

## Inhaltsverzeichnis

<b>Die Unterschiede:</b>	
Welche Schutzschalter schützen am besten? .....	Seite 8 - 2
<b>Typische Kennlinien</b> .....	Seite 8 - 2
<b>Worauf es ankommt</b> .....	Seite 8 - 3
Schutzschalter mit thermischer Auslösung (TO)	
Schutzschalter mit thermisch-magnetischer Auslösung (TM)	
Schutzschalter mit magnetischer Auslösung (MO)	
Schutzschalter mit hydraulisch-magnetischer Auslösung (HM)	
Elektronischer Überstromschutz (EL)	
<b>Betätigungsarten von Geräteschutzschaltern</b> .....	Seite 8 - 3
<b>Sprungschaltmechanismus</b> .....	Seite 8 - 3
<b>Unbeeinflussbare (positive) Freiauslösung</b> .....	Seite 8 - 3
<b>Anschlüsse</b> .....	Seite 8 - 3
<b>Hilfskontakte</b> .....	Seite 8 - 3
<b>Typische Innenwiderstände</b> .....	Seite 8 - 3
<b>Lötbarkeit von versilberten Anschlüssen</b> .....	Seite 8 - 4
<b>Nenndaten – Begriffserklärung</b> .....	Seite 8 - 4
<b>Nennstromstärken und Zeit/Strom-Charakteristik</b> .....	Seite 8 - 4
<b>Temperaturverhalten</b> .....	Seite 8 - 4
<b>Reihenmontage</b> .....	Seite 8 - 4
<b>Einschaltdauer</b> .....	Seite 8 - 4
<b>Schaltvermögen <math>I_{cn}</math></b> .....	Seite 8 - 4
<b>Anwendungskategorien induktiv und induktionsarm</b> ....	Seite 8 - 4
<b>Schaltfolge</b> .....	Seite 8 - 4
<b>Schutzarten elektrischer Betriebsmittel nach DIN EN 60529</b> .....	Seite 8 - 5
<b>Vorzugsweise ausgeführte Schutzarten</b> .....	Seite 8 - 5
<b>Toleranzen bei Maßbildern</b> .....	Seite 8 - 5
<b>Kabelquerschnitte</b> .....	Seite 8 - 6
nach EN 60934	
für Straßenfahrzeuge	
für Luftfahrtanwendungen	
<b>Darstellung des Betriebszustandes</b> .....	Seite 8 - 6
<b>Definition von Öffner und Schließer</b> .....	Seite 8 - 6
<b>Kennzeichnung von Anschlüssen</b> .....	Seite 8 - 6
<b>Wichtige Schaltzeichen</b>	
nach DIN EN 60617/IEC 60617 bzw. ANSI Y32.20/CSA Z99 ..	Seite 8 - 7
<b>Kontaktwiderstand</b>	
Allgemeines .....	Seite 8 - 8
1. Physik des Kontaktwiderstandes .....	Seiten 8 - 8 bis 8 - 9
2. Beeinflussung des Kontaktwiderstandes durch Außenklima.....	Seite 8 - 9
3. Beeinflussung des Kontaktwiderstandes durch Mikroklima .....	Seite 8 - 9
4. Anwendungsgebiete der verschiedenen Kontaktwerkstoffe .....	Seite 8 - 9
5. Messung des Kontaktwiderstandes .....	Seiten 8 - 9 bis 8 - 10

Die zur Verfügung gestellten Informationen sind nach unserem Wissen genau und zuverlässig, jedoch übernimmt E-T-A keine Verantwortung für den Einsatz in einer Anwendung, die nicht der vorliegenden Spezifikation entspricht. E-T-A behält sich das Recht vor, Spezifikationen im Sinne des technischen Fortschritts jederzeit zu ändern. Maßänderungen sind vorbehalten, bei Bedarf bitte neuestes Maßblatt mit Toleranzen anfordern. Maße, Daten, Abbildungen und Beschreibung entsprechen dem neuesten Stand bei Herausgabe dieses Kataloges, sind aber unverbindlich! Änderungen sowie auch Irrtümer und Druckfehler vorbehalten. Die Bestellbezeichnung der Geräte kann von deren Beschriftung abweichen.

**Die Unterschiede: Welche Schutzschalter schützen am besten**

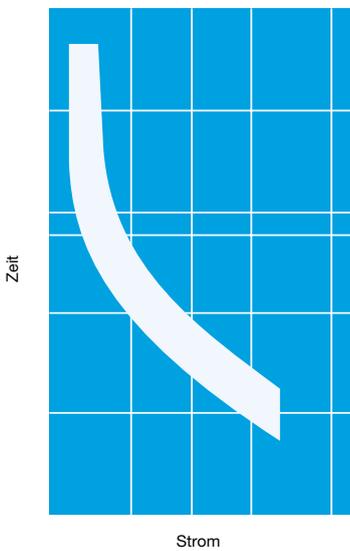
Überlast und Kurzschluss sind in der Praxis häufig auftretende Probleme. Geräteschutzschalter schützen vor den Folgen. Die Experten von E-T-A wissen, worauf es bei der Auswahl des richtigen Schutzschalters ankommt. Gerne unterstützen wir Sie deshalb bei Auswahl und Anpassung des erforderlichen Schutzschaltertyps für Ihren Anwendungsfall.

Grundsätzlich unterscheiden wir:

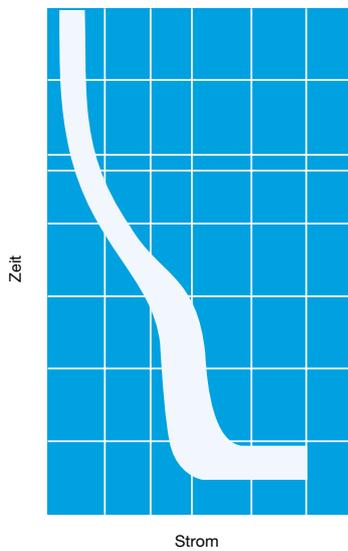
- Schutzschalter mit thermischer Auslösung (TO).
- Schutzschalter mit thermisch-magnetischer Auslösung (TM).
- Schutzschalter mit magnetischer oder hydraulisch-magnetischer Auslösung (MO oder HM).
- Elektronischer Überstromschutz (EL)

