

Geräte der Schutzklasse I

und die

DIN VDE-Bestimmungen

Erarbeitet und zusammengestellt von

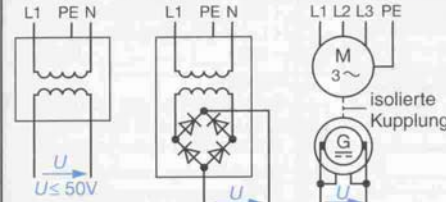
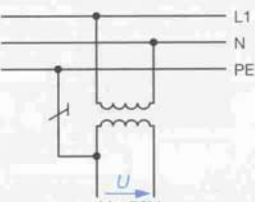

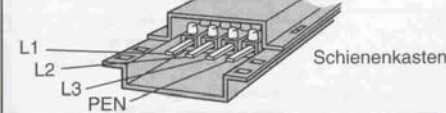
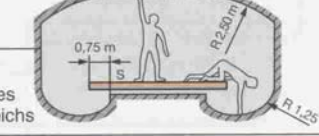

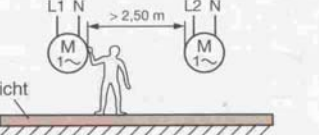
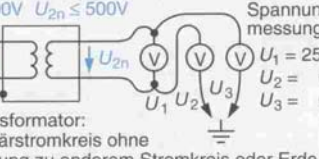



Peter Dreßler

Mai 2005

Die hier gemachten Ausführungen dienen als Beispiele und schließen jede Rechtsverbindlichkeit aus. Der Autor schließt jegliche Haftung für unrichtige Darstellung, falsche Interpretation oder Fehlauslegung der Vorschriften ausdrücklich aus. Grundsätzlich sind die DIN-Normen und VDE-Bestimmungen in ihrer zuletzt aktualisierten Fassung gültig.

Die Bestimmungen für Geräte der Schutzklasse 1 liegen in den VDE-Vorschriften nur fragmentiert vor. Deshalb möchte ich hier den Versuch unternehmen, sie für den Praktiker möglichst kurz, verständlich und „stilistisch erträglich“ zusammen zu fassen.

1. Schutz gegen elektrischen Schlag.

Schutz gegen elektrischen Schlag Protection against electric shocks		DIN VDE 0100-410: 97-01 DIN VDE 0100-739: 89-06
Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren		
Schutzkleinspannung (SELV ¹⁾)		Funktionskleinspannung (PELV ²⁾)
 <p>SELV-Stromkreis: Keine Verbindung mit Erde, Schutzleiter oder aktiven Teilen anderer Stromkreise, sichere Trennung ¹⁾ ≙ Safety extra-low voltage</p>		 <p>PELV-Stromkreis: Erdung und Verbindung mit Schutzleiter anderer Stromkreise zulässig, sichere Trennung ²⁾ ≙ Protective extra-low voltage</p>
Schutz gegen direktes Berühren		
Schutz durch Isolierung aktiver Teile		Schutz durch Hindernisse
		z. B. Barrieren, Schranken
Schutz durch Abdeckungen und Umhüllungen		Schutz durch Abstand
		 <p>Grenze des Handbereichs</p>
Schutz bei indirektem Berühren		Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ($I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$)
Schutz durch Hauptpotenzialausgleich		Schutz durch nicht leitende Räume
		
Schutzisolierung		Schutztrennung
<ul style="list-style-type: none"> • Vollisolierung • Isolierungsumkleidung • Isolierauskleidung • Zwischenisolierung 		 <p>Trenntransformator: • Sekundärstromkreis ohne Verbindung zu anderem Stromkreis oder Erde • $I_{2 \text{ max}} \leq 500 \text{ mA}$; $U_{2n} \cdot I_2 \leq 100 \text{ 000 VmA}$.</p>
Schutzklassen elektrischer Betriebsmittel		
Schutzklasse I	Schutzklasse II	Schutzklasse III
Schutzmaßnahme mit Schutzleiter Kennzeichen: 	Schutzisolierung Kennzeichen: 	Schutzkleinspannung Kennzeichen: 
Betriebsmittel mit Metallgehäuse	Betriebsmittel mit Kunststoffgehäuse	Betriebsmittel mit Bemessungsspg. bis 25 V ~ bzw. 50 V ~ und bis 60 V ~ bzw. 120 V ~
z. B. Elektromotor	z. B. Handbohrmaschinen	z. B. Elektrische Handleuchten

1.1 Schutzklasse

Für Geräte deren Chassis aus Metall und direkt berührbar ist, gilt die Schutzklasse 1 mit der Schutzmaßnahme „Schutzleiter“.

