, falls die Endstufen der Geräte nicht in „Open-Collector-Schaltung“ ausgeführt sind.

Die Stromaufnahme aller nicht geschalteten Geräte addieren sich. Näherungsschalter können zusammen mit mechanischen Schaltern verwendet werden (unter Beachtung von 3.2.4).

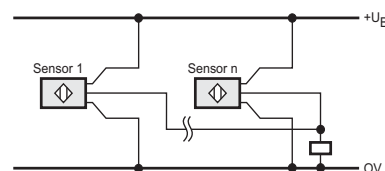


Abbildung 17: Parallelschaltung 3-Leiter

Gegen die Parallelschaltung von 3-Leiter Optogeräten ist **grundsätzlich nichts einzuwenden**. Die Anzahl der möglichen Komponenten hängt von der Bauform ab. Dies gilt grundsätzlich auch für die Funktionskontrollausgänge.

### 3.2.4 Mechanische und elektronische Schalter

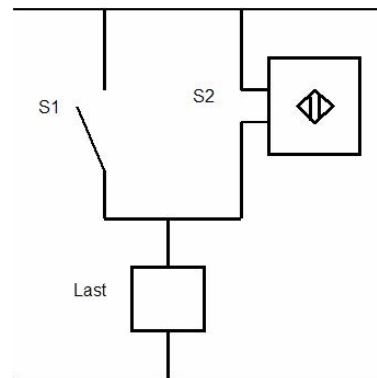


Abbildung 18: Mechanisch und elektronisch parallel

Ein besonders kritischer Fall ist die Parallelschaltung eines mechanischen, S1, mit einem elektronischen, S2, Näherungsschalter. Hier wirken sich die Argumente von 3.2.3 noch stärker aus. Betrachten wir genauer den zeitlichen Ablauf:

1. Der mechanische Schalter ist geschlossen. Damit fehlt dem elektronischen Näherungsschalter die Betriebsspannung. Er ist nicht funktionsfähig.
2. Der Näherungsschalter wird bedämpft. Er reagiert aber wegen 1. nicht darauf.
3. Der mechanische Schalter öffnet sich. Beim Näherungsschalter läuft die Bereitschaftsverzögerung ab, siehe 3.2.1.
4. Erst nach Ablauf der Bereitschaftsverzögerung schaltet der Näherungsschalter.

Das Verschalten von elektronischen mit mechanischen Schaltern, kann zu Wirkungen führen, die nicht ohne weiteres vorhersehbar sind. Aus Sicherheitsgründen sollte davon abgesehen werden.

### 3.3 Elektrische Daten

Einige Daten wurden schon oben in den entsprechenden Zusammenhängen genannt. Hier sollen sie zusammengefasst und ergänzt werden.

Leistung

Die Leistungsaufnahme, die moderne Näherungsschalter für die Aufrechterhaltung ihrer Sensorfunktion benötigen, ist äußerst gering. Bei Dreileiter-Schaltern beträgt sie etwa 0,1 ... 0,5 W; bei Zweileiter-Schaltern gibt es effectoren mit Leistungsaufnahmen bis herunter zu 0,003 W (3 mW). Innerhalb seiner Nenndaten können an einen Näherungsschalter beliebige Widerstandslasten angeschlossen werden. Bei den heute üblichen technischen Daten ist der Einsatz an speicherprogrammierbaren Steuerungen ohne Einschränkung möglich.

induktive Lasten

Auch induktive Lasten bis zu einem  $\cos \varphi$  von 0,3 (wie z. B. Magnetventile) sind problemlos, solange die Grenzströme nicht überschritten werden. Theoretisch können sich bei hohen Schaltfrequenzen, die in diesem Zusammenhang aber nicht üblich sind, Schwierigkeiten ergeben. In der Regel stellen der geringe Rest- oder Leckstrom, der im nichtgeschalteten Zustand über die Last fließt, sowie der Spannungsabfall über dem Schalter im geschalteten Zustand für die einwandfreie Funktion keine Beeinträchtigung dar.