**Typische Kennlinien**

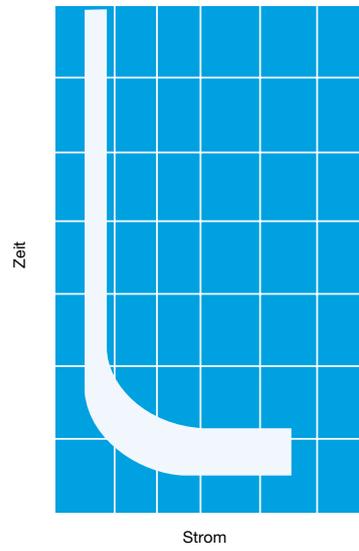
**thermisch (TO)**



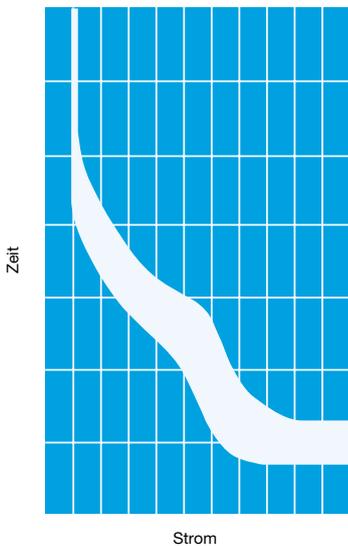
**thermisch-magnetisch (TM)**



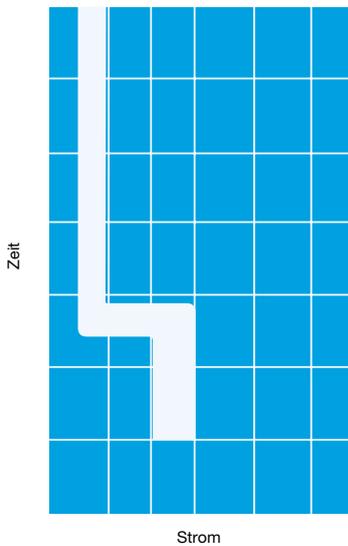
**magnetisch (MO)**



**magnetisch-hydraulisch (HM)**



**elektronisch (EL)**



**Worauf es ankommt:**

**Schutzschalter mit thermischer Auslösung (TO)**

Bei thermischen Schutzschaltern ist der Auslösezeitpunkt abhängig von der Höhe des Überlaststromes. Je höher der Überstrom, desto schneller erreicht das Bimetallelement seine definierte Auslösetemperatur. Bei geringer Überlast dauert es entsprechend lange, bis es zur gewünschten Potentialtrennung kommt. Die thermischen Schutzschalter empfehlen sich immer dann, wenn Überlast zu erwarten ist.

**Schutzschalter mit thermischer Auslösung:**

Ideal für Verbraucher wie Motoren, Trafos, Magnetventile, Bordnetze und Niederspannungsleitungen.

**Schutzschalter mit thermisch-magnetischer Auslösung (TM)**

Bei thermisch-magnetischen Schutzschaltern bewirkt die Kombination von Temperatur und Magnetkraft das Auslösen der Schutzfunktion. Der thermische Teil des Schutzschalters schützt bei Überlast mit einer zeitlich verzögerten Auslösung. Der magnetische Teil spricht zeitlich unverzögert auf hohe Überlast- und Kurzschlussströme an und schaltet den fehlerhaften Stromkreis innerhalb von wenigen Millisekunden ab.

**Schutzschalter mit thermisch-magnetischer Auslösung:**

Ideal geeignet für Geräte und Anlagen in der Informations- und Kommunikationstechnik, für Prozesssteuerungen und andere Anwendungen, die ein hohes Maß an präziser Funktion bei Gefahr von Überlast und Kurzschluss erfordern.

**Schutzschalter mit magnetischer Auslösung (MO)**

Schutzschalter mit magnetischer Auslösung sind extrem schnell. Bei Kurzschluss wird ein fehlerhafter Stromkreis nahezu ohne zeitliche Verzögerung unterbrochen. Auslöseelement ist allein das Magnet-system des Schalters. Je nach Art dieses Systems kann die Grenze des magnetischen Ansprechstromes zu höheren oder geringeren Strömen hin tendieren. Über Details informiert das jeweilige Datenblatt. Da die Auslösung vom zeitlichen Verlauf der Magnetkraft und somit auch vom Magnetfeld abhängt, wird die Auslösegrenze von der Kurvenform (Wechsel/Gleichstrom) des Stromes beeinflusst. Schutzschalter mit magnetischer Auslösung sind weitgehend unempfindlich gegen Temperaturschwankungen. Für hohe Einschaltstromspitzen sind Sonderkennlinien möglich. Auf Anfrage informieren wir Sie hier gerne genauer.

**Schutzschalter mit magnetischer Auslösung:**

Ideal geeignet bei Kurzschlussgefahr auf Leiterplatten und an Halbleitern.

**Schutzschalter mit hydraulisch-magnetischer Auslösung (HM)**

Bei Schutzschaltern mit hydraulisch-magnetischer Auslösung sorgt die Kombination von Hydraulik und Magnetkraft für die Schutzfunktion. Bei Überstrom sorgt der hydraulische Teil für eine zeitlich verzögerte Auslösung. Der magnetische Teil spricht zeitlich unverzögert auf hohe Überlast- und Kurzschlussströme an und schaltet den fehlerhaften Stromkreis innerhalb weniger Millisekunden ab.

**Elektronischer Überstromschutz (EL)**

Beim elektronischen Überstromschutz wird über einen integrierten Stromsensor der Laststrom gemessen. Im Überlastfall wird der Stromkreis auch bei hoher Leitungsdämpfung nach ca. 5 s abgeschaltet. Bei Kurzschluss im Lastkreis wird der auftretende Überstrom elektrisch begrenzt und dann im 10...100 ms-Bereich abgeschaltet. Dadurch wird ein Spannungseinbruch der Stromversorgung verhindert. Beim elektronischen Schutzschalter ESS20 erfolgt im Überstromfall eine zusätzliche galvanische Trennung des Lastkreises.

**Überstromschutz mit elektronischer Kennlinie:**

Absicherung von DC 24 V-Lasten der Automatisierungstechnik (SPS, Sensoren, Busmodule, Aktoren etc.) bzw. in Anlagen der Kommunikationstechnik (-DC 48 V).

**Betätigungsarten von Geräteschutzschaltern (nach EN 60934)**

- R-Typ: manuelle Rückstellung
- M-Typ: manuelle Rückstellung und für gelegentliche manuelle Ausschaltung (für Servicezwecke)
- S-Typ: manuelle Rückstellung und manuelle Ausschaltung (EIN-AUS-Schalter)
- J-Typ: selbsttätige Unterbrechung und selbsttätige Rückstellung

**Sprungschaltmechanismus**

Bei Schutzschaltern mit Sprungschaltmechanismus ist sichergestellt, dass die Schließgeschwindigkeit der Kontakte unabhängig von der Geschwindigkeit ist, mit der das Betätigungselement (z. B. Druckknopf, Wippe, Kipphebel) in EIN-Schaltrichtung bewegt wird. Der bewegliche Kontakt wird hierbei mechanisch solange zurückgehalten, bis vom Betätigungselement ein bestimmter Kraftwert in Schließrichtung der Kontakte aufgebaut ist. Sobald dieser Kraftwert überschritten ist, wird die mechanische Rückhaltung freigegeben und die Kontakte werden schlagartig geschlossen (Momenteinschaltung). Die Schließgeschwindigkeit hängt dabei nur von dem bis dahin aufgebauten Kraftwert ab. Durch einen Sprungschaltmechanismus werden vor allem Einschaltverschweißungen beim Aufschalten auf einen entstehenden Kurzschluss vermieden. Aber auch der Einschaltabbrand über die gesamte Lebensdauer wird dadurch geringer.

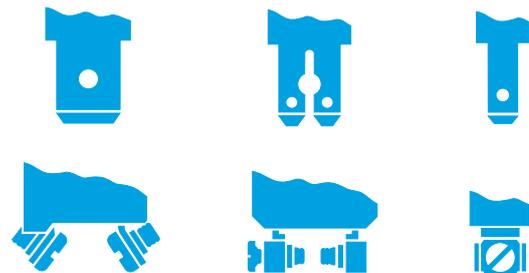
**Unbeeinflussbare (positive) Freiauslösung**

Ein zuverlässiges Schaltverhalten erzielt E-T-A bei vielen Schutzschaltern durch die Ausstattung mit einer von außen unbeeinflussbaren Freiauslösung. Eine Blockierung des Schaltknopfes, Kipphebels oder der Schaltwippe kann die automatische Abschaltung durch einen Überstrom nicht verhindern.



**Anschlüsse**

Je nach Gerätetyp sind folgende Anschlüsse lieferbar:



Lötanschlüsse für Leiterplatten sind ebenfalls lieferbar.