Tritt in dem Gerät ein Fehler auf, der zu Spannung am Gehäuse führen würde, sorgt der Schutzleiter für einen Kurzschluss-Strom, der die nächst vorgeschaltete Sicherung zur Auslösung bringt und somit das Gerät vom Netz trennt.

1.2 Wirkung des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper.

Schutzmaßnahmen – Protective measures		DIN VDE 0100-200: 98-06 DIN VDE 0100-410: 97-01					
Wirkung des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper (Stromstärkebereich nach IEC 479)		Allgemeingültige Begriffe (Auswahl)					
Wechselstrom (50/60 Hz)		Bezeichnung	Erklärung				
		L1 L2 L3	Außenleiter: Leiter, die Stromquellen mit Verbrauchsmitteln verbinden.				
Gefährdungsbereiche für erwachsene Personen und Stromweg »linke Hand zu beiden Füßen« ① keine Reaktion ② keine physiologisch gefährliche Wirkung ③ bei $t > 10$ s oberhalb der Loslassschwelle Muskelverkrampfungen ④ Herzkammerflimmern, Herzstillstand		N	Neutralleiter: Leiter, der mit dem Mittel- oder Sternpunkt verbunden ist.				
		PE	Schutzleiter: Leiter, der Körper von Betriebsmitteln, leitfähige Teile, Haupterdungsklemme und Erde verbindet.				
		PEN	PEN-Leiter: Leiter, der die Funktionen von Neutral- und Schutzleiter vereinigt.				
		U_o	Wechselspannung (Effektivwert) z. B. zwischen Außenleiter und N-Leiter bzw. Erde				
		U_B	Berührungsspannung				
		U_L	höchstzulässige Berührungsspannung <table><tr><td>Menschen</td><td>Nutztiere</td></tr><tr><td>50 V~, 120 V~</td><td>25 V~, 60 V~</td></tr></table>	Menschen	Nutztiere	50 V~, 120 V~	25 V~, 60 V~
Menschen	Nutztiere						
50 V~, 120 V~	25 V~, 60 V~						
		U_F	Fehlervoltage: Spannung, die im Fehlerfall zwischen Körpern oder zwischen diesen und der Bezugserde auftritt.				
		I_F	Fehlerstrom: Strom, der aufgrund eines Isolationsfehlers fließt.				
		I_K	Kurzschlussstrom: Strom, der bei direkter Verbindung von zwei Außenleitern oder zwischen Außenleiter und Neutralleiter fließt. Erdschluss: Leitende Verbindung eines Außenleiters mit der Erde, Fehler wird auch als einpoliger Kurzschluss bezeichnet.				
		I_a	Abschaltstrom der Überstrom-Schutzorgane mit Abschaltzeiten für TN-Systeme: • $t \leq 0,4$ s bei $U_o = 230$ V, • $t \leq 0,2$ s bei $U_o = 400$ V, • $t \leq 0,1$ s bei $U_o > 400$ V. TT-Systeme: • $t \leq 5$ s in allen Stromkreisen, • $t \leq 1$ s bei Einsatz von RCDs. IT-Systeme: mit /ohne N-Leiter • $t \leq 0,8$ s / $t \leq 0,4$ s bei $U = 400$ V, • $t \leq 0,4$ s / $t \leq 0,2$ s bei $U = 690$ V, • $t \leq 0,2$ s / $t \leq 0,1$ s bei $U = 1000$ V.				
		I_b	Betriebsstrom eines Stromkreises				
		I_n	Bemessungsstrom (Nennstrom) eines Verbrauchsmittels oder Überstrom-Schutzorgans				
		$I_{\Delta n}$	Bemessungs-nennfehlerstrom der RCD				
Gleichstrom							
Gefährdungsbereiche für erwachsene Personen und Stromweg »linke Hand zu beiden Füßen« ① keine Wahrnehmung ② keine physiologisch gefährliche Wirkung ③ mögliche Störungen durch Impulse im Herzen ④ Herzkammerflimmern, Verbrennungen							
Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers							
Ersatzschaltbild	Erklärung						
	Teilwiderstände R_1 : Hände und Arme R_2 : Körperrumpf R_3 : Beine und Füße R_K : innerer Körperwiderstand mit Durchschnittswerten • bei 25 V mit 3250 Ω • bei 50 V mit 2625 Ω • bei 230 V mit 1350 Ω						

