

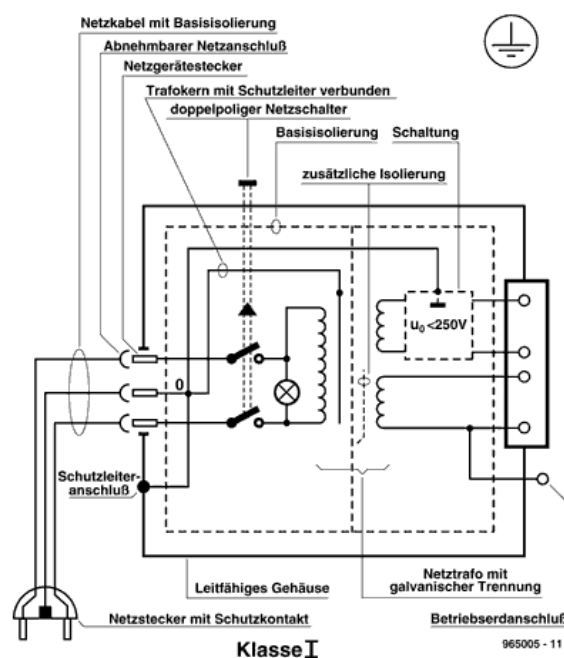
# Selbstbau und Sicherheit

## Die Vorschriften

Alle elektronischen Geräte müssen so konstruiert sein, dass sie die Bedingungen der Deutschen Industrie Norm DIN IEC 100 ff erfüllen. Die Vorschriften sollen der Gefahr eines elektrischen Schlages bei bestimmungsgemäßen Gebrauch und im Fehlerfall vorbeugen. Dazu muss die Berührung von Teilen, die spannungsführend sind oder bei einem Fehler spannungsführend werden können, durch den Einsatz von Kapselung oder Abdeckungen oder durch das Anbringen dieser Teile an unzugänglichen Stellen ausgeschlossen werden. Eine Alternative stellt die Beschränkung von Spannungen und Strömen an Teilen, die absichtlich oder zufällig berührt werden können, durch eine Spannungs- und/oder Strombegrenzung oder Erdung dar. Die Höhe des Stroms, der für den menschlichen Körper gefährlich werden kann, schwankt individuell je nach Art des Anschlusses an den Körper, der Frequenz und der Zeitspanne des Stromflusses. Geräte mit Netzspannungsanschluss werden in drei Schutzklassen eingeteilt.