**Hilfskontakte**

Ein Teil unseres Schutzschalterprogrammes ist mit Hilfskontakten ausgestattet. Die galvanisch getrennten Kontakte dienen zur Einleitung von Alarm- und Folgeschaltungen bzw. zur Anzeige der Hauptkontaktstellung.

**Typische Innenwiderstände**

Die Innenwiderstandswerte sind typische Werte für Neugeräte. Diese können sich durch Lagerung, Lebensdauer oder Überstrom verändern. Abweichende Innenwiderstände haben grundsätzlich keinen Einfluss auf die Schutzfunktion des Gerätes.

### Lötbarkeit von versilberten Anschlüssen

Die Lötbarkeit von versilberten Anschlüssen ist begrenzt. Wir liefern Geräte mit versilberten Anschlüssen in einer Verpackung, die die Lötbarkeit durch keinerlei Ausdünstungen (z.B. Schwefel) beeinträchtigt. Die Lagerung muss jedoch vom Anwender sachgemäß durchgeführt werden, d. h. das Raumklima muss sich innerhalb der Grenzen nach CECC 32 101-002 und -003<sup>1)</sup> bewegen. In diesem Fall garantieren wir eine Lötbarkeit von einem halben Jahr ab Lieferdatum. Werden die Geräte nicht sofort weiterverarbeitet, so empfehlen wir eine Konditionierung und Schutzverpackung in PE-Beuteln. Die Lagerfähigkeit kann dadurch erheblich verlängert werden. Allerdings sollte kein zusätzliches Trockenmittel in die Beutel gepackt werden, da das darin enthaltene Silikatgel die Lötbarkeit negativ beeinflussen kann. Die eingesetzten Flussmittel sollten halogenfrei sein.

<sup>1)</sup> Lagerbedingung nach CECC 32 101-002 und -003:  
 rel. Luftfeuchte ≤ 75 % im Jahresmittel  
 ≤ 95 % an 30 Tagen im Jahr  
 Temperatur -25...45 °C

### Nenndaten – Begriffserklärung

Katalogangabe	nach IEC 60934
Nennspannung	Bemessungsspannung
Nennstrom	Bemessungsstrom
Nennstrombereich	Bemessungsstrombereich
Schaltvermögen I <sub>cn</sub>	Bemessungskurzschlusschaltvermögen I <sub>cn</sub>
Schaltvermögen (UL 1077)	Bedingter Bemessungskurzschlussstrom I <sub>nc</sub> (UL 1077)

### Zeit/Strom-Charakteristik

Wenn nicht anders angegeben, können alle elektromechanischen Schutzschalter ständig 100 % Nennstrom führen und lösen bei einer Überlast von 140 % des Nennstroms innerhalb einer Stunde aus. Auf Kundenwunsch liefert E-T-A auch Schutzschalter mit engeren Toleranzen. So können die Schutzschalter optimal an jede Applikation angepasst werden.

### Temperaturverhalten

Die Zeit/Strom-Kennlinien beziehen sich in der Regel auf eine Umgebungstemperatur von 23 °C. Die thermischen und thermisch-magnetischen Schutzschalter sind mit wenigen Ausnahmen nicht temperaturkompensiert und geben somit ein Abbild des zu schützenden Verbrauchers wieder. Die Belastbarkeit ist also abhängig von den Umgebungstemperaturen.

Die Abschaltzeiten bei thermischer Auslösung werden kürzer bei höheren und länger bei niedrigeren Umgebungstemperaturen. Um bei Schutzschaltern, die ständig entweder bei hohen oder niedrigen Umgebungstemperaturen eingesetzt sind, eine vorzeitige oder späte Abschaltung zu vermeiden, muss der Schutzschalterennstrom mit einem Temperaturfaktor multipliziert werden:

Umgebungstemperatur °C	-20	-10	0	+23	+40	+50	+60
Temperaturfaktor (Richtwerte)	0,76	0,84	0,92	1	1,08	1,16	1,24

Beispiel: I<sub>N</sub> = 10 A bei 50 °C bedeutet 10 A x 1,16 = 11,6 A. Es ist ein Schutzschalter mit I<sub>N</sub> 12 A zu wählen.

Die Funktion der magnetischen Schutzschalter und der Typen 1410 wird in diesem Temperaturbereich nur unwesentlich beeinflusst.

### Reihenmontage

Bei Reihenmontage mit gleichzeitiger und gleichmäßiger Belastung tritt eine gegenseitige thermische Beeinflussung auf. Diese Beeinflussung kommt einer Erhöhung der Umgebungstemperatur gleich. Sie hängt ab vom Nennstrom, der Geräteanzahl, dem Geräteabstand und der Belüftung. Der Gerätenennstrom kann nur zu 80 % geführt oder muss entsprechend überdimensioniert werden!

Fragen Sie bitte nach dem max. zulässigen Strom bei der von Ihnen geplanten Reihenmontage.

### Einschaltdauer (ED)

Bei einigen Anwendungen werden Kurzzeitbelastungen mit höheren Strömen (z. B. Fernauslösespulen oder höhere Nennströme) benötigt. Um die zulässige Erwärmung nicht zu überschreiten, wird die Einschaltdauer (%-Wert bezogen auf die Zyklusdauer) begrenzt.

So bedeutet z. B. 50 % ED / 60 min: Belastungsdauer 30 min unbelastet 30 min  
 oder 1 % ED / 10 sec: Belastungsdauer 0,1 sec unbelastet 9,9 sec.

### Schaltvermögen I<sub>cn</sub>

Unter Schaltvermögen I<sub>cn</sub> nach EN 60934 ist standardmäßig der Strom gemeint, der mindestens dreimal sicher geschaltet werden kann, und zwar einmal Abschalten bei Auftreten eines Fehlers und zweimal Wiedereinschaltung bei dem noch bestehenden Fehler. Danach muss das Gerät noch bedingt funktionsfähig sein.

Wenn das Schaltvermögen nach UL 1077 angegeben ist, darf der Schutzschalter nach der Abschaltung funktionsunfähig sein, muss jedoch in Verbindung mit einer Vorsicherung die »Fail-Safe«-Forderung erfüllen, d. h. es darf kein Schaden an umgebenden Teilen auftreten.

Das Schaltvermögen bezieht sich immer auf den prospektiven Kurzschlussstrom, d. h. auf Strom, der im Kreis fließen würde, wenn der Geräteschutzschalter durch einen Leiter mit vernachlässigbarem Widerstand ersetzt werden würde.

### Anwendungskategorien induktiv und induktionsarm

In der Regel ist in jedem Stromkreis eine gewisse Induktivität vorhanden, die den Lichtbogen verstärkt. Um praxisnah zu sein, wurden die Prüfvorschriften der IEC 60934, Ausgabe 2001, geändert, d. h. es wird nun zwischen induktionsarmer und induktiver Prüfung unterschieden. Unsere Geräte wurden entsprechend geprüft und deshalb werden in den Datenblättern die Werte (z. B. bei Lebensdauer) bei induktiver (cos φ ≈ 0,6, L/R ≈ 2,5 ms) und induktionsarmer Last (cos φ ≈ 1,0, L/R ≈ 0 ms) gezeigt.

