



Custom  
Engineered  
Solutions for  
Tomorrow

# Reed Technologie



[standexmeder.com](http://standexmeder.com)



## Grundlagen der Reedtechnik

Allgemeine Beschreibung des Reed Schalters . . . . .	7
Die Funktion des Reed Schalters . . . . .	8
Magnetische und elektrische Parameter für Reed-Bauelemente . . . . .	10
Wie arbeiten Reed Schalter und Magnete zusammen . . . . .	18
Reedsensoren im Vergleich zu Halleffektsensoren . . . . .	25
Reed Schalter im Vergleich zu mechanischen Mikroschaltern . . . . .	28

## Magnete

Magnete und deren Eigenschaften . . . . .	29
Handhabungshinweise für Magnete . . . . .	34
Magnetisierung . . . . .	35

## Vorsichtsmaßnahmen

Mechanische und elektrische Schutzmaßnahmen für Reed Schalter in Relais- und Sensorapplikationen . . . . .	37
Kontaktschutz – Elektrische Schutzbeschaltung . . . . .	41
Kontaktschutz – Schutzbeschaltungen der Reed Schalter . . . . .	43

## Ampere-Turns (AT) versus Millitesla (mT)

Vergleich zwischen Amperewindungen (AW, AT) und Millitesla (mT) . . . . .	45
---	----

## Anwendungsbeispiele

Applikationen für Reed Schalter und Reedsensoren . . . . .	51
Anwendungen für Automotive und Transport . . . . .	53
Marine und Bootsanwendungen . . . . .	56
Intelligente Anwendungen für Zuhause . . . . .	57
Schutz und Sicherheit . . . . .	60
Medizin . . . . .	61
Test- und Messtechnik . . . . .	62
Telekommunikation . . . . .	63
Weitere Applikationen . . . . .	64

## Reedrelais

Der Reed Schalter als Schaltelement in einem Reedrelais . . . . .	65
Applikationen für Reedrelais . . . . .	66
Magnetische Interaktion in Reedrelaisanwendungen . . . . .	67
Reedrelais im Vergleich zu Solid-State und mechanischen Relais . . . . .	73
7 GHz HF-Reedrelais – Applikationen . . . . .	74
Applikationshinweis für Messungen im Frequenz- und Zeitbereich an HF-Relais . . . . .	76

## Lebensdauer

Anforderungen an die Lebensdauer . . . . .	85
--	----

## Schaltabstand

. . . . .	86
-----------	----

## Glossar

. . . . .	90
-----------	----



PRODUKTE UND LÖSUNGEN –  
SO UNTERSCHIEDLICH  
WIE DIE MÄRKTE,  
DIE WIR BEDIENEN.







## DAS UNTERNEHMEN

Standex-Meder Electronics ist weltweiter Marktführer in Design, Entwicklung und Produktion von Standardversionen und Sonderanfertigungen elektromagnetischer Bauteile und Innovationen auf der Basis von Reed Schaltern.

Unser Produktangebot magnetisch betätigter Bauelemente umfasst Planar Transformatoren, Rogowski-Spulen, Stromwandler, Nieder- und Hochfrequenztransformatoren sowie induktive Bauelemente. Unsere auf Reed-Technologie basierenden Produktlösungen beinhalten Reed Schalter der Marken Meder, Standex und OKI, sowie den kompletten Produktbereich Reed Relais. Ferner ein umfassendes Spektrum von Level-, Näherungs-, Strömungs-, Klimaanlagekondensat-, hydraulischen Differenzdruck-, kapazitiven, leitfähigen und induktiven Sensoren



## MARKTÜBERSICHT

Wir bieten technische Produktlösungen für ein breites Spektrum von Produktenwendungen in einer Vielzahl von Märkten:

- Allgemeine Industrie
- Alternative Energien
- Automatisierung
- Automotive/Verkehr
- Beleuchtungstechnik
- Energieversorgung
- Haushaltsgeräte
- Hobby und Freizeit
- Hydraulik und pneumatische Antriebe
- Intelligente Netzsysteme
- Kommunikations-technik
- Lebensmitteltechnik
- Luft- und Raumfahrt
- Lüftungs- und Klimatechnik
- Medizin
- Mess- und Regeltechnik
- Messgeräte
- Nutzfahrzeuge
- Offroad
- Rüstungsindustrie
- Sicherheitstechnik
- Strömungstechnik
- Test- und Messtechnik





## KUNDENORIENTIERTE INNOVATIONEN. TECHNISCHE FÄHIGKEITEN AUF WELTWEIT ERSTKLASSIGEM TOPNIVEAU.

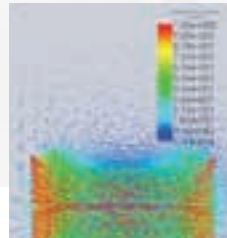
### ENGAGEMENT & KERNKOMPETENZ

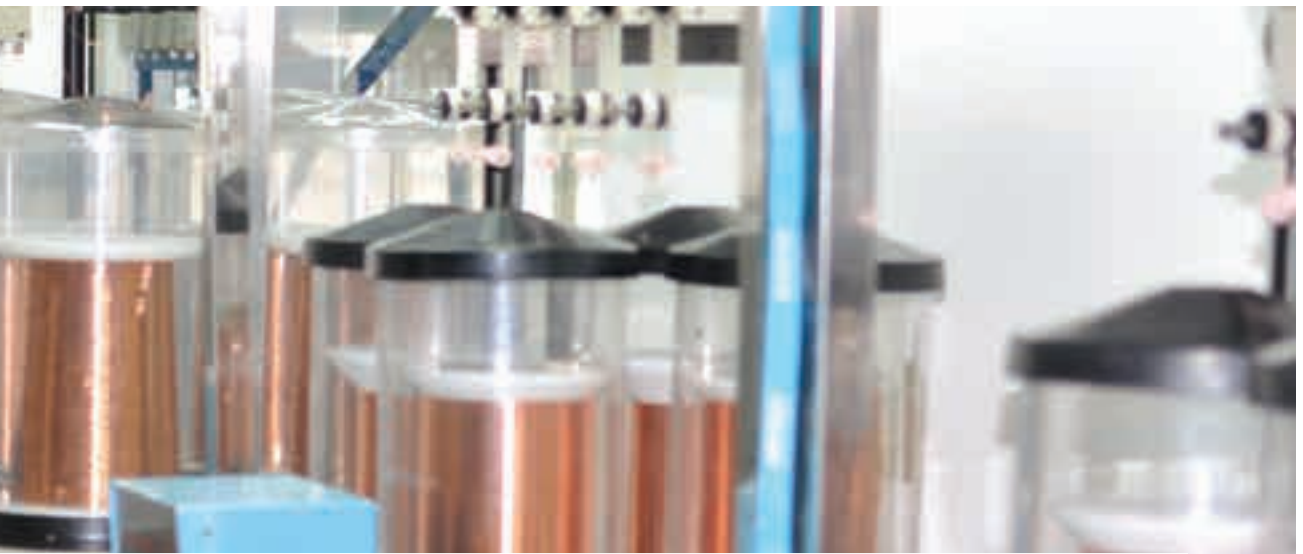
Standex-Meder Electronics hat sich der absoluten Kundenzufriedenheit und der kundengesteuerten Innovation verpflichtet und bietet im Rahmen einer globalen Organisation weltweite Vertriebsunterstützung, Entwicklungskapazitäten und technische Ressourcen.

Neben dem Hauptsitz in Cincinnati, Ohio, USA verfügt Standex-Meder Electronics über acht Produktionsstätten in sechs Ländern (USA, Deutschland, China, Mexiko, Großbritannien und Kanada).

### PRODUKTION

- Automatische Reed Schalterprüfung und -sortierung
- Spulenkörper- und Ringkernbewicklung
- Umspritzen und Einhausen von Spulen
- Transferrmoulding
- Hot Melt Niederdruckspritzguss Verfahren
- Automatische SMD-Bestückung mit optischer Inspektion
- Plasmaoberflächenbehandlung
- Kunststoffspritzguss und Einlegespritzguss
- Zwei Komponenten Verguss
- Folgeverbund Stanzen
- Reflow-, Selektiv- und Wellenlöttechnologie
- Reed Schalterproduktion
- Automatische Sensormontage
- Entwicklung und Produktion von Transformatoren
- Edelstahlbearbeitung und präzises Laserschweißen





## ENTWICKLUNG

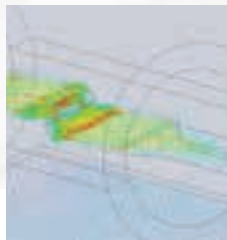
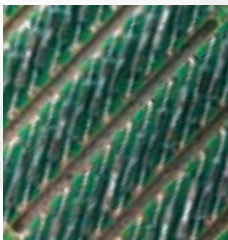
- Entwicklung elektronischer und magnetischer Sensoren
- Schaltungsentwicklung und Leiterplattendesign
- Patentierte Leitwert-Sensoren
- Patentierte induktive Sensoren
- 3-D CAD Darstellungen
- 3-D Scanning von Schaltpunkten
- EMS Software für magn. Simulationen
- PCB Prototypenherstellung
- Schnelle Prototypenanfertigung mit 3-D Drucker

## TEST- & MESSTECHNIK

- Automatische Bestückungs- und Prüfsysteme
- Umwelt- und Beständigkeitstests
- Lebensdauertest
- Fluxmeter
- Nanovoltmeter
- Picoamperemeter
- Abreißkraft-Prüfstand
- Gauss- / Teslameter
- Hochspannungs- und Isolationsprüfgeräte

## QUALITÄTS- / LABORMERKMALE

- Zertifizierung nach AS9100, ITAR, DIN EN ISO9001, ISO/TS16949
- Voll ausgestattete und zertifizierte Testlabore
- Burn-In und Lebensdauertest
- Eigene mechanische Bearbeitung (Werkzeugbau)
- Corona Entladungs Testgerät
- Mikroskopische Untersuchung/DPA
- Dichtigkeitsprüfung
- Schichtdicken Messgerät
- Salzsprühnebel und Lötbarkeitstest
- Auszugskraftmessung
- Temperaturwechsel- und Klimatest
- Mechanische Schock- und Vibrationstests



# Notizen



# Allgemeine Beschreibung des Reedschalters

Der Reedschalter hat seinen Ursprung in den USA und wurde dort von Bell Labs Ende 1930 entwickelt. Ab 1940 gab es bereits erste Industrieanwendungen für Reedsensoren und Reedrelais – hauptsächlich in einfachen, magnetisch ausgelösten Schaltfunktionen und ersten Modellen von Testgeräten. Ende der 40er Jahre war es die Firma Western Electric, die Reedschalter in Telefonsysteme einführte. Selbst heutige Designs nutzen die Vorteile der Reedschalter in derartigen Anwendungen immer noch.

Während dieser Zeit gab es ein Kommen und Gehen von Herstellern. Die meisten haben es geschafft, mit modernen Produktionsmaschinen eine sehr hohe Zuverlässigkeit zu erreichen. Einige wenige machen weiter wie früher, was dem Ansehen des Reedschalters sicherlich nicht positiv zuträgt.

Der weltweite Bedarf an Reedschaltern pro Jahr wächst stetig: Einsatzgebiet ist das gesamte Spektrum der Elektrotechnik und Elektronik wie Automobilmarkt, Alarmanlagen, Test- und Messgerätemarkt, Hausgeräte, Medizintechnik, Industrieanwendungen.

Beim Reedschalter handelt es sich um ein kleines, aber feines Bauteil. Aufgrund der verwendeten Materialien und hermetisch geschlossenen Bauweise, lassen sich Schaltfunktionen in fast allen denkbaren Umweltbedingungen realisieren. Trotzdem sind einige Punkte zu beachten, die auf die Langzeitstabilität eine gravierende Wirkung haben können. So ist die Glas-Metall-Einschmelzzone aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten für die Dichtheit verantwortlich. Ansonsten besteht die Gefahr von Haarrissen mit all den bekannten Konsequenzen. Beim Auftragen des Kontaktmaterials gilt dasselbe: Rhodium oder Rhutenium wird entweder gesputtert oder galvanisch abgeschieden. Ganz egal wie, aber dieser Prozess ist extrem von den äußeren Umweltbedingungen abhängig und sollte am besten in einem Reinraum stattfinden. Genau wie in der Halbleiterindustrie sind fremde Partikel, auch bereits in kleinster Ausprägung, die Quelle für Zuverlässigkeitsprobleme. Um den Qualitätsanspruch unserer Kunden gerecht zu werden, entschloss man sich die Fertigung der Reedschalter

selbst in die Hand zu nehmen. Reedschalter werden seit 1968 in England und seit 2001 in Deutschland gefertigt.

Im Laufe der Zeit konnten die Abmessungen von 50 mm Länge auf 3,7 mm geschrumpft werden. Dadurch wurden eine Vielzahl neuer Anwendungen entwickelt, besonders im Bereich der Hochfrequenztechnik und Impulsschaltungsanwendungen.

Hier eine Aufstellung über die wichtigsten Merkmale:

1. Fähigkeit zum Schalten bis 10.000 Volt
2. Schaltströme bis 5 A möglich
3. Minimalspannungen von 10 Nanovolt können ohne Verluste geschaltet oder transportiert werden
4. Ströme von 1 Femtoampere können ohne Verluste geschaltet oder transportiert werden
5. Fähigkeit, Signale bis 7 GHz ohne nennenswerte Verluste zu schalten
6. Isolationsspannung über den geöffneten Kontakt bis  $10^{15}$  Ohm
7. Kontaktwiderstand im geschlossenen Zustand typ. 50 mOhm
8. Verharrt im geöffneten Zustand ohne jegliche externe Leistung
9. Bistabile Schaltfunktion möglich
10. Schließzeit ca. 100 bis 300  $\mu$ sec
11. Fähigkeit, auch in extremen Temperaturschwankungen zwischen  $-55^{\circ}\text{C}$  und  $+200^{\circ}\text{C}$  zu schalten
12. Elemente wie Wasser, Vakuum, Öl, Fett und sonstige aggressive Umwelteinflüsse beeindrucken das Bauteil aus Glas nur in ganz seltenen Fällen
13. Schockresistenz bis 200 g
14. Einsetzbar bei Vibrationen von 50 Hz bis 2.000 Hz bei 30 g
15. Lange Lebensdauer – bei Schaltspannungen unter 5 V (Lichtbogen-Grenze) sind Schaltspiele weit über  $10^9$  hinaus erreichbar
16. Kein Stromverbrauch, daher ideal für transportable und batteriebetriebene Geräte
17. Kein Schaltgeräusch

## Die Funktion des Reedswitchers

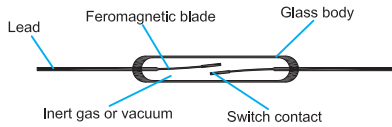


Abb. # 1 Zeigt den prinzipiellen Aufbau eines 1Form A-Schalters (NO).

Ein Reedswitcher besteht aus zwei ferromagnetischen Schaltungen (normalerweise Nickel/Eisenlegierung), die hermetisch dicht verschlossen in ein Glasröhrchen eingeschmolzen werden. Die beiden Schaltungen überlappen. Wirkt ein entsprechendes Magnetfeld auf den Schalter, bewegen sich die beiden Paddel aufeinander zu – der Schalter schließt. Der Kontaktbereich der beiden Schaltungen ist mit einem sehr harten Metall beschichtet, meist Rhodium oder Ruthenium. In Frage kommen aber auch Wolfram, Iridium oder ähnlich strukturierte Metalle. Aufgetragen werden diese entweder galvanisch oder durch einen Sputterprozess (bekannt aus der Halbleiterindustrie). Diese hart beschichteten Kontaktflächen sind der Garant für die sehr lange Lebensdauer eines Reedswitchers. Vor dem Einschmelzen wird die vorhandene Luft evakuiert. Dies geschieht mittels Unterdruck. Während des Einschmelzvorganges füllen wir den Schalter mit Stickstoff oder einer Inertgasmischung mit hohem Stickstoffanteil. Zur Erhöhung der Schaltspannungsgrenze besteht aber auch die Möglichkeit, den Schalter vor dem Verschließen zu evakuieren. Durch das erzeugte Vakuum sind diese Schalter für den Einsatz in Hochspannungsanwendungen bestens geeignet und können bis zu 10kV schalten.

Das, durch Permanentmagnet oder Spule erzeugte, Magnetfeld ist gegenpolig gerichtet, die Paddel ziehen sich an. Übersteigt die magnetische Kraft die Federwirkung des Paddel, schließen die beiden Kontakte. Beim Öffnen geschieht dasselbe: Ist die Magnetkraft geringer als die Federkraft der Schalter, so öffnet der Reedswitcher wieder.

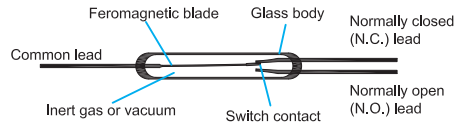


Abb. # 2 Der 1Form C-Schalter (SPDT) hat drei Anschlüsse.

Der beschriebene Ablauf gilt für den 1Form A-Schalter, auch bekannt als NO (Normally Open), Schließer oder SPST (Single-Pole-Single-Throw) Reedswitcher. Man findet aber auch Mehrfachbelegung wie 2Form A (2 Schließer), 3Form A etc.

Ist der Schalter in Ruhestellung geschlossen spricht man von 1Form B-Funktion. Vielleicht besser bekannt als Öffner.

Möchte man Strom- oder Signalpfade wechseln, kommt der 1Form C-Schalter in Frage, auch bekannt als Wechsler. Die internationale Bezeichnung ist SPDT (Single-Pole-Double-Throw). In Ruhestellung und ohne anliegendes Magnetfeld wird der so genannte Ruhekontakt hergestellt. Beaufschlagt man den Wechsler mit einem entsprechend starken Feld, so wechselt der Kontakt vom Ruhe- auf den Arbeitskontakt. Ruhe- und Arbeitskontakte sind unbewegte Kontakte. Alle drei Paddel sind ferromagnetisch leitend; lediglich der Kontaktbereich des Ruhekontakts (Öffners) ist mit einem nicht leitenden Plättchen versehen. Wird ein Magnetfeld in der Form angelegt, dass die beiden Anschlüsse NO und NC eine Polarität erfahren und der Common-Anschluss die andere Polarität erfährt, so bewegt sich das Paddel in Richtung Schließeranschluss.

Abbildung 3 zeigt das generelle Funktionsprinzip eines Reedswitchers bei angelegtem Magnetfeld.

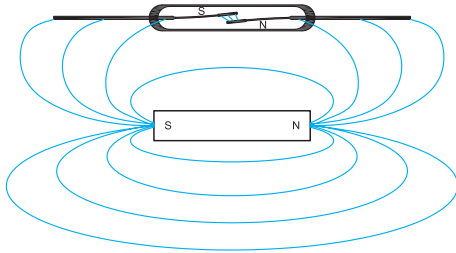


Abb. # 3 Die Funktion eines Reedswitchers unter dem Einfluss eines Permanentmagneten. Die Polarisierung der Paddel erzeugt die notwendige Schließkraft.

Abbildung 4: Hier schließt der Reedswitcher durch das Magnetfeld einer Kupferspule.

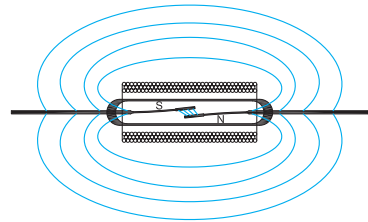


Abb. # 4 Ein Reedswitcher sitzt in einer Magnetspule, das Magnetfeld ist in der Mitte am stärksten. Die Reedpaddel werden polarisiert und erzeugen die Schließkraft.

Bewegt man einen Permanentmagneten wie in der abgebildeten Form in die Nähe eines Reedswitchers, so verteilt sich das Feld über die Paddel entsprechend. Ist das Feld stark genug schließt sich der Schalter. Zur Verhinderung magnetischer Aufladung sind die Paddel unter Schutzgas und sehr hohen Temperaturen gegläht. Wird das Magnetfeld entfernt, verschwindet es auch von den Paddeln und der Schalter öffnet. Hätten die Paddel noch einen Restmagnetismus, so würde dieser das Schliess- und Öffnungsverhalten beeinflussen. Darum ist der Glühprozess extrem wichtig bei der Herstellung von Reedswitchern.

# Magnetische und elektrische Parameter für Reed-Bauelemente

Anzugsempfindlichkeit ( $A_{Wan}$ , PI) spezifiziert den Schließpunkt des Schalters. Beim Einsatz von Magneten misst man den Einschaltpunkt bevorzugterweise in mm, mT (Millitesla) oder Gauss. Kommt dagegen eine Messspule zum Einsatz, ist die geeignete Einheit Ampere-Windungen AW. Dazu wird der Strom in einer bekannten Spule bis zum Einschaltpunkt erhöht und mit der Windungszahl multipliziert. Dieser Wert ist normalerweise als Maximalwert definiert. Auch bei bester Glühqualität der Paddel, bleibt eine Restremanenz zu berücksichtigen. Um zuverlässige Daten zu ermitteln, beaufschlagt man die Spule mit einem Sättigungsimpuls, um dann  $A_{Wan}$  und  $A_{Wab}$  zu bestimmen (siehe auch Abb. # 5).

Beim Konstruieren von Relais und der magnetischen Dimensionierung gehen wir von einer Arbeitstemperatur von 20 °C aus.

Temperatureffekt der Spule

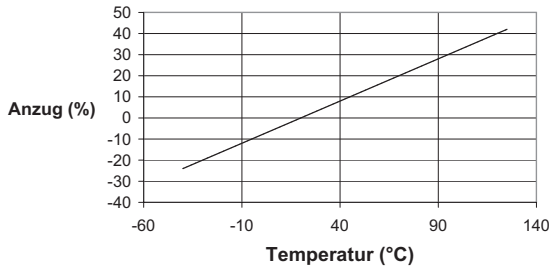


Abb. # 6 Der Anzugs- und Abfallwert erhöht sich um 0,4% / °C.

Der Arbeitspunkt ändert sich aufgrund des positiven Temperaturkoeffizienten des Kupfers von 0,4% / °C (siehe auch Abb. # 6). Unsere Ingenieure berücksichtigen dies bei der Auslegung der Relais bereits.

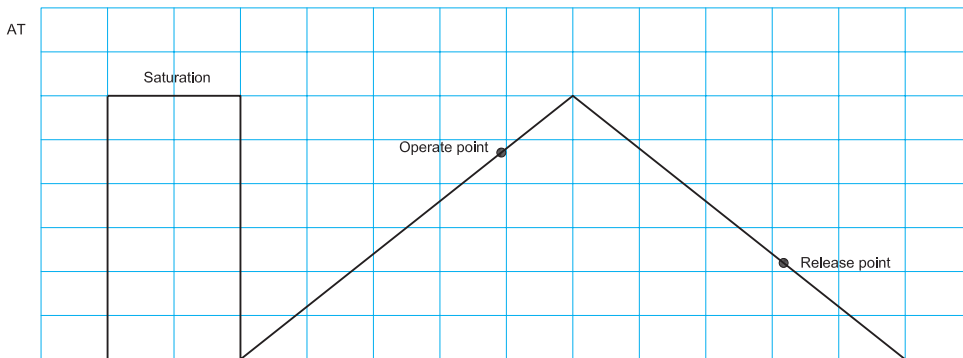


Abb. # 5 Das genaueste Messergebnis für  $A_{Wan}$  und  $A_{Wab}$  erhält man durch einen Vormagnetisierungsimpuls.



**Abschaltempfindlichkeit** ( $A_{Wab}$ ,  $DO$ ) bestimmt den Ausschaltzeitpunkt des Reedschalters. Die Merkmale der Beschreibung von  $A_{Wan}$  treffen hier ebenfalls zu und werden entsprechend berücksichtigt.

Eine **Hysterese** in % stellt das Verhältnis zwischen Abfall- und Anzugswert dar und wird angegeben in  $A_{Wan}/A_{Wab}$ .

Die Hysterese kann von vielen designspezifischen Einflüssen abhängen: Beschichtungsdicke, Paddelüberlappung, Paddelbeschaffenheit, Paddellänge, Einschmelzzone, Paddelabstand. Abbildung 7 zeigt den Verlauf der Hysterese als Beispiel für viele andere Variationen.

**Abfall vs. Anzug**

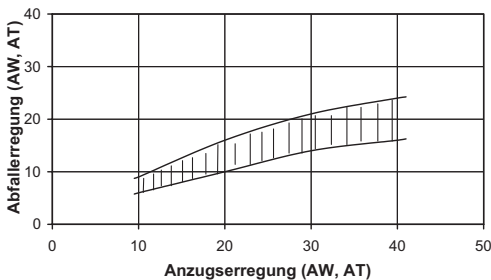


Abb. # 7 zeigt die  $A_{Wan}$ - und  $A_{Wab}$ -Verläufe. Die Hysterese steigt mit höherem  $A_{W}$ -Wert normalerweise an.

Der **Statische Kontaktwiderstand** ist der Gleichstromwiderstand, erzeugt durch Paddel und Kontaktfläche. Den meisten Einfluss hat hier das Nickel/Eisenmaterial mit einem Wert zwischen  $8-10 \times 10^{-8}$  Ohm/m. Verglichen mit dem Kupferwert von  $1,7 \times 10^{-8}$  Ohm/m ist dies relativ hoch. Typisch für einen Reedschalter sind ca. 70 mOhm, der Anteil der Kontaktstelle schlägt dabei mit ca. 10-25 mOhm zu Buche. Bei Reedrelais benutzt man oft Nickel/Eisen als Anschlusspins, diese erhöhen den Magnetfluss und somit die Kontaktkraft. Allerdings können dann zum Widerstand nochmals ca. 25-50 mOhm dazukommen (siehe auch Abb. # 8).

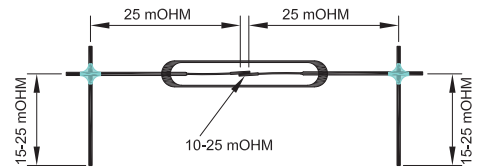


Abb. # 8 Darstellung der verschiedenen Widerstandszonen eines Reedschalters.

Den wahren Zustand eines Reedschalters misst man mit dem **Dynamischen Kontaktwiderstand** (DCR). Wie oben beschrieben, wird der Widerstand hauptsächlich durch die Paddel und Anchlusselemente erzeugt. Beim Messen des DCR bestimmt man den tatsächlichen Zustand des Reedschalters speziell an der Kontaktstelle.

Zum Messen wird der Kontakt mit einer Frequenz zwischen 50 Hz und 200 Hz geschaltet. Eine Messspannung von 0,5V und der Strom von ca. 50 mA reichen aus, um potentielle Probleme zu orten. Anzeigen kann man das Messergebnis entweder mit einem Oszilloskop oder per Digitalisierung des Signals. Die Spannung von 0,5V sollte nicht überschritten werden; zu groß wäre das Risiko, eventuell vorhandene Oxydschichten auf den Paddeln zu „durchschlagen“. Für kleinste Messsignale wäre diese Schicht dann eine Isolation, die durch die höhere Testspannung durchschlagen wird, nicht aber das Problem als solches visualisiert (Abb. # 9).

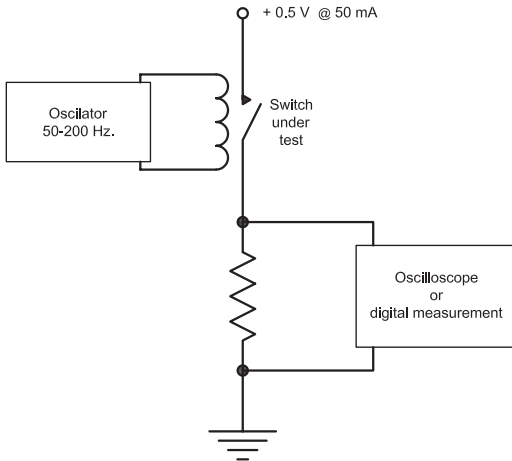


Abb. # 9 Schematisch dargestellter Messaufbau zum Bestimmen des Dynamischen Kontaktwiderstandes DCR.

Wird ein Schalter mit der oben beschriebenen Frequenz getaktet, dann erfolgt für ca. 0,5 ms ein periodisches Öffnen und Schließen des Schalters. Für ungefähr 100 µsec wird der Schalter prellen, danach erfolgt das sogenannte „dynamische Rauschen“ für ca. 0,5 ms. Während des „Rauschens“ ist der Schalter noch nicht geschlossen, sondern „schwingt“ ohne zu Öffnen. Der Kontaktwiderstand schwankt noch in großen Grenzen und verbessert sich kontinuierlich während dieser ersten 0,5 ms (siehe Abb. # 10).

Sobald das Kontaktrauschen abgeklungen ist, folgt die letzte Einschwingphase. Der Kontakt ist zwar geschlossen, aber es dauert immer noch ca. 1 ms bis zur endgültigen, geschlossenen Position mit festem Kontaktwiderstand. Wir sprechen dann vom statischen Kontaktwiderstand.

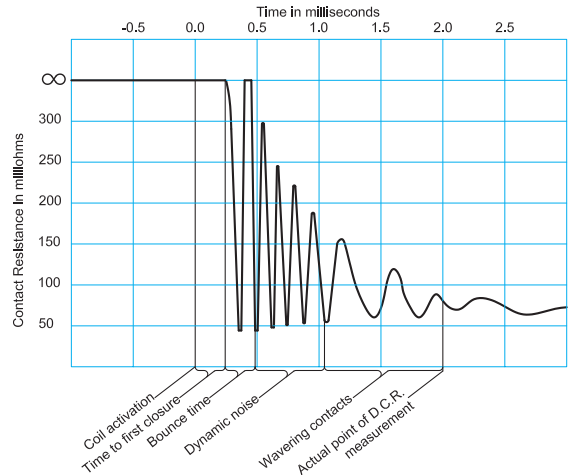


Abb. # 10 Ein typischer Einschwingverlauf mit erstem Schließen, Prellen und dynamischem Rauschen.

Dieses elektrische Einschwingdiagramm erlaubt enorme Rückschlüsse auf die Qualität eines Reed Schalters. Generell kann man festlegen: 1,5 ms nach dem Anlegen einer Spulenspannung hat der Kontakt seine Arbeitsposition erreicht. Zeigt sich eine erhöhte Prellzeit von mehr als 250 µsec, so ist mit erhöhtem Ausfallrisiko, speziell bei lastfreiem Schalten, zu rechnen.

Abb. # 11 erläutert den Verlauf.

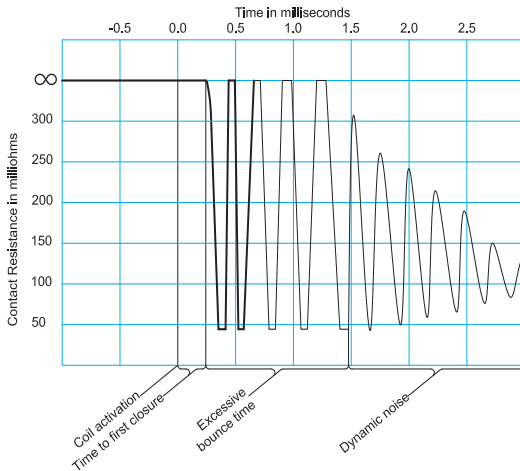


Abb. # 11 Das Einschwingdiagramm zeigt überlanges Prellen.

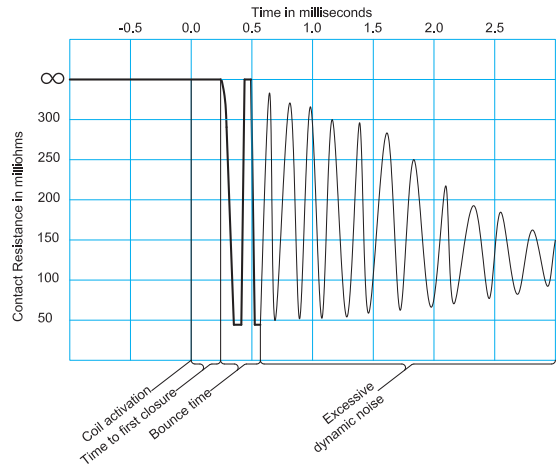


Abb. # 12 Das Kontaktrauschen ist zu hoch und zu lang.