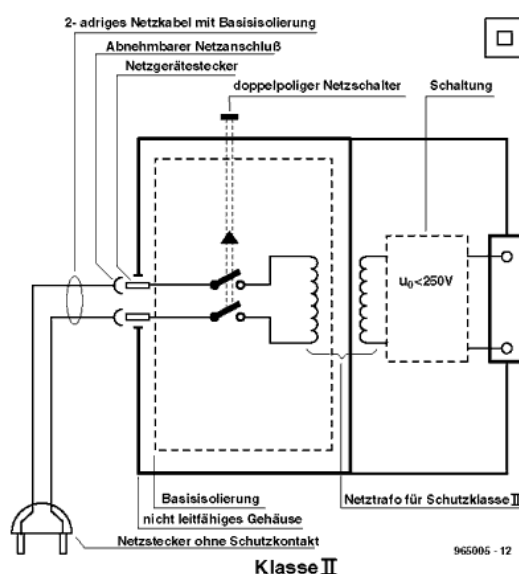
## Klasse I

Geräte der Schutzklasse I sind dadurch gekennzeichnet, dass ihre berührbaren leitfähigen Teile, die im Falle des Versagens der Basisisolierung berührgefährlich werden können, mit dem Schutzleiter des Netzes verbunden sind. Ein zusätzlicher Schutz ist dadurch gegeben, dass alle berührbaren leitfähigen Teile durch ein (unter Umständen flexibles) Kabel an den (grün/gelben) Schutzleiter der festverlegten Installation angeschlossen sind. So kann kein Teil beim Ausfall der Basisisolierung spannungsführend werden. Besitzt das Gerät eine abnehmbare Anschlussleitung, muss auch der Gerätestecker einen voreilenden Schutzkontakt besitzen. Der grün/gelbe Schutzleiter darf niemals für eine andere Aufgabe als der des Schutzleiters eingesetzt werden und keinen kleineren Querschnitt als die Versorgungsleiter haben. Zusätzlich zu dieser Maßnahme können Geräte der Schutzklasse I Teile mit doppelter oder verstärkter Isolierung enthalten. Auch Teile, die mit Schutzkleinspannung oder durch Schutzimpedanz geschützt sind (wenn leitfähige Teile berührt werden müssen), sind möglich.



## Klasse II

Auch bei Geräten der Schutzklasse II, bei denen die Möglichkeit eines Schutzleiteranschlusses fehlt, hängt der Schutz nicht nur von der Basisisolierung ab, sondern auch von zusätzlichen Maßnahmen. Eine mögliche Maßnahme kann die Verwendung eines im wesentlichen zusammenhängenden Gehäuses aus nichtleitendem Material sein, das alle leitfähigen Teile umfasst. Berührbare Schilder, Schrauben oder Niete müssen in gleicher Qualität gegen spannungsführende Teile isoliert sein. Wird das Gerät dagegen in einem im wesentlichen zusammenhängenden leitfähigen Gehäuse untergebracht, muss beim Netzteil durchweg eine doppelte Isolierung angewendet werden. Eine Ausnahme stellt die verstärkte Isolierung dar, die dann angewandt wird, wenn eine doppelte Isolierung unmöglich ist. Natürlich können auch Kombinationen zwischen isolierenden und leitenden Gehäusen



eingesetzt werden, die diese Bedingung erfüllen. Es ist unzulässig, die Zusatzisolation durch nichtleitende Schrauben, Muttern oder Montageteile erreichen zu wollen. Bei einer möglichen Reparatur könnte es durch Vertauschung zur Aufhebung der Zusatzisolation kommen.

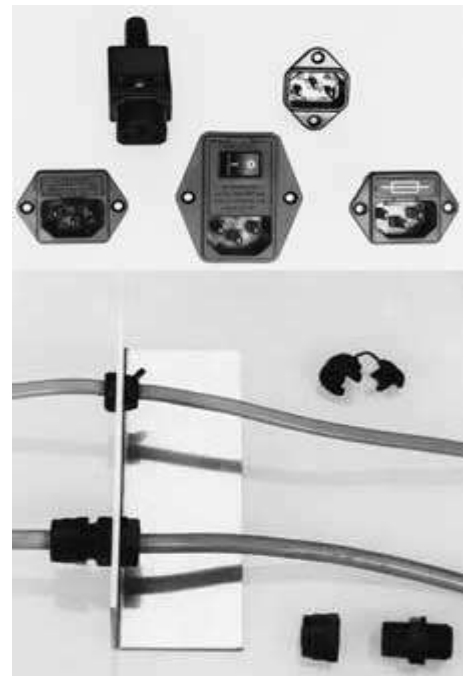
### Klasse III



Geräte mit der Schutzklasse III werden ausschließlich aus besonders zuverlässigen Stromquellen mit Schutzkleinspannung gespeist. Ortsveränderliche Transformatoren müssen schutzisoliert und gemäß DIN VDE 0551 ausgeführt sein. Aktive Teile, die betriebsmäßig Spannung führen, dürfen nicht mit dem Schutzleiter, der Erde oder mit aktiven Leitern anderer Stromkreise verbunden sein. Stecker an Geräten der Schutzklasse III dürfen keinen Schutzleiteranschluss besitzen und auch nicht in Steckdosen für höhere Spannung passen. Wenn die Versorgungsspannung unter 25 V Wechselspannung oder unter 60 V Gleichspannung liegt, kann sogar auf jeden Schutz gegen direkte Berührung verzichtet werden. Geräte mit Schutzklasse III, die mit Spannungen bis 50 VAC oder 120 VDC betrieben werden (dies sind die Maximalspannungen für Geräte der Schutzklasse III), müssen mit einem Schutz gegen direktes Berühren versehen sein. Die Netzteile aller drei Schutzklassen müssen zusätzlich zur Basisisolierung mit einer weiteren, den Anforderungen der jeweiligen Schutzklasse entsprechenden Schutzmaßnahme versehen sein.