### Schaltfolge

Die Schaltfolge bei Kurzschlussprüfungen wird üblicherweise mit folgenden Abkürzungen angegeben:

**O Ausschaltung (open)**  
 Gerät ist geschlossen, wird über einen zusätzlichen Leistungsschalter mit dem Kurzschlussstrom beaufschlagt und öffnet. In älteren Vorschriften wird dieser Schaltvorgang auch mit CO bezeichnet (closed open)

**CO Einschaltung mit folgender Ausschaltung (close open)**  
 Das Gerät ist geöffnet und der Kurzschluss »steht an«. Das Gerät wird auf den anstehenden Kurzschluss geschaltet und öffnet sofort wieder (Aufschaltung). Bei dieser Betätigungsart ist Freiauslösung unbedingt erforderlich, da das Betätigungselement nicht so schnell losgelassen werden kann, wie das Gerät öffnet. In älteren Vorschriften wird dieser Schaltvorgang auch mit OCO bezeichnet (open close open).

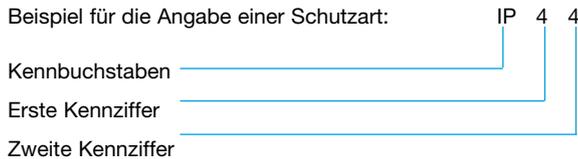
**t Pause zwischen den einzelnen Schaltungen.**  
 Üblich sind 3 Minuten oder die Zeitspanne, die nötig ist, um das Wiedereinschalten des Gerätes zu ermöglichen.  
 Übliche Schaltfolgen sind z. B. O-t-CO oder O-t-CO-t-CO

**Schutzarten elektrischer Betriebsmittel nach VDE 0470**

Tropf- oder spritzwassergeschützt, wasserdicht, staubgeschützt sind anschauliche Begriffe. Doch was sagen die Bezeichnungen IP21, IP44, IP68 in den E-T-A Datenblättern? Die Eigenschaften der Geräte sind nur verschlüsselt dargestellt, und ihre Bedeutung ist in der DIN EN 60529 / VDE 0470, Teil 1 (entspricht der deutschen Fassung von IEC 60529) genormt, um sie vergleichbar zu machen. Hier einige Hilfestellungen zur Identifizierung der unterschiedlichen Schutzgrade für Berührungs- und Fremdkörperschutz.

Die Schutzarten für den Schutz von elektrischen Betriebsmitteln durch entsprechende Kapselung werden durch ein Kurzzeichen angegeben, das aus den Buchstaben IP und zwei Kennziffern besteht. Die erste Kennziffer gibt den Berührungs- und Fremdkörperschutz und die zweite Kennziffer den Wasserschutz an.

Mit zwei fakultativen Buchstaben hinter den Kennziffern kann der IP-Code noch ergänzt werden. Diese zusätzlichen Bezeichnungen regeln u. a. den Zugang zu gefährlichen Teilen mit Werkzeugen oder dem Handrücken und die Bewegung des Betriebsmittels während der Prüfung. Diese Ausnahmefälle müssen aber in den entsprechenden Produktnormen klar angegeben sein. In der Regel genügt die Angabe der ersten beiden Ziffern, deren Bedeutung im Weiteren genauer beschrieben ist.



**Erste Kennziffer: Schutzgrade gegen Berühren und Eindringen von Fremdkörpern**

	Benennung	Erklärung
0	Kein Schutz	Kein besonderer Schutz von Personen gegen zufälliges Berühren unter Spannung stehender oder sich bewegender Teile. Kein Schutz des Betriebsmittels gegen Eindringen von festen Fremdkörper
1	Schutz gegen Fremdkörper $\geq 50$ mm	Schutz gegen zufälliges großflächiges Berühren unter Spannung stehender und innerer sich bewegender Teile, z. B. mit der Hand, aber kein Schutz gegen absichtlichen Zugang zu diesen Teilen. Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser größer als 50 mm.
2	Schutz gegen mittelgroße Fremdkörper $\geq 12,5$ mm	Schutz gegen Berühren mit den Fingern unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile. Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser größer als 12,5 mm.
3	Schutz gegen kleine Fremdkörper $\geq 2,5$ mm	Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile mit Werkzeugen, Drähten oder ähnlichem von einer Dicke größer als 2,5 mm. Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser größer als 2,5 mm.
4	Schutz gegen kornförmige Fremdkörper $\geq 1$ mm	Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile mit Werkzeugen, Drähten oder ähnlichem von einer Dicke größer als 1 mm. Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern mit einem Durchmesser größer als 1 mm.
5	Schutz gegen Staubablagerung	Vollständiger Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile. Schutz gegen schädliche Staubablagerungen. Das Eindringen von Staub ist nicht vollkommen verhindert, aber der Staub darf nicht in solchen Mengen eindringen, dass die Arbeitsweise beeinträchtigt wird.
6	Schutz gegen Staubeintritt	Vollständiger Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile. Schutz gegen Eindringen von Staub.

**Zweite Kennziffer: Schutzgrade gegen Eindringen von Wasser**

	Benennung	Erklärung
0	Kein Schutz	Kein besonderer Schutz
1	Schutz gegen senkrecht fallendes Tropfwasser	Wassertropfen, die senkrecht fallen, dürfen keine schädliche Wirkung haben.
2	Schutz gegen schrägfallendes Tropfwasser	Wassertropfen, die in einem beliebigen Winkel bis zu 15° zur Senkrechten fallen, dürfen keine schädigende Wirkung haben.
3	Schutz gegen Sprühwasser	Wasser, das in einem beliebigen Winkel bis 60° zur Senkrechten fällt, darf keine schädigende Wirkung haben.
4	Schutz gegen Spritzwasser	Wasser, das aus allen Richtungen gegen das Betriebsmittel spritzt, darf keine schädigende Wirkung haben.
5	Schutz gegen Strahlwasser	Ein Wasserstrahl aus einer Düse, der aus allen Richtungen als Strahl gegen das Betriebsmittel gerichtet wird, darf keine schädigende Wirkung haben.
6	Schutz gegen starkes Strahlwasser	Ein Wasserstrahl aus einer Düse, der aus allen Richtungen als starker Strahl gegen das Betriebsmittel gerichtet wird, darf keine schädigende Wirkung haben.
7	Schutz beim Eintauchen	Wasser darf nicht in schädlichen Mengen eindringen, wenn das Betriebsmittel unter den festgelegten Druck- und Zeitbedingungen in Wasser eingetaucht wird.
8	Schutz beim Untertauchen	Wasser darf nicht in schädlichen Mengen eindringen, wenn das Betriebsmittel unter einem festgelegten Druck und für unbestimmte Zeit unter Wasser getaucht wird.

**Vorzugsweise ausgeführte Schutzarten**

Berührungs- und Fremdkörperschutz	Wasserschutz						
	Zweite Kennziffer						
Kennbuchstaben und erste Kennziffer	0	1	2	3	4	5	6
IP0	IP00						
IP2	IP20	IP21	IP22	IP23			
IP3	IP30	IP31	IP32	IP33			
IP5					IP54		
IP6						IP65	IP66

**Toleranzen bei Maßbildern**

Für Maße ohne direkte Toleranzangabe, also ohne direkt angefügte Grenzabmaße, wird die ISO-Grundtoleranzreihe IT 13, entsprechend DIN ISO 286, Teile 1 + 2 zugrunde gelegt.

