

## Einzelne elektrotechnische Anforderungen der DIN EN 60204-1

In Abschnitt 5 (Netzanschlussstellen und Trenn- bzw. Ausschalteneinrichtungen) hat sich durch die Neufassung 2019 einiges geändert.

### Netzanschlussstellen und Einrichtungen zum Trennen und Ausschalten

#### Netzanschlussstellen

Die Norm empfiehlt weiterhin, die elektrische Ausrüstung einer Maschine an eine einzige Stromversorgung anzuschließen, sofern dies praktikabel ist. Sollte eine andere Stromversorgung für bestimmte Teile der Ausrüstung (z.B. elektronische Ausrüstung, die mit einer anderen Spannung arbeitet) erforderlich sein, sollte diese Versorgung von Einrichtungen (z.B. Transformatoren, Umrichter), die Bestandteil der elektrischen Ausrüstung der Maschine sind, erfolgen.

#### Verhältnisse am Aufstellungsort

Gerade bei großen komplexen maschinellen Anlagen kann mehr als eine Stromversorgung notwendig sein; dies ist allerdings immer abhängig von den Verhältnissen am Aufstellungsort.

Es wird empfohlen, die Zuleitungen an die Netztrenneinrichtung anzuschließen – dies gilt selbstverständlich dann nicht, wenn die Maschine mit einem Anschlussstecker ausgerüstet ist.

Wird ein Neutralleiter benutzt, muss dies deutlich in der technischen Dokumentation (beispielsweise im Installationsplan und Stromlaufplan) vermerkt sein. Hier ist eine getrennte, isolierte Klemme (bezeichnet mit „N“) für den Neutralleiter Pflicht. Die entsprechende Anschlussklemme darf Teil der Netztrenneinrichtung sein.

Es muss darauf geachtet werden, dass zwischen dem Neutralleiter und dem Schutzleitersystem innerhalb der Ausrüstung keine Verbindung besteht. Dies gilt nicht beim TN-VC-System – es ist dort erlaubt, bei der Netzanschlussstelle eine Verbindung zwischen der Klemme für den Neutralleiter und der PE-Klemme herzustellen.

Neu aufgenommen in die DIN EN 60204-1 wurde die Vorgabe, bei Maschinen mit parallelen Einspeisungen die Anforderungen der IEC 60364-1 (aktuell DIN VDE 0100-100:2009-06) zu berücksichtigen.

Klemmen der Netzanschlussstelle müssen deutlich gekennzeichnet werden.

### Externe Schutzleiterklemme

Unterabschnitt 5.2 gibt vor, dass für jeden Netzanschluss im selben Anschlussraum der Klemmen der zugehörigen Außenleitern eine Klemme zum Anschluss der Maschine an den externen Schutzleiter vorzusehen ist. Diese muss für den externen Schutzleiter aus Kupfer und in Abhängigkeit des Querschnitts der zugehörigen Außenleitern in Übereinstimmung mit der unten stehenden Tabelle dimensioniert sein.

*Mindestquerschnitt des Kupfer-Schutzleiters*

Außenleiterquerschnitt $S$ (mm <sup>2</sup> )	Schutzleiterquerschnitt (Kupfer) $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$

### Änderung eines Werts

Der Wert  $35 < S \leq 400$  wurde in der Neufassung 2019 geändert.

Wenn der externe Schutzleiter aus einem anderen Material als Kupfer besteht, muss die Klemmengröße und -art entsprechend angepasst werden. Die Klemme für den externen Schutzleiter muss an jeder Netzanschlussstelle grundsätzlich mit den Buchstaben „PE“ gekennzeichnet werden.

### **Netztrenneinrichtung**

In Unterabschnitt 5.3.1 „Allgemeines“ wird wie bisher verlangt, dass für jeden Netzanschluss zu einer oder mehreren Maschinen eine Netztrenneinrichtung vorzusehen ist. Der Netzanschluss kann direkt an die Netztrenneinrichtung der Maschine oder an die Netztrenneinrichtung eines Stromzuführungssystems der Maschine angeschlossen werden. Eine Netztrenneinrichtung ist auch für jede Bordstromversorgung vorzusehen. Gegebenenfalls muss die Netztrenneinrichtung die elektrische Ausrüstung der Maschine von der Stromversorgung trennen können.

