

Martin Schauer

Mythos »Erdung« in Niederspannungsanlagen

Manche falsche Fachauffassung verschwindet durch Gegenbeweis rasch von selbst, eine andere Fachmeinung übersteht Jahrzehnte, auch wenn diese sich als Irrtum entpuppt hat. Bei der Forderung nach Erdung in Gebäuden in Niederspannungssystemen scheint uns ein alter Mythos auf ewig erhalten zu bleiben. Schon den Zeitgenossen der frühen Jahre der Elektrifizierung war die Erdung ein »Heilmittel«. So geschah es in 1879 beim wohl ersten dokumentierten Stromunfall, dass der Verunfallte eilig ins Freie geschleppt wurde, um ihn erfolgreich durch Einstecken der Hände in die Erde vom schädigenden Strom zu befreien [1].

Was erwarten wir heute von der Erdung?

Im Folgenden werden neben einem geschichtlichen Rückblick einzelne Regelwerke unter physikalischen Gesichtspunkten unter die Lupe genommen.

Schutzerdung (TT-System)

Die erste elektrotechnische Schutzmaßnahme um 1900 war die Schutzerdung. Dabei wurde am Transformator des Netzbetreibers (NB) ein Leiter, meist der Sternpunkt, mit dem Erdreich verbunden. Jeweils an den Gebäuden der Anschlussnehmer (AN) wurden weitere Erder installiert, mit denen die Körper der Betriebsmittel (metallische Gehäuse der Geräte) verbunden waren. Bei einem sogenannten Fehler durch Körperschluss, einer unerwünschten Verbindung zwischen einem Phasenleiter mit dem Gehäuse, kam ein Fehlerstrom zum Fließen, welchem sich folgende elektrische Widerstände »entgegenstellten« (Fehlerschleife): Erdungswiderstand R_A (Anlagenerder) an der Gebäudeanlage, Erdungswiderstand R_B (Betriebserder) am Transformator des Netzbetreibers, Widerstand des Außenleiters bis hin zum Körperschluss sowie der Erdungsleiter/Schutzleiter bis zum Anlagenerder, s. Abbildung 1.

Die Reihenschaltung von zwei Erdungsanlagen hatte einen hohen elektrischen Widerstand der »Fehlerschleife«, einen nur geringen Fehlerstrom und eine lange Zeitdauer bis zum Auslösen der Schmelzsicherung zur Folge. Damit lag eine erhöhte Gefährdung bei Berühren des fehlerhaften Gerätes vor, denn diese hängt nicht nur von der Höhe des durch den menschlichen Körper fließenden Stromes ab, sondern insbesondere auch von der

Zeitdauer. Besonders im Sommer bei Trockenheit und im Winter bei Dauerfrost war es beinahe unmöglich, mit der Maßnahme Schutzerdung einen akzeptablen Fehlerschutz zu realisieren. Nachteilig war auch die sehr hohe Fehlerspannung, welche bei der Schutzerdung in der Praxis über 200 V betragen konnte.

Der Baurat Friedrich Richard Ulbricht machte zur Erdung bereits in 1894 darauf aufmerksam, dass »ihr Schutzwert leicht ungenügend sein könnte und die Erdung dann ein falsches Gefühl der Sicherheit hervorriefe«. [2]

Erste Angaben zu den Erdungswiderständen wurden in 1924 und schließlich in 1932 in der Definition der Schutzerdung in den VDE-Leitsätzen 0140 festgelegt [3]. Heute wird diese Netzform als TT-System bezeichnet (im Weiteren wird nicht darauf eingegangen, dass der Begriff »Schutzerdung« neu definiert wurde).

Beim TT-System muss der Fehlerstrom über Erdungsanlagen mit großen Widerständen fließen.