Nennmaß in mm		IT 13	Nennmaß in mm		IT 13
über	bis	±	über	bis	±
-	3	0,14	315	400	0,89
3	6	0,18	400	500	0,97
6	10	0,22	500	630	1,1
10	18	0,27	630	800	1,25
18	30	0,33	800	1 000	1,4
30	50	0,39	1 000	1 250	1,65
50	80	0,46	1 250	1 600	1,95
80	120	0,54	1 600	2 000	2,3
120	180	0,63	2 000	2 500	2,8
180	250	0,72	2 500	3 150	3,3
250	315	0,81			

## Kabelquerschnitte nach EN 60934

Normwerte der Querschnitte von Kupferleitern, die den Bemessungsströmen zugeordnet sind

Bemessungsströme A	> 6	> 13	> 20	> 25	> 32	> 50	> 63	> 80	> 100	
	bis 6	bis 13	bis 20	bis 25	bis 32	bis 50	bis 63	bis 80	bis 125	
Q mm <sup>2</sup>	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50

## Empfohlene Kabelquerschnitte für Straßenfahrzeuge

Nennstrom A	Leiterquerschnitte mm <sup>2</sup>	Nennstrom A	Leiterquerschnitte mm <sup>2</sup>
1	0,35 - 0,50	10	0,75 - 1,00
2	0,35 - 0,50	15	1,00 - 1,50
3	0,35 - 0,50	20	1,50 - 2,50
4	0,35 - 0,50	25	2,50
5	0,50	30	2,5 - 4,00
7,5	0,50 - 0,75		

## Kabelquerschnitte für Luftfahrtanwendungen

Nennstrom (A)	Größe der Anschlusskabel		AWG	mm <sup>2</sup>
	In AWG EN 2350 EN3841	MS 3320		
			24	0,20
			22	0,33
			20	0,52
0,5	20	22	18	0,82
1	20	22	16	1,31
2	18	22	14	2,08
2,5	18	22	12	3,31
3	18	22	10	5,26
4	18	22	8	8,4
5	18	22	6	13,3
7,5	16	22	4	21,2
10	16	20	3	26,7
15	14	18	2	33,6
20	12	16	1	42,4
25	10			

AWG = American Wire Gauge

## Darstellung des Betriebszustandes

Nach DIN 40719 Teil 3 wird für die Darstellung des Betriebszustandes von Schaltgliedern folgendes festgelegt:

### ● Nachrichtentechnik

Die Darstellung des betriebsbereiten Zustandes wird in der Nachrichtentechnik angewendet.

Sicherungen und Sicherungsautomaten werden im **eingeschalteten** Zustand gezeichnet.

### ● Energietechnik

Die Darstellung des **ausgeschalteten** Zustandes wird in der Energietechnik, Installationstechnik sowie Regel- und Steuerungstechnik und Datenverarbeitungstechnik angewendet.

Alle Betriebsmittel werden im **spannungs- bzw. stromlosen** Zustand und ohne Einwirkung einer Betätigungskraft dargestellt. Leistungsschalter, Trenner, Sicherungsautomaten u.ä. werden im **ausgeschalteten** Zustand gezeichnet. Dies ist daher die »Normalstellung« (normally).

Aufgrund dieser Definitionen wird bei **E-T-A** grundsätzlich die **Darstellung des ausgeschalteten, stromlosen Zustandes angewendet**.

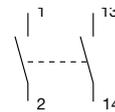
## Definition von Öffner und Schließer

Für Öffner und Schließer gilt die Definition nach IEC Publication 50 (441).

**Schließer**  
make-contact  
a-contact  
normally open  
(NO)

**Beispiel:**

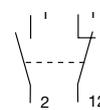
Steuer- oder Hilfskontakt, der geschlossen ist, wenn die Hauptkontakte des mechanischen Schaltgerätes geschlossen sind und der geöffnet ist, wenn diese geöffnet sind.



**Öffner**  
break-contact  
b-contact  
normally closed  
(NC)

**Beispiel:**

Steuer- oder Hilfskontakt, der geöffnet ist, wenn die Hauptkontakte des mechanischen Schaltgerätes geschlossen sind und der geschlossen ist, wenn diese geöffnet sind.



### Anmerkung

Bei Wechslern wird der gemeinsame Anschluss – speziell im englischsprachigen Raum – oft mit C (common) bezeichnet.

## Kennzeichnung von Anschlüssen

Die im folgenden aufgeführten Regeln zum Kennzeichnen von Anschlüssen entsprechen den Festlegungen in DIN EN 50005. Die Schaltbilder für die Beispiele wurden allerdings an die neuere DIN EN 60617 (entspricht IEC 60617) angepasst.

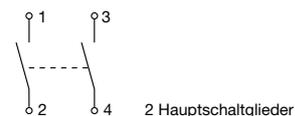
Die Kennzeichnung erfolgt immer rechts mittig vom Anschluss.

### Hauptstromkreise

Einziffrige Zahlen

– Pro Hauptschaltglied ein Paar von aufeinanderfolgenden Zahlen

**Beispiel:**

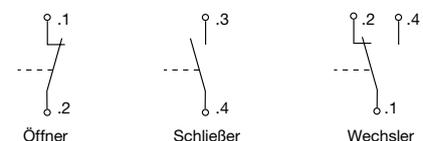


### Hilfsstromkreise

Zweiffrige Zahlen

Ziffer	Zehnerstelle Ordnungsziffer	Einerstelle Funktionsziffer
1,2	Zusammengehörige Schaltglieder gleicher Funktion	Öffner und Wechsler
3		Schließer
4		Schließer und Wechsler
5,6		Öffner und Wechsler mit speziellen Funktionen (z. B. zeitverzögert)
7		Schließer mit speziellen Funktionen
8		Schließer und Wechsler mit speziellen Funktionen

**Beispiele:**



Wichtige Schaltzeichen nach DIN EN 60 617/IEC 60617 bzw. ANSI Y32.20/CSA Z99 für den englisch sprachigen Raum

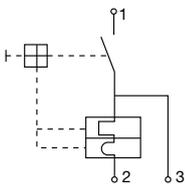
Benennung	DIN EN 60617/IEC 60617	ANSI/CSA
Betätigung durch elektromagnetischen Effekt	02-13-23 	
Betätigung durch elektromagnetisches Gerät, z. B. Überstromschutz	02-13-24 	
Betätigung durch thermischen Antrieb, thermischer Überstromschutz	02-13-25 	
Handantrieb, allgemein	02-13-01 	
Betätigung durch Ziehen	02-13-03 	
Betätigung durch Drücken	02-13-05 	
Betätigung durch Drehen	02-13-04 	
Kraftantrieb, allgemein	02-13-20 	
Auslöseeinrichtung	07-13-11 	
Betätigung durch Flüssigkeitspegel	02-14-01 	
Betätigung durch Strömung, allgemein	02-14-03 	
Betätigung durch Motor	02-13-26 	
Druckwächter, schließend		
Elektromechanischer Antrieb, allgemein Relaisspule, allgemein	07-15-01 	
Antrieb mit einer wirksamen Wicklung		
Elektromechanischer Antrieb mit Ansprechverzögerung	07-15-08 	 SO
Elektromechanischer Antrieb mit Rückfallverzögerung	07-15-07 	 SO
Elektromechanischer Antrieb reines Thermorelais	07-15-21 	 OL
Elektromechanischer Überstromschutz		 SOL
Elektromagnetischer Unterspannungsauslöser (Nullspannungsmodul)		
Elektromechanischer Antrieb eines polarisierten Relais	07-15-15 	
Schließer Schaltfunktion, allgemein Schalter	07-02-01  07-02-02  oder	
Öffner	07-02-03 	