Erhöht sich das Kontaktrauschen oder der Einschwingprozess über den spezifizierten Zeitraum von 1,5 ms hinaus, so lassen sich folgende Rückschlüsse ziehen: Die Einschmelzzonen sind fehlerhaft, mit dem Langzeitrisiko gerissener oder gar gebrochener Reedkapillaren. Zeigt die Einschwingkurve speziell nach dem Verarbeiten erhöhte Amplitudenwerte, dann könnte dies auf Verarbeitungsstress innerhalb eines Schalters oder Gehäuses hinweisen. In diesem Falle steigt das Risiko von kontaminierten Kontakten durch einströmende Luft. Abb. # 12 und 13 zeigen anschaulich diese Effekte.

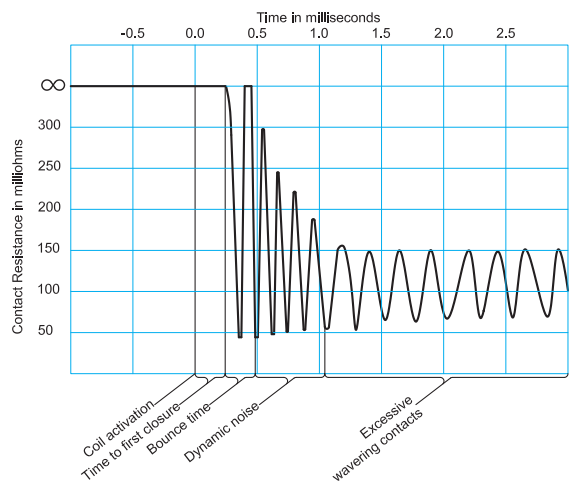


Abb. # 13 Das Verhalten zeigt Hinweise auf Haarrisse oder gerissene Reedschaltergläser.

Verändert sich der Kontaktwiderstand bei aufeinanderfolgenden Schaltungen auch nur in geringem Umfang, so können interne Verschmutzung, mechanische Verspannung oder auch Fehler in der Paddeloberfläche die Ursache sein. Klare Indikatoren für Schädigungen sind, in Bezug auf Kontaktlasten, erhöhte Einschwingamplituden, eine Verlängerung des Kontaktschwingens oder des Kontaktrauschens.

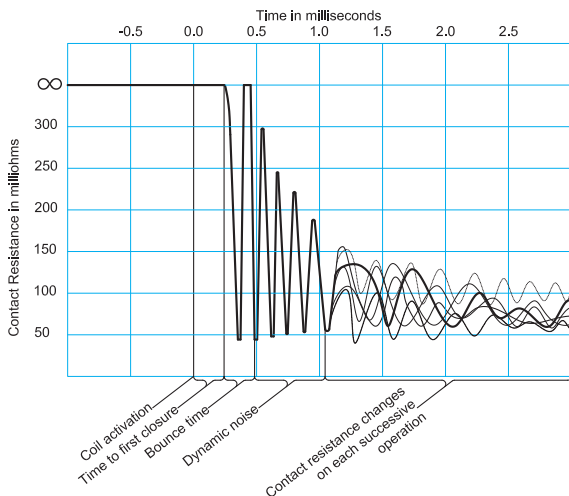


Abb. # 14 Ein Ablauf des dynamischen Kontaktwiderstandes mit den jeweiligen Veränderungen bei aufeinanderfolgenden Schaltungen mit unterschiedlichen Schaltrhythmen.

Die messtechnische Beurteilung des dynamischen Kontaktwiderstandes ist ein Muss für lange Lebensdauer, fehlerfreies Schalten und stabilen Kontaktwiderstand in Ihrer Applikation.

**Schaltspannung** in Volt spezifiziert die maximal zulässige Spannung, die der Kontakt zu Schalten in der Lage ist. Schaltspannungen über der Lichtbogengrenze können Materialwanderungen auf der Kontaktfläche verursachen. Dies geschieht normalerweise ab 5 Volt. Eben diese Überschläge sind die Ursache für die Verkürzung

der Lebenszeit eines Reedswitchers. Trotzdem sind gute Reedswitcher in der Lage, Spannungen zwischen 5 und 12 Volt viele 10 Millionen Mal zu schalten; natürlich spielt dort auch der Schaltstrom eine entscheidende Rolle.

Schalter mit Druckatmosphäre im Glasrohr können Spannungen bis maximal 500 Volt schalten, da beim Öffnen der entstehende Funken gelöscht wird. Darüber hinausgehende Schaltanforderungen werden durch Vakuumschalter gelöst; hier sind Spannungen bis 10.000 Volt realisierbar.

Unter einer Schaltspannung von 5 Volt entsteht keine Lichtbogenbildung und somit keine Materialwanderung, hier sind Lebensdauererwartungen auch über  $10^9$  Schaltspiele keine übertriebene Spezifizierung.

Wird ein Reedrelais fachmännisch entwickelt, sind auch nach unten kaum Grenzen gesetzt. Spannungen im Bereich von 10 Nanovolt können problemlos geschaltet werden. All dies macht den Reedswitcher als Schaltelement so wertvoll.

**Schaltstrom** beschreibt den maximal zulässigen Strom in Ampere (DC oder Peak) im Moment des Schließens des Reedswitchers. Je höher der Strom, um so größer der Schaltlichtbogen beim Schließen und Öffnen. Dies bestimmt die Lebensdauer des Schalters.

**Transportstrom** wird ebenfalls in Ampere gemessen (DC oder Peak) und spezifiziert den maximal zulässigen Strom über bereits geschlossene Kontakte. Da die Kontakte bereits geschlossen sind, ist ein höherer Strom als beim Schaltvorgang zulässig, denn ein Schaltlichtbogen entsteht nur beim Schließen und Öffnen. Bei sehr kurzer Impulslänge kann ein Reedswitcher auch höhere Ströme transportieren, da die Erwärmung hierbei minimal ist. Im Gegenzug lassen sich aber auch, und das ist der riesige Vorteil von Reedrelais gegenüber mechanischen Relais, minimalste Ströme im Bereich von Femtoamperes ( $10^{-15}$ A) transportieren und/oder schalten.



**Streukapazität**, gemessen in Mikrofarad oder Pikofarad, ist in einem gewissen Umfang immer präsent, z. B. durch Leiterbahnen und Kabel. Beim Schalten von Strom und auch von Spannung sind die ersten 50 Nanosekunden von entscheidender Bedeutung. Hier entsteht der eventuell zerstörende Funke. Bei genügend hoher Streukapazität, verbunden mit einem entsprechend hohen Spannungs- und/oder Stromlevel, kann der entstehende Funke den Kontakt langfristig zerstören und die Lebensdauer damit stark reduzieren. Wir empfehlen bei relativ hohen Schaltsignalen, den Strom in den ersten 50 Nanosekunden zu begrenzen. Bei 50 Volt und 50 Pikofarad kann eine bleibende Schädigung beim Reedschalter entstehen – diese gilt es zu bestimmen und ihn entsprechend zu schützen.

**Spannungsüberlagerungen** sind ebenfalls zu berücksichtigen, denn auch diese haben einen entscheidenden Einfluss auf die Lebensdauer eines Reed Schalters. In Verbindung mit Streukapazitäten, entsprechenden Umwelteinflüssen und sonstigen Strömen, haben diese unter Umständen einen verheerenden Effekt, besonders was die Lebensdauer betrifft. Auch hier lohnt es sich, die Höhe dieser Überlagerungen zu bestimmen und den Lastpfad in den ersten 50 Nanosekunden genauestens beim Auslegen der Schaltung zu analysieren. Sind Netzleitungen in der Nähe der Schaltung, ist ebenfalls Vorsicht geboten. Einkoppelt in den Schaltkreis können diese einen nicht kalkulierten Einfluss auf die Lebensdauer nehmen. Dies ist normalerweise das Fehlerbild bei derartigen externen und unkontrollierten Einflüssen. Abhilfe lässt sich schaffen, wenn die Bedingungen bekannt sind.

**Schaltleistung** in Watt ist das Produkt aus Strom mal Spannung im Moment des Schließens des Schalters. Bei diesem Parameter ist Vorsicht geboten, denn manchmal ist hier Unsicherheit zu spüren. Nehmen wir einen Schalter mit den Parametern Schaltspannung 200 Volt, 0,5 Ampere und 10 Watt. Hier darf die Leistung von 10 Watt auf keinen Fall überschritten werden. Bei einer Schaltspannung von 200 Volt, darf der Schaltstrom 50 Milliampere nicht überschreiten. Werden 0,5 Am-

pere geschaltet, muss die Schaltspannung auf 20 Volt begrenzt sein.

**Durchbruchspannung** bestimmt den Punkt kurz vor dem spannungsmäßigen Durchschlag eines Reed Schalters und ist immer höher als die Schaltspannung. Bei größeren evakuierten Reed Schaltern bis 50 mm sind Isolationsspannungen bis 15.000 Volt nichts ungewöhnliches. Kleinere Modelle, um die 20 mm, widerstehen immer noch 4 000 Volt, während 15 mm – Schalter (mit leichtem Gasdruck) mit Isolationsspannungen von 250 bis 600 Volt aufwarten können.

**Isolationswiderstand** ist die Begriffsbestimmung für den Widerstand über dem geöffneten Schalter. Vermutlich ist es gerade diese Eigenschaft, die den Reedschalter so einmalig macht und von all den anderen Schaltelementen stark abhebt. Ein typischer Wert für Reedschalter sind  $1 \times 10^{14}$  Ohm über dem geöffneten Schalter. Diese Isolation erlaubt den Einsatz selbst bei kleinsten Leckströmen im Bereich von Pikoampere und Femtoampere, ohne markante Verfälschung der Messergebnisse. Werden zum Beispiel in einem Halbleitertester mehrere Eingänge zusammengelegt, so können dadurch entstehende Leckströme einen bedeutenden Einfluss auf das Messergebnis haben.

**Dielektrische Absorption** hat einen entscheidenden Einfluss auf die Transportfähigkeit von Strömen kleiner 1 Nanoampere. Meist handelt es sich um Verzögerungseffekte - je nachdem wie klein der Strom ist, auch in der Größenordnung von Sekunden. Unsere Entwickler haben Reedrelais mit geringster dielektrischer Absorption entwickelt.

**Schließzeit** spezifiziert die zum Schließen benötigte Zeit nach dem Prellen. Abgesehen von quecksilberbenetzten Schaltern, beobachtet man bei normalen Schaltern einen harmonischen Schwingungseffekt, der durch die schalterspezifischen Dämpfungseffekte bestimmt wird. Ein bis zwei Preller im Zeitfenster von 50  $\mu\text{sec}$  bis 100  $\mu\text{sec}$  sind normal. Die meisten Reedschalter haben eine Schließzeit von 100  $\mu\text{sec}$  bis 500  $\mu\text{sec}$ , die Prellzeit bereits mit eingerechnet. Die in der Praxis erreichbaren Schaltzeiten werden erheblich von der verwendeten Erregerspule und Ansteuerschaltung beeinflusst. Siehe Abbildung # 15.

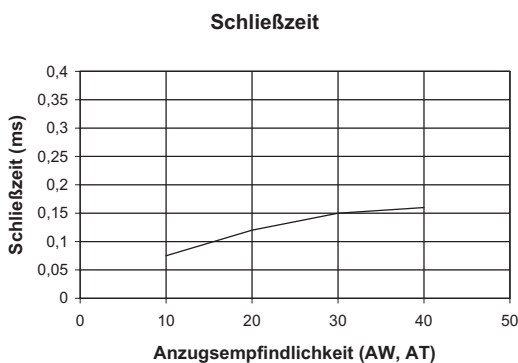


Abb. # 15 Ein typischer Verlauf der Schließzeit bei ansteigender Ansprechempfindlichkeit. Höhere AWan-Werte haben durch den größeren Paddelabstand auch längere Schließzeiten.

**Öffnungszeit** ist die Zeit, die benötigt wird, um den Schalter zu öffnen, nachdem das magnetische Feld nicht mehr auf den Schalter einwirkt. Reduziert man die Spannung der Relaisspule unter die Abfall- oder Rückgangsspannung, öffnen die Kontaktpaddel in einer extrem kurzen Zeit von nur 20  $\mu\text{sec}$  bis 50  $\mu\text{sec}$ . Ist eine Diode parallel zur Spule geschaltet (um deren Abschaltspitzen von 100 - 200 V zu unterdrücken), so erhöht sich die Zeit auf ca. 300  $\mu\text{sec}$ . Muss der Impuls in digitalen Schaltungen unterdrückt werden, bietet sich folgende Lösung an: Parallel zur Spule wird eine 12 V / 24 V - Zenerdiode in Serie mit einer normalen Diode geschaltet. Damit wird der Spannungsimpuls auf die Zenerspannung und somit in seiner negativen Wirkung begrenzt. Diese Schaltung ermöglicht außerdem Öffnungszeiten deutlich unter 100  $\mu\text{sec}$ . Siehe Abbildung # 16.

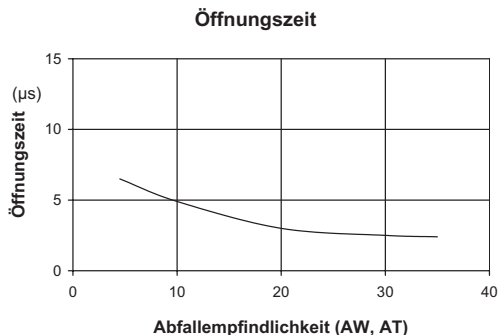


Abb. # 16 Eine Darstellung der Öffnungszeit bei steigender Abfallempfindlichkeit. Durch die höhere Rückstellkraft verkürzt sich die Öffnungszeit.

**Resonanzfrequenz** ist die Frequenz, bei der der Reedschalter durch externe Vibrationen ungewollt schließt. Bei dieser Eigenschwingung kann es zu ungewollten Schaltungen des RS kommen. Außerdem stellen diese Resonanzfrequenzen eine Gefahr für die mechanische Stabilität des Reedswitchers dar. Resonanzfrequenzen können die Einschmelzung derart beschädigen, dass ein Totalausfall des Schalters die Folge ist. (Abbildung # 17).

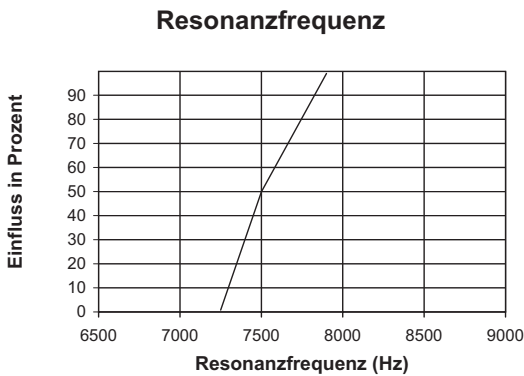


Abb. # 17 Typische Resonanzfrequenzen von 10 mm Reedswitchern.

**Kapazität** zwischen den geöffneten Paddeln wird in Pikofarad gemessen, die Werte liegen im Bereich von 0,1 pF bis 0,3 pF . Diese sehr geringe Kapazität muss unbedingt beim Design von Halbleitertestern berücksichtigt werden, speziell wenn es sich im Halbleiterumfeld um Kapazitäten von mehreren 100 pF handelt.

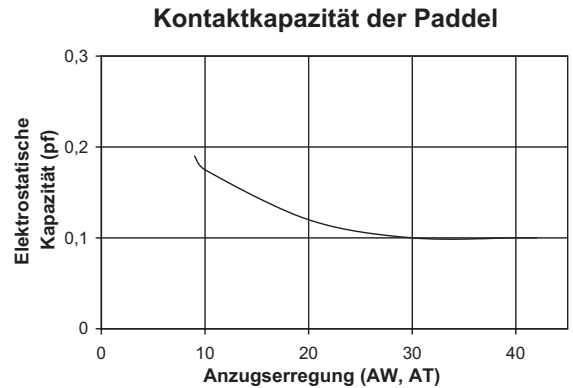


Abb. # 18 Die Anzugsempfindlichkeit wird größer, damit steigen die Paddelabstände. Die Kapazität dagegen fällt.

# Wie arbeiten Reedschalter und Magnete zusammen

Werden Reedschalter als Reedsensoren verwendet, benutzt man für die Betätigung des Schalters normalerweise Magnete. Um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten, ist es von unbedingter Notwendigkeit das Zusammenwirken von Reedschalter und Magnet zu kennen. Sensoren können als Schließer, Öffner oder Wechsler (bistabile Funktion) eingesetzt werden.

Betrachten wir einen Reedschalter in geöffneter Position (NO-Schalter): Bewegt man die Magnet/ Reedschalteranordnung aufeinander zu, so schließen sich die Paddel bei entsprechender Magnetstärke. Entfernt man den Magneten, öffnen die Paddel. Umgekehrt beim Öffner (NC): Hier öffnet der Reedschalter bei anliegendem Feld und schließt wieder wenn das Magnetfeld verschwindet. Beim bistabilen Sensor besteht die Möglichkeit, mit einem Magneten die Lage von Öffnen zum Schließen und auch umgekehrt durchzuführen. Der Sensor verharrt in der Position bis zum erneuten Anlegen des Magnetfeldes, damit wird die Funktion umgekehrt. Auch in dieser Position bleibt der Sensor, bis zum erneuten Anlegen eines adäquaten Magnetfeldes. Bei diesem Funktionsablauf spricht man dann von „bistabil“ oder „latching“.

Die folgenden Diagramme zeigen einige Funktionsweisen zwischen Reedschalter und Magnet. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass der Magnet dreidimensional arbeitet.

Zeichnung # 19 zeigt den Funktionsablauf bei einer Vorwärts-/Rückwärtsbewegung zwischen Reedschalter und Magnet.

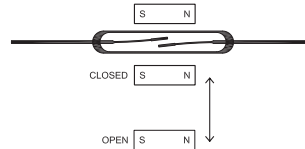


Abb. # 19 Ein Magnet bewegt sich zum Reedschalter hin oder vom Reedschalter weg.

Abb. # 20 beschreibt eine rotierende Anordnung. Abb. # 21 den Ringmagneten in Verbindung mit dem Reedschalter.

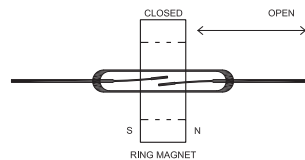


Abb. # 21 Ein Ringmagnet wird über den Reedschalter geschoben, angezeigt werden die Schließ- und Öffnungspositionen.

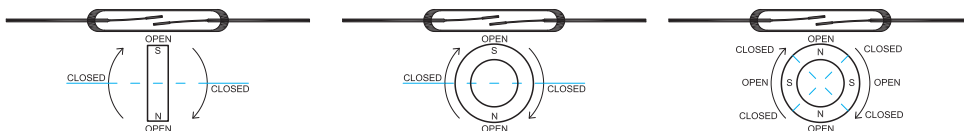


Abb # 20 Reedschalter und Magnet in rotierender Bewegung.



Ein Eisenschirm unterbricht den magnetischen Fluss in Abb. # 22

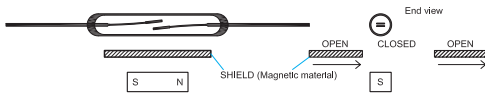


Abb. # 22 Die magnetische Abschirmung zwischen dem Reedschalter und dem Dauermagneten hat einen direkten Einfluß auf das Öffnen und Schließen des Reedschalters.

Drehbewegung um eine Achse in Abb. # 23.

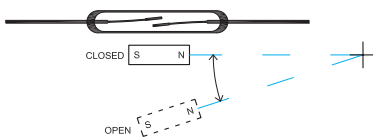


Abb. # 23 zeigt den Einfluss eines um den Drehpunkt rotierenden Magneten auf den Reedschalter.

Diverse Schaltfunktionen in Abb. # 24, Abb. # 25, Abb. # 26, Abb. # 27, Abb. # 28. Und Kombinationen bei senkrecht stehenden Magneten in Abb. # 29, Abb. # 30, Abb. # 31 und Abb. # 32.

Es ist von großer Wichtigkeit, bei all den gezeigten Möglichkeiten das vorhandene Magnetfeld und die Bewegungsrichtung von Magnet und/oder Reedschalter genauestens zu untersuchen und zu verstehen. Hier gibt es beträchtliche Unterschiede im Zusammenspiel, da die Größe des Reedschalters und des Magneten, sowie die magnetische Feldstärke und die magnetische Empfindlichkeit des Schalters eng miteinander kooperieren.

Bei der Auslegung muss als erstes das Gehäuse so anwendungsnah wie möglich nachgebildet werden. In Abb. # 24 zeigen wir die unterschiedlichen Schaltpunkte, sowohl in der x- als auch in der y-Achse. Diese sogenannten Schaltkeulen repräsentieren Schaltbereiche

in der x-Achse bei entsprechender Positionierung des Reedschalters/Magneten. Die Öffnungs- und Schließpunkte sind relativ zu den Magnetbewegungen, dasselbe gilt für die y-Achse. In unserem Beispiel sehen wir die drei Schaltkeulen des Reedschalters. Dabei ist der mittlere der drei Schaltpunkte der magnetisch empfindlichste. Die Abbildung zeigt die drei Schaltpunkte in der y-Achse im relativen Verhältnis zueinander.

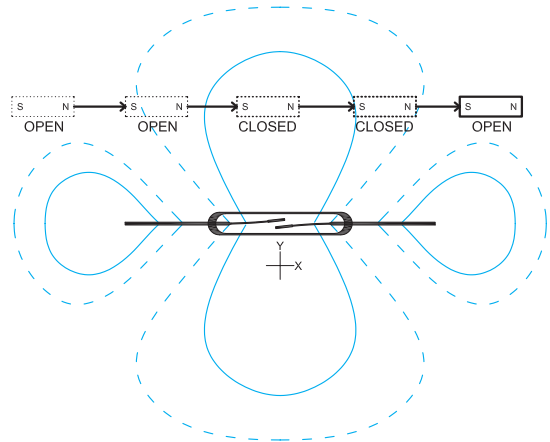


Abb. # 24 Schließen, Öffnen, Halten - diese drei Schaltzustände werden hier abgebildet.

Die dargestellten Haltebereiche spiegeln die Hysterese der unterschiedlichen Schaltkeulen wider und sind bei jedem Reedschalter unterschiedlich. In Anwendungen für Levelsensoren macht sich ein etwas größerer Haltebereich positiv bemerkbar, insbesondere wenn der Flüssigkeitslevel durch die Bewegungen etwas schwankt. Wird die in Abb. # 24 aufgezeigte Anordnung verwendet, so kann der größte Abstand zwischen Magnet und Reedschalter realisiert werden.

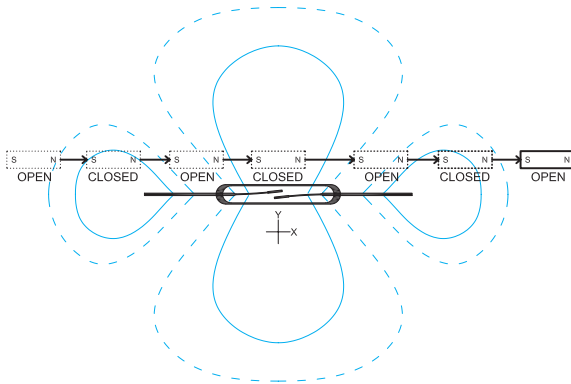


Abb. # 25 Hier werden die Punkte gezeigt, an denen der sich dem Reedschalter parallel nähernde Magnet öffnet und schließt. Der Reedschalter wird in diesem Fall drei Mal öffnen und schließen.

Abb. # 25 zeigt eine weitere parallele Anordnung mit bis zu drei Schaltpunkten.

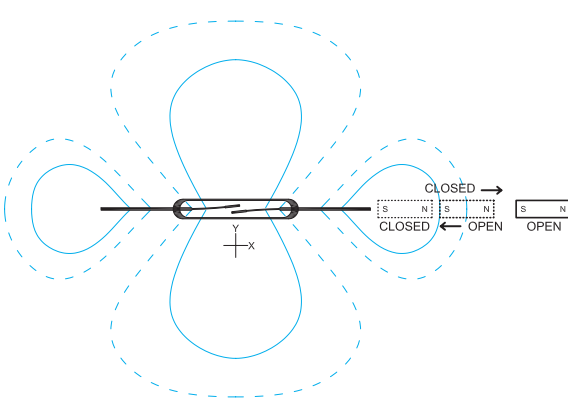


Abb. # 26 Das Schließverhalten wird beim parallelen Annähern aufgezeigt.

Bei der Parallelbewegung des Magneten kann auch die außenliegende Keule gut als Magnetisierungsbereich angesteuert werden.

Abb. # 26 zeigt diese Möglichkeit. In diesem Falle kommt es nur zu einem Schaltpunkt.

Eine weitere Annäherungsmöglichkeit des Magneten bei paralleler Anordnung: Der Magnet nähert sich in vertikaler Bewegung auf den Reedschalter zu. Siehe Abb. # 27: Hier wird die Hauptmagnetkeule zum Schließen benutzt. Abb. # 28 zeigt ebenfalls die Anordnung mit vertikaler Annäherung, aber auf dem außenliegenden Magnetisierungsbereich.

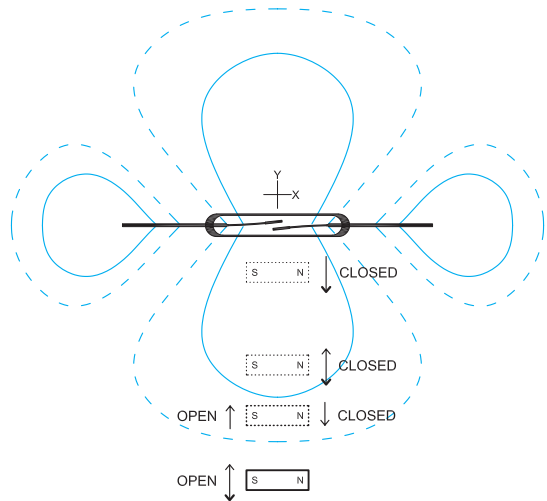


Abb. # 27 Das Öffnungs- und Schließverhalten eines Reedswitchers bei Annäherung auf die Hauptkeule in paralleler und senkrechter Bewegung zum Reedschalter.

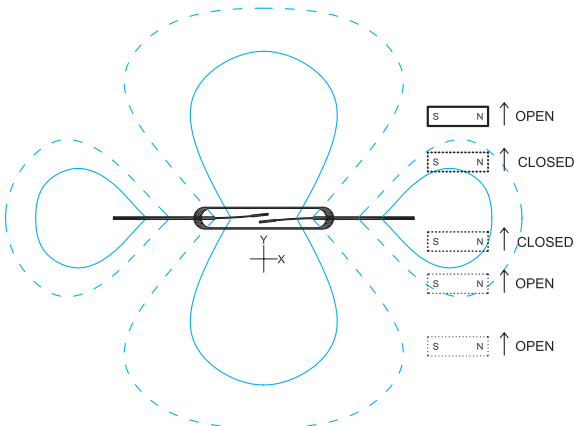


Abb. # 28 Die Schließ-, Öffnungs- und Haltepunkte bei der Parallelbewegung eines Magneten über die Außenkeule eines Reed Schalters.

Eine weitere interessante Variante der Parallelannäherung mit Vertikalbewegung zeigt Abb. # 29. Die Darstellung erfolgt in der y-z-Achse. Die Schließ- und Öffnungspunkte für die unterschiedlichen Magnetpositionen sind klar definiert.

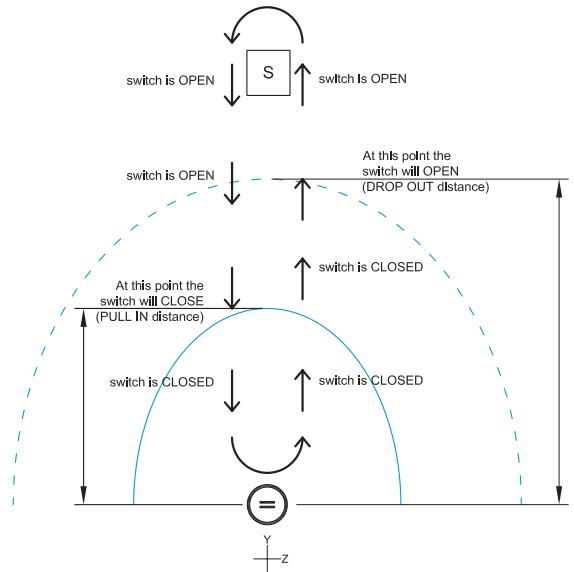


Abb. # 29 Öffnungs-, Schließ- und Haltepunkte bei der dargestellten Magnetbewegung.

In Abb. # 30 steht der Magnet senkrecht zum Reedschalter. Auch hier zeigt die Skizze die Schließ-, Öffnungs- und Haltebereiche bei der gezeichneten x-y-Anordnung (der Magnet sitzt etwas versetzt in y-Richtung zur x-Achse der Reedschaltermitte). Wird der Magnet in der x-Achse bewegt und der entsprechende Abstand eingehalten, ergeben sich je zwei Schließ- und Öffnungsbereiche.

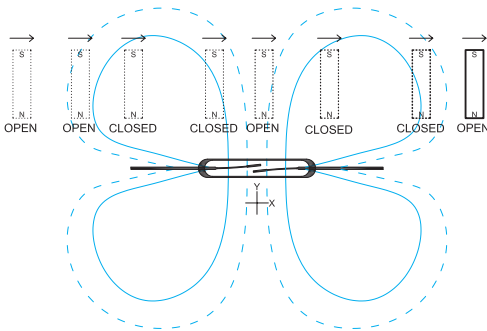


Abb. # 30 Die Schaltbereiche bei einem vertikal angeordneten Magneten mit paralleler Bewegung über dem Reedschalter.

In Abb. # 31 ist der Magnet ebenfalls senkrecht zum Reedschalter angeordnet. Magnetmittellinie und Reedmittellinie sind in der y-Richtung gleich, somit hebt sich das Magnetfeld auf. Der Reedschalter bleibt über die gesamte x-Bewegung offen.

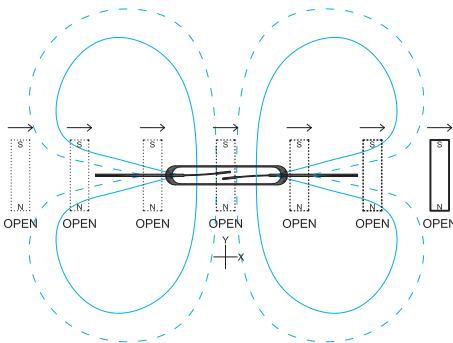


Abb. # 31 Der Magnet bewegt sich parallel zum Reedschalter auf dessen x-Achse.

Abb. # 32 zeigt eine andere, interessante Anordnung mit einem senkrecht angebrachten Magneten. Dieser bewegt sich mit etwas Abstand auf der y-Achse. Dabei ergeben sich zwei Öffnungs- und zwei Schließbereiche, beide mit derselben magnetischen Intensität.

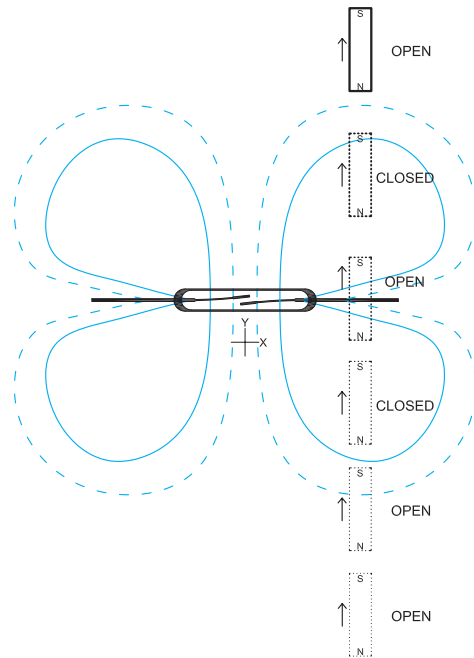


Abb. # 32 Senkrechte Anordnung der Magnete

In Abb. # 33 bewegt sich der ebenfalls senkrecht angebrachte Magnet exakt auf der x-Achse (Spaltmitte) des Reedschalters. Die Bewegung erfolgt in y-Richtung. Dabei bleibt der Reedschalter immer offen.