### Praktische Hinweise – Netzdurchführung

In der Praxis betreffen diese Sicherheitsvorschriften vor allem den Umgang mit der 230-V-Netzspannung. Oberstes Gebot sollte es sein, die netzspannungsführenden Teile so kompakt und stabil wie möglich zu halten. Dies kann durch komplette Netzspannungsgerätestecker, wie sie im Foto zu sehen sind, erreicht werden. Diese Stecker sind mit und ohne Schutzleiteranschluss und teilweise mit integrierter Primärsicherung und Netzschalter im Handel. Verzichtet man auf diese Netzspannungsgerätestecker, muss das Netzkabel mit einer wirksamen Zugentlastung ausgestattet sein. Bei Klasse-I-Geräten wird der gelb/grüne Schutzleiter direkt neben der Durchführung leitend mit dem Gehäuse und - wenn möglich - mit dem Trafokern verbunden.



### Schalter

Bei der Auswahl des Netzschalters ist zunächst auf die nötige Spannungsfestigkeit von 250 V Wechselspannung zu achten. Diese Information findet man üblicherweise auf der Rückseite des Schalters, ebenso wie die Angabe über den maximalen Strom. Der geklammerte Wert bezeichnet den maximalen Strom bei induktiver oder kapazitiver Last. Schließt man beispielsweise einen Motor als Last an, ist der niedrigere Wert gültig. Die auf den Schaltern angegebene Spannung ist die Schaltspannung und betrifft nicht den Berührschutz. Im Bereich des Netzteils sollten nur Bauteile (Netzschalter, Sicherungsschalter etc.) mit VDE-Zeichen verwendet werden, da nur dieses Zeichen die Einhaltung der Kriech- und Luftstrecken nach außen garantiert. Alle Netzschalter müssen zweipolig sein, wenn nicht mindestens eine der drei folgenden Bedingungen gegeben ist:

1. Ein einpoliger Netzschalter schaltet einen Netztransformator mit galvanisch getrennter Primär- und Sekundärwicklung.
2. Ein Funktionsschalter mit ausreichender Spannungsfestigkeit kann verwendet werden, wenn der Netztrafo getrennte Wicklungen besitzt, zusätzlich die Leistung des Gerätes weniger als 10 W beträgt und deutlich sichtbar angezeigt wird, dass die Netzspannung angeschlossen ist.
3. Kein Netzschalter ist notwendig, wenn die Leistungsaufnahme bei normalem Gebrauch nicht über 10 W liegt, wie dies beispielsweise bei Uhren, Antennenverstärkern oder anderen Geräten für den kontinuierlichen Gebrauch der Fall ist. Schmelzsicherungen und Bauteile von Netzstörfiltern müssen nicht, können und sollten aber, wenn möglich, mit ausgeschaltet werden.