2. Der Netzanschluss

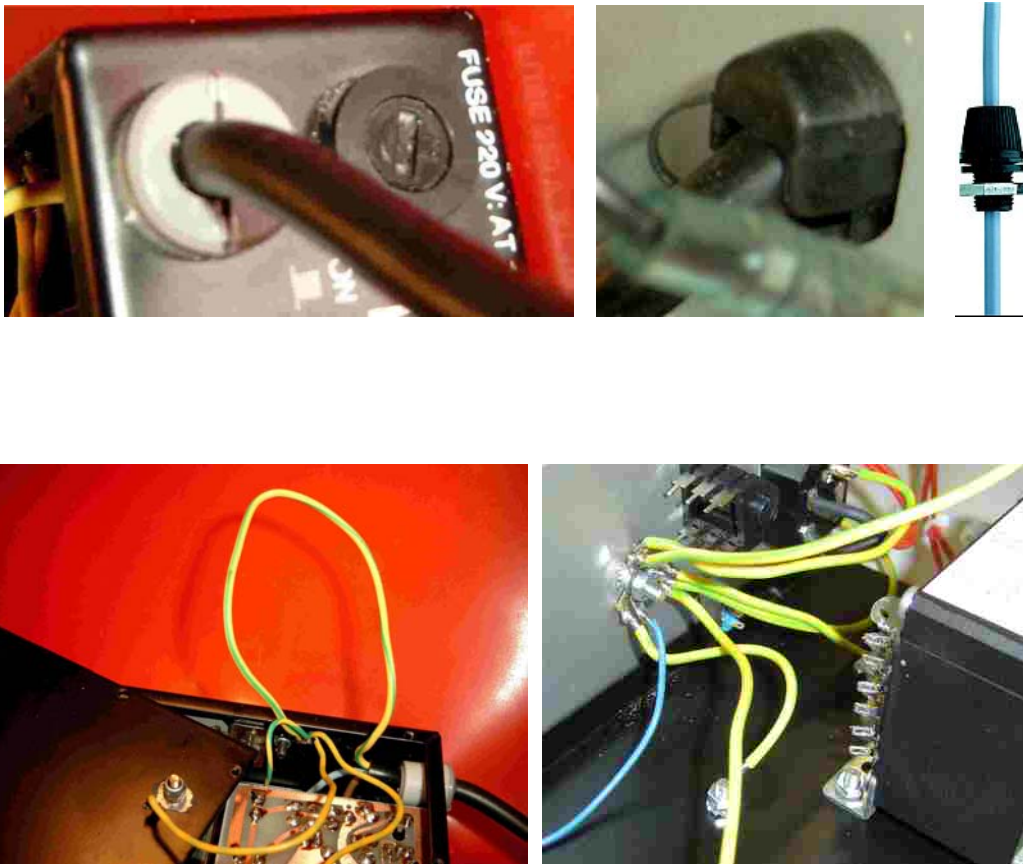
Zur Verbindung mit dem Netz gibt es zwei Möglichkeiten.

2.1 Kaltgeräte-Steckdose und Kaltgeräte-Anschlusskabel.

Kaltgeräte-Steckdosen sind bei ausreichenden Platzverhältnissen zu empfehlen. Das hat den Vorteil, dass die Kabel in der Regel nicht durch extreme Zugbelastung beansprucht und beschädigt werden können. Eher würde die Steckverbindung auseinander gezogen. Vorgeschrieben sind sie natürlich nicht.

2.2 Flexible Anschlussleitung mit Schukostecker.

Bei Verwendung einer flexiblen Anschlussleitung ist, nach VDE 0100, auf eine scher- und quetschfreie Kabeleinführung zu achten. Eine mechanische Zugentlastung ist vorgeschrieben.



In beiden Fällen ist der Schutzleiter länger zu belassen als die anderen Leiter, damit er im Falle von zu starkem Zug am Netzkabel erst als letzter abreißen kann. Die Schutzleiterverbindungen werden sternförmig an alle weiteren Metallteile geführt.