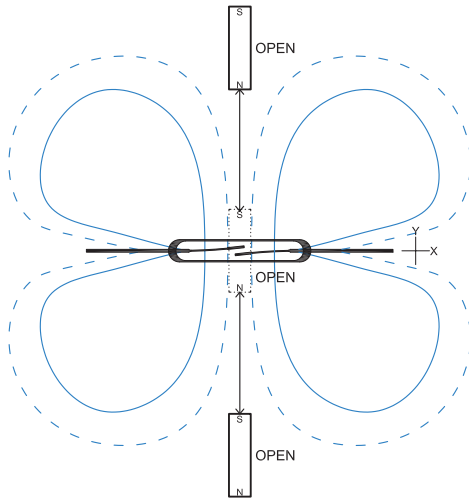


Abb. # 33 Senkrecht angebrachter Magnet mit einer Bewegung auf der y-Achse. Das Magnetfeld hebt sich über den Spalt auf, keine Schließfunktion.

Mit den vorangegangenen Anordnungen werden Möglichkeiten und Grenzen von Reedschaltern aufgezeigt. In der Praxis taucht selten nur eine der gezeigten Möglichkeiten auf, es ist meist eine Summe aus mehreren Bewegungsachsen, die den Reedschalter an einem bestimmten Punkt öffnen und schließen lassen, z. B. auch Rotationsbewegungen. Der Einfachheit halber haben wir bei der Darstellung mit einem bewegten Magneten und einem feststehenden Reedschalter gearbeitet. Natürlich funktionieren diese Anordnungen auch mit feststehenden Magneten und bewegten Reedschaltern in derselben Weise. Sind die Magnete mehrfach magnetisiert (siehe Magnetsektion dieses Buches), dann können sich die Schaltpunkte noch verschieben. Hier raten wir zu praktischen Laborerprobungen, zur Festlegung der Schaltpunkte.

Magnetkräfte lassen sich durch Zusatzmagnete verstärken oder aufheben, je nach Polarität. Hier ergeben sich interessante Gestaltungsmöglichkeiten.

Abb. # 34 zeigt eine der Möglichkeiten.

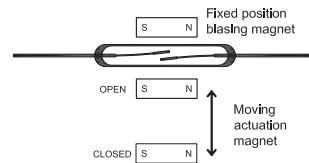


Abb. # 34 Ein vorhandenes Magnetfeld wird durch den bewegten Magneten aufgehoben und löst eine Schaltfunktion aus (hier Öffnen).

Um einen bistabilen Sensor aufzubauen, nutzt man ebenfalls einen zweiten Magneten. Dabei wird die Hysterese des Reedschalters (die Differenz zwischen Ein- und Ausschalten) als Arbeitspunkt ausgenutzt (siehe Abb. # 35). Bei dieser Anordnung kommt es auf die exakte Positionierung der Halte- und Auslösemagneten an. Um von der einen in die andere Position zu schalten, muss das Magnetfeld umgepolt werden (z.B. durch Richtungsänderung).

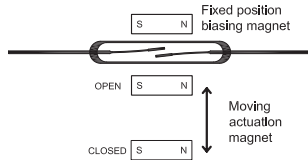


Abb. # 35 Grundaufbau eines bistabilen Sensors. Der Reedschalter wird durch einen Magneten geschlossen. Ein zweiter Magnet mit entsprechendem Feld verschiebt die Arbeitspunkte; der Reedschalter verharrt bis zur nächsten Magnetänderung in der geschlossenen oder geöffneten Position.

Standex-Meder hat einen ferromagnetisch sensitiven Schalter entwickelt (Magnetbrückensensor). Bewegt sich ferromagnetisches Material (Metalltüre, Zylinder etc.) am Sensor vorbei, wird die Schaltfunktion ausgelöst – der Schalter öffnet und schließt je nach Position (siehe Abb. # 36). Es werden keine externen Magnete zum Auslösen des Reedschalters benötigt (siehe unsere Serie MK02).

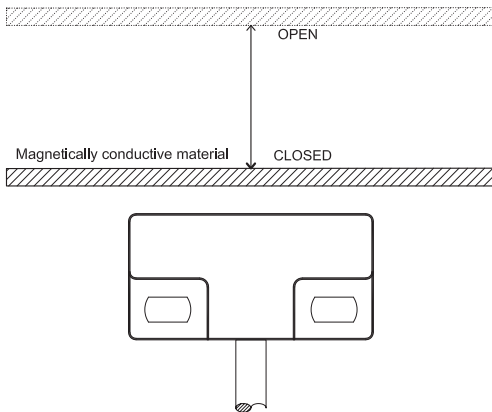


Abb. # 36 Zur Betätigung wird kein externer Magnet benötigt. Nähert sich der Sensor einer magnetisch leitenden Fläche, so schaltet der Reedschalter. Wird diese entfernt, so öffnet er wieder.



# Reedsensoren im Vergleich zu Halleffektsensoren

Seit einigen Jahren sind, als magnetische Sensoren, auch Halleffektsensoren auf dem Markt. Auf Halbleitertechnologie aufgebaut, deshalb im ersten Moment vielleicht etwas unanfälliger, haben diese sicherlich auch das Interesse von Entwicklungsingenieuren mehr geweckt als herkömmliche mechanische Bauelemente.

Trotzdem gibt es eine ganze Menge bemerkenswerter Vorteile der Reedtechnologie, vergleicht man diese mit der Halleffektwelt.

Betrachten wir zuerst die Reedtechnologie. Herzstück eines jeden Reedsensors ist der Reedschalter, entwickelt Ende der 30er Jahre durch ein Labor der Bell Industries in den USA. Der andere wichtige Part ist der Magnet oder ein Magnetfeld; dies wird zum Öffnen und Schließen des Reedschalters benötigt.

Während der letzten 70 Jahre wurden viele neue Technologien in den Fertigungsprozess eines Reedschalters übernommen, ohne Zweifel haben sich Qualität, Zuverlässigkeit und Preis-/Leistungsverhältnis positiv entwickelt. Gerade deshalb möchten wir die Aufmerksamkeit nochmals auf die Vorteile richten; bei kritischen und höchsten Schaltansprüchen lohnt sich ein detaillierter Blick auf die Vorteile dieses Bauelements.

Eine eigene Sprache über die mögliche Qualität, Vielfältigkeit und Zuverlässigkeit, spricht der Einsatz von Reedschaltern in modernen Testsystemen (ATE = Automatic Test Equipment). Eingebaut sind die Reedschalter in Reedrelais, geschaltet werden die unterschiedlichsten Testkonfigurationen für integrierte Schaltungen, ASIC`s, Wafertester sowie Funktionstester für Platinen. Für diese Applikationen kommen bis zu 20.000 Relais in einem Testsystem zum Einsatz. Fällt nur ein Relais aus, so entspricht dies einer Fehlerquote von 50 ppm (parts per million). Um den täglichen Anforderungen gerecht zu werden, müssen deshalb Ausfallquoten weit unter 50 ppm erreicht werden. Zuvor war diese Anforderung nur sehr schwer zu erreichen, auch für Halbleiterelemente. Mit all den Verbesserungen konnte diese Schallmauer

aber durchbrochen werden. Heute laufen Testsysteme in vielen Fällen rund um die Uhr, das ganze Jahr hindurch und mit einer Lebensdauererwartung von mehreren Billionen Schaltspielen.

Ein anderes Beispiel ist der Automotivebereich, wo selbst beim Einsatz an kritischen Stellen (Bremsflüssigkeitsüberwachung, Airbagsensor, etc.) dem Reedschalter der Vorzug vor anderen Bauelementen gegeben wird. Hinzu kommen Applikationen in der Medizintechnik (Hörgeräte, Herzschrittmacher, etc.), sowie in der Medizinelektronik.

Vergleicht man den Reedsensor mit dem Halleffektsensor, so möchten wir folgende Vorteile herausarbeiten:

## Preiswert

Der Halleffektsensor selbst mag zwar den Preis eines Reedschalters unterlaufen, rechnet man aber die meist notwendige Außenbeschaltung, Signalverstärkung und eventuell sonst nicht notwendige Stromversorgung dazu, sieht die Welt anders aus.

## Hoher Isolationswiderstand

Der Isolationswiderstand über einem geöffneten Reedschalter, ist mit  $10^{15}$  Ohm absolut unschlagbar. Dies reduziert den Leckstrom auf Werte im Bereich von Femtoamperes. Die Leckströme sind beim Halleffektsensor um Klassen höher. Gerade die Medizintechnik erwartet die Reduzierung des Leckstroms auf geringste Werte, bei Implantaten in der Nähe des Herzens können höhere Ströme zur Beeinflussung natürlicher, körpereigener Regeleinrichtungen führen.

## Hermetisch dicht

Der Reedschalter ist hermetisch komplett dicht und kann so in fast jeder denkbaren Umgebung eingesetzt werden.

## Geringer Übergangswiderstand

Der Reedschalter hat mit 50 mOhm einen sehr geringen Übergangswiderstand im geschlossenen Zustand. Halleffektsensoren erreichen hier zum Teil Hunderte von Ohm.

## Hohe Schaltleistung

Die Bandbreite der möglichen Lastfälle, die mit einem Reedschalter geschaltet werden können sind: Von Nanovolt bis Kilovolt, Femtoampere bis Ampere, DC bis 10 GHz. Der Halleffektsensor hat hier einen relativ eingegrenzten Bereich.

## Hohe Ansprechempfindlichkeit

Der Reedschalter lässt sich in einer großen magnetischen Empfindlichkeitsbandbreite herstellen (AWan von 5 bis 200 AW entspricht 0,5 mT bis 20 mT je nach Typ).

## Leichter Verbau

Reedschalter sind absolut ESD-unempfindlich. Halleffektsensoren, je nach Technologie, sind gegen jede Spannungsentladung zu schützen.

## Hohe Schaltspannung

Selbst kleinste Reedschalter sind in der Lage, Spannung bis 1.000 Volt zu isolieren. Beim Halleffektsensor ist in diesen Größenordnungen eine Schutzbeschaltung notwendig.

## Hoher Transportstrom

Reedschalter sind in der Lage, große Ströme über den geschlossenen Schalter zu transportieren, dieser Wert kann um den Faktor 3 über dem Schaltstrom liegen.

## Hohe Schockfestigkeit

In das richtige Gehäuse verpackt lässt sich der Reedschalter auch mit dem Halleffektsensor bei Schock und Vibration vergleichen.

## Lange Lebensdauer

Da der Reedschalter bei Lasten unter 5 Volt keiner Abnutzung unterliegt, lassen sich Schaltspiele in Milliardenhöhe erreichen. Diese Werte sind mit MTBF-Zahlen von Halbleitern zu vergleichen.

## Weiter Temperatur Bereich

Selbst bei Temperaturen von -55 °C und +200 °C arbeitet der Reedschalter ohne Zusatzbeschaltung und somit

ohne Zusatzkosten noch mehr als zuverlässig. Dies ist einer der größten Vorteile.

## Keine externe Stromversorgung nötig

Ideal geeignet für transportable und batteriebetriebene Geräte.

Zum erfolgreichen Design eines Produktes gehört natürlich, wie auch in Ihrer Branche, eine Portion Fachwissen. Wir können Ihnen viele Lösungen aufzeigen die bereits seit Jahren erfolgreich in der Praxis eingesetzt werden. Gerne stellen wir uns diesen Herausforderungen täglich neu, denn nur so ist gewährleistet, dass unser Bauteil in Ihrer Applikation langfristig den besten Nutzen bringt.

## Vergleichstabelle Reedensoren vs. Halleffektensoren

Spezifikationen	Reedsensor	Hallsensor
Sensibilität	Externes Magnetfeld 0,5 mT	Externes Magnetfeld 1,5 mT
Schaltabstand	Bis zu 40 mm und gegebenenfalls mehr	Bis zu 20 mm
Leistungsaufnahme	Keine	Gleichstrom > 10 mA, empfindlichkeitsabhängig
Konstante Energieversorgung	Nein	Zwingend benötigt
Zusätzliche Anforderungen	Keine	Hall-Spannungsgenerator, Signalverstärkung, Temperaturstabilisierung
Hysterese	Je nach Kontakttyp an die Designanforderungen anpassbar	Festeinstellung bei normalerweise ca. 75 %
Auswertelektronik erforderlich	Nein	Ja
Direkte Lastschaltung, Laststeuerung	Ja, bis zu 3 A oder bis 10.000 V, je nach ausgewähltem Reedschalter	Nein, benötigt externe Beschaltung
Schaltleistung	Bis zu 100 W, je nach Schaltertyp	Wenige mW
Schaltspannung	Bis 1.000 V	Benötigt externe Zusatzbeschaltung
Schaltstrom	0 bis 3 A	Benötigt externe Zusatzbeschaltung
Polaritätsabhängigkeit	Nein	Ja
Ausgangs-Offset-Spannung	Keine	Vorhanden, u.a. temperaturabhängig, Verschlechterung beim Übermolden
Stabilisierungsschaltung erforderlich	Nein	Ja, trägt dazu bei die Ausgangs-Offset-Spannung zu reduzieren
Frequenzbereich	Von DC bis Wechselspannungen mit Frequenzen bis zu 6 GHz	Schaltfrequenz 10.000 Hz
Kontaktwiderstand, Ausgang geschlossen	ca. 50 Milliohm	> 200 Ohm
Zu erwartende Lebensdauer bei 5 V und 10 mA	> 1 Milliarde Schaltspiele	Unbegrenzt, da Halbleitertechnik
Ausgangskapazität	0.2 pF typisch	100 pF typisch
Eingangs-/Ausgangs isolation	10 <sup>12</sup> Ohm	10 <sup>12</sup> Ohm
Isolation über den Ausgang	10 <sup>12</sup> Ohm	10 <sup>6</sup> Ohm
Durchbruchspannung-Ausgang	Bis zu 10 kV.möglich	< 10 V typisch
ESC-Empfindlichkeit	Nein, benötigt keinen externen Schutz	Ja, benötigt externe Schutzbeschaltung
Hermetisch geschlossen	Ja	Nein
Schock	Bis 150 g	Bis 150 g
Vibration	Bis 10 g	Bis 50 g
Arbeitstemperatur	-55 °C bis 200 °C	0 °C bis 70 °C typisch
Lagertemperatur	-55 °C bis 200 °C	-55 °C bis 125 °C

## Reedschalter im Vergleich zu mechanischen Mikroschaltern

Spezifikationen	Reedschalter	Mechanische Mikroschalter
Schaltdistanz – Berührung	Bis 40 mm Abstand	Berührung (Null Entfernung)
Leistungsaufnahme	Keine	Keine
Schaltkraft	Externes Magnetfeld > 5 Gauss Min.	Mechanische Kraft
Hysteresese	Abstimbar auf die Applikation	Verschiedene Werte (D.T.)
Lebensdauer: Low Level	10 <sup>10</sup> Schaltspiele	10 <sup>6</sup> Schaltspiele
Schaltspannung	Bis 200 V (10.000 V möglich)	250 VAC
Schaltstrom/Transportstrom	Bis 3 A/Bis 5 A	Bis 25 A
Schaltlast Minimum	Keine Mindestlast notwendig ( $\mu$ V / pA)	50 mW
Schaltlast Maximum	Bis 100 Watt	Bis 5.000 Watt
Isolationswiderstand	10 <sup>14</sup> Ohm	10 <sup>9</sup> Ohm
Kontaktwiderstand	50 Milliohm	100 Milliohm
Geräusch	Kaum wahrnehmbares Schaltgeräusch	Schaltgeräusch
Überlast	Sehr empfindlich	Unempfindlich
Hermetisch dicht	Ja	Nein
Allgemein	Galvanisch isoliert (Luftspalt)	Galvanisch isoliert (Luftspalt)
Bestückung/STD.	20.000 Stück	5.000 Stück

# Magnete und deren Eigenschaften

Magnete sind in vielfältigster Weise am Markt verfügbar. Nahezu jede nur denkbare Abmessung und Geometrie kann realisiert werden. Der Magnet wird benötigt, um den Reedschalter zu betätigen. Die unterschiedlichen Materialien haben dabei (je nach Abmessung und Geometrie) bevorzugte und weniger bevorzugte Eigenschaften. Häufigste Bauformen sind Zylinder-, Block- und Ringmagnete. Abhängig von der jeweiligen Anforderung, werden die Magnete in den unterschiedlichsten Formen magnetisiert (siehe Abb. # 1).

Darüber hinaus liefern die unterschiedlichen Magnetwerkstoffe auch unterschiedliche Feldstärken, sowie verschiedene magnetische Induktionen (flux density). Zusätzlich zu den geometrischen Abmessungen und den verschiedenen Magnetwerkstoffen gibt es weitere Faktoren, die bestimmend für die Arbeitsleistung eines

Magneten sind. Montageort, Umfeld und Feldstärke können den Magnetkreis zwischen Reedsensor/Reed-schalter und Magnet doch erheblich verändern.

Werden Magnete zum Steuern von Reedsensoren eingesetzt, so ist die Umgebungstemperatur sowohl im Betrieb, als auch beim Lagern von Magneten von großer Bedeutung. Es können bei hohen Temperaturen irreversible Schäden auftreten, sog. Curie-Temperaturen, mit starkem Einfluss auf die magnetische Feldstärke, sowie die Langzeitstabilität. Zum Einsatz im heißen Umfeld bis 450 °C sind z. B. AlNiCo Magnete bestens geeignet.

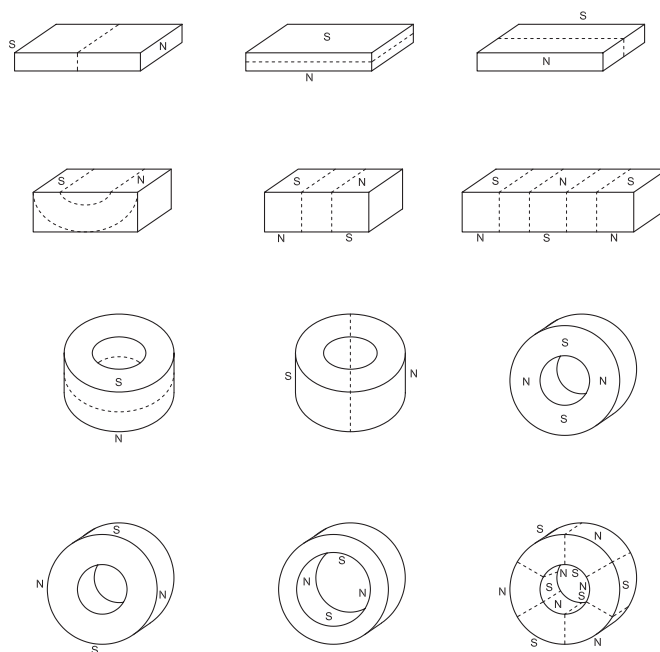


Abb. # 1 Eine Auswahl unterschiedlicher Magnetformen. Fast jede Magnetisierung ist denkbar.

## Allgemeine Hinweise zu den Magnetwerkstoffen

Magnete haben reversible und irreversible Entmagnetisierungseigenschaften. Vorsicht ist geboten bei Schock, Vibration, starken externen Feldern ganz in der Nähe sowie hohen Temperaturen. Dies kann, mit unterschiedlicher Intensität, Einfluss auf die magnetische Kraft und Langzeitstabilität des Magneten haben. Idealerweise ist der Magnet am bewegten Teil einer Sensorapplikation angebracht. Die fachmännische Abstimmung von Magnet und Reedschalter bestimmt, in nicht unerheblichem Maße, die Funktionsfähigkeit des gesamten Sensorsystems.

Kosten	Ferrite	AlNiCo	NdFeB	SmCo
Energieprodukt (BxHmax.)	Ferrite	AlNiCo	SmCo	NdFeB
Einsatztemperatur	NdFeB	Ferrite	SmCo	AlNiCo
Korrosionsbeständigkeit	NdFeB	SmCo	AlNiCo	Ferrite
Gegenfeld-Resistenz	AlNiCo	Ferrite	NdFeB	SmCo
Mechanische Festigkeit	Ferrite	SmCo	NdFeB	AlNiCo
Temperaturkoeffizient	AlNiCo	SmCo	NdFeB	Ferrite

AlNiCo Merkmale	Standard Geometrie- und Magnetisierung	
	Quader	Stab
<ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatztemperatur -250 bis +450 °C</li> <li>Kleiner Temperaturkoeffizient</li> </ul>		

## AlNiCo-Magnete

AlNiCo-Magnete sind hergestellt aus den Metallen Aluminium, Nickel, Cobalt, Eisen, Kupfer und Titan im Sinter- oder Gussverfahren. Es ist ein harter Werkstoff, der sich nur wirtschaftlich durch Schleifen bearbeiten lässt. Durch seine Werkstoffeigenschaften ist die Dimensionierung optimal gewählt, wenn die Länge wesentlich größer ist als der Durchmesser. Im Einsatz mit Reedschaltern empfiehlt sich ein Verhältnis Länge zu Durchmesser von > 4 zu 1. AlNiCo-Magnete haben eine exzellente Temperaturstabilität. AlNiCo-Stab-Magnete sind problemlos in der Lage, alle von uns angebotenen Reedschalter zu aktivieren.

AlNiCo Magnete Daten gemäß DIN 17410		Min.	Typ.	Max.	Units
Energieprodukt	(B x H) max.		35		kJ/m <sup>3</sup>
Remanenz		600		1300	mT
Koerzitivfeldstärke der magnetischen Flußdichte	H <sub>cb</sub>		45		kA/m
Koerzitivfeldstärke der magnetischen Polarisation	H <sub>cj</sub>		48		kA/m
Dichte			7,3		g/cm <sup>3</sup>
Max. Einsatztemperatur				450	°C
Curie Temperatur				850	°C
Angaben gemäß Hersteller und Magnettyp (Werkstoff)					



## Selten-Erden-Magnete (NdFeB & SmCo)

SmCo Merkmale	Standard Geometrie- und Magnetisierung		
	Scheibe	Quader	Stab
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Energiedichte</li> <li>• Kleines Volumen</li> <li>• Einsatztemperatur bis +250 °C</li> <li>• Höchste Gegenfeld-Resistenz</li> <li>• Kunststoffgebunden erhältlich</li> </ul>			

NdFeB Merkmale	Standard Geometrie- und Magnetisierung		
	Scheibe	Flachquader	Ring
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höchste Energiedichte</li> <li>• Kleines Volumen</li> <li>• Einsatztemperatur bis +180 °C</li> <li>• Deutlich preiswerter als SmCo</li> <li>• Kunststoffgebunden erhältlich</li> </ul>			

Magnete aus Selten-Erden-Materialien wie SmCo (Samarium-Kobalt) und NdFeB (Neodym-Eisen-Bor) haben den höchsten Energiegehalt pro Volumen und Gewicht und auch den besten Entmagnetisierungswiderstand.

Zum Vergleich Magnete mit gleichem Energiegehalt:

- Hartferrit = Volumen 6 cm<sup>3</sup>
- AlNiCo = Volumen 4 cm<sup>3</sup>
- SmCo = Volumen 1 cm<sup>3</sup>
- NdFeB = Volumen 0.5 cm<sup>3</sup>

Beide Magnete werden im Sinterverfahren hergestellt, sind hart und spröde und können nur durch Schleifen bearbeitet werden. Der Temperaturbereich reicht bis 250 °C. Es lassen sich kleine Magnete herstellen. Nachteil ist der etwas teurere Grundstoff und die limitierte Materialverfügbarkeit für spezielle Legierungen.

Unterschiedliche Größen und Magnetisierungsvarianten erlauben viele kreative Varianten bei der Auswahl von Reedschalter und Magnet für die Funktionsfähigkeit der Applikation.

SmCo <sub>5</sub> Magnete Daten gemäß DIN 17410		Min.	Typ.	Max.	Units
Energieprodukt	(B x H) max.	150		220	kJ/ m <sup>3</sup>
Remanenz	B <sub>r</sub>	900		1050	mT
Koerzitivfeldstärke der magnetischen Flußdichte	H <sub>cb</sub>		700		kA/m
Koerzitivfeldstärke der magnetischen Polarisaton	H <sub>cj</sub>		1500		kA/m
Dichte			8,3		g/cm <sup>3</sup>
Max. Einsatztemperatur				250	°C
Curie Temperatur				750	°C
Angaben gemäß Hersteller und Magnettyp (Werkstoff)					

NdFeB Magnete Daten gemäß DIN 17410		Min.	Typ.	Max.	Units
Energieprodukt	(B x H) max.	200		400	kJ/ m <sup>3</sup>
Remanenz	B <sub>r</sub>	1020		1400	mT
Koerzitivfeldstärke der magnetischen Flußdichte	H <sub>cb</sub>		800		kA/m
Koerzitivfeldstärke der magnetischen Polarisaton	H <sub>cj</sub>	955		2000	kA/m
Dichte			7,6		g/cm <sup>3</sup>
Max. Einsatztemperatur				160	°C
Curie Temperatur				330	°C
Angaben gemäß Hersteller und Magnettyp (Werkstoff)					

## Hart-Ferrit-Magnete

Ferrit Merkmale	Standard Geometrie- und Magnetisierung			
	Scheibe	Quader	Stab	Ring
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preisgünstigster Magnetwerkstoff</li> <li>• Einsatztemperatur bis 300 °C</li> <li>• Vielfältige Formgebung und magnetische Orientierung</li> <li>• Kunststoffgebunden erhältlich</li> </ul>				

Hartferrite werden hergestellt aus Eisenoxyd und Barium bzw. Strontiumoxyd. Die einzelnen Rohstoffe werden gemischt und im Allgemeinen zur Erzeugung der magnetischen Phase vorgesintert. Der vorgesinterte Stoff wird zerkleinert. Das Pulver wird im Magnetfeld (anisotrop) nass oder trocken, oder ohne Magnetfeld (isotrop) verpresst und anschließend gesintert. Eine Bearbeitung ist nur durch Schleifen möglich. Ferritmagnete sind durch das preiswerte Rohmaterial eine kostengünstige Variante unter den verschiedenen Magnettypen. Sie haben eine

sehr gute elektrische Isolationswirkung und entmagnetisieren sich äußerst schwer, auch bei großen externen Magnetfeldern. Die Korrosionsneigung ist gering. Bevorzugte Bauformen sind lange und dünne Ausführungen, aber auch runde Formen lassen sich problemlos herstellen. Nachteilig ist, dass die Magnete brüchig und kaum zugfest sind. Hartferrite entsprechen in der Härte und Sprödigkeit einem keramischen Werkstoff. Zudem ist die Temperaturfestigkeit limitiert, und das Verhältnis von Energie zu Volumen ist gering.

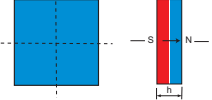
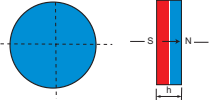
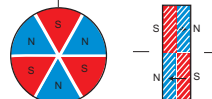
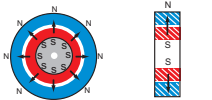
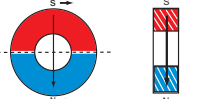
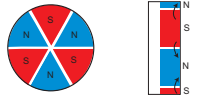
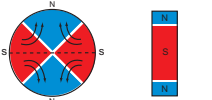
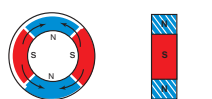
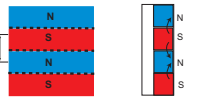
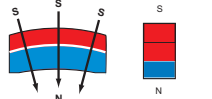
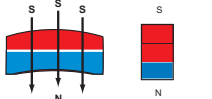
Ferrit Magnete Daten gemäß DIN 17410		Min.	Typ.	Max.	Units
Energieprodukt	(B x H) max.		26		kJ/ m <sup>3</sup>
Remanenz	B <sub>r</sub>	200		410	mT
Koerzitivfeldstärke der magnetischen Flußdichte	H <sub>cb</sub>		200		kA/m
Koerzitivfeldstärke der magnetischen Polarisation	H <sub>cj</sub>		240		kA/m
Dichte			4,8		g/cm <sup>3</sup>
Max. Einsatztemperatur				250	°C
Curie Temperatur				450	°C
Angaben gemäß Hersteller und Magnettyp (Werkstoff)					

## Handhabungshinweise für Magnete

	<p>Die starken magnetischen Anziehungskräfte können Hautquetschungen verursachen. Es sind ausreichend Sicherheitsabstände der Magnete zueinander und zu ferromagnetischen Teilen einzuhalten!</p>
	<p>Beim Zusammenprall energiereicher Magnete treten mitunter Splitterungen auf. Daher stets Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen!</p>
	<p>Schleifstaub von Seltenerd-Magneten ist selbstentzündlich! Stets mit Wasser bearbeiten!</p>
	<p>Beim Aufeinanderprallen von Magneten ist mit Funkenbildung zu rechnen. Das Handling und Bearbeiten in explosionsgefährdeter Umgebung ist verboten.</p>
	<p>Starke Magnetfelder können elektronische und elektrische Geräte sowie Datenträger beeinflussen. Magnete nicht in die Nähe von Herzschrittmachern, Navigationsinstrumenten, Disketten, Scheckkarten, etc. bringen.</p>
	<p>Im Luftfrachtverkehr ist evtl. eine entsprechende Deklaration erforderlich</p>
	<p>Radioaktivität kann die Magnetisierung reduzieren, ebenso wie das Zusammenführen gleicher Pole.</p>
	<p>Die angegebene Einsatztemperatur des Magneten darf nicht überschritten werden.</p>

Bitte wenden Sie sich bei allen weiteren Fragen zum Thema Magnete an uns!

# Magnetisierung

Magnetisierung		Anwendungsbeispiele	Ausrichtung
	In der Höhe durchmagnetisiert (Vorzugsrichtung)	Motoren, magnetische Kupplungen, ABS-Systeme, Haftsysteme, Abschneider, Druckwalzen	Isotrop Anisotrop
	Axial magnetisiert	Lautsprecher, Topfmagnetsysteme, Haftsysteme, Magnet-schalter, Schutzgaskontrolle	Isotrop Anisotrop
	Axial sektorenförmig durchmagnetisiert, z.B. 6-polig	Synchronmotoren, Kupplungen, Bremsen, Hallensoren, Festplatten	Isotrop Anisotrop
	Radial magnetisiert	Hubmagnete, Haftsysteme, Lager	Isotrop Anisotrop
	Diametral magnetisiert	Synchronmotoren, Pumpen	Isotrop Anisotrop
	Sektorenförmig auf einer Fläche magnetisiert	Magnetseparation, Bremsen, Haftsysteme, Hallensoren, Festplatten	Isotrop Anisotrop polorientiert
	Mehrpole am Umfang magnetisiert, z.B. 4-polig	Dynamos, Motoren, Kupplungen, Bremsen, Hallensoren, Tachogeneratoren	Isotrop polorientiert
	Zwei- o. mehrpolig am Innen-ø magnetisiert, z.B. 4-polig	Kupplungen, Bremsen, Motoren, Hallensoren, Tachogeneratoren	Isotrop Anisotrop
	Streifenförmig auf einer Fläche magnetisiert P = Polabstand	Haftsysteme, Schutzgaskontakte, Hallensoren, Bremsen	Isotrop Anisotrop polorientiert
	Radial magnetisiert	Motoren, Kupplungen	Isotrop Anisotrop
	Diametral magnetisiert	Motoren, Kupplungen	Isotrop Anisotrop

# Notizen



# Mechanische und elektrische Schutzmaßnahmen für Reedschalter in Relais- und Sensorapplikationen

Viele Anwender von Reedschaltern verarbeiten die Bauteile im eigenen Hause, entweder zu Reedrelais oder Reedsensoren. Wir beschreiben hier zahlreiche prinzipielle Schutzmaßnahmen zur Gewährleistung eines zuverlässigen Betriebes der Reedschalter. Es hat sich unserer Erfahrung nach bewährt, diese zu berücksichtigen.

