

# Halbleiterrelais

# Technische Informationen

## 1 Was sind Halbleiterrelais?

### (1) Unterschied zwischen Halbleiterrelais und mechanischen Relais

Halbleiterrelais besitzen keine beweglichen Kontakte. Hinsichtlich des Betriebs unterscheiden sich Halbleiterrelais nicht stark von mechanischen Relais, die bewegliche Kontakte besitzen. Halbleiterrelais arbeiten jedoch mit Halbleiterschalt-elementen, wie z. B. Thyristoren, Triacs, Dioden und Transistoren. Ferner verwenden Halbleiterrelais Optokoppler genannte optische Halbleiter zur galvanischen Trennung von Eingangs- und Ausgangssignalen. Optokoppler wandeln elektrische Signale in optische Signale um und geben diese Signale durch den Raum weiter, wodurch die Eingangs- und Ausgangsabschnitte galvanisch voneinander getrennt sind und die Signale mit hoher Geschwindigkeit weitergegeben werden.

Halbleiterrelais bestehen aus elektronischen Bauteilen ohne mechanische Kontakte. Daher weisen Halbleiterrelais eine Vielzahl von Merkmalen auf, über die mechanische Relais nicht verfügen. Das herausragende Merkmal von Halbleiterrelais besteht darin, dass Halbleiterrelais keine Schaltkontakte verwenden, die abnutzen können.

Aufgrund der folgenden Leistungseigenschaften eignen sich Halbleiterrelais ideal für ein breites Spektrum von Anwendungen.

- Sie bieten Schaltvorgänge mit hoher Geschwindigkeit und hoher Frequenz.
- Sie haben keine Kontaktfehler.
- Sie erzeugen kaum elektrische Störungen.
- Sie erzeugen keine Störungen durch Lichtbögen.

### (2) Steuerung von Halbleiterrelais (EIN/AUS-Steuerung, Voll-Wellensteuerung, Phasenanschnittsteuerung)

EIN/AUS-Steuerung ist eine Form der Steuerung, bei der ein Heizgerät ein- oder ausgeschaltet wird, indem ein Halbleiterrelais als Reaktion auf Spannungsausgangssignale von einem Temperaturregler ein- oder ausgeschaltet wird. Dieselbe Art von Steuerung ist auch mit einem elektromagnetischen Relais möglich, jedoch muss bei einer Steuerung, bei der das Heizgerät über einen Zeitraum von mehreren Jahren in Intervallen von wenigen Sekunden ein- und ausgeschaltet wird, ein Halbleiterrelais verwendet werden.

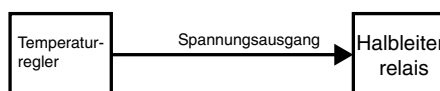
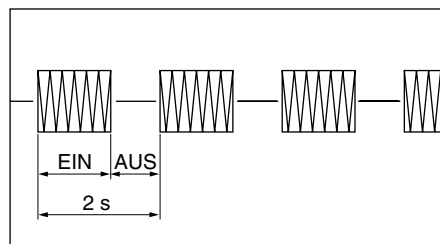
Bei der Vollwellensteuerung (G32A-EA) wird die Ausgangsspannung mit einem festen Intervall von 0,2 s ein- und ausgeschaltet. Die Steuerung erfolgt als Reaktion auf den Stromausgang von einem Temperaturregler im Bereich von 4 bis 20 mA.

**Hinweis** Sicherheitshinweis für die Vollwellensteuerung  
Bei der Vollwellensteuerung fließt fünfmal in der Sekunde Strom (da der Steuerzyklus 0,2 s beträgt). Bei einem Transformator als Last können aufgrund eines großen Eingangsstroms (ca. das Zehnfache des Nennstroms) folgende Probleme auftreten, und die Steuerung des Stroms an der Primärseite des Transformators ist eventuell nicht möglich.

1. Das Halbleiterrelais kann zerstört werden, wenn die Nennwerte des Halbleiterrelais nicht ausreichend Spielraum lassen.
2. Der Leistungsschalter im Lastkreis könnte ausgelöst werden.

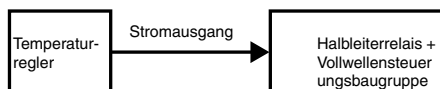
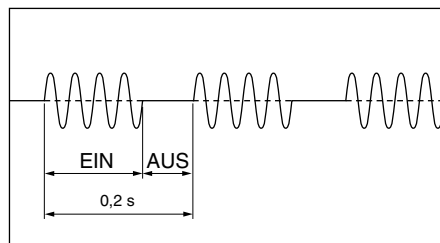
Bei der Phasenanschnittsteuerung wird der Ausgang bei jeder Halbwelle als Reaktion auf Stromausgangssignale im Bereich von 4 bis 20 mA von einem Temperaturregler geändert. Bei Verwendung dieser Art von Steuerung ist eine hochpräzise Temperaturregelung möglich, die häufig in Anlagen zur Halbleitererzeugung verwendet wird.

### EIN/AUS-Steuerung



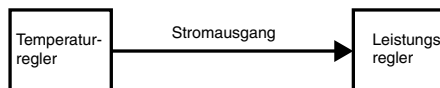
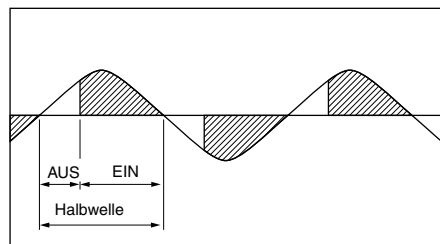
Ermöglicht kostengünstigen, und wartungsfreien Betrieb ohne Erzeugung elektrischer

### Vollwellensteuerung



Ermöglicht Betrieb mit Erzeugung nur sehr geringer elektrischer Störungen bei sehr kurzen Ansprechzeiten.

### Phasenanschnittsteuerung (Einzelphase)

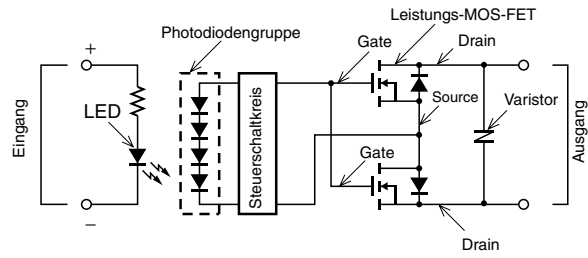


Ermöglicht präzise Temperaturregelung und steigert die Lebensdauer des

Halbleiterrelais

**(3) Konfiguration und Funktionsprinzip von MOS-FET-Relais**

MOS-FET-Relais sind Halbleiterrelais, bei denen in der Ausgangsschaltung Leistungs-MOS-FETs verwendet werden. Zum Ansteuerung dieser Leistungs-MOS-FETs werden Fotodiodengruppen als Lichtempfangselemente verwendet. Wenn Strom durch die Eingangsklemmen fließt, leuchtet die LED. Dieses Licht erzeugt eine fotoelektromotorische Kraft in der Fotodiodengruppe, die als Gate-Spannung fungiert und den Leistungs-MOS-FET einschaltet. Durch Schalten von 2 Leistungs-MOS-FETs mit gemeinsamer Quelle ist eine Steuerung von AC-Lasten möglich. Es gibt auch Modelle zur Steuerung von DC-Lasten, die nur über einen Leistungs-MOS-FET verfügen. (Informationen hierzu finden Sie unter "Fragen und Antworten" zu den Fragen 43, 44 und 45.)



Das MOS-FET-Relais G3VM (für sehr schneller Signalbetrieb) besitzt keinen Varistor

**(4) Klassifizierungen von Halbleiterrelais**

Halbleiterrelais können nach Bauart, wie z. B. Modelle für Schalttafel-, Sockel- oder Leiterplatteninstallation, oder nach Anwendungsbereichen, wie nachfolgend aufgeführt, klassifiziert werden. Das optimale Halbleiterrelais kann auf Grundlage des Einsatzzwecks ausgewählt werden, der ein weiteres wichtiges Merkmal von Halbleiterrelais darstellt.

**Klassifizierung nach Anwendung**

Anwendung	Empfohlene Halbleiterrelais
<p><b>Heizungssteuerung</b> Diese Halbleiterrelais können für Maschinen verwendet werden, die eine sehr empfindliche Temperaturregelung zum Ein- und Ausschalten von Heizgeräten benötigen, wie z. B. Spritzgussautomaten, Verpackungsmaschinen und Lötgeräte. Diese Halbleiterrelais gibt es als Stecksockelmodelle, Modelle mit austauschbaren Leistungsmodulen und Modelle mit integriertem Kühlkörper. Sie erfüllen die Anforderungen der Heizungsregelung an hohes Schaltvermögen mit hoher Schaltfrequenz.</p>	<p>Single-phase G3PB    Three-phase G3PB    G3PX    G3PA    G3NA    G3NE    G3NH</p>
<p><b>Motorsteuerung</b> Diese Halbleiterrelais eignen sich für Maschinen, bei denen eine Schrittsteuerung und Rückwärtslaufbetrieb des Motors erforderlich ist, wie z. B. Werkzeugmaschinen, Transportbänder und Verpackungsmaschinen. Sie besitzen eine sehr kurze Ansprechzeit und eine hohe Schaltfrequenz, die für den Schritt und Rückwärtsbetrieb erforderlich sind.</p>	<p>G3J    G3NA    G3NE</p>
<p><b>E/A</b> Diese Halbleiterrelais erfüllen die Anforderungen für die isolierte Übertragung der Steuersignale von PCs und Positioniersteuerungen an ein ausführendes Gerät. Insbesondere die Relais G3DZ und G3RZ verwenden MOS-FETs in der Ausgangsschaltung, um die gemeinsame Nutzung der Relais sowohl im AC- als auch im DC-Schaltkreis mit niedrigem Leckstrom zu ermöglichen.</p>	<p>G3TB    G3DZ    G3S (D)    G3R (I/O)    G3RZ    G3TA</p>
<p><b>Schnittstellen zum Schaltschrankbau</b> Diese Halbleiterrelais haben dieselbe Form wie Universalrelais, werden in denselben Sockeln eingesetzt und können gemäß ihrer jeweiligen Form installiert werden. Sie sind ideal für Schnittstellenanwendungen geeignet, bei denen Schaltvorgänge mit hoher Frequenz benötigt werden, und können auch für eine Vielzahl von Mehrzweck-Anwendungen genutzt werden, wie z. B. direktes Schalten von Lasten.</p>	<p>G3B    G3F    G3H    G3R</p>

## (5) Glossar Halbleiterrelais

	Begriffe	Bedeutung
<b>Isolierung</b>	<b>Grundisolierung</b>	Isolierung, die einen Grundschatz gegen elektrischen Schlag bietet (IEC950 1.2.9.2)
	<b>Zusatzisolierung</b>	Separate Isolierung außerhalb der Grundisolierung zum Schutz gegen elektrischen Schlag bei einem Ausfall der Grundisolierung (IEC950 1.2.9.3)
	<b>Schutzisolierung</b>	Eine einlagige Isolierung (IEC950 1.2.9.5), die entsprechend den in der Normenreihe IEC950 festgelegten Bedingungen den gleichen Schutz gegen elektrischen Schlag wie eine Doppelisolierung (bestehend aus Grund- und Zusatzisolierung) bietet.
<b>Schaltungs-funktionen</b>	<b>Nulldurchgangsschaltung</b>	Eine Schaltung, mit der der Betrieb gestartet wird, wenn die AC-Lastspannung annähernd im Spannungs-Nulldurchgang ist.
	<b>Triggerschaltung</b>	Schaltung zur Ansteuerung des Triac- oder Thyristor-Triggersignals, welches den Laststrom ein- und ausschaltet.
<b>Eingang</b>	<b>Galvanisch getrennte Eingangsschaltung</b>	Wenn es durch die externe Schaltung zu Störungen kommen kann oder Leitungen von externen Quellen dem Einfluss induktiver Störungen ausgesetzt sind, müssen zur Vermeidung von Fehlfunktionen durch Störsignale interne und externe Schaltungen (Ausgangsschaltungen) elektrisch getrennt werden. Eine galvanisch getrennte Eingangsschaltung ist eine Schaltung, bei der Ein- und Ausgänge durch Bauteile getrennt sind, die keine elektrische Verbindung besitzen, jedoch Signale übertragen können (z. B. Kontaktrelais oder Optokoppler).
	<b>Optokoppler</b>	Ein Bauteil, welches das elektrische Signal in eine Lichtquelle (z. B. eine LED) überführt, in ein Lichtsignal umwandelt und anschließend mit Hilfe eines fotoelektrischen Wandlers (z. B. eines Fototransistors) wieder in ein elektrisches Signal umwandelt. Der Raum, in dem das Lichtsignal übertragen wird, ist isoliert und bietet daher eine gute Trennung und eine hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit.
	<b>Nennspannung</b>	Die Spannung, die als Standardwert für die Eingangssignalspannung dient.
	<b>Anzugsspannung</b>	Mindestspannung des Eingangssignals, bei der das Halbleiterrelais der Ausgang von Sperr auf Durchgangsbetrieb umschalten muss.
	<b>Eingangsimpedanz</b>	Die Impedanz der Eingangsschaltung und der Widerstandswert der verwendeten Begrenzungswiderstände. Bei Konstantstrom-Eingang variiert die Impedanz in Abhängigkeit von der Eingangssignalspannung.
	<b>Betriebsspannung</b>	Der zulässige Spannungsbereich, innerhalb dessen die Spannung eines Eingangssignals schwanken darf.
	<b>Rückfallspannung</b>	Maximalspannung des Eingangssignals, bei der das Halbleiterrelais die Ausgänge von Durchgang auf Sperren schaltet.
	<b>Eingangsstrom</b>	Stromwert beim Anlegen der Nennspannung
<b>Ausgang</b>	<b>Lastspannung</b>	Dies ist der effektive Wert für die Versorgungsspannung, die zur Lastschaltung oder im permanenten Sperrzustand verwendet werden kann.
	<b>Maximaler Laststrom</b>	Der effektive Wert für den maximalen Laststrom, der unter vorgegebenen Kühlbedingungen (z. B. Größe, Material und Stärke des Kühlkörpers sowie Wärmeabgabe/Umgebungstemperatur) dauerhaft durch den Halbleiter fließen kann.
	<b>Leckstrom</b>	Der effektive Wert des Stroms, der durch die Ausgangsklemmen fließen kann, wenn eine vorgegebene Lastspannung an den im Sperrzustand geschalteten Halbleiter angelegt ist.
	<b>Spannungsabfall bei Ausgang EIN</b>	Der effektive Wert der zwischen den Ausgangsklemmen abfallende AC-Spannung, wenn unter vorgegebenen Kühlbedingungen (z. B. Größe, Material und Stärke des Kühlkörpers sowie Wärmeabgabe/Umgebungstemperatur usw.) der maximale Laststrom durch das Halbleiterrelais fließt.
	<b>Mindestlaststrom</b>	Der minimale Laststrom, bei dem ein normaler Betrieb des Halbleiterrelais möglich ist.
	<b>Enstörglied</b>	Eine aus einem Widerstand R und einem Kondensator C bestehende Schaltung, die fehlerhafte Zündungen im Halbleiterrelais-Triac verhindert, indem plötzliche Spannungsanstiege am Triac unterdrückt werden.
	<b>Halbleiterausgangselement (Schaltbauteil)</b>	Dies ist eine allgemeine Bezeichnung für Halbleiter, z. B. Thyristor, Triac, Leistungs-Transistor und Leistungs-MOS-FET. Insbesondere Triacs werden häufig in Halbleiterrelais verwendet, da sie das Schalten mit einem Bauteil ermöglichen.
	<b>Periodische Spitzensperrenspannung (VDRM)</b>	Maximale wiederholender AC- Spannungsspitzenwert für einen Ausgangs-Halbleiter in Sperrzustand
	<b>Kollektor-Emitter-Spannung (VCEO)</b>	Nennwert für einen Ausgangs-Halbleiter, der in einem Halbleiterrelais für DC-Lasten eingesetzt wird.
<b>Eigenschaften</b>	<b>Ansprechzeit</b>	Verzögerung zwischen dem Zeitpunkt, zu dem eine vorgegebene Signalspannung an die Eingangsklemmen angelegt wird, und dem Einschalten des Ausgangs.
	<b>Rückfallzeit</b>	Verzögerung zwischen dem Zeitpunkt, an dem das angelegte Eingangssignal ausgeschaltet wird, und dem Ausschalten des Ausgangs.
	<b>Isolationswiderstand</b>	Der Widerstand zwischen den Eingangs- und Ausgangsklemmen bzw. den E/A-Klemmen und dem Metallgehäuse (Kühlkörper) bei Anlegen einer DC-Spannung.
	<b>Isolationsprüfspannung</b>	Die effektive AC-Spannung zwischen den Eingangs- und Ausgangsklemmen bzw. den E/A-Klemmen und dem Metallgehäuse (Kühlkörper), der das Halbleiterrelais länger als 1 Minute lang standhalten kann.
	<b>Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit (Betrieb)</b>	Die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbereiche, in denen das Halbleiterrelais unter vorgegebenen Bedingungen hinsichtlich der Kühlung, der Eingangs-/Ausgangsspannung und Strom normal betrieben werden kann.
	<b>Lagertemperatur</b>	Der Temperaturbereich, in dem das Halbleiterrelais ohne angelegte Spannung gelagert werden kann.
<b>Sonstiges</b>	<b>Einschaltstromfestigkeit</b>	Stromstärke, die kurzzeitig (nicht wiederholend) durch ein elektrisches Bauteil fließen darf, ohne zu dauerhaften Schäden zu führen.
	<b>Gegen-EMK</b>	Extrem steiler Spannungsanstieg, der auftritt, wenn die Last ausgeschaltet wird.
	<b>Empfohlene verwendbare Last</b>	Die empfohlene Lastkapazität unter Berücksichtigung der Sicherheitsfaktoren Umgebungstemperatur und Einschaltstrom.
	<b>Ableitwiderstand</b>	Ein parallel zur Last geschalteter Widerstand zur Erhöhung der Laststroms, damit auch bei sehr niedrigen Lastströmen eine korrekte EIN/AUS-Funktion gewährleistet ist. (Dient auch zum Nebenschluss von Leckströmen.)