3. Die Schutzleiterverbindungen nach VDE 0113/ Teil1 EN 60204-1: 1997

(Entsprechend den Absätzen 8.2.2 und 8.2.3)

- Die Farbe des Schutzleiters muss gelb/grün sein.
- Der Querschnitt des Schutzleiters darf nicht geringer sein als die der anderen Leiter.
- Alle metallischen Aufbauten müssen mit dem Schutzleitersystem verbunden sein. Wo ein Teil aus irgend einem Grund entfernt wird, darf das Schutzleitersystem für die verbleibenden Teile nicht unterbrochen werden.
- Verbindungs- und Anschlusspunkte müssen so ausgelegt sein, dass ihre Strombelastbarkeit nicht durch mechanische, chemische oder elektrochemische Einflüsse beeinträchtigt wird. Bei Verwendung von Gehäusen und Leitern aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen sollten die Probleme der elektrolytischen Korrosion besonders beachtet werden.
- Wo metallische Deckel Abdeck- oder Seitenplatten angebracht sind, muss die Durchgängigkeit des Schutzleitersystems sicher gestellt sein. **Es wird empfohlen, dass ein Schutzleiter benutzt wird.** („Sternförmige gelb/grüne Spinne“ Siehe obige Fotos) Andernfalls müssen Befestigungen, Scharniere oder Gleitkontakte benutzt werden, die für einen niedrigen Widerstand ausgelegt sind. (Siehe 4.4 Prüfung der Verbindungen)

(Entsprechend dem Absatz 8.2.7)

- Alle Schutzleiter müssen gelb/grün gekennzeichnet sein. Die Anschlusspunkte für Schutzleiter dürfen keine andere Funktion haben und dürfen nicht benutzt werden, um Geräte oder Teile zu befestigen oder zu verbinden.
- Jeder Schutzleiter-Anschlusspunkt muss als solcher durch Verwendung des Symbols 60417-IEC-5019 gekennzeichnet werden (Erdungszeichen im Kreis).



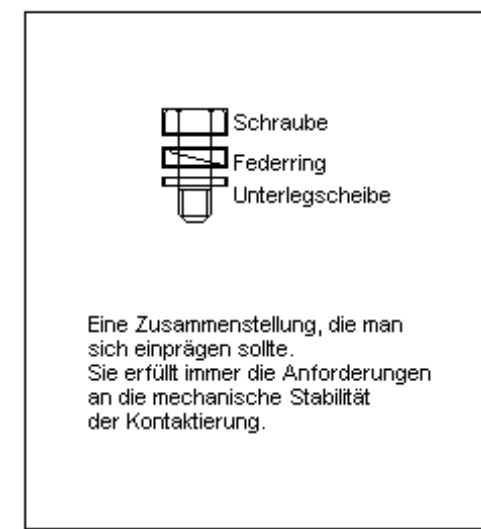
4. Auslegung, Beispiele und Materialien

Die Bestimmungen für den eigentlichen Schutzleiter-Anschluss sind durch den VDE nur „global“ und wenig konkret beschrieben. Sie beinhalten jedoch Auflagen, die auf den ersten Blick nicht jedem auffallen. Von vielen Herstellern wurden daher „Werksnormen“ festgelegt, welche die Einhaltung der VDE-Vorschriften sichern. Oft werden diese, in Veröffentlichungen gelesenen Festlegungen mit den VDE-Bestimmungen verwechselt. Das ist nicht unbedingt ein Fehler, denn man muss das Rad ja nicht ein zweites Mal erfinden. Oft ist man gut beraten, wenn man sich an erprobte Maßnahmen namhafter Hersteller hält. Leider kann man das nicht verallgemeinern, denn auch dort werden teilweise unschöne, wenn auch kostengünstige Lösungen praktiziert, die nicht unmittelbar gegen den VDE verstoßen.

Der eigentlich springende Punkt ist die Erhaltung der elektrischen Leitfähigkeit nach mechanischer Beanspruchung.

Durch Materialermüdung, häufigen Transport und das Eigengewicht bestimmter Aufbauten kann es zur Lockerung von mechanischen Verbindungen kommen und dadurch zur Beeinträchtigung der Leitfähigkeit führen.

