

# 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 zur Verwendung, 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.

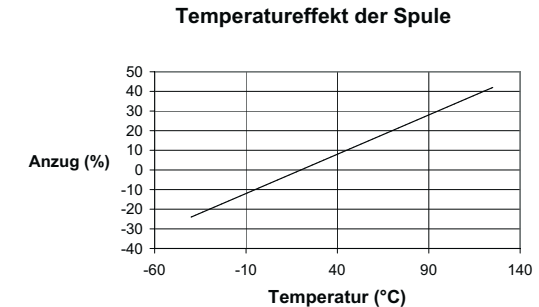


Abb. # 6 Der Anzugs- und Abfallwert erhöht sich um 0,4% / °C.

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.

**Abschaltempfindlichkeit** ( $A_{Wab}$ , DO) bestimmt den Ausschaltpunkt des Reed Schalters. Die Merkmale der Beschreibung von AW an treffen hier ebenfalls zu und werden entsprechend berücksichtigt.

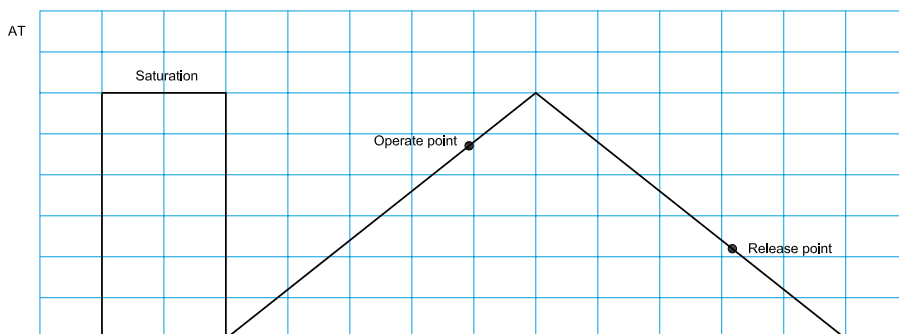


Abb. # 5 Das genaueste Messergebnis für  $A_{Wan}$  und  $A_{Wab}$  erhält man durch einen Vormagnetisierungsimpuls.

Eine **Hysterese** in % stellt das Verhältnis zwischen Anzugs- und Rückgangswert 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**

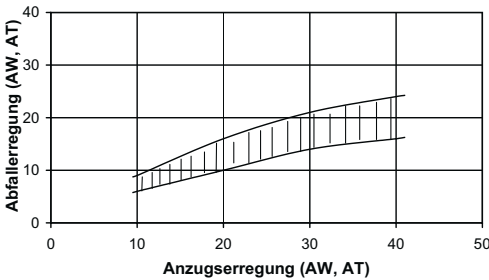


Abb. # 7 zeigt die  $A_{Wan}$ - und  $A_{Wab}$ -Verläufe. Die Hysterese steigt mit höherem AW-Wert normalerweise an.

Der **Statische Kontaktwiderstand** ist der Gleichstromwiderstand, erzeugt durch Paddel und Kontaktfläche. Den meisten Einfluss hat hier das Nickel/Eisenmaterial mit einem Wert zwischen  $8 \cdot 10^{-8}$  Ohm/m. Verglichen mit dem Kupferwert von  $1,7 \cdot 10^{-8}$  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).

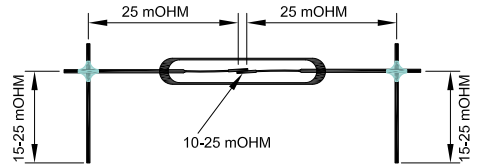


Abb. # 8 Darstellung der verschiedenen Widerstandszonen eines Reedswitchers.

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

Zum Messen wird der Kontakt mit einer Frequenz zwischen 50 Hz und 200 Hz geschaltet. Eine Messspannung von 0,5 V 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 0,5 V sollte nicht überschritten werden; zu groß wäre das Risiko, eventuell vorhandene Schmutzfilme auf den Paddeln zu „durchschlagen“. Diese können durch unsaubere Schnitte im Herstellungsprozess entstehen. Für kleinste Messsignale wäre dieser Schmutzfilm dann eine Unterbrechung, der lediglich durch die höhere Testspannung durchschlagen wird, nicht aber das Problem als solches visualisiert (Abb. # 9).