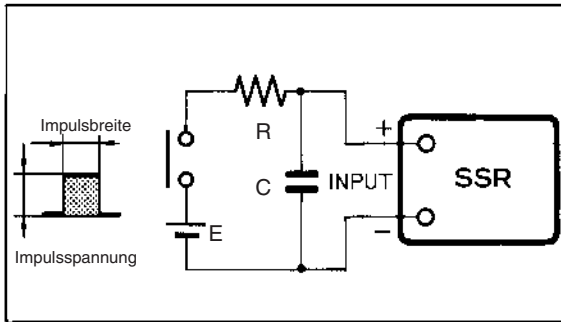
## 2-1 Eingangsschaltung

### (1) Eingangsstörungen

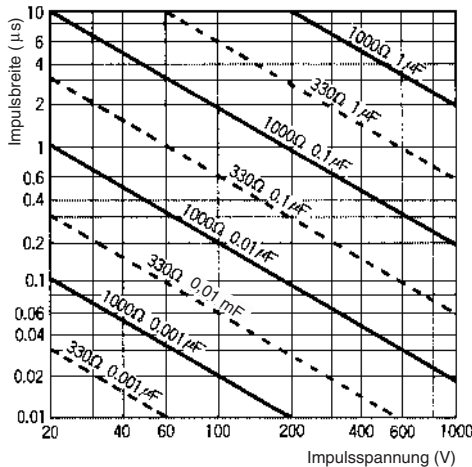
Zur Ansteuerung von Halbleiterrelais sind nur geringe Leistungen erforderlich. Daher müssen elektrische Störsignale an den Eingangsklemmen möglichst weitgehend ausgeschlossen werden. Störsignale an den Eingangsklemmen können zu Fehlfunktionen führen. Nachstehend sind die gegen Impuls- und induktive Störungen zu ergreifenden Maßnahmen aufgeführt.

#### 1. Impulsstörungen

Eine Kombination aus Kondensator und Widerstand kann Impulsstörungen effektiv absorbieren. Das nachstehende Beispiel zeigt eine Störabsorptionsschaltung mit an ein Halbleiterrelais angeschlossenem Kondensator C und Widerstand R.



Die Werte für R und C sind sorgfältig zu bestimmen. Bei zu großem R-Wert ist die Versorgungsspannung (E) nicht in der Lage, die erforderliche Eingangsspannung zu bieten. Je größer der C-Wert ist, desto länger ist aufgrund der vom Kondensator benötigten Entladungszeit die Rückfallzeit.

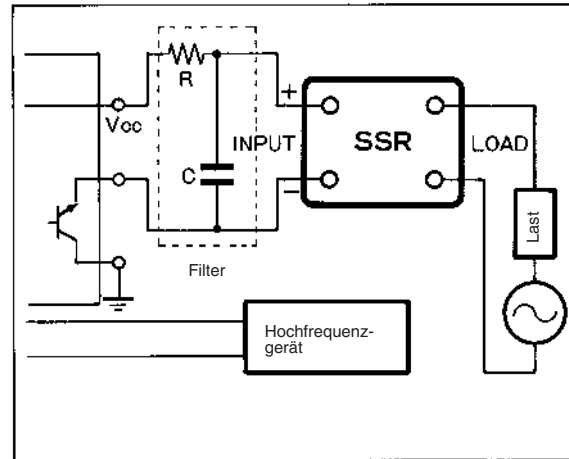


**Hinweis** Bei Niederspannungsmodellen wird aufgrund der Wechselwirkungen zwischen C, R und der internen Impedanz ggf. keine ausreichende Ansprechspannung an das Halbleiterrelais angelegt. Berücksichtigen Sie bei der Bestimmung des Widerstandswerts für R die Eingangsimpedanz des Halbleiterrelais.

#### 2. Induktive Störungen

Verlegen Sie die Eingangsleitungen nicht parallel zu den Spannungsversorgungsleitungen. Durch induktive Störungen kann es zu Fehlfunktionen des Halbleiterrelais kommen. Verwenden Sie bei Einwirkung induktiver Störungen auf die Eingangsklemmen des Halbleiterrelais dem Störtyp entsprechendes Kabel, und reduzieren Sie die Störungen auf einen unter der Rückfallspannung des Halbleiterrelais liegenden Wert.

Paarweise verdrehtes Kabel: Bei elektromagnetischen Störungen  
 Abgeschirmtes Kabel: Bei statischen Störungen  
 Durch einen aus einer Kombination aus Kondensator und Widerstand bestehenden Filter werden von HF-Geräten ausgehende Störungen wirksam verringert.

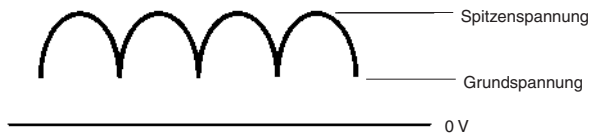


**Hinweis** R: 20 bis 100 Ω  
 C: 0,01 bis 1µF

### (2) Eingangsbedingungen

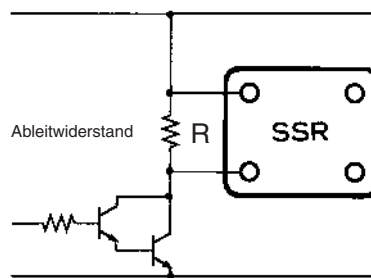
#### 1. Welligkeit der Eingangsspannung

Wenn die Eingangsspannung eine Restwelligkeit aufweist, ist sie so einzustellen, dass die Spitzenspannung niedriger ist als die maximale Betriebsspannung und die Grundspannung höher ist als die minimale Ansprechspannung.



#### 2. Maßnahmen gegen Leckstrom

Wenn das Halbleiterrelais über einen Transistorausgang angesteuert wird, ist die Eingangsspannung infolge des Transistor-Leckstroms beim Ausschalten gegebenenfalls höher als die Rückfallspannung. Schließen Sie als Gegenmaßnahme einen Ableitwiderstand R wie nachstehend gezeigt an und bemessen Sie den Widerstand so, dass der Spannungsabfall an dem Widerstand weniger als 50 % der Rückfallspannung des Halbleiterrelais ausmacht.



Der erforderliche Widerstandswert des Ableitwiderstand R kann wie folgt ermittelt werden.

$$R \leq \frac{E}{|I_L|}$$

E: Der Spannungsabfall an dem Ableitwiderstand = 50 % der Rückfallspannung des Halbleiterrelais

I<sub>L</sub>: Leckstrom des Transistors

I: Rückfallstrom des Halbleiterrelais

Der tatsächliche Wert des Rückfallstroms ist im Datenblatt nicht angegeben. Berechnen Sie den Widerstandswert des Ableitwiderstands mit folgender Formel:

$$\text{Rückfallstrom des Halbleiterrelais} = \frac{\text{Mindestwert für die Rückfallspannung}}{\text{Eingangsimpedanz}}$$

Bei Halbleiterrelais mit Konstantstrom-Eingangsschaltungen (z. B. G3NA, G3PA, G3PB) erfolgt die Berechnung mit 0,1 mA.

Exemplarisch ist nachstehend die Berechnung für Halbleiterrelais des Typs G3M-202P DC24 dargestellt.

$$\text{Rückfallstrom } I = \frac{1 \text{ V}}{1,6 \text{ k}\Omega} = 0,625 \text{ mA}$$

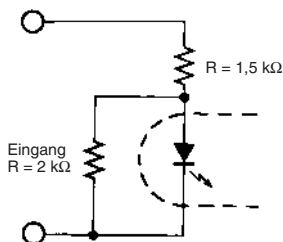
$$\text{Ableitwiderstand } R = \frac{1 \text{ V} \times 1/2}{I_L - 0,625 \text{ mA}}$$

### 3. EIN/AUS-Frequenz

Die EIN/AUS-Frequenz sollte auf maximal 10 Hz für das Schalten einer AC-Last und maximal 100 Hz für das Schalten einer DC-Last begrenzt werden. Erfolgt die EIN/AUS-Schaltung bei höheren als den genannten Frequenzen, kann der Halbleiterrelaisausgang nicht folgen.

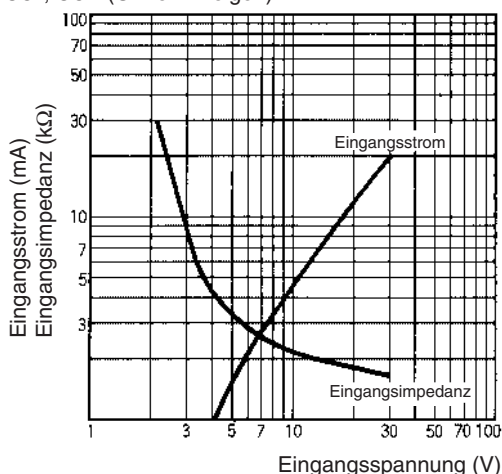
### 4. Eingangsimpedanz

Bei Halbleiterrelais mit großen Eingangsspannungsbereichen (z. B. G3F und G3H) variiert die Eingangsimpedanz in Abhängigkeit von der Eingangsspannung sowie den Änderungen beim Eingangsstrom. Bei niedriger Eingangsspannung ist der Einfluss des Spannungsabfalls durch die Eingangs-LED groß, und die Eingangsimpedanz fällt höher als erwartet aus. Wenn die Spannung so hoch ist, dass der Spannungsabfall an der LED ignoriert werden kann, entspricht die Eingangsimpedanz annähernd dem Widerstand R.

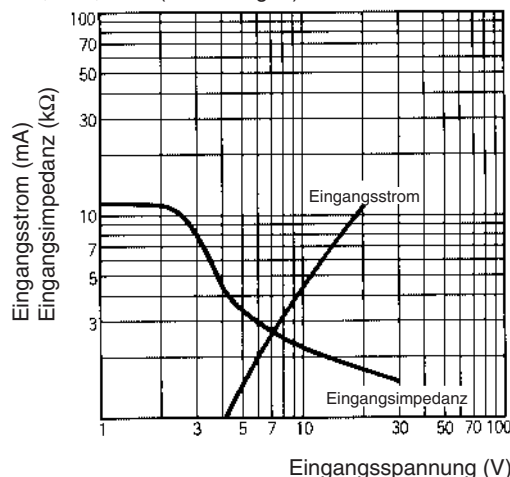


Bei Halbleiterrelais können Spannungsänderungen Fehlfunktionen des Halbleiters hervorrufen. Vor der Verwendung muss also das tatsächliche Gerät überprüft werden. Beispiele sind nachstehend aufgeführt. Informationen zur Impedanz der einzelnen Halbleiterrelais-Modelle sind den entsprechenden Datenblättern zu entnehmen.

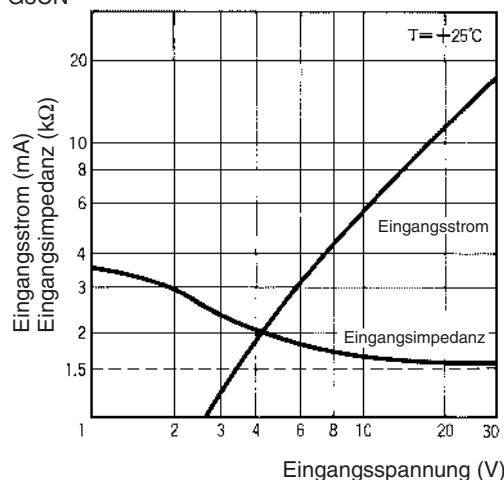
Anwendbare Eingangsimpedanz eines Optokoppler-Halbleiterrelais ohne Anzeigen (Beispiel) G3F, G3H (Ohne Anzeigen)



Anwendbare Eingangsimpedanz eines Optokoppler-Halbleiterrelais mit Anzeigen (Beispiel) G3B, G3F, G3H (Mit Anzeigen)



Anwendbare Eingangsimpedanz (Beispiel) G3CN



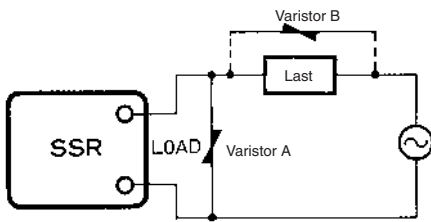
## 2-2 Ausgangsschaltung

### (1) Störspitzen am Halbleiterrelaisausgang bei AC-Schaltung

Bei starken Spannungsspitzen in dem vom Halbleiterrelais genutzten AC-Spannung reicht die in das Halbleiterrelais integrierte C/R-Dämpferschaltung zwischen den Halbleiterrelais-Lastklemmen nicht aus, um die Spitzen zu unterdrücken, und die kurzzeitige Spitzenspannung des Halbleiterrelais wird überschritten. Dies führt zu einem Überspannungsschaden am Halbleiterrelais.

Einige Halbleiterrelais-Modelle sind nicht mit einem eingebauten Varistor als Überspannungsschutz ausgestattet. (Näheres ist dem Datenblatt des entsprechenden Halbleiterrelais zu entnehmen.) Ergreifen Sie beim Schalten einer induktiven Last Maßnahmen gegen Überspannungen, z. B. durch Installation eines Überspannungsableiters.

Im folgenden Beispiel wurde ein Überspannungsableiter installiert. Wenn das Halbleiterrelais nicht über einen integrierten Varistor verfügt, gilt A; ist ein Varistor vorhanden, gilt B. In der Praxis muss die ordnungsgemäße Funktion unter den tatsächlichen Betriebsbedingungen geprüft werden.

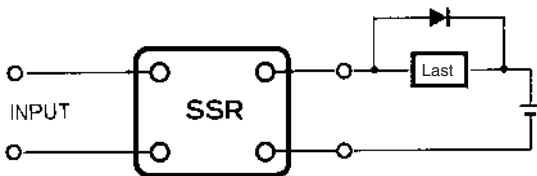


Wählen Sie ein Element, das den Anforderungen an Überspannungsableiter gemäß der nachstehenden Tabelle gerecht wird.