Die Bearbeitung und Modifizierung von Reedschaltern beinhaltet bei unsachgemäßer Durchführung einige Gefahren. Im Verhältnis zur Glaseinschmelzzone sind die Reedanschlüsse extrem lang. In der Einschmelzzone versucht man, ein ausgewogenes Spannungsverhältnis zwischen Glas und Metall zu erreichen. Dazu, aber auch zur Erreichung gewisser Lastdaten, ist eine entsprechende Drahtstärke notwendig. Das Bearbeiten ist dadurch nicht immer ganz einfach. Biegen und Schneiden von Reedschaltern muss deshalb mit absoluter Vorsicht und entsprechenden Maschinen erfolgen. Jegliche Glasabspaltungen oder Haarrisse an der Einschmelzzone, sind ein Zeichen für unsachgemäße Bearbeitung. Es können im Extremfall auch interne Abspaltungen ohne äußere Anzeichen von Verletzung erfolgen. Ist dies geschehen, sind gravierende Einflüsse auf die Lebensdauer, die Hysterese (Verhältnis von Ein- und Ausschaltbereich), den Einschalt- und Ausschaltbereich, sowie den Kontaktwiderstand nicht auszuschließen.

Manche Hersteller für Reedschalter bieten einen Konfektionsservice an. Hier wird normalerweise mit fachmännischen Vorrichtungen und Maschinen gearbeitet, um diesen Stress für die Reedschalter zu verhindern. Sehr oft ist dieser Service der beste und preiswerteste Weg, auch wenn es im ersten Moment nicht so erscheinen mag.

Wir haben auch die Möglichkeit den Prozess mit umfangreichen Messmitteln zu begleiten. So können eventuelle Frühausfälle sofort erkannt und notfalls beseitigt werden. Untenstehende Abb. # 1 und Abb. # 2 zeigen eine fachmännische Anordnung für den Schneide- und/oder Biegeprozess. Der Effekt auf die Parameter, wie Anzugs- und Abfallempfindlichkeit wird später erläutert.

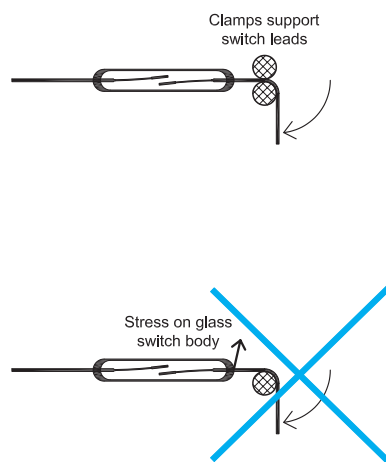


Abb. # 1 So kann man sich eine Entlastung der Paddel beim Biegen / Schneiden vorstellen.

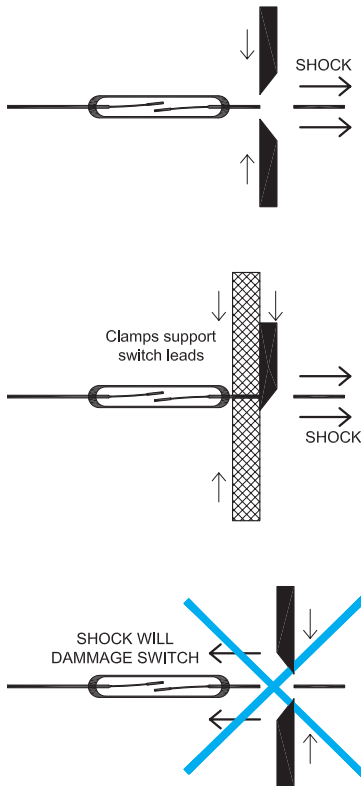


Abb. # 2 Nicht sauber entlastet kann der Schock den Reed-schalter zerstören.

## Löten und Schweißen

Bei der Weiterverarbeitung eines Reed-schalters sind Löten und Schweißen die wichtigsten Verbindungstechniken. In beiden Fällen gilt: Je weiter weg von der Einschmelzzone, um so besser. Bei unsachgemäßer Handhabung können leicht Haarrisse, Glasabsplitterungen oder Druck auf die Einschmelzungen entstehen.

Zu nahe an der Einschmelzzone durchgeführt, ist das Schweißen der gefährlichste Vorgang. In diesem Falle erreichen wir kurzfristige Temperatursprünge von bis

1.000 °C auf der einen Seite des Schalters, die andere Seite ist noch auf 20 °C. Dieses Temperaturgefälle kann die Einschmelzzone in vielfältiger Weise verletzen und letztendlich zu unangenehmen und unerwarteten Früh-ausfällen führen. Siehe auch Abb. # 3

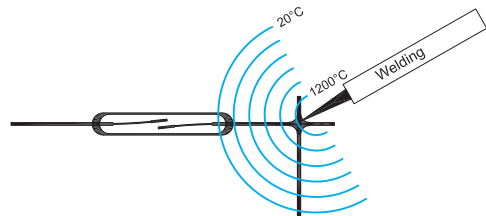


Abb. # 3 Löten und Schweißen kann einen Hitzeschock auf die Glas-Metalleinschmelzung erzeugen.

Das Löten führt in abgeschwächter Form letztendlich zum selben Effekt, mit dem einen Unterschied: Die Löttemperatur liegt bei „nur“ +200 °C bis +300 °C.

Doch es gibt Abhilfe – zwei Möglichkeiten bieten sich an: Abb. # 4 zeigt eine geeignete Wärmeabführung, oder man heizt den Reed-schalter auf eine höhere Temperatur vor.

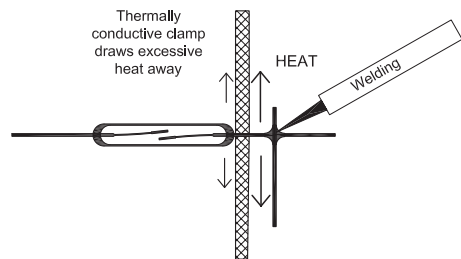


Abb. # 4 Wärmeableitung beim Bearbeiten.

Die meisten kommerziellen Lötanlagen haben vor dem eigentlichen Wellenlötbad einen Vorheizbereich. Wird die Leiterplatte mit dem Reedschalter dort durchgeführt, reduziert sich der Temperaturschock markant. Reedglas und Reedpaddel erwärmen und dehnen sich gleichmäßig aus, und werden so vor Vorschädigung geschützt.

## Einbau in Leiterplatten

Auch beim Einbau eines Reedschalters auf Leiterplatten, gibt es einige Punkte zu beachten. Meist sind die Einzelplatinen im Nutzen untereinander durch feine Stege verbunden. Wird dieser Steg entfernt, kann es zu geringfügigen Verspannungen im Bereich des Reedschalters kommen. Wird die Verformung nicht verhindert, besteht die Gefahr von erhöhtem Druck auf die Einschmelzzonen, die Folgen haben wir schon mehrfach erläutert: Haarrisse, Glasabsplitterungen oder gar Glasbrüche. Erhöhte Gefahr herrscht bei ganz dünnen Leiterplatten durch Oberflächenverbiegung.

## Ultraschallschweißen/-waschen

Das Ultraschallschweißen ist eine weitere gute Verarbeitungsmöglichkeit. Damit lassen sich ganz einfach Gehäuse für Sensoren und Relais verschließen. Hinzu kommen Ultraschallreinigungsstationen in Lötanlagen oder sonstigen Reinigungsprozessen. All diese Verfahren beinhalten einige Gefahren. Die Ultraschallfrequenz liegt zwischen 10 kHz und 250 kHz, manchmal noch höher. Aber nicht nur die Resonanzfrequenz ist eine Gefahr für den Schalter, auch die Resonanzfrequenz des Einbaugesäuses ist zu beachten. Denn bei der entsprechenden Frequenz und Amplitude, sind Langzeitschäden beim Reedschalter nicht auszuschließen. Kommt das Ultraschallverfahren zum Einsatz, raten wir zu ausführlichen Tests mit eingebautem Reedschalter. Dadurch lassen sich auf alle Fälle im Vorfeld, alle Unregelmäßigkeiten eingrenzen und ausschalten.

## Wenn ein Reedschalter hart aufprallt

Fällt ein Reedschalter, ein Reedrelais oder ein Reedsensor auf einen harten Untergrund, ist äußerste Vorsicht geboten. Unter allen Umständen sind Schockeinwirkungen größer 200 G zu verhindern (siehe auch Abb. # 5). Beim Fall aus 30 cm Höhe können Schockeinwirkungen von 100 G und mehr entstehen, und das Reedprodukt zumindest vorschädigen. Abhängig von der Richtung des Schocks, kommt es zur Vergrößerung oder Verkleinerung des Paddelabstandes – beides ist gefährlich und hat starken Einfluss auf die Langzeitstabilität. Gummimatten oder sonstige Schockabsorptionen eliminieren das Problem auf einfachste Art und Weise. Bitte unterweisen Sie auch das Personal in die Problematik und drängen Sie auf eine Wiederholungsprüfung für den Fall eines Schocks.

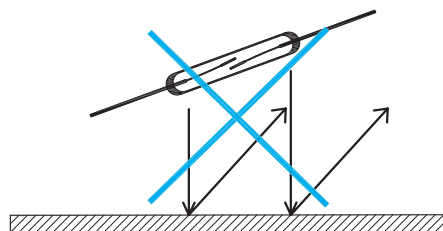


Abb. # 5 Beim Aufprall des Reedschalters auf harten Untergrund können einige 100 G als Schock auf den Schalter wirken.

## Einhausung von Reedschaltern

Vorsicht ist geboten beim Vergießen oder Umpressen eines Reedswitchers. Ob Ein- oder Zweikomponentenverguss, Thermo- oder Duroplastpressen oder ein sonstiges Verfahren – ein Schaden auf dem Reedswitcher kann bei unsachgemäßer Behandlung nicht ausgeschlossen werden. Ohne einen Puffer können Haarrisse oder Glasabsprengungen entstehen. Durch weiche Materialien zwischen Reedswitcher und Gehäuse, schaffen Sie vorzüglich und einfach Abhilfe.

Zudem besteht eine Schutzmöglichkeit in der Anpassung der Ausdehnungskoeffizienten von Gehäuse, Trägerstreifen, Verguss und / oder Pressmasse. Speziell nach dem Aushärten kann es bei falsch angepassten Materialien zu den gefürchteten Haarrissen, Glasabsprengungen und mechanischen Verspannungen am Reedswitcher kommen.

Meist ist die Verwendung einer Kombination bewährter Komponenten der beste Weg, ein Test ist aber oftmals unerlässlich.

## Temperatureffekte und mechanischer Schock

Kommt es beim Einsatz von Reedswitchern zu starken Temperaturschwankungen oder gar Temperaturschocks, so muss dies beim Design eines Produkts berücksichtigt werden. Wie bereits erklärt, führen die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten (Coefficient of thermal expansion) bei unfachmännischem Einsatz der Materialien zu Langzeitgefährdungen. Sie können sicher sein, dass wir beim Design all unserer Produkte größten Wert auf die Auswahl der richtigen Materialien legen und dies durch Langzeittests erprobt wurde. So sind alle unsere Produkte, entsprechend der Spezifikation, resistent gegen Temperaturschwankungen, Schock und Vibration.

# Kontaktsschutz – Elektrische Schutzbeschaltungen

Die Nennlast eines Reedschalters wird im Wesentlichen durch Kontaktgröße, Paddelabstand, magnetische Empfindlichkeit, Kontaktmaterial und Gasbefüllung innerhalb der Glaskapillare bestimmt. Um die bestmögliche Lebensdauer für eine gegebene Last zu erreichen, haben wir einige Informationen zusammengetragen.

Der Reedschalter ist ein mechanisches Bauteil mit bewegten Teilen. Bei bestimmten Betriebszuständen kann es zu Materialwanderungen kommen, diese wiederum haben einen ganz erheblichen Einfluss auf die Lebensdauer eines Schalters. Schaltet man lastfrei oder Spannungen unter 5 V bei einem Strom bis 10 mA, sind keine Materialwanderungen zu befürchten. Hier werden Schaltspiele von  $10^9$  und mehr erreicht. Im Bereich von 10 V ist der Effekt der Materialwanderung schon besser zu beobachten und hängt ganz entscheidend vom Schaltstrom ab. Typische Schaltspielzahlen liegen hier im Bereich von 50 Millionen bis 200 Millionen Schaltspielen. Wird in einer entsprechenden Applikation bei hoher Last eine größere Schaltspielzahl benötigt, so kommen hauptsächlich Hg-benetzte Schalter in Frage. Ein ganz geringer Quecksilberfilm auf den Kontaktpaddeln verhindert die Materialwanderung. Der Anteil an Hg ist verschwindend gering und weit weniger als in jeder Miniaturknopfzelle. So lassen sich auch bei Schaltspannungen von mehreren 100 V und Strömen bis 1 A Schaltspiele bis  $10^9$  und höher erreichen.

Grundlage unserer Lebensdauerermittlungen sind DC-Lasten. Werden Spannungsüberlagerungen erwartet, ist ein projektbezogener Lebensdauererprobungstest durchzuführen. Wir helfen Ihnen gerne dabei.

Schaltlasten mit überwiegend induktiven Anteilen spielen Blitz und Donner beim Öffnen des Schalters.

Durch das schnelle Abschalten entsteht eine sehr hohe Induktionsspannung, welche einen Lichtbogen beim sich öffnenden Kontakt bewirkt. Dies verursacht Verbrennungen auf der Kontaktfläche.

Ist die Schaltlast dagegen kapazitiv, entsteht beim Schließen des Schalters ein kurzzeitiger Spitzenstrom. Abhängig von der Kapazität, der anliegenden Spannung und dem resistiven Anteil, kann es zu Kontaktschäden oder gar klebenden Schaltern kommen.

Glühlampen sind eine oft verwendete Last. Aufgrund des kalten Glühfadens ergibt sich ein sehr großer Einschaltstrom; dieser reduziert sich nach dem Erwärmen des Glühfadens. Typisch ist eine kurzzeitige Erhöhung des Einschaltstromes auf das 10- bis 20-fache des Nennstromes, gemessen im Betriebszustand. Es ist wichtig, den Kaltwiderstand der Lampe zu kennen und damit den Einschaltstrom zu berechnen. Ein Serienwiderstand zwischen Schalter und Lampe kann die Lebensdauer des Reedschalters um ein Vielfaches erhöhen.

## Kapazitive und induktive Lasten

Schaltet man Strom und Spannung über einen Reedschalter, so ist Streukapazität in gewissem Umfang in jeder elektrischen Schaltung vorhanden. Dabei spielen die ersten 50 Nanosekunden des Schaltvorgangs je nach Höhe von Strom und Spannung eine entscheidende Rolle (siehe Abbildung # 6). In dieser Zeit entsteht die nicht zu unterschätzende Funkenbildung; denn je nach Art und Umfang der Streukapazität, kann dies eine zerstörende oder vorschädigende Wirkung auf den Schalter haben. Es ist immer ratsam diesen Strom der ersten 50 Nanosekunden zu kennen. Lasten von 50 Volt bei 50 Pikofarad Streukapazität kann die Lebensdauer nachhaltig beeinflussen. Wird das Schaltsignal über ein längeres Kabel geführt, ist ebenfalls Vorsicht geboten. Das Kabel, aber auch Schirmhauben und sonstige Kapazitäten haben eine nicht zu unterschätzende Streukapazität, die es zu berücksichtigen gilt.

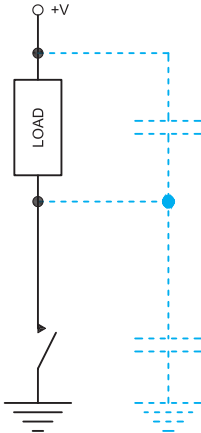


Abb. # 6 Unerwartet hohe Spitzenströme können bei entsprechend hoher Streukapazität auftreten. Die Lebensdauer kann sich dadurch reduzieren.

Ist Netzspannung Teil der Schaltlast oder zumindest in der Nähe vorhanden, lassen Sie bitte ebenfalls Vorsicht walten. Leicht kann es zu Einkopplungen und somit zu verstärkten Belastungen des Schalters kommen.



## Kontaktschutz – Schutzbeschaltungen der Reedschalter

In diesem Kapitel beschreiben wir mögliche Schutzbeschaltungen. Diese können die Materialwanderung des Schalters auf ein Minimum reduzieren, jedoch nicht komplett eliminieren. Die in Abb. # 7 skizzierte Schaltung ist typisch für einen Schaltkreis. Die Bandbreite reicht von einigen Pikofarads der Streukapazitäten bis Mikrofarads kapazitiver Bauelemente. Kapazitive Bauelemente, eingebaut in elektrische Schaltkreise, speichern eine entsprechende Energie. Diese wird im Schließmoment des Schalters, und das liegt in der Natur der Sache, so schnell wie möglich abgegeben bzw. entladen. Ungeschützt geschieht dies mit der höchstmöglichen Stromstärke.

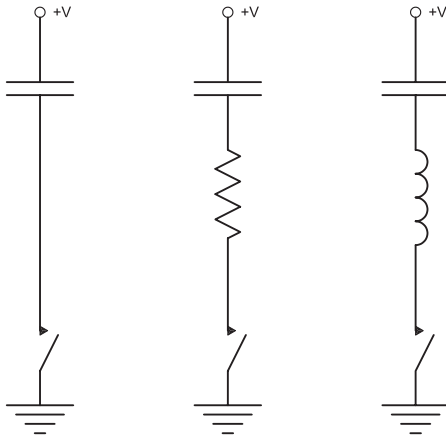


Abb. # 7 Werden Kapazitäten geschaltet, entsteht ein sehr hoher Spitzenstrom. Ein Widerstand oder eine Spule in Serie zum Kontakt reduzieren den Strom und mögliche Materialabwanderungen.

Schaltstromspitzen über Reedschalter sind, wenn möglich zu vermeiden oder so gering wie möglich zu halten. Strombegrenzung durch einen Serienwiderstand ist die beste Lösung. Je höher der Widerstand, desto besser (siehe auch Abb. # 7). Eine weitere Möglichkeit ist der Einbau einer Drosselspule, auch hier wird der Einschaltstrom reduziert. Die Schaltung muss aber sorgfältig berechnet werden – die Wirkung bei induktivem Überhang haben wir bereits beschrieben. Hier entsteht dann beim Öffnen ein Abrissfunke mit ebenfalls schädigender Wirkung.

Induktive Lasten sind Relais, Spulen, elektrische Zähler, kleine Motoren oder sonstige induktive Bauelemente. Diese zu schalten bedeutet ebenfalls eine Reduzierung der Lebensdauer.

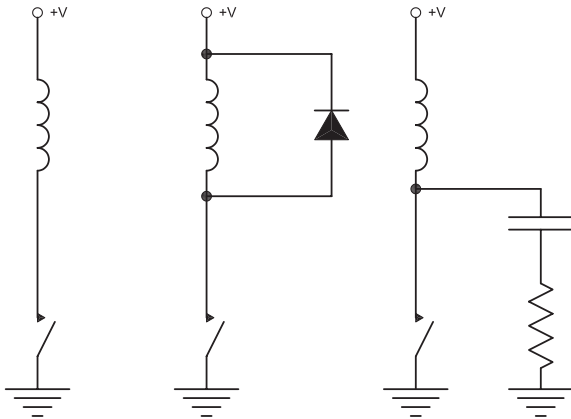


Abb. # 8 Das abrupte Öffnen eines induktiven Lastkreises produziert eine hohe Induktionsspannung. Ein RIC-Netzwerk über dem Kontakt oder eine Diode an der Spule bietet Abhilfe.

## Einschaltströme bei Lampenlast

Lampenlasten sind im Einschaltmoment typische Erzeuger von gefährlichen Stromspitzen. Diese können um den Faktor 10 höher als der Betriebsstrom einer warmen Lampe sein (siehe Abb.# 9). Abhilfe schafft normalerweise ein Serienwiderstand zur Strombegrenzung, mit der Folge einer wesentlichen Erhöhung der Lebensdauer des Reedswitches.

Eine weitere gute Schutzmöglichkeit bietet ein Parallelwiderstand über dem Reedswitcher, wie in Abb. # 9 dargestellt. Der kleine Strom reicht zwar nicht aus, um die Lampe zum Glühen zu bringen, der Widerstand des Glühfadens ist aber bereits auf dem Niveau des „Betriebszustandes“ und reduziert so zerstörende Einschaltströme. Schaltet nun der Reedswitcher, so geschieht das unter vertretbaren Lasten.

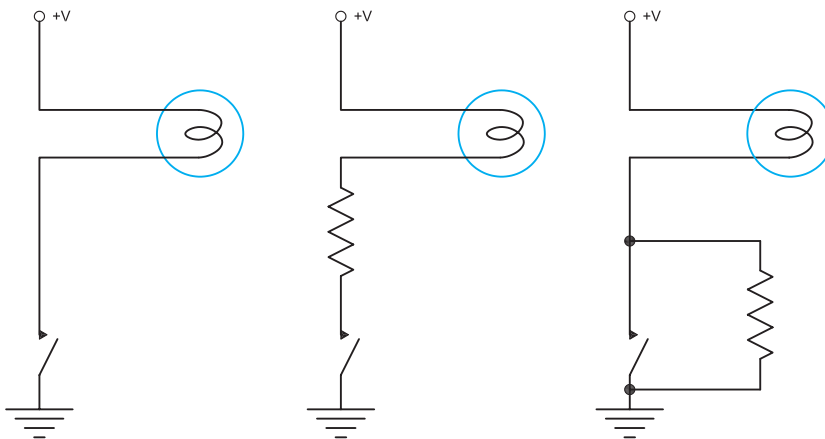


Abb. # 9 Im kalten Zustand haben Lampen sehr geringe Widerstände und erzeugen immer große Einschaltspitzen. Ein Serienwiderstand kann dies begrenzen. Abhilfe schafft auch ein Widerstand parallel zum Kontakt – die Lampe ist so „vorgeheizt“ und bereits auf Nennwiderstand.

## Vergleich zwischen Amperewindungen (AW, AT) und Millitesla (mT)

Seit der Erfindung des Reedschalters in den 30er Jahren, wurde für die Bestimmung der magnetischen Empfindlichkeit die Einheit Amperewindungen (AW, AT) eingeführt. Aufgrund der zylindrischen Bauform lassen sich, in einer meist vom Reedschalterhersteller selbst bestimmten Spule, die Werte wie Anzugsempfindlichkeit, Abfallempfindlichkeit und Übergangswiderstand leicht messen. Dies ist kein Problem, solange alle Beteiligten mit dieser Messeinheit vertraut sind und dieselben Spulen verwenden.

Es wird dann zum Problem wenn man bedenkt, dass es bis heute keine Vereinheitlichung der Messverfahren gibt. Tatsächlich wenden die meisten Hersteller von Reedschaltern ihr eigenes Messverfahren an. Den Endanwendern gegenüber ergibt sich gerade deshalb ein diffuses Bild.

Anwender verschwenden viel Zeit, Geld und Energie, um für Ihre eigenen Entwicklungen die Teile zu kategorisieren. Es kann leicht in Frustration enden, wenn aufgrund unterschiedlicher Messtechniken Produkte nicht fertig gestellt werden können oder langwierige Diskussionen das wirkliche Bild verzerren.

Wir präsentieren eine Möglichkeit, bei allen Anwendern von Reedsensoren oder Reedschaltern einen gemeinsamen Nenner zu finden. Wir zeigen einfache Wege auf, um die magnetische Empfindlichkeit von Reedschaltern und Reedsensoren in Ihrer Anwendung zu bestimmen.

Zuvor müssen wir aber gemeinsam noch einige wichtige Punkte betrachten, die generellen Einfluss auf Reed-schalterapplikationen haben:

1. Die Initialmessung eines Reedschalters erfolgt normalerweise mit seiner ursprünglichen Paddellänge. Diese Länge hängt wesentlich vom Produktionsprozess der einzelnen Hersteller ab, soll aber dem Anwender die größtmögliche Flexibilität zur weiteren Verarbeitung geben. Schneidet man den Reedschalter auf eine, der Spezifikation angepasste Länge, so ändert sich die Ansprechempfindlichkeit (AWan). Gemessen in derselben Spule wie bei der Initialmessung, wird sich ein anderer Wert ergeben. Wird eine signifikante Längenreduzierung vorgenommen, so kann sich der Wert sehr stark verändern. Die Reedpaddel sind aus ferromagnetischem Material, und je mehr davon vorhanden ist, um so empfindlicher (aus magnetischer Sicht gesehen wirken die langen Paddel wie magnetische Antennen) ist der Schalter. Durch Kürzen der Paddel reduziert sich die magnetische Empfindlichkeit des Reedschalters. Beim Spezifizieren der Empfindlichkeit geben manche Lieferanten bearbeitete und unbearbeitete Werte im Datenblatt an. In den meisten Fällen kann der Endanwender die Messung aber nicht mehr nachvollziehen.
2. Auch beim Biegen von Reedschaltern verändert sich die Ansprechempfindlichkeit. Wann immer sich der Magnetpfad ändert, ist mit einer Veränderung des AW-Wertes in der Applikation zu rechnen und diese ist dann auch in die Designüberlegung mit einzubeziehen.
3. Beim Bearbeiten eines Reedschalters kann nicht nur das Schneiden die magnetische Empfindlichkeit beeinflussen. Auch das Biegen, besonders wenn es unfachmännisch durchgeführt wird, hat einen gravierenden Einfluss. Alle Reedschalter sind etwas anfällig bei Einwirkung von mechanischem Stress auf die Einschmelzzone, egal an welcher Seite des Schalters. Sicherlich gibt es Unterschiede bei den verschiedenen Modellen, in jedem Falle wirkt sich mechanischer Stress aber auf die Ansprechempfindlichkeit (AWan) besonders aus. Der Paddelabstand eines Reedschalters ist nicht größer als 25 µm. Jede mechanische Belastung, ob axial oder als Drehbewegung beeinflusst die AWan und den Kontaktwiderstand.

Da die meisten Endanwender mit der Messung der magnetischen Empfindlichkeit in Amperewindungen (AW, AT) nicht vertraut sind, bietet sich eine Spezifizierung in Millitesla (mT) oder Gauss (alte Bezeichnung) an. Ein Millitesla entspricht 10 Gauss, die Umrechnung ist deshalb denkbar einfach. Millitesla ist eine anerkannte und genormte physikalische Größe und in vielen Entwicklungsabteilungen bekannt.

## Die Brücke von Amperewindungen (AW) zu Millitesla (mT)

Auf den kommenden Seiten versuchen wir eine Brücke zwischen der AW-Spezifizierung und der mT-Welt zu bauen. Um dies zu erreichen, benutzen wir einen Standard-AINiCo 5-Magnet mit festgelegtem magnetischem Moment. Die AW's werden mit den spezifizierten Standardspulen gemessen.

Wir denken, dass folgender Weg der überschaubarste ist, um die Messreihen und Tabellen zu erstellen:

1. Messung der festgelegten Probanden in unserer Standardspule KMS und Aufzeichnung der Messwerte.
2. Ein AINiCo-5-Magnet mit 120 mT und den Abmessungen 4x19 mm wird auf einem linearen Messtisch mit Messeinrichtung angebracht. Die Achse wird linear bewegt, der mT-Wert an den entsprechenden Punkten festgehalten (siehe Abb. # 1). Wichtig ist dabei, dass alle ferromagnetischen Teile entsprechend weit von der Messeinrichtung entfernt sind.
3. Mit demselben Messaufbau werden nun die Schließ- und Öffnungspunkte der gewünschten Reedschalter im mm aufgenommen und festgeschrieben.
4. Der gemessene Abstand in mm ist gleichzusetzen mit dem mT- Wert an den entsprechenden Schließ- und Öffnungspunkten.

Wie schon beschrieben: Die nachfolgenden Schaubilder wurden wie oben beschrieben aufgenommen. Die Reedschalter hatten die Originallänge, waren ungekürzt und ungebogen. Die Daten der gekürzten Schalter wurden mit unterschiedlichen Empfindlichkeitsklassen und unterschiedlichen Beschneidlängen aufgenommen. Die prozentuale Änderung kann rechnerisch auch für Werte angenommen werden, die nicht in den Tabellen enthalten sind.

Mit Hilfe der in Abbildung 5ff dargestellten Tabellen lassen sich die Werte AW zu mT umrechnen.

An einem Beispiel möchten wir die Schaubilder erklären:

1. In Ihrer Applikation haben Sie sich für den Reedschalter KSK-1A85 entschieden, die Beschneidlänge ist 30 mm.
2. Der Reedschalter soll in einem Abstand von 15 mm zum Magneten schalten.
3. Mit einem einfachen Gaussmeter sind Sie in der Lage, die magnetische Kraft an den gewünschten Schaltpunkten zu messen. Nehmen wir an, Sie haben ein Feld von 2,2 mT, gemessen im Abstand von 15 mm zum Magneten .
4. Schauen Sie sich Abb. # 7 an. Die Kurve repräsentiert die entsprechende Umrechnung für den KSK-1A85. Da der Reedschalter aber auf 30 mm geschnitten ist, muss die erwartete Zunahme bei dieser Länge bestimmt werden. Für einen 20 AW-Schalter, gekürzt auf 30 mm, beträgt die Erhöhung ungefähr 30% oder 6 AW, also auf 26 AW (siehe Abb. # 3). Diese 26 AW entsprechen etwa 1,7 mT.
5. Der Originalschalter mit 20 AW wird mit einem Feld von 2,2 mT sehr zuverlässig arbeiten, etwas Reserve schon eingerechnet. Somit können Sie recht einfach auf den möglichen AW-Bereich zurückrechnen.

Es ist zu beachten, dass eine Hallsonde nur die Feldstärke an einem bestimmten Punkt misst, während ein Reedschalter die magnetischen Feldlinien über seine gesamte Länge aufnimmt. Daher kann dieses Verfahren nur für eine grobe Annäherung verwendet werden.

Es ist aber ein guter Weg für Ihre Entwicklungsingenieure einfach, schnell und kostengünstig eine Vorauswahl für benötigte und funktionsfähige Reedschalter für Ihre Applikation zu treffen. Bei der Feinabstimmung sind wir gerne behilflich, rufen Sie uns einfach an.

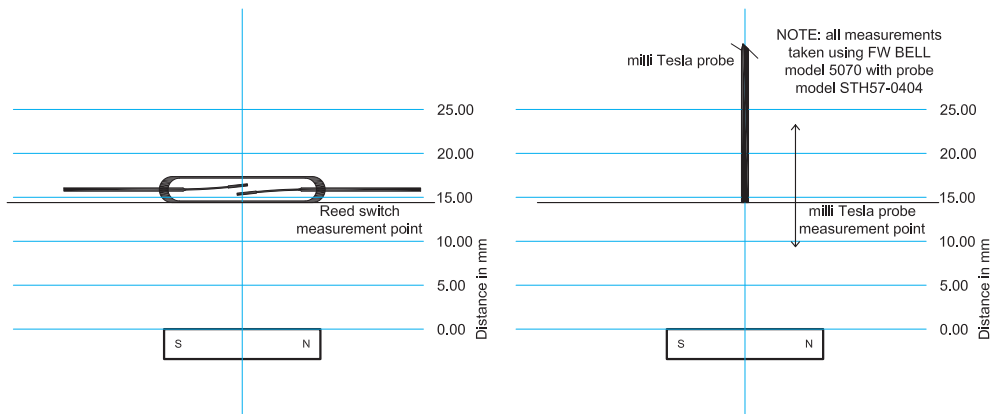


Abb. # 1 Testaufbau zur Aufnahme der magnetischen Werte auf einem linearen Schiebetisch.

Die nachfolgenden Tabellen beschreiben die Ansprechempfindlichkeit bezogen auf die geschnittene Längen von Reedschaltern.