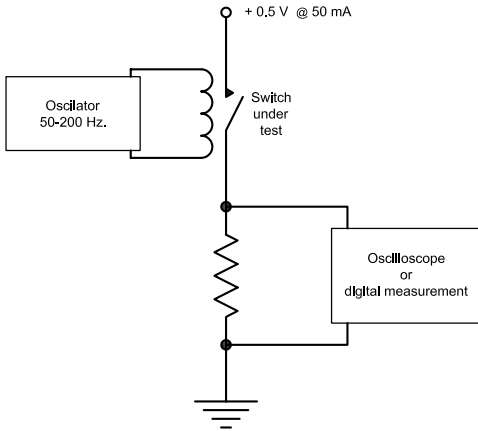


Abb. # 9 Schematisch dargestellter Messaufbau zum Bestimmen des Dynamischen Kontaktwiderstandes DCR.

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  $\mu\text{sec}$  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, noch immer dauert es aber ca. 1 ms bis zur endgültigen geschlossenen Position mit festem Kontaktwiderstand. Wir sprechen dann vom statischen Kontaktwiderstand.

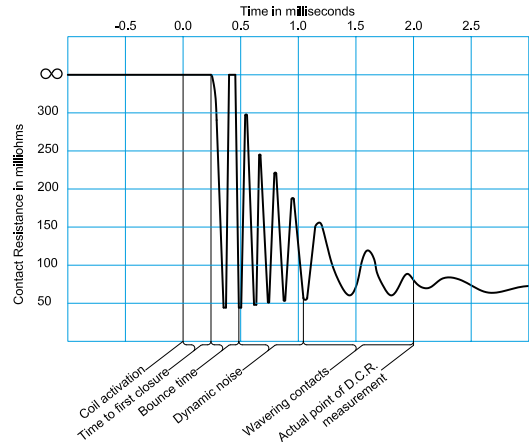


Abb. # 10 Ein typischer Einschwingverlauf mit erstem Schließen, Prellen, dynamisches Rauschen.

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  $\mu\text{sec}$ , so ist mit erhöhtem Ausfallrisiko, speziell bei lastfreiem Schalten, zu rechnen.

Abb. # 11 erläutert den Verlauf.

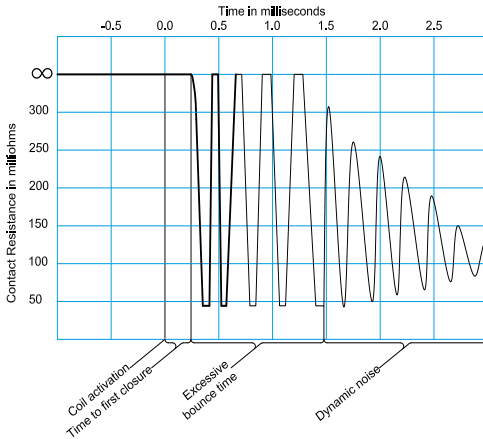


Abb. # 11 Das Einschwingdiagramm zeigt überlanges Prellen.

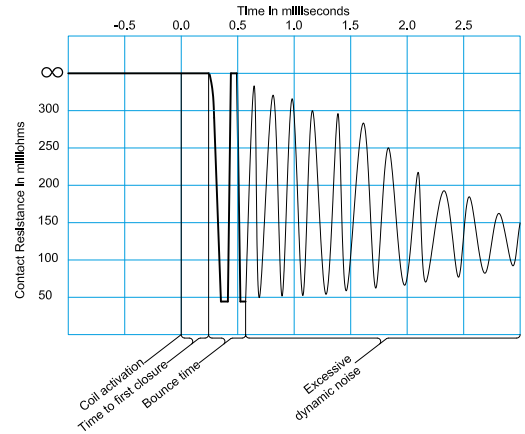


Abb. # 12 Das Kontaktrauschen ist zu hoch und zu lang.

Erhöht sich das Kontaktrauschen oder der Einschwingprozess über den spezifizierten Zeitraum von 1,5 ms hinaus, so lassen sich folgende Rückschlüsse ziehen: Einschmelzungen 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.