Spannung	Varistorspannung	Überspannungsfestigkeit
100 bis 120 V AC	240 bis 270 V	min. 1.000 V
200 bis 240 V AC	440 bis 470 V	
380 bis 480 V AC	820 bis 1.000 V	

### (2) Störspitzen am Halbleiterrelaisausgang bei DC-Schaltung

Schließen Sie bei Anschluss einer Last L (z. B. eines Magnetventils oder eines elektromagnetischen Ventils) eine Diode zur Verhinderung einer Gegen-EMK an. Falls die Gegen-EMK die Sperr-Spannungsfestigkeit des Halbleiterrelais-Ausgangselements übersteigt, ist eine Beschädigung des Halbleiterrelais-Ausgangselements möglich. Schalten Sie das Element wie in der folgenden Abbildung und Tabelle gezeigt parallel zur Last, um dies zu vermeiden.



Die Diode stellt das wirksamste Absorptionselement zur Unterdrückung der Gegen-EMK dar. Die Rückfallzeit des Magnetventils bzw. des elektromagnetischen Ventils verlängert sich dadurch jedoch. Vor der Inbetriebnahme muss die Schaltung geprüft werden. Die Zeit kann durch Reihenschaltung einer Zenerdiode und einer Standarddiode verkürzt werden. Die Rückfallzeit nimmt proportional zum Anstieg der Zenerspannung ( $V_z$ ) der Zenerdiode ab.

- Beispiel für ein Absorptionselement

Absorptionselement				
	Diode	Diode + Zenerdiode	Varistor	CR
Wirksamkeit	○	○	△	×

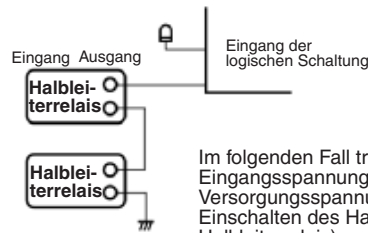
(Referenz)

1. Auswahl einer Diode  
Spannungsfestigkeit =  $V_{RM} \geq \text{Versorgungsspannung} \times 2$   
Durchlassstrom =  $I_F \geq \text{Laststrom}$
2. Auswahl einer Zenerdiode  
Zenerspannung =  $V_z < \text{Kollektor-Emitter-Spannung des Halbleiterrelais} - (\text{Versorgungsspannung} + 2 \text{ V})$   
Zener-Spitzen-Sperrleistung =  $P_{PRSM} > V_z \times \text{Laststrom} \times \text{Sicherheitsfaktor} (2 \text{ bis } 3)$

**Hinweis** Bei einer Erhöhung der Zenerspannung ( $V_z$ ) erhöht sich auch die Kapazität der Zenerdiode ( $P_{PRSM}$ ).

### (3) UND-Schaltungen bei Halbleiterrelais mit DC-Ausgang

Verwenden Sie für den folgenden Schaltungstyp das Modell G3DZ bzw. G3RZ. Verwenden Sie keine Standard-Halbleiterrelais, sonst ist es möglich, dass die Ausgangsschaltung nicht gesperrt werden kann.



### (4) Selbsthaltende Schaltungen

Für selbsthaltende (bistabile) Schaltungen müssen mechanische Relais verwendet werden. Halbleiterrelais sind für selbsthaltende Schaltungen nicht geeignet.

### (5) Auswählen eines Halbleiterrelais für unterschiedliche Lasten

Nachstehend sind Beispiele für die Einschaltströme bei unterschiedlichen Lasten aufgeführt.

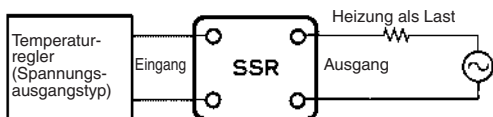
- AC-Last und Einschaltstrom

Last						
	Magnet-schalter	Glüh-lampe	Motor	Relais	Kondensator	Ohm-sche Last
Einschaltstrom/Dauerstrom	ca. Faktor 10	ca. Faktor 10 bis 15	ca. Faktor 5 bis 10	ca. Faktor 2 bis 3	ca. Faktor 20 bis 50	1
Wellenform						



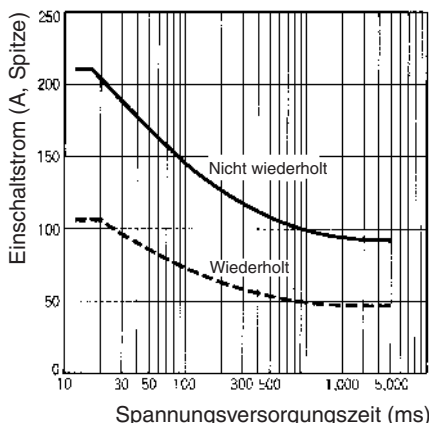
1. Heizlast (Ohmsche Last)

Last ohne Einschaltstromspitze. Wird in der Regel zusammen mit einem Spannungsausgang vom Temperaturregler zum EIN/AUS-Schalten des Heizelements verwendet. Bei Verwendung mit einem Nulldurchgangschaltenden Halbleiterrelais werden nahezu alle erzeugten Störungen unterdrückt. Dieser Lasttyp schließt jedoch Vollmetall- und Keramik-Heizelemente nicht mit ein. Da die Widerstandswerte von Vollmetall- und Keramik-Heizelementen bei normalen Temperaturen niedrig sind, kommt es im Halbleiterrelais zu Schäden durch Überstrom. Wählen Sie zum Schalten von Vollmetall- und Keramik-Heizelementen einen Leistungsregler (G3PX) mit langer Sanftanlaufzeit oder ein Konstantstrom-Halbleiterrelais.



2. Lampenlast

Durch Glühlampen, Halogenlampen usw. fließen starke Einschaltströme (ca. das 10- bis 15-fache des Nennstroms). Wählen Sie das Halbleiterrelais so, dass der Spitzenwert des Einschaltstroms die halbe Einschaltstromfestigkeit des Halbleiterrelais nicht übersteigt. Siehe unter "Wiederholt" (gestrichelte Linien) in der nachstehenden Abbildung. Wenn ein periodischer Einschaltstrom angelegt wird, der die halbe Einschaltstromfestigkeit übersteigt, kann das Ausgangselement des Halbleiterrelais beschädigt werden (siehe Frage 37 unter "Fragen und Antworten").



Bei Verwendung eines Halbleiterrelais zum Schalten einer Leuchtstofflampe wird die Wellenform der Versorgungsspannung verzerrt, so dass Flicker auftritt. Leuchtstofflampen sind Entladungsröhren und besitzen Transformatoren zur Erzeugung hoher Spannungen. Aus diesem Grund werden als Folge von Verzerrungen der Versorgungsspannung, kleiner Phasenlücken und Unterschieden bei den positiven und negativen Halbwellen-Spannungen (Verschiebung des Nullpunkts) Störsignale und harmonische Oberwellen erzeugt.

3. Motorlast

Beim Anlaufen eines Motors fließt ein Einschaltstrom in 5- bis 10-facher Höhe des Nennstroms, und dies über eine längere Zeit. Messen Sie bei der Auswahl eines Halbleiterrelais die Anlaufzeit des Motors oder den Einschaltstrom während des Betriebs, und stellen Sie darüber hinaus sicher, dass der Spitzenwert des Einschaltstroms weniger als 50 % der Einschaltstromfestigkeit des Halbleiterrelais beträgt. Das Halbleiterrelais kann durch die Gegen-EMK des Motors beschädigt werden. Um diesen Effekt beim Ausschalten des Halbleiterrelais zu vermeiden, muss unbedingt ein Überstromschutz installiert werden.

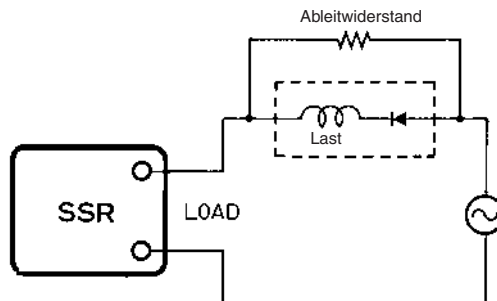
4. Transformatorlast

Beim Einschalten des Transformators fließt 10 bis 500 ms lang ein Erregerstrom in 10- bis 20-facher Höhe des Nennstroms durch das Halbleiterrelais. Ohne Last an der Sekundärseite des Transformators erreicht dieser Erregerstrom den Höchstwert. Wählen Sie das Halbleiterrelais so, dass der Erregerstrom 50 % der Einschaltstromfestigkeit des Halbleiterrelais nicht übersteigt (siehe Seite J-72).

5. Halbwellen-Gleichrichterschaltung

AC-betriebene elektromagnetische Zähler und Magnetspulen verfügen über eingebaute Dioden, die als Halbwellengleichrichter fungieren. Bei diesen Lasttypen erreicht eine Halbwellen-AC-Spannung den Halbleiterrelaisausgang nicht. Bei Nulldurchgangschaltenden Halbleiterrelais kann dies dazu führen, dass sie nicht einschalten. Nachstehend sind zwei Vorgehensweisen beschrieben, um diesem Problem entgegenzuwirken.

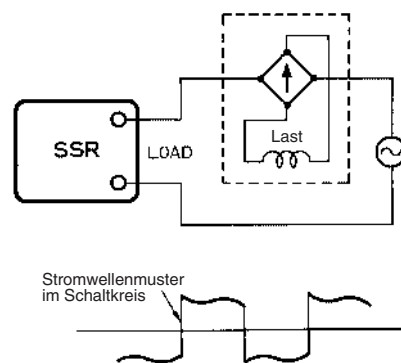
(a) Schließen Sie einen Ableitwiderstand mit ca. 20 % des Laststroms des Halbleiterrelais an.



(b) Verwenden Sie momentan schaltende Halbleiterrelais.

6. Vollwellen-Gleichrichterlasten

AC-betriebene elektromagnetische Zähler und Magnetspulen verfügen über eingebaute Dioden, die als Vollwellengleichrichter fungieren. Der Laststrom dieser Art von Lasten hat eine Rechteckwellenform wie nachstehend dargestellt.



AC-Halbleiterrelais verfügen im Ausgangselement über ein Triac (welches das Element nur bei einem Strom von 0 A in der Schaltung ausschaltet). Bei rechteckiger Laststrom-Wellenform tritt ein Halbleiterrelais-Rückfallfehler auf. Verwenden Sie zum Ein- und Ausschalten von Lasten die Vollwellen gleichgerichtet sind ein -V-Modell bzw. ein Leistungs-MOS-FET-Relais.

-V-Modell-Halbleiterrelais: G3F-203SL-V, G3H-203SL-V  
Leistungs-MOS-FET-Relais: G3DZ, G3RZ, G3FM

7. Kleine Lasten

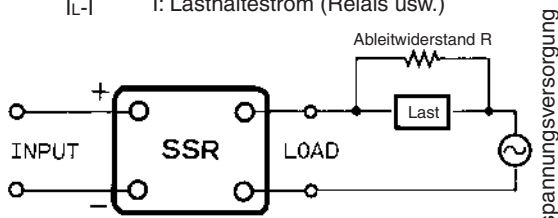
Auch ohne Eingangssignal am Halbleiterrelais liegt ein geringer Leckstrom (IL) vom Halbleiterrelais-Ausgang (LAST) vor. Wenn dieser Leckstrom den Lastrückfallstrom übersteigt, bleibt der Last möglicherweise noch aktiviert

Halbleiterrelais

Schalten Sie einen Ableitwiderstand R parallel, um den Schaltstrom des Halbleiterrelais zu erhöhen.

$$R < \frac{E}{I_L - I}$$

E: Lastrücksetzspannung (Relais usw.)  
I: Lasthaltestrom (Relais usw.)

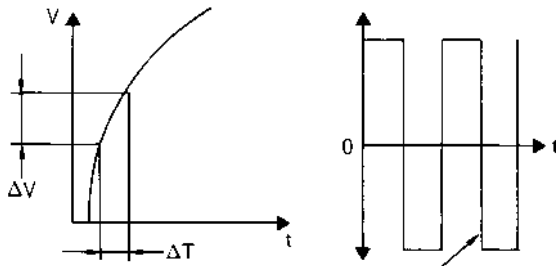


Konventionen für Ableitwiderstand:  
100 V AC Spannungsversorgung, 5 bis 10 kΩ, 3 W  
200 V AC Spannungsversorgung, 5 bis 10 kΩ, 15 W

Eine Spannung entsprechend dem Halbleiterrelais-Leckstrom  $I_L$  (mA) × Lastimpedanz wird an beiden Seiten des Widerstands angelegt. Ein Ableitwiderstand dient zur Verringerung dieser Spannung auf einen unter der Rückfallspannung der Last liegenden Wert.

8. Frequenzumrichterlast

Verwenden Sie keine Frequenzumrichter-gesteuerte Versorgungsspannung als Lastversorgungsspannung für das Halbleiterrelais. Die Wellenformen Frequenzumrichter-gesteuerter Spannungen sind rechteckig. Halbleiter-Ausgangselemente (Triac, Thyristor) können gegebenenfalls nicht auf die steilen Spannungsanstiege reagieren (dV/dt wird extrem groß), und das Halbleiterrelais fällt möglicherweise nicht zurück (auch bezeichnet als Ausschaltproblem oder dV/dt-Kommutierungsfehler). Auf der Eingangsseite kann eine Frequenzumrichter-gesteuerte Versorgungsspannung verwendet werden, sofern die effektive Spannung innerhalb des normalen Betriebsspannungsbereichs des SSR liegt.



$\Delta V/\Delta T = dV/dt$ : Spannungssteigerungsverhältnis

Das dV/dt-Verhältnis geht gegen unendlich, so dass das Halbleiterrelais nicht ausgeschaltet wird.

9. Kapazitive Last

Bei ausgeschaltetem Halbleiterrelais liegt beidseitig die Versorgungsspannung zuzüglich der Ladespannung des Kondensators an. Verwenden Sie daher ein Halbleiterrelais-Modell, dessen Nenn-Eingangsspannung das Doppelte der Versorgungsspannung beträgt.

Begrenzen Sie den Ladestrom des Kondensators auf unter 50 % des für das Halbleiterrelais zulässigen maximalen Einschaltstroms.

(6) Einschaltströme bei Transformatorlasten

Der Einschaltstrom einer Transformatorlast erreicht seinen Höchstwert, wenn die Sekundärseite des Transformators offen ist und keine gegenseitige Reaktanz wirkt. Der Einschaltstrom erreicht seinen Spitzenwert nach einem halben Zyklus der Versorgungsspannungsfrequenz, was ohne Oszilloskop kaum messbar ist.

Der Einschaltstrom kann jedoch anhand der Messung des DC-Widerstands des Transformators geschätzt werden.

Infolge der Eigenreaktanz des Transformators bei Betrieb liegt der tatsächliche Einschaltstrom unter dem rechnerischen Wert.

$$I_{\text{Spitze}} = V_{\text{Spitze}}/R = (\sqrt{2} \times V)/R$$

Bei einem Transformator mit einem DC-Widerstand von 3 Ω und einer Lastversorgungsspannung von 230 V fließt folgender Einschaltstrom:

$$I_{\text{Spitze}} = (1,414 \times 230)/3 = 108,4 \text{ A}$$

Die Angaben zum Einschaltstrom-Widerstand der OMRON-Halbleiterrelais gelten bei nicht wiederholtem Betrieb der Halbleiterrelais. Falls Ihre Anwendung eine wiederholte Halbleiterrelais-Schaltung erfordert, verwenden Sie ein Halbleiterrelais mit einer Einschaltstromfestigkeit, die doppelt so hoch wie der Nennwert (I Spitze) ist.

Verwenden Sie im oben aufgeführten Fall das G3□□-220□ mit einer Einschaltstromfestigkeit von 216,8 A oder mehr.

Der zulässige DC-Widerstand des Transformators kann mit folgender Formel aus der Einschaltstromfestigkeit berechnet werden:

$$R = V_{\text{Spitze}}/I_{\text{Spitze}} = (\sqrt{2} \times V)/I_{\text{Spitze}}$$

Informationen zu geeigneten Halbleiterrelais basierend auf dem DC-Widerstand des Transformators sind den Tabellen auf Seite J-73 zu entnehmen.