## Verdrahtung

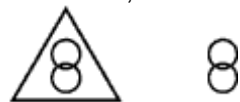
Die Verdrahtung der netzspannungsführenden Teile erfordert erhöhte Aufmerksamkeit. Das Netzkabel muss einen Querschnitt von mindestens  $2 \cdot 0,75 \text{ mm}^2$  und eine Isolationsschicht von 0,4mm Stärke aufweisen. Der Schutzleiter darf nicht dünner als die Außenleiter sein. Wenn möglich, sind doppelt isolierte Netzkabel (beispielsweise NYLHY) einfach isolierten (wie NYFAZ) vorzuziehen. Die Adern können - wenn an der Kabeldurchführung entsprechend isolierte Lötstützpunkte vorhanden sind - verlötet, mit AMP-Steckschuhen am Netzstecker angebracht oder an (Platinen-) Lüsterklemmen festgeschraubt werden. Keinesfalls sollte man das Netzkabel direkt auf die Platine löten oder einer mechanischen Spannung aussetzen. Litzenenden, die in einer Lüster- oder Platinenklemme verschraubt werden, müssen einen Spleißschutz (Aderendhülsen) haben. Verzinnen und Verdrehen ist als Spleißschutz ungeeignet und unzulässig. Bei Klasse-I-Geräten ist darauf zu achten, dass der Schutzleiter mit allen berührbaren leitfähigen Teilen, also auch Potiachsen und Kühlkörpern verbunden ist. Weiterhin ist für eine ausreichende Entlüftung elektronischer Baugruppen zu sorgen. Lassen Sie, wenn im Schaltplan vorhanden, niemals eine Schmelzsicherung weg. Bei Eigenkonstruktionen liegt der Maximalstrom der trägen Primärsicherung etwa 25 % über dem Nominalstrom. Muss sekundär abgesichert werden, ist der Maximalstrom der schnellen (bei induktiver oder kapazitiver Belastung auch mittelträgen oder trägen) Sicherung gleich dem Nominalstrom des Gerätes.

## Transformatoren

Netztransformatoren, die für den Einbau in elektronische Geräte vorgesehen sind, besitzen in den meisten Fällen keine Schutzklasse, sondern sind nur vorbereitet für Schutzklasse I. Transformatoren, die die Kennzeichnung vorbereitet für Schutzklasse II tragen, können bei entsprechenden Maßnahmen auch für Klasse-I-Geräte verwendet werden. Diese Maßnahmen betreffen bei Trafos mit den Symbolen



nur die umgebenden Bauteile, da eine doppelte oder verstärkte Isolierung des Trafos bereits gegeben ist. Trafos, die keine oder die Kennzeichnung



tragen, besitzen nur eine Basisisolierung und müssen zusätzlich abgesichert werden. Bei Spartrafos mit der Kennzeichnung



sind Primär- und Sekundärwicklung nicht getrennt. Diese Trafos sollten nur in Ausnahmefällen und niemals zur dauerhaften Versorgung elektrischer Geräte verwendet werden. Transformatoren mit dem Zeichen



sind ohne weitere Einrichtung unbeschränkt kurzschlussfest. Ein bedingt kurzschlussfester Trafo mit einem aufgedruckten



ist durch eine eingebaute Vorrichtung geschützt. Dabei kann es sich um einen thermischen Überstromauslöser, um eine Temperatursicherung oder einen Temperaturbegrenzer oder einen integrierten Heiß- oder Kaltleiter handeln. Transformatoren mit dem Zeichen



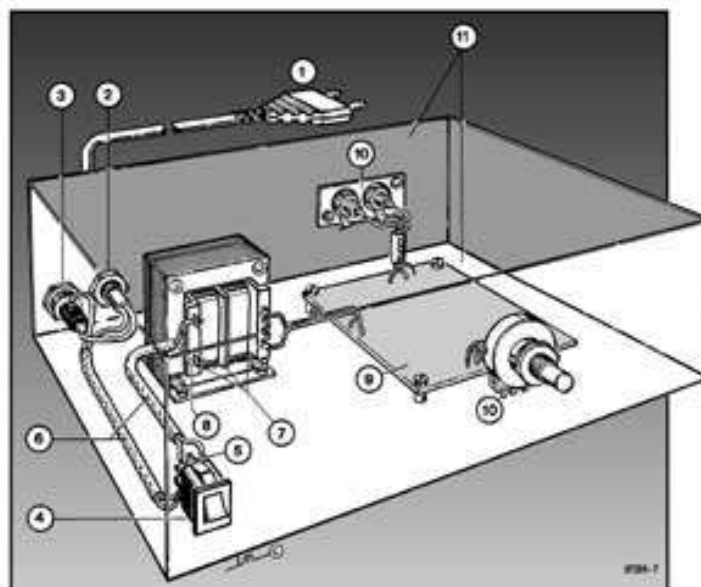
sind nicht kurzschlussfest.