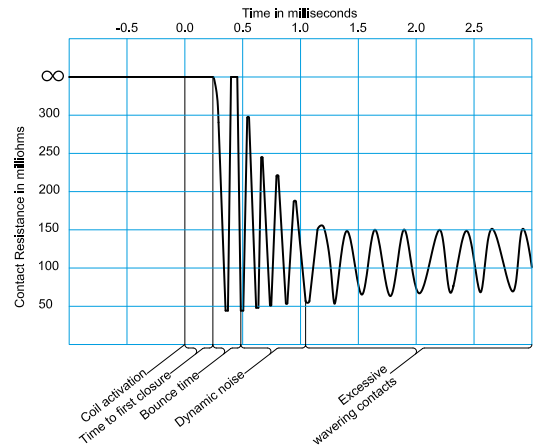


Abb. # 13 Das Verhalten zeigt Hinweise auf Haarrisse oder gerissene Reedschaltergläser.

Verändert sich der Kontaktwiderstand bei aufeinanderfolgenden Schaltungen auch nur in geringem Umfang, so können interne Verschmutzung, mechanische Ver-

spannung 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.

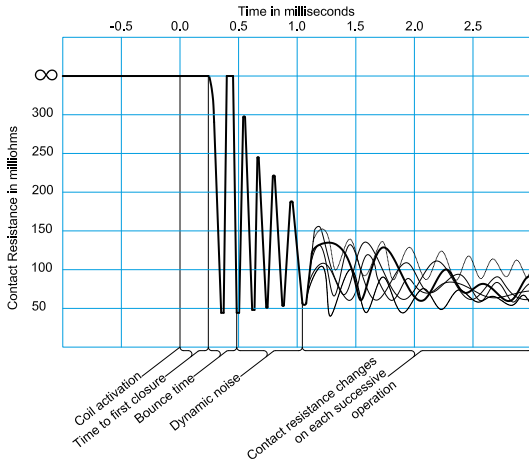


Abb. # 14 Ein Ablauf des dynamischen Kontaktwiderstandes mit den jeweiligen Veränderungen bei aufeinanderfolgenden Schaltungen mit unterschiedlichen Schaltrhythmen.

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 Kontaktoberfläche verursachen. Dies geschieht normalerweise ab 5 Volt. Eben diese Überschläge sind die Ursache für die Verkürzung der Lebenszeit eines Reedrelais. Trotzdem sind gute Reedrelais in der Lage, Spannungen zwischen 5 und 12 Volt viele 10 Millionen Mal zuschalten; 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 109 Schaltspiele keine übertriebene Spezifizierung.

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

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

**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 signifikant höherer Strom als beim Schaltvorgang zulässig, denn ein Schaltlichtbogen entsteht nur beim Schließen und Öffnen. Überraschenderweise kann ein geschlossener Reedrelais sehr hohe Ströme transportieren; wichtig ist dabei jedoch eine geringe Impulslänge, um Überhitzung zu vermeiden. Im Gegenzug lassen sich aber auch, und das ist der riesige Vorteil von Reedrelais gegenüber mechanischen Relais, minimalste Ströme im Bereich von Femtoampere ( $10^{-15}$  A) transportieren und/ oder schalten.

**Streukapazität**, gemessen in Mikrofarad oder Pikofarad, ist in einem gewissen Umfang immerpräsent; sowohl beim Schalten von Strom als auch von Spannung. Und dabei 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 ein bleibender Eindruck beim Reedrelais entstehen - dies gilt es zu bestimmen und ihn entsprechend zu schützen.

Spannungsüberlagerungen sind ebenfalls zu berücksichtigen

gen, auch diese haben einen entscheidenden Einfluss auf die Lebensdauer eines Reedswitchers. 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; eingekoppelt 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 Ampere geschaltet muss die Schaltspannung auf 20 Volt begrenzt sein.

