

# Grundlagen der Relaisstechnik

## Grundlagen der Relaisstechnik und der Solid-State-Relaisstechnik

Anwenderhinweis  
105396\_de\_00

© PHOENIX CONTACT 2012-09-07

### 1 Grundlagen der Relaisstechnik

Elektromechanische Relais werden als Schnittstellenbausteine zwischen Prozessperipherie und Steuer-, Melde- und Regeleinrichtungen zur Pegel- und Leistungsanpassung eingesetzt.

Grundsätzlich teilt man elektromechanische Relais in zwei Hauptgruppen, monostabile und bistabile Relais, ein.

Bei monostabilen Gleich- oder Wechselstromrelais kehren die Kontakte nach dem Abschalten der Erregung selbständig in den Ruhezustand zurück.

Bei bistabilen Relais verbleiben die Kontakte nach dem Abschalten des Erregerstromes in der momentanen Schaltstellung.

### Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der Relaisstechnik.....	1
1.1	Erregerseite.....	2
	Eingangsschaltungen und Spannungsarten....	2
	Betriebsspannungsbereich .....	3
1.2	Störspannungen und Störströme auf der Spulenseite .....	3
1.3	Kontaktseite, Kontaktmaterialien.....	3
1.4	Kontaktschutzbeschaltung .....	5
	Schalten von kleinen Leistungen.....	7
1.5	Schalten von großen Leistungen.....	7
	Schalten von großen Wechselstromlasten.....	7
	Schalten von großen Gleichstromlasten.....	8
	Schalten von Lampen und kapazitiven Lasten	8
1.6	Schaltvermögen nach Gebrauchskategorien AC-15 und DC-13 (IEC 60947).....	8
2	Grundlagen der Solid-State-Relaisstechnik.....	9
2.1	Steuerseite .....	9
	DC-Eingang .....	9
	AC-Eingang.....	9
2.2	Lastseite.....	9
	DC-Ausgang .....	9
	AC-Ausgang.....	10
2.3	Schutzbeschaltungen.....	10
2.4	Applikationshinweise.....	11
	Bemerkungen.....	11

### 1.1 Erregerseite

#### Eingangsschaltungen und Spannungsarten

Abhängig vom eingesetzten Relais und der Art der Ansteuerung gibt es verschiedenen Eingangsschaltungen.

Bei Verwendung von reinen Wechselspannungsrelais (AC-Eingang) beschränkt sich die Eingangsbeschaltung meist auf eine optische Schaltzustandsanzeige.

Die Frequenz der Steuerspannung beträgt, soweit nicht anders angegeben, 50/60 Hz.

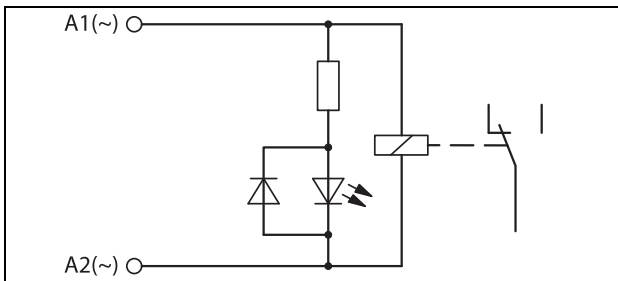


Bild 1 Prinzipieller Aufbau Relais mit AC-Eingang

Bei einem reinen DC-Eingang kommt als wichtigstes Schaltungselement die Freilaufdiode hinzu. Sie begrenzt die induktiven Abschaltspannungen, die an der Spule entstehen, auf einen Wert von ca. 0,7 V, der für eine angeschlossene Steuerelektronik ungefährlich ist.

Da die Freilaufdiode nur bei polungsrichtigem Spannungsanschluss ihre Funktion erfüllt, wird in den Eingangskreis zusätzlich eine Verpolschutzdiode geschaltet.

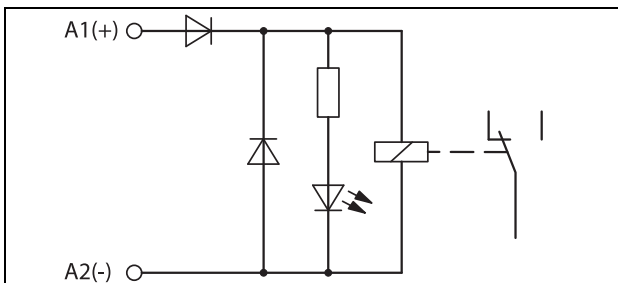


Bild 2 Prinzipieller Aufbau Relais mit DC-Eingang

Für den Betrieb mit Gleich- oder Wechselspannungen wird ein Brückengleichrichter in den Eingangskreis geschaltet. Die Dioden übernehmen gleichzeitig Gleichrichtung, Freilauf- und Verpolschutzfunktion. Die Abschaltspannung der Spule wird auf ca. 1,4 V begrenzt

Zum Schutz der Eingangsschaltung vor Überspannungen wird, abhängig von Typ, zusätzlich ein Varistor vor den Brückengleichrichter geschaltet.

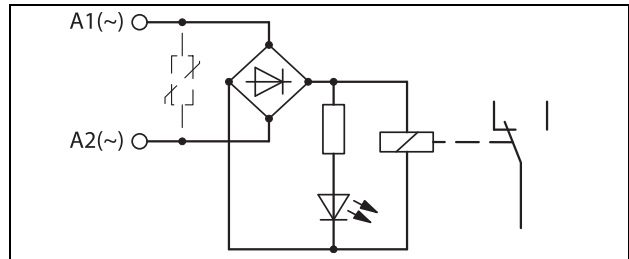


Bild 3 Prinzipieller Aufbau Relais mit AC/DC-Eingang

Bistabile Remanenzrelais mit Doppelwicklung werden ausschließlich mit Gleichspannung betrieben.

Erregerseitig sind diese Relais typen mit drei Spulenan- schlüssen ausgestattet. Neben einem gemeinsamen An- schluss ist jeweils ein Anschluss zum „Setzen“ und ein An- schluss zum „Rücksetzen“ vorhanden und werden nur mit kurzen Impulsen angesteuert. Dadurch erwärmen sich die Relais praktisch nicht. Das gleichzeitige Ansteuern beider Steuereingänge ist nicht zulässig.