Laut 5.3.2 ist die Netztrenneinrichtung nur in nachfolgender Form zulässig:

1. als Lasttrennschalter mit oder ohne Sicherungen (IEC 60947-3 für Gebrauchskategorie AC-23B oder DC-23B)
2. als Steuerungs- und Schutzschaltgerät mit Trenneigenschaften (IEC 60947-6-2)
3. als zum Trennen geeigneter Leistungsschalter (IEC 60947-2)
4. jedes andere Schaltgerät nach einer IEC-Produktnorm für dieses Gerät, welches die Anforderungen an Trenneinrichtungen und die geeignete Gebrauchskategorie und/oder die in den Produktnormen festgelegten Beanspruchungsanforderungen erfüllt
5. als Stecker-Steckdosen-Kombination für eine Stromversorgung mit flexiblen Leitungen

Wenn die Netztrenneinrichtung einer der in 1. bis 4. festgelegten Arten entspricht, muss sie folgende Anforderungen erfüllen:

- Trennen der elektrischen Ausrüstung von der Stromversorgung, wobei nur eine AUS-(Trenn-) und eine EIN-Stellung vorhanden ist, gekennzeichnet mit „O“ und „I“
- Sie muss eine sichtbare Kontakttrennstrecke oder Stellungsanzeige haben, die „AUS“ (getrennt) nicht anzeigen kann, bevor alle Kontakte tatsächlich offen und die Anforderungen für die Trennfunktion erfüllt sind.
- Sie muss eine Bedieneinrichtung aufweisen.
- Sie muss mit einer Vorrichtung versehen sein, die es erlaubt, sie in der AUS-(Trenn-)Stellung abzuschließen (z.B. durch Vorhängeschlösser). Wenn sie abgeschlossen ist, muss sowohl ein fernbedientes als auch ein Schließen vor Ort verhindert sein.
- Sie muss alle aktiven Leiter von ihren Stromversorgungskreisen trennen (hier wird angemerkt, dass es bei TN-Systemen freigestellt sei, ob der Neutralleiter getrennt wird oder nicht).
- Das Ausschaltvermögen muss ausreichend sein, um den Strom des größten Motors im blockierten Zustand zusammen mit der Summe der tatsächlichen Betriebsströme aller übrigen Motoren und anderer Verbraucher abzuschalten. Das so ermittelte Ausschaltvermögen darf mit einem bewährten Reduktionsfaktor vermindert werden. Wenn ein Motor (Motoren) von einem Umrichter oder einer ähnlichen Einrichtung versorgt wird (werden), sollte die mögliche Begrenzung der Motorströme berücksichtigt werden.

Die nachfolgende Anforderung ist neu: Besteht die Netztrenneinrichtung aus einer Stecker-Steckdosen-Kombination, muss diese

1. den Anforderungen an Stecker-Steckdosen-Kombinationen nach Unterabschnitt 13.4.5 entsprechen und unter Last gezogen werden dürfen, oder
2. mit einem Schaltgerät verriegelt sein, welches ein Ausschaltvermögen zur Unterbrechung des Stroms des größten blockierten Motors zuzüglich der Summe der Betriebsströme aller anderen Motoren und Lasten aufweist.  
Die deutsche Fußnote N<sup>3</sup> merkt hier an, dass die Anforderungen für Stecker-Steckdosen-Kombinationen mit flexiblen Leitungen gelten.

Außerdem gilt:

3. Das kalkulierte Ausschaltvermögen darf durch einen bewährten Gleichzeitigkeitsfaktor reduziert werden.
4. Wird ein mit Stecker-Steckdosen-Kombination verriegeltes Schaltgerät betriebsbedingt als elektrisches Schaltgerät (z.B. Schütz) verwendet, muss eine entsprechende Gebrauchskategorie gewählt werden.
5. Wird der Motor bzw. werden Motoren von Umrichtern oder ähnlichen Einrichtungen versorgt, sollte die mögliche Begrenzung der Motorströme berücksichtigt werden.