Benennung	DIN EN 60617/IEC 60617	ANSI/CSA
Wechsler mit Unterbrechung	07-02-04 	
Wechsler mit Mittelstellung »AUS«	07-02-05 	
Leistungsschalter	07-13-05 	
Trennschalter Leerschalter	07-13-06 	
Lasttrennschalter	07-13-08 	
Handbetätigter Schalter, allgemein	07-07-01 	
Druckschalter mit Raste, nicht selbsttätiger Rückgang (»Druck-Druck«)		
Handbetätigter Schalter mit 3 Stellungen, die Stellungen 2 und 3 sind Raststellungen		
Zugschalter, Schließer mit selbsttätigem Rückgang (nicht rastend)	07-07-03 	
Drehschalter (rastend)	07-07-04 	
Schütz (Schließer)	07-13-02 	
Elektronischer Schalter, allgemein	07-25-01 	
Elektronisches Schütz (Halbleiter)	07-25-02 	
Elektronischer Schalter, nur in einer Richtung stromdurchlässig	07-25-03 	
Elektronisches Relais, allgemein, dargestellt mit einem Öffner als Halbleiter	07-26-01 	
Elektronische Schalteinrichtung mit Schließer als Halbleiter	07-26-04 	
Schütz bzw. Relais mit 3 Schließern		 x mit Kennbuchstabe
3-poliges Schütz mit drei elektrothermischen Überstromauslösern		 OL
3-poliger Trennschalter		 DISC
1-poliger Trennschalter mit Raste, Handbetätigung, 1 Öffner und 1 Schließer		
1-poliger Trennschalter mit 2 parallelen Kontakten mit Handbetätigung, Raste und Fernauslösespule (FA), z. B. E-T-A Typ 921		 DISC
3-poliger Leistungsschalter		 CB
3-poliger Schutzschalter mit Schaltzylinder, elektrothermischen und elektromagnetischen Überstromauslösern		

## Kontaktwiderstand

### Allgemeines

Die Messung des Kontaktwiderstandes an Schaltgeräten erscheint auf den ersten Blick als ein triviales Problem, das mit jedem beliebigen Ohmmeter in wenigen Sekunden zu lösen ist. Betrachtet man jedoch das physikalische Phänomen Kontaktwiderstand genauer, so stellt man fest, dass dies ein sehr komplexer Problemkreis ist, der in den meisten Fällen mehr als eine reine Widerstandsmessung mit dem Ohmmeter erfordert. Zunächst muss man sich darüber im Klaren sein, dass die von außen am Schaltgerät zugänglichen Anschlüsse nur Auskunft über den Gesamtwiderstand des Gerätes geben können. Dieser wiederum setzt sich z. B. bei thermisch-magnetischen Geräten zusammen aus Spulenwiderstand, Bimetallwiderstand, Widerstand der elektrischen Leitungen und Verbindungen (z. B. Schweißstellen) und dem Kontaktwiderstand. Um letzteren isoliert zu messen, muss man das Schaltgerät partiell öffnen und bei einem definierten Strom den Spannungsfall über den Kontaktstücken direkt messen. Manche Geräte besitzen einen zusätzlichen Anschluss, der direkt mit dem beweglichen Kontaktträger verbunden ist (-3). Bei dieser Konstellation bekommt man bei Messung am Kontaktanschluss und -3-Anschluss Werte, die in erster Näherung als Kontaktwiderstand interpretiert werden können.

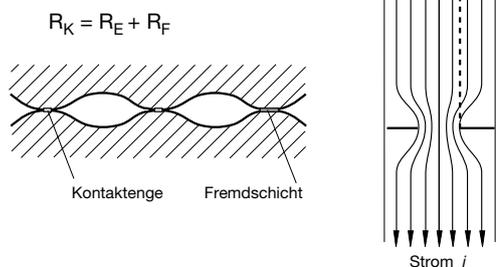


Das Verhältnis Kontaktwiderstand zu Gerätewiderstand ist naturgemäß bei kleinen Nennströmen sehr groß, da der Gerätewiderstand im Ohm- bis kOhm-Bereich liegt, während der Kontaktwiderstand in der Größenordnung von einigen Milliohm liegt. Bei großen Nennströmen kommt der Kontaktwiderstandswert in die Nähe des Geräterestwiderstandes oder liegt sogar darüber. Um Kontaktwiderstände richtig messen und interpretieren zu können, muss man sich zunächst mit der Physik des Kontaktwiderstandes auseinandersetzen.

### 1. Physik des Kontaktwiderstandes

Die Ursachen des Kontaktwiderstandes  $R_K$  kann man grundsätzlich in zwei Gruppen einteilen, in vermeidbare und unvermeidbare. Ein Kontaktwiderstand ist auf metallisch reinen Flächen grundsätzlich unvermeidbar und entsteht durch die Kontaktenge nach dem Modell von Holm durch mikroskopische kleine Kontaktberührungspunkte (Engewiderstand  $R_E$ ) und durch Bildung von Molekülhäuten.

Modell der Stromenge



Geht man von einer idealisierten kreisförmigen Mikrokontaktstelle mit einem Radius  $a$ , einem sogenannten »a-Spot«, und einem spezifischen Widerstand  $\rho$  aus, so ergibt sich der Engewiderstand  $R_E$  zu:

$$R_E = \frac{\rho}{2 \cdot a}$$

Ist die so definierte Mikrokontaktstelle mit einer dünnen Fremdschicht überzogen, so ergibt sich nach Holm /1/ der Fremdschichtwiderstand  $R_F$  zu:

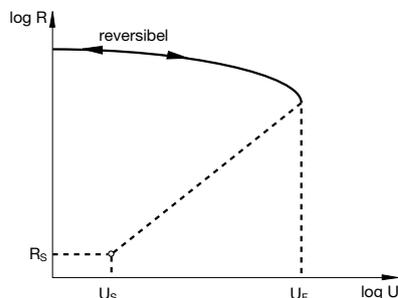
$$R_F = \frac{\sigma}{\pi \cdot a^2}$$

Hierbei ist  $\sigma$  eine empirische Größe, die als Hautwiderstand bezeichnet wird.

Der Gesamtwiderstand ist dann  $R_K = R_E + R_F$

Zu den vermeidbaren Ursachen des Kontaktwiderstandes zählen Fremdschichten (Fremdschichtwiderstand  $R_F$ ), die durch Luftverunreinigungen oder durch Partikel entstehen. Partikel auf den Kontaktflächen können entweder im Fertigungsprozess aufgebracht werden oder sie können während des Betriebes des Kontaktes entstehen. Bei den Fremdschichten kann man grundsätzlich zwischen anorganischen Korrosionsschichten und organischen Polymerschichten unterscheiden. Beide können mechanisch durch die Kontaktdynamik zerstört werden, z. B. durch entsprechende Schiebe- oder Druckbewegungen des Kontaktes.

Bei den anorganischen Schichten kann zusätzlich noch ein Vorgang auftreten, der allgemein als Frittung bezeichnet wird. Da der Begriff Frittung oft falsch gebraucht wird, hier nochmal eine kurze Erklärung: Legt man an einen fremdschichtbehafteten Kontakt eine kleine Spannung an, so erhält man zunächst sehr hohe Widerstandswerte. Steigert man diese Spannung langsam, so nimmt der Kontaktwiderstand langsam ab. Bei einer bestimmten Spannung, die von Art und Dicke der Fremdschicht abhängig ist, bricht der Widerstand jedoch plötzlich auf einen konstanten Restwert zusammen. Diese Erscheinung bezeichnet man als Frittung. Die Spannung, bei der die Frittung eintritt, nennt man Frittspannung  $U_F$ , die Endspannung, die sich danach am Kontakt einstellt, Frittschlussspannung  $U_S$ . Die Frittschlussspannung liegt meist etwas unterhalb der Schmelzspannung des Kontaktwerkstoffes.