## Glühlampen

Bei Glühlampen muss der hohe Einschaltstrom, der bei kalter Glühwendel fließt, ebenso berücksichtigt werden wie bei Wechselstromrelais oder -hilfsschützen, die eine wesentlich geringere Impedanz aufweisen, solange das Joch nicht geschlossen ist.

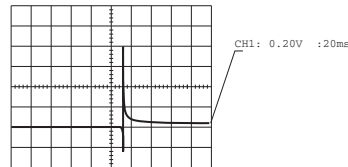


Abbildung 19: Einschaltstrom einer Glühlampe

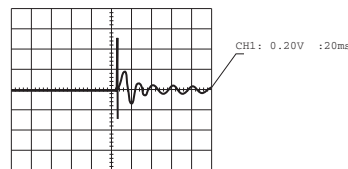


Abbildung 20: Einschaltstrom eines Schützes

Einige Schaltertypen (besonders Wechselspannungsschalter) sind daher entsprechend der einschlägigen Norm so ausgelegt, dass sie kurzzeitig den sechsfachen Nennstrom führen können. Bei kurzschlussfesten Schaltern muss berücksichtigt werden, dass der Einschaltstrom nicht zum Ansprechen des Kurzschlusschutzes führt. Glühlampen können gegebenenfalls durch einen Widerstand parallel zum Schalter vorgeheizt werden, um den Einschaltstrom wirksam zu reduzieren.

Wie in 2.1.3 erwähnt wurde, spielen diese Eigenschaften für die Gebrauchskategorie des Geräts eine Rolle.

## 4 Anhang

### 4.1 Kleines technisches Lexikon

#### Bereitschaftsverzögerungszeit

Die Bereitschaftsverzögerungszeit ist die Zeit, die zwischen Anlegen der Betriebsspannung und Ausgabe des richtigen Schaltsignals vergeht. Innerhalb dieser Zeit muss sich die interne Spannungsversorgung stabilisieren und z. B. beim induktiven Näherungsschalter der Oszillator anschwüngen.

Der Ausgang wird in dieser Zeitspanne (bauartenspezifisch 5 ms bis über 200 ms) durch schaltungstechnische Maßnahmen gesperrt.