### Messen und Testen

Bei Eingriffen in das Gerät zu Mess-, Test- oder Reparaturzwecken müssen besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Das Gerät speist man dann möglichst über einen Sicherheits-Trenntransformator gemäß VDE DIN 0550. An einen Trenntrafo darf nur ein Verbraucher (max. 16 A) angeschlossen werden. Außerdem sollte jeder Arbeitsplatz mit einem Personenschutzschalter ausgestattet sein. Ein Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter) mit einem Auslösestrom von 30 mA im Sicherungskasten verspricht ebenfalls ausreichende Sicherheit

### Beispiel für ein Klasse-II-Gerät

1. Netzkabel mit angegossenem 2-poligen Eurostecker
2. Zugentlastung
3. Sicherungshalter
4. 2-poliger Netzschalter (für Klasse II geeignet)
5. Befestigung am Netzschalter durch AMP-Kabelschuhe und Zugentlastung
6. Netzkabel mit doppelter Isolierung
7. Abstand zwischen Primäranschlüssen zum Trafokern oder anderen Bauteilen mindestens 6 mm (bei Sekundärspannungen <250 V)
8. Kabel mit mindestens 2·0,75 mm<sup>2</sup> Kupferquerschnitt und 0,4 mm Isolation bei Stromaufnahme <6 A.
9. Platine wird sicher am und in ausreichendem Abstand (>6 mm) vom Gehäuseboden befestigt.
10. Berührbare Teile (Potiachsen, Buchsen) dürfen leitend mit dem Gehäuse verbunden werden.
11. Kunststoffgehäuse. Bei Metallgehäusen ist eine doppelte Isolation des Primär- vom Sekundärkreis notwendig.

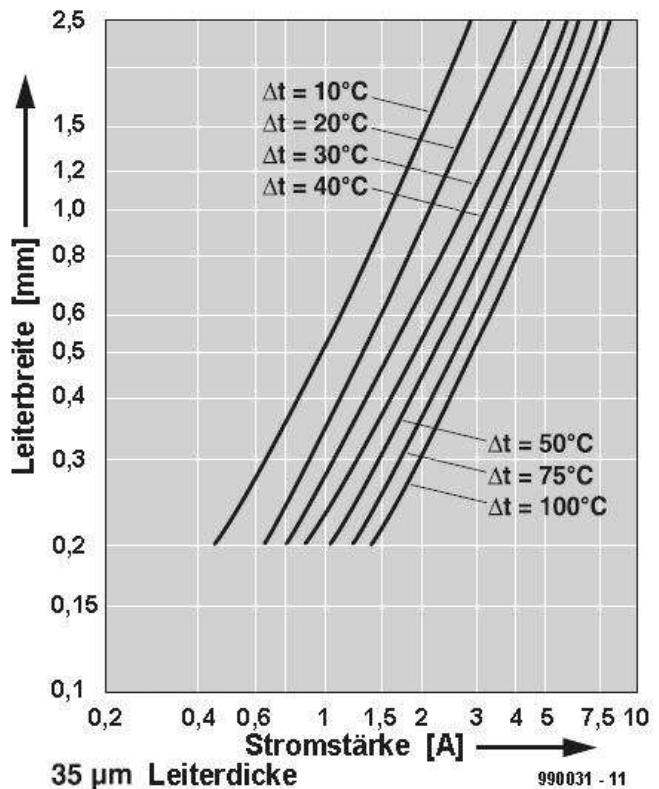




## Leiterbahnbreite auf Platinen

Die relative Temperaturerhöhung einer Kupfer-Leiterbahn mit einer Stärke von 35µm in Abhängigkeit von dem durch die Leiterbahn fließenden Strom.