In diese Tabellen sind Halbleiterrelais mit den zugehörigen Einschaltstrom-Bedingungen aufgeführt. Beim Einsatz von Halbleiterrelais in tatsächlichen Anwendungen muss jedoch geprüft werden, ob die Dauerströme der Transformatoren den Nennstrom-Anforderungen der einzelnen Halbleiterrelais genügen.

Halbleiterrelais-Nennstrom

G3□□-240□

Die beiden unterstrichenen Ziffern bezeichnen den Nennstrom (im aufgeführten Fall sind dies 40 A).

Drei Ziffern werden nur beim Modell G3NH verwendet.

G3NH: G3NH-□075B = 75 A  
G3NH-□150B = 150 A

Bedingung 1: Die Temperatur der Betriebsumgebung des Halbleiterrelais (Temperatur innerhalb des Schaltschranks) liegt im spezifizierten Bereich.

Bedingung 2: Das Halbleiterrelais ist mit dem richtigen Kühlkörper ausgestattet. Bedingung 3: Senkrechte Einbaulage



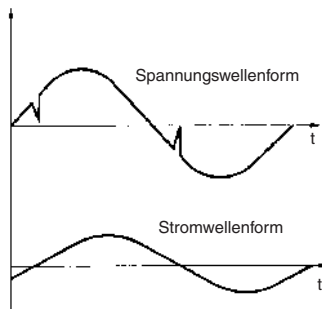
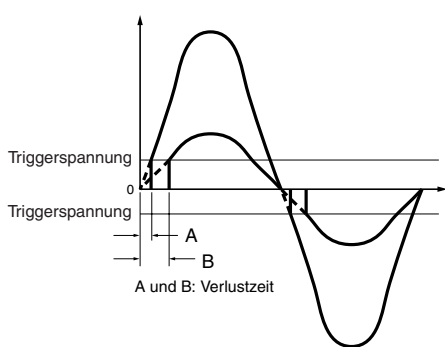
## 2-3 Lastspannungsversorgung

### (1) Lasten mit niedriger AC-Spannung

Wenn die Lastspannungsversorgung bei einer Spannung verwendet wird, die unter der Mindest-Betriebsspannung des Halbleiterrelais liegt, wird die Verlustzeit der an die Last angelegten Spannung länger als innerhalb des Halbleiterrelais-Betriebsspannungsbereichs. Siehe folgendes Lastbeispiel. (Die Verlustzeit beträgt  $A < B$ .)

Stellen Sie vor Einsatz des Halbleiterrelais sicher, dass diese Verlustzeit nicht zu Problemen führt.

Wenn die Lastspannung unter die Triggerspannung abfällt, schaltet das Halbleiterrelais die Last nicht ein. Achten Sie also darauf, eine Lastspannung von mindestens 75 V AC zu verwenden. (24 V AC bei G3PA-VD und G3NA-2□□B.)



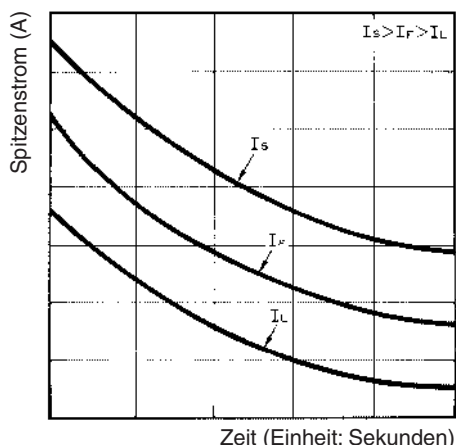
Eine induktive Last (L) bewirkt eine Stromphasenverzögerung, wie oben gezeigt. Daher ist der Verlust nicht so groß wie der durch eine Ohmsche Last (R) verursachte. Das liegt daran, dass bereits eine hohe Spannung am Halbleiterrelais anliegt, wenn der Eingangsstrom zum Halbleiterrelais auf Null fällt und das Halbleiterrelais abgeschaltet ist.

## 2-4 Ausfallsicheres Konzept

### (1) Kurzschlusschutz (Wahl der Sicherung) und Überstromschutz

Fließt ein Kurzschluss- oder Überstrom durch die Last des Halbleiterrelais, so wird das Ausgangselement des Halbleiterrelais beschädigt. Schalten Sie als Schutzmaßnahme gegen Überstrom eine superflinke Sicherung in Reihe mit der Last.

Legen Sie die Schaltung so aus, dass die Schutzzuordnungsbedingungen für die superflinke Sicherung der Beziehung zwischen dem Überstromfestigkeit des Halbleiterrelais ( $I_S$ ), der Strombegrenzungseigenschaft der superflinken Sicherung ( $I_F$ ) und dem Last-Einschaltstrom ( $I_L$ ) gemäß der folgenden Abbildung gerecht werden.



Richten Sie für jede Maschine einen geeigneten Leistungsschalter als Überstromschutz ein.

## 2-5 Hinweise zur Wärmeabgabe

### (1) Wärmeabgabe von Halbleiterrelais

Triacs, Thyristoren und Leistungstransistoren sind Halbleiter, die für eine Halbleiterrelais-Ausgangsschaltung verwendet werden können. Diese Halbleiter haben beim Einschalten des Halbleiterrelais eine interne Restspannung. Dies wird als Verlustspannung bezeichnet. Liegt ein Laststrom im Halbleiterrelais vor, erwärmt sich das Halbleiterrelais. Die Verlustleistung (Heizwert)  $P$  (W) wird mit der folgenden Formel berechnet:

Verlustleistung  $P$  (W) = Verlustspannung (V) x Dauerstrom (A)

Fließt beispielsweise ein Laststrom von 8 A durch das G3NA-210B, ergibt sich folgende Verlustleistung:

$$P = 1,6 \text{ V} \times 8 \text{ A} = 12,8 \text{ W}$$

Verfügt das Halbleiterrelais über ein Leistungs-MOS-FET als Ausgangselement, wird die Verlustleistung statt dessen aus dem EIN-Zustand-Widerstand des Leistungs-MOS-FET berechnet.

In diesem Fall ergibt sich die Verlustleistung  $P$  (W) aus folgender Formel:

$$P \text{ (W)} = \text{Laststrom}^2 \text{ (A)} \times \text{Einschalt-Widerstand} \text{ (}\Omega\text{)}$$

Bei Verwendung des G3RZ mit einem Laststrom von 0,5 A ergibt sich folgende Verlustleistung:

$$P \text{ (W)} = 0,5^2 \text{ A} \times 2,4 \Omega = 0,6 \text{ W}$$

Der Einschalt-Widerstand eines Leistungs-MOS-FET steigt bei einem Anstieg in der Sperrschichttemperatur des Leistungs-MOS-FET. Daher variiert der Einschalt-Widerstand während des Betriebs des Halbleiterrelais. Wenn der Laststrom 80 % oder mehr des Nennstroms beträgt (z. B. 1 A), kann der Einschalt-Widerstand vereinfacht mit 1,5 multipliziert werden.

$$P \text{ (W)} = 1^2 \text{ A} \times 2,4 \Omega \times 1,5 = 3,6 \text{ W}$$

Das Halbleiterrelais schaltet im Normalbetrieb ohne Kühlkörper einen Strom von ca. 5 A. Muss das Halbleiterrelais einen höheren Strom schalten, wird ein Kühlkörper benötigt. Je höher der Laststrom ist, desto größer muss die Abstrahlfläche des Kühlkörpers dimensioniert sein. Bei einem Schaltstrom von 10 A oder mehr überschreitet die Baumaße des Halbleiterrelais mit Kühlkörper die eines einzelnen mechanischen Relais. Dies ist ein Nachteil von Halbleiterrelais im Hinblick auf die Miniaturisierung von Schaltungen.

### (2) Auswahl des Kühlkörpers

Halbleiterrelais-Modelle ohne integrierte Kühlkörper (z. B. G3NA, G3NE und das dreiphasige G3PB) benötigen externe Kühlkörper. Wählen Sie bei Verwendung eines dieser Halbleiterrelais je nach Laststrom die ideale Kombination aus Halbleiterrelais und Kühlkörper.

Ideal sind beispielsweise die folgenden Kombinationen:

G3NA-220B: Y92B-N100  
G3NE-210T(L): Y92B-N50  
G3PB-235B-3H-VD: Y92B-P200

Es können auch äquivalente Standard-Kühlkörper anderer Hersteller verwendet werden, sofern der Wärmewiderstand des Kühlkörpers kleiner als der von OMRON-Kühlkörpern ist.

Der Kühlkörper Y92B-N100 beispielsweise hat einen Wärmewiderstand von 1,63°C/W.

Ist der Wärmewiderstand des Standard-Kühlkörpers kleiner als dieser Wert (also z. B. 1,5°C/W), kann der Standard-Kühlkörper für das G3NA-220B verwendet werden.

Der Wärmewiderstand gibt einen Temperaturanstieg je Einheit (W) an. Je kleiner der Wert, desto effizienter ist die Wärmeabgabe.

### (3) Berechnen der Kühlkörperoberfläche

Ein Halbleiterrelais mit externem Kühlkörper kann unter folgenden Bedingungen direkt auf Schalttafeln installiert werden:

- Wenn der Kühlkörper aus für Standard-Schalttafeln verwendetem Stahl besteht, darf kein Strom von 10 A oder mehr angelegt werden, da die Wärmeleitfähigkeit von Stahl geringer ist als die von Aluminium. Die Wärmeleitfähigkeit (in Einheiten von  $W \cdot m \cdot ^\circ C$ ) variiert je nach Material wie nachfolgend dargestellt.  
Stahl: 20 bis 50  
Aluminium: 150 bis 220  
Die Verwendung eines Kühlkörpers aus Aluminium wird empfohlen, wenn das Halbleiterrelais direkt auf Schalttafeln montiert wird. Informationen zur benötigten Kühlkörperoberfläche sind dem Datenblatt zum entsprechenden Halbleiterrelais zu entnehmen.

- Bringen Sie Wärme leitende Silikonpaste oder eine Wärme leitende Folie zwischen Halbleiterrelais und Kühlkörper auf. Zwischen dem Halbleiterrelais und dem daran befestigten Kühlkörper bleibt eine Lücke. Daher kann die vom Halbleiterrelais erzeugte Wärme ohne die Paste nicht ordnungsgemäß abgeleitet werden. Dadurch kann es zu einer Überhitzung des Halbleiterrelais und damit zu Beschädigungen oder Beeinträchtigungen kommen.

### (4) Wärmeableitung in Schaltschränken

Steuergeräte mit Halbleitern erzeugen unabhängig davon, ob Halbleiterrelais eingesetzt werden, Wärme. Die Ausfallrate von Halbleitern nimmt mit ansteigender Umgebungstemperatur erheblich zu. Man geht davon aus, dass sich die Ausfallrate von Halbleitern bei einem Temperaturanstieg um °C verdoppelt.

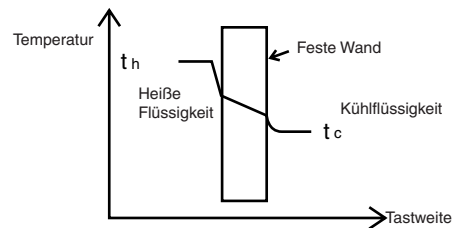
Daher muss ein Anstieg der Innentemperatur im Schaltschrank unbedingt verhindert werden, um eine langfristige und zuverlässige Funktion der Steuergeräte zu gewährleisten. Dazu ist die Installation eines Lüfters nahezu unvermeidlich.

Schaltschränke enthalten die unterschiedlichsten Wärme abgebenden Geräte. Folglich muss der Anstieg der Gesamttemperatur ebenso wie der lokale Temperaturanstieg im Schaltschrank berücksichtigt werden. Die folgende Beschreibung bietet Informationen zur Gesamtauslegung des Schaltschranks im Hinblick auf die Wärmeabgabe.

Wie unten dargestellt, ergibt sich die Wärmeleitfähigkeit  $Q$  aus folgender Formel, sofern  $t_h$  und  $t_c$  die Temperatur des durch die feste Wand getrennten heißen Mediums und der Kühlmediums sind.

$$Q = k (t_h - t_c) A$$

Dabei ist  $k$  ein Gesamt-Wärmeübertragungskoeffizient ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ). Diese Formel wird als Formel für die Gesamt-Wärmeübertragung bezeichnet.



Wenn diese Formel unter den folgenden Bedingungen auf die Wärmeleitfähigkeit des Schaltschranks angewendet wird, ergibt sich daraus wie nachfolgend gezeigt die Wärmeleitfähigkeit  $Q$ .

Durchschnittliche Rate der Gesamt-Wärmeübertragung des Schaltschranks:  $k$  ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

Innentemperatur des Schaltschranks:  $T_h$  ( $^\circ C$ )

Umgebungstemperatur:  $T_c$  ( $^\circ C$ )

Oberfläche des Schaltschranks:  $S$  ( $m^2$ )

$$Q = k \times (T_h - T_c) \times S$$

Die erforderliche Kühlkapazität ergibt sich aus der folgenden Formel unter den folgenden Bedingungen:

Gewünschte Innentemperatur im Schaltschrank:  $T_h$  ( $^\circ C$ )

Gesamte Wärmeabgabe im Inneren des Schaltschranks:  $P_1$  (W)

Benötigte Kühlkapazität:  $P_2$  (W)

$$P_2 = P_1 - k \times (T_h - T_c) \times S$$

Der Gesamt-Wärmeübertragungskoeffizient  $k$  einer normal befestigten Wand an einem Ort mit Luftzirkulation durch Konvektion beträgt 4 bis 12 ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ). Bei einem Standard-Schaltschrank ohne Lüfter ist empirisch von einem Koeffizienten von 4 bis 6 ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) auszugehen. Auf dieser Grundlage lässt sich die erforderliche Kühlkapazität des Schaltschranks wie folgt berechnen.

Beispiel

- Gewünschte Innentemperatur im Schaltschrank: 40°C
- Umgebungstemperatur: 30°C
- Größe des Schaltschranks 2,5 x 2 x 0,5 m (W x H x D)  
Freistehender Schaltschrank (die Bodenfläche ist aus der Berechnung der Oberfläche ausgenommen)
- Halbleiterrelais: 20 Einheiten G3PA-240B im Dauerbetrieb mit 30 A.

- Gesamt-Wärmeabgabe aller Steuergeräte ohne Halbleiterrelais: 500 W

$P1 = \text{Einschalt-Spannungsabfall: } 1,6 \text{ V} \times \text{Laststrom: } 30 \text{ A} \times 20 \text{ Halbleiterrelais} + \text{Gesamt-Wärmeabgabe aller Steuergeräte ohne Halbleiterrelais} = 960 \text{ W} + 500 \text{ W} = 1.460 \text{ W}$

Wärmeabgabe Q des Schaltschranks: Q

$Q2 = \text{Gesamt-Wärmeübertragungsrate } 5 \times (40^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) \times (2,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2 + 0,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2 + 2,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}) = 662,5 \text{ W}$

Somit ergibt sich die erforderliche Kühlkapazität P2 aus folgender Formel:

$P2 = 1.460 - 663 = 797 \text{ W}$

Die Wärmeabgabe über die Oberfläche des Schaltschranks ist also unzureichend. Es müssen mehr als 797 W nach außerhalb des Schaltschranks abgeführt werden.

Normalerweise wird ein Lüfter mit der entsprechenden Kapazität installiert. Reicht der Lüfter nicht aus, wird ein Kühlaggregat für den Schaltschrank installiert. Das Kühlaggregat ist ideal für den Langzeitbetrieb des Schaltschranks, da es das Innere des Schaltschranks wirksam entfeuchtet und zudem verhindert, dass sich Staub im Schaltschrank ansammelt.

Axiallüfter: Serien R87B, R87F und R87T von OMRON

## (5) Kühlgerätetypen

### Axiallüfter (zur Belüftung)

Diese Produkte werden für normale Kühl- und Belüftungszwecke verwendet. Zu den von OMRON angebotenen Axiallüftern gehören auch die Serien R87F und R87T.