Man unterscheidet minusschaltende (M) und plusschal- tende (P) Typen, je nach Polung der Freilauf- und Verpol- schutzdioden.

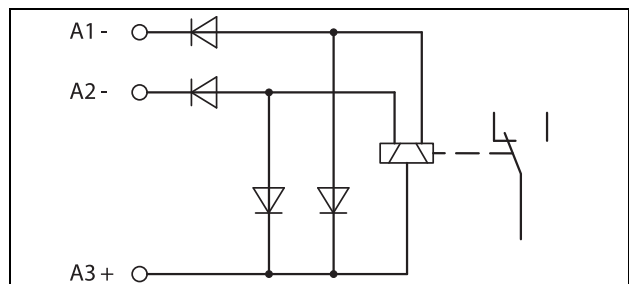


Bild 4 Prinzipieller Aufbau bistabiles Relais, minus- schaltender Typ

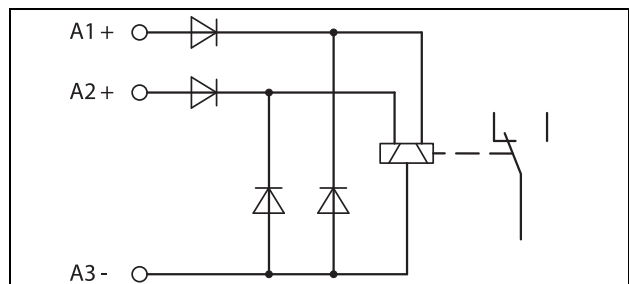


Bild 5 Prinzipieller Aufbau bistabiles Relais, plus- schaltender Typ

### Betriebsspannungsbereich

Die Umgebungstemperatur, die am Einsatzort herrscht, hat einen wesentlichen Einfluss auf einige Betriebsparameter der Relais.

Bei steigender Umgebungstemperatur erhöhen sich durch die Erwärmung der Spulenwicklung die Ansprech- und Rückfallspannungen. Gleichzeitig vermindert sich die maximal zulässige Spulenspannung, so dass der nutzbare Arbeitsbereich eingeschränkt wird.

Das folgende Diagramm zeigt das prinzipielle Verhalten der Betriebsspannung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur.

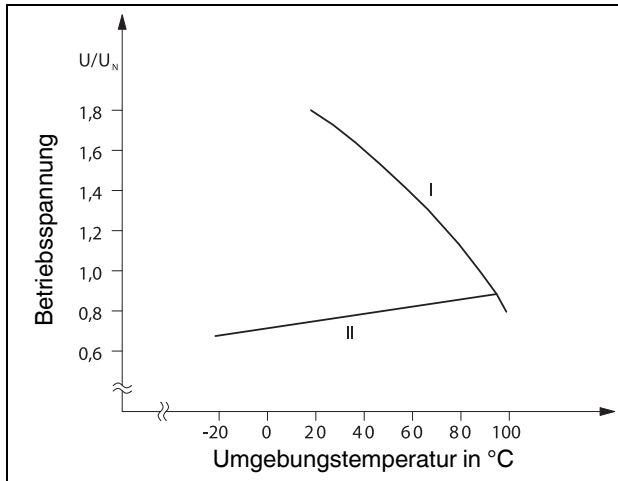


Bild 6 Prinzipieller Verlauf der Betriebsspannung eines Relais

- I Maximal zulässige Spannung bei 100 % Einschaltdauer (ED) und Einhaltung der Spulengrenztemperatur
- II Minimale Ansprechspannung

### 1.2 Störspannungen und Störströme auf der Spulenseite

Der sichere Betrieb eines Relais kann durch induktive oder kapazitive Störspannungen, die sich auf den langen Zuleitungen der Relaisspule einkoppeln, gestört werden.

Ist die eingekoppelte Spannung größer als die in der „Relaisnorm“ IEC 61810-1 geforderte Rückfallspannung, so kann das Relais im Extremfall nicht mehr abfallen. Diese Rückfallspannung liegt für DC-Relais bei  $\geq 0,05 \times U_N$  und für reine AC-Relais bei  $\geq 0,15 \times U_N$ .

Die gleichen Störungen können auftreten, wenn ein Relais mit geringer Eingangsleistung von einer Elektronik-Baugruppe mit RC-beschaltetem Wechselspannungsausgang angesteuert wird. Der typische Leckstrom solcher RC-Glieder von meist einigen mA liefert genug Steuerleistung, um

das nachgeschaltete Relais nicht abfallen zu lassen oder sogar zu erregen.

Der Störpegel vorhandener Störspannungen lässt sich mit Hilfe einer Parallelschaltung eines RC-Gliedes zur Relaisspule reduzieren. Durch diese Maßnahme wird die Störspannung zusätzlich kapazitiv belastet und bricht zusammen.

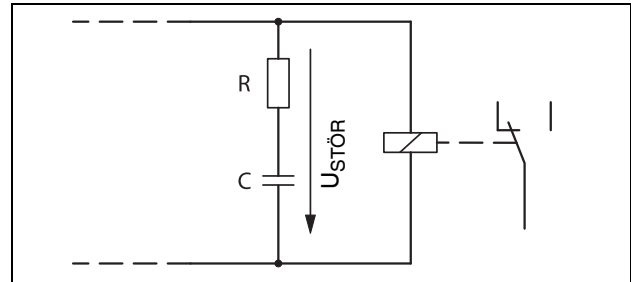


Bild 7 Externes RC-Entstörglied gegen Spannungseinkopplungen

Für die Dimensionierung des RC-Gliedes werden folgende Werte empfohlen:

- $R = 100 \dots 220 \Omega$
- $C = 220 \dots 470 \text{ nF}$

Für noch höhere Störsicherheit wurden die SO46-Baureihen entwickelt, die bereits ein RCZ-Filter integriert haben. Siehe z. B. PLC...SO46.

### 1.3 Kontaktseite, Kontaktmaterialien

Bei der Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten in den verschiedenen Bereichen der Industrie ist es nötig, die Relais durch die richtige Wahl des Kontaktwerkstoffes an die vielfältigen Aufgabenstellungen anzupassen.

