

Prüfen von Blitzschutzanlagen (1)

Messverfahren und Messgeräte

VOJTECH KOPECKY Die Überprüfung der Blitzschutzanlagen erfordert neben spezialisierten Messgeräten eine Menge Fachwissen, u. a. über Aufbau und Prüfung von Erdungsanlagen. Der Beitrag beschreibt Messverfahren und Messgeräte, welche die Blitzschutzbaufirmen zur Überprüfung der Erdungsanlage für die äußere und innere Blitzschutzanlage benötigen.

Seit Erscheinen der Vornorm DIN V ENV 61024-1 (VDE V 0185 Teil 100):1996-08, »Blitzschutz baulicher Anlagen; Allgemeine Grundsätze« müssen sich Architekten, Planer und Ingenieurbüros über den spezifischen Bodenwiderstand für bauliche Anlagen der Blitzschutzklassen BSK I und BSK II schon vor Beginn der Planung informieren. Ohne den spezifischen Bodenwiderstand kann der Planer die Mindestlänge l_1 der Erdungsleiter in Abhängigkeit der Schutzklasse nicht feststellen und somit auch nicht die richtigen Pläne vorbereiten. Das bedeutet, dass diese Büros vor der Planung den spezifischen Bodenwiderstand messen bzw. andere Firmen mit der Messung beauftragen müssen.

Mess- und Prüfgeräte

Um die Blitzschutzanlage bestimmungsgemäß überprüfen zu können, müssen die Geräte den Normen DIN EN 61557-4 (VDE 0413 Teil 4): 1998-05 und DIN EN 61557-5 (VDE 0413 Teil 5): 1998-05: »Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen« entsprechen. Der Prüfbericht entsprechend DIN V VDE V 0185-110 (VDE 0185 Teil 110): 1997-01: »Blitzschutzsysteme; Leitfaden zur Prüfung von Blitzschutzsystemen« muss Angaben über das Messverfahren und den Messgerätetyp enthalten.

Die wichtigsten Anforderungen an die Messgeräte zur Messung von Erdungs-, Schutz- und Potentialausgleichsleitern sind, dass der Messstrom bei allen Messbereichen minimal 200 mA betragen muss sowie die Leerlaufspannung 24 V nicht über- und 4 V nicht unterschreiten darf.

Die Messgeräte für die Erdungswiderstandsmessung müssen neben anderen Bedienungshinweisen den Prüfer über die Überschreitung von maximal zulässigen Sonden- und Hilfserderwiderständen informieren. Die früher hergestellten Messgeräte verfügen nicht über diese Eigenschaft, weshalb sich mit ihnen Messungen mit Sonden nicht einwandfrei ausführen lassen.

Elektromeister *Vojtech Kopecky* ist Sachverständiger für Blitzschutzbau in Aachen und führt ein eigenes Unternehmen, das sich auf EMV sowie Blitz- und Überspannungsschutz spezialisiert hat

Die zwischen den Anschlüssen »E« und Hilfserder »H« anliegende Ausgangsspannung muss eine Wechselspannung sein. Während der Messungen dürfen keine gefährlichen Berührungsspannungen entstehen (Bild 1).

Ein weiteres wichtiges Messgerät zur Überprüfung der Blitzschutzanlage ist das Prüfgerät für Überspannungsschutzschutzrichtungen. Die Hersteller von Ableitern verfügen über spezielle Ableiterprüfgeräte mit Prüfadaptern für ihre eigenen Produkte. Die Ableiterprüfgeräte der neue-

eventuell notwendigen Trennung der Erdungsanlage ist unbedingt zu beachten, dass die Einrichtung während der Überprüfung über keine Erdung verfügt und dadurch für Personen und für die Einrichtung gefährliche Zustände entstehen können.

Zweipol-Messverfahren für den Ausbreitungswiderstand

Das am meisten benutzte Messverfahren bei der Überprüfung von Blitzschutzanlagen ist die Zweipol-Erdungsmessung. In ei-

dann als Bezugserde für die Messungen dienen.

Zweipol-Messverfahren für Übergangswiderstand

Die Zweipol-Messung ist auch für die Bestimmung des Übergangswiderstandes von den Ableitungen zur Erdungsanlage geeignet. Dabei ist der Übergangswiderstand (Durchgangswiderstand) an allen Messstellen zwischen den Ableitungen und der Erdungsanlage zu ermitteln.

