

Elektrofachkräfte verantwortlich für EMV-gerechte Anlagen

VOJTECH KOPECKY Die Ausführungsart beim Errichten von Elektroanlagen beeinflusst die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) der später verwendeten elektronischen Geräte. Dieser Beitrag beschreibt den Potentialausgleich und verschiedene Schirmungsmaßnahmen unter dem Aspekt einer EMV-gerechten Installation.

Schon seit einigen Jahren existieren Vorschriften, die Planer und Errichter verpflichten, Elektroanlagen EMV-gerecht zu gestalten (Bild 1). Diese Tatsache ist vielen Elektrofachkräften wenig oder gar nicht bekannt, dennoch können sie im Schadensfall zur Verantwortung gezogen werden.

EMV-Maßnahmen sind anerkannte Regel der Technik

In dem folgenden Beitrag werden die Maßnahmen wie Netzsysteme, Erdung, Potentialausgleichs- und Schirmungsmaßnahmen beschrieben, die schon seit 1985 in der DIN VDE 0800-2 (VDE 0800 Teil 2):1985-07 festgehalten sind. Diese Norm gilt für Informations- und Datenverarbeitungsanlagen als anerkannte Regel der Technik. Nach DIN VDE 0800-1 (VDE 0800 Teil 1): 1989-05, Abschnitt 1.1, muss die Sicherheit der Informations- bzw. Datenverarbeitungsanlagen, für die keine eigene Norm über die Sicherheit der Anlagen gilt, nach der Norm für die Sicherheit von Anlagen der Fernmeldetechnik durchgeführt werden.

EMV ist nach dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG), vom 18. September 1998, § 2, Abschnitt 9, die Fähigkeit eines Geräts, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für andere in dieser Umwelt vorhandenen Geräte unannehmbar wären.

Elektromeister *Vojtech Kopecky*, Sachverständiger für Blitzschutzbau und freier Autor, Aachen