Die Temperaturerhöhung gilt für eine ideale Situation, in der die Wärmeabfuhr der Platine nicht eingeschränkt ist. Bei der in ein Gehäuse mit geringerer Belüftung eingebauten Platine kann die Temperatur wesentlich höher werden. Es ist daher sinnvoll, die (erhebliche) Temperaturbelastbarkeit des Platinenmaterials bei der Dimensionierung nicht voll auszuschöpfen und die Leiterbahnen so zu dimensionieren, dass die maximale Temperaturerhöhung nicht mehr als 30 bis 40 Grad beträgt.

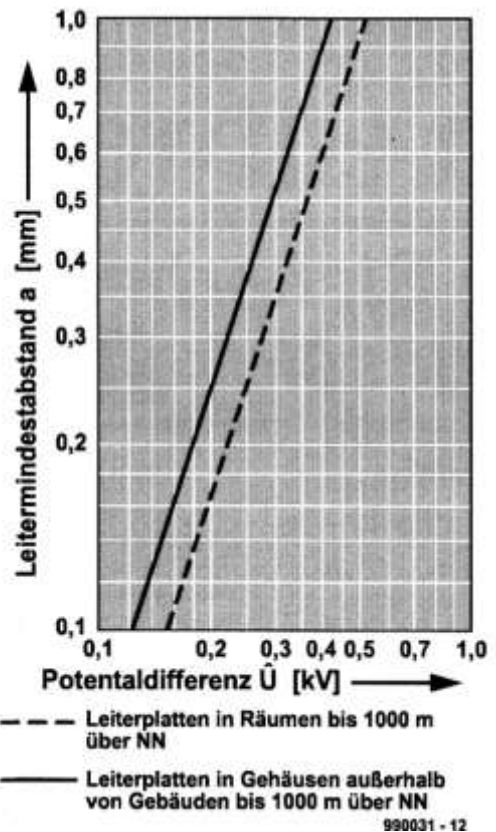
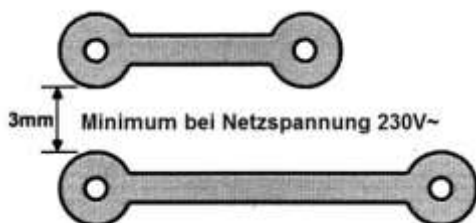


## Isolationsabstände von Leiterbahnen

Der Abstand zwischen zwei Leiterbahnen ist für die Spannungsbelastbarkeit einer Platine sehr wichtig. Die nächste Grafik zeigt den für eine bestimmte Potentialdifferenz minimal erforderlichen Leiterbahnabstand.

Wenn dieser Abstand mindestens eingehalten wird, gibt es bei normalen Bedingungen keinen Spannungsüberschlag. Auch hier ist ein ordentlicher Sicherheitszuschlag erforderlich, um Einflüsse von Unregelmäßigkeiten der Leiterbahnkanten und von Staubteilchen auf der Platine zu berücksichtigen.