4.1 Schutzleiter-Anschluss auf unlackierten Chassis

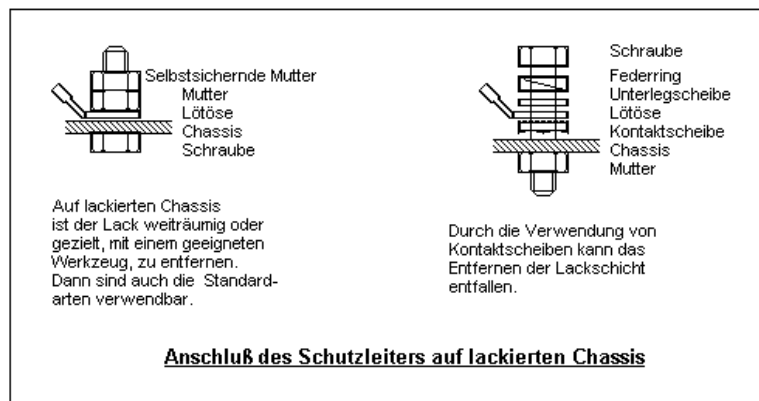


Reihenfolge der Anordnung	oder Reihenfolge der Anordnung	Funktionelle Aufgabe
<p>Mutter Federring Unterlegscheibe Lötöse Zahnscheibe Chassis Schraube</p>	<p>Schraube Federring Unterlegscheibe Lötöse Zahnscheibe Chassis Mutter</p>	<p>"Befestigungsmittel" "Expander" zum Ausgleich von Materialermüdung und Erschütterungen "Druckverteiler" "Anschluß", "Kontaktierungs-Hilfsmittel" (hier auf nicht lackierten, behandelten Oberflächen) "Objekträger" "Befestigungsmittel"</p>
<p>Standard-Anschluß des Schutzleiters auf unlackierten Chassis</p>		

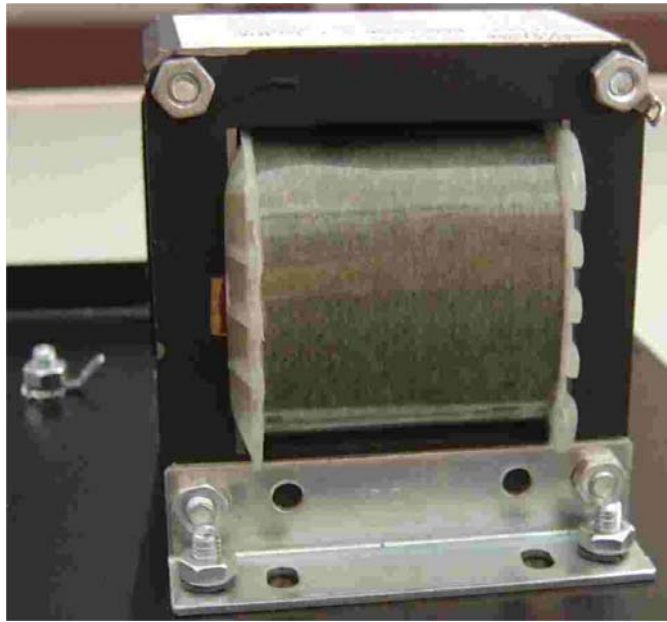


Schutzleiter-Anschluss auf einem unlackierten Chassis mit Kontaktmutter.

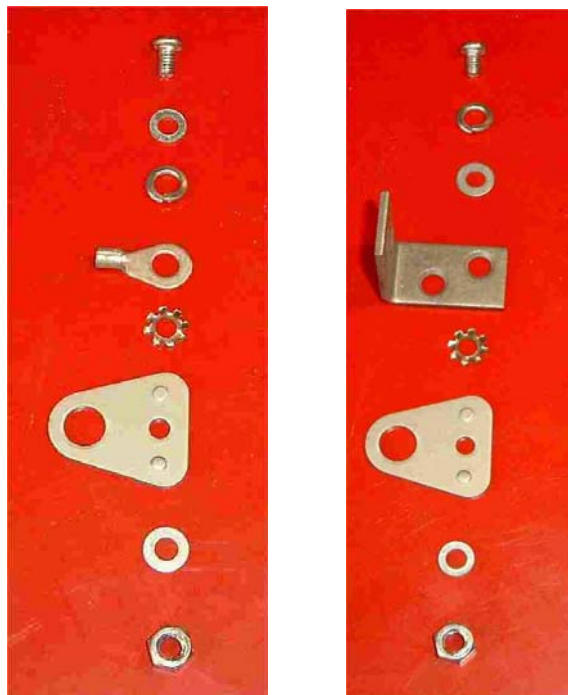
4.2 Schutzleiter-Anschluss auf lackierten Chassis



Die Lackierung wurde großräumig entfernt. Von unten wird eine einfache Senkschraube durch das Chassis geführt. Die Lötöse liegt auf der freien Fläche auf und wird mit einer Mutter zur Kontaktierung angepresst. Eine darüber geschraubte selbstsichernde Mutter sorgt für die Lösungssicherheit der Kontaktierung