**AWan vs Beschneidelänge**

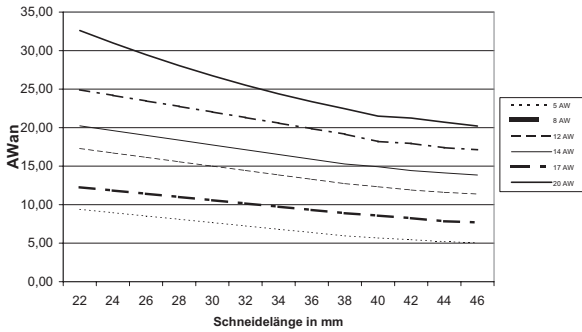


Abb. # 2 Zeigt die Veränderung der Ansprechempfindlichkeit AWan beim Kürzen auf die gemessenen Längenmaße.

**AWan vs Beschneidelänge**

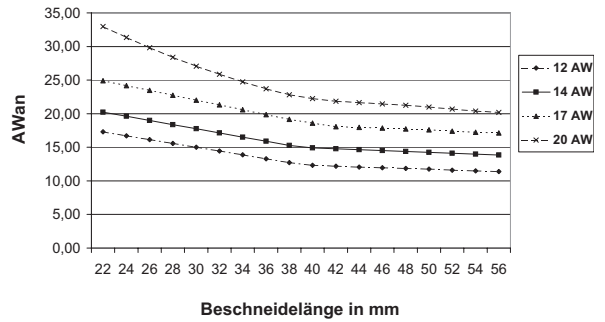


Abb. # 3 Zeigt die Veränderung der Ansprechempfindlichkeit AWan beim Kürzen auf die gemessenen Längenmaße.

**AWan vs Beschneidelänge**

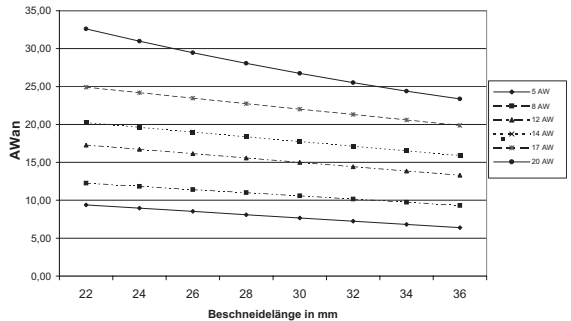


Abb. # 4 Zeigt die Veränderung der Ansprechempfindlichkeit AWan beim Kürzen auf die gemessenen Längenmasse.

Für das bessere Verständnis haben wir sogar Tabellen entwickelt, die AW und mm miteinander ins Verhältnis setzen – für den Fall dass kein Gaussmeter zur Verfügung steht. Wenn Sie den von uns vorgeschlagenen Magneten 4x19 mm verwenden, können Sie schnell und einfach die Auswahl treffen.

**AWan vs Anzug in mT**

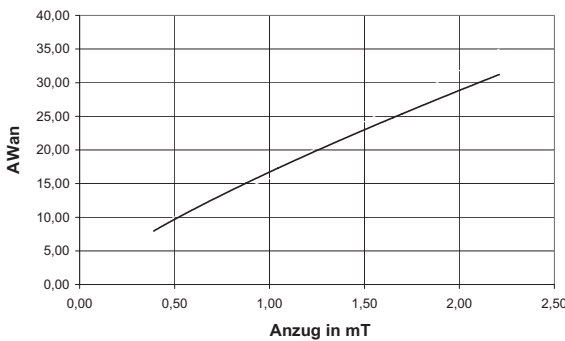


Abb. # 5 Die Anzugserregung AW wird in mT dargestellt.

**AWan vs Anzug in mT**

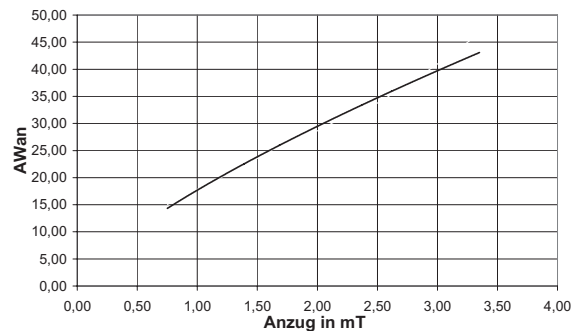


Abb. # 7 Die Anzugserregung in AW wird in mT dargestellt.

**AWan vs Anzug in mm**

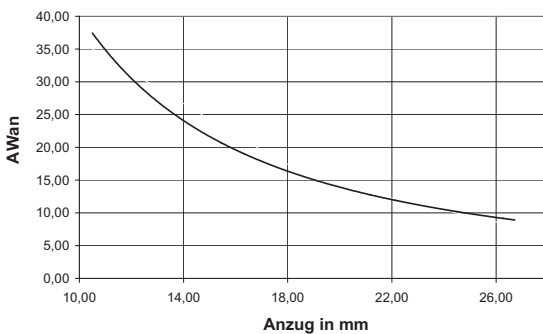


Abb. # 6 Die Anzugserregung AW wird in den Abstand vom Magneten in mm umgerechnet.

**AWan vs Anzug in mm**

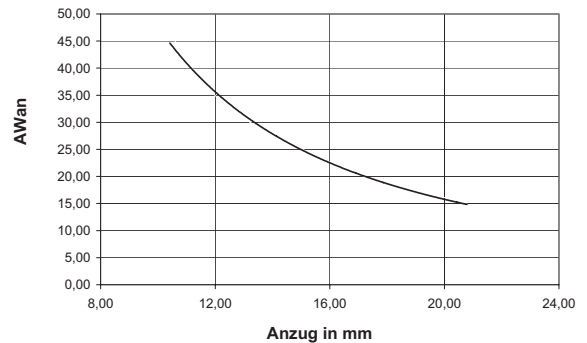


Abb. # 8 Die Anzugserregung AW wird in den Abstand vom Magneten in mm umgerechnet.

### AWan vs Anzug in mT

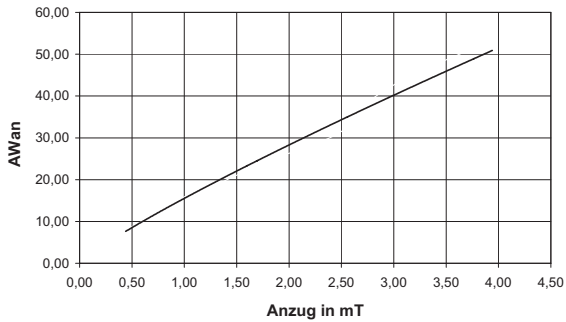


Abb. # 9 Die Anzugserregung AWan wird in mT dargestellt.

### AWan vs Anzug in mm

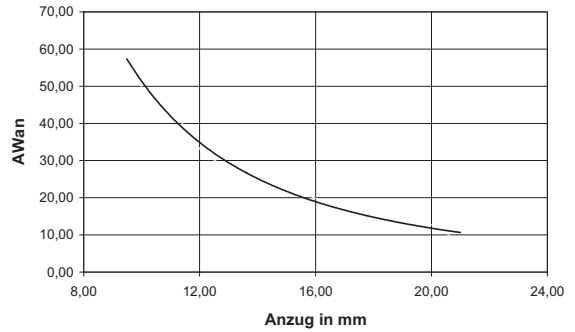


Abb. # 10 Die Anzugserregung AWan wird in den Abstand vom Magneten in mm umgerechnet.



# Applikationen für Reedschalter und Reedensoren

## Einführung

In den vorangegangenen Kapiteln haben wir versucht, alle wichtigen Basisinformationen und Arbeitsparameter von Reedschaltern zu erklären. In diesem Kapitel beziehen wir uns immer wieder auf diese Ausführungen. Und wir hoffen, damit auch einen Beitrag zur Sicherheit Ihres Produktes liefern zu können.

Es steht außer Frage, dass der Reedschalter wie kein anderes Schaltelement in unzähligen Applikationen Einsatz findet. Speziell dort, wo ein hermetisch dichter Schalter gefordert wird. Entweder als Rohschalter direkt eingebaut oder verpackt in einem entsprechenden Gehäuse - all dies lässt sich mit kontrollierbaren Prozessen und vernünftigen Werkzeugkosten realisieren.

Es würde den Umfang und den Sinn dieses Buches sprengen, alle Anwendungsfälle für Reedschalter hier aufzählen zu wollen. Trotzdem versuchen wir, einige Beispiele aus den unterschiedlichen Marktsegmenten aufzuführen und Ihnen somit einen guten Überblick zu verschaffen. Wenn Sie eine Idee haben, rufen Sie uns an, unsere Applikationsingenieure helfen Ihnen gerne. Oftmals bringen auch erste Muster zur Projekteinschätzung weitere Ideen.

Es ist unbestritten die schnellste und kostengünstige Lösung, wenn Produkte aus unserem umfangreichen Standardprogramm für Ihr Design verwendet werden können. Sie sollten trotzdem wissen, dass wir mehr als die Hälfte unserer Palette als kundenspezifische Sensoren liefern – angepasst an die jeweiligen Anforderungen. Darauf haben wir uns spezialisiert.

Den unverpackten Reedschalter zu verwenden, ist sicherlich eine sehr ökonomische Lösung, trotzdem müssen einige Regeln eingehalten werden. Glas als Grundlage unserer Produkte erfordert Vorsichtsmaßnahmen. Werden diese berücksichtigt, ist der Einsatz von Reedschaltern als Magnetschalter in Ihrer Applikation mit Sicherheit ein Gewinn für Sie und somit Ihre Kunden.

Sollten trotzdem Fehler oder zeitweilige Funktionsstörungen auftreten, sprechen Sie uns an. In vielen Fällen sind es Kleinigkeiten, die zum Ausfall geführt haben. Wir übernehmen auch gerne dort Verantwortung, wo Sie vielleicht bereits einen Sensor selbst montieren.

## Auswahl der Reedschalter

Der wichtigste Schritt am Anfang einer Projektierung ist die Auswahl des richtigen Reedschalters. Wenn der Sensor nur einen Transistor oder sonstige Logiksignale schaltet, kann fast jeder Reedschalter eingesetzt werden. Dort limitieren dann lediglich Abmessungen und Preis die Auswahl. Besuchen Sie unsere Homepage unter [www.standexmeder.com](http://www.standexmeder.com). Schalten Sie aber Verbraucher mit höheren Lasten, dann muss unbedingt auf die ausreichende Spezifizierung bezüglich Schaltspannung, Schaltstrom und Schaltleistung geachtet werden. Ganz besonders gilt dies für den Fall hoher Schaltzyklen (10x106 oder mehr). Schaltspannungen unter 5 V sind nicht kritisch, da kein Abrissfunke beim Öffnen entstehen kann. Liegt diese höher, bitten wir um Beachtung der beschriebenen Schutzschaltungen. Auch hier helfen unsere Ingenieure gerne weiter.

## Einhausung von Reedschaltern

Wird ein Reedschalter zum Reedensensor verarbeitet, so ist die Verpackung in ein passendes Gehäuse, die beste und sicherste Lösung. Sorgfältig verarbeitet, gewährleistet dies fehlerfreies Arbeiten des Sensors. Doch die möglichen Bearbeitungsschritte wie Biegen, Schneiden, Löten, Umpressen oder Vergießen müssen fachmännisch durchgeführt werden, andernfalls drohen Frühausfälle – egal ob die Teile beim Reedschalterhersteller oder beim Endkunden weiterverarbeitet werden. Eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Hersteller des Reedschalters und dem Kunden bietet sich deshalb an.

Auf unserer Homepage beschreiben wir einige der vielfältigen Möglichkeiten unserer vorhandenen Standardsensoren. Diese sind mit Kabel und/oder Stecker verfügbar.

Schaltwege in Sensoren sind eine der wichtigsten Parameter. Diese werden durch die Empfindlichkeitsklassen der Reedschalter entscheidend mitbestimmt. Wir unterscheiden deshalb bei der Standardpalette die unterschiedlichen Werte, können aber für jeden Fall auch Sonderauslegungen anbieten (kundenspezifische Bauvorschriften).

Plastikgehäuse sind einfach und kostengünstig in der Herstellung. Wird ein sehr stabiles Gehäuse benötigt, bietet sich ein nichtmagnetischer Metallwerkstoff an. Achten Sie bitte darauf, dass die Legierung weder Nickel, Eisen noch Kobalt enthält. Alle haben eine abschirmende Wirkung auf magnetische Felder.

Kabel- und Steckervarianten in unzähliger Anzahl können, Ihrem Bedarf entsprechend, an die Sensoren angeschlagen werden.

## Mechanische Befestigung von Reedsensoren

Sensoren können auf vielfältige Art und Weise befestigt werden. Zu berücksichtigen wäre die Befestigung auf magnetisch leitfähigem Eisen oder in der Nähe desselbigen. Dieses ferromagnetische Material hat die Eigenschaft, Magnetfeldlinien anzuziehen und als negative Auswirkung den Sensor abzuschirmen. Natürlich gibt es auch Anwendungen, wo dieser Effekt in Betracht gezogen und positiv ausgenutzt wird. Nichtsdestotrotz muss diese Tatsache beim Design untersucht und berücksichtigt werden. Ebenso einflussreich sind alle magnetischen Bauteile wie Spulen, Transformatoren, Relais etc. in der Nähe der Sensoren. Bei genügendem Abstand ist dies allerdings absolut keine Gefahr für die Funktionalität des Sensors.

Viele unserer Sensoren haben einfache Schrauböffnungen, andere werden mit doppelseitigem Klebeband geliefert. Verfügbar sind auch Sensoren mit Anschlüssen für die SMD-Montage (J- oder Gullwing). Unzählige andere Varianten wurden schon realisiert, fragen Sie uns einfach, wir helfen gerne weiter.

## Elektrische Anschlüsse von Reedsensoren

Alle unsere Sensoren haben die unterschiedlichsten elektrischen Anschlussmöglichkeiten. Sehr gängig ist die Platinenmontage, die Länge der Anschlussbeine kann hier an Ihre Wünsche angepasst werden. Weiter verfügbar sind Bauteile und Sensoren mit unzähligen Kabel-/Steckervarianten. Die Montage wird hierdurch stark vereinfacht. Großer Beliebtheit erfreuen sich auch SMD-fähige Bauelemente. Mit den Serien MK01, MK15, MK16, MK17, MK22 und MK23, haben wir dem entsprechend Rechnung getragen.

Wie Sie sehen ist die Liste verschiedener Sensorfunktionen endlos. Wir werden versuchen, einige der gängigeren darzustellen, die bei der Ideenfindung zur Lösungen für Ihre Sensorfunktion helfen sollen.

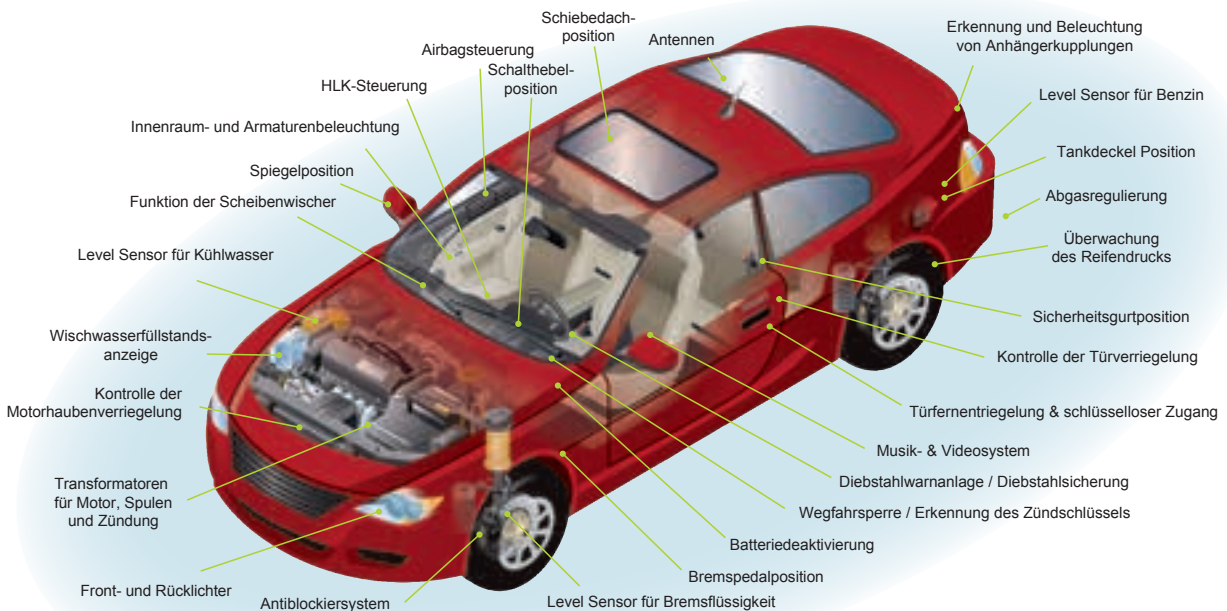
Bitte bedenken Sie, dass in Reedsensor-Applikationen keine elektrische Energie benötigt wird. Der Reedschalter, geschlossen, kann bei richtiger Auslagerung durch einen Magneten, die erforderliche Last schalten.

# Anwendungen für Automotive und Transport

Standex-Meder Electronics bietet eine Vielzahl innovativer Lösungen mit Reedschaltern, Relais und Sensoren, sowie Wickelgüter und Füllstandsensoren in der Transportindustrie.

Applikationen wie Füllstandsüberwachung von Kühlmittel, Bremsflüssigkeit und Scheibenwischwasser, Anzeigen im Armaturenbrett, Positionserkennung von

Handbremsen, Bremspedalen und elektrischen Fensterhebern, Erkennung offener Türen, defekter Lampen und offener Motorhauben, Überwachung des Reifendrucks, Positionssensoren für Abgassysteme und vieles mehr – unsere Komponenten überwachen lebenswichtige Prozesse in Automobilen, Lastkraftwagen, Freizeitfahrzeugen, Flugzeugen, Zügen, Motorrädern, E-Cars, E-Bikes, Booten und mehr.



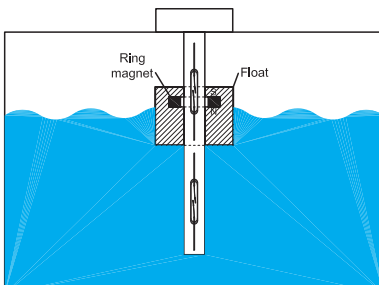
## Niveaubefragung

Mehr und mehr Niveauschalter von Bremsflüssigkeit, Scheibenwischwasser und Kühlwasser werden mit Hilfe von Reed Sensoren realisiert.

Hierbei wird üblicherweise ein Schwimmer, versehen mit einem Magneten, in den Behälter platziert. Der Reed-Schalter zur Schwimmerabfrage sitzt außerhalb.

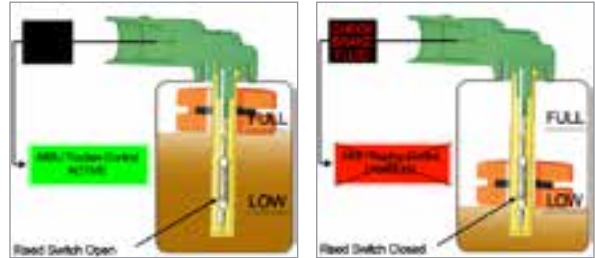
Früher wurden Reed-Schalter in der Automobilbranche für Bremsflüssigkeits-Applikationen auf folgende Weise verwendet: War das Behältnis voll, öffnete der Schwimmer den Reed-Schalter. Fiel der Flüssigkeitspegel, sank der Schwimmer und aktivierte den Reed-Schalter. Dies betätigte eine Lampe auf dem Armaturenbrett. Heutzutage setzen Automobilhersteller den Reed-Schalter in umgekehrter Funktion ein. Ist das Behältnis voll, wird der Reed-Schalter durch den Schwimmer mit dem Magneten aktiviert und geschlossen. Fällt der Schwimmerpegel, wird der Reed-Schalter geöffnet. Die Änderung hat den Vorteil der gleichzeitigen Verkabelungsüberwachung.

Falls der Bordcomputer des Fahrzeugs elektrisch in der Lage ist, Widerstände zu unterscheiden, kann auch ein anspruchsvoller Levelsensor eingesetzt werden. Dieser Sensor ist mit zwei Widerständen versehen. Ein Widerstand schützt den Reed-Schalter, ein zweiter wird parallel montiert. So erkennt der Computer, dass der Sensor ordnungsgemäß elektrisch kontaktiert ist.

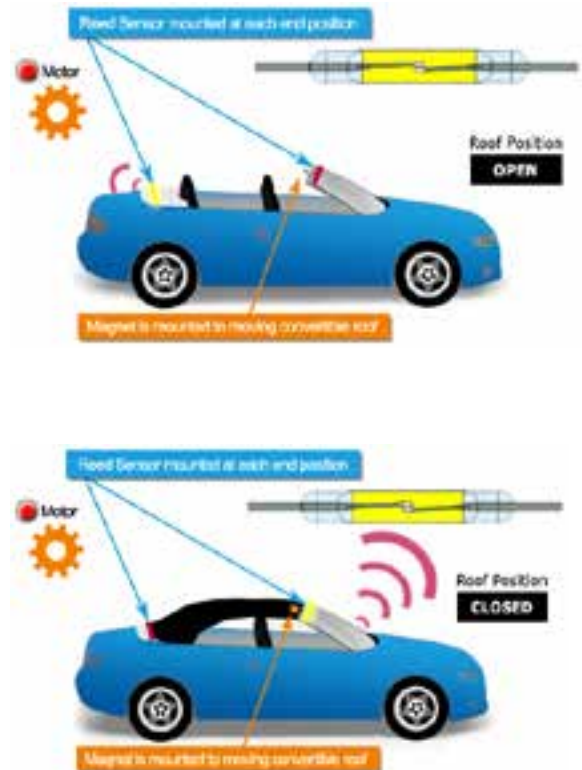


Alle denkbaren Lösungen sind bei Schwimmerapplikationen schon realisiert worden. Hier eine Grunddarstellung.

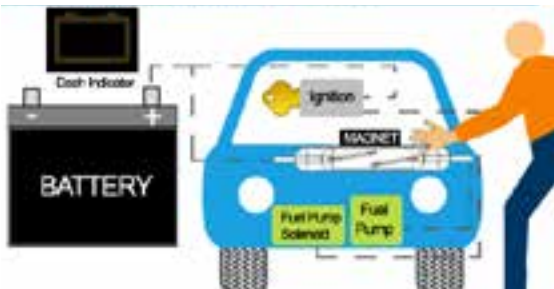
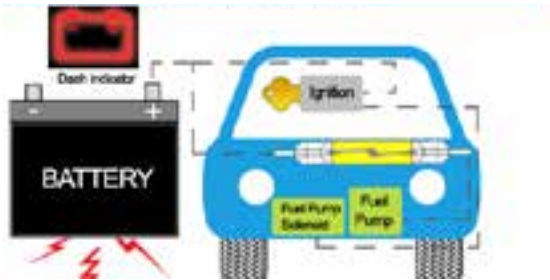
## Bremsflüssigkeitsüberwachung



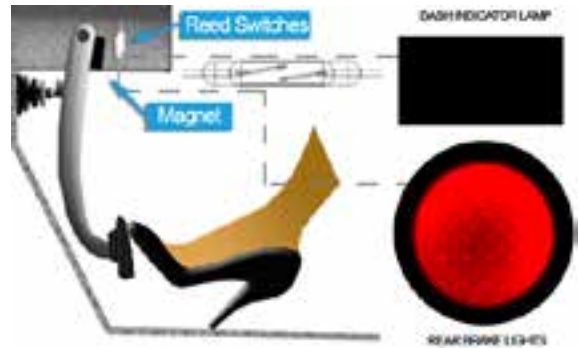
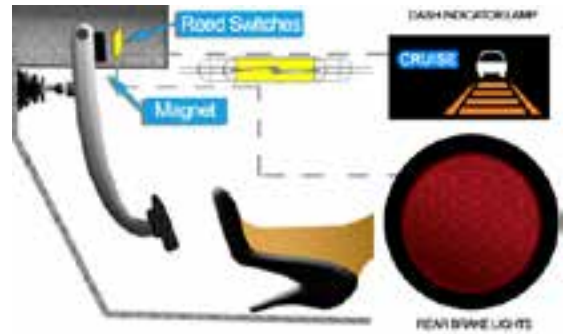
## Positionssensoren in Cabrioletdächern



### Batteriedeaktivierung durch Reedsensoren



### Bremspedal Positionssensor

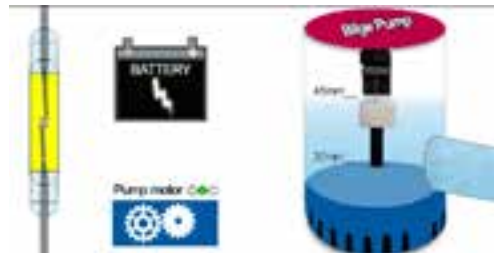


## Marine und Bootsanwendungen

Ebenso wie in Autos werden auch in vielen Boots- und Marineanwendungen Reedsensoren zur Füllstands- und Positionserkennung eingesetzt.



### Bilgenpumpe mit Niveauüberwachung





# Intelligente Anwendungen für Zuhause

Haushaltsgeräte weisen heute eine hohe Energieeffizienz auf, und sind gleichzeitig mit viel zusätzlicher Sensorik ausgestattet. Standex-Meder bietet für diese Herausforderungen ein breites Spektrum an Lösungen mit vielen unterschiedlichen Produkten.

Füllstandsüberwachung in Wäschetrocknern und Kaffeemaschinen, Positionssensoren in Türen und Fenstern, sowie Mess- und Regeltechnik für Wasser-, Gas- und Stromzähler sind nur einige der Beispiele wie Reedschalter in Haushaltsgeräten Einzug halten.

**Haushaltsgeräte**

- Spülmaschine
- Herd
- Ofen
- Mikrowelle
- Kaffeemaschine
- Kühlschrank
- Eiswürfelbereiter
- Waschmaschine & Trockner

**HVAC und Sanitär**

- Heizöfen
- Klimakompressoren
- Klimaanlagen Kondensatoren
- Entfeuchter
- Befeuchter
- Solarmodule
- Gaszähler
- Intelligente Strom-, Gas- und Wasserzähler
- Durchlauferhitzer
- Warmwasserbereiter / Boiler
- Wasserzähler
- (Whirl-) Poolpumpe
- Steuerungssystem für Sprinkleranlagen

**Sicherheit**

- Türsensoren
- Fenstersensoren
- Bedienfeld für Alarmanlagen
- Rauchmelder
- Bewegungsmelder für Beleuchtung

**Transport**

- Level Sensor für Windschutzscheibenflüssigkeit
- Level Sensor für Kühlwasser
- Schlüsselloser Zugang
- Wegfahrsperre
- Antiblockiersystem
- Armaturenbeleuchtung
- Zündung
- Kontrolle der Motorhaubenverriegelung
- Diebstahlsicherung

**Anderer**

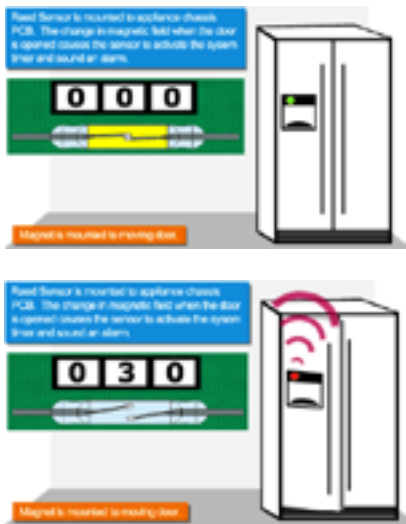
- Beleuchtung
- Automatische, elektrische Fensterläden
- Tablet Tastatur
- Sensoren für Spielzeuge
- Musikinstrumente
- Mikrofone
- Fitnessgeräte
- Türöffner für Garagen
- Lautsprecher

## Sprüharmkontrolle beim Geschirrspüler



## Sicherheitsüberwachung der Türe bei Hausgeräten

Die Haushaltsgeräteindustrie (Kühlschränke, Gefriertruhen, Mikrowellen, Herde etc.) benötigt Sicherheitselemente, die den Status (offen/geschlossen) ihrer Türen erkennt.



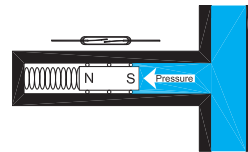
Diese Türsensoren gibt es in vielen Größen und Formen, je nach der spezifischen Applikation. Viele von ihnen sind produktspezifisch entwickelt. Üblicherweise werden sowohl ein Reedschalter als auch ein Magnet verwendet, und in vielen Fällen wird zur einfachen Abfrage ein zusätzlicher Schaltkreis in die Platine eingesetzt. Wenn der Sensor nach Ablauf einer gewissen Zeitspanne nicht aktiviert wird, ertönt ein Alarm.

Der Reedsensor wird gewöhnlich im Gehäuse des betreffenden Geräts montiert, der Dauermagnet im Türrahmen platziert. Wenn die Tür geschlossen ist, befindet sich der Magnet also über oder parallel zum Sensor. Wird die Tür geöffnet, unterbricht der Magnetkreis den Stromkreis.

## Wasserflusssensor

Bei dieser Applikation erkennt der Sensor die Wasserbewegung. Durch den Wechsel von einem offenen in einen geschlossenen Status reagiert der Reedschalter sehr schnell auf einsetzenden Wasserfluss.

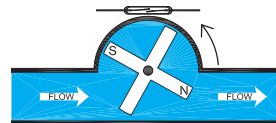
Einige typische Beispiele sind Applikationen wie elektrische Wasserkocher, Klimaanlage usw. In den Wasserauslauf wird eine Prellplatte eingesetzt, auf die ein Magnet montiert ist. Wenn nun das Wasser zu fließen beginnt, bewegt sich die Prellplatte parallel zum Wasserfluss. Ein Reedschalter erkennt diese Bewegung und schließt, sobald er das Magnetfeld fühlt. Im Falle des Wasserkochers wird Wasserfluss sofort erkannt und das Heizelement aktiviert. Länger dauert die alternative Methode, nämlich die Erkennung der Temperaturänderung bei der Zufuhr von kaltem Wasser. Dadurch geht wertvolle Heizzeit verloren, vor allem viel Wasser benötigt wird.



Pressure sensor, can be calibrated for precise pressure points

## Mengenmessung von Flüssigkeit oder Gas

Wasserfluss kann sehr einfach detektiert werden. Hierbei wird eine Meßturbine innerhalb der Wasserleitung montiert. Das Wasser fließt durch die Leitung, die Meßturbine dreht. So wird jede Propellerumdrehung beim Passieren des Magneten am Sensor gezählt. Die Anzahl der Umdrehungen rechnet eine elektronische Schaltung in das



Liquid or gas flow sensor can be used to measure flow speed or volume



Volumen des Wassers (oder anderer Flüssigkeiten) um. Gasverbrauch wird auf ähnliche Weise gemessen. Unser MK03 Sensor wird für solche Applikationen sehr häufig eingesetzt, aber es gibt viele andere Größen und Formen, die ebenfalls gut geeignet sind.

- Tier Ortungsgeräte
- Laptop Schliessererkennung
- Massagestühle
- Druckersensoren
- Wasserflusssensoren
- Verbrauchsanzeiger

## Unterhaltungselektronik



Sensoren und Schalter halten Einzug in Unterhaltungselektronik aller Art, überall dort, wo Bewegung eine Rolle spielt oder wo etwas ein- und ausgeschaltet werden kann. In Handys und Digitalkameras wird ein Näherungsschalter in das Gehäuse eingebaut und ein Permanentmagnet in das Bildschirmfenster platziert. Wenn der Bildschirm bewegt wird, nähert sich der Magnet den Schalterkontakten, wodurch das Telefon oder die Kamera aktiviert wird. Weiteren Einsatz finden Reedensensoren in Handys in Verbindung mit einer Dockingstation. Wenn das Handy in die Dockingstation eingelegt wird, aktiviert der Magnet den Schalter, und das Telefon schaltet auf Freisprech- oder Auto-Modus für GPS um.