Die Werte für Spannung, Strom und Leistung sind für die Eignung der Kontaktwerkstoffe wichtig. Weitere Kriterien sind:

- Kontaktwiderstand,
- Abbrandfestigkeit,
- Materialwanderung,
- Verschweißneigung,
- chemische Einflüsse.

Hiermit lassen sich die verschiedenen Kontaktwerkstoffe, zumeist Edelmetall-Legierungen, entsprechenden Anwendungsbereichen zuordnen.

In der nebenstehenden Tabelle sind einige der wichtigsten Materialien aufgeführt.

Kontaktwerkstoff	typ. Eigenschaften	typ. Anwendungen	Richtwerte für den Anwendungsbereich <sup>1</sup>
<b>Gold Au</b>	weitgehend unempfindlich gegenüber Industrieatmosphäre; bei Legierung mit Nickel (AuNi) oder Silber (AuAg) geringe und konstante Übergangswiderstände im Bereich kleiner Schaltleistungen.	trockene Mess- und Schaltkreise, Steuerungseingänge	$\mu\text{A} \dots 0,2 \text{ A}$ $\mu\text{V} \dots 30 \text{ V}$
<b>Silber Ag</b>	hohe elektr. Leitfähigkeit; empfindlich gegen Schwefeleinflüsse, deshalb oft als Lagerschutz hauchvergoldet (ca. $0,2 \mu\text{m}$ ); Legierungen mit Nickel (AgNi) oder Kupfer (AgCu) erhöhen die mechanische Festigkeit und die Abbrandfestigkeit und verringern die Schweißneigung.	universell einsetzbar; geeignet für mittlere Belastungen; bei Legierung mit Nickel (AgNi 0,15) für Gleichstromkreise mit mittlerer bis hoher Belastung	$\geq 12 \text{ V}$ $\geq 10 \text{ mA}$
<b>Silber hartvergoldet Ag+Au</b>	Eigenschaften ähnlich Gold Au, beim Schalten von Lasten $> 30 \text{ V}/0,2 \text{ A}$ wird die Hartgoldauflage ( $5 \dots 10 \mu\text{m}$ ) zerstört und es gelten die Werte und Eigenschaften des Ag-Kontaktes. Es muss dann jedoch mit einer geringeren Lebensdauer gerechnet werden.	geeignet für Steuerungseingänge und andere kleine Belastungen.	$\geq 100 \text{ mV}$ $\geq 1 \text{ mA}$
<b>Wolfram W</b>	höchster Schmelzpunkt; sehr hohe Abbrandfestigkeit; höhere Übergangswiderstände; sehr geringe Schweißneigung; korrosionsanfällig; oft als Vorlaufkontakt verwendet.	Lasten mit sehr hohen Einschaltströmen, z. B. Glühlampen, Leuchtstofflampen.	$\geq 60 \text{ V}$ $\geq 1 \text{ A}$
<b>Silber-Nickel AgNi</b>	hohe Abbrandfestigkeit; geringe Schweißneigung; höhere Kontaktwiderstände als bei reinem Silber.	universell einsetzbar; geeignet für mittlere bis hohe Belastungen; Gleichstromkreise und induktive Lasten.	$\geq 12 \text{ V}$ $\geq 10 \text{ mA}$
<b>Silber-Nickel AgNi+Au</b>	Eigenschaften ähnlich Gold Au, beim Schalten von Lasten $> 30 \text{ V}/0,2 \text{ A}$ wird die Hartgoldauflage ( $5 \dots 10 \mu\text{m}$ ) zerstört und es gelten die Werte und Eigenschaften des AgNi-Kontaktes. Es muss dann jedoch mit einer geringeren Lebensdauer gerechnet werden.	geeignet für Steuerungseingänge und andere kleine Belastungen.	$\geq 100 \text{ mV}$ $\geq 1 \text{ mA}$
<b>Silber-Zinn-oxyd AgSnO</b>	geringe Schweißneigung; sehr hohe Abbrandfestigkeit bei hohen Schaltleistungen; geringe Materialwanderung	Anwendung stark abhängig vom Relais-typ, Schaltkreise mit hohen Ein- und Ausschaltbelastungen, z. B. Glühlampen und Leuchtstofflampen, Gleich- und Wechselstromkreise. Durch unterschiedliche Legierungen und Herstellerverfahren teilweise auch für kleinere Lasten geeignet.	$\geq 12 \text{ V}$ $\geq 100 \text{ mA}$ ( $\geq 10 \text{ mA}$ )
<b>Silber-Zinn-oxyd hartvergoldet AgSnO+Au</b>	Eigenschaften ähnlich Gold Au, beim Schalten von Lasten $> 30 \text{ V}/0,2 \text{ A}$ wird die Hartgoldauflage ( $5 \dots 10 \mu\text{m}$ ) zerstört und es gelten die Werte und Eigenschaften des AgSnO-Kontaktes. Es muss dann jedoch mit einer geringeren Lebensdauer gerechnet werden.	geeignet für Steuerungseingänge und andere kleine Belastungen.	$\geq 100 \text{ mV}$ $\geq 1 \text{ mA}$

<sup>1</sup> \* Werte hängen vom eingesetzten Relais und weiteren Einsatzbedingungen ab.

### 1.4 Kontaktschutzbeschaltung

Jeder elektrische Verbraucher stellt eine Mischlast mit ohmschen, kapazitiven und induktiven Anteilen dar.

Beim Schalten dieser Lasten ergibt sich eine mehr oder weniger große Belastung für den schaltenden Kontakt. Durch eine geeignete Kontaktschutzbeschaltung kann diese Belastung reduziert werden.

Da in der Praxis überwiegend Verbraucher mit großem induktiven Anteil wie Schütze, Magnetventile, Motoren usw. eingesetzt werden, sollen diese Einsatzfälle näher betrachtet werden.

Durch die in der Spule gespeicherte Energie entstehen beim Abschalten Spannungsspitzen mit Werten bis zu einigen tausend Volt.