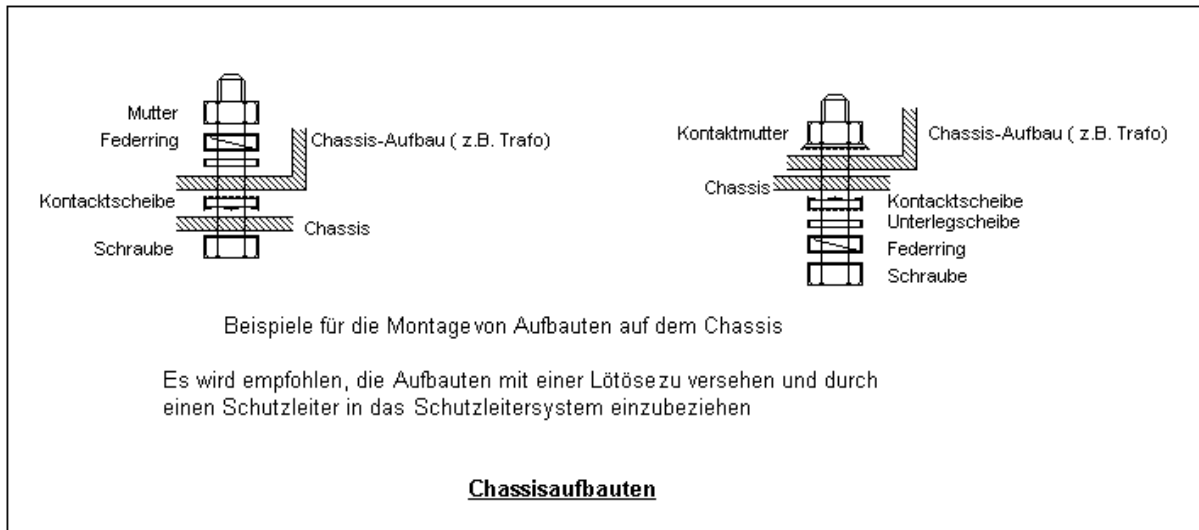


Auf diesem Bild ist im Hintergrund ein nach dem oben angeführten Beispiel vorbereiteter Schutzleiter-Anschluss zu sehen. Der Netztrafo, im Vordergrund, wurde oben rechts mit einer Lötöse versehen. Dort wird er später mit dem Schutzleitersystem verbunden. Diese Lösung ist nicht dringend vorgeschrieben, wird aber empfohlen.



In der linken Hälfte des Bildes ist eine weitere, sehr sichere Möglichkeit für den Schutzleiter-Anschluss auf lackierten Chassis zu sehen. (Das Blechteil soll das Chassis darstellen)

In der rechten Hälfte ist eine Möglichkeit zur Befestigung von Trafos auf lackierten Chassis abgebildet. (Das Blechteil stellt das Chassis, der Winkel den Trafowinkel dar)



Verwendet man Kontaktscheiben, muss die Lackierung nicht unbedingt entfernt werden.
(Messung!!!!)

4.3 Schutz vor chemischer und elektrochemischer Korrosion

Wurde auf lackierten Stahlchassis der Lack für Kontaktflächen entfernt ist Vorsicht geboten.

- Die freie Fläche mit Alkohol reinigen
- Keinesfalls mit den Fingern berühren (Schweiß)
- Die Fläche mit Kontaktfett dünn bestreichen oder mit Kontaktspray dünn einsprühen. Auch die Verwendung von Kontaktsilber hat sich bewährt. Kontaktsilber ist in Stiften erhältlich.
- Erst dann die Schraubverbindung herstellen.

Werden Chassis aus Aluminium verwendet, ist auf geeignetes Kontaktmaterial zu achten. Die „Elektrochemische Spannungsreihe“ ist bei der Auswahl zu berücksichtigen.

K Ca Al Mn Zn Fe Cd Co Ni Sn Pb H₂ Cu Hg Ag Au

Aufgrund der Gesetzmäßigkeiten der „Elektrochemischen Spannungsreihe“ können sich kleine „Elemente“ (Batterien) bilden, die durch ihren Ionenaustausch zu elektrochemischer Korrosion führen. Je weiter die einzelnen Stoffe in der Spannungsreihe von einander entfernt stehen, desto größer ist die auftretende Spannung und die Korrosionsgefahr.

4.4 Prüfung der Verbindungen nach DIN/VDE 0701-1:00-01

Die Wirksamkeit der Schutzleiter-Verbindungen muss vor der Inbetriebnahme geprüft werden!

Dazu ist ein Messgerät zu verwenden, dass für Messungen im Milliohmbereich geeignet ist.

Der Widerstand zwischen dem Schutzkontakt des Netzsteckers und allen Metallteilen darf, bei einer Anschlusschnur bis 5m Länge nicht größer als 0,3 Ohm sein.
Für jeweils weitere 7,5 m Anschlusschur darf sich der Widerstand nur um jeweils 0,1 Ohm erhöhen.