Bild 1: EMV-gerechte Kabelverschraubung für Datenleitungen

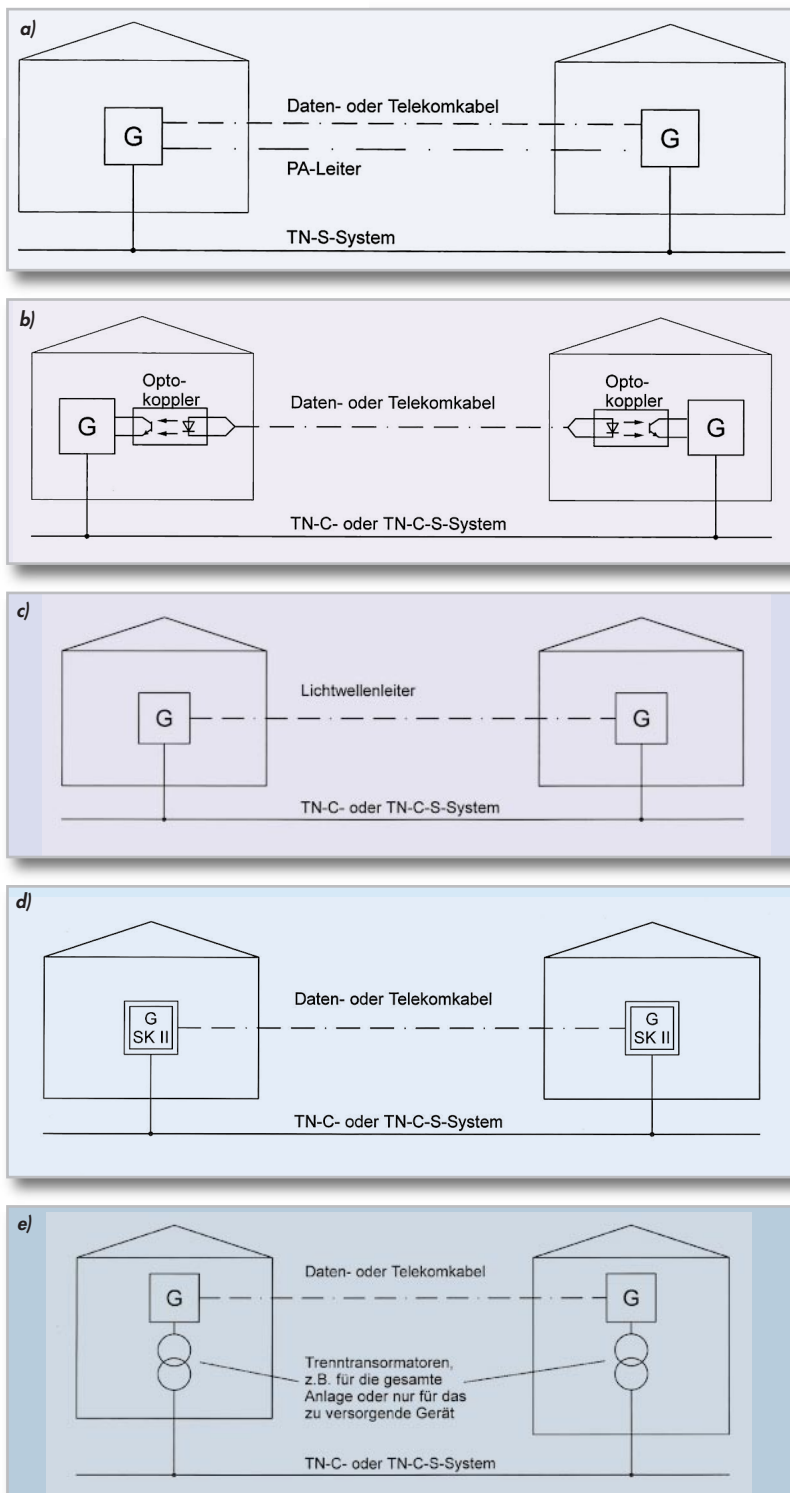


Bild 2: Gefährdete Verbindungen von Steuer- und Meldekreisen zwischen Gebäuden sind durch entsprechende Maßnahmen zu schützen; geeignete Varianten hierfür sind:
a) Potentialausgleichsverbindung
b) galvanische Trennung über Optokoppler
c) Verwendung der Glasfasertechnik (LWL)
d) Einsatz von Geräten der Schutzklasse II
e) Anwendung von Trenntransformatoren mit getrennten Wicklungen (Steckdose mit Trenntrafo ist möglich)

Das TN-S-System ist »EMV-freundlich« und somit immer die beste Lösung

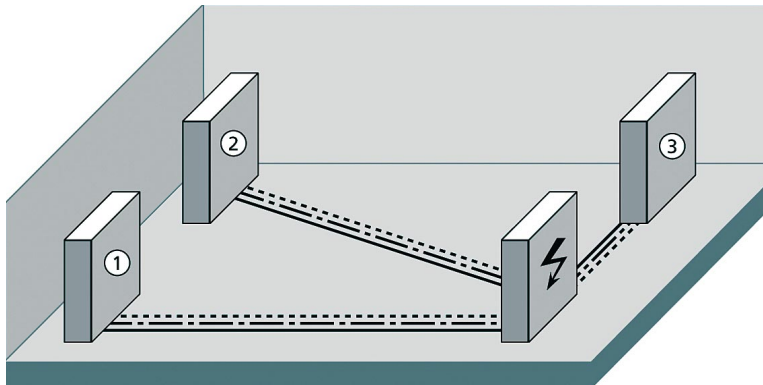


Bild 3: Sternförmiger Potentialausgleich

Hier wird zwar nur der Begriff »Gerät« benutzt, aber im Abschnitt 3 wird gleichzeitig erklärt, dass »Geräte« alle elektrischen und elektronischen Apparate, Systeme, Anlagen und Netze sind, die elektrische oder elektronische Bauteile enthalten.

Einfache Grundregeln ständig beachten

Täglich haben alle Elektroinstallationsfirmen – ohne es immer zu wissen – mit dem EMVG zu

tun. In fast allen Installationen werden schließlich elektrische oder elektronische Bauteile eingesetzt. Diese reagieren sehr empfindlich auf elektromagnetische Störungen.