Am schaltendem Kontakt verursachen diese hohen Spannungen einen Lichtbogen, der den Kontakt durch Materialverdampfung und Materialwanderung zerstören kann. Die elektrische Lebensdauer wird dadurch erheblich verringert. Im Extremfall kann das Relais bei Gleichspannung und stehendem Lichtbogen bereits beim ersten Schaltspiel ausfallen.

Um die Entstehung des Lichtbogens zu unterdrücken, ist eine Schutzbeschaltung einzusetzen. Bei optimaler Dimensionierung lassen sich nahezu die gleichen Schaltzyklen erreichen wie bei ohmscher Last.

Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten eine effektive Beschaltung anzubringen:

1. Beschaltung des Kontaktes,
2. Beschaltung des Verbrauchers,
3. Kombination der beiden Beschaltungen.

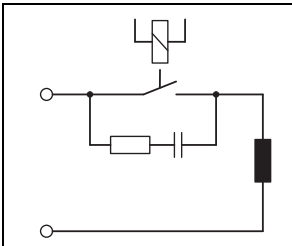


Bild 8 Beschaltung des Kontaktes

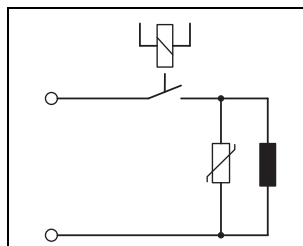


Bild 9 Beschaltung des induktiven Verbrauchers

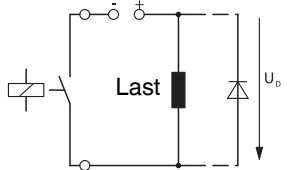
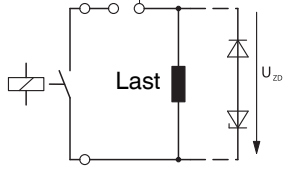
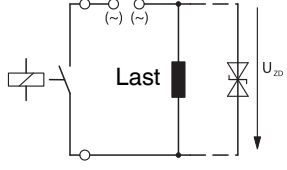
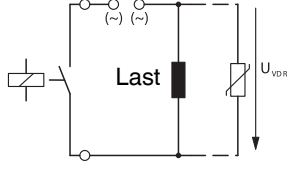
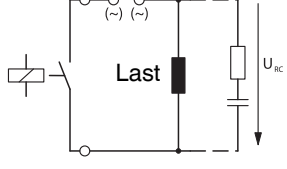
Prinzipiell sollte eine Schutzmaßnahme direkt dort greifen, wo sich die Quelle der Störung befindet.

Die Beschaltung des Verbrauchers ist also der Beschaltung des Kontaktes vorzuziehen.

Folgende Punkte wirken sich bei der Verbraucherbeschaltung (rechtes Bild) vorteilig aus:

1. Die Beschaltung wird beim Abschalten lediglich mit der Induktionsspannung belastet. Im Gegensatz dazu liegt an der Kontaktbeschaltung die Summe aus Betriebsspannung und Induktionsspannung.
2. Bei geöffnetem Kontakt ist die Last von der Betriebsspannung galvanisch getrennt.
3. Ein Erregen oder „Klebenbleiben“ der Last durch unerwünschte Betriebsströme von z. B. RC-Gliedern ist nicht möglich.
4. Abschaltspitzen der Last können nicht in parallellaufende Steuerleitungen eingekoppelt werden.

Magnetventile werden heute meist über Ventilstecker angeschlossen, die auch mit LED und induktionsspannungsbegegrenzenden Bauteilen geliefert werden. Ventilstecker mit RC-Glied, Varistor oder Z-Diode löschen den Schaltlichtbogen jedoch oft nicht und dienen nur der Einhaltung der EMV-Gesetzgebung. Lediglich Ventilstecker mit integrierter Freilaufdiode 1N4007 löschen den Schaltlichtbogen schnell und sicher und erhöhen die Lebensdauer des Relais um den Faktor 5 bis 10. Ventilstecker mit LED, integrierter 1N4007 und freiem Leitungsende können im SAC-Programm auf Anfrage geliefert werden.

Beschaltung der Last	zusätzliche Abfallverzögerung	definierte Induktionsspannungsbegrenzung	bipolar wirksame Dämpfung	Vorteile/Nachteile
<b>Diode</b> 	groß	ja ( $U_D$ )	nein	<b>Vorteile</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– guter Wirkung auf Lebensdauererlängerung der Kontakte</li> <li>– einfache Realisierung</li> <li>– kostengünstig</li> <li>– zuverlässig</li> <li>– unkritische Dimensionierung</li> <li>– kleine Induktionsspannung</li> </ul> <b>Nachteile</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dämpfung nur über Lastwiderstand</li> <li>– Hohe Abfallverzögerung</li> </ul>
<b>Reihenschaltung Diode/Zenerdiode</b> 	mittel bis klein	ja ( $U_{ZD}$ )	nein	<b>Vorteile</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– unkritische Dimensionierung</li> </ul> <b>Nachteile</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bedämpfung nur oberhalb <math>U_{ZD}</math></li> <li>– geringe Wirkung auf Lebensdauererlängerung der Kontakte</li> </ul>
<b>Suppressordiode</b> 	mittel bis klein	ja ( $U_{ZD}$ )	ja	<b>Vorteile</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– kostengünstig</li> <li>– unkritische Dimensionierung</li> <li>– Begrenzung positiver Spitzen</li> <li>– für Wechselspannung geeignet</li> </ul> <b>Nachteile</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bedämpfung nur oberhalb <math>U_{ZD}</math></li> <li>– geringe Wirkung auf Lebensdauererlängerung der Kontakte</li> </ul>
<b>Varistor</b> 	mittel bis klein	ja ( $U_{VDR}$ )	ja	<b>Vorteile</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– hohe Energie-Absorption</li> <li>– unkritische Dimensionierung</li> <li>– für Wechselspannung geeignet</li> </ul> <b>Nachteile</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bedämpfung nur oberhalb <math>U_{VDR}</math></li> <li>– geringe Wirkung auf Lebensdauererlängerung der Kontakte</li> </ul>
<b>R/C-Kombination</b> 	mittel bis klein	nein	ja	<b>Vorteile</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– HF-Dämpfung durch Energiespeicherung</li> <li>– für Wechselspannung geeignet</li> <li>– pegelunabhängige Bedämpfung</li> </ul> <b>Nachteile</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– genaue Dimensionierung erforderlich</li> <li>– hoher Einschaltstromstoß</li> <li>– geringe Wirkung auf Lebensdauererlängerung der Kontakte</li> </ul>

### Schalten von kleinen Leistungen

Kleine Leistungen müssen vor allem in solchen Anwendungen verarbeitet werden, in denen Signale an Steuereingänge (z. B. einer SPS) weitergeleitet werden sollen.