Die DIN V VDE V 0185-110 (VDE 0185 Teil 110): 1997-01 schreibt einen Richtwert von $< 1 \text{ W}$ für den Übergangswiderstand vor.

Stellen ohne eigene Ableitungen, z. B. geerdete Regenfallrohre oder andere leitfähige geerdete Einrichtungen, erfordern eine Widerstandsmessung gegen die »Bezugserde«, da der Übergangswiderstand über das Regenfallrohr hochohmig ist.

Der Übergangswiderstand lässt sich auch ohne Öffnen einer Trennstelle mit Hilfe einer Prüfzange, der so genannten Erdungsprüfzange, bestimmen. Allerdings weisen nicht alle Hersteller in ihrer Bedienungsanleitung darauf hin, dass die mit der Erdungsprüfzange durchgeführte Messung den Widerstand einer Erderschleife und

nicht den Ausbreitungswiderstand der Erdungsanlage liefert. Der mit der Erdungsprüfzange gemessene Wert darf im Prüfbericht nicht als Erdausbreitungswiderstand ausgewiesen werden.

Messverfahren für Gesamtausbreitungswiderstand

Der Gesamtausbreitungswiderstand einer Erdungsanlage ist in einem dicht bebauten Gebiet mit Hilfe von Sonden schwer zu

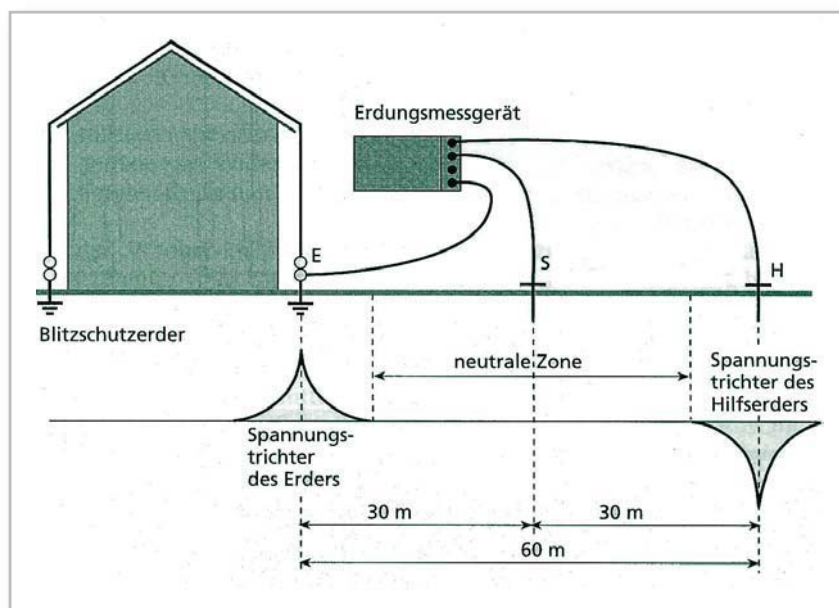


Bild 1: Bei der Dreipunkt-Messmethode mit Hilfserder und Sonde befindet sich die Sonde in der neutralen Zone zwischen den Spannungstrichtern des Erders und des Hilfserders

ren Generation bieten auch die Funktionen eines Bar-code-Lesers, eine Tastatureingabe sowie Klartextausgabe.

Fällt die Prüfung von Ableitern nicht sehr häufig an, ist ein Ableiterprüfgerät ohne spezielle Prüfadapter eher zu empfehlen, da sich auf diese Weise Überspannungsschutzgeräte aller Hersteller kontrollieren lassen. Mit dem Ableiterprüfgerät erfolgt die Ermittlung der Ansprechspannung mit Hilfe eines eingepprägten Stromes von 1 mA oder auch 3 mA.

Keine Messungen bei Gewitter

Die Messungen an der Blitzschutzanlage dürfen nicht beim Annähern eines Gewitters oder gar während eines Gewitters durchgeführt werden. Bei einer

ner Stadt oder auf einem Gelände mit befestigten Flächen ist das Setzen von Hilfserdern und Sonden problematisch bzw. undurchführbar. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, die Erdungsmessung gegen eine Bezugserde, z. B. eine Wasserleitung oder den PE-Leiter, durchzuführen. Bei der Benutzung der »Bezugserde« ist unbedingt die Kompensation des Messleistungswiderstandes zu beachten.