Die Anforderungen werden durch eine ausreichend ausgelegte Stecker-Steckdosen-Kombination, Leitungskupplung oder Gerätesteckvorrichtung nach IEC 60309-1 erfüllt.

Laut dem neu gefassten Unterabschnitt 5.3.4 muss die Bedienvorrichtung (z.B. ein Handgriff) der Netztrenneinrichtung außerhalb der Umhüllung der elektrischen Ausrüstung angeordnet sein. Leistungsschalter mit Motorantrieb benötigen allerdings keinen Handgriff außerhalb der Umhüllung, wenn andere Hilfsmittel vorhanden sind (z.B. Drucktaster), mit denen die Netztrenneinrichtung ausgeschaltet werden kann.

Bestand hat weiterhin die Vorgabe, dass die Bedienvorrichtung der Netztrenneinrichtung leicht zugänglich und zwischen 0,6 m und 1,9 m oberhalb der Zugangsebene angeordnet sein muss. Eine Obergrenze von 1,7 m wird hier ausdrücklich empfohlen.

Sollte die externe Bedienvorrichtung für eine Handlung im Notfall vorgesehen sein, wird auf den Abschnitt 10.7.3 oder 10.8.3 der neuen DIN EN 60204-1 verwiesen. Fehlt die Notfallfunktion, wird empfohlen, die externe Bedieneinrichtung farblich in Schwarz oder Grau zu kennzeichnen. In diesem Fall darf auch eine zusätzliche Abdeckung oder Tür als Schutz gegen Umwelteinflüsse oder mechanische Beschädigung, die leicht und ohne Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeugs geöffnet werden kann, vorgesehen werden – sie muss aber eindeutig auf den Zugang zur Bedienvorrichtung hinweisen (beispielsweise durch entsprechende Bildsymbole).

Unterabschnitt 5.3.5 erlaubt, dass bestimmte Stromkreise nicht von der Netztrenneinrichtung abgeschaltet werden müssen. Dies gilt für:

- Beleuchtungsstromkreise, die für eine Beleuchtung während der Instandhaltung oder Reparatur benötigt werden
- Steckdosen, die für den ausschließlichen Anschluss von Reparatur- oder Instandhaltungswerkzeugen und Ausrüstung vorgesehen sind
- Stromkreise für den Unterspannungsschutz, die ausschließlich eine automatische Abschaltung im Fall eines Ausfalls der Einspeisung bewirken
- Stromkreise, die bestimmte Ausrüstungen versorgen, die normalerweise für den korrekten Betrieb an ihrer Stromversorgung angeschlossen bleiben müssen (beispielsweise temperaturgesteuerte Messeinrichtungen, Heizungen oder Programmspeicher)

### **Eigene Trenneinrichtung**

Solche Stromkreise sollten allerdings mit einer eigenen Trenneinrichtung versehen werden.

Steuerstromkreise, die über eine andere Netztrenneinrichtung versorgt werden, brauchen nicht durch die (eigene) Netztrenneinrichtung der elektrischen Ausrüstung abgeschaltet werden.

Werden ausgenommene Stromkreise nicht durch die Netztrenneinrichtung abgeschaltet, sind laut Unterabschnitt 5.3.5 aber bestimmte andere Vorgaben einzuhalten:

1. Es muss an geeigneter Stelle in der Nähe der Bedieneinrichtung der Netztrenneinrichtung ein dauerhaft angebrachtes Warnschild mit einem Hinweis auf die Gefahr angebracht werden.
2. Die entsprechende Aussage muss in das Wartungshandbuch aufgenommen werden und eine oder mehrere der folgenden Anforderungen müssen erfüllt werden:
  - Identifizierung der Leiter durch Farbe in Übereinstimmung mit der Empfehlung in 13.2.4 (siehe Kommentierung zu diesem Unterabschnitt)

- Ausgenommene Stromkreise sind räumlich getrennt von anderen Stromkreisen verlegt.