Bei diesen Lasten im Kleinleistungsbereich entsteht kein Schaltfunke (Lichtbogen) an den Kontakten.

Neben dem stets vorhandenen Reinigungseffekt durch die Kontaktreibung übernimmt dieser Schaltfunke bei Leistungskontakten die Funktion, die auf den Kontaktoberflächen entstehenden nicht leitenden Fremdschichten zu durchschlagen.

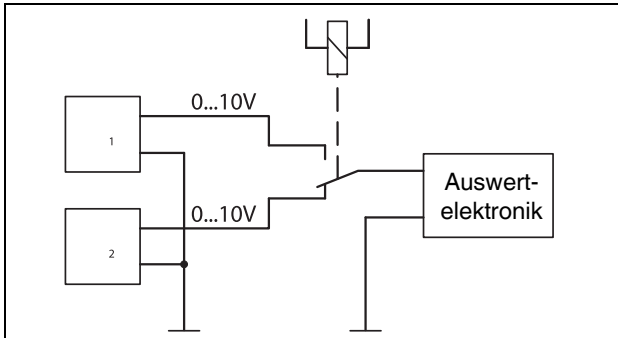


Bild 10 Applikationsbeispiel: Messstellenumschaltung

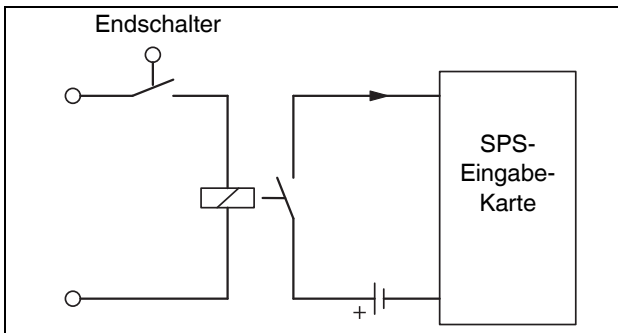


Bild 11 Applikationsbeispiel: SPS-Eingabesignal

Die Fremdschichten sind meist Oxidations- oder Sulfidationsprodukte der Kontaktmaterialien Silber (Ag) bzw. Silberlegierungen wie Silber-Nickel (AgNi) oder Silber-Zinnoxid (AgSnO). Der Kontaktwiderstand kann dadurch bereits nach kurzer Zeit so stark ansteigen, dass bei kleinen Lasten kein zuverlässiges Schalten mehr möglich ist.

Aufgrund dieser Eigenschaften kommen die genannten Leistungs-Kontaktmaterialien für Kleinleistungsanwendungen nicht in Frage.

Vor allem wegen der niedrigen und konstanten Kontaktwiderstände auch bei kleinsten Lasten und der Unempfindlichkeit gegenüber schwefelhaltiger Umgebungsluft hat sich

Gold (Au) als Kontaktwerkstoff für diese Anwendungsbereiche durchgesetzt.

Für kleinste Leistungen und noch höhere Kontaktsicherheit werden Doppelkontakt-Relais mit Goldkontakten eingesetzt.

Durch die geschlitzte Kontaktfeder entstehen bei dieser Bauweise zwei parallele Kontaktpunkte mit noch geringeren Kontaktwiderständen und deutlich höherer Kontaktsicherheit.

### 1.5 Schalten von großen Leistungen

Einige wichtige Punkte sind bei Schaltvorgängen im Bereich größerer Leistungen mit den zur Auswahl stehenden Leistungskontakten aus Silber (Ag) oder Silberzinnoxid (AgSnO) ebenfalls zu beachten.

Grundsätzlich ist zwischen dem Schalten von Gleich- und Wechselströmen zu unterscheiden.

#### Schalten von großen Wechselstromlasten

Beim Schalten von großen Wechselstromlasten kann das Relais grundsätzlich bis zu den jeweiligen Maximaldaten von Schaltspannung, -strom und -leistung betrieben werden. Der während des Abschaltens entstehende Lichtbogen ist abhängig von Strom, Spannung und Phasenlage. Dieser Abschaltlichtbogen verlischt in der Regel beim nächsten Nulldurchgang des Laststromes von selbst.

In Anwendungen mit induktiver Belastung sollte eine wirksame Schutzbeschaltung vorgesehen werden, da sonst mit einer deutlich verringerten Lebensdauer gerechnet werden muss.

### Schalten von großen Gleichstromlasten

Im Vergleich zum maximal zulässigen Wechselstrom können herkömmliche Schaltrelais nur relativ kleine Gleichströme abschalten, da der automatisch löschende Nulldurchgang fehlt. Dieser maximale Gleichstromwert ist außerdem stark schaltspannungsabhängig und wird unter anderem von konstruktiven Gegebenheiten wie Kontaktabstand und Kontaktöffnungsgeschwindigkeit bestimmt.

Die entsprechenden Strom- und Spannungswerte sind von Relaisherstellern in Lichtbogen- oder Lastgrenzkurven dokumentiert.