In der Praxis dient der PE-Leiter in der Steckdose als Bezugserde. Wenn die erste Messung einen größeren Widerstand ergibt, müssen weitere Messungen erfolgen, welche sicherstellen, dass es sich nicht um einen größeren Schleifenwiderstand der Steckdose handelt. Bei einem niedrigen Messwert ist der Schleifenwiderstand in Ordnung. Der Schutzkontakt der Steckdose kann

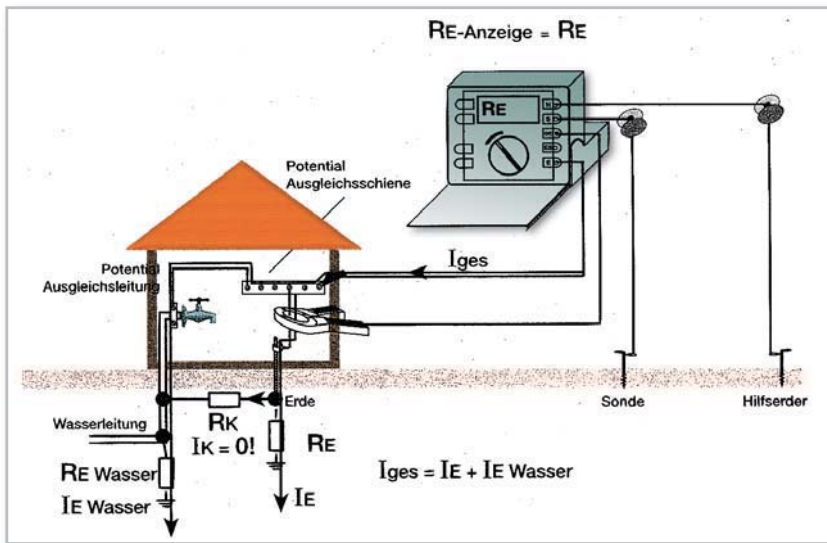


Bild 2: Bei der Verwendung einer Stromzange lässt sich ein bestimmter Erdungswiderstand R_E feststellen

messen. Die schnellste Möglichkeit, ihn zu ermitteln, besteht im Hauptanschlussraum. Nach der Trennung aller PEN-Leiter bzw. der PE-Leiter von der Potentialausgleichsschiene erfolgt die Messung des Widerstandes zwischen der Potentialausgleichsschiene und dem abgeklemmten PEN- bzw. PE-Leiter. Während der Messung sind die PE-Leiter der weiteren Erdungsstellen von der zu überprüfenden Anlage zu trennen, da sonst im Hauptanschlussraum kein Gesamtwiderstand, sondern lediglich der Schleifenwiderstand bis zur nächsten Erdungsstelle eines PE-Leiters erscheint.

Erfahrungsgemäß liegt der Schleifenwiderstand des PEN-Leiters der Energieversorgung in einer Stadt durchschnittlich bis $0,6 \Omega$. Der Erdausbreitungswiderstand des PEN-Leiters beträgt ca. $0,2 \Omega$ bis $0,3 \Omega$.

Der Gesamterdungswiderstand ist der gemessene Wert zwischen geerdeter Potentialausgleichsschiene (PAS) und abgeklemmtem PEN-Leiter, abzüglich ca. $0,3 \Omega$.

Messung mit Hilfserder und Sonde

Die Geräte für die Messung des Ausbreitungswiderstandes mit Hilfserder und Sonde müssen die DIN EN 61557-5 (VDE 0413 Teil 5):

1998-05 erfüllen. Die Messung erfolgt oft automatisiert. Die Messgeräte müssen anzeigen, dass Hilfserder und Sonde eine ausreichende Verbindung mit der Erde haben. Die richtigen Positionen

und Hilfserder (Bild 1). Bei größeren Erdungsanlagen ist der Hilfserder in einer Entfernung anzuordnen, welche mindestens dem 2,5- bis 3-fachen der Diagonalen der Erdungsanlage entspricht.

Sind der Spannungstrichter der Erdungsanlage und der Hilfserder weit genug voneinander entfernt, so befindet sich zwischen den beiden Spannungstrichtern eine ausreichend große neutrale Zone für die Sonde. Überlappen sich die Spannungstrichter, dass die Sonde keine neutrale Zone findet, so müssen die Abstände vergrößert werden. Je höher die Leitfähigkeit der Erde, desto kleiner ist der Spannungstrichter.