### **Einrichtungen zur Unterbrechung der Energiezufuhr zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf**

Unterabschnitt 5.4 verlangt, dass grundsätzlich Einrichtungen zur Unterbrechung der Energiezufuhr zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf vorhanden sein müssen, wenn ein Anlauf der Maschine oder eines Teils der Maschine – beispielsweise bei der Instandhaltung – Gefährdungen hervorrufen kann. Derartige Einrichtungen müssen für die vorgesehene Verwendung

- geeignet,
- zweckmäßig,
- entsprechend angeordnet und
- in Bezug auf ihre Funktion und ihren Zweck leicht identifizierbar sein.

Ist die Funktion und Verwendung nicht erkennbar (beispielsweise wegen des Einbauorts), müssen die Einrichtungen mit der Angabe des Ausmaßes der Unterbrechung der Energiezufuhr gekennzeichnet werden.

#### **DIN EN ISO 14118 beachten**

Da die DIN EN 60204-1 nicht alle Vorkehrungen zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf enthält, wird bezüglich weiterer Vorgaben zu Recht auf die DIN EN ISO 14118, die diesbezüglich die Anforderungen der Maschinenrichtlinie konkretisiert, verwiesen.

Ergänzend wird in der neuen Fassung der DIN EN 60204 angemerkt, dass die Unterbrechung der Energiezufuhr lediglich eine Unterbrechung der Verbindung zur Quelle der elektrischen Energie bedeutet – eine Trennung ist hier nicht zwingend mit eingeschlossen. Weiterhin erlaubt der Abschnitt 5.4, dass die Netztrenneinrichtung oder andere in 5.3.2 genannten Geräte zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf verwendet werden können.

Trenner, steckbare Sicherungen und Trennlaschen dürfen zum Schutz gegen unerwarteten Anlauf allerdings nur benutzt werden, wenn diese in einer geschlossenen elektrischen Betriebsstätte angeordnet sind.

Einrichtungen, die keine Trennfunktion erfüllen, dürfen nur zur Verhinderung des unerwarteten Anlaufs während Inspektions- oder Einstellarbeiten vorgesehen werden. Dies gilt auch für Arbeiten an der elektrischen Ausrüstung, wenn

- keine Gefährdung durch elektrischen Schlag und Verbrennungen besteht,
- die Ausschalteneinrichtung während der Arbeiten wirksam bleibt und/oder
- die Arbeit von geringem Umfang ist (z.B. Auswechseln einer steckbaren Einheit ohne Eingriff in die bestehende Verdrahtung).

### **Risikobeurteilung durchführen**

Die Auswahl der Einrichtung sollte grundsätzlich nur mithilfe einer entsprechenden Risikobeurteilung vorgenommen werden.

### **Einrichtungen zum Trennen der elektrischen Ausrüstung**

Unterabschnitt 5.5 verlangt, dass Einrichtungen zum Trennen der elektrischen Ausrüstung oder von Teilen der elektrischen Ausrüstung vorhanden sind, um die Ausführung von Arbeiten im freigeschalteten und getrennten Zustand zu ermöglichen. Bezüglich der Trenneinrichtungen wird gefordert, dass diese

- für die vorgesehene Verwendung geeignet und leicht zu bedienen sind,
- gut zugänglich angebracht sind und
- leicht erkennen lassen, zu welchem Teil oder Stromkreis der Ausrüstung sie gehören.

Wenn die Zuordnung und der Zweck (z.B. durch Anordnung) nicht anderweitig ersichtlich sind, müssen solche Einrichtungen laut Neufassung der Norm jetzt mit einem Hinweis gekennzeichnet sein, welchen Teil der Ausrüstung sie trennen. Die Netztrenneinrichtung nach Abschnitt 5.3 kann laut 5.5 die oben genannten Anforderungen erfüllen.



Muss an einzelnen Teilen der elektrischen Ausrüstung einer Maschine oder an einer von mehreren Maschinen, die über ein gemeinsames Schleifleitungssystem oder induktives Stromversorgungssystem gespeist werden, gearbeitet werden, ist eine Trenneinrichtung für jeden Teil oder jede Maschine notwendig, sofern eine eigene Trennung hier gebraucht wird.

Zusätzlich zur Netztrenneinrichtung dürfen aber auch Geräte nach Unterabschnitt 5.3.2, die die Trennfunktion erfüllen, für diesen Zweck eingesetzt werden.