Die Höhe der Frittspannung hängt von der Dicke der Fremdschicht ab. Typische Praxiswerte bewegen sich im Bereich von einigen Volt. Man nimmt heute an, dass der Frittvorgang in halbleitenden Fremdschichten durch eine Art Feldemission eingeleitet wird. Durch das lokal starke elektrische Feld tunneln dann immer mehr Elektronen durch die Schicht und irgendwann entsteht ein metallisch leitender Kanal. Dieser Vorgang wird in der Literatur allgemein als A-Frittung bezeichnet. Sind bei einem Kontakt schon metallische Berührflächen vorhanden, oder sind diese durch vorangegangene A-Frittung entstanden, so können diese Mikroflächen infolge der Temperaturerhöhung in der Stromenge erweitert werden. Dadurch sinkt bei steigendem Strom der Kontaktwiderstand, so dass die Frittspannung  $U_S$  erhalten bleibt. Diesen Vorgang bezeichnet man als B-Frittung. Bei wieder fallender Stromstärke bleibt der Wert des Kontaktwiderstandes bestehen. Frittung sollte nicht verwechselt werden mit dem »Kontaktsäubern« durch Schalten eines Gerätes mit höherer Spannung, wie es oft in Fertigungen angewandt wird. Man kann somit 3 Arten des Kontaktverhaltens beim fremdschichtbehafteten Kontakt unterscheiden:

- Isolation  
Spannung reicht nicht aus, um den Kontakt zu fritten
- Frittung  
Spannung ist ausreichend, um den Kontakt zu fritten

- Metallischer Kontakt  
Kontaktkraft ist ausreichend, um die Fremdschicht mechanisch zu zerstören.

*Anmerkung:* Beim metallischen Kontakt ist die Kontaktfläche  $A_K$ , die sich ergibt, in guter Näherung nur eine Funktion der Kontaktkraft  $F_K$  und der Härte  $H$  des Kontaktmaterials.

$$A_K = \frac{F_K}{H}$$

## 2. Beeinflussung des Kontaktwiderstandes durch Außenklima

Bei Silberkontaktwerkstoffen entstehen Fremdschichten meist durch Bildung von Silbersulfidkristallen. Dies ist äußerlich deutlich durch ein Schwarzanlaufen der Kontakte zu erkennen. Obwohl solche Geräte von Kunden oft als fehlerhaft zurückgesandt werden, ist dies nicht als kritisch zu betrachten. Die langen Silbersulfidkristalle brechen leicht ab und werden daher meist durch die Kontaktmechanik schon zerstört. Schwefel kann z. B. aus Verpackungskarton austreten. Besonders gefährdet sind hier Sendungen in die Tropen wegen der zusätzlichen hohen Luftfeuchte. Bei E-T-A wird daher ausschließlich schwefelfreies Verpackungsmaterial verwendet.

Ein kritischeres Verhalten zeigen hier Silberwerkstoffe, die mit einer Hauchvergoldung versehen sind. An Poren in der Goldschicht entstehen Sulfidionen. Das Silbersulfid kriecht über das Gold und es bildet sich eine massive Schicht. Es entsteht so ein schwarzer Hof um jede Pore, der auch mit bloßem Auge gut zu erkennen ist.

Diese Silbersulfidhöfe lassen sich mechanisch durchaus entfernen. Eine Relativbewegung der Kontaktstücke zueinander ist daher bei nahezu allen E-T-A-Schaltgeräten obligatorisch. Auf Nickel- oder Kupfersubstrat tritt dieser Effekt nicht so wirksam auf.

Auch das Problem der sogenannten »Heißkontaktbildung« sollte nicht unterbewertet werden. Dies tritt besonders bei Cu-Sammelschienen aber auch bei Einsatz von Nickel auf. Selbst wenn anfangs durch große Mikrokontaktflächen ein niedriger Kontaktwiderstand vorhanden ist, kann durch Diffusion der Korrosion von den Rändern der Kontaktfläche her die Kontaktenge langsam eingeschnürt werden. Dadurch nimmt die Temperatur an der Kontaktfläche stetig zu. Da die Diffusion exponentiell mit der Temperatur steigt, schaukelt sich der Prozess langsam auf und es kommt zum Kontaktversagen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, Silber wird durch Sulfidbildung angegriffen. Kritisch ist hier, ob die Kontaktkraft noch ausreichend hoch ist. Es muss eine Kontaktdynamik (Schlag, Schieben) vorhanden sein. Die Kontaktkraft sollte  $\geq 10$  cN sein, da die Elektrik allein nicht verlässlich ist. Im allgemeinen genügt eine staubdichte Kapselung. Die Beimengungen des Silberbasiswerkstoffs sind nicht entscheidend.

Allerdings entsteht durch die Kapselung ein sogenanntes Mikroklima was neue Probleme mit sich bringt.

## 3. Beeinflussung des Kontaktwiderstandes durch Mikroklima

In einem geschlossenen Schaltgerät entsteht ein sogenanntes Mikroklima. Beschleunigt wird dies durch Temperaturerhöhungen, was von außen (Umgebung) oder von innen (Spule, Eigenerwärmung) geschehen kann.

Insbesondere können aus den umgebenden Kunststoffen Bestandteile ausgasen. So wurden z. B. im Spacelab – das ja ein geschlossenes System darstellt – ca. 400 organische Dämpfe nachgewiesen.

Lagern sich diese Ausgasungsprodukte auf den Kontaktflächen ab, so stellen sich bei den Silberbasiswerkstoffen abhängig von der Belastung typische Kontaktwiderstände ein. Diese sind allerdings relativ großen Streuungen unterworfen.

Vergoldete Kontakte weisen dagegen praktisch keine Streuung auf, solange die Goldschicht intakt ist. Nach einer bestimmten Schaltspielzahl ist die Goldschicht zerstört und das Verhalten nähert sich langsam dem der reinen Silberbasiswerkstoffe.

## 4. Anwendungsgebiete der verschiedenen Kontaktwerkstoffe

Silbermetalloxidwerkstoffe wie Silbercadmiumoxid, Silberzinnoxid und Silbereisenoxid werden bei Motorschutzschaltern und Geräteschutzschaltern im Strombereich 0,1 bis 100 A und im Spannungsbereich 5 bis 500 V heutzutage am häufigsten eingesetzt. Für die größeren Leistungen wird oft die Paarung Silbernickel

gegen Silbergraphit verwendet. Für Sonderanwendungen kommt auch Silbermolybdän in Frage. Silberwolfram und Silberwolframcarbid kommen bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Vorlaufkontakt, Abbrandkontakt) wegen der starken Neigung zur Oxidbildung nur in Mittel- und Hochspannungsanwendungen zum Einsatz, da hier die Betriebsspannungen hoch genug sind, um die Wolframschichten zu durchschlagen, bzw. die Kontaktkräfte so hoch sind, dass eine mechanische Zerstörung der Fremdschichten erfolgt.

Im Bereich von Nennströmen/Nennspannungen 100 mA/100 V bzw. unter 5 A/5 V kommen auch reine Silberwerkstoffe oder Vergoldung in Frage. Speziell in der Relais-technik wird hier auch Silberpalladium eingesetzt.

Für den Bereich mA/mV bzw.  $\mu A/\mu V$  verwendet man nur Kombinationen mit Edelmetallen wie Gold-Nickel, Platin-Nickel, Palladium-Nickel oder Rhodium.