Als Vorab-Faustregel für eine EMV-gerechte Installation gelten folgende Punkte:

- Bei den Installationen sollten Kabelverlegung und Kabelführung generell keine Induktionsschleifen bilden und nicht an/in Außenwänden ohne Stahlbeton installiert werden.

- Näherungen an Stellen, wo sich an der Außenwand Ableitungen der Blitzschutzanlagen befinden, sind zu vermeiden.

- Bei Signal- oder Datenleitungen ist darauf zu achten, dass sie einen möglichst großen Abstand (> 20 cm) zu den Stromkreisen haben, auf denen im normalen Betrieb mit schnellen Strom- und Spannungsänderungen zu rechnen ist.

- Überspannungsschutzgeräte für Fernmeldeeinrichtungen sind erforderlich. (Geltende Vorschriften: DIN VDE 0800-10 (VDE 0800 Teil 10); 1991-03, Abschnitt 6.1.2, DIN VDE 0110-1 (VDE 0110 Teil 1); 1997-04 und die Blitzschutznormen).

Netzsysteme entscheidend für gute EMV

Netzsysteme haben in der EMV eine große Bedeutung. Das TN-S-System ist »EMV-freundlich« und somit immer die beste Lösung. Die weiteren Netzsysteme ohne zusätzliche Maßnahmen sind »weniger EMV-freundlich«.

Die Energieversorgung wird aber überwiegend mit dem TN-C-System durchgeführt. Die EMV-

Freundlichkeit ist somit nur für die einzelnen Gebäude gültig, in denen das TN-S-System eingesetzt wird.

Verfügt das Gebäude aber über eine leitfähige Verbindung mit anderen Gebäuden, die auch an das TN-C-System angeschlossen sind, müssen weitere Maßnahmen durchgeführt werden.

Dabei handelt es sich um Maßnahmen zur Begrenzung fließender Ströme in Anlagen mit Potentialausgleich und Schirmen – siehe DIN VDE 0800 Teil 2, Abschnitt 15.2, DIN VDE 0100-444 (VDE 0100 Teil 444):1999-10, Abschnitt 444.3.15 und weiteren Normen. *Diese Maßnahmen entsprechen dem TN-S-System oder der galvanischen Trennung der Übertragungssysteme.*

Konstellation der Datentechnik und Netzsysteme

Die Energieversorgungsunternehmen können das TN-S-System zur Verfügung stellen. Wenn die Verlegung neuer Kabel – z. B. nachträglich im eigenen Firmengelände – für ein TN-S-System (Bild 2a, S. 35) nicht realisierbar

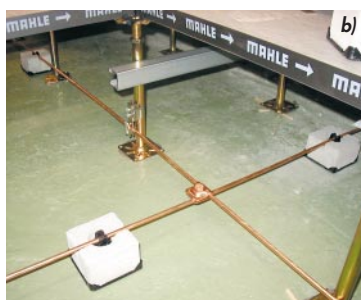
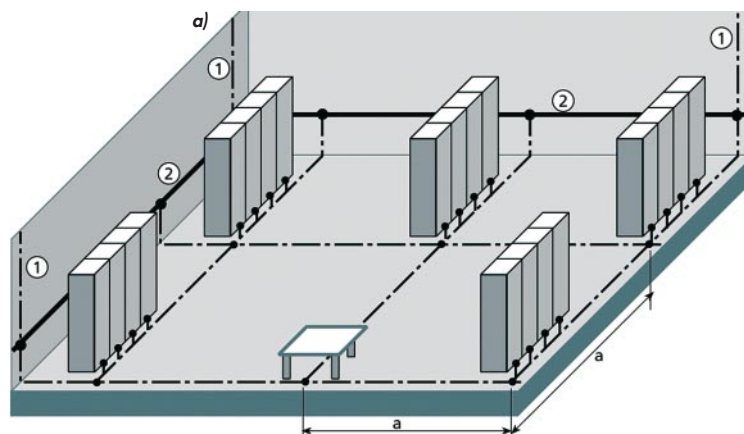


