

 **Spannungsfestigkeit und Isolationswiderstand**

9.7.2 Spannungsfestigkeit und Isolationswiderstand

9.7.2.1 Spannungsfestigkeit zwischen den Leitern einer Plattenseite.
— Überslag —

Die Spannungsfestigkeit von einem zu einem benachbarten Leiter ist von verschiedenen Umständen abhängig. Zunächst natürlich von Art und Zustand des Isolierstoffträgers und der umgebenden Atmosphäre, aber auch von den verschiedenartigen, meist sehr dünnen Oberflächenanlagen, die sich beabsichtigt oder zufällig auf der Isolierstoffoberfläche befinden. Wegen der Vielgestaltigkeit der möglichen Einflüsse sind große Sicherheitszuschläge am Platze. In Deutschland sind Isolationswiderstände in **VDE 01 10** genormt.

Leiterabstand (nach VDE 01 10)

U – [V]	U ~ [V]	A ¹⁾	Kriechstrecke [mm]	
			Gruppe B	C ²⁾
30	30		1,5	2,0
60	60	0,5 (1,5)	2,0	3,0
110	125	1,0 (2,0)	2,5	3,5
250	250	1,5 (2,5)	3,0 (4)	4,0 (6)
440	380	2,0 (3,0)	4,0	6,0
600	500	3,0 (4,0)	6,0	10,0
800	750	4,0	10,0	14,0

Bei Wechselfspannung – gleich welcher Kurvenform – ist jeder Spannungswert zu wählen, der sich aus der Scheitelspannung dividiert durch $\sqrt{2}$ ergibt. Die Werte in Klammern gelten für unter Spannung stehende Teile gegen berührende Teile (Erde, Masse, Gehäuse).

Anmerkung:

Zum Ermitteln der Werte ist von der Spitzen-Maximal-Spannung auszugehen.

¹⁾ Die Kriechstromwerte der Isoliergruppe A gelten auch für B und C unter der Voraussetzung, das die Gedruckte Schaltung/Leiterplatte mit einem wärme- und alterungsbeständigen, fugenlosen Isoliermaterial überzogen ist (z. Z. ist nur Epoxydharz bekannt).

²⁾ Würde im Kurzschlußfall eine 6-A-Sicherung abschmelzen, ist immer der Kriechstromwert der Isoliergruppe C einzusetzen.

In den USA gelten nach **MIL-Std 275 B** die folgenden Werte, die nach Umrechnung in metrische Maße aufgeführt sind.

Grad A gilt für normale Umweltbedingungen

Grad B für staubige oder schmutzige Umgebung.

Leiterabstände für Gedruckte Schaltungen nach MIL-Std 275 B

Spalte I ohne Schutzüberzug in Höhen von 0	... 3048 m
Spalte II ohne Schutzüberzug in Höhen	über 3048 m
Spalte III mit Schutzüberzug in Höhen von 0	... 3048 m
Spalte IV mit Schutzüberzug in Höhen	über 3048 m

Spannung [V]	I A	I B	II [mm]	III	IV
0 ... 50	0,381	2,032	0,660	0,381	0,559
51 ... 100			1,575		0,762
51 ... 150	0,660	2,032		0,559	
101 ... 170			3,17		1,524
151 ... 300	1,575	3,17		0,762	
171 ... 250			6,35		3,17
301 ... 500	3,17	7,62		1,524	
251 ... 500			12,70		6,35
> 500	0,0076 je Volt	0,0152 je Volt	0,025 je Volt	0,0051 je Volt	0,0127 je Volt

Spannungswerte gelten für Gleichspannung oder Spitzenwerte bei Wechselfspannung.

9.7.2.2 Spannungsfestigkeit von einer Plattenseite zur anderen.
— Durchschlag —

Mindestwerte für die Spannungsfestigkeit sind in **DIN 77 35 Bl. 2** enthalten. Sie liegen sämtlich bei 5 kV und darüber und damit weit über dem Spannungsbereich in dem Gedruckte Schaltungen normalerweise eingesetzt werden. Meßmethoden enthält **DIN 53 481**.

9.7.2.3 Kriechstromfestigkeit

Kriechströme können sich an der Oberfläche von Isolierstoffen zwischen spannungsführenden Leitern infolge von leitfähigen Oberflächenverschmutzungen ausbilden. Als Folge der Kriechströme können

Zerstörungen des Isolierstoffgefüges auftreten, die das Leitvermögen drastisch erhöhen (Kriechspur). Kriechstromfestigkeit ist die Widerstandsfähigkeit eines Werkstoffes gegen die Bildung von Kriechspuren. Bestimmung der Kriechstromfestigkeit nach **DIN 53 480**.

Werte nach **DIN 77 35 Bl. 2**

Kriechstromfest sind Melaminharze (Hgw 2272), ungesättigte Polyesterharze (Hgw 2471–72) und manche Epoxydharze.

Wenn sich zwischen Kupferfolie und Isolierstoffträger ein Kleber befindet, dann ist natürlich dessen Kriechstromfestigkeit in erster Linie ausschlaggebend.

9.7.2.4 Lichtbogenfestigkeit

Im allgemeinen werden Gedruckte Schaltungen auf der Basis organischer Isolierstoffe nicht eingesetzt, wenn eine Lichtbogenbildung zu erwarten ist. Eine Ausnahme stellen Schalteranwendungen dar, denn bereits bei Schaltspannungen von 10 V ... 20 V (dann allerdings bei hohen Strömen) und Schaltströmen zwischen 0,3 A ... 0,9 A (dann allerdings bei hohen Schaltspannungen) können Lichtbögen auftreten.