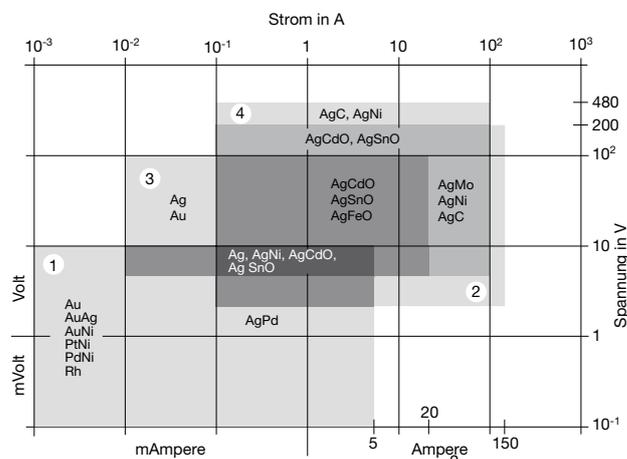
Bei Geräteschutzschaltern, Motorschutzschaltern und Leistungsschaltern werden diese Werkstoffe ausschließlich für den Bereich Hilfskontakte verwendet, wenn diese direkt zum Signalisieren in einer Steuerelektronik verwendet werden. Gold ist sehr teuer, daher werden immer nur sehr dünne Schichten von einigen  $\mu m$  Dicke auf die Kontaktstücke aufgebracht – sogenannte Hauchvergoldungen.

Werden derartige Kontakte für Anwendungen im Amperebereich und größer 10 V eingesetzt, so ist die Goldschicht durch den Schaltlichtbogen schnell abgetragen und der sehr niedrige Kontaktwiderstand, den man für den Elektrikeinsatz benötigt, ist nicht mehr vorhanden, was zu falscher Reaktion der Steuerkreise führen kann, wenn die Elektronik einen hochohmigen, geschlossenen Kontakt als geöffnet interpretiert. Ebenso ist es natürlich unsinnig, für diese Anwendungen Silbermetalloxidkontakte auszuwählen, da Silberbasiswerkstoffe nicht edel genug sind, um Fremdschichtbildung zu vermeiden und die zur Verfügung stehenden Betriebsspannungen zu niedrig sind.

Im Strom/Spannungsbereich mA/mV können reine Silberwerkstoffe günstiger als Vergoldung sein, wenn die Kontaktflächen groß genug sind.

Den »Allround-Kontakt« gibt es leider nicht. Für jeden Anwendungsfall wird vom Konstrukteur ein geeigneter Kontaktwerkstoff ausgewählt abhängig vom Nennstrom/-spannungsbereich, von den zu bewältigenden Schaltströmen und von den Umgebungsbedingungen.

Für Spezialanwendungen, wie »Nennstrom 10 A, normaler Betriebsstrom 100 mA, Einsatz auf Ölbohrinsel« sollte zusammen mit unseren Entwicklungsingenieuren versucht werden, einen geeg-



### Kontaktwerkstoffe, Einsatzgebiete

- ① Messtechnik, Datentechnik, Elektronik allgemein, Signalkontakte
- ② Luftfahrt, Verkehrstechnik, Wasserfahrzeuge, Hochtechnologieanwendungen
- ③ Telekommunikation, Anlagenbau, Apparatebau, Medizintechnik
- ④ Installationstechnik, Unterhaltungselektronik, Werkzeugmaschinen, Büromaschinen, Profiwerkzeuge, Haushalt/Hobby, Anlagenbau, Apparatebau, Medizintechnik

neten Kompromiss zu finden, da bei Einsatz von Standardgeräten Schwierigkeiten in diesen Fällen vorprogrammiert sind.

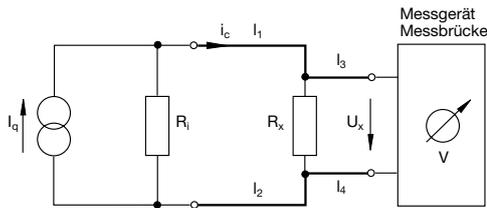
## 5. Messung des Kontaktwiderstandes

Die Messung von Widerständen im Bereich  $10^{-5}$  bis  $1 \Omega$  erfordert besondere Methoden. Ein geeignetes Messverfahren stellt hier z. B. die Thomsonbrücke dar.

Hierbei werden Strom und Spannung getrennt über Strom und Spannungs- (Potential-) Klemmen zugeführt, um den Einfluss der Zuleitungswiderstände auf die Messung zu eliminieren (Vierdraht-Messung).

Aus den Ausführungen über die Physik des Kontaktwiderstandes geht auch ganz klar hervor, dass die Wahl des Messstromes und der Messspannung von ausschlaggebender Bedeutung für die Verwertbarkeit des Messergebnisses sind.

Digitale Ohmmeter oder Durchgangsprüfer besitzen meist nur eine Messspannung von 5 V und einen auf einige Hundert Milliampere begrenzten Strombereich. Solche Messgeräte eignen sich zur Überprüfung von goldbeschichteten Kontakten, nicht aber zur Messung des Übergangswiderstandes von z. B. Silbermetalloxid Kontaktpaarungen.



**Kontaktwiderstandsmessung**

- $R_x$  unbekannter Kontaktwiderstand
- $i_c$  Konstantstrom
- $U_x$  am Kontakt gemessener Spannungsfall
- $I_1, I_2$  Zuleitungen Messstrom
- $I_3, I_4$  Zuleitungen Spannungsmessung
- $I_q$  ideale Stromquelle
- $R_i$  Innenwiderstand der realen Stromquelle

$$R_x = \frac{U_x}{i_c}$$

Für Leistungskontakte, die im Bereich von einigen Ampere und einigen zig Volt arbeiten, hat sich eine Messung mit 1 A/10 V bewährt. Hierbei wird der Prüfling aus einer elektronischen Konstantstromquelle mit 1 A bestromt. Der Spannungsfall an den Kontakten wird über zwei extra Messleitungen dann hochohmig abgegriffen (siehe Schaltbild). Damit werden Falschmessungen und Fehlinterpretationen wie »Kontaktwiderstand unendlich« vermieden.

Bei einer Wahl von  $i_c = 1 \text{ A}$  zeigt der Ausschlag / die Anzeige des Messgerätes in V direkt den Kontaktwiderstand in  $\Omega$  an.

Um zu vermeiden, dass durch Fritten eine eventuell vorhandene Kontaktwiderstandserhöhung unentdeckt bleibt, schreibt die Norm DIN IEC 60512-2-2 für Steckverbinder beispielsweise aber einen maximalen Messstrom von 100 mA und eine maximale Leerlaufspannung von 20mV vor. Welche Werte letztendlich zur Anwendung kommen, hängt auch von der beabsichtigten Applikation ab.

Die Leerlaufspannung am geöffneten bzw. fremdschichtbehafteten Kontakt wird durch geeignete Auslegung der Stromquelle eingestellt. Der Wert des Innenwiderstandes  $R_i$  und der Wert des Stromes  $I_q$  der idealen Quelle ergeben die Prüfspannung für die Kontaktstrecke

$$U_{\text{leer}} = R_i \cdot I_q$$

Damit sind die Parameter der Messeinrichtung exakt bestimmt und eine genaue, physikalisch richtige Messung des Kontaktwiderstandes ist möglich.

**Literaturverzeichnis:**

- <sup>1</sup> R. Holm: Electrical Contacts, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo 1967
- <sup>2</sup> A. Keil, W. A. Merl, E. Vinaricky: Elektrische Kontakte und ihre Werkstoffe, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo 1984
- <sup>3</sup> Paul G. Slade: Electrical Contacts Principles and Applications, Marcel Dekker Inc. New York Basel 1999
- <sup>4</sup> W. Rieder: Elektrische Kontakte – Eine Einführung in ihre Physik und Technik, VDE Verlag Berlin Offenbach 2000