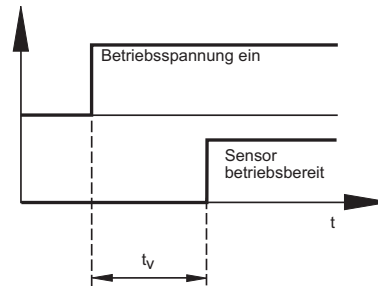


Abbildung 21: Bereitschaftsverzögerungszeit

Betriebsspannung	<p>Die Nennbetriebsspannung ist ein Spannungswert, für den ein elektrisches Betriebsmittel ausgelegt ist. Bei Näherungsschaltern ist es üblich einen Betriebsspannungsbereich anzugeben, der einen oberen und unteren Grenzwert festlegt. Innerhalb dieser Grenzwerte ist die Funktion des Näherungsschalters gewährleistet.</p> <p>Bei Gleichspannungsgeräten ist darauf zu achten, dass die Restwelligkeit der Betriebsspannung in den Grenzwerten mit eingeschlossen ist. Wenn die Restwelligkeit unter den Grenzwert der Betriebsspannung des Näherungsschalters sinkt, ist ein Glättungskondensator zu verwenden. Als Faustregel kann hierfür gelten: 1000 mF pro 20 Ampere Stromstärke.</p>
Kurzschlusschutz	<p>Der Ausgang eines Näherungsschalters wird nach VDE 0160 als kurzschlussfest bezeichnet, wenn er einen Kurzschluss der Last bzw. einen Masseschluss am Ausgang dauerhaft ohne Schaden übersteht und nach Beseitigung des Schlusses ohne Schalthandlung wieder betriebsbereit wird.</p> <p>Im Falle eines Kurzschlusses wird der Endtransistor sofort gesperrt. Nach Aufheben des Kurzschlusses ist das Gerät sofort wieder betriebsbereit. Ein Vertauschen der Anschlussleitungen führt nicht zur Zerstörung der Geräte. Geräte mit Kurzschlusschutz sind gleichzeitig überlastfest und verpolungssicher.</p>
Mindestlaststrom bei 2-Leiter-Geräten	Der Mindestlaststrom ist der kleinste Strom, der im durchgeschalteten Zustand fließen muss, um einen sicheren Betrieb des Näherungsschalters zu gewährleisten.
Öffnerfunktion	Ruhestromprinzip; befindet sich ein Gegenstand im Bereich der aktiven Schaltzone, ist der Ausgang gesperrt.
Programmierung	Bei einigen efector - Bauformen kann die Ausgangsfunktion Schließer oder Öffner programmiert werden. Je nach efector - Bauform erfolgt eine Programmierung der Ausgangsfunktion durch eine Drahtbrücke, einen Stecker oder durch Wahl der Anschlussbelegung.
Reststrom bei 2-Leiter-Geräten	Der Reststrom ist der Strom, der bei 2-Leiter-Geräten im Ruhezustand über das nichtgeschaltete Gerät fließt, um die Stromversorgung der Elektronik zu gewährleisten. Der Reststrom fließt immer auch über die Last.
Schließerfunktion	Arbeitsstromprinzip; befindet sich ein Gegenstand im Bereich der aktiven Schaltzone, ist der Ausgang durchgeschaltet.

Spannungsabfall (Durchlassspannung)	Da der Schaltausgang des Näherungsschalters mit einem Halbleiterschalter (Transistor, Thyristor, Triac) ausgestattet ist, tritt im eingeschalteten Zustand ein (geringer) Spannungsabfall in Reihe zur Last auf. Bei der Zweileitertechnik dient der Spannungsabfall gleichzeitig dazu, die Elektronik des Näherungsschalters mit Energie zu versorgen. Die Höhe des Spannungsabfalls hängt vom Typ ab (bei dem IG-2005-ABOA z. B. beträgt er 6,5 V bei maximaler Last).
Stromaufnahme bei 3-Leiter-Geräten	Die Stromaufnahme ist der Eigenstromverbrauch des Näherungsschalters im gesperrten Zustand. über den Ausgangstransistor fließt bei gesperrtem Ausgang ein sehr geringer Leckstrom von ca. 0,1 mA (open-collector).
Strombelastbarkeit/Dauer	Die Dauerstrombelastbarkeit gibt den Strom an, mit dem ein Näherungsschalter im Dauerbetrieb belastet werden kann.
Strombelastbarkeit/Kurzzeit	Die Kurzzeitstrombelastbarkeit gibt den Höchstwert des Stromes an, der für eine bestimmte Zeit im Einschaltmoment fließen darf, ohne den Näherungsschalter zu zerstören. Besonders Wechselspannungsgeräte sind so ausgelegt, dass sie wegen hoher Einschaltströme von vielen Wechselstromlasten (Signallampen, Schütze, ...) kurzzeitig mit dem sechsfachen Nennstrom belastet werden können.
Überlastfestigkeit	Der Ausgang eines Näherungsschalters wird überlastfest genannt, wenn er alle Ströme zwischen Nennlaststrom und Kurzschlussstrom ohne Schaden dauerhaft führen kann.
Verpolungsfestigkeit	Wenn die Anschlüsse eines Näherungsschalters beliebig vertauscht an die vorgesehenen Klemmen angeschlossen werden können, ohne dass der Schalter dabei Schaden nimmt, wird er verpolungsfest genannt. In der Regel müssen verpolungssichere Schalter in Dreileitertechnik kurzschlussfest sein, da eine Vertauschung des Ausganges und des Masseanschlusses (0 V) sonst zur Zerstörung führen würde.

**E N D E**