Wasserleitungen, Elektrokabel und auch andere leitfähige Gegenstände im Erdbereich können die Spannungstrichter beeinflussen. Schließlich müssen die Hilfserder- und die Sondenleitung

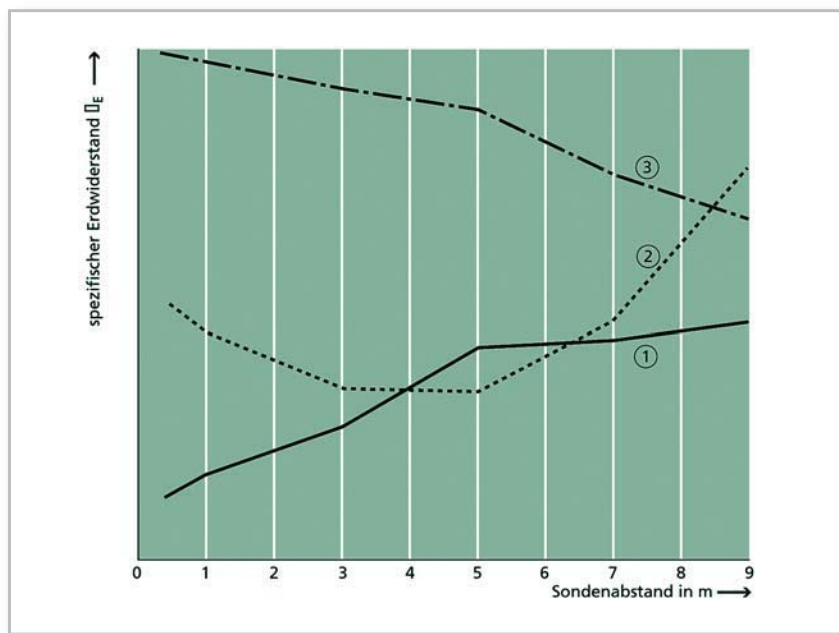


Bild 3: Der spezifische Erdwiderstand ρ_E in Abhängigkeit vom Sondenabstand a für unterschiedliche Bodenverhältnisse

zum Einbringen der Erdspeife für Hilfserder und Sonde sind jeweils zu ermitteln. Bei kleinen Erdungsanlagen, niedrigem Erdungswiderstand und idealen Bedingungen beträgt der Abstand zwischen dem Hilfserder (H) und dem zu messenden Erder ca. 40 m. Die Sonde (S) befindet sich in der neutralen Zone zwischen Erde

einen bestimmten Mindestabstand zueinander einhalten.

In gleicher Weise lassen sich auch die Ausbreitungswiderstände von Erdungsanlagen für die Betriebserdung oder Schutzerdung von Starkstromanlagen bestimmen. Eine Messfrequenz nahe der Netzfrequenz ist für diese Messungen empfehlenswert.

Selektive Messung mittels Stromzange

Nach der konventionellen Methode erfolgt die Messung der Einzelerder bei geöffneter Trennstelle. Der Einfluss des Kopplungswiderstandes zwischen den Erdern, aber auch der Einfluss der in den Potentialausgleich einbezogenen Wasserleitungen und anderen leitfähigen Einrichtungen ergeben einen niedrigeren Messwert als den vorhandenen

messstrom I_{ges} , berechnet aus beiden Stromwerten den Erdungswiderstand R_E und zeigt diesen unbeeinflusst von $R_{EWasser}$ direkt an.

Der Erdwiderstand nach der Wenner-Methode

Der spezifische Erdwiderstand ist eine geologisch-physikalische Größe, welche für die Berechnung der Erdungsanlagen nötig ist. Auf dem zu überprüfenden

der Untergrund völlig homogen ist. Dies ist nie der Fall, da stets Schichten mit unterschiedlicher Mächtigkeit und mit unterschiedlichem spezifischen Erdwiderstand vorliegen.

Die mit unterschiedlichen Sonden- bzw. Hilfserderabständen gemessenen Werte stellen nur »scheinbare Erdwiderstände ρ_s « dar, aus denen sich mittels umfangreicher Rechnungen oder grafischer Verfahren mit Hilfskurven die tatsächlichen Bodenschichtungen und ihre spezifischen Erdwiderstände bestimmen lassen. Gemessene Werte geben nur eine Orientierung über die Schichtenfolge (Bild 3).