## Applikationen

- Barcode Scanner
- Kamera Bildschirm Aktivierung
- Handy Bildschirm Aktivierung
- Sessellift
- Kopierer
- Elektrische Zahnbürsten
- Hotel Sicherheitskartenleser
- Whirlpool & Thermalbäder
- Verriegelungen
- Tastaturen

## Hobby & Spielzeug

Heutzutage wird immer mehr Kinderspielzeug mit beweglichen Teilen entworfen. Diese benötigen einfache, zuverlässige und kostengünstige Lösungen. Unsere magnetischen Reedensensoren eignen sich perfekt für die meisten dieser Applikationen.

Zum Beispiel: In eine Baby-Puppe, die aus einer Flasche trinkt, wird ein Reedensensor unterhalb des Mundes platziert, und ein Permanentmagnet wird in die Flasche vergossen. Wenn die Flasche zum Mund bewegt wird, macht die Puppe ein Trinkgeräusch und hört auf zu weinen.

## Applikationen

- Autorennbahn
- Babypuppe
- Elektronische Brettspiele Positionssensor
- Erkennungen mechanischer Bewegungen
- Modelleisenbahn
- Video Peripheriegeräte



## Schutz und Sicherheit



Brandschutz- und Feuertüren in öffentlichen und staatlichen Gebäuden, Krankenhäusern, Hotels und anderen Gebäuden, welche häufig von unterschiedlichen Leuten besucht werden, müssen – ausgenommen in Notfällen – zu jeder Zeit geschlossen sein. Es ist gesetzlich vorgeschrieben, dass die Türen elektronisch kontrolliert werden. Sobald sie geöffnet werden, muss ein Alarmsignal ausgelöst werden. Das Thema Sicherheit nimmt mehr und mehr an Bedeutung zu – für eine Vielzahl von Anwendungen hat Standex-Meder dafür passende Lösungen.

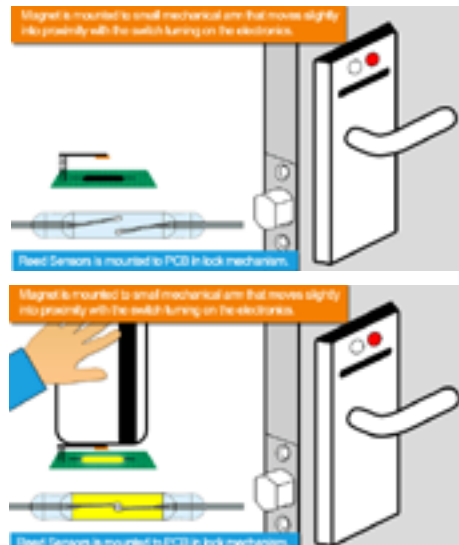
### Sicherheitsapplikationen

- Infrarot-Detektoren
- Rauch- und Feuermelder
- Einwahlmodems
- Ultraschall-Detektoren
- Diebstahlschutz von Frachtstücken und Ladung
- Türsensoren
- Sensoren für Notausgänge
- Explosionssicher
- Feuerlöscher
- Hotelsicherheit
- Positionssensor
- Airbags/Sicherheitsgurte
- Fenstersensoren

### Brandschutz- und Feuertüren



### Hotelsicherheit



# Medizin



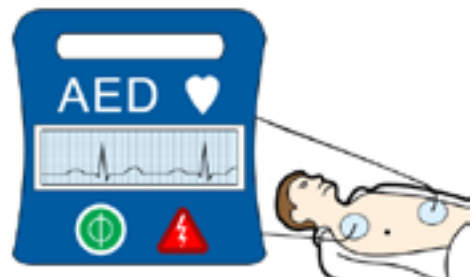
In implantierbaren und tragbaren Geräten ist es wichtig, dass ein Schalter verwendet wird, welcher einerseits so klein wie möglich ist und der andererseits so wenig wie möglich Strom verbraucht. Reedswitcher und Reedsensoren benötigen in normal geöffnetem Zustand keinen Strom. Dabei sind Geräte wie Hörgeräte, Herzschrittmacher, Operationswerkzeuge u. v. m. gemeint. Reedrelais kommen in vielen unterschiedlichen medizinischen Geräten zum Einsatz, wo hohe Ströme und/oder hohe Spannungen benötigt werden. Geräte wie beispielsweise elektrochirurgische Generatoren setzen Hochspannungsrelais ein, um die Stromzufuhr für das operative Kauterisieren der Gefäße zu regulieren. Ähnliche Geräte verwenden HF-Energie kombiniert mit Salzlösung, um die Gefäße zu verschließen. Hierfür sind Hochfrequenzrelais eine geeignete Lösung.

## Medizinapplikationen

- Kamerapillen
- Chirurgische Instrumente
- Glukose Überwachung
- Operationswerkzeug
- Hörgeräte
- Herzschrittmacher
- Orthopädische Instrumente
- Tragbare Defibrillatoren
- Wirbelsäulenstimulatorimplantate
- Kapselendoskopie
- Krankenhausbett
- Med. Sitzeinrichtungen
- Elektromobil
- Patientenlift
- Elektrische Rollstühle
- Position Treppenlifter
- Position Rollstuhlrampen
- Reinigungsgeräte
- Defibrillatoren
- Medikamentenspender
- Elektrochirurgische Generatoren
- EKG Geräte
- Insulinpumpen
- Tropfinfusionen



Tragbare medizinische Geräte - Defibrillator



## Test- und Messtechnik



Mit immer weiter zunehmenden Anforderungen an Elektronik und elektronische Systeme entsteht ein Bedarf für Messungen von Spannungen und Strömen in unterschiedlichen Größenordnungen. Von Nano-Volt zu Kilo-Volt, und von Femto-Ampere zu Ampere. Dies mit nur einem einzigen Gerät zu bewältigen ist kein einfaches Vorhaben. Entwickler moderner Mehrfachmessgeräte haben die Hürde jedoch genommen, und die Grössenordnungen dieser Messungen konnten in den letzten Jahren immer mehr erweitert werden. Unsere hochspezialisierten Reedrelais sind die zentrale Komponente zur Bewältigung dieser Herausforderung.

### Test- und Messtechnikapplikationen

- Automatisierte Testgeräte
- Batteriebetriebene Geräte
- Chip Tester
- Datenerfassung
- Kabeltester
- Elektrometer
- Leiterplattentester
- Hochspannung
- Industrie
- Schaltkreistester
- Lineardistanzmesser
- Netzwerk-Analysatoren
- Tester für medizinische Geräte
- Mehrfachmessgeräte
- Modulare Messtechnik
- Oszillographen
- RF Dämpfer
- Wafertester
- Mengenmessung
- Wettermesser



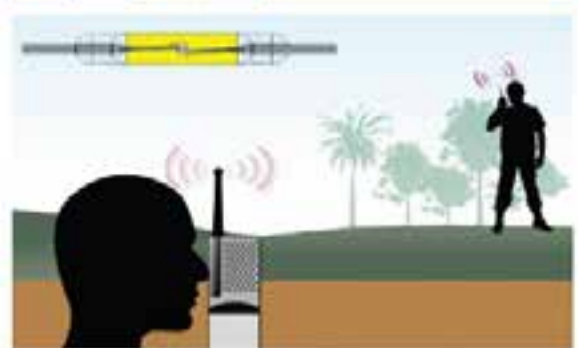
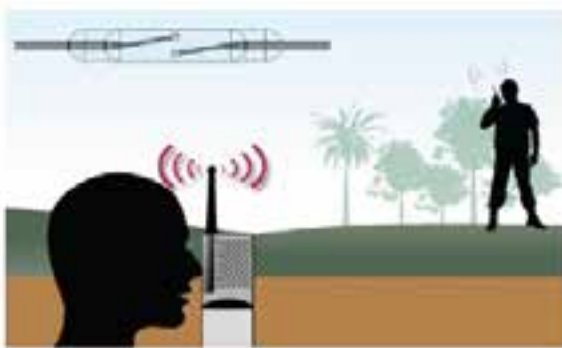
Mehrfachmessgeräten zur Messung hoher und niedriger Spannungen

# Telekommunikation

Die hermetisch dichten Reedschalter ermöglichen das Schalten von niedrigen Signalen, die bei der Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten der Telekommunikationsgeräte erforderlich sind.

## Telekommunikationsapplikationen

- Abschaltung der Geräte
- Verriegelung
- Positionssensoren für Mobiltelefone
- Schalten bei abgenommenem Hörer
- Schalten von Mobiltelefonen mit Klapp- oder Schiebedeckel
- Schalten von Telefonanschlüssen
- Schalten von Funktelefonantennen
- Erkennung von Verbindungen
- Schalten von Verbindungen
- Modemschaltungen
- Radiofrequenz Empfänger
- Schalten von Pagern
- Tragbare Radios
- Testgeräte



Reedrelais für tragbare Radios und Kommunikationssysteme



## Weitere Applikationen

### Viele weitere Applikationen möglich...

- Überwachung der Drehbewegung
- Thermostate
- Ausrüstung für Messgeräte
- Regenmesser
- Windgeschwindigkeits – und Windrichtungserkennung
- Barometer
- Innen-/Außentemperatur
- Positionssensoren für Sicht- und Sonnenschutz
- Solaranlagen
- Bremssensorik für E-Bikes
- Sensorlösungen für Agrar-, Forst- und Baumaschinen
- Und viele mehr ...



*Verbindungserkennung beim Laden von E-Cars*

Besuchen Sie uns auf unserer Homepage [www.standexmeder.com](http://www.standexmeder.com) – dort finden Sie eine Übersicht über unsere Applikationen, ebenso wie alle hier aufgeführten Applikationen als Animation.



# Der Reedschalter als Schaltelement in einem Reedrelais

Wird der Reedschalter in einem Reedrelais verwendet, erzeugt man das Magnetfeld durch eine Kupferspule. Abb. # 1 zeigt die einfache Wirkungsweise. Reedrelais benötigen in der Regel eine relativ geringe Steuerleistung und können durch Transistoren, TTL-Logik oder CMOS-Treiber angesteuert werden. Schaltet man auf der Kontaktseite eine Last von weniger als 5V/10 mA (man spricht auch von trockener Schaltung), erreicht man Schaltspiele bis zu  $10^9$  und mehr. Eingesetzt in ATE (Automatische Testsysteme) empfiehlt es sich, einige Rahmenbedingungen des Reedrelais zu kennen und diese beim Design zu berücksichtigen.

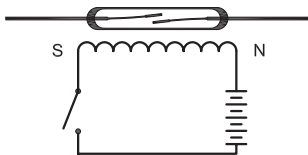


Abb. # 1 Ein Reedrelais besteht aus einer gewickelten Kupferspule. Der Reedschalter sitzt in der Mitte der Spule.

Verwendet man fachmännisches Design und geeignetes Material, so lassen sich mit Reedrelais minimalste Signallasten ohne jegliches Übersprechen von Spule / Kontakt schalten. Der dabei eingesetzte statische Schirm zwischen Reedschalter und Spule verhindert dies auf einfachste Art und Weise.

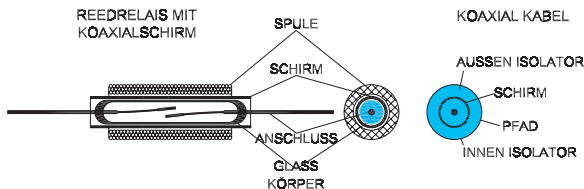


Abb. # 2 Schnittbild eines Reedrelais mit Reedschalter, Schirm und Spule.

Abb. # 2 zeigt so eine Anordnung. Diese lässt sich zu einem günstigen Kosten/Nutzenverhältnis realisieren.

Wird ein innenliegender Koaxialschirm verwendet, hat das Relais die Funktion eines Durchgangspfades für Hochfrequenzsignale. Durch die immer kleinere Bauweise (Reedrelais haben inzwischen Außenabmessungen von 8 mm und weniger), reduziert sich die Streukapazität auf weniger als 0,8 pF (siehe Abb. # 3). Reedrelais sind somit in der Lage, in Applikationen mit Schaltbandbreiten von 6 GHz und mehr eingebaut zu werden, der Signalverlust (loss of signal strength) ist dabei weniger als 3 dB. Weitere typische Werte: Einfügungsdämpfung (insertion loss) < 0,2 dB, VSWR 1,2. Damit sind Reedrelais eine interessante Alternative zu Gallium-Arsenid-Bauteilen, besonders aus preislicher Sicht. Aufgrund der stark verbesserten HF-Eigenschaften lassen sich HF-taugliche Reedrelais in Halbleitertestern und Mobiltelefonen (RX/TX-Umschaltung) einsetzen.

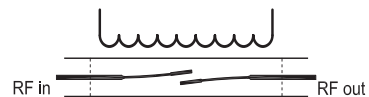


Abb. # 3 Ein Reedschalter mit Schirmung fügt sich in den HF-Pfad exzellent ein.

Täglich kommen zahlreiche neue Anwendungen hinzu. Bitte besuchen Sie unsere Homepage unter [www.standexmeder.com](http://www.standexmeder.com). Weitere Details auch in der Applikationssektion dieses Buches.

# Applikationen für Reedrelais

## Einführung

Unbeeindruckt von diversen anderen Kleinsignalschaltern wie Halbleiter- und MOS-FET-Relais oder mechanischen Miniaturrelais, befinden sich Reedrelais auf einem stetigen Wachstumspfad.

Aufgrund der hermetisch dichten Schaltkontakte und einer äußerst sorgfältig aufgetragenen Kontaktschicht, eignen sich Reedrelais ganz besonders zum Schalten von Kleinsignalen bis zu Femtoampere und Nanovolt. Elektromechanische Relais sind hier aufgrund der Neigung zu polymeren Kontaktablagerungen weniger geeignet, es wird sogar ein kleiner Spannungsbogen zur Kontaktsäuberung benötigt. Auch nicht hilfreich zum Schalten kleinster Spannungen und Ströme sind, aufgrund relativ hoher Kapazitäten und Leckströme, die Halbleiterlösungen.

Schaltarmaturen von elektromechanischen Relais sind konstruktiv um einen Drehpunkt gelagert, mechanische Abnutzung lässt sich hier nicht verhindern. Anders der Reedkontakt, er hat keine mechanische Abnutzung an den Bewegungspunkten und kann so Schaltspiele bis zu mehreren Milliarden Zyklen ( $10^9$ ) erreichen.

Reedrelais sind ideal für Applikationen mit folgenden Anforderungen: Niedriger Kontaktwiderstand, geringe Kapazität, hohe Isolation, lange Lebensdauer, geringe Baugröße. Weiterhin lassen sich aufzählen: Sehr gute HF-Eigenschaften, Hochspannungsschaltungen, extrem niedrige Spannungen und Ströme.

## Eigenschaften von Reedrelais

- Lange Lebensdauer –  $10^9$  Schaltspiele
- Mehrfachrelais mit bis zu 8 Schließern
- Form A (Schließer)
- Form B (Öffner)
- Form C (Wechsler), Öffner schon geöffnet bevor der Schließer schließt
- Form D (Wechsler), Öffner noch geschlossen wenn der Schließer schließt
- Form E (bistabil)
- Kontaktwiderstand typ. 50 mOhm
- Isolationswiderstand bis  $10^{14}$  Ohm
- Schaltspannung bis 10.000 Volt möglich
- Transportstrom bis 6A
- Kleinstspannungen bis 10 Nanovolt können geschaltet und transportiert werden
- Kleinstströme im Bereich von Femtoampere können geschaltet und transportiert werden
- Mögliche Frequenzbandbreite bis 10 GHz
- Schließzeit 100  $\mu$ sec bis 300  $\mu$ sec
- Temperaturbereich von  $-55^\circ\text{C}$  bis  $+100^\circ\text{C}$
- Robust gegen Wasser, Luft, Vakuum, Öl, Benzin, Staub etc.
- Schockresistenz, bis 200 G möglich
- Vibrationsbereiche: 50 Hz bis 2 kHz bei 30 G
- Kleinste mechanische Abmessungen
- SMD-Ausführungen verfügbar
- Standard-Layouts
- Große Palette an Standardrelais, aber auch angepasste Standardrelais verfügbar
- Große Palette an Reedschaltern zum Einbau in die Relais, je nach Anforderungen
- Strom- oder Spannungsbetrieb
- Sehr hohe Spulenwiderstände machbar
- Magnetisch geschirmte Relais verfügbar
- UL, CSA, EN 60950, VDE-Zulassungen auf vielen unserer Typen verfügbar



# Magnetische Interaktionen in Reedrelaisanwendungen

Reedrelais sind empfänglich für externe magnetische Einflüsse, unter bestimmten Umständen können diese zur Reduzierung der Arbeitsleistung des Bauteils führen. Dieser Abschnitt beschreibt praktische Abhilfen zur Reduzierung magnetischer Effekte zwischen benachbarten Reedrelais. Die Hinweise können auf viele andere Interaktionsfragen transferiert werden.

Mit dem Miniaturisierungstrend bei vielen elektronischen Geräten und Anlagen, wird die Packungsdichte größer und der Abstand zwischen den Relais immer geringer. Einkoppelte Fremdfelder beeinflussen insbesondere Werte wie Anzugsspannung und Abfallspannung. Unter gewissen Betriebszuständen werden benachbarte Relais somit in Mitleidenschaft gezogen. Die aufgezeigten Daten wurden experimentell in einer Relaismatrix unter „Worst-Case-Bedingungen“ ermittelt. Der Versuch wurde mit der SIL-Serie durchgeführt, aufgrund ähnlicher Verhaltensweisen lassen sich die Ergebnisse aber auf die meisten anderen Serien übertragen.

Eine Checkliste für das Design einer Reedrelaismatrix deckt die wichtigsten Faktoren ab. Systematisch angewendet, führt diese zu einer Lösung mit hoher Ausfallsicherheit und guter Performance.

## Faktoren, die zur gegenseitigen magnetischen Beeinflussung beitragen

Eine ganze Anzahl von internen und externen Faktoren bestimmen die Sicherheit von Reedrelais in einer Relaismatrix sowie die Abhängigkeit interner magnetischer Beeinflussung (EMI).

**Interne Faktoren** sollten bereits beim Designbeginn besprochen und in Betracht gezogen werden. Diese sind wie folgt:

- Drahtstärke
- Spulenwiderstand
- Wickelrichtung der Spule
- Drahtanschlüsse

- Empfindlichkeitsklasse des Reedschalters (AW)
- Typ des Reedschalters
- Anzahl der Reedschalter im Relais
- Interne Abschirmung

**Externe Faktoren:** Wichtig ist die Kontrolle des Umfeldes der Relaismatrix. Um keine Funktionsstörungen (auch zeitweilige) zu haben, lohnt sich eine intensive Untersuchung. Einige Punkte, die untersucht werden sollten:

- Alle Magnetfelder in der Nähe der Relais
- Abstände zwischen den Relais und den unterschiedlichen Karten
- Polarität der Spulen
- Externe magnetische Abschirmungen

## Magnetische Kopplung zwischen Relais

An einigen Beispielen wollen wir die magnetische Beeinflussung angrenzender Relais untereinander aufzeigen. Abb. # 4 zeigt den Feldlinienverlauf der Spulen zweier nebeneinander angrenzenden Relais auf einer Leiterplatte. Relais K1 und K2 sind identisch aufgebaut, der Spulenstrom in beiden Relais fließt in dieselbe Richtung.

Der Feldlinienverlauf entsteht, wenn beide Relais mit der notwendigen Spannung versorgt werden. Werden K1 und K2 mit Energie beaufschlagt, beeinflussen sich die entgegengesetzt gepolten Feldlinien nachteilig. Das Magnetfeld aus K2 geht ins Relais K1 über und umgekehrt.

Ist K2 aktiv und K1 in Ruheposition, so ist Relais K2, innerhalb der Herstellerspezifikation betrieben, in ungestörtem Betrieb. Durch die Beaufschlagung von K2, bei bereits aktivem K1, entsteht eine Erhöhung der Anzugs- und Abfallspannung und könnte so über dem bekannten und geplanten Wert liegen.

Ist K1 aktiv mit einem gegengepolten Strom im Vergleich zu K2, so ist das Ergebnis umgekehrt: Im Falle der Erregung von K2 senken sich Anzugs- und Abfallspannung unter die bekannten oder geplanten Werte.

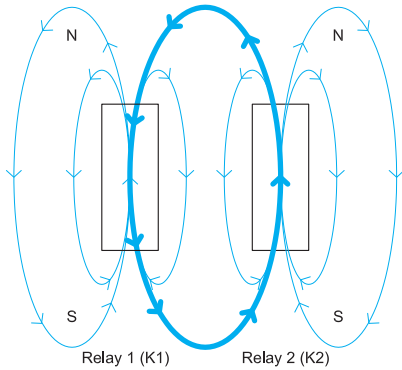


Abb. # 4 Magnetische Beeinflussung zweier Reedrelais

## Ergebnis aus den Untersuchungen mit einer Matrix

Es gibt unterschiedlichste Formen einer Relaismatrix. Wir haben die fünf Wichtigsten untersucht und die Ergebnisse entsprechend dargestellt. Ebenso haben wir nur die wichtigsten Polungsmöglichkeiten dargestellt.

## Versuchsaufbau

Die Daten wurden mit Relais aus der Standardserie SIL erfasst, Relais, die in der Messtechnik sehr verbreitet sind. Der Testaufbau wird in Abb. # 5 dargestellt.

Bis auf das Testrelais, wurden alle Relais um den Probanden herum mit derselben Polarität eingebaut. Alle Relais waren mit Nennspannung versehen. Danach wurden Anzugs- und Abfallspannung des Testrelais mit derselben Polung wie alle anderen Relais versehen, schrittweise bis zum Einschalt- beziehungsweise Ausschaltpunkt. Bei höheren Spulenspannungen zeigt sich ein ähnliches Bild, vielleicht ist der Einfluss sogar noch etwas größer.

Die in Abb. # 6 gezeigten Kurven beinhalten auch Relais mit Magnetschirm, dieser ist Bestandteil der Relaiskonstruktion.

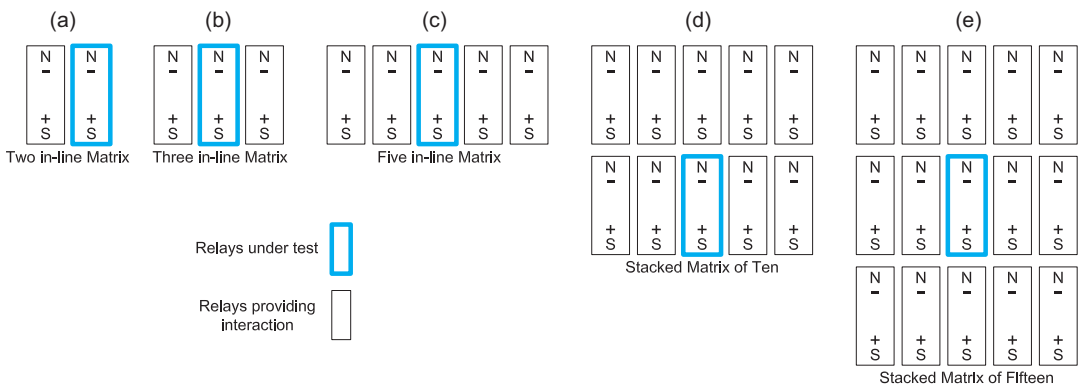


Abb. # 5 Relais-Testkonfiguration: (a) Matrix mit 2 Gleichen, (b) Matrix mit 3 Gleichen, (c) Matrix mit 5 Gleichen, (d) Matrix mit 10 Gleichen (e) Matrix mit 15 Gleichen.

## Datenanalyse

Wenn alle Relais dieselbe Polarität haben und die angrenzenden Felder übersprechen, ist sehr schnell die Gefahrgrenze durch magnetische Beeinflussung erreicht (siehe Abb. # 5). Die Beeinflussung wird bei einer „Kopf-an-Kopf-Montage“ wie in Abb. # 5d und Abb. # 5e dargestellt, etwas reduziert. Der Effekt wird in Abb. # 6b eindrücklich im Schaubild abgebildet.

Bei den dargestellten „Worst-Case-Bedingungen“ sind keine wirklichen Ausfälle durch die Erhöhung der Abfallspannung zu erwarten, mit demselben Anteil auch bei höheren Anzugsspannungen.

Ein Problem ist bei der Polaritätsänderung zu erwarten, dort senkt sich die Spannung entsprechend. Die Gefahr kann durch Anwendung einer zweckdienlichen Relaisanordnung vermieden werden, wichtig ist auch die Verwendung gleichmäßig hergestellter Relais.

Die Änderung der Anzugsspannung (Delta Uan) wird ermittelt durch die Verhältniszahl Uan mit und Uan ohne Beeinflussung. Die prozentuale Änderung eines

5V-Relais wird mathematisch folgendermaßen ermittelt:

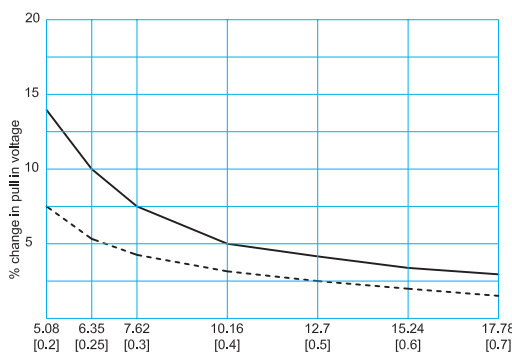
$$\% \Delta U_{an} = \Delta U_{an}(100)/5 \text{ Volt}$$

Gleichung # 1

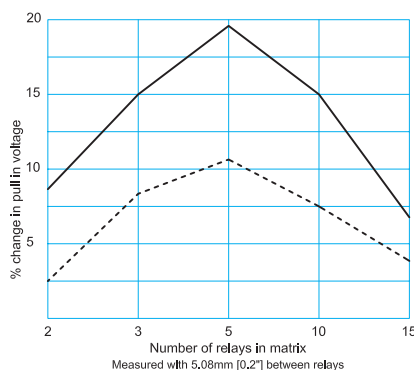
Die Änderung durch magnetische Beeinflussung ist in einer bestehenden Matrix immer dieselbe, unabhängig vom ursprünglichen Anzugswert der Spule. Hat ein Relais z.B. eine Anzugsspannung von 2,3V ohne Beeinflussung, so steigt der Wert bei einem Delta von 0,4 V auf 2,7 V an. Ein anderes Relais, eingebaut in derselben Matrix unter denselben Bedingungen, hat eine ursprüngliche Anzugsspannung von 2,6 V; diese steigt dann auf 3,0 V an, also wieder um das Delta von 0,4 V.

## Gleichungen zur Berechnung der magnetischen Beeinflussung

Für die weiteren Untersuchungen haben wir die 5V-Matrix, wie in Abb. # 5 b dargestellt, zu Grunde gelegt. Aufgebaut mit 3 Relais, alle ohne magnetischen Schirm



(a)



(b)

Abb. # 6 (a) Prozentualer Anstieg Uan vs Abstand der Relais. Daten werden an einer Dreier-Matrix gemessen. (b) Prozentuale Veränderung Uan vs Anzahl der Relais in einer Matrix bis fünfzehn Relais wie Abb. # 5.

versehen. Alle Messungen werden am mittleren Relais getätigt, die zugrunde gelegte Anzugsspannung beträgt 2,6 V. Die äußeren Relais werden mit Nennspannung 5 V betrieben.

Das mittlere Relais wird langsam beströmt, die zu erwartende Änderung der Anzugsspannung kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$\Delta U_{an} = \% \Delta U_{an} \times U_{nenn} / 100$$

*Gleichung # 2*

$\Delta U_{an}$  = Erwartete Änderung der Anzugsspannung.

$\% \Delta U_{an}$  = die prozentuale Beeinflussung bezogen auf die Nennspannung, dargestellt in Abb. # 6a und # 6b.

$U_{nenn}$  = Nennspannung, durch den Hersteller spezifiziert

$$Pl_{wc} = Pl_{act} + \Delta U_{an}$$

*Gleichung # 3*

$Pl_{wc}$  = Änderung der Anzugsspannung im interaktiven Betrieb

$Pl_{act}$  = Die Ist-Anzugsspannung ohne magnetischen Einfluss

Aus Abb. # 6a kann man bei einer Nennspannung von 5 V eine magnetische Beeinflussung von 14.2% entnehmen. Mit Gleichung # 2 lässt sich die Anzugsspannung errechnen:

$$\Delta U_{an} = (14,2 \times 5) / 100 = 0,71 \text{ V}$$

Der Rechnung zugrunde liegt ein Relais mit einer tatsächlichen Anzugsspannung von 2,6 V. Damit kann die zu erwartende Anzugsspannung, gemäß Gleichung # 3 wie folgt berechnet werden:

$$Pl_{wc} = 2,6 \text{ V} + 0,71 \text{ V} = 3,31 \text{ V}$$

*Gleichung # 4*

Der kalkulierte Betrag für die erhöhte Anzugsspannung ist vermutlich der „Worst-Case-Fall“ in der ganzen Matrix und bildet alle möglichen Kombinationen ab. Mit diesem Wert kann die Erhöhung an allen Relais bestimmt werden - er ist über den ganzen Bereich der zulässigen Anzugsspannung annähernd gleich.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Abfallspannung denselben Effekt wie die Anzugsspannung zeigt, und zwar in derselben Höhe. In unserem Beispiel sind wir von einer Abfallspannung ohne magnetische Beeinflussung von 1,4 V ausgegangen. Unter den beschriebenen Bedingungen ändert sich der Abfallwert von 1,4 V auf 2,11 V. Bis auf ganz wenige Ausnahmen - manchmal ist der Abfallwert Teil des Designs - ist dieser Effekt ohne negative Wirkung für die Matrixschaltung.

## Methode zum Reduzieren von magnetischen Effekten

- Reed Relais mit internem Schirm verwenden
- Relais mit externem, magnetischem Schirm auf der Matrix benutzen
- Größere Abstände zwischen den einzelnen Relais wählen
- Gleichzeitiges Schalten von nebeneinander liegenden Relais vermeiden
- Eine spezielle Matrixkonfiguration erstellen

## Spezielle Bedingungen

Die dargestellten Ergebnisse in Abb. # 6 wurden an einem nicht erregten Relais gemessen, umgeben von vielen mit Nennspannung beaufschlagten Relais desselben Types. Dies entspricht in vielen praktischen Anwendungen aber nicht den Tatsachen, viele Relais sind hier miteinander geschlossen. Hinzu kommen weitere externe Einflüsse, wie Temperaturveränderungen oder schlechte Belüftung der Karten.

Mit einigen einfachen Tricks lassen sich die Beeinflussungen aber um den Faktor 2 reduzieren. Dazu werden die Relais während der Messung am Prüfling mit einer rampenförmigen Spannung beaufschlagt.

Der Effekt lässt sich leicht messen. Noch größer ist die Wirkung bei höheren Rampenfrequenzen und gleichzeitiger Erregung aller Relais in der Matrix.

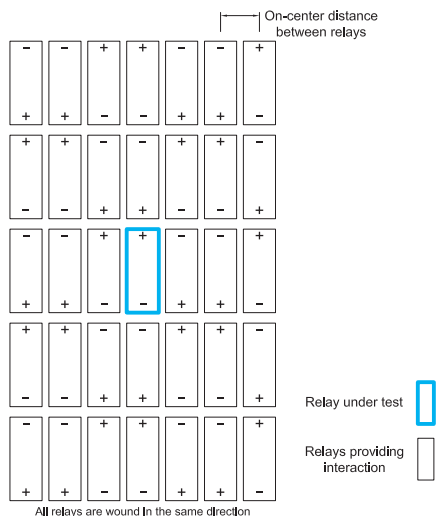


Abb. # 7 Paarartiger Aufbau zur Reduzierung der Interaktion.

## Besondere Matrixanwendungen

Reedrelais, designed für eine Matrix, haben normalerweise immer dieselbe Wickelrichtung bei der Erregerspule - der darin entstehende magnetische Fluss hat somit ebenfalls dieselbe Richtung. Fachmännisch angeordnet kann dies zur Reduzierung des magnetischen Übersprechens genutzt werden.