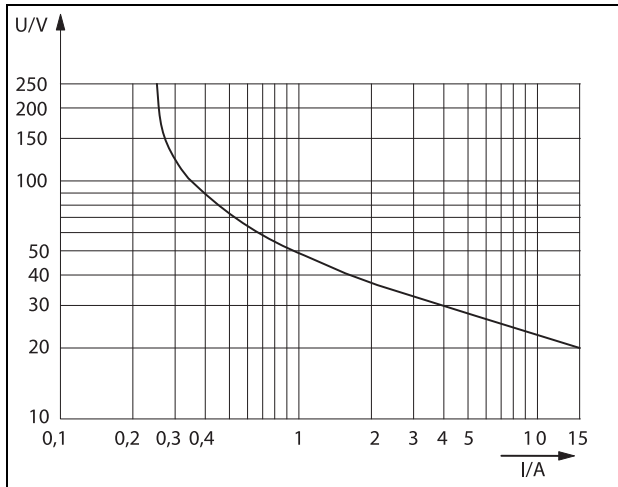


Bild 12 Beispiel einer Lastgrenzkurve (typenabhängig)

Eine unbedämpfte induktive Gleichstromlast verringert die angegebenen Werte für schaltbare Ströme weiter. Die in der Induktivität gespeicherte Energie kann einen Lichtbogen zünden, der den Strom über die geöffneten Kontakte weiterführt.

Mit einer wirksamen Kontaktschutzbeschaltung, vorzugsweise Freilaufdioden vom Typ 1N4007, sind gegenüber unbeschalteter oder ungünstig beschalteter induktiver Last Lebensdauererhöhungen von Faktor 5 bis 10 erreichbar (siehe auch Kapitel Kontaktschutzbeschaltungen).

Sind höhere Gleichstromlasten als dokumentiert zu schalten oder soll die elektrische Lebensdauer erhöht werden, können mehrere Kontakte eines Relais in Reihe geschaltet werden. Siehe z. B. Industrirelais REL-IR....

Alternativ können auch Solid-State-Relais mit Gleichspannungsausgang eingesetzt werden.

### Schalten von Lampen und kapazitiven Lasten

Unabhängig von der Spannungsart stellen alle Arten von Lampen sowie Lasten mit kapazitiven Anteil extreme Anforderungen an die schaltenden Kontakte. Im Einschaltmoment, also gerade in der dynamischen Prellphase der Relais, treten höchst energiereiche Stromspitzen auf, die oft einige 10 A, nicht selten sogar über 100 A hoch sind und den Kontakt verschweißen. Abhilfe schaffen hier speziell optimierte „Lampenlast-Relais“, die diese Einschaltspitzen verkraften. Siehe z. B. PLC...IC-Type.

#### 1.6 Schaltvermögen nach Gebrauchskategorien AC-15 und DC-13 (IEC 60947)

In der Praxis bieten sowohl die maximale Abschaltleistung für AC-Lasten als auch die aus den Lastgrenzkurven entnommenen DC-Abschaltwerte nur grobe Anhaltswerte für die Auswahl von Relais. Dies ist in der Praxis unzureichend, da reale Lasten im Industriebereich überwiegend induktive oder kapazitive Anteile besitzen und die Lasten völlig unterschiedlich beschaltet sein können. Dadurch ergeben sich – wie bereits beschrieben – teils stark unterschiedliche Lebensdauerwerte.

Diese Nachteile versucht die Schütznorm IEC 60947 zu vermeiden, indem sie die Lasten in unterschiedliche Gebrauchskategorien (DC-13, AC-15...) einteilt. Diese Norm wird teilweise auch auf Relais angewandt. Anwender müssen sich jedoch im klaren darüber sein, dass auch diese Werte nur bedingt praxistauglich sind, da alle DC-13- und AC-15-Prüflasten stark induktiv sind und dazu völlig ohne Schutzschaltung betrieben werden (siehe Kapitel Kontaktschutzbeschaltung). In der Schaltvermögensprüfung nach IEC 60947 werden als Mindestanforderung außerdem nur insgesamt 6060 Schaltspiele durchgeführt.

Eine bessere Aussage zum Schaltvermögen und zur erwartenden Lebensdauer ist in jedem Fall anhand der konkreten Applikationsdaten möglich. Durch eine umfangreiche Datensammlung kann für die meisten Anwendungen eine gute Lebensdauerabschätzung getroffen und gegebenenfalls Optimierungsvorschläge gemacht werden. Bei kritischen Anwendungen wird dem Anwender geraten selbst empirisch Lebensdauerwerte zu ermitteln.



## 2 Grundlagen der Solid-State-Relaistechnik

### 2.1 Steuerseite

Als Schnittstellen-Baustein für die Anpassung zwischen Prozessperipherie und Steuer-, Melde- und Regeleinrichtung stellt Phoenix Contact Solid-State-Relais für verschiedene Spannungs- und Leistungsebenen zur Verfügung. Das eigentliche im Modul befindliche Solid-State-Relais-Element ist bauartbedingt auf einen begrenzten Spannungsbereich festgelegt. Die eingangsseitige Stromaufnahme schwankt je nach Schaltungsaufbau und Spannungsebene.

Um sämtliche für industrielle Anwendungen benötigten Spannungen zwischen 5 V und 230 V zu realisieren, ist eine geeignete Eingangsschaltung vorgesehen. Hierbei muss grundsätzlich zwischen einem Eingang für Gleich- und Wechselfspannung unterschieden werden.

#### DC-Eingang

Die Anpassung an verschiedene Spannungsebenen erfolgt durch Ergänzen einer speziell auf den gewünschten Spannungsbereich abgestimmten Elektronik. Bei den meisten Modulen sorgt eine Verpolschutzdiode dafür, dass bei falsch angeschlossener Steuerspannung ein sicherer Schutz gegen Zerstörung gewährleistet ist. Speziell abgestimmte Filter sorgen für eine zuverlässige Unterdrückung eventuell auftretender hochfrequenter Störimpulse.

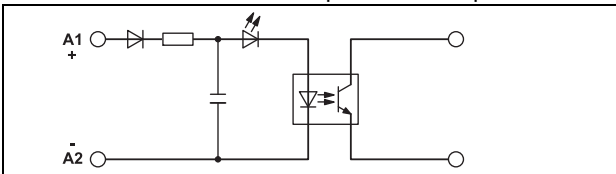


Bild 13 Schaltungsprinzip DC-Eingang

#### AC-Eingang

Als Voraussetzung für eine sichere Funktion benötigt das Solid-State-Relais-Element eine stabile Steuerspannung. Beim AC-Eingang wird dies durch das Vorschalten eines Gleichrichters und Glättungskondensators erreicht. Nach der Gleichrichtung folgt prinzipiell der Schaltungsaufbau des DC-Eingangs.