In Bild 3 sind drei unterschiedliche Bodenverhältnisse dargestellt. **Kurve 1:** Mit zunehmender Tiefe ergibt sich keine Verbesserung von ρ_E . Dieser Erdbereich ist vor allem für Fundamente oder Bändererder geeignet.

Kurve 2: Ab einer Tiefe von ca. 5 m bringt das Vergrößern der Einschlagtiefe keine Verbesserung von ρ_E . Es empfiehlt sich bei der Verwendung von Tiefenerdern einen solchen mit einer Länge von 4,5 m einzuplanen. Da der 4,5 m lange Tiefenerder aber nur die Hälfte der genormten Länge aufweist, ist die doppelte Anzahl von Tiefenerdern

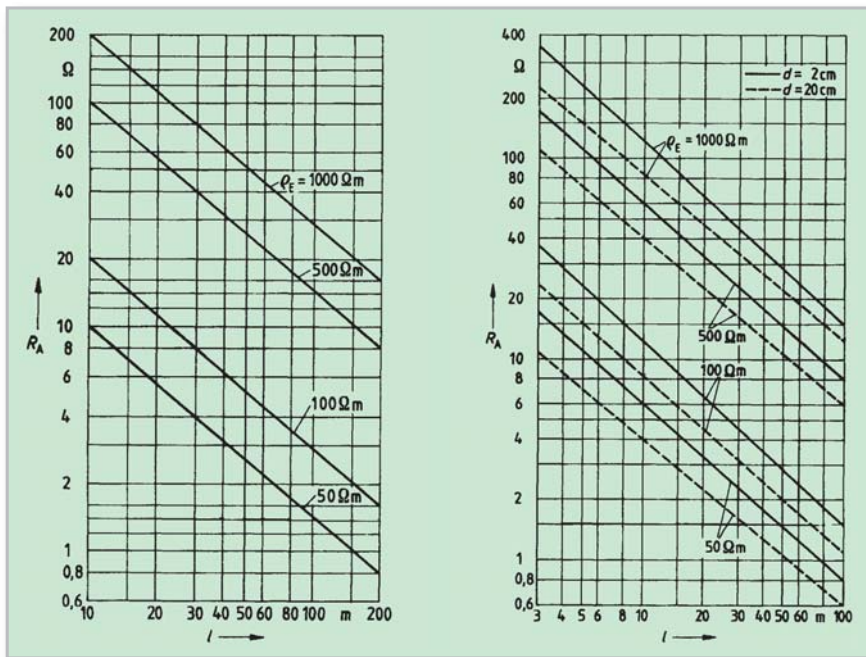


Bild 4: Im Gegensatz zur Beurteilung von Oberflächenerdern – die linke Graphik zeigt den entsprechenden Ausbreitungswiderstand – muss bei Tiefenerdern auch der spezifische Erdwiderstand in den unterschiedlichen Erdschichten berücksichtigt werden; die rechte Graphik zeigt den Ausbreitungswiderstand von Tiefenerdern

Wert für den Erdungswiderstand R_E . Auch bei Entfernungen von mehreren zehn Metern lässt sich zwischen zwei Erdern noch eine Kopplung feststellen.

Bei der selektiven Messung mit einer speziellen Stromwandlerzange kann jeweils ein bestimmter Erdungswiderstand überprüft werden (Bild 2).

Bei dieser Messung teilt sich der Messstrom I_{ges} in die Teilströme I_E über den Erder und $I_{EWasser}$ über die Wasserleitung. Der Kopplungswiderstand R_K beeinflusst die Messung nicht, weil die Potentialausgleichsschiene den R_K kurzschließt. Der Zangenstromwandler umgreift die Erdungsleitung zu R_E und erfasst auf diese Weise den über den Erder fließenden Strom I_E . Der Erdungsmesser kennt den Gesamt-

Gelände werden vier gleich lange Erdspeie in gerader Linie und im gleichen Abstand a voneinander in gleicher Tiefe gesetzt. Der Abstand a entspricht in etwa der Tiefe, in der der spezifische Erdwiderstand zu messen ist. Die Einschlagtiefe der Erdspeie sollte maximal 30 % von a betragen. Über die beiden äußeren Speie fließt ein eingepprägter Strom durch die Erde, die beiden inneren Speie nehmen den Spannungsabfall am Widerstand R auf. Über Strom und Spannung lässt sich R ermitteln.