Trennschalter, herausziehbare Sicherungseinsätze und herausziehbare Trennlaschen sind nur zulässig, wenn sie in einer abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte angeordnet sind und mit der elektrischen Ausrüstung eine entsprechende Information bereitgestellt wird.

### **Schutz vor unbefugtem, unbeabsichtigtem und/oder irrtümlichem Schließen**

Sind die Einrichtungen zur Unterbrechung der Energiezufuhr zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf bzw. zum Trennen der elektrischen Ausrüstung außerhalb einer abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte angeordnet, müssen laut 5.6 Mittel vorgesehen werden, um sie in der AUS-Stellung (getrennter Zustand) zu sichern (z.B. durch Vorkehrungen für Vorhängeschlösser, Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfersystem). Die Sicherung muss sowohl ein fernbedientes als auch ein Wiedereinschalten vor Ort verhindern.

#### **Andere Maßnahmen ggf. ausreichend**

Wenn derartige Einrichtungen innerhalb einer abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte angeordnet sind, können andere Maßnahmen (z.B. Warnschilder) zum Schutz gegen Wiedereinschalten ggf. ausreichen.

### **Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag**

Die elektrische Ausrüstung muss laut Unterabschnitt 6.1 für den Schutz von Personen gegen elektrischen Schlag folgende Schutzmaßnahmen enthalten:

- Basisschutz (Unterabschnitte 6.2 und 6.4)
- Fehlerschutz (Unterabschnitte 6.3 und 6.4)

### **Basisschutz und Fehlerschutz**

Die Neufassung hat sich von den Begriffen „Schutz gegen direktes Berühren“ und „Schutz bei indirektem Berühren“ verabschiedet und verwendet jetzt die normkonformen Bezeichnungen „Basisschutz“ und „Fehlerschutz“.

Es wird in Abschnitt 6.1 gefordert, dass Maßnahmen für den Schutz nach 6.2, 6.3 und für PELV nach 6.4 entsprechend IEC 60364-4-41 ausgeführt werden müssen. Sollte dies aufgrund physikalischer oder betrieblicher Umstände nicht praktikabel sein, dürfen allerdings andere Maßnahmen aus IEC 60364-4-41 (also VDE 0100-410:2018-10) angewandt werden (beispielsweise SELV).

### **Basisschutz**

In Unterabschnitt 6.2.1 wird vorangestellt, dass für jeden Stromkreis oder Teil der elektrischen Ausrüstung entweder die Maßnahmen nach 6.2.2 (Schutz durch Gehäuse) oder 6.2.3 (Schutz durch Isolierung aktiver Teile) und, wenn zutreffend, 6.2.4 (Schutz bei Restspannungen) angewendet werden.

### **Andere Maßnahmen als Basisschutz**

Sollten sich diese Maßnahmen als ungeeignet erweisen, können andere Maßnahmen nach VDE 0100-410:2018-10 als Basisschutz genutzt werden (beispielsweise Verwendung von Abdeckungen, Schutz durch Abstand, Benutzung von Hindernissen, Anwendung von Konstruktions- oder Installationstechniken, die einen Zugang verhindern).

Sind Ausrüstungen der Maschine so angeordnet, dass sie der allgemeinen Öffentlichkeit (einschließlich Kindern) zugänglich sind, müssen Maßnahmen entweder

- nach 6.2.2 (Schutz durch Gehäuse) mit einem Mindestschutzgrad zum Schutz gegen das Berühren von aktiven Teilen entsprechend IP4X (Schutz gegen fes-

te Fremdkörper mit einem Durchmesser ab 1 mm und gegen den Zugang mit einem Draht) bzw. IPXXD (Drahtschutz gegen Drähte mit einem Durchmesser größer als 1 mm und bis 100 mm Länge) oder

- nach 6.2.3 (Schutz durch Isolierung aktiver Teile) vorgesehen werden.