Bild 4:

a) Maschenförmiger Potentialausgleich in einem EDV-Raum

1: Potentialausgleichsleitungen für abgehängte Decken und Einrichtungen oberhalb der Decken.
2: Erdungssammelleiter: Das kann ein Erdleiter in der Wand sein oder auch eine Potentialausgleichsleitung außerhalb, besser ist jedoch ein Fundament der unterhalb des Doppelbodens

b) Ansicht eines maschenförmigen Potentialausgleichs am Ständer eines Doppelbodens

oder zu teuer ist, müssen die gefährdeten Verbindungen über die Steuer- und Meldekreise durch

entsprechende Maßnahmen geschützt werden. Geeignete Varianten hierfür sind:

- a) die galvanische Trennung durch Optokoppler oder Glasfasertechnik (Lichtwellenleiter) (Bilder 2b und 2c, S. 35),
- b) die Anwendung von Betriebsmitteln der Schutzklasse II (Bild 2d, S. 35),
- c) die Anwendung von Transformatoren mit getrennten Wicklungen (Bild 2e, S. 35).

Bei der Variante a) kann man alternativ Optokoppler bei einem, besser aber bei beiden Gebäuden einsetzen. Bei der Installation ist auf die Installationsausführung und Spannungsfestigkeit zu achten.

Bei der Variante c) muss dies nicht ein Transformator mit getrennten Wicklungen für das gesamte Gebäude sein, es reicht aus, wenn dieser Transformator nur für konkrete Anlagen, z. B. Telefonzentralen oder Gefahrenmeldeanlagen, installiert wird, falls sie über eine weitere leitfähige Verbindung mit den anderen Gebäuden verfügen. Alle bisher beschriebenen Maßnahmen gewährleisten nur die galvanische Trennung, schützen aber nicht vor Überspannung.

Zentraler Erdungspunkt ist ein Problem

Im Zusammenhang mit Netzsystemen erschienen bisher in der Presse unterschiedliche Beiträge mit Vorschlägen, wie man die Ausgleichsströme in dem PE- und Potentialausgleichsleiter vermeiden kann. Vorschläge, z.



Bild 5: Das Kabelschirmende sollte indirekt über eine Funkenstrecke geerdet werden

B. nur ein zentraler Erdungspunkt, sind auch bei kleinen baulichen Anlagen mit streng sternförmiger Kabelführung und Verlegung nicht realisierbar.

Die installierten Kabel verfügen über eine eigene Impedanz und die installierten Filter, Über-

spannungsschutzgeräte und weitere Komponenten können Leckströme verursachen. Damit werden PE-, und Potentialausgleichsleiter belastet. In Kürze wird wahrscheinlich auch für TN-Systeme die 3+1-Schaltung für Überspannungsschutzgeräte vorgeschrieben werden, weil die o. g. Einrichtungen auch Ströme auf dem PE- oder Potentialausgleichsleiter verursachen.

Der PEN-, PE-, Potentialausgleichsleiter und alle anderen Schirmungsvarianten müssen bei allen EMV- oder Blitzschutzonen geerdet werden. Folglich ist ein einzelner Erdungspunkt bei großen baulichen Anlagen praktisch nicht realisierbar. Hinzu kommt, dass die Energieeinspeisung oft von mehreren Punkten durchgeführt wird.

Wenn an einer Stelle der Energieversorgung mehrere Transformatoren installiert sind, ist es zwar möglich eine Erdungsstelle für diese Transformatoren auszuführen, nicht aber für räumlich entfernte Transformatoren. In diesem Fall müssen Kombinationen der Erdungen und des Poten-

tialausgleichs ausgeführt werden. Der Potentialausgleich (PA) hat eine große Bedeutung für die Verfügbarkeit der elektrischen und elektronischen Anlagen und wird auch Potentialausgleichsnetzwerk genannt.