Der Widerstandswert R führt zum spezifischen Erdwiderstand ρ_E über $\rho_E = 2\pi \cdot a \cdot R$

Der berechnete spezifische Erdwiderstand gilt nur unter idealen Bedingungen, d. h., dass

vonnöten.

Kurve 3: Erst in größerer Tiefe nimmt der spezifische Erdwiderstand ρ_E geringfügig ab. Nur mit Tiefenerdern ist ein ausreichend niedriger Ausbreitungswiderstand zu erreichen.

Vorhandene Erdströme oder unterirdische Gegenstände, z. B. Metallrohre oder Wasseradern, können die Messergebnisse verfälschen. Aus diesem Grund sind weitere Messungen an anderen Stellen erforderlich, wobei die Messachse um 90° zu drehen ist.

Ein spezifischer Erdwiderstand von 1500 Ωm führt nach der Auswertung gemäß DIN V EN V 61024-1 (VDE V 0185 Teil 100) dazu, dass die bauliche Anlage mit der Blitzschutzklasse I oder II bei der Erdungsanlage vom Typ A mindestens 34 m für BSK I oder

19 m für BSK II haben soll. Die Mindestlänge nach Bild 2 der Norm ist nicht erforderlich, wenn ein Erdungswiderstand von weniger als 10Ω vorliegt.

Wenn eine Erdungsanlage vom Typ B, z. B. Ring- oder Fundamenterder, einen mittleren Radius r aufweist, welcher geringer ist als die ermittelte l_1 für die entsprechende Blitzschutzklasse, dann muss an allen Ableitungsstellen ein Strahler- oder Vertikalerder hinzugefügt werden. Die hinzu zu fügende Länge ergibt sich für den Strahlererder aus der Differenz zwischen r und l_1 , für den Vertikalerder die Hälfte.

Das Messergebnis zum spezifischen Erdwiderstand macht eine Aussage darüber, ob die normgerechte Erdungsanlage ausreichend dimensioniert ist. Bei der Beurteilung der vertikalen Erder ist noch der von den Erdschichten abhängige spezifische Erdwiderstand zu beachten (Bild 4).

Messung ohne Hilfserder

Der Vorteil der Messungen ohne Hilfserder ist die enorme Zeitersparnis, weil die Trennstellen geschlossen bleiben können. Tauchen bei den Messungen aber höhere Widerstandswerte auf, sind die Messwerte mit anderen Bezugspunkten zu vergleichen, weil nicht ersichtlich ist, in welchem Bereich der erhöhte Widerstand entsteht. Der Widerstand beschreibt zudem eine Erdungsschleife, nicht einen Erdungswiderstand. Besteht die Erdung z. B. für einen PE- oder PEN-Leiter, bilden diese wahrscheinlich die Erdung. Liegt der Wert z. B. bei einer Messstelle von Blitzschutzanlagen bei 25Ω , kann er sich aufteilen auf 20Ω für den Einzelerder und 5Ω für die Ableitung oder umgekehrt.

Der Vorteil der spießlosen Messung macht sich bei Anlagen bemerkbar, bei denen die Erdungsanlage angeklemt bleiben muss, z. B. bei Transformatoren oder auch bei unzugänglichen Messpunkten.

Ein Einsatzbeispiel dieses Messverfahrens stellt die Kontrolle der Messstellen auf einem Dach dar. Trotz des zu erwartenden guten Widerstandes der Austrittsfahnen aus dem Stahlbeton ist eine andere Bezugserde zu benutzen, weil auch die Fahne aus Stahlbeton durchgerostet sein kann.

(Fortsetzung folgt)

de-Buchtipps

Vojtech Kopecky
EMV, Blitz- und Überspannungsschutz von A bis Z
 Sicher planen, prüfen und errichten
 2001, 264 Seiten, mit CD-ROM, 39,80 €
 ISBN 3-8101-0148-6



Planer, Errichter und Prüfer tragen das Haftungsrisiko für den störungsfreien Betrieb der Elektroanlagen und haben es dabei mit einigen Vorschriften und Gesetzen zu tun. Der Fachmann findet in diesem Buch rasch alle praktisch relevanten Forderungen, die erfüllt sein müssen, um Störungen zu vermeiden bzw. auf ein unbedenkliches Maß zu reduzieren.

Weitere Infos und Bestellungen beim
 Hüthig & Pflaum Verlag
 Tel. (062 21) 489-384

Fax (062 21) 489-443
 E-Mail: de-buchservice@online-de.de