Die Schaltfrequenz liegt grundsätzlich unterhalb der halben Netzfrequenz. Eine höhere Schaltfrequenz kann, bedingt durch den Glättungskondensator, nicht erreicht werden. Ein ständiges Durchschalten wäre die Folge.

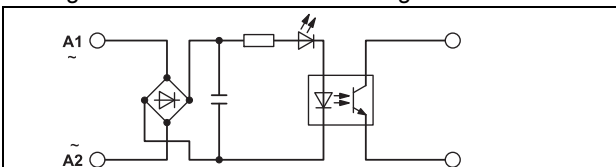


Bild 14 Schaltungsprinzip AC-Eingang

### 2.2 Lastseite

Je nach Anwendungsfall und Lastart werden unterschiedliche Anforderungen an den Solid-State-Relais-Ausgang gestellt. Entscheidend sind hier:

- Leistungsverstärkung,
- Anpassung an Schaltspannung und Schaltstrom (AC/DC) und
- Kurzschluss-Schutz.

Für diese verschiedenen Einsatzfälle muss das Solid-State-Relais-Element auch ausgangsseitig mit einer weiteren Elektronik aufbereitet werden.

#### DC-Ausgang

Um die erforderliche Ausgangsleistung zu erreichen, wird das Solid-State-Relais-Element durch eine oder mehrere Halbleiterstufen ergänzt.

Für den Anwender vor Ort sind die Anschlussklemmen des Ausgangs trotzdem lediglich wie konventionelle Schalteranschlüsse zu betrachten. Lediglich die vorgegebene Polarität muss unbedingt eingehalten werden.

Bei der Auswahl des geeigneten Solid-State-Relais hat die Praxis gezeigt, dass nach folgenden Kriterien vorzugehen ist:

1. Betriebsspannungsbereich (z. B. 12 ... 60 V DC)  
Angabe der minimal bzw. maximal zu schaltenden Spannung. Die Einhaltung des unteren Wertes ist für eine sichere Funktion erforderlich. Der obere Wert darf zum Schutz des Ausgangstransistors nicht überschritten werden.
2. Maximaler Dauerstrom (z. B. 1 A)  
Dieser Wert gibt den maximalen Dauerstrom an. Eine ständige Überschreitung dieses Wertes führt zu einer Zerstörung des Ausgangshalbleiters. Zu beachten ist auch die Abhängigkeit des Ausgangsstromes von der Umgebungstemperatur des Solid-State-Relais. Daher ist bei Leistungs-Solid-State-Relais generell eine Dering-Kurve angegeben. Sie zeigt den maximalen Laststrom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur.
3. Ausgangsschaltung  
Der 2-Leiter-Ausgang ist einem mechanischen Kontakt gleichzusetzen. Lediglich die Polarität der Anschlüsse ist vorgegeben und muss berücksichtigt werden.

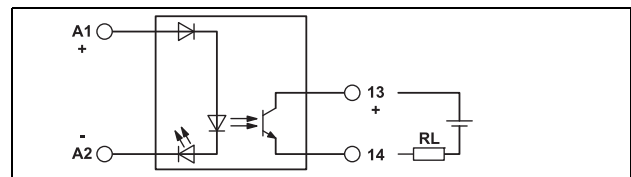


Bild 15 Der 2-Leiter-Ausgang

Der 3-Leiter-Ausgang ist potenzialgebunden und benötigt für eine sichere Funktion den Anschluss beider Potentiale der ausgangsseitigen Spannungsquelle. Im ausgeschalteten Zustand ist ein fester Bezug zur Masse (Minuspotenzial) hergestellt. Außerdem bietet diese Ausgangsschaltung den Vorteil eines nahezu konstanten Innenwiderstandes.

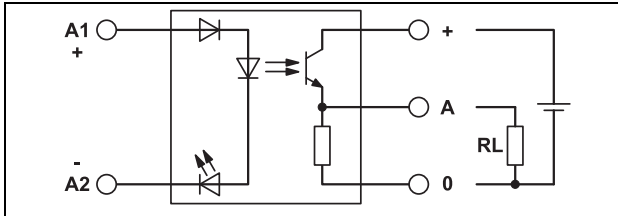


Bild 16 Der 3-Leiter-Ausgang

**AC-Ausgang**

Für die Ansteuerung von Wechselspannungsschalt- und -steuergeräten wird dem Solid-State-Relais-Element ein Halbleiter für Wechselspannung (TRIAC oder Thyristor) nachgeschaltet.

Wie beim DC-Ausgang sind auch hier der maximale Betriebsspannungsbereich und der maximale Dauerlaststrom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur besonders zu beachten.

Zusätzlich ist bei AC-Ausgängen die maximale Spitzenspannung des TRIACs (z. B. 600 V) entscheidend. Sie darf zum Schutz gegen Zerstörung auch bei Spannungsschwankungen oder Störspannungsspitzen nicht überschritten werden. Die AC-Ausgänge sämtlicher Phoenix Contact-Solid-State-Relais sind daher mit einer internen RC-Schutzbeschaltung gegen Störspannungsspitzen geschützt.

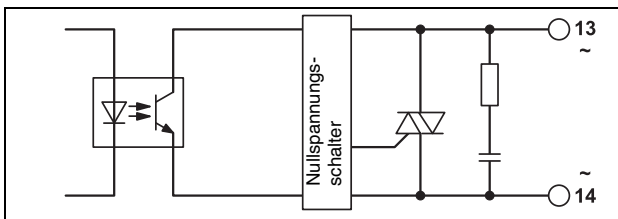


Bild 17 Prinzipschaltbild AC-Ausgang

**2.3 Schutzbeschaltungen**

Beim Schalten von induktiven Verbrauchern (Schütze, Magnetventile, Motoren) treten im Abschalt Augenblick Überspannungen auf, die sehr hohe Amplituden erreichen können. Hiergegen sind elektronische Bau- und Schaltelemente besonders empfindlich. Zum Schutz gegen Zerstörung muss deshalb generell eine Schutzbeschaltung vorgesehen werden.