In Abb. # 7 zeigen wir eine Matrixanordnung, hier wird das entgegengesetzte wirkende Magnetfeld ausgenutzt, um das magnetische Übersprechen zu reduzieren. Dies geschieht ohne magnetische Abschirmung im Relais. Die Spulen müssen aber dieselbe Wickelrichtung haben, ansonsten ist der Erfolg dem Zufall überlassen. Der erreichte Effekt wird in Abb. # 8 aufgezeigt.

Vergleicht man die Daten in Abb. # 8 (Relais angeordnet nach Abb. # 7) mit den Daten in Abb. # 6 (Relais

angeordnet nach Abb. # 5e), so ist der erzielte Effekt der Reduzierung des Übersprechens, ohne zusätzliche magnetische Abschirmung zwischen 2,5% und 6% beachtlich. Die Relais müssen aber, und das gilt es nochmals zu unterstreichen, immer denselben Wickelsinn in der Spule aufweisen.

## Checkliste zum Design einer Relaismatrix

1. Angelegte Spannung an den Relais
2. Temperatureffekte
3. Benötigter Platzbedarf
4. Abstand zwischen den Relais
5. Beaufschlagung der Matrix
6. Magnetische Abschirmung
7. Lebensdauererwartung
8. Designanalyse

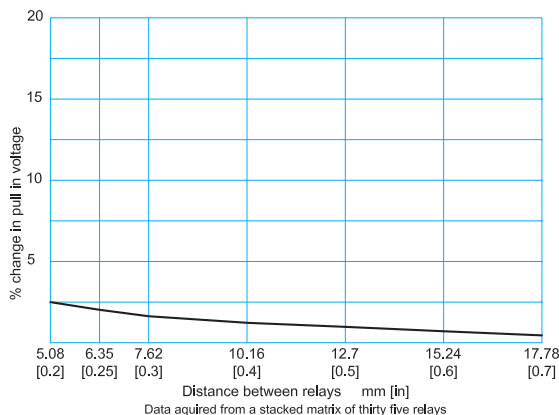


Abb. # 8 Matrix mit gegenpoliger Wirkung.

- 1. Angelegte Spannung an den Relais:** Bei maximaler Belastung und unter höheren Umgebungstemperaturen kann die Ausgangsspannung der Stromversorgung etwas unter die spezifizierten 5 V fallen. Kommt dann noch die Reduzierung der Spulenspannung um einen Treiber/Transistor von 0,7 V dazu, so fällt die Nennspannung von den geforderten 5 V auf 4,3 V.
- 2. Temperatureffekte:** Bezugswert für die Spezifizierung der Anzugsspannung ist eine Temperatur von 25°C. Für ein Relais mit 5 V Nennspannung liegt diese normalerweise bei 3,6 V. Steigt die Umgebungstemperatur auf 50°C an, so ist mit einer Erhöhung der Anzugsspannung auf 4 V zu rechnen (positiver Temperaturkoeffizient von Kupfer liegt bei 0,4 % per Grad Celsius).
- 3. Benötigter Platzbedarf:** Für eine Matrix mit 50 Relais bietet sich an, fünf Reihen mit je zehn Relais aufzubauen, siehe auch Abb. # 7.
- 4. Abstand zwischen den Relais:** Der Relaisabstand in den Reihen sollte im Falle der Serie SIL 5,08 mm betragen, gemessen von Relaismitte bis Relaismitte.
- 5. Beaufschlagung der Matrix:** In unserem dargelegten Beispiel werden drei Relais parallel mit Spannung beaufschlagt. Abb. # 6a zeigt die gegenseitige magnetische Beeinflussung. Bei einer ungeschirmten Lösung liegt die maximal zu erwartende Änderung bei 7,5 %. Umgerechnet mit Gleichung # 5 bedeutet dies bei einer 5 Volt-Matrix eine Erhöhung der Anzugsspannung um 0,38 V.
- 6. Magnetische Abschirmung:** Eine magnetische Abschirmung ist in unserem Beispiel nicht vorgesehen.
- 7. Lebensdauererwartung:** Normalerweise sollte zum Schalten von mittleren und hohen Lasten eine Übererregung der Relais um 100% erreicht wer-

den. Dieser Wert bezieht sich auf den Anzugswert des gewählten Relais. In unserem Beispiel ist die Übererregung kleiner; da aber nur low-level Signale im Tester zu erwarten sind, kann dieser Wert akzeptiert werden.

- 8. Designanalyse:** Nimmt man die unter Punkt 2 und Punkt 5 beschriebenen Effekte zusammen, so ist in unserem Beispiel mit einer maximalen Anzugsspannung von 4,3 V zu rechnen. Abhilfe erreicht man durch Erhöhung der Ausgangsspannung der Stromversorgung oder einer Reduzierung der Anzugsspannung der Relais von 3,6 V auf 3,2 V oder noch etwas darunter.

## Zusammenfassung

Wird die gegenseitige magnetische Beeinflussung beim Aufbau einer Matrix ignoriert, kann es zu ernsthaften Funktionsstörungen kommen. Abhilfe ist durch mehrere Lösungen denkbar.

Wir haben versucht, die bekannten „Worst-Case-Szenarien“ zusammenzutragen. Die Erkenntnisse sind in der Checkliste aufgezeigt.

Kontaktieren Sie uns rechtzeitig, wenn Sie mit dem Design einer Relaismatrix beginnen. All die bekannten Effekte, rechtzeitig berücksichtigt, schützen Sie vor eventuellen unerwarteten Überraschungen.

# Reedrelais im Vergleich zu Solid-State und mechanischen Relais

Spezifikationen	Reedrelais	Mechanische Relais	Halbleiter Relais
Schaltzeit	100 $\mu$ s - 1 ms	> 5 ms	< 100 $\mu$ s
Lebenserwartung: Low Level	10 <sup>10</sup> Schaltspiele	10 <sup>6</sup> Schaltspiele	Nahezu unendlich
Leistungsaufnahme	3 mW möglich	50 mW	3 mV möglich
Schaltspannung	10 kVDC	1,5 kVDC	1,5 kVDC
Schaltstrom/Transportstrom	Max. 3A/Max. 5A	Bis 40A	Bis 40A
Schaltlast min.	Keine Mindestlast notwendig ( $\mu$ V/pA)	50mW	50mW
Isolationswiderstand	10 <sup>14</sup> Ohm	10 <sup>9</sup> Ohm	10 <sup>9</sup> Ohm
Geräusch	Kein Schaltgeräusch	Z.T. hohe Schaltgeräusche	Kein Schaltgeräusch
Einfügungsdämpfung	Gering (0,5dB)	Gering (0,5dB)	Hoch (2dB)
Überlast	Sehr empfindlich	Unempfindlich	
Allgemein	Linear von DC bis GHz Bereich	Linear von DC bis GHz Bereich	Signalstörungen
Allgemein	Galvanisch isoliert (Luftspalt)	Galvanisch isoliert (Luftspalt)	Keine galvanische Trennung (Low/High)

## 7 GHz HF-Reedrelais – Applikationen

### CRR- und CRF-Reedrelais für den Einsatz in ATE

Funktionstester wachsen in ihren Anforderungen an Baugröße, Testpins und Geschwindigkeit. Jeder der Testpins hat mindestens 3 bis 5 Verbindungen zu bedienen. Dazu kommt die Anforderung, jede Verbindungsfunktion so gut wie möglich von der anderen zu isolieren. Jeder noch so kleine Leckstrompfad kann das Messergebnis nachhaltig verfälschen oder die Prüflinge zerstören.

Aufgrund der Anzahl der Testpins steigt die Anzahl der möglichen Testverbindungen drastisch an. Mit unseren neuen Relais der Serie CRR erfüllen wir diese Anforderungen mit folgenden Spezifikationen:

1. Extrem kleine Abmessungen (8,6 x 4,4 x 3,55 mm)
2. Platinen können auf beiden Seiten mit Relais bestückt werden
3. Ein bereits im Standardmodell eingebauter Magnetschirm eliminiert das magnetische Übersprechen, auch bei äußerster Packungsdichte in großen Matrizen
4. Isolationswiderstand zwischen allen Punkten typ.  $10^{14}$  Ohm
5. Isolationsspannung von mindestens 200 V über dem geöffneten Schalter
6. Isolationsspannung von mindestens 1500 V zwischen Spule und Kontakt
7. Thermospannung über den Kontakten liegt unter 1  $\mu$ V.
8. Kapazität über dem geöffneten Schalter beträgt weniger als 0,2 pF

**CRF-Relais** eignen sich ganz hervorragend für Wafer-, Speicher- und IC-Testsysteme. Die Anforderung an die Entwicklung hat sich in ihrer Komplexität ständig erhöht. Immer schneller werden die Taktzeiten, Schaltbandbreiten und Anstiegsgeschwindigkeiten. Die eingesetzten Schaltelemente – und hier ist das Reedrelais eine ganz hervorragende Lösung – dürfen das Messsignal weder verfälschen noch verzögern oder gar reflektieren.

Hier nochmals eine Auflistung der Vorteile unserer CRF-Serie für den Einsatz in Testern:

1. Die Forderung nach Schaltbandbreiten bis 7 GHz
2. Anstiegszeiten für Signale, über den Schalter transportiert, liegen bei typ. 40 Picosekunden
3. Hohe Rückflussdämpfung
4. Einfügedämpfung ist weniger als 1 dB bei 6 GHz
5. Extrem kleine und flache Bauweise
6. Die Bauteile können beidseitig auf einer Platine aufgebracht werden, der innenliegende magnetische Schirm verhindert magnetische Interferenzen
7. Isolationswiderstand zwischen den Punkten typ.  $10^{14}$  Ohm
8. Isolationsspannung von mindestens 200 V über dem geöffneten Schalter
9. Isolationsspannung von mindestens 1.500 V zwischen Spule und Kontakt
10. Thermospannung über den Kontakten liegt unter 1  $\mu$ V
11. Kapazität über dem geöffneten Schalter weniger als 0,2 pF
12. Kapazität zwischen den geöffneten Kontakten und dem Schirm typ. 0,6 pF





## Applikationshinweis für Messungen im Frequenz- und Zeitbereich an HF-Relais

Um HF-Bauteile wie Reedrelais über 100 MHz fachmännisch testen zu können, sind zwei Voraussetzungen erforderlich: Ein Netzwerkanalysator, sowie gute Prüfaufnahmen für das Kalibrieren und Testen der Komponenten. Dasselbe trifft auf Messungen des Zeitbereichs zu. Beim Test der Anstiegszeit im Zeitbereich kann es leicht zu einem Überschwingen kommen, das die Signalqualität nachteilig beeinflusst.

Ein gutes Adapterdesign startet bei der Materialauswahl: HF-taugliches Platinenmaterial und SMA-Verbinder sind die Grundlage. Für die Platine kommen mehrere bekannte Materialien in Frage: FR 4, G-Tech und diverse Materialien von Rogers. Auch wenn der Adapter bei der Kalibrierung die Fehler zum Teil neutralisiert, kommt FR 4 nur bis ca. 6 GHz in Frage. Darüber hinaus empfiehlt es sich, HF-Leiterplattenmaterial wie RO 3203 oder RO 4350 einzusetzen. Rogers hat weitere Platinenmaterialien verfügbar, es muss aber auf den Ausdehnungsfaktor TCE geachtet werden - er muss mit eventuell weiteren Bauteilen harmonieren. Die meisten Materialien sind keramikgefüllt.

Abb. # 15, 16, 17 und 18 erläutern die Funktion der Kalibrierboards, ausgelegt für Kurzschluss gegen Masse (shorted to ground), offener Signalkreis (open circuit), geschlossener Signalkreis (through line transmission), eine 50-Ohm-Anbindung (50-Ohm-impedance termination) sowie das Layout des Prüflings. Es sollten so viele Massepunkte wie möglich angebracht und scharfe Kanten vermieden werden.

Abb. # 14 zeigt einen Kalibrierungsaufbau

Die Daten aller Kalibrierungsmodule wurden aufgenommen und im Analyser hinterlegt. Die Daten des „RUT-Relais unter Test“ wurden um die Abweichungen der Testadapter korrigiert. Beide lagen sehr eng zusammen. Auf folgende Ergebnisse konnte zurückgegriffen werden: Isolation, Einfügungsdämpfung und Stehwellenverhältnis VSWR. Die angefügte Smith Chart zeigt die zu erwartende Impedanz über den gesamten Frequenzverlauf.

## Design der Testadapter

Der erste Schritt ist das Definieren der geometrischen Abmessungen des Testadapters. Nachfolgend sind vier Anordnungen und ihre entsprechenden Gleichungen zum Berechnen der Impedanz aufgeführt.

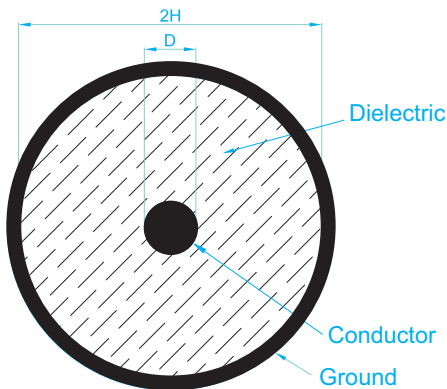


Abb. # 10 Schematische Darstellung einer Koaxialleitung.

$$Z_o = 60 / (\sqrt{\epsilon_r}) \ln ((2h)/d)$$

Gleichung # 5 für Koaxialkabel

Wobei h und d in obiger Zeichnung definiert sind und er die Dielektrizitätszahl des Materials zwischen den Leitern angibt.

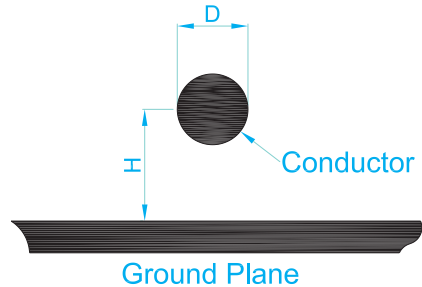


Abb. # 11 Drahtleiter über Masseebene.

$$Z_o = 60 / (\sqrt{\epsilon_r}) \ln ((4hk_p)/d)$$

Gleichung # 6

### für Drahtleiter über Masseebene

$k_p$  ist ein Annäherungsfaktor für einen runden Leiter über einer Masseebene. Für  $h/d > 1$ , gilt  $k_p$  fast 1. Bei kleinen Abständen gilt annäherungsweise

$$k_p = \frac{1}{2} + (\sqrt{4h^2 - d^2})/4h$$

Gleichung # 7

$k_p$  verringert sich zu  $\frac{1}{2}$ , wenn der runde Leiter die Masseebene berührt, bei  $d=2h$ . Dieser Annäherungseffekt wird von denselben Erscheinungen verursacht wie auch der Skineneffekt. Gegenseitige Abstoßung drängt Ströme an die Oberfläche von Leitern, die Strom in die entgegengesetzte Richtung leiten. Die Stromdichte in Rundleitern ist am höchsten auf der Seite, die am nächsten zur Masseebene liegt. Im Falle des Reedrelais ist der Skin- und Annäherungseffekt nicht zu unterscheiden von den Effekten bei Koaxialleitungen. Die gesamte Oberfläche des runden Innenleiters liegt symmetrisch eingebettet im Schild. Der Annäherungseffekt wird normalerweise bei dünnen rechteckigen Leitern berücksichtigt. Der Skineneffekt erhöht die Stromdichte in den Außenbezirken von Leitern.

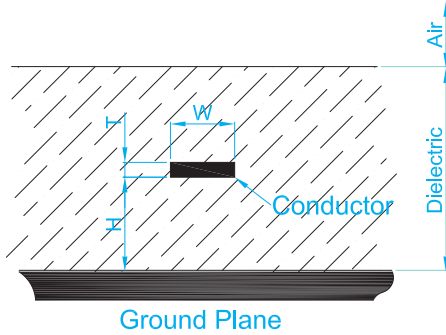


Abb. # 12 Anordnung einer eingebetteten Leiterbahn.

$$Z_o = 60 / (\sqrt{\epsilon_r}) \ln ((5.98h) / (0.8w + t))$$

Gleichung # 8 eingebettete Leiterbahn über Masseebene

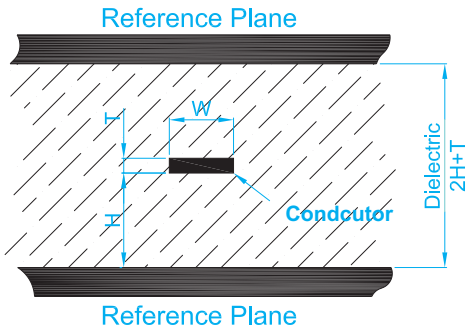


Abb. # 13 Leiterbahn Anordnung.

$$Z_o = 60 / (\sqrt{\epsilon_r}) \ln (3.8(h + 0.5t) / (0.8w + t))$$

Gleichung # 9 Leiterbahn zwischen Masseebenen Testaufbau und Testaufnahmen

## Testaufbau und Testaufnahmen

Der Schlüssel zum erfolgreichen Testen liegt im Testaufbau selbst und den verwendeten Testaufnahmen.

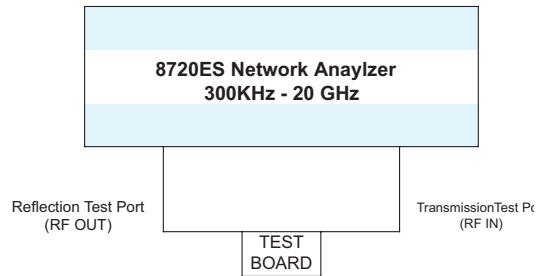


Abb. # 14 Testaufbau.

## Kalibrierung ist kritisch für genaue Messungen

Um Messfehler bei der Charakterisierung von Relais zu vermeiden, werden Kalibrierungsadapter benötigt. Für die Verbindung zum Netzwerk Analyzer wurden SMA-Verbindungen verwendet. Folgende Abbildungen zeigen den Aufbau der Adapter, welche zum Testen der Relais (RUT-Relay unter Test) benutzt wurden.

- Kalibrierungsadapter mit einer offenen 50 Ohm-Leitung
- Kalibrierungsadapter mit einer kurzgeschlossenen 50 Ohm-Leitung
- Kalibrierungsadapter mit 50 Ohm Abschlusswiderstand
- Kalibrierungsadapter mit 50 Ohm Durchverbindung
- Testadapter mit RUT

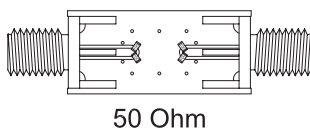


Abb. # 15 Kalibrierungsadapter mit 50 Ohm Abschlusswiderstand.

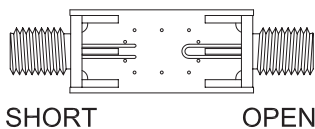


Abb. # 16 Kalibrierungsadapter mit offener / kurzgeschlossener Leitung.

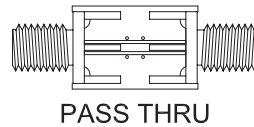


Abb. # 17 Kalibrierungsadapter mit Durchverbindung.

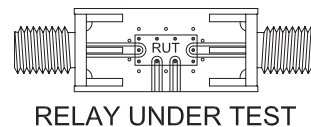


Abb. # 18 Kalibrierungsadapter mit Relais.

## Einfügedämpfung

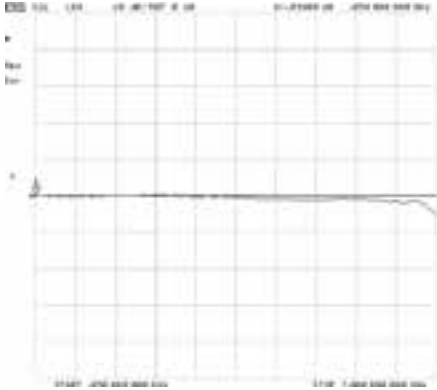


Abb. # 19 Einfügedämpfung gemessen bis 7 GHz an einem Reedrelais wie in Abb. # 9 abgebildet.

Horizontale Skalierung: Bis 7 GHz

Vertikale Skalierung: 10 dB / Div, Referenz 0-Linie

## Einfügedämpfung mit Kupferbrücke

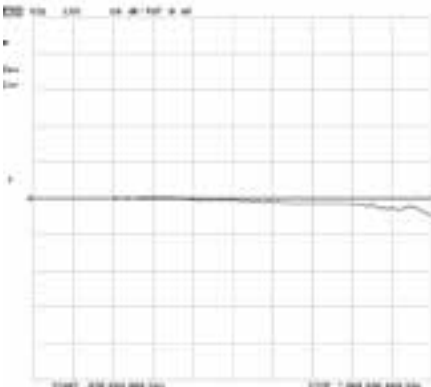


Abb. # 20 Einfügedämpfung gemessen bis 7 GHz an einem Reedrelais wie in Abb. # 9 abgebildet.

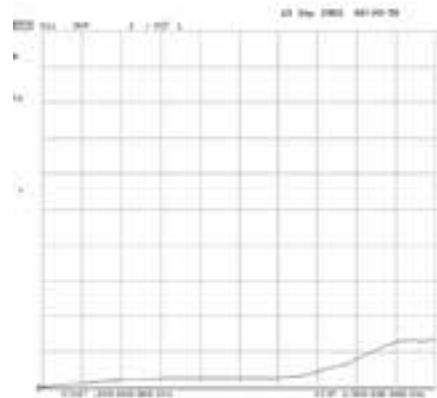
Hier wurde der interne Reedschalter durch einen Kupferdraht ersetzt.

Horizontale Skalierung: Bis 7 GHz.

Vertikale Skalierung: 10 dB / Div, Referenz 0-Linie

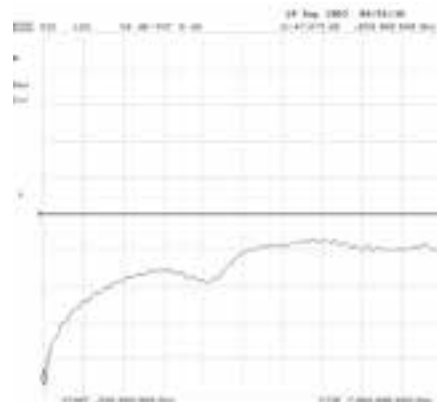
## VSWR

Abb. # 21 VSWR - Voltage Standing Wave Ratio - Stehwellenverhältnis gemessen bis 6.5 GHz an einem Reedrelais wie in Abb. # 9 abgebildet. Horizontale Skalierung: 6,5 GHz. Vertikale Skalierung: 1,0/ Div bezogen auf die Grundlinie.



## Isolation

Abb. # 22 Isolation gemessen bis 7 GHz an einem Reedrelais wie in Abb. # 9 abgebildet. Horizontale Skalierung: Bis 7 GHz. Vertikale Skalierung: 10 dB / Div, Referenz 0-Linie.



## Rückflussdämpfung

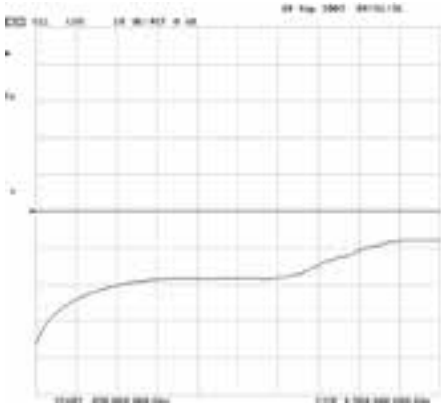


Abb. # 23 Rückflussdämpfung gemessen bis 6,5 GHz an einem Reedrelais wie in Abb. # 9 abgebildet.  
 Horizontale Skalierung: 6,5 GHz.  
 Vertikale Skalierung: 1,0/Div bezogen auf die Grundlinie.

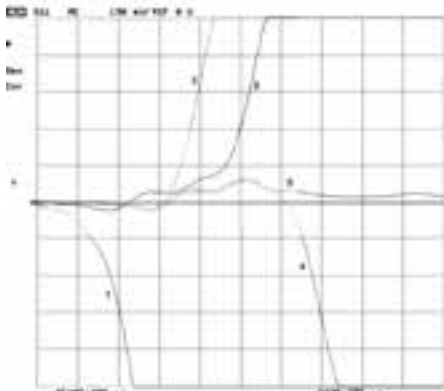


Abb. # 24. Darstellung des Wellenwiderstandes beim Aufbau eines Reedrelais Abb. # 9. Kurven 1 bis 3 zeigen die bildliche Darstellung der Kalibrierungspunkte. Horizontale Skalierung 750 psec über die ganze Skala. Die Vertikalskalierung des Reflexionsfaktors bezieht sich auf die Nulllinie und beträgt 150 milliUnit/Div.

- 1 - Kurzschluss vor Relais
- 2 - Kontakt offen
- 3 - Kontakt geschlossen
- 4 - Geschlossener Kontakt - kurzgeschlossen nach Relais
- 5 - Geschlossener Kontakt - 50 Ohm

## Smith-Diagramm

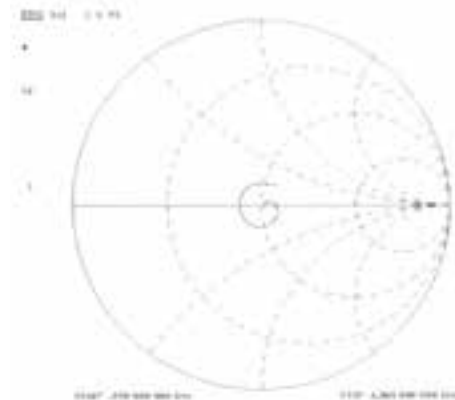


Abb. # 25 zeigt ein Smith-Leitungsdiagramm (Smith Chart) ausgedruckt für Frequenzen bis 4 GHz. Der zweite gestrichelte Kreis, von der rechten Seite aus gesehen, repräsentiert den Impedanzpunkt mit 50 Ohm.



## Testergebnisse

Die Resultate in den Abb. # 19 bis 25 wurden mit den vorangehend beschriebenen Testadaptern und Testabläufen durchgeführt. Die benutzten Aufnahmen waren aus FR-4 Platinenmaterial. Eine weitere Variante wäre die Verwendung von Rogers-Material. Hier könnte bei Bedarf eine Verbesserung der Parameter erzielt werden.

## Einfügungsdämpfung (Insertion Loss)

Wie bereits vorab erklärt, spezifiziert die Einfügungsdämpfung den Verlust des Signals in einem Relais, gemessen zwischen Ausgang und Eingang des Bauteils. Die Einfügungsdämpfung ist die wichtigste Eigenschaft unseres Reedrelais, der Wert sollte so gering wie möglich sein.

Abb. # 19 zeigt einen exzellenten Verlauf der Kurve bis 7 GHz. Die Kurve ist bis zu 7 GHz sehr flach und steigt dann leicht an. Es kann von einem guten Signal-Schaltverhalten bis zu dieser Frequenz bei unserem Keramikrelais der Serie CRF ausgegangen werden, sowohl für analoge oder digitale Signale. Werden Halbleiter als Schaltelemente verwendet, so kommen nicht selten Intermodulationsverzerrung zum Tragen. Mit einem passiven Bauelement, wie es das Reedrelais darstellt, existieren die Intermodulationsverzerrung nicht; das Ergebnis zeigt die flach verlaufende Kurve bis 7 GHz. Damit wird dem Entwickler ermöglicht, unterschiedlichste Frequenzen zu schalten, ohne individuelle Schaltglieder für bestimmte Frequenzbereiche benutzen zu müssen.

Bei diesen hohen Frequenzen über 1 GHz erwartet man einen negativen Einfluss der Eisen-Nickel-Paddel des Reedschalters, hier als Mittelleiter fungierend. Der Skin-Effekt wird als Hauptgrund dargestellt, da die ferromagnetischen Eisen-Nickel-Paddel einen hohen Permeabilitätsfaktor  $\mu$  haben. Wie jedoch mit dem Versuch in Abb. # 20 dargestellt, ist dies absolut nicht der Fall. Der Reedschalter wurde (siehe Abb. # 9) durch einen Kupferleiter ersetzt. Vergleicht man Abb. # 19

und Abb. # 20, so sieht man nur sehr geringe bis gar keine Unterschiede. Bei hohen Schaltlasten wäre der Skin - Effekt sicherlich ein Thema, beim Schalten von Signallasten ist der Einfluss der Eisen - Nickel - Paddel jedoch vernachlässigbar.

## VSWR-Stehwellenverhältnis (Voltage- Standing-Wave-Ratio)

VSWR beschreibt den Effekt stehender Wellen auf einer HF-Übertragungsstrecke. Sind stehende Wellen vorhanden, so wird Teilleistung zwischen Quelle und Linie hin- und zurückreflektiert. Diese Vor- und Zurückreflektion erzeugt die sogenannte stehende Welle. Diese stehenden Wellen interferieren und stören somit das Originalsignal eines Relais. Abb. # 21 repräsentiert den VSWR- Wert . Bei der Übertragung von HF- Analogsignalen spielt dieser Wert eine wichtige Rolle, ansonsten ist die Einfügungsdämpfung der dominierende charakteristische Wert.

## Isolation

Die Isolation eines Reedrelais definiert die Fähigkeit, das Signal über einen geöffneten Schalter nicht weiter zu transferieren. Es wäre zu schön, wenn an einem geöffneten Reedschalter das anliegende Signal einfach geblockt werden könnte. Bei HF ist dies leider nicht der Fall, der geöffnete Schalter wirkt als Kapazität, und diese wiederum ist ein Leckstrompfad: Je höher die Frequenz, um so größer die Wirkung. In Abb. # 22 kann man dies schön sehen: Die Werte nehmen kontinuierlich ab, von - 50 dB oder mehr bei relativ niedrigen HF-Signalen über - 15 dB bei 3 GHz bis zu - 10 dB bei 7 GHz. Entscheidend ist hier die Größe des Kontaktpaltes. Diesen zu erhöhen bedeutet eine Vergrößerung des Glases und somit der Außenabmessungen.

Der Effekt wäre dann ein Reedschalter mit hohem AW, gleichbedeutend mit einem Anstieg der Spulenleistung. Abhilfe erreicht man durch das Zusammenschalten mehrerer Relais, auch als T-Schaltung oder Halb-T- Lösung.

## Rückflussdämpfung (return loss)

Rückflussdämpfung ist ebenfalls ein HF-Parameter, hat aber nicht die Wichtigkeit wie Einfügungsdämpfung oder Isolation. Mit dieser Messung definiert man die reflektierte Leistung. Wie in Abb. # 23 erkennbar werden hier Werte von 35 dB und höher bei geringeren HF-Frequenzen erreicht, der Wert sinkt auf 10 dB bei hohen Frequenzen. Generell gilt: Je höher die Dämpfung, um so besser das Relais.

## Wellenwiderstand (characteristic impedance)

Um die beste Information über den Wellenwiderstand eines Reedrelais zu erhalten ist es hilfreich, mehrere unterschiedliche Stadien des Signalverhaltens zu messen. Da es sich um eine räumliche Messung handelt, kann die aktuelle Impedanz an jedem Punkt des Signalpfades gemessen werden. Folgende Betriebszustände wurden in Abb. # 24 festgehalten:

1. Ein Kurzschluss am Relaiseingang zur Definierung der Eingangsschaltung
2. Geöffnete Reedschalter definieren den Signalpfad bis zur Mitte des Relais
3. Geschlossene Kontakte definieren den Signalpfad bis zum Ende des Relais
4. Geschlossene Kontakte wenn das Relais kurzgeschlossen ist
5. Geschlossene Kontakte bei einer Impedanz von 50 Ohm

Wie in Abb. # 24 zu erkennen ist befindet sich der Wellenwiderstand leicht über 50 Ohm. Da die "Hinlaufspur-Trace" etwas hoch ist, kann man eine leichte induktive Erhöhung zwischen Eingang und Ausgang erkennen. Kompensieren lässt sich dies mit einem geringen kapazitiven Ausgleich am Eingang und Ausgang des Relais. Dies erhöht die HF-Leistungsfähigkeit der Schaltung.

## Smith-Diagramm (Smith Chart)

Das Smith-Diagramm veranschaulicht das Frequenzverhalten, insbesondere die Impedanz von Bauteilen über einen gegebenen Frequenzbereich. Die Impedanz wird in 50 KHz Schritten bis 4 GHz gemessen. Das Diagramm zeigt die graphische Darstellung dieser Messwerte. Wie in Abbildung # 25 zu sehen, liegen die Messwerte sehr nahe um den realen 50 Ohm Mittelpunkt.