**Isolationsspannung** bestimmt den Punkt kurz vor dem

spannungsmäßigen Durchschlag eines Reedswitchers und ist immer höher als die Schaltspannung. Die Funkenlöschung ist im Öffnungsfall kein Problem und muss nicht spezifiziert werden. Bei größeren evakuierten Reedswitchern 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 den geöffneten Schalter. Vermutlich ist es gerade diese Eigenschaft, die den Reedswitcher so einmalig macht und von all den anderen Schaltelementen so stark abhebt. Ein typischer Wert für Reedswitcher sind  $1 \times 10^{14}$  Ohm über den 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 Halbleitertest 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. Rufen Sie uns an.

**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 schalter-spezifischen Dämpfungseffekte bestimmt wird. Ein bis zwei Preller im Zeitfenster von 50  $\mu\text{sec}$  bis 100  $\mu\text{sec}$  sind normal. Die meisten Reedswitcher haben ein Schließzeit von 100  $\mu\text{sec}$  bis 500  $\mu\text{sec}$ , die Prellzeit bereits mit eingerechnet. Siehe Abbildung # 15.

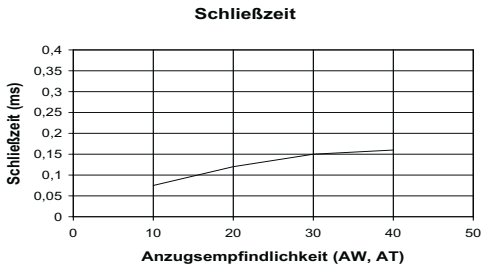


Abb. # 15 Ein typischer Verlauf der Schließzeit bei ansteigender Ansprechempfindlichkeit. Höhere AWan-Werte haben durch den größeren Paddelabstand auch längere Schließzeiten.

**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 Relaispule 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.

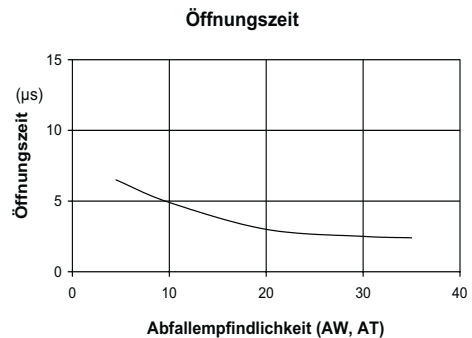


Abb. # 16 Eine Darstellung der Öffnungszeit bei steigender Abfallempfindlichkeit. Durch die höhere Rückstellkraft verkürzt sich die Öffnungszeit.

**Resonanzfrequenz** ist die Frequenz, bei der der Reed-  
schalter durch externe Vibrationen ungewollt schließt. Bei  
dieser Eigenschwingung kann es zu ungewollten Schal-  
tungen des RS kommen. Außerdem stellen diese Reso-  
nanzfrequenzen 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).

**Kapazität** zwischen den geöffneten Paddeln wird in Piko-  
farad 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.

**Resonanzfrequenz**

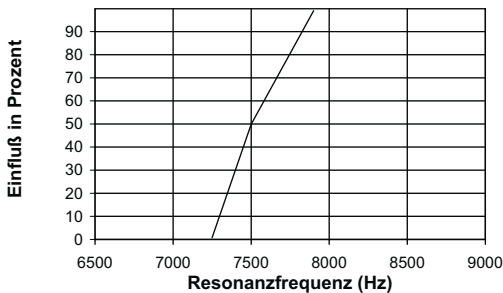


Abb. # 17 Typische Resonanzfrequenzen von 10 mm Reedschal-  
tern.

**Kontaktkapazität der Paddel**

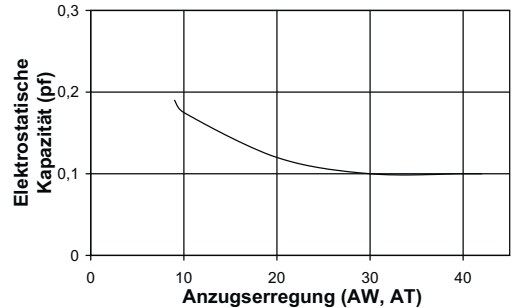


Abb. # 18 Die Anzugsempfindlichkeit wird größer, damit steigen  
die Paddelabstände. Die Kapazität dagegen fällt.