**Hinweis** OMRON stellt keine Wärmetauscher her.



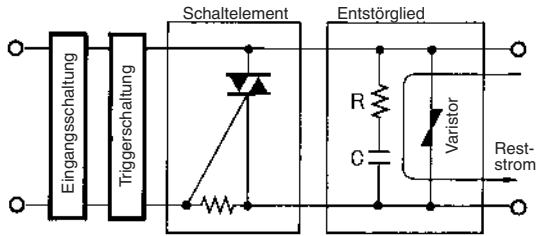
**Hinweis** OMRON stellt keine Kühlaggregate für Schaltschränke her.

### 3 Befestigung und Installation

#### 3-1 Betrieb

##### (1) Leckstrom

Durch eine Entstörschaltung im Halbleiterrelais fließt auch ohne Eingangssignal ein Leckstrom. Schalten Sie daher grundsätzlich die Versorgungsspannung der Last und des Eingangs aus und kontrollieren Sie die Sicherheit, bevor Sie das Halbleiterrelais austauschen oder verdrehen.



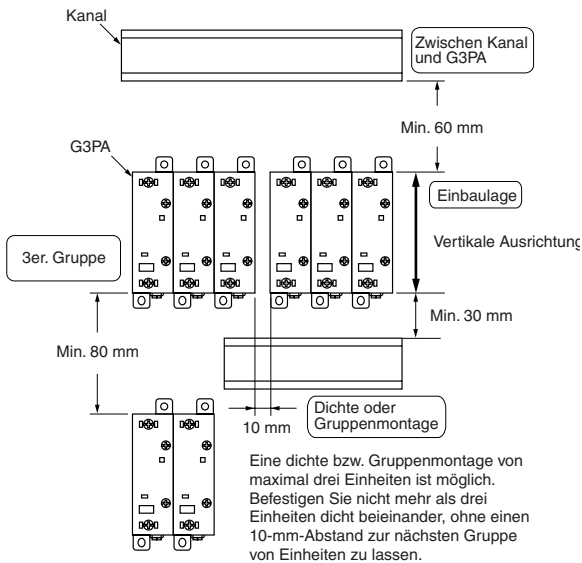
#### 3-2 Einbau in Schaltschränke

Beim Einbau von Halbleiterrelais in einen geschlossenen Schaltschrank bleibt die vom Halbleiterrelais abgestrahlte Wärme im Inneren des Schaltschranks, wodurch nicht nur die Dauerstromkapazität des Halbleiterrelais sinkt, sondern auch andere im Schaltschrank installierte elektronische Geräte nachteilig beeinflusst werden. Bringen Sie vor dem Gebrauch einige Belüftungsöffnungen an der Ober- und Unterseite des Schaltschranks an.

Die nachstehenden Abbildungen zeigen Montageempfehlungen für G3PA-Einheiten. Sie bieten jedoch nur ungefähre Anhaltspunkte – die Betriebsbedingungen müssen unbedingt berücksichtigt werden.

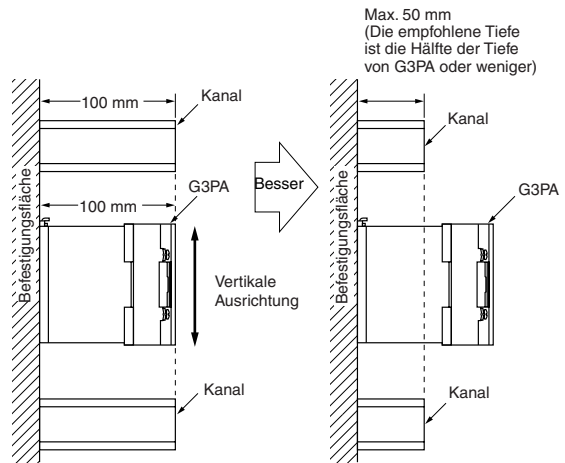
##### (1) Montageabstand von Halbleiterrelais

###### Schaltschrankeinbau



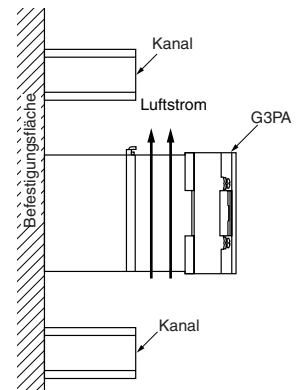
##### (2) Beziehung zwischen Halbleiterrelais und Kabelkanälen

###### Kabelkanal-Tiefe



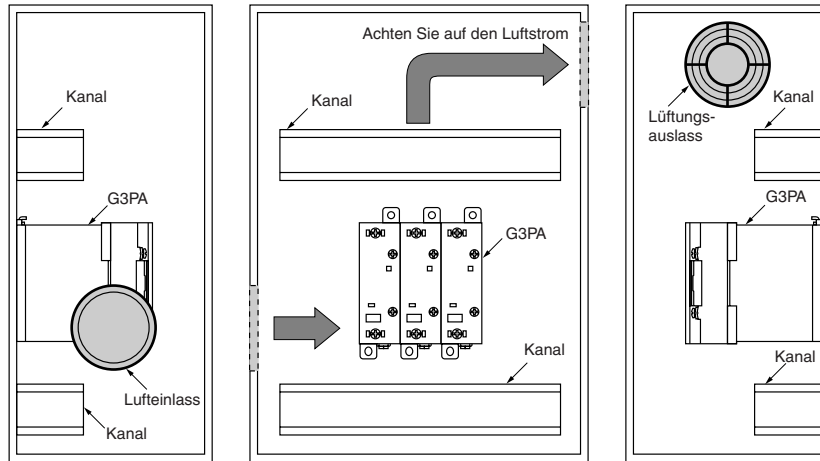
Verbauen Sie das Halbleiterrelais nicht mit dem Kanal in die Tiefenrichtung, andernfalls wird seine Wärmeabgabe beeinträchtigt.

Verwenden Sie in der Tiefenrichtung einen kurzen Kanal.



Falls die Höhe der Kabelkanäle nicht verringert werden kann, setzen Sie die Halbleiterrelais auf einen Metallträger, damit sie nicht von den Kabelkanälen umgeben sind.

**(3) Belüftung**



Wenn der Lufteinlass oder -auslass über einen Filter verfügt, reinigen Sie diesen regelmäßig, damit sich kein Schmutz ansammelt und der effiziente Luftstrom gewährleistet ist.

Positionieren Sie keine Gegenstände vor Lufteinlass oder -auslass, andernfalls könnte die ordnungsgemäße Belüftung der Schalttafel verhindert werden.

Wenn ein Wärmetauscher verwendet wird, sollte dieser vor den G3PA-Einheiten platziert werden, damit seine Effizienz gewährleistet ist.

**3-3 Vorsichtsmaßnahmen bei Betrieb und Lagerung**

**(1) Umgebungstemperatur (Betrieb)**

Die Nenn-Betriebsumgebungstemperatur eines Halbleiterrelais ist abhängig von der ordnungsgemäßen Belüftung. Wenn die Wärmeabgabebedingungen des Halbleiterrelais (Frischluftzufuhr oder Belüftung) unzureichend sind, übersteigt die Temperatur der Betriebsumgebung den Nennwert, kann das Halbleiterrelais ausfallen oder im schlimmsten Fall durchbrennen. Das Halbleiterrelais kann ausfallen oder schlimmsten Fall

Prüfen Sie beim Einsatz von Halbleiterrelais, ob die Schaltungen den unter *Laststrom / Umgebungstemperatur* Kennlinie angegebenen Bedingungen entsprechend ausgelegt sind.

Berücksichtigen Sie, dass die Temperatur der Betriebsumgebung je nach Umgebungsbedingungen (z. B. Wetter und Klimaanlage) oder Betriebsbedingungen (z. B. bei Einbau in geschlossene Schaltschränke) zu hoch sein kann.

## 4 Zuverlässigkeit von Halbleiterrelais

### 4-1 Ausfallrate und Lebenserwartung

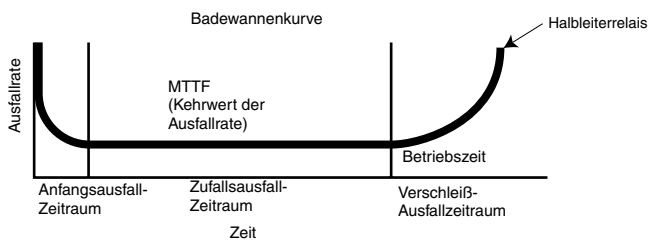
Die Ausfallrate eines elektronischen Bauteils oder Produkts lässt sich in Form einer so genannten Badewannenkurve darstellen.

- Abnehmende Ausfallrate: Anfangs-Ausfallzeitraum (z. B. Konstruktions- oder Fertigungsfehler)
- Konstante Ausfallrate: Zufallsausfall-Zeitraum
- Zunehmende Ausfallrate: Verschleiß-Ausfallzeitraum

Für den Halbleiterrelaisausgang werden Halbleiter wie Triacs oder Thyristoren eingesetzt, so dass das Halbleiterrelais keinem mechanischen Verschleiß unterliegt. Daher ist die Lebenserwartung des Halbleiterrelais abhängig von der Ausfallrate interner Bauteile. Beim G3M-202P beispielsweise beträgt die Rate 321 Fit (1 Fit =  $10^{-9}$  =  $\lambda$  (Fehlfunktionen/Zeit)). Basierend auf diesem Wert wird die mittlere Betriebszeit bis zum Ausfall (MTTF) wie folgt berechnet:

$$\text{MTTF} = 321 / \lambda_{60} = 3,12 \times 10^6 \text{ (Zeit)}$$

Beim Halbleiterrelais können jedoch anders als bei einem einzelnen Halbleiter auch bei ordnungsgemäßer Verwendung Wärmebelastungen durch Änderungen der Umgebungstemperatur oder durch vom Halbleiterrelais selbst erzeugte Wärme verschiedene nachteilige Folgen haben - z. B. eine Beeinträchtigung der Lötstellen an Bauteilen oder ein Abfall des Leuchtwirkungsgrads der integrierten Optokoppler-LED - und zu Ausfällen führen. Diese Faktoren bestimmen die tatsächliche Lebensdauer des Halbleiterrelais. Bei Halbleiterrelais von OMRON treten diese alterungsbedingten Ausfälle unseren Schätzungen zufolge erst nach ca. 10 Jahren auf, dies kann jedoch in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen variieren.





## 5 Fragen und Antworten

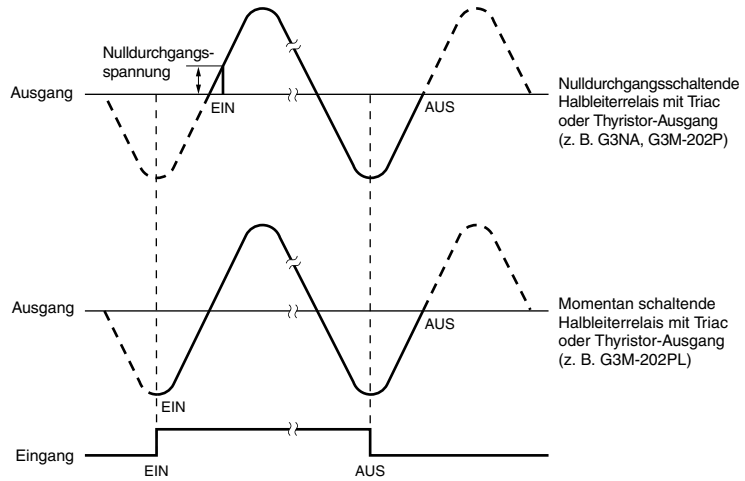
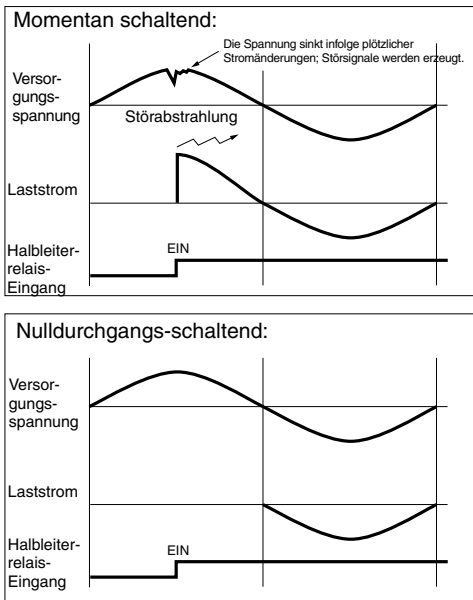
### ■ Frage 1. Was ist die Nulldurchgangs-Funktion?

Die Nulldurchgangs-Funktion schaltet das Halbleiterrelais EIN, wenn die AC-Lastspannung annähernd 0 V beträgt (Nulldurchgangs-Schaltung) und unterdrückt auf diese Weise Störungen durch den Laststrom bei schnellem Ansteigen des Laststroms.

Die erzeugte Störung wird teilweise über die Versorgungsspannungsleitung abgeführt, und der Rest wird abgestrahlt. Mit der Nulldurchgangs-Funktion werden beide Störwege wirksam unterdrückt.

Ein hoher Einschaltstrom fließt beispielsweise beim Einschalten der Lampe. Bei Nulldurchgangs-schaltenden Halbleiterrelais startet der Laststrom immer an einem Punkt nahe 0 V. Dadurch wird der Einschaltstrom stärker unterdrückt als bei momentan schaltenden Halbleiterrelais.

Der Laststrom sollte idealerweise bei 0 V starten, wenn die Nulldurchgangs-Funktion verwendet wird. Schaltungsbedingt startet der Laststrom jedoch bei  $0 \pm 20$  V. Der Spannungsunterschied zwischen diesem Punkt und dem 0-V-Punkt wird als Nulldurchgangsspannung bezeichnet.



### ■ Frage 2. Warum variiert der Eingangsstrom je nach Halbleiterrelais?

Halbleiterrelais mit galvanischer Trennung durch Optokoppler haben andere Eingangsströme als Halbleiterrelais mit galvanischer Trennung durch Phototriac.

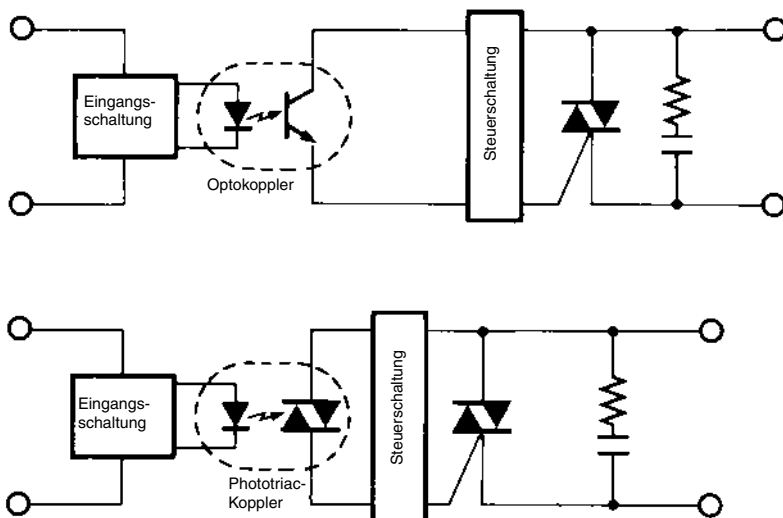
Ein Nulldurchgangsschaltendes Halbleiterrelais mit galvanischer Trennung durch Optokoppler benötigt keinen hohen Eingangsstrom, da der

Optokoppler die effiziente Signalübertragung gewährleistet.

Das Halbleiterrelais benötigt jedoch eine komplizierte Schaltung.