Vermaschter PA führt zum PA-Netzwerk

Der Potentialausgleich ist eine der wichtigsten Maßnahmen bezüglich EMV, Blitz- und Überspannungsschutz. In DIN VDE 0800-2 (VDE 0800 Teil 2):1985-07, beginnend ab Abschnitt 15, wurden bereits 1985 die Unterschiede zwischen sternförmigem (S) und maschenförmigem (M) Potentialausgleich beschrieben. Diese Norm ist zwar für die Fernmeldetechnik gedacht, aber sie gilt genau genommen für alle elektrotechnischen Einrichtungen. In der zwölf Jahre später erschienenen DIN VDE 0185-103 (VDE 0185 Teil 103): 1997-09, Abschnitt 3.4.2.2, werden die Vorteile und Nachteile der verschiedenen Potentialausgleichssysteme bestätigt.

Potentialausgleichssysteme mit Stärken und Schwächen

Bei einem sternförmigen Potentialausgleich mit einem gemeinsamen Erdungssystem müssen alle Einrichtungen, die an das Potentialausgleichssystem angeschlossen sind, gegenseitig isoliert werden – ausgenommen davon ist der Erdungspunkt (**Bild 3**). Ein sternförmiger Potentialausgleich hat nur einen zentralen Potentialausgleichspunkt und aus diesem Grund müssen

- alle in dem zu schützenden Raum (Anlage) installierten Kabel nur an diesem zentralen Punkt eintreten,
- die PA-Leitungen die gleiche Verlegungstrasse wie die anderen Kabel haben. weiterhin dürfen die Endeinrichtungen nicht mit anderen Endeinrichtungen dieses sternförmigen Systems über andere leitfähige Kabel verbunden werden.

Nach DIN VDE 0100-444 (VDE 0100 Teil 444): 1999-10, Abschnitt 444.3.10, ist die Potentialausgleichsverbindung zwischen zwei zusammen gehörenden Be-

triebsmitteln so kurz wie möglich auszuführen.

Durch den parallelen Verlauf von Potentialausgleichsleiter und der geschirmten Informationsleitung zwischen zwei Betriebsmitteln wird der Schirm der Informationsleitung von Ausgleichsströmen entlastet.

Wenn an zwei oder mehreren Einrichtungen, die an einen sternförmigen Potentialausgleich (oder auch sternförmige Erdungsanlage) angeschlossen sind, Datenverarbeitungskabel oder andere Signalaustauschkabel, wie in Bild 3 dargestellt, angebracht werden, entsteht zwischen den Einrichtungen eine Induktionsschleife oder es fließen Ausgleichsströme durch das Kabel, die die angeschlossenen Einrichtungen beschädigen. Um das zu verhindern, dürfen Datenverarbeitungskabel oder andere Signalaustauschkabel an eines dieser Geräte (Einrichtungen) nur über Optokoppler, Glasfaserkabel oder andere potentialtrennende Einrichtungen angeschlossen werden. Ist das nicht der Fall, kann es zur Störung bis hin zur Zerstörung kommen.

Elektroinstallateur benötigt Informationen über bestehende EMV-Maßnahmen

Der Grad der Vernetzung elektronischer Einrichtungen steigt nicht nur Jahr für Jahr, sondern sogar Tag für Tag. Heute installiert z. B. ein Handwerker nach dem sternförmigen System, doch am nächsten Tag kommt eventuell schon ein anderer Handwerker ohne EMV-Kenntnis. Er »vernetzt« die zwei noch »gestern« voll isolierten Einrichtungen. Erst bei einer Störung im Gebäude, die z. B. durch einen Kurzschluss, eine Sternpunktverschiebung, Netzrückwirkungen oder Überspannungen ausgelöst wird, werden die nicht mehr richtig installierten Einrichtungen zerstört.

Wenn, wie auf Bild 3 zu sehen, zwischen den Einrichtungen 1, 2, und 3 jedoch zusätzlich Potentialausgleichsverbindungen installiert werden, dann können keine oder nur minimale Ausgleichsströme über das Datenverarbeitungskabel oder andere Signalaustauschkabel fließen.