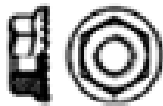
5. Materialien

5.1 Kontaktscheiben



Kontaktscheiben gibt es von Rittal, Schnorr und anderen Herstellern in unterschiedlichen Ausführungen und mit unterschiedlichen Artikelbezeichnungen.

5.2 Kontaktmuttern



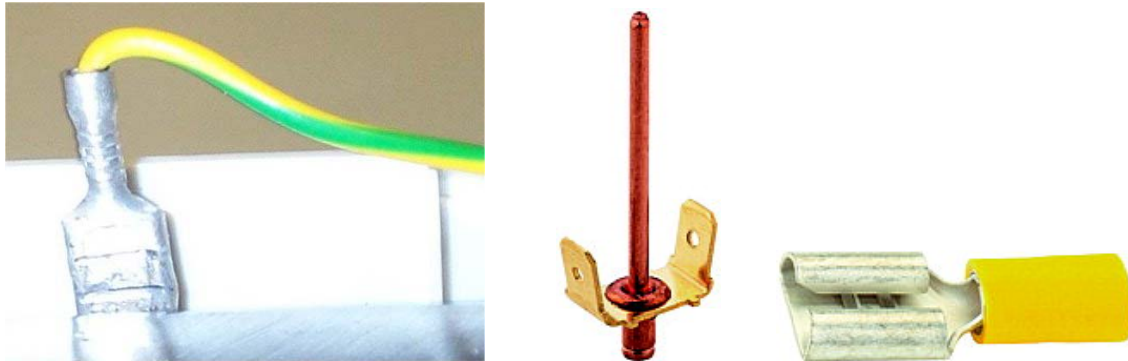
Kontaktmuttern sind ebenfalls in unterschiedlichen Formen und Ausführungen erhältlich. Auch Ringösen werden zur besseren Kontaktierung als Zahn- oder Fächer- Ringösen angeboten.



Auf blanken Chassis werden Kontaktmuttern auch gerne zur Befestigung von Trafos verwendet. Als Gegenstück sind „Schraube-Federring-Unterlegscheibe“ zu verwenden.

6. Sonstiges

6.1 Ein Wort zu Steckverbindern



Seitenteile, Deckel, Rückwände o.ä. dürfen über Steckverbinder sternförmig in das Schutzleitersystem einbezogen werden.

Ich persönlich rate von dieser Lösung dringend ab. Sie sind die absolute Nummer 1 für:
„vergessen aufzustecken!!!“

6.2 Lötverbindungen

Die in DIN 57 113/VDE 0113/12.73 früher einmal geäußerten Bedenken gegen Lötanschlüsse sind inzwischen entfallen. Löten existiert jetzt gleichberechtigt mit Schrauben, Quetschen und Wickeln.

Nach meiner persönlichen Auffassung sollte man aber möglichst Quetsch- oder Crimpverbindungen bevorzugen. Der Übergangswiderstand von Lötverbindungen ist nicht langzeitstabil und das durch die Verzinnung versteifte Ende der Leitung erhöht die Bruchgefahr.

6.3 Schaltungsmasse und Schutzleiter

Grundsätzlich sollte die Schaltungsmasse mit dem Schutzleiter verbunden sein.

Da sich beim Hintereinanderschalten mehrerer Geräte aber Brummschleifen bilden, hat die Verwendung von „Ground-Lift-Switches“ (Masse-Trenn-Schalter) in der Schaltungstechnik zugenommen. Durch diese Schalter wird die Schaltungsmasse von Chassis und Schutzleiter getrennt und dadurch die Brummschleife aufgehoben. Die Verbindung der Schaltungsmasse zum Schutzleiter des ersten Gerätes in der Kette erfolgt jetzt über den Verbindungsstecker der Signalleitung.

Wird vergessen, den Schalter nach der Trennung der Geräte zurück auf Masse zu schalten, besteht der Personenschutz jetzt durch die Gerätesicherung. **Das Chassis selbst darf NIE vom Schutzleiter getrennt werden!!!**

Auch handelsübliche Geräte verfügen häufig über einen derartigen Schalter. Da das Gerät selbst nicht gegen gültige Vorschriften verstößt, wird auch das CE-Zeichen vergeben. Deshalb habe ich die Schilderung dieser umstrittenen Zusammenhänge hier auch beibehalten, obwohl mir von mehreren Seiten davon abgeraten wurde.

Eine Gefahr wird ja nicht geringer wenn man sie verschweigt.