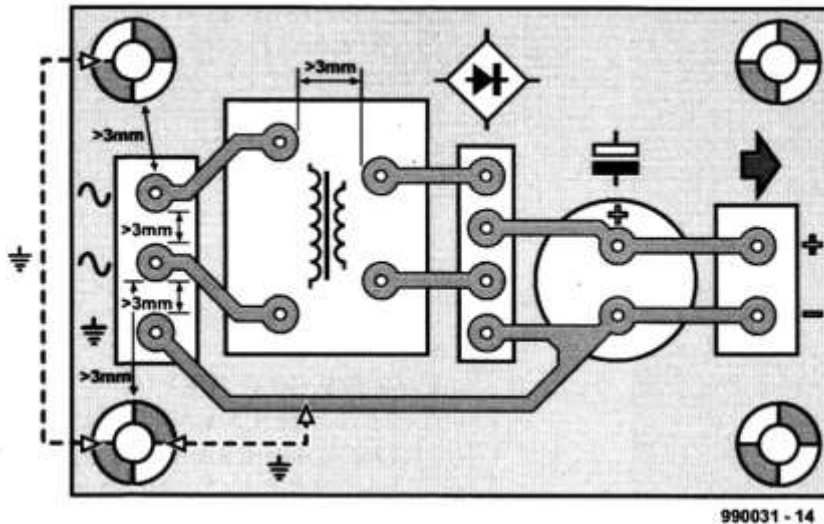
In der Grafiken sind zwei verschiedene Anwendungsbereiche der Platine angegeben: Einmal für Platinen, die in Räumen verwendet werden (gestrichelt) und zum anderen für Platinen, die in Gehäusen außerhalb von Gebäuden untergebracht sind. In beiden Fällen wird davon ausgegangen, dass die Höhe 1000 m über dem Meeresspiegel nicht übersteigt. Bei größeren Höhen sind wegen des niedrigeren Luftdrucks nämlich auch größere Leiterbahnabstände erforderlich.



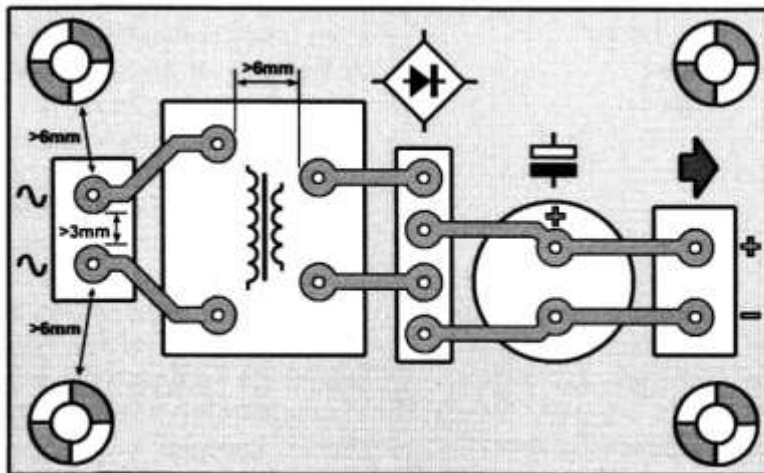
Neben diesen technischen Minimalforderungen sind auch noch Sicherheitsvorschriften einzuhalten, wenn eine Platine mit der Netzspannung verbunden ist. Daraus ergibt sich ein minimaler Leiterbahnabstand von 3mm für zwischen Leiterbahnen, die Netzspannung führen, was deutlich mehr ist als der Abstand, der für diese Spannung aus dem Diagramm zu entnehmen ist. Bei einem Gerät mit doppelter Isolation (schutzisoliert, ohne Verbindung mit einem Schutzleiter) ist außerdem ein Mindestabstand von 6 mm

zwischen einer netzspannungsführenden Leiterbahn und dem Gehäuse vorgeschrieben. Diese 6 mm gelten auch für den Abstand zwischen dem Netzspannungsteil und dem Niederspannungsteil auf der Platine.

In den nächsten beiden Bildern sind die wichtigsten Punkte, die für die elektrische Sicherheit zu beachten sind, noch einmal auf anschauliche Weise dargestellt. Das verwendete Basismaterial spielt natürlich für die Eigenschaften der Platine ebenfalls eine Rolle, Epoxidglashartgewebe ist aber für alle normalen und auch höherwertigen Anwendungen immer eine gute Wahl.



990031 - 14



990031 - 15

Ende