Durch die Verbindungen zwischen den Einrichtungen 1, 2 und 3 wird der maschenförmige Potentialausgleich hergestellt. Das bedeutet, ein ideales Potentialausgleichsnetzwerk ist nur gegeben, wenn alle Einrichtungen, die zusammen über unterschiedliche Kabel verbunden sind, auch durch Potentialausgleichsleitungen verbunden werden.

Nur bei kleinen Räume bis ca. 5 m x 5 m oder Anlagen, bei denen nicht nachträglich eine Verbindung zwischen den Einrichtungen hergestellt werden kann, ist ein sternförmiger Potentialausgleich sinnvoll. Räume, die größer als 25 m² sind und Einrichtungen, die mit anderen Einrichtungen und anderen Kabeln verbunden sind, sollten mit einem maschenförmigen Potentialausgleich ausgeführt werden (Bild 4, S. 37).

Der maschenförmige Potentialausgleich ist impedanzärmer als der sternförmige. Durch die häufigeren Querverbindungen (Kurzschlusschleifen) der Potentialausgleichsleitungen, aber auch durch Kabelschirme und örtliche Potentialausgleichsmaßnahmen mit allen stromleitfähigen Einrichtungen werden die ohmschen und induktiven Ausgleichsströme auf mehrere Pfade verteilt und die Querverbindungen wirken als magnetische Re-

duktionsschleifen. Damit werden nicht nur die magnetischen Felder, sondern auch die Induktionskopplungen in allen anderen leitfähigen Kabeln deutlich reduziert. Das gilt für Räume, die gesamte bauliche Anlage sowie für die vermaschte Erdungsanlage zwischen den baulichen Anlagen.

Der sternförmige Potentialausgleich wird nur an einer Stelle geerdet, der maschenförmige Potentialausgleich muss jedoch an allen realisierbaren Stellen geerdet werden.

Die Verkabelung und Leitungsführung in der zu schützenden

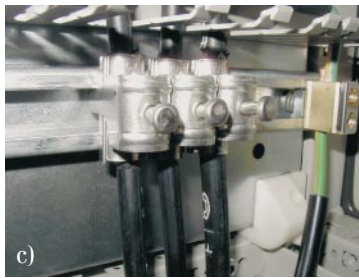


Bild 6: Die Erdung wird mittels Schirmanschlussklemmen durchgeführt

Anlage sind auch sehr wichtig. Die energie- und nachrichtentechnischen Leitungen müssen die gleiche Verlegungstrasse wie die anderen Potentialausgleichsleitungen haben, sonst entstehen Induktionsschleifen, die dann Störungen bis Zerstörungen verursachen. Aus der Erfahrung des Autors ist zu erkennen, dass die richtige Variante für die Zukunft »maschenförmiger Potentialausgleich« heißt. Bei anfänglich »gutem« sternförmigen Potentialausgleich können später Probleme entstehen.

Dimensionierung des Potentialausgleichs

Potentialausgleichsleiter-Querschnitte sind von der Potentialausgleichsart abhängig. Man unterscheidet Hauptpotentialausgleich, Blitzschutzpotentialausgleich, Potentialausgleich an den Grenzen von Blitz-Schutzzonen, Potentialausgleich für die Fernmeldetechnik und Datenverarbeitungsanlagen oder andere »Potentialausgleichsnetzwerke«.

Die Querschnitte für Leiter des Hauptpotentialausgleichs müssen mindestens die Hälfte des Querschnittes des größten Schutzleiters der überprüften Anlage haben (siehe DIN VDE 0100-540 (VDE 0100 Teil 540):1991-11, Abschnitt 9). Der Querschnitt darf nicht kleiner als 6 mm² und muss nicht größer als 25 mm² sein. Das gilt für Kupfer oder andere Materialien mit gleicher Strombelastbarkeit. Der größte Schutzleiter einer Anlage ist in der Regel der von der Stromquelle oder der vom Hausanschlusskasten kommende oder der vom Hauptverteiler abgehende Schutzleiter.