Deshalb hier, auch im Einklang mit vielen anderen Elektrofachleuten, meine persönliche Warnung!!!

Warnung!!!

Bei der Verwendung von Geräten mit Ground-Lift-Switches besteht eine erhebliche Personengefährdung, wenn das Gerät einzeln und mit getrennter Verbindung zwischen Schaltungsmasse und Schutzleiter betrieben wird.

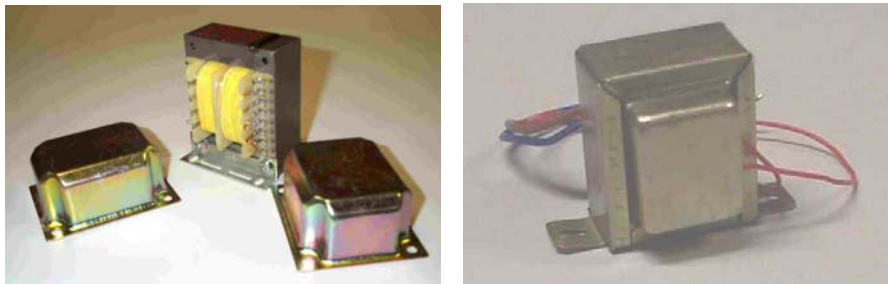
Der Potenzialunterschied zwischen der Schaltungsmasse und anderen geerdeten Geräten, Heizkörpern, Wasserleitung, Stahlkonstruktionen und Mikrofonen kann erheblich sein und zu Personenschäden führen.

Wer wirklich sicher sein möchte, baut einen derartigen Schalter aus oder gar nicht erst ein.

7. Berührungsschutz nach DIN 40 050-9: 93-5

Geräte der Schutzklasse 1 müssen nach DIN 40 050-9: 93-5 auch mindestens der Schutzart IP2xx entsprechen. Das bedeutet: Schutz gegen mittelgroße Fremdkörper, $d > 12\text{mm}$, fernhalten von Fingern o.ä.. Zum Beispiel bei wärmeabluftenden Rückwänden wäre darauf zu achten.

Ist das nicht möglich, z.B. bei einem halboffenen Combogehäuse, müssen die Chassisaufbauten berührungssicher ausgeführt werden.



Für Trafos und Übertrager gibt es Abdeckkappen.

8. Reparatur, Modifikation, Messen und Prüfen nach DIN VDE 0105-100: 97-10

8.1 Freischalten und gegen Widereinschaltung sichern

- Reparaturarbeiten sind nur in spannungsfreiem Zustand durchzuführen. Netzstecker ziehen! Dadurch ist das Gerät auch vor versehentlicher Widereinschaltung gesichert.
- Vor Beginn der Arbeiten ist die Elkoentladung abzuwarten oder mit Messschnüren und einem Widerstand 100K /2W herbeizuführen.

8.2 Spannungsfreiheit feststelle

- Mit einem geeigneten Messgerät ist die Spannungsfreiheit zu prüfen.

8.3 Messen und Prüfen

- Mess- und Prüfarbeiten können nur unter Spannung durchgeführt werden. Dabei ist äußerste Vorsicht und Aufmerksamkeit geboten.

Zu empfehlen ist ein Arbeitsplatz mit leitfähiger Fußmatte, welche mit dem Schutzleiter (besser und richtiger Potenzialausgleich) verbunden wird. In den Netzanschluss muss dann ein FI-Schalter (Fehlerstrom-Schutz-Schalter) eingebaut werden. Ich persönlich halte einen Typ mit 10mA für die richtige Wahl, obwohl an Standardarbeitsplätzen immer noch 30 mA verbaut werden.

9. So, jetzt Schluss mit dem Gelaber

Ich hoffe, dem Praktiker hier die wichtigsten Informationen in die Hand gegeben zu haben, um Reparaturen und Eigenaufbauten etwas sicherer zu gestalten. Natürlich gäbe es noch zu vielen anderen Themen und anderen VDE's, die auch für Geräte dieser Schutzklasse gelten, etwas zu sagen. Das sollte aber nicht der Zweck dieser Ausführungen sein.

Zum Abschluss möchte ich es nicht versäumen, mich bei Joachim Müller und Andy Posen für Ihre Unterstützung durch Testlesungen, Anregungen, Vorschläge und Fotos zu bedanken.

Quellen:

Scanns : westermann, „Elektronik Tabellen Energieelektronik“
Ein sehr gutes Nachschlagwerk, das ich weiter empfehle.

VDE's : Zuletzt aktualisierte Version vom Januar 2005.

Peter Dreßler