Optokoppler-Eingangsstrom < Phototriac-Eingangsstrom

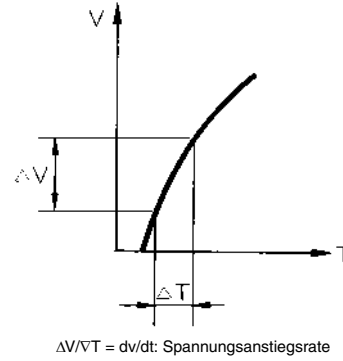
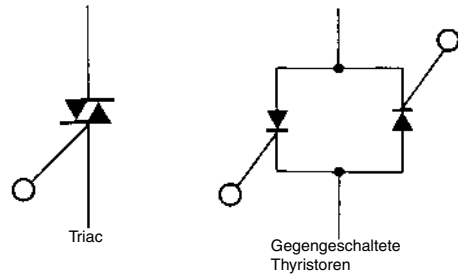
Nulldurchgang



Nulldurchgang, Optokoppler und Phototriac

**Frage 3. Worin unterscheidet sich das Schalten mit Thyristor und Triac?**

Beim Schalten von ohmschen Lasten gibt es keinen Unterschied.  
 Bei induktiven Lasten jedoch sind Thyristoren gegenüber Triacs durch die Gegenschaltung der Thyristoren überlegen.  
 Als Schaltelement werden in Halbleiterrelais entweder ein Triac oder zwei gegengeschaltete Thyristoren eingesetzt.



Thyristoren und Triacs haben unterschiedliche Ansprechzeiten auf schnelle Spannungsanstiege oder -abfälle. Dieser Unterschied wird als  $dv/dt$  ( $V/\mu s$ ) ausgedrückt (siehe Frage 5 auf Seite J-80). Dieser Wert ist bei Thyristoren größer als bei Triacs. Triacs können induktive Motorlasten von bis zu 3,7 kW schalten. Ferner kann ein einzelner Triac zwei gegengeschaltete Thyristoren funktional ersetzen und damit zur Miniaturisierung von Halbleiterrelais beitragen.

	Ohmsche Last		Induktive Last	
	max. 40 A	über 40 A	max. 3,7 kW	über 3,7 kW
Triac	OK	OK	OK	Nicht genauso gut
Zwei Thyristoren	OK	OK	OK	OK

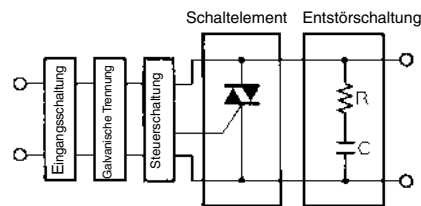
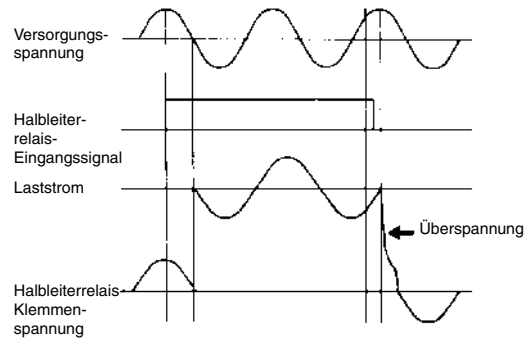
Thyristoren, Triacs und  $dv/dt$

**Frage 4. Was ist eine Entstörschaltung?**

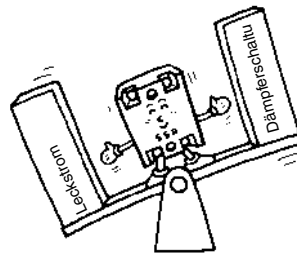
Wenn Halbleiterrelais mit Triac- oder Thyristorausgängen zum Schalten induktiver Lasten verwendet werden, treten beim Ein- und Ausschalten der Triacs bzw. Thyristoren innerhalb eines kurzen Zeitraums starke Spannungsänderungen auf. Dadurch kommt es zu Fehlfunktionen des Halbleiterrelais (Zündzeitfehler). Mit einer Entstörschaltung werden übermäßige Spannungsänderungen unterdrückt.

Die Eigenschaften von Triacs oder Thyristoren bei zu hohen Spannungen werden durch  $dv/dt$  ausgedrückt. Der Grenzwert, bei dem diese Ausgangs-Halbleiterelemente eingeschaltet werden, wird als kritische Anstiegsrate der Sperr-Spannung (oder statisches  $dv/dt$ ) bezeichnet. Der Grenzwert, mit dem die Ausgangs-Halbleiterelemente nicht ausgeschaltet werden können, wird als Kommutierungs- $dv/dt$  bezeichnet.

Mit einer Entstörschaltung werden Spannungsspitzen unterdrückt. Bei hoher Spitzenspannung werden die Ausgangs-Halbleiterelemente jedoch beschädigt. Daher wird für Halbleiterrelais, die ohne integriertes Absorptionselement (Varistor) beispielsweise für induktive Lasten verwendet werden, eine andere Maßnahme zur Unterdrückung von Spannungsspitzen als eine Entstörschaltung benötigt.



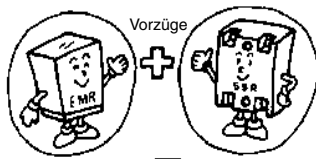
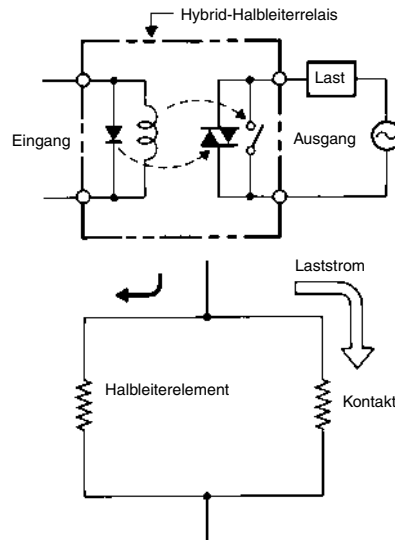
Entstörschaltungen sind jedoch die Hauptursache für Halbleiterrelais-Leckströme. Der Zusammenhang zwischen Entstörschaltung und Leckstrom lässt sich mit dem Ausbalancieren einer Wippe vergleichen. Mit steigender Entstörschaltung erhöht sich der Leckstrom. Bei Unterdrückung des Leckstroms wird das Halbleiterrelais anfällig gegenüber Störsignalen. OMRON wählt je nach Nennstrom die optimale Entstörschaltungskonstante für jedes Modell.



Statisches dv/dt, Kommutierungs-dv/dt, Entstörschaltungen und Leckstrom

**Frage 5. Was ist ein Hybrid-Halbleiterrelais?**

Ein Hybrid-Halbleiterrelais ist ein Relais, welches die Last mit einem Halbleiterelement ein- und ausschaltet, im normalen Betrieb jedoch mit einem mechanischen Relais arbeitet. Mit anderen Worten: Ein Hybridrelais ist eine Kombination aus elektromagnetischem Relais und Halbleiterrelais.



- Vorteile von elektromagnetischen Relais**
- Hervorragende Isolierung
  - Ausgezeichnete Störfestigkeit
  - Mehrere Pole
  - Kompakt
  - Geringe Wärmeabgabe
  - Kostengünstig

G9H Hybrid-Halbleiterrelais

- Vorteile von Halbleiterrelais**
- Hohe Schaltfrequenz
  - Kein Betriebsrauschen
  - Nulldurchgangsschaltung
  - Lange Lebensdauer

**Funktionsprinzip**

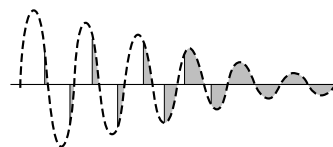
Beim Einschalten des Eingangs des Hybrid-Halbleiterrelais wird zunächst der Triac und anschließend der Kontakt eingeschaltet. Zu diesem Zeitpunkt ist der Widerstand des Kontakts geringer als der Widerstand des Triac, so dass ein Großteil des Laststroms über den Kontakt fließt. Bei Ausschalten des Halbleiterrelais-Eingangs werden erst der Kontakt und dann der Triac ausgeschaltet. Der Triac schaltet erst aus, nachdem die Stromzufuhr zum Kontakt unterbrochen wurde, so dass kein Lichtbogen entsteht. Aus diesem Grund ist bei einem Hybrid-Halbleiterrelais eine lange Lebensdauer gewährleistet.

Hybrid-Halbleiterrelais

**Frage 6. Was ist die Sanftanlauffunktion?**

Mit der Sanftanlauffunktion wird der AC-Ausgang von Halbleiterrelais mittels Phasenanschnittsteuerung allmählich auf 100 % erhöht. Dadurch wird der Einschaltstrom der Lastversorgungsspannung unterdrückt, der beim Einschalten der Lastversorgungsspannung entsteht. Auf diese Weise kann die Last allmählich gestartet werden. Mit dieser Funktion können die Lasten wie Motoren und Halogenlampen wirksam gesteuert werden. Eine Sanftanlauffunktion ist in den G3PX Leistungs-

regler und die Halbleiterrelais zur Motorsteuerung der Serie G3J integriert.



Sanftanlauffunktion

Halbleiterrelais

## ■ Frage 7. Welche Bedeutung haben die Modellnummern?

Für die Produktbezeichnung der OMRON-Halbleiterrelais gilt folgende

Codierung:

G3-□□-□□□□□□□□□□-□□  
 12 3 4 5 6 7 8 9

### 1. Produktklassifizierung

Der Präfix "G" gibt an, dass es sich bei dem Produkt um ein Relais handelt.

### 2. Basismodell-Code

Die Zahl 3 gibt an, dass das Produkt ein Halbleiterrelais ist.

### 3. Spezifischer Buchstabe für das Modell.

### 4. Spezifischer Buchstabe für das Modell.

### 5. Lastversorgungsspannung

Wird nur bei Produkten bestimmter Serien, nicht jedoch für Standardmodelle verwendet.

1: Die maximale Betriebsspannung beträgt 100 bis 200 V AC bzw. DC.

2: Die maximale Betriebsspannung beträgt 200 bis 300 V AC bzw. DC.

4: Die maximale Betriebsspannung beträgt 400 bis 500 V AC bzw. DC.

### 6. Laststrom

Gibt den maximalen Laststrom an.

Beispiel: 000075: 75 A  
 000150: 150 A  
 00R5: 0,5 A  
 0010: 10 A

### 7. Anschlussform

B: Schraubklemmen

P: Leiterplattenanschlüsse

S: Steckanschlüsse (für spezielle Sockel)

T: Reiterklemmen

### 8. Nulldurchgangs-Funktion

Leer: Ja

L: Nein

### 9. Zusatzcode

Ein Code zur Spezifikation von Baureihen, Zulassungen oder besonderen Merkmalen, wie z. B. der Anzahl der Elemente.

Das Modell G3NA-220B beispielsweise hat eine Lastversorgungsspannung von 200 V, einen Laststrom von 20 A, ist Nulldurchgangs-schaltend und besitzt Schraubklemmen. Das Modell G3M-102PL hat eine Lastversorgungsspannung von 100 V, einen Laststrom von 2 A, ist momentan schaltend und besitzt Leiterplattenanschlüsse.

Modellcode

## ■ Frage 8. Was ist der Unterschied zwischen empfohlenen Werten und Nennwerten?

Der maximale Laststrom eines Halbleiterrelais wird basierend auf der Annahme bestimmt, dass das Halbleiterrelais unabhängig an eine ohmsche Last angeschlossen wird.

Die erwarteten tatsächlichen Betriebsbedingungen des Halbleiterrelais sind jedoch durch die Schwankungen der Versorgungsspannung oder den Raum im Schaltschrank

anspruchsvoller. In die für das Halbleiterrelais empfohlenen Werte fließt eine Sicherheitsspanne von 20 bis 30 % der Nennwerte ein. Bei Verwendung einer induktiven Last, z. B. eines Transformators oder eines Motors, ist wegen des hohen Einschaltstroms eine größere Sicherheitsspanne erforderlich.

Empfohlene Lasten

## ■ Frage 9. Was bedeutet I<sup>2</sup>t bei der Auswahl einer Sicherung?

Bei Anschluss einer Sicherung an ein Halbleiterrelais ist der I<sup>2</sup>t-Wert des Halbleiterrelais der Gesamtwert eines Einschaltstroms, der während einer definierten Zeit über die Sicherung zum Halbleiterrelais fließt, wenn das Halbleiterrelais eingeschaltet wird.

Der folgenden Tabelle sind die zulässigen I<sup>2</sup>t-Werte für die jeweiligen Halbleiterrelais zu entnehmen. Prüfen Sie bei Verwendung einer

superflinken Sicherung für ein Halbleiterrelais, ob I<sup>2</sup>t kleiner oder gleich dem spezifizierten Wert ist.

### I<sup>2</sup>t Werte

G3NA-210B	121 A <sup>2</sup> s
G3NA-220B	260 A <sup>2</sup> s
G3NA-240B	2660 A <sup>2</sup> s

Sicherung und I<sup>2</sup>t

## ■ Frage 10. Können Halbleiterrelais in Reihe geschaltet werden?

Ja. Halbleiterrelais werden hauptsächlich zur Verhinderung von Kurzschlusschäden in Reihe geschaltet. Die Belastung durch Spannungsspitzen verteilt sich auf die in Reihe geschalteten Halbleiterrelais. Auf diese Weise sind die Halbleiterrelais gegen Überspannung geschützt.

Hohe Betriebsspannungen können jedoch an in Reihe geschaltete Halbleiterrelais nicht angelegt werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die Belastung durch die Lastspannung aufgrund der unterschiedlichen Betriebs- und Rückfallzeiten der Halbleiterrelais beim Schalten der Last nicht auf die Halbleiterrelais verteilt.

Reihenschaltungen

**■ Frage 11. Können zwei Halbleiterrelais für 200 V AC in Reihe an eine Last mit 400 V AC angeschlossen werden?**

Nein. Die beiden Halbleiterrelais haben geringfügig voneinander abweichende Ansprechzeiten. Daher liegen an dem Halbleiterrelais mit der längeren Ansprechzeit 400 V AC an.

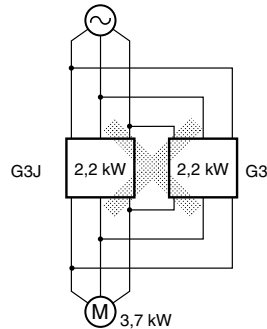
Reihenschaltungen

**■ Frage 12. Können Halbleiterrelais parallel geschaltet werden?**

Ja. Halbleiterrelais werden hauptsächlich zur Verhinderung von Stromkreisunterbrechungen parallel geschaltet. In der Regel wird aufgrund des unterschiedlichen Einschalt-Spannungsabfalls nur eines der Halbleiterrelais eingeschaltet. Daher ist es nicht möglich, den Laststrom durch Parallelschaltung von Halbleiterrelais zu erhöhen.

Wenn ein Halbleiterrelais beim Anlegen des Eingangssignals gesperrt bleibt, schaltet das andere Halbleiterrelais und gewährleistet so das Schalten der Last.

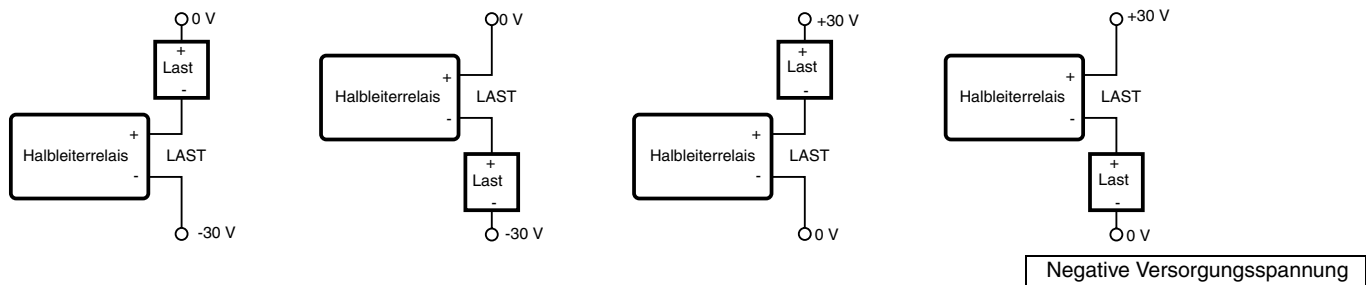
Zwei oder mehr Halbleiterrelais dürfen nicht parallel an eine Last geschaltet werden, welche die Kapazität jedes einzelnen Halbleiterrelais übersteigt; andernfalls können die Halbleiterrelais ausfallen.