Durch Parallelschaltung zur Last wird so eine wirksame Reduzierung der Abschaltüberspannung auf ein ungefährliches Maß erreicht. Je nach Solid-State-Relais-Ausgang und Lastart bilden

- Freilaufdiode/Suppressordiode (nur DC),
- Varistor (AC und DC) oder
- RC-Glied (nur AC)

die notwendige Schutzmaßnahme.

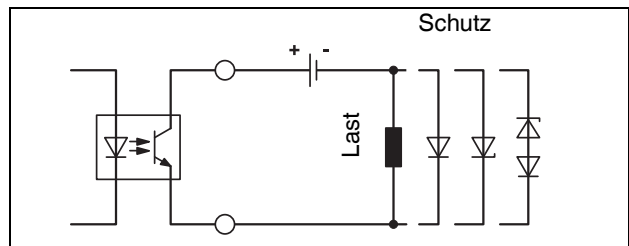


Bild 18 Schutzbeschaltung bei Gleichspannungsausgang

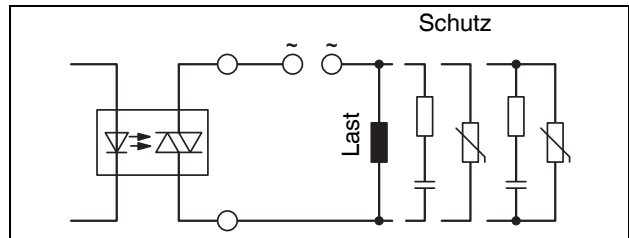


Bild 19 Schutzbeschaltung bei Wechselspannungsausgang

## 2.4 Applikationshinweise

Eingabe-Solid-State-Relais mit Wirkungsrichtung von der Peripherie in die Steuerung (Melden, Regeln, Überwachen) in steckbarer-Ausführung:

- PLC-O...

in modularer-Ausführung:

- DEK-OE...
- EMG 10-OE...
- SIM-EI...
- OPT...

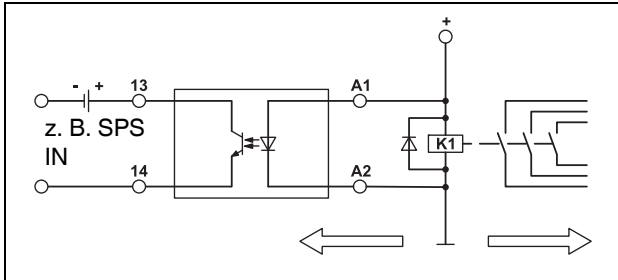


Bild 20 z. B. Lastschütz-Überwachung (DC-Schütz)

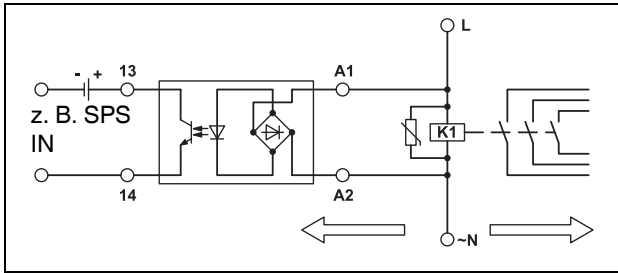


Bild 21 z. B. Lastschütz-Überwachung (AC-Schütz)

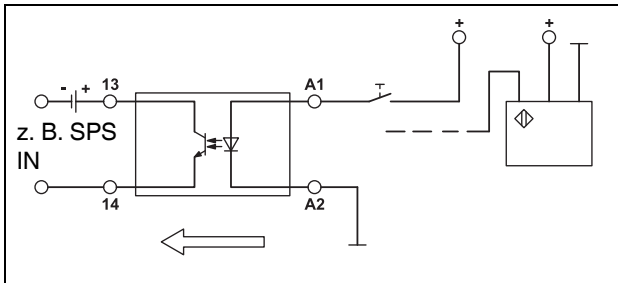


Bild 22 z. B. Positionsmeldung mit Endkontakt oder Initiator

Ausgabe (Leistungs)-Solid-State-Relais mit Wirkungsrichtung von der Steuerung zur Peripherie (Schalten, Verstärken, Steuern)

in steckbarer-Ausführung:

- PLC-O...

in modularer-Ausführung:

- DEK-OV...
- EMG 10-OV
- EMG 12-OV
- EMG 17-OV
- OV...
- OPT...

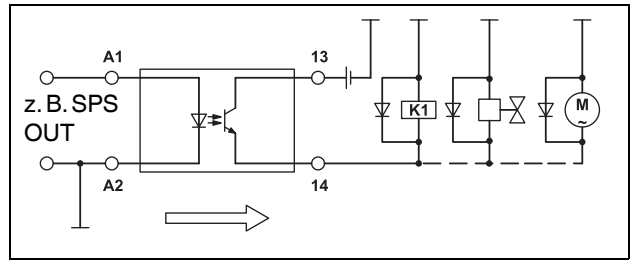


Bild 23 z. B. Schalten von Schütz, Magnetventil oder Motor (DC-Last)

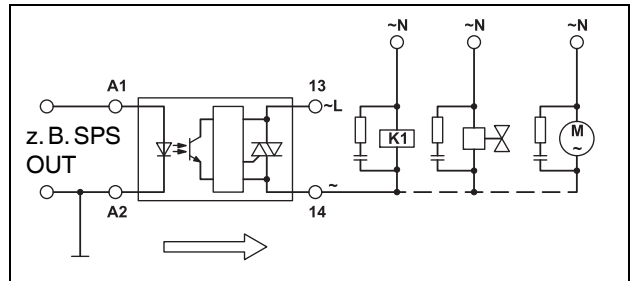


Bild 24 z. B. Schalten von Schütz, Magnetventil oder Motor (AC-Last)

### Bemerkungen

- 1) Masse (Minus)-Potential von Eingang und Ausgang des Solid-State-Relais dürfen nicht verbunden werden.
- 2) DC-Lasten müssen mit einer wirksamen Schutzbeschaltung (z. B. Diode) versehen werden.
- 3) AC-Lasten müssen mit einem Varistor oder RC-Glied schutzbeschaltet werden.