Wenn die Kontaktabgabe durch Aufgleiten des Schleifers vom Isolierstoff auf die Metallbahn und die Unterbrechung durch Abgleiten von der Metallbahn auf die Isolierstoffbahn stattfindet, dann wird bei Bildung eines Lichtbogens der Isolierstoff unmittelbar belastet. Die Auswirkungen auf den Isolierstoff können sein: Verkohlen, verbrennen, schmelzen oder verdampfen mit den daraus folgenden elektrischen und mechanischen Veränderungen. **DIN 53 484** „Bestimmung der Lichtbogenfestigkeit“ unterscheidet 6 Stufen der Beeinträchtigung, genannt L 1 bis L 6, wobei L 1 das ungünstigste und L 6 das günstigste Ergebnis darstellen. In deutschen Normen über Grundmaterialien für Gedruckte Schaltungen sind keine Angaben über Lichtbogenfestigkeit enthalten. Es ist jedoch einleuchtend, daß Materialien mit hoher Kriechstromfestigkeit meist auch gegen Lichtbogen weniger empfindlich sind. So sind Qualitäten mit Melaminharz oder auch Teflon den anderen überlegen. Epoxydharze bestimmter Typen sind brauchbar, aber Phenolharze, von Spezialeinstellungen abgesehen, wenig geeignet.

9.7.2.5 Isolationswiderstand

Der Isolationswiderstand soll in allen Fällen die Arbeitswiderstände der Schaltung um einige Größenordnungen übertreffen. Sein Reziprok, der Isolationsleitwert, wird funktionell nirgends direkt ausgenutzt und stellt immer eine Störgröße dar. Der Isolationswiderstand kann durch Umgebungseinflüsse sehr stark verändert werden. Wärme, Feuchtigkeit und Verunreinigungen können ihn um Größenordnungen reduzieren. Bei Temperaturerhöhung von 20° C auf 80° C kann er bereits um 2 bis 3 Zehnerpotenzen fallen. Nach ausgedehnter Trocknung kann er sich um 2 Zehnerpotenzen erhöhen. Für die Bestimmung des Isolationswiderstandes ist es deshalb unerlässlich, eine bestimmte vorgeschriebene Vorbehandlung und Weiterbehandlung des Prüflings durchzuführen, um vergleichbare Ergebnisse zu bekommen. Die Bestimmung des Isolationswiderstandes ist in **DIN 53 482** genormt.

Hier wird unterschieden zwischen

- a) Durchgangswiderstand R_D ,
spezifischer Durchgangswiderstand q_D
- b) Durchgangswiderstand bezogen auf die Flächeneinheit R_F
- c) Widerstand zwischen Stöpseln R_S
- d) Oberflächenwiderstand R_O bei Gleichspannung.

In der praktischen Anwendung treten Oberflächen- und Durchgangswiderstand stets gemeinsam auf. Nur mit einem Kunstgriff ist es möglich, die Auswirkung des Durchgangswiderstandes getrennt zu erfassen.

So sind R_D , q_D und R_F reine Materialwerte, die mit einer Meßeinrichtung ermittelt werden, bei der zwar auch Isolationsströme an der Oberfläche fließen, wobei diese aber im wesentlichen eliminiert werden.

R_F in Ω ist der Meßwert an einer Probe beliebigen Querschnitts und beliebiger Dicke.

R_F in $\Omega \cdot \text{cm}^2$ ist der Meßwert einer Probe von 1 cm^2 Querschnitt und beliebiger Dicke.

q_D in $\Omega \cdot \text{cm}^2 : \text{cm}$ ist der Meßwert einer Probe von 1 cm^2 Querschnitt und 1 cm Dicke.

Bei dem Widerstand zwischen Stöpseln R_S in Ω wird vornehmlich der Durchgangswiderstand bestimmt, der Oberflächenwiderstand ist jedoch auch von Einfluß.

Bei der Messung des Oberflächenwiderstandes R_O in Ω wird vorwiegend der Oberflächenwiderstand bestimmt, der Durchgangswiderstand ist jedoch auch von Einfluß.

Von den vorstehend genannten Meßwerten sind für Gedruckte Schaltungen in **DIN 40 802** Oberflächenwiderstand R_O und spezifischer Durchgangswiderstand q_D genormt. Abweichend von **DIN 53 482** werden die Meßelektroden geätzt, und die Meßspannung ist mit 100 V festgelegt. Meßwerte nach **DIN 53 482** sind nicht mit solchen nach **DIN 40 802** vergleichbar!

Gemessen wird bei Hartpapieren nach Vorbehandlung a und b, bei Hartgewebe nach Vorbehandlung c.

Es bedeuten:

„Vorbehandlung a“: 4stündige Lagerung der Probekörper bei 70° C \pm 2° C.

„Vorbehandlung b“: 4tägige Lagerung der Probekörper im Klima 23/83 DIN 50 015.

„Vorbehandlung c“: 4tägige Lagerung der Probekörper im Klima 40/92 DIN 50 015.

Hartgewebe wird also vor der Messung höherer Temperatur und Feuchte ausgesetzt!