Parallelschaltungen

**■ Frage 13. Kann eine DC-Ausgangslast an eine negative Elektrode angeschlossen werden? Können sowohl die positive als auch die negative Seite von Lasten angeschlossen werden?**

Alle der folgenden Anschlüsse sind möglich. Bei Lasten mit positiven und negativen Polaritäten muss die Last wie nachstehend dargestellt angeschlossen werden.



**■ Frage 14. Welcher Teil des Leistungsfaktors der Last ist praktisch relevant?**

Der verfügbare Leistungsbereich liegt zwischen  $\cos\phi$  1 und ca. 0,4. Bei einem Leistungsfaktor unter 0,4 wird die Phasenlücke zwischen Strom und Spannung groß, und auch bei einem Strom von 0 kommt es zu einem Überspannungszustand mit einer Spannungsänderung. Wenn

in diesem Zustand  $dv/dt$  den für das Halbleiterrelais zulässigen Wert übersteigt, kann das Halbleiterrelais nicht ausschalten, und es kommt zu Fehlfunktionen. (Siehe auch Frage 5 auf Seite J-80).

Leistungsfaktor

**■ Frage 15. Warum ist der Mindestlaststrom bei den meisten Halbleiterrelais auf 0,1 A beschränkt?**

Triac- oder Transistor-Ausgangselemente haben einen Mindest-Haltestrom. Unter Berücksichtigung der Temperatur der Betriebsumgebung beträgt der Mindestlaststrom auf Grundlage des Mindesthaltestroms 0,1 A.

Bei einem Laststrom unter 0,1 A kann das Ausgangselement den EIN-Zustand der Last nicht beibehalten. Folglich kann die Ausgangswellenform oszillieren bzw. nicht eingeschaltet werden.

In der Regel hat ein bei 200 V betriebenes Halbleiterrelais einen maximalen Leckstrom von 10 mA. Zur Vermeidung von Last-Rückfallfehlern durch den Leckstrom ist der Mindestlaststrom basierend auf einem

angenommenen Mindest-Rückfallstrom von 10 % des Nennwerts auf 0,1 A begrenzt.

Daher beträgt beispielsweise bei Verwendung einer Last mit einem Nennstrom von 50 mA der Leckstrom bei ausgeschaltetem Halbleiterrelais 20 % des Nennwerts. Dies kann je nach Last zu Rückfallfehlern führen.

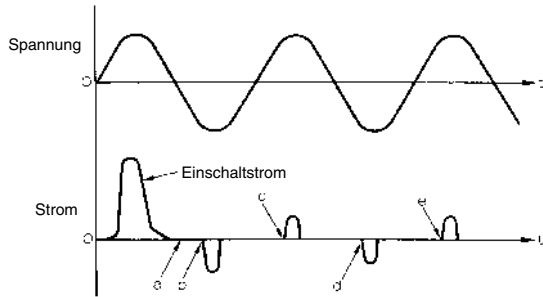
Zwei Merkmale von Halbleiterrelais mit Leistungs-MOS-FET-Ausgangselementen (z. B. G3DZ, G3RZ) sind, dass kein Haltestrom notwendig und der Leckstrom gering ist. So können auch kleine Lasten mit nur 100  $\mu$ A bei 200 V AC geschaltet werden.

Mindestlaststrom

Halbleiterrelais

**Frage 16. Warum bleibt der Strom beim Ein- und Ausschalten der Versorgungsspannung nicht stabil?**

Die Versorgungsspannung für ein Halbleiterrelais ist aufgrund der integrierten Glättungskapazität der Spannungsversorgung eine Kapazitivlast. Wie im nachstehenden Diagramm deutlich gezeigt, gibt es Zeitspannen, in denen fast kein Strom fließt, und Zeitspannen, in denen sich die Kapazität rasch ändert.



Wenn Spannung an das Halbleiterrelais angelegt wird, schaltet dieses ein. An einem Punkt a, an dem praktisch kein Stromfluss vorhanden ist, schaltet das Halbleiterrelais jedoch aus. In dem Moment, in dem der Laststrom an Punkt b zu fließen beginnt, schaltet das Halbleiterrelais ein. An Punkt c schaltet das Halbleiterrelais ein. Wenn das Halbleiterrelais an Punkt b nicht rechtzeitig einschaltet, wird der Kondensator nicht vollständig geladen. Daher fließt beim Einschalten des Halbleiterrelais an Punkt c ein hoher Strom in den Kondensator, um die unzureichende Ladung an Punkt b auszugleichen. Dieser Vorgang wiederholt sich an Punkt d und Punkt e. Folglich ist der Stromfluss im Halbleiterrelais nicht stabil. Zur Lösung dieses Problems kann ein Ableitwiderstand parallel zur Spannungsversorgung geschaltet werden, so dass stets ein Strom zum Ableitwiderstand fließt und das Halbleiterrelais eingeschaltet bleibt.

**Ableitwiderstand - Werte**

100 V AC	5 bis 10 kΩ	3 W
200 V AC	5 bis 10 kΩ	15 W

Schaltnetzteil als Versorgungsspannung und Ableitwiderstand

**Frage 17. Welches sind die idealen Rasterbreiten und -abstände auf einer Leiterplatte?**

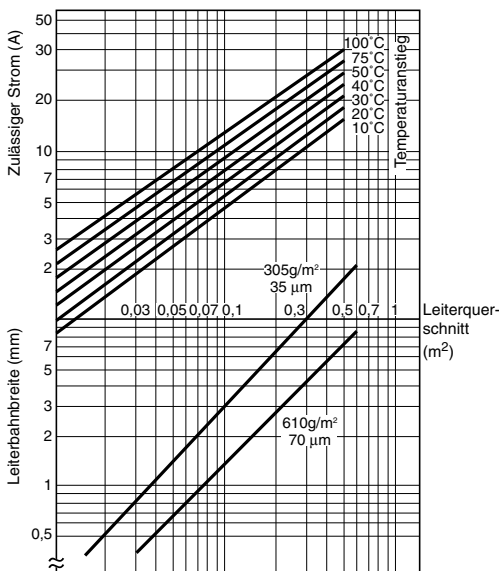
Die erforderlichen Rasterbreiten und -abstände variieren je nach Betriebsbedingungen, z. B. den Leiterplattenwerkstoffen und der Umgebungstemperatur.

Ein Beispiel für Standardauslegungen ist nachstehend abgebildet.

**Leiter-Rasterbreite und -Stärke**

Eine Standard-Kupferfolie ist 35 oder 70 µm stark. Die Breite der Folienbahn ergibt sich aus dem Dauerstrom und dem zulässigen Temperaturanstieg. Das nachstehende Diagramm bietet eine einfache Referenz.

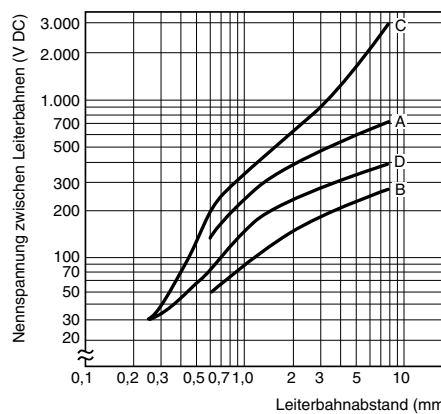
**Leiterbahnbreiten / zulässige Ströme (IEC-Veröffentlichung 326-3)**



**Leiterbahnabstände**

Die Leiterbahnabstände auf einer Leiterplatte variieren je nach Isolationseigenschaften und Grad der Umgebungsbelastung. Das nachstehende Diagramm bietet eine Standardreferenz. Wenn die Leiterplatte in Übereinstimmung mit dem EAMCL (Electrical Appliance and Material Control Law) oder bestimmten internationalen Sicherheitsnormen (z. B. UL, CSA, VDE) gefertigt wurde, haben die Anforderungen der Normen Vorrang. Bei mehrlagigen Leiterplatten können weitere Leiterbahnabstände verwendet werden.

**Betriebsspannungen / Leiterbahnabstände (IEC-Veröffentlichung 326-3)**



A: Bis 3.000 mm Höhe ohne Beschichtung.  
 B: Über 3.000 mm und unter 15.000 mm Höhe ohne Beschichtung.  
 C: Bis 3.000 mm Höhe mit Beschichtung.  
 D: Über 3.000 mm Höhe mit Beschichtung.

Leiterplatte, Rasterbreite und Rasterabstand



**■ Frage 18. Kann der Motor durch ein Halbleiterrelais und einen mechanischen thermischen Motorschutzschalter geschützt werden?**

Ja.

Wenn die Einschaltstromfestigkeit des Halbleiterrelais den Schutzeigenschaften des Motorschutzschalters jedoch nicht entspricht, kann das Halbleiterrelais innerhalb kurzer Zeit durch Überstrom zerstört werden. Dieser Zeitraum ist so kurz, dass der Motor nicht durchbrennt. In diesem Fall kann eine superflinke Sicherung zum Schutz des Halbleiterrelais eingesetzt werden.

Empfohlene Motorschutzschalter mit abgestimmtem Schutz sind für das G3J aufgeführt. Dies ist ein Halbleiterrelais für dreiphasige Motoren, die mit einem Motorschutzschalter versehen werden können.

Motorschutzschalter

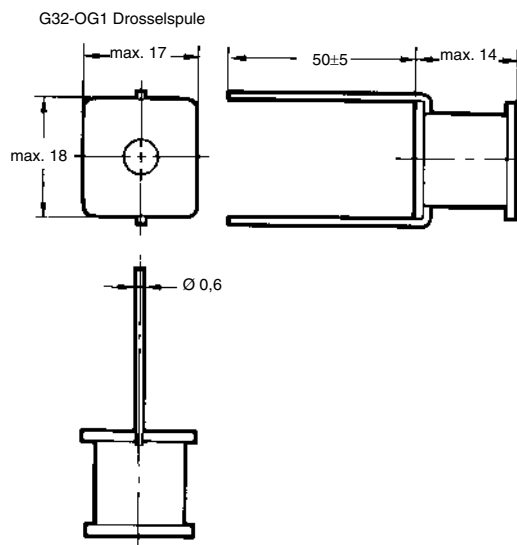
**■ Frage 19. Welche Vorsichtsmaßnahmen sind beim Vorwärts-/Rückwärtslaufbetrieb von Einphasenmotoren zu beachten?**

Informationen zum Schutz von durch Halbleiterrelais gesteuerten Kondensatormotoren sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

Einphasig 100 V	Laststrom des empfohlenen Halbleiterrelais	Motorschutz bei Vorwärts-/ Rückwärtslaufbetrieb	
		R	L
25 W	AC, 2 bis 3 A	R = 6 Ω, 10 W	Drosselspule
40 W			
60 W	AC, 5 A	R = 4 Ω, 20 W	
90 W		R = 3 Ω, 40 bis 50 W	

Einphasig 200 V	Laststrom des empfohlenen Halbleiterrelais	Motorschutz bei Vorwärts-/ Rückwärtslaufbetrieb	
		R	L
25 W	AC, 2 bis 3 A	R = 12 Ω, 10 W	Drosselspule
40 W			
60 W	AC, 5 A	R = 12 Ω, 20 W	
90 W		R = 8 Ω, 40 W	

- Bei Vorwärts-/Rückwärtslaufbetrieb des Motors kann die doppelte Versorgungsspannung an einem ausgeschalteten Halbleiterrelais infolge der LC-Motorresonanz anliegen. Die OMRON Halbleiterrelais für Leiterplattenmontage decken einen Bereich bis maximal 200 V AC ab. Daher können Halbleiterrelais in einigen Fällen nicht zur Steuerung des Vorwärts-/Rückwärtslaufbetriebs von Motoren bei 200 V AC eingesetzt werden. Messen Sie die am ausgeschalteten Halbleiterrelais anliegende Spannung, bevor Sie den Vorwärts-/Rückwärtslaufbetrieb des Motors bei 200 V AC starten, und stellen Sie sicher, dass die Halbleiterrelais betriebsfähig sind.



Vorwärts-/Rückwärtslaufbetrieb

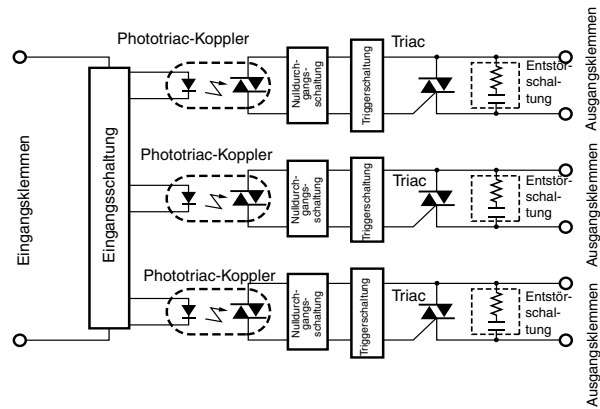
Halbleiterrelais

**Frage 20. Kann ein dreiphasiges Halbleiterrelais zum Ein- und Ausschalten einphasiger Schaltungen eingesetzt werden?**

Die drei Ausgangsschaltungen des G3J Monofunktionsmodells und die des G3PB sind voneinander getrennt. Daher können die Ausgangsphasen an separate Schaltungen angeschlossen werden.

Verwenden Sie das G3J-S bzw. G3J-T nicht für einphasige Schaltungen, da sonst die Start/Stop-Funktion nicht normal funktioniert.

**Konfiguration**



Dreiphasiges Halbleiterrelais

**Frage 21. Warum ist zwischen dem Vorwärts- und dem Rückwärtslaufbetrieb eines dreiphasigen Motors eine Verzögerung nötig?**

Der Vorwärts- oder Rückwärtslaufbetrieb eines dreiphasigen Motors wird durch Umschaltung zweier Phasen gewählt. Wenn das Halbleiterrelais für den Vorwärtslaufbetrieb des Motors gleichzeitig mit dem für den Rückwärtslaufbetrieb des Motors einschaltet, erfolgt ein Phasenkurzschluss durch die Halbleiterrelais, wodurch diese zerstört werden. Die Rückfallzeit der Halbleiterrelais schwankt innerhalb von maximal einem halben Zyklus. Daher können bei schneller Umschaltung zwi-

schen Vorwärts- und Rückwärtslaufbetrieb des Motors beide Halbleiterrelais gleichzeitig einschalten und zerstört werden.

Wenn jeweils eines der Halbleiterrelais ausgeschaltet ist, erzeugt der Motor eine Gegen-EMK, durch die es leicht zu Fehlfunktionen des Halbleiterrelais kommen kann. Um dies zu verhindern, ist eine längere Verzögerung (mindestens 30 ms) für das Umschalten zwischen Vorwärts- und Rückwärtslaufbetrieb des Motors erforderlich.

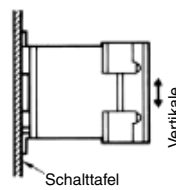
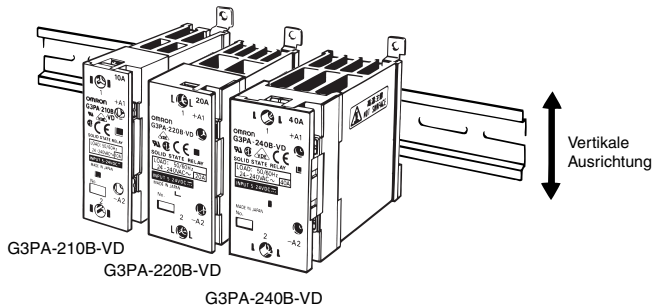
Verzögerung und Vorwärts-/Rückwärtslaufbetrieb

**Frage 22. Haben Halbleiterrelais eine Einbaulage?**

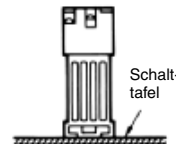
Ein Halbleiterrelais besteht aus Halbleiterelementen. Daher haben anders als bei mechanischen Relais, die bewegliche Teile enthalten, Änderungen der Schwerkraft keinen Einfluss auf die Eigenschaften von Halbleiterrelais.

Durch Änderungen der Wärmeabgabe eines Halbleiterrelais wird jedoch der Dauerstrom des Halbleiterrelais begrenzt.