Nach dem gleichen Prinzip wird auch der Querschnitt des Blitzschutzpotentialausgleichs beurteilt. Der Mindestquerschnitt für Kupfer beträgt hier 10 mm², für Aluminium 16 mm², oder für Stahl 50 mm² (siehe DIN 57185-1 (VDE 0185 Teil 1):1982-11, Abschnitt 6.1.1.2).

Eine andere Dimensionierung ist aber nach DIN V ENV 61024-1 (VDE V 0185 Teil 100):1996-08, Tabelle NC.4, auszuführen: Hier werden die Mindestforderungen für die Blitzschutz-Potentialausgleichsleitungen mit 16 mm² Kupfer, 25 mm² Aluminium, und 50 mm² Stahl festgelegt. Die Potentialausgleichsmaßnahmen in den Anlagen der Fernmeldetechnik und Datenverarbeitungsanlagen müssen nach DIN VDE 0800-2 (VDE 0800 Teil 2):1985-07, Abschnitt 4.2.2, ausgeführt werden.

Dieser Abschnitt behandelt jedoch nur den Potentialausgleich zwischen einzelnen Geräten. Der Erdungssammelleiter nach Abschnitt 6.2.2 ist eigentlich der Hauptpotentialausgleichsleiter, der nach Abschnitt 6.2.2.1.2 mindestens 50 mm² haben soll. Die internen Vorschriften der Netzbetreiber schreiben den Querschnitt jedoch häufig mit 95 mm² vor.

Richtiger Schirmanschluss

Auch die Schirmungsmaßnahmen gehören zu den wichtigsten EMV-Maßnahmen.

In der Fachpresse gibt es auch Beiträge mit der Empfehlung, die Kabelschirme **nicht** beidseitig zu erden, weil es sonst zu Störungen kommt. Dies ist nicht korrekt. In bestimmten Fällen können nämlich Ausgleichsströme über die Schirme fließen und Störungen

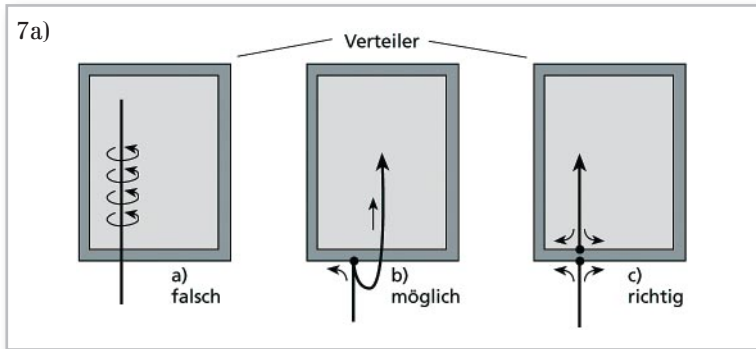
wirksam sein.

Die Erdung wird am Günstigsten mittels EMV-Kabelverschraubungen (Bild 1, S. 35) oder Schirmanschlussklemmen durchgeführt (**Bilder 6a bis 6c, S. 40**).

Die Realität zeigt aber, dass nicht alle Firmen über ausreichende Erfahrungen mit geschirmten Kabeln verfügen. Mit gutem Willen ziehen manche Firmen das geschirmte Kabel in den Schrank (Verteiler), ohne jedoch

DIN EN 50174-2 (VDE 0800 Teil 174-2): 2001-09 und DIN EN 50310 (VDE 0800 Teil 2-310): 2001-09 ergänzt und teilweise auch ersetzt worden (siehe auch »Regeln der Technik«, de«, 21/20019).

Daneben dürfen die »alten« Normen DIN VDE 0800-4 (VDE 0800 Teil 4): 1986-03 und DIN VDE 0800-2 (VDE 0800 Teil 2): 1985-07 noch bis zum 01.08.2003 angewendet werden.