Der zweite gestrichelte Kreis von rechts repräsentiert die 50 Ohm Impedanz-Marke. Die horizontale Achse im Zentrum des Diagramms zeigt die realen Impedanz-Werte. Messpunkte über dieser Achse sind induktiv, unter der Achse kapazitiv. Die Messpunkte für das CRF Relais liegen alle um den realen 50 Ohm-Wert.

## Anforderungen an die Lebensdauer

Lastanforderungen haben einen extrem wichtigen Einfluss auf die mögliche Lebensdauer von Reedschaltern. Viele technische Verbesserungen der letzten Jahre wurden in die Praxis umgesetzt, das Ergebnis kann sich in Form von weitaus größerer Zuverlässigkeit als bisher bekannt sehen lassen.

Reedschalter arbeiten in hermetisch dichter Atmosphäre. Werden Signallasten oder keine Lasten geschaltet, sind Schaltspiele auch über  $10^9$  hinaus eine erreichbare Größe. Und das Gute daran: Die Kontaktwiderstände erhöhen sich dabei nur ganz geringfügig bis gar nicht. Im Gegenteil, wir messen des öfteren sogar einen fallenden Kontaktwiderstand um 5 bis 10 Milliohm.

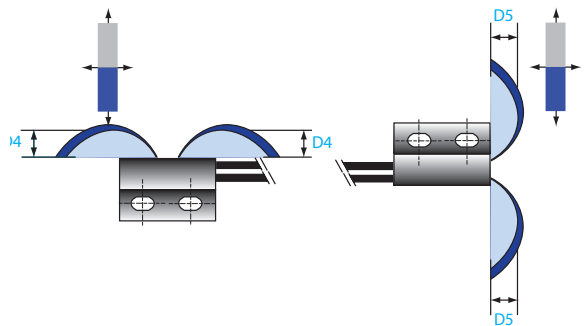
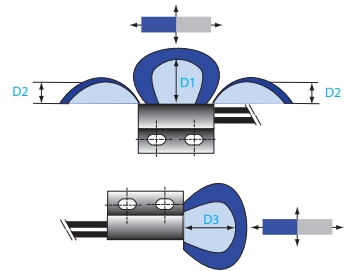
Standex-Meder Electronics bietet ein umfassendes Angebot an Reedschaltern mit Glaslängen von 4 mm bis 50 mm; Schaltspannungsbereiche von Nanovolt bis 10 KV; Schaltströme Femptoampere bis 5 A. Und dies alles von DC bis 7 GHz. Die Kontaktpaddel sind je nach Ausführung und Anforderung mit Wolfram, Rhodium, Rhutenium, Palladium oder Iridium beschichtet.

Ein wesentlicher Bestandteil einer optimierten Nutzung des Reedswitchers ist auch dessen Behandlung während der Bearbeitung. Dies haben wir in diesem Buch ausführlich beschrieben. Schalten Sie induktive, kapazitive oder Lampenlasten, beachten Sie bitte auch auf den entsprechenden Seiten beschriebenen Schutzbeschaltungen.

Es ist immer am besten die zu erwartende Lebensdauer für den jeweiligen Schalter mit den passenden Schaltlasten zu testen. Die Praxis hat es gezeigt: Ein Lebensdauerertest bietet die größtmögliche Sicherheit und beugt unliebsamen Überraschungen vor. Damit werden alle Faktoren inklusive eventuell vorhandener Störimpulse berücksichtigt.

# Schaltabstand

Abhängig von der Position und Bewegung des Betätigungsmagneten.



Anmerkung: Die in der Tabelle genannten Abstände in Millimeter sind typische Werte, die in Anwendungen abweichen können.

Typ	Artikel-Nr.	Magnetische Empfindlichkeit	Position und Bewegung max. Anzugsdistanz in mm					Position und Bewegung min. Abfalldistanz in mm				
		mT	D1	D2	D3	D4	D5	D1	D2	D3	D4	D5
MK03-1A66B-500W	2232711054	> 1,70	15,0	6,5	9,3	8,5	8,5	17,5	8,0	11,4	10,1	10,1
MK03-1A66C-500W	2233711054	> 2,30	13,0	4,4	7,4	7,2	7,2	16,5	6,5	9,9	9,5	9,5
MK03-1A66D-500W	2234711054	> 2,70	11,0	4,0	5,7	6,5	6,5	14,5	5,5	8,5	9,0	9,0
MK03-1A66E-500W	2235711054	> 3,10	10,0	3,5	4,5	5,7	5,7	13,5	5,0	8,0	8,5	8,5
MK04-1A66B-500W	2242661054	> 1,70	15,0	6,5	9,3	8,5	8,5	17,5	8,0	11,4	10,1	10,1
MK04-1A66C-500W	2243711054	> 2,30	13,0	4,4	7,4	7,2	7,2	16,5	6,5	9,9	9,5	9,5
MK04-1A66D-500W	2244711054	> 2,70	11,0	4,0	5,7	6,5	6,5	14,5	5,5	8,5	9,0	9,0
MK04-1A66E-500W	2245661054	> 3,10	10,0	3,5	4,5	5,7	5,7	13,5	5,0	8,0	8,5	8,5
MK05-1A66B-500W	2252711054	> 1,70	15,0	6,5	9,3	8,5	8,5	17,5	8,0	11,4	10,1	10,1
MK05-1A66C-500W	2253711054	> 2,30	13,0	4,4	7,4	7,2	7,2	16,5	6,5	9,9	9,5	9,5
MK05-1A66D-500W	2254661054	> 2,70	11,0	4,0	5,7	6,5	6,5	14,5	5,5	8,5	9,0	9,0
MK05-1A66E-500W	2255661054	> 3,10	10,0	3,5	4,5	5,7	5,7	13,5	5,0	8,0	8,5	8,5
MK06-4-A	2206040000	< 1,70	18	8,5	15	12	13,5	19	9,5	16	13,5	15
MK06-4-B	2206040001	> 1,70	16	7,5	12,5	10,5	11	17	8	13,5	11,5	12
MK06-4-C	2206040002	> 2,30	14	7	10,5	9,5	9,5	16	7,5	13	11	12
MK06-4-D	2206040003	> 2,70	13	6,5	10	9	9	15	7	11,5	10	10,5
MK06-4-E	2206040004	> 3,10	12	5,5	8,5	8	8	13	6	9,5	9	9
MK12-1A66B-500W	9122711054	> 1,70	18	8	14	13	11,5	20,5	10	17	14,5	13
MK12-1A66C-500W	9123711054	> 2,30	16	6	11,5	9,5	8,5	18	8,5	15	12,5	11,5
MK12-1A66D-500W	9124711054	> 2,70	14	5	7,5	7,5	5,5	17	6,5	11,5	11,5	9,5
MK12-1A66E-500W	9125711054	> 3,10	13	4	5,5	7	3,5	16	6	11	11	8,5
MK11/M8-1A66B-500W	9118266054	> 1,70	15,0	6,5	9,3	8,5	8,5	17,5	8,0	11,4	10,1	10,1
MK11/M8-1A66C-500W	9118366054	> 2,30	13,0	4,4	7,4	7,2	7,2	16,5	6,5	9,9	9,5	9,5
MK11/M8-1A66D-500W	9118066054	> 2,70	11,0	4,0	5,7	6,5	6,5	14,5	5,5	8,5	9,0	9,0
MK11/M8-1A66E-500W	9118566054	> 3,10	10,0	3,5	4,5	5,7	5,7	13,5	5,0	8,0	8,5	8,5
MK13-1A66B-500W	9132661054	> 1,70	15,0	6,5	9,3	8,5	8,5	17,5	8,0	11,4	10,1	10,1
MK13-1A66C-500W	9133711054	> 2,30	13,0	4,4	7,4	7,2	7,2	16,5	6,5	9,9	9,5	9,5
MK13-1A66D-500W	9134711054	> 2,70	11,0	4,0	5,7	6,5	6,5	14,5	5,5	8,5	9,0	9,0
MK13-1A66E-500W	9135661054	> 3,10	10,0	3,5	4,5	5,7	5,7	13,5	5,0	8,0	8,5	8,5
MK14-1A66B-100W	9142711054	> 1,70	15	7	11	10	8	16	8	12	12	9
MK14-1A66C-100W	9143711054	> 2,30	11	5	8	9	6	13	6,5	10	11	7,5
MK14-1A66D-100W	9144711054	> 2,70	10	4	6	6	4,5	12	5	8	8	6,5
MK14-1A66E-100W	9145711054	> 3,10	9	3	4	4	2,5	11	4,5	7	6	5
MK15-B-2	9151710022	> 1,70	14	6,5	7	9	7	16	8	9	9,5	8
MK15-C-2	9151710023	> 2,30	13	6	6,5	8,5	6,5	15	7,5	8,5	9	7,5
MK15-D-3	9151710024	> 2,70	12	5,5	6	7,5	5,5	14	7	8	8,5	7
MK15-E-3	9151710025	> 3,10	11	5	4,5	7	3,5	13	6	7	8	6

# Schaltabstand

Anmerkung: Die in der Tabelle genannten Abstände in Millimeter sind typische Werte, die in Anwendungen abweichen können.

Typ	Artikel-Nr.	Magnetische Empfindlichkeit	Position und Bewegung max. Anzugsdistanz in mm					Position und Bewegung min. Abfalldistanz in mm				
		mT	D1	D2	D3	D4	D5	D1	D2	D3	D4	D5
MK16-B-2	9161870022	> 1,70	15	7	11	10	9.5	16	8	12	11	11
MK16-C-2	9161870023	> 2,30	13	6	8	8	8	14.5	7	10	10	9.5
MK16-D-2	9161870024	> 2,70	12	5.5	7	7.5	7	14	6.5	9	9.5	9
MK16-E-2	9161870025	> 3,10	11	5	6	7	5.5	13.5	6	9.5	9	8.5
MK17-B-2	9171009022	> 1,70	15	7.5	12.5	10	11	16	8	13.5	11	12
MK17-C-2	9171009023	> 2,30	14.5	7	10	9	9.5	15.5	7.5	11.5	10	10.5
MK17-D-2	9171009024	> 2,70	12.5	6	9.5	8	8	14	7	11	9.5	9.5
MK17-E-2	9171009025	> 3,10	12	5.5	8.5	7.5	7.5	13.5	6.5	10.5	8.5	9
MK18-B-300W	9182100034	> 1,70	16.5	8	14.5	10	12	18.5	9.5	16.5	10.5	14
MK18-C-300W	9183100034	> 2,30	14	7	11	9	9.5	15.5	8	12.5	10	11
MK18-D-300W	9184100034	> 2,70	12	5.5	9	8	7.5	14	7.5	11	9.5	10
MK18-E-300W	9185100034	> 3,10	11	5	7	7	6	13.5	7	10.5	9	9.5
MK20/1-B-100W	9202100014	> 1,70	11	5.5	9	6.5	7.5	11.5	6	10	7	8
MK20/1-C-100W	9203100014	> 2,30	10.5	5	8	6	7	11	5.5	9	6.5	7.5
MK20/1-D-100W	9204100014	> 2,70	10	4.5	7	5.5	6.5	10.5	5	8	6	7
MK20/1-E-100W	9205100014	> 3,10	9.5	4	6	5	6	10	4.5	7	5.5	6.5
MK21M-1A66B-500W	9212100054	> 1,70	13	5.5	4.5	8	3	14	6.5	5.5	9	4
MK21M-1A66C-500W	9213100054	> 2,30	11	4	2.5	6.5	1.5	13	6	4.5	8.5	3.5
MK21M-1A66D-500W	9214100054	> 2,70	9.5	3.5	1	5	1	11.5	5	2.5	7	2
MK21M-1A66E-500W	9215660054	> 3,10	8	2.5	x	4	x	10	3.5	x	6	x

## Alle angegebenen Distanzen sind gültig mit folgenden Magneten:

4003004003 / offener Rundmagnet,  $\varnothing$  4x19 mm  
 2500000002 / M2, Schraubmagnet  
 2500000004 / M4, Schraubmagnet

2500000005 / M5, Schraubmagnet  
 2500000013 / M13, Schraubmagnet  
 2500000021 / M21, Schraubmagnet

Diese Tabelle enthält nur einen Teil unseres Sensorsortiments. Schaltabstände für alle anderen Serien, Schaltertypen, Sonderausführungen und mit anderen Magneten auf Anfrage.

# Notizen

## Begriffserklärung häufig verwendeter Bezeichnungen im Zusammenhang mit Reedschalterprodukten

*Die nachfolgend aufgeführten Begriffe beziehen sich auf Reedschalter, Reedrelais, Reedsensoren und elektromechanische Relais. Für einige der Definitionen gibt es Mehrfachbezeichnungen. Wir haben uns für die am meisten verwendeten Begriffe entschieden.*

**Abfallwert** wird gemessen in V, mT, AW und kennzeichnet den Punkt an dem ein Reedschalter/Reedrelais wieder öffnet.

**Abschalten** bezeichnet das Entfernen der Energie von der Spule.

**Amperewindung (AW, AT)** ist die Bezeichnung für die magnetische Empfindlichkeit eines Reedschalters oder Reedsensors und errechnet sich aus der Multiplikation von Windungszahl der Messspule mit dem Messstrom. AW definiert normalerweise den Schließ- und Öffnungspunkt eines Reedschalters.

**Anisotropie** (magnetische Ungleichheit) Bei anisotropen Magneten wird das Magnetpulver während des Pressvorganges in einem starken Magnetfeld ausgerichtet. In der Richtung dieses Magnetfeldes ergeben sich höhere magnetische Werte als quer dazu.

### **Ansprechzeit**

a) Für Arbeitskontakte: Die Zeit vom Einschalten der Spule bis zur ersten Kontaktgabe.

b) Für Ruhekontakte: Die Zeit vom Einschalten der Spule bis zum Öffnen des Kontaktes.

c) Für Umschaltkontakte: Die Zeit vom Einschalten der Spule bis zur ersten Kontaktgabe des zu schließenden Kontaktes.

**Anzugsspannung** definiert die Spannung an der Spule eines Reedrelais bei der die Schaltkontakte das erste Mal schließen, öffnen oder umwechseln.

**Arbeitsfrequenz** ist die Anzahl der Schwingungen mit der ein Schalter geöffnet und geschlossen werden kann.

**Arbeitstemperatur** bestimmt den Temperaturbereich in dem ein Reedschalter, ein Reedsensor oder ein Reedrelais erfolgreich arbeitet.

**Arbeitszyklus** ist eine Verhältniszahl, gebildet aus der Ein-Zeit und Aus-Zeit eines Schalters; die Formel lautet:  $T\text{-on} / (T\text{-on} + T\text{-off})$ .

**Armatur** ist der bewegte magnetische Teil eines elektromagnetischen Relais.

**Bistabile Relais** verharren üblicherweise ohne jeglichen Energieeintrag in der zuletzt gesetzten Position. Ein Umschalten erfolgt durch das Anlegen eines umgekehrt gepoltes Magnetfeldes.

**Commonanschluss** nennt man den Teil der Kontaktkombination eines Wechslers, der je nach magnetischer Beaufschlagung, entweder mit der Ruhe- oder Arbeitsseite verbunden ist.

**Curie-Temperatur (Tc)** ist die Temperatur, bei der ein ferromagnetischer Werkstoff seinen Magnetismus verliert. Benannt nach Marie Curie, Physikerin und Chemikerin.

**Durchschlagsspannung** kennzeichnet den Spannungswert bei dem ein Funke zwischen den geöffneten Paddeln überspringt.

**Durchschlagsspannung**, vorionisiert kann spezifiziert werden nachdem ein Reedschalter bereits einmal ohne Zerstörung der Paddeloberfläche elektrisch durchgebrochen ist. Dies erzeugt einen ionisierten Zustand innerhalb der Glaskapsel. Der Wert ist bei Druckgasschaltern meist etwas tiefer als vor der Ionisierung, aber langfristig wesentlich zuverlässiger und somit aussagefähiger.

**Einschmelzprozess** beschreibt den Vorgang bei dem Glas und Metall miteinander verschmolzen werden.

**Einschmelzzone** ist der Bereich des Schalters wo Glas und Metall miteinander verbunden sind.



**Elektrostatischer Schirm** verhindert das Übersprechen der Signale zwischen der Spule und einem oder mehrerer Kontakte; der Schirm besteht aus Kupfer und ist an einer oder mehreren Stellen geerdet.

**Empfindlichkeit** magnetische, bezieht sich auf den Anzugs- und Abfallpunkt eines Reedswitchers und wird normalerweise in AW (AT) oder mT angegeben.

**Entmagnetisierung** ist die Verminderung der Magnetisierung durch ein Gegenfeld, abklingendes Wechselfeld, durch Temperatureinfluss oder durch radioaktive Strahlung. Temperaturen über der Curietemperatur ( $T_c$ ) führen zur vollständigen Entmagnetisierung.

**Haltespannung** ist die benötigte Spannung an einer Spule die benötigt wird, um einen Reedswitcher gerade noch geschlossen zu halten.

**Haltestrom** ist die benötigte Stromstärke in einer Spule die benötigt wird um einen geschlossenen Schalter gerade noch geschlossen zu halten.

**Hg-benetzte Schalter** sind Reedswitcher mit einem hauchdünnen Quecksilberfilm über den Paddeln; damit erreicht man prellfreies Schalten zusammen mit hohen Lasten und/oder langer Lebensdauer.

**Hysteresese**, ein vollständiger Umlauf mit getrennten Wegen für den Magnetisierungs- und Entmagnetisierungsvorgang, meist zwischen Werten, die im Sättigungsbereich der Magnetisierung liegen. Diesen Bereich bezeichnet man als Hysteresekurve. Meist werden für Darstellungen B oder J verwendet. Wichtige Punkte sind die Remanenz und die Koerzitivfeldstärke.

**Hystereseschleife** zeichnet den Verlauf der magnetischen Induktion als Funktion der Feldstärke H auf. Bei erstmaliger Magnetisierung steigt B bzw. J auf einer so genannten „Neukurve“.

**Impedanz** bezieht sich auf den Widerstand in Ohm mit rein ohmschem Anteil; induktive und/oder kapazitive Anteile werden in HF-Schaltungen entsprechend eingerechnet.

**Induktion** magnetische (B), ist die durch ein äußeres Magnetfeld verursachte (induzierte) magnetische Ord-

nung in einem ferromagnetischen Werkstoff. Sie setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Der eine Teil rührt vom angelegten Feld her, der andere von der Materie. Einheit Tesla (T).  $B = \mu_0 \cdot H + J$

**Isolationsspannung** ist der Wert, der als Isolation über dem geöffneten Kontakt, Kontakt-Kontakt, Kontakt-Metallgehäuse, Metallgehäuse-Abschirmung, Abschirmung-Kontakt sowie allen anderen leitenden Teilen eines Relais spezifiziert wird.

**Isolationswiderstand** ist der Gleichstromwiderstand in Ohm gemessen zwischen Eingang und Ausgang eines Relais oder über den geöffneten Schalter. Die Messung erfolgt üblicherweise mit 100 VDC.

**Isotropie** ist die Gleichheit physikalischer (hier magnetischer) Eigenschaften in allen Richtungen.

**Kapazität** spezifiziert die Gesamtkapazität zwischen Eingang und Ausgang einer kompletten Kontaktstrecke inklusive Anschlüsse.

**Koaxialschirm** ist ein elektrostatistischer Schirm mit Erdung sowohl am Eingang als auch am Ausgang.

**Koerzitivfeldstärke** ist diejenige Feldstärke  $H_c$ , bei der die Magnetisierung eines vorher bis zur Sättigung magnetisierten Werkstoffes auf Null zurückgeht. Man unterscheidet die Koerzitivfeldstärken  $H_{cJ}$  und  $H_{cB}$ , bei denen  $J = 0$  bzw.  $B = 0$  wird. Einheit kA/ m oder A/ cm.

**Kontakt** benennt die Kontaktpaddel die zur Funktion eines Reedswitchers oder elektromechanischen Relais benötigt werden. Ein Kontakt hat immer mindestens zwei Kontaktpaddel.

**Kontakt, Belastbarkeit** definiert die zulässige Schaltleistung, die sich als Produkt aus Schaltstrom und Schaltspannung ergibt.

**Kontakt, Form A/Schließer** ist ein einfacher Schließer, geöffnet in Ruhestellung. Auch als SPST (Single Pole Single Throw) Normally Open (NO) bekannt.

**Kontakt, Form B/Öffner** ist ein einfacher Öffner, geschlossen in Ruhestellung. Auch als SPST Normally Closed (NC) bekannt.

**Kontakt, Form C/Wechsler** ist ein Reedschalter bei dem der Ruhekontakt (NC) öffnet bevor der Schließerpfad (NO) mit dem gemeinsamen Anschluss (Common) verbunden ist. Auch bekannt unter SPDT (Single Pole Double Throw).

**Kontakt, make-before-break (Form C)** ist ein Kontakt mit kontinuierlicher Kontaktgabe, da der Schließerkontakt (NO) bereits geschlossen ist, bevor der Öffner (NC) geöffnet hat.

**Kontakt, Form E** ist ein bistabiler Kontakt der sowohl in der Schließer- als auch Öffnerposition verharren kann. Umgeschaltet wird mit einem umgepolten Magnetfeld.

**Kontakt, Reed** beschreibt eine Glas-/Metallanordnung zweier magnetischer leitender Paddel mit einer Hartmetallbeschichtung in einem Glasrohr, welches hermetisch verschlossen ist.

**Kontakt, Spaltabstand** ist der Abstand zwischen den Paddeln im geöffneten Zustand.

**Kontakt, Strombelastung** spezifiziert den Strom den der Schalter innerhalb der festgelegten Lebensdauer schalten kann.

**Kontaktdruck** beschreibt die Kraft mit der zwei Kontaktpaddel geschlossen sind.

**Kontaktform** beschreibt die eingesetzte Kontaktvariante (1 Form A / 1 Schließer, 2 Form B / 2 Öffner usw. )

**Kontaktschweißen** ist der Punkt, an dem zwei geschlossene Kontaktzungen den Schmelzpunkt erreichen und nicht mehr aus eigener Kraft in die Ausgangslage zurück fallen können.

**Kontaktspreizung** definiert die Zeit, die ein Wechsler benötigt, um nach dem Öffnen auf der Ruheseite (Common-NC), den Schließer mit dem gemeinsamen Anschluss zu verbinden (Common-NO).

**Kontaktwiderstand** ist der elektrische Widerstand eines geschlossenen Schalters gemessen an den dafür vorgesehenen Anschlüssen nachdem der Kontakt stabil geschlossen ist.

**Kontaktwiderstand, dynamisch** wird ca. 1 ms bis 3 ms nach dem Schließen alternierend in Milliohm gemessen.

**Lastfreies Schalten** bedeutet das Schließen und Öffnen eines Reedschalters ohne jeglichen Strom und keinerlei Spannung.

**Leckstrom** ist der Parameter für ungewollten Strom über geöffneten Kontakten oder zwischen Spule und Kontakt.

**Magnetfeldlinien** ist die Bezeichnung für die magnetische Induktion oder Krafflinien an einem bestimmten Punkt des Magnetfeldes.

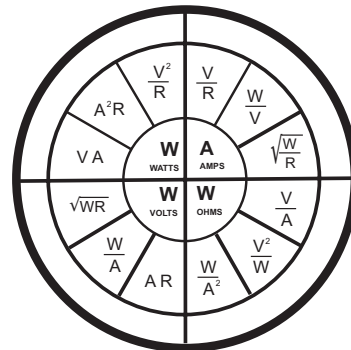
**Magnetisieren** siehe Tabelle.

**Magnetpol** befindet sich am Ende eines Magneten, hier bündeln sich die Feldlinien am stärksten, und hier ist auch die Magnetkraft am stärksten (Nord- und Südpol eines Magneten).

**Magnetschirm** besteht aus ferromagnetisch leitendem Material und ist um die Spule eines Relais angebracht; dadurch wird die magnetische Kraft nach innen gebündelt und nach außen abgeschirmt.

**Nennspannung** ist die zum störungsfreien Betrieb notwendige Spannung an einer Spule, gemessen in VDC.

**Ohmsches Gesetz** wird in der nachfolgenden Tabelle abgebildet:



**Öffnen** verwendet man als Begriffsbestimmung für die Änderung der Kontaktposition von geschlossen auf offen

**Optokoppler**, aus einer Lichtquelle und einem Photoempfänger bestehendes Bauteil zur Übertragung von Signalen zwischen elektrisch isolierten Schaltkreisen.

**Paddel** wird verwendet, um den freitragenden Teil der Schließkontakte innerhalb eines Reed Schalters zu kennzeichnen.

**Permeabilität ( $\mu$ )**, anschaulich „magnetische Durchlässigkeit“ oder „Leitfähigkeit“. Sie ist das Verhältnis der magnetischen Induktion B zum magnetischen Feld H. Im Vakuum ist die Konstante  $\mu_0 = 1,256 \text{ mT} : \text{kA/m}$ . In nicht ferromagnetischen Materialien ergibt sich eine materialabhängige absolute Permeabilität, wobei um die relative Permeabilität erweitert wird. Es gilt  $B = \mu * H = \mu_0 * \mu_r * H$ .

**Polarisation, magnetische (J)** ist der Beitrag der Materie zur Flussdichte.  $J = B - \mu_0 * H$ .

**Prellen, Kontakt** entsteht meist nur kurzfristig nach dem Anlegen der Erregerspannung aufgrund des Rückfederns der Paddel, kann aber auch durch starken externen Schock oder Vibration beim Einschnappen, oder auch montiert an stark vibrierenden Maschinen, entstehen.

**Rastermaß** Bei radialen Bauteilen ist das Rastermaß der Mittenabstand zwischen den beiden Anschlußbeinen. Normale Rastermaßwerte sind:

- · 2,540 mm (=0,1 Zoll) oder ein Vielfaches davon: 5,08 / 7,62 / 10,16 (englisch/amerikanisches Maß)
- · 2,50 mm oder ein Vielfaches davon: 5,0 / 7,5 / 10 (wird für die Technik bevorzugt)
- · 0,635 mm oder ein Vielfaches davon: 1,27 / 1,905 / 2,54 (für Miniaturbau)

**Reedrelais** ist ein Relais mit eingebautem Reedkontakt als Schaltelement. Abgeleitet von engl. Reed = Schilfrohr. Die Bezeichnung leitet sich von der Form des Kontaktes und seiner Ähnlichkeit zu einem Schilfrohrkolben ab. Elektromechanisches Bauteil aus der Frühzeit der elektromechanisch gesteuerten Vermittlungstechnik. Erstes großindustriell eingesetztes, automatisches Vermittlungsschaltelement, das sich durch seine geringe Größe und Robustheit auszeichnet. Aufgebaut aus federnden Kontaktzungen aus einer Eisen-Nickel-Legierung in einem mit einem Schutzgas gefüllten Glaskörper. Die Funktion beruht darauf, dass ein von außen angelegtes Magnetfeld über die Kontaktzungen geschlossen wird.

Um den magnetischen Widerstand im Luftspalt zwischen den zunächst offenen Kontaktzungen zu vermindern, wird dieser Luftspalt geschlossen, womit auch Kontakt zwischen den Kontaktpaddel hergestellt wird.

**Reedschalter** ist ein magnetisch zu betätigender Kontakt, die Kontaktpaddel sind dabei hermetisch dicht in ein Glasrohr eingebracht (Druck oder Vakuum möglich).

**Reedsensor** wird im Gegensatz zum Reedrelais nicht mit einer Spule, sondern durch einen externen Magneten betätigt.

**Relais** ist die Bezeichnung für ein weit verbreitetes, elektromechanisches Bauteil. Entwickelt um 1840. Vom Prinzip, ein elektrisch angesteuerter, magnetisch betriebener mechanischer Schalter zum Ein- und Ausschalten eines Stromkreises.

**Remanenz ( $B_r$ )** wird in Tesla (T), Millitesla (mT) oder Gauß (G) angegeben und ist die verbleibende Magnetisierung in einem magnetischen Werkstoff, der in einem geschlossenen Kreis bis zur Sättigung magnetisiert wurde.

**Reset** bezieht sich auf das Rückstellen von Kontakten in ihre ursprünglich vorgesehene Version.

**Resonanzfrequenz** spezifiziert den Punkt an dem Kontakte zum mechanischen Eigenschwingen neigen; bestimmende Größen sind hier mechanische Abmessungen und Konstruktionseinflüsse.

**Schließkraft** entsteht zwischen zwei Kontaktpunkten in geschlossener Funktion unter bekannten Bedingungen.

**Schließzeit** ist die gemessene Zeit zwischen dem Anlegen einer Erregerspannung an die Spule und dem kompletten Schließprozess eines Schalters inklusive Prellen.

**Schnappeffekt** beschreibt die Art wie die Paddel durch die magnetische Kraft von der Ruhe- in die Arbeitsposition springen.

**Spulen, selbsttragende** werden mit Backlackdrähten hergestellt und haben keinen Spulenkörper.

**Spalt, magnetisch** beschreibt den nichtmagnetischen Anteil eines Magnetkreises.

**Spule** bezeichnet das Gebilde aus isoliertem Kupferlackdraht mit oder ohne Spulenkörper. Fließt Strom durch den Kupferdraht, so entsteht ein Magnetfeld. Dieses Magnetfeld wird zum Schließen und/oder Öffnen von Reed-schaltern oder elektromechanischen Relais verwendet.

**Spulenkörper** werden verwendet zum Abwickeln von Kupferdraht für die Erzeugung des Magnetfeldes um einen Reed-schalter.

**Strom** ist die Größe des Elektronenstroms in einem geschlossenen Schaltkreis, gemessen in Ampere (Einheit A).

**Strom, AC** ist ein Wechselstrom in einem geschlossenen Stromkreis.

**Strom, DC** ist Gleichstrom der in eine Richtung fließt.

**Temperaturkoeffizient** gibt bei magnetischen Werkstoffen die Änderung der Remanenz und der Koerzitivfeldstärke in Abhängigkeit zur Temperatur an.

**Thermospannungsarme Relais** sind Reedrelais, die speziell dazu entwickelt wurden um kleinste Spannungen im Mikro- und Nanovoltbereich unverfälscht zu schalten.

**Transportstrom** ist der Strom der noch sicher über einen geschlossenen Kontakt geführt werden kann.

**Tesla (T)** Einheit der magnetischen Flussdichte bzw. der magnetischen Induktion:  $1 \text{ T} = 1 \text{ Vs/m}^2$  oder 10.000 Gauß. Einheit Tesla benannt nach Nicola Tesla.

**Übererregung** spezifiziert die magnetische Energie (V, AW oder mT) die nach dem exakten Schließpunkt eines Schalters zum Messen verwendet wird. Kontaktwiderstände werden normalerweise mit 40 % Übererregung gemessen.

**Wechselstrom**, Begriff aus der Elektrotechnik. Im Gegensatz zu Gleichstrom ändert Wechselstrom ständig seine Flußrichtung.

**Weibull-Diagramme** werden zu statistischen Zuverlässigkeitsaussagen von verschleißbehafteten Bauelementen verwendet. Sie zeigen die relative Anzahl der Ausfälle in Abhängigkeit von der Anzahl der Schaltspiele bei definierten Einsatz- und Ausfallkriterien.

**Widerstand**, elektrisches Bauteil mit der Eigenschaft, den elektrischen Stromfluss mehr oder weniger zu "begrenzen".

# Notizen

# Notizen



Reed Schalter

Näherungssensoren und Magnete

Levensensoren

Transformatoren und Wickelgüter

Stromwandler

Planar Transformatoren

Antennen und Spulen

Steckverbindungen

Reed Relais

**Kontaktinformationen:**

**Standex-Meder Electronics**

Hauptsitz

4538 Camberwell Road

Cincinnati, OH 45209 USA

**Standex-Meder Electronics Europa**

Robert-Bosch-Strasse 4

78224 Singen, Deutschland

+49(0)7731 8399-0

info@standexmeder.com