Halbleiterrelais sollten vertikal eingebaut werden. Falls ein horizontaler Einbau des Halbleiterrelais erforderlich ist, informieren Sie sich bitte im entsprechenden Datenblatt. Falls keine entsprechenden Daten zu dem Halbleiterrelais vorliegen, verwenden Sie einen mindestens 30 % unter dem Nennlaststrom liegenden Laststrom.



**Vertikale Installation**  
Installieren Sie das Halbleiterrelais vertikal.



**Horizontale Installation**  
Das Halbleiterrelais kann auf einer ebenen Fläche montiert werden, sofern der angelegte Laststrom 30 % niedriger als der Nennlaststrom ist.

Einbaulage

**Frage 23. Welche Vorsichtsmaßnahmen sind bei dichter Montage oder Gruppenmontage zu beachten?**

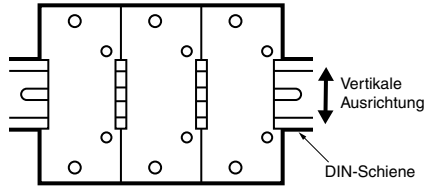
Prüfen Sie bei dichter oder Gruppenmontage von Halbleiterrelais die einschlägigen Angaben im Datenblatt. Falls keine entsprechenden Daten vorliegen, achten Sie darauf, dass der angelegte Laststrom nur 70 % des Nennlaststroms beträgt. Ein Laststrom von 100 % kann angelegt werden, wenn Gruppen von je drei Halbleiterrelais in einer Reihe und mit einem Abstand von der Größe eines Halbleiterrelais zwischen den Gruppen installiert werden.

Bei Montage der Halbleiterrelais in zwei oder mehr Reihen muss der Temperaturanstieg der Halbleiterrelais einzeln bestimmt werden.

Bei Montage dicht nebeneinander oder Gruppenmontage von Halbleiterrelais mit Kühlkörpern muss der Laststrom auf 80 % des Nennlaststroms begrenzt werden.

Näheres ist dem Datenblatt des entsprechenden Halbleiterrelais zu entnehmen.

**G3PA**

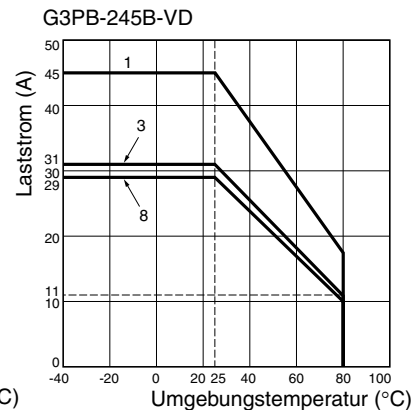
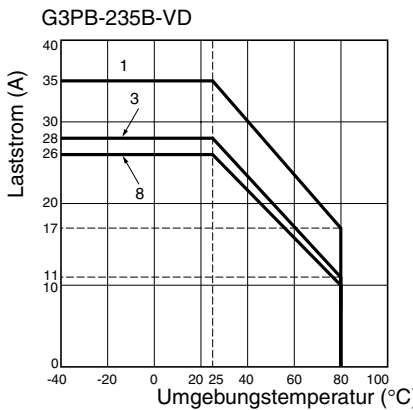
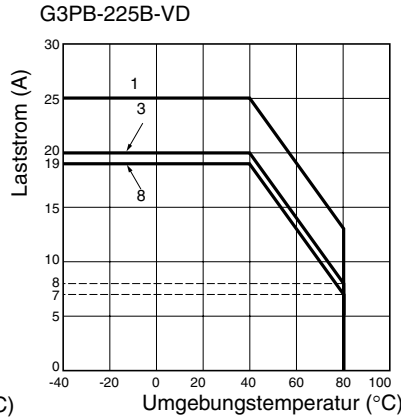
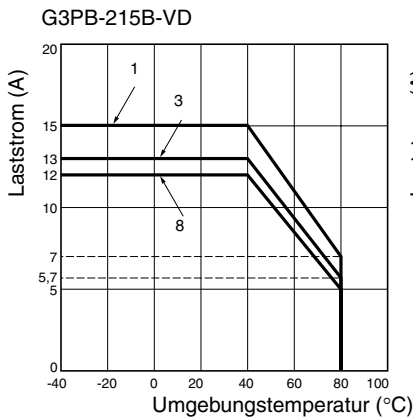


Installieren Sie nicht mehr als drei Einheiten je Gruppe dicht nebeneinander, ohne einen Abstand von mindestens 10 mm zur nächsten Gruppe einzuhalten.

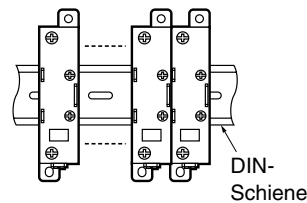
**G3PB**

**Kennlinien**

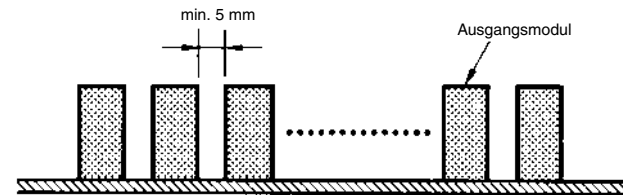
**Dichte oder Gruppenmontage (3 bzw. 8 Einheiten)**



Beispiel für dichte oder Gruppenmontage



**G3TB**



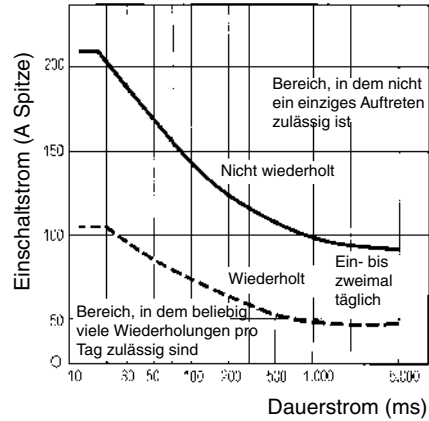
Befestigung von Ausgangsmodulen dicht nebeneinander  
Halten Sie einen Mindestabstand von 5 mm zwischen benachbarten Halbleiterrelais ein.  
Eine Last von 3 A kann mit maximal 16 Punkten geschaltet werden.

Dichte oder Gruppenmontage

Halbleiterrelais

**Frage 24. Was ist der nicht wiederholte Einschaltstrom?**

Im Halbleiterrelais-Datenblatt ist der nicht wiederholte Einschaltstrom des Halbleiterrelais angegeben. Der Begriff des nicht wiederholten Einschaltstroms eines Halbleiterrelais entspricht dem maximalen Nennwert eines Elements. Übersteigt der Einschaltstrom die Höhe des nicht wiederholten Einschaltstroms, wird das Halbleiterrelais zerstört. Achten Sie daher darauf, dass der maximale Einschaltstrom des Halbleiterrelais bei normalem Ein/Aus-Betrieb 50 % des nicht wiederholten Einschaltstroms nicht übersteigt. Anders als mechanische Relais, bei denen es zu Kontaktverschleiß kommen kann, funktioniert das Halbleiterrelais einwandfrei, solange der tatsächliche Einschaltstrom höchstens halb so groß wie der nicht wiederholte Einschaltstrom ist. Befindet sich das Halbleiterrelais ständig im Ein/Aus-Betrieb und fließt häufig ein höherer Strom als der Nennstrom, kann sich das Halbleiterrelais jedoch überhitzen, was zu Fehlfunktionen führt. Prüfen Sie, ob sich das Halbleiterrelais beim Betrieb nicht überhitzt. Einschaltströme, die niedriger als der nicht wiederholte Einschaltstrom und höher als der periodische Einschaltstrom sind, kann das Relais etwa 1-2 Mal täglich standhalten (d. h. das Relais hält einem Einschaltstrom dieser Stärke stand, wenn einmal täglich eine Versorgungsspannung an das Gerät angelegt wird).



Nicht wiederholter Einschaltstrom

**Frage 25. Ausfälle welcher Art treten bei Halbleiterrelais am häufigsten auf?**

Die Daten von OMRON zeigen, dass die meisten Ausfälle durch Überspannung oder Überstrom als Folge kurzgeschlossener Halbleiterrelais auftreten. Diese Daten basieren auf Halbleiterrelais-Ausgangsbedingungen.

gen und beinhalten die Ausfälle durch offene oder kurzgeschlossene Schaltungen auf der Eingangsseite.

	Ausfall	Lastzustand
Eingang	Kurzschluss	Schaltet nicht ein.
	Offen	Schaltet nicht ein.
Ausgang	Kurzschluss des Ausgangs-Triac (80 % der Ausfälle)	Schaltet nicht aus.
	Ausgangs-Triac offen (20 % der Ausfälle)	Schaltet nicht ein.

Ausfall

**Frage 26. Was geschieht, wenn die Lastspannung den oberen Grenzwert übersteigt?**

Die OMRON-Halbleiterrelais G3NA, G3NE und G3PA mit integriertem Varistor haben eine Nennlastspannung von 264 V AC. Diese Halbleiterrelais weisen eine Beständigkeit bis maximal 264 V AC auf. Der eingebaute Varistor wird ausgelöst und zerstört, wenn die tatsächliche Lastspannung rund 400 V AC überschreitet.

Die OMRON-Halbleiterrelais G3M, G3CN und G3F verfügen nicht über Varistoren. Diese Halbleiterrelais mit 200-V-AC-Ausgang weisen eine Beständigkeit bis maximal 264 V AC auf. Der Ausgangstriac des Halbleiterrelais wird im tatsächlichen Einsatz bei einer Überspannung von ca. 600 V AC zerstört (bei AC-Sinusstrom ohne Verzerrung oder Störsignale).

Bei normaler Spannungsversorgung nimmt die Ausfallrate des Halbleiterrelais zu, wenn die Lastspannung 264 V AC übersteigt.

Überspannung

**Frage 27. Können defekte Halbleiterrelais-Bauteile ausgetauscht werden?**

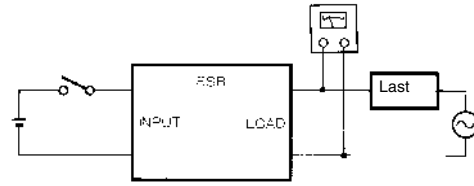
Die Leistungsbauteile der Modelle G3PX, G3PA und G3NH sind austauschbar. An allen anderen Halbleiterrelais sind keine Bauteile austauschbar, da das Halbleiterrelais mit Kunstharz versiegelt ist.

Austausch von Bauteilen

**Frage 28. Wie lässt sich mit einem Multimeter prüfen, ob das Halbleiterrelais ein- oder ausgeschaltet ist?**

Der Widerstand der Lastklemmen des Halbleiterrelais ändert sich beim Ein- und Ausschalten des Eingangs nicht eindeutig.

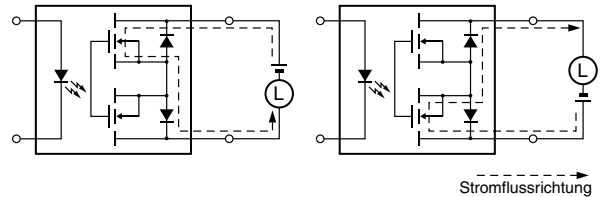
Schließen Sie eine Dummy-Last an die Ausgangsklemmen an und prüfen Sie die Spannung der Lastklemmen bei ein- und ausgeschaltetem Eingang. Bei ausgeschaltetem Halbleiterrelais entspricht die Ausgangsspannung annähernd der Lastversorgungsspannung. Bei eingeschaltetem Halbleiterrelais fällt die Spannung auf ca. 1 V. Eindeutiger verläuft die Prüfung bei Verwendung einer Lampe mit einer Leistung von ca. 100 W als Dummy-Last.



Multimeter-Prüfung

**Frage 29. Warum können MOS-FET-Relais sowohl für AC- als auch für DC-Lasten verwendet werden?**

Da bei Leistungs-MOS-FET-Relais zwei MOS-FET-Relais wie rechts dargestellt in Reihe geschaltet sind, kann die Lastspannungsversorgung in beide Richtungen angeschlossen werden. Leistungs-MOS-FET-Relais haben ferner eine hohe Isolationsprüfspannung und können daher auch für AC-Lasten verwendet werden, bei der die Polarität mit jedem Zyklus wechselt.

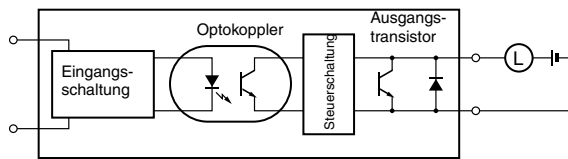


MOS-FET-Relais

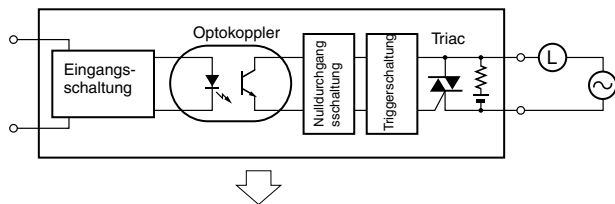
**Frage 30. Worin unterscheiden sich Halbleiterrelais und Leistungs-MOS-FET-Relais?**

**Nummer 1: Es gibt Halbleiterrelais für DC-Lasten und Halbleiterrelais für AC-Lasten.**

Halbleiterrelais für DC-Lasten (z. B. G3SD)



Halbleiterrelais für AC-Lasten (z. B. G3H)

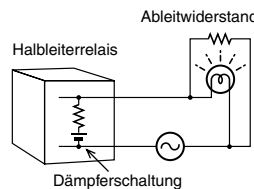


Leistungs-MOS-FET-Relais können sowohl für DC- als auch für AC-Lasten verwendet werden.

**Nummer 2: Leistungs-MOS-FET-Relais haben im Vergleich zu Halbleiterrelais einen geringeren Leckstrom.**

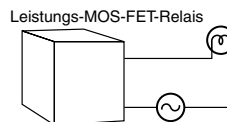
**Halbleiterrelais**

Die Lampe (siehe unten) leuchtet durch dem Leckstrom schwach. Um dies zu verhindern, wird ein Ableitwiderstand hinzugefügt. Bei Halbleiterrelais ist zum Schutz des Ausgangselements eine Entstörschaltung erforderlich.



**Leistungs-MOS-FET-Relais**

Der Leckstrom ist sehr gering (max. 10 µA), daher leuchtet die Lampe nicht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass zum Schutz des MOS-FET-Ausgangselements keine Entstörschaltung erforderlich ist. Zum Schutz des MOS-FET wird ein Varistor eingesetzt.



Ein Ableitwiderstand ist nicht erforderlich. Auf diese Weise lassen sich die Schaltungen vereinfachen und die Produktionskosten senken.

MOS-FET-Relais

Halbleiterrelais

■ **Frage 31. Für Anwendungen welcher Art können Leistungs-MOS-FET-Relais verwendet werden?**

1. Anwendungen, bei denen nicht bekannt ist, ob es sich bei der an das Relais angeschlossenen Last um eine AC- oder eine DC-Last handelt.

Beispiel: Alarmausgang einer Robotersteuerung.

2. Anwendungen mit hoher Last-Schaltfrequenz, z. B. bei Magnetventilen, bei denen das Relais (z. B. G2R) häufig ersetzt werden muss.

Leistungs-MOS-FET-Relais haben eine längere Lebensdauer als andere Relais und müssen daher seltener ausgetauscht werden. Die Klemmen des G3RZ sind mit denen des G2R-1A-S kompatibel, so dass diese Ausführungen untereinander austauschbar sind.

**Hinweis** Prüfen Sie vor dem Einsatz zunächst die Eingangsspannung, Polarität und Ausgangskapazität.

3. Anwendungen mit Hochspannungs-DC-Lasten.  
Zum Schalten einer Last mit 125 V DC und 1A mit einem Relais ist ein MM2XP oder entsprechend erforderlich. Mit dem G3RZ Leistungs-MOS-FET-Relais hingegen ist das Schalten in dieser Größenordnung möglich.
4. Anwendungen, bei denen Halbleiterrelais mit Ableitwiderstand verwendet werden.  
Der Leckstrom von Leistungs-MOS-FET-Relais ist sehr gering (max. 10  $\mu$ A), so dass auf einen Ableitwiderstand verzichtet werden kann.

MOS-FET-Relais