### Schutz durch Gehäuse

Unterabschnitt 6.2.2 verlangt, dass aktive Teile innerhalb von Gehäusen so angeordnet werden müssen, dass ein Schutz von mindestens IP2X (Schutz gegen Eindringen von Fremdkörpern kleiner als 12 mm und gegen Tropfwasser) oder IPXXB (Schutz gegen Fremdkörper mit einem Durchmesser größer als 12 mm und mit 80 mm Maximallänge) erreicht wird. Sind die oberen Abdeckungen des Gehäuses leicht zugänglich, muss die Schutzart der oberen Abdeckungen gegen das Berühren von aktiven Teilen mindestens IP4X oder IPXXD betragen. Eine Gehäuseöffnung darf nur unter einer der folgenden Bedingungen möglich sein:

- a) Der Zugang ist nur für Elektrofachkräfte (EFKs) oder elektrotechnisch unterwiesene Personen (EuPs) bei Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeugs möglich. Alle aktiven Teile (einschließlich derjenigen auf der Innenseite von Türen), die möglicherweise beim Zurücksetzen oder Justieren von hierfür vorgesehenen Geräten berührt werden können, während die Ausrüstung noch eingeschaltet ist, sind gegen das Berühren von aktiven Teilen mit einem Schutzgrad von mindestens IP2X oder IPXXB geschützt. Andere aktive Teile auf der Innenseite von Türen sind gegen unbeabsichtigtes direktes Berühren in der Schutzart von mindestens IP1X (Schutz vor Fremdkörpern größer als 50 mm) oder IPXXA (Schutz vor Gegenständen mit einem Durchmesser größer als 50 mm) ausgeführt.
- b) Aktive Teile innerhalb des Gehäuses werden abgeschaltet, bevor das Gehäuse geöffnet werden kann – beispielsweise durch Verriegeln der Tür mit einer Trenneinrichtung (z.B. der Netztrenneinrichtung). So kann die Tür nur geöffnet werden, wenn die Trenneinrichtung ausgeschaltet und die Trenneinrichtung nur eingeschaltet werden, wenn die Tür geschlossen ist. Die Verriegelung darf mit einem Schlüssel oder Werkzeug nach Vorgabe des Liefe-

ranten allerdings nur unter Einhaltung bestimmter Bedingungen aufgehoben werden:

1. Es ist, während die Verriegelung aufgehoben ist, jederzeit möglich, die Trenneinrichtung zu öffnen und in der AUS-(Trenn-)Stellung abzuschließen oder sie ist auf andere Weise gegen ein unbefugtes Schließen der Trenneinrichtung geschützt.
  2. Nach dem Schließen der Tür wird die Verriegelung automatisch aktiviert.
  3. Alle aktiven Teile (einschließlich derjenigen auf der Innenseite von Türen), die beim Zurückstellen oder Einstellen von hierfür vorgesehenen Geräten möglicherweise berührt werden können, während die Ausrüstung eingeschaltet ist, sind gegen das unbeabsichtigte Berühren mindestens in der Schutzart IP2X oder IPXXB auszuführen; andere aktive Teile auf der Innenseite von Türen sind gegen das unbeabsichtigte Berühren mindestens in der Schutzart IP1X oder IPXXA auszuführen (siehe unter a).
  4. In der Bedienungsanleitung sind Informationen über die Vorgehensweise zur Umgehung der Verriegelung enthalten.
  5. Es sind Mittel vorgesehen, um den Zugang zu aktiven Teilen hinter Türen, die nicht direkt mit den Trenneinrichtungen verriegelt sind, auf Elektrofachkräfte oder unterwiesene Personen einzuschränken (siehe auch unter b). Dabei müssen alle Teile, die nach dem Ausschalten der Trenneinrichtung(en) unter Spannung bleiben, gegen das direkte Berühren in der Schutzart von mindestens IP2X oder IPXXB geschützt sein. Solche Teile müssen mit einem Warnschild gekennzeichnet sein. Von dieser Vorgabe werden ausgenommen:
    - Teile, die nur durch Verbindung mit Verriegelungsstromkreisen aktiv sein können und die durch ihre farbliche Kennzeichnung als potenziell spannungsführend identifizierbar sind und
    - Netzanschlussklemmen der Netztrenneinrichtung, wenn sie in einem separaten Gehäuse eingebaut ist
- c) Ein Öffnen ohne die Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeugs und ohne Abschalten der aktiven Teile darf nur möglich sein, wenn alle aktiven Teile mindestens entsprechend der Schutzart IP2X oder IPXXB gegen Berühren geschützt sind.