Fazit

In der Praxis werden Potentialausgleich und Schirmerdung häufig nicht fachgerecht ausgeführt oder deren Wichtigkeit unterschätzt. Besonders auf die Überspannungsschutzmaßnahmen wird oft aus reinen Preisgründen durch den Anbietenden verzichtet, um den Auftrag zu erhalten. Vergisst der Planer, die EMV-Maßnahmen, sind die in-

verursachen. Dies entsteht bei nicht normgerecht ausgeführten Elektroinstallationen oder bei Anlagen in einem Gebäude ohne Potentialausgleich oder bei Anlagen zwischen zwei Gebäuden mit unterschiedlichen Potentialen oder separaten Einspeisungen über das TN-C-System, wie bereits oben erwähnt. In diesen Fällen muss ein Kabelschirmende indirekt über eine Funkenstrecke geerdet werden (**Bild 5, S. 38**). Bei einem Blitzschlag und einer Spannungserhöhung schaltet die Funkenstrecke durch und der Schirm wirkt und schützt auch gegen induktive Kopplungen bei Blitzschlägen. Einseitig geerdete Schirme schützen nur gegen kapazitive Kopplungen. Nur bei kleiner Spannung und kleinen Frequenzen schützt die einseitige Erdung. Bei einem Blitzschlag entstehen jedoch große Frequenzen und Spannungen. Das bedeutet: Die Schirmung muss beidseitig geerdet werden, d. h. mindestens an den Enden, weil die Erdung der Schirme bei allen Überschreitungen der EMV- oder Blitzschutzzonen (überwiegend identisch) ausgeführt werden muss.

Die so genannten Kabelschirmschwänzchen sind bei den hohen Frequenzen nicht niederohmig und der Schirmkontakt sollte auf der gesamten Schirmfläche von 360° umgeben und

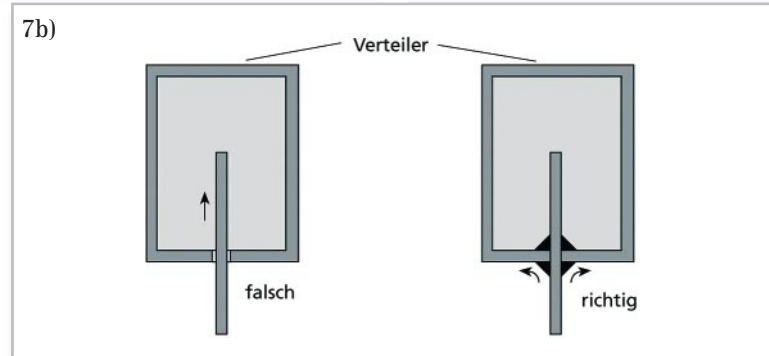


Bild 7: Der Verteiler- oder Schrankeintritt ist eine wichtige EMV- und Blitzschutz-Zone.

beim Schrankeintritt die Schirme mit dem Potentialausgleich zu verbinden. Oft erfolgt dieser Anschluss erst bei dem angeschlossenen Gerät. Wird so installiert, beeinflusst der Kabelschirm bei einer Störung andere benachbarte Leiter und Einrichtungen in dem Schrank und kann sie zerstören. Was für die Erdung der Schirme an den Blitzschutz-Zonen gilt, gilt auch für die Verteiler. Der Verteiler- oder Schrankeintritt ist eine weitere EMV-, Blitzschutz-Zone. Auch hier muss der Schirm bei »Schrankeintritt« angeschlossen werden (**Bild 7**).

Neue Normen sind da

Die oben beschriebenen Normen sind im September diesen Jahres durch DIN EN 50174-1 (VDE 0800 Teil 174-1): 2001-09;

stallierenden Firmen nach VOB § 4, Nr. 3, verpflichtet, dem Auftraggeber dies mitzuteilen. Sie sind sonst im Falle von Störungen oder Zerstörungen für die entstehenden Schäden **mitverantwortlich**.

Die oben beschriebenen Maßnahmen sind schon seit mehreren Jahren Bestandteil der Normen und anerkannte Regeln der Technik. Aus diesem Grund ist eine EMV-gerechte Installation ein »Muss« für ausführende Elektrofachbetriebe. □

W E B W E G W E I S E R

Weitere Infos zum Thema:

• www.kopecky.de

Ein Service von »de«
(www.online-de.de)