### **Andere Maßnahmen als Basisschutz**

Wenn Abdeckungen diesen Schutz bieten, dürfen sie entweder nur mit einem Schlüssel bzw. Werkzeug entfernt werden können, oder alle durch sie geschützten aktiven Teile müssen automatisch abgeschaltet werden, wenn die Abdeckung entfernt wird.

Ist der Schutz gegen das Berühren entsprechend c) ausgeführt und kann eine Gefährdung durch die Betätigung eines Geräts von Hand (z.B. Schließen von Schützen oder Relais) entstehen, wird empfohlen, dass eine solche Betätigung durch Abdeckungen oder Hindernisse, deren Entfernung ein Werkzeug erfordert, verhindert wird.

### **Schutz durch Isolierung aktiver Teile**

Aktive Teile, die durch Isolierung geschützt sind, müssen laut Unterabschnitt 6.2.3 vollständig mit einer Isolierung umhüllt sein, die nur durch Zerstören entfernt werden kann. Dies bedeutet laut DIN EN 60204, dass die Isolierungen gegen mechanische, chemische, elektrische und thermische Beanspruchungen widerstandsfähig sind, denen sie unter üblichen Betriebsbedingungen ausgesetzt sein können.

Farben, Tränklacke, Überzugslacke und ähnliche Produkte sind laut Norm zum Schutz gegen elektrischen Schlag unter normalen Bedingungen grundsätzlich ungeeignet.

### **Schutz bei Restspannungen**

Bei aktiven Teilen, die nach dem Ausschalten der Stromversorgung eine Restspannung von mehr als 60 V aufweisen, muss gemäß Unterabschnitt 6.2.4 die Restspannung innerhalb von 5 Sekunden auf 60 V oder weniger reduziert werden. Dabei wird aber immer unterstellt, dass diese Entladerate nicht die ordnungsgemäße Funktion der Ausrüstung stört. Bauteile, die eine gespeicherte Ladung von 60  $\mu\text{C}$  oder weniger aufweisen, werden von dieser Anforderung ausgenommen.

### **Dauerhafter Warnhinweis**

Beeinträchtigt die vorgegebene Entladerate die ordnungsgemäße Funktion der Ausrüstung, muss ein dauerhafter Warnhinweis an einer sichtbaren Stelle auf oder unmittelbar neben dem Gehäuse vorhanden sein. Dieser muss auf die Gefährdung hinweisen und die Dauer des Zeitraums angeben, ab dem das Gehäuse geöffnet werden darf.

Führt das Ziehen von Steckern oder ähnlichen Geräten zum Freilegen von Leitern (beispielsweise Steckerstifte), darf die Entladezeit auf 60 V einen Zeitraum von einer Sekunde nicht überschreiten. Anderenfalls müssen die Leiter mindestens in der Schutzart IP2X oder IPXXB ausgeführt sein.

### **Zusätzliche Schalteinrichtungen**

Ist weder eine Entladezeit von 1 Sekunde noch ein Schutz von mindestens IP2X oder IPXXB gegeben, müssen zusätzliche Schalteinrichtungen verwendet werden oder muss ein geeigneter Warnhinweis vorhanden sein. In der Neufassung wird hier eine Warnung mittels eines Symbols und Informationen bezüglich der Gefahr und mit Hinweis auf die erforderliche Entladezeit als Beispiel genannt.

Ist die Ausrüstung an einem Ort angeordnet, der für die allgemeine Öffentlichkeit (einschließlich Kindern) zugänglich ist, reichen Warnhinweise allerdings nicht aus – hier ist eine Schutzart von mindestens IP4X oder IPXXD notwendig. Ergänzend wird in diesem Abschnitt angemerkt, dass Umrichter und DC-Sammelschienen typischerweise eine längere Entladezeit als 5 Sekunden aufweisen.

### **Schutz durch Abdeckungen, Abstand oder durch Hindernisse**

Zum Schutz durch Abdeckungen wird in 6.2.5 auf die VDE 0100-410:2018-10 verwiesen. Deren Anforderungen gelten auch für den Schutz durch Abstand oder Hindernisse (Unterabschnitt 6.2.6).