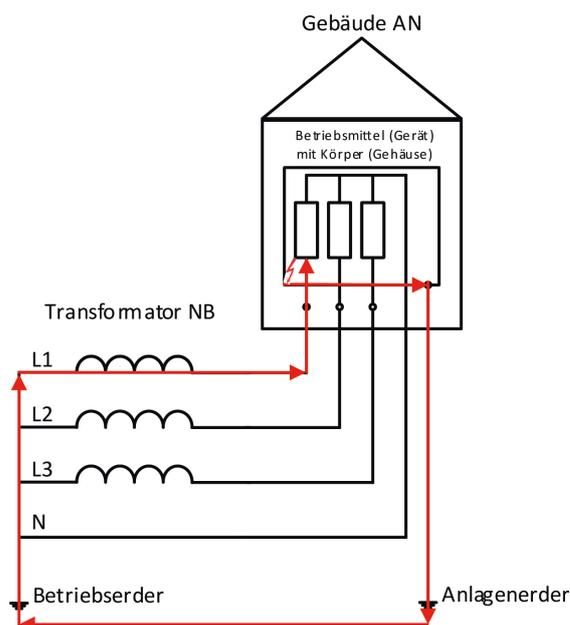


Abb. 1: Fehlerstrom bei der Schutzerdung. Der Fehlerstrom fließt über den Anlagenerder und über den Betriebserder

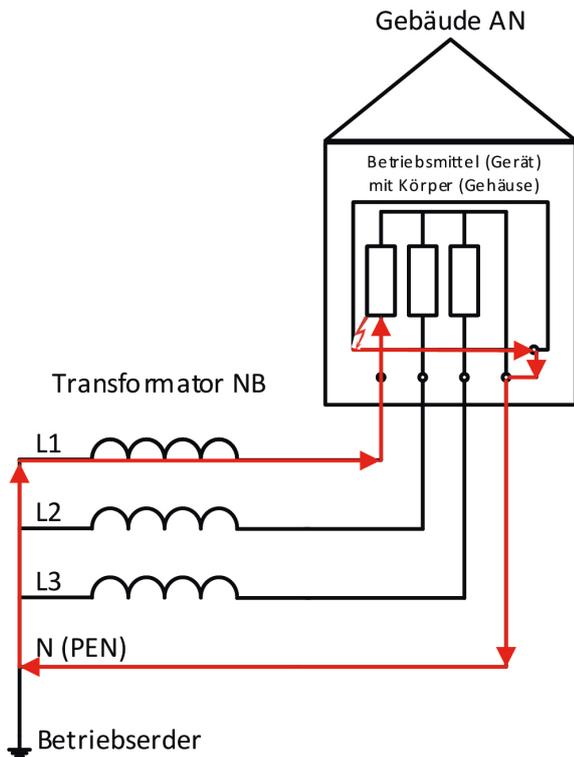


Abb. 2: Fehlerstrom bei der Netzform Nullung; eine Erdungsanlage ist in der Fehlerschleife nicht beteiligt

Nullung (TN-System)

Bereits 1913 wurden erste Überlegungen seitens der AEG¹ angestoßen, metallische Objekte (z.B. Wasserleitung, Bleimantel von Kabel) zur Fortleitung des Fehlerstromes heranzuziehen; diese Schutzmaßnahme wurde »Nullung« genannt. Bereits 1930 wird die »besondere Nullungsleitung« definiert (heute »PEN«-Leiter), welcher den Fehlerstrom zur Stromquelle führte, s. Abbildung 2. Aus dem Jahr 1953 liegen veröffentlichte Entschlüsse vor, welche die Aufteilung des Nullleiters in einen Schutzleiter und einen Mittelleiter vorsahen.

Im TN-System fließt der Fehlerstrom stets über elektrische Leiter mit niedrigen Widerständen.

Die Fehlerschleife bestand nun aus elektrischen Leitern mit sehr niedrigen Widerständen. Erder waren im Fehlerstromkreis nicht mehr vorhanden. Bei einem Körperschluss floss sprunghaft ein hoher Fehlerstrom = Kurzschlussstrom, der die vorgeschaltete Sicherung in kurzer Zeit unterbrach – ein sehr effektiver Fehler-schutz! Vorteilhaft bei der Nullung war auch, dass die Fehler-spannung in der Regel nur ca. 115 V betrug.

Mit Einführung der Nullung, heute TN-System genannt, wurden viele Gebäude noch über Freileitungen mit nicht isolierten Blankdrähten versorgt. Bei einem Leiterabriss gab es Fehlerkonstellationen, welche eine gefährliche Berührungsspannung zur Folge hatten. Zu diesem Zeitpunkt war in den Gebäuden kaum ein Potentialausgleich vorhanden. Daher wurde zunächst in einzelnen Ortsnetzen der PEN-Leiter an möglichst vielen Stellen mit Erden verbunden, in der Hoffnung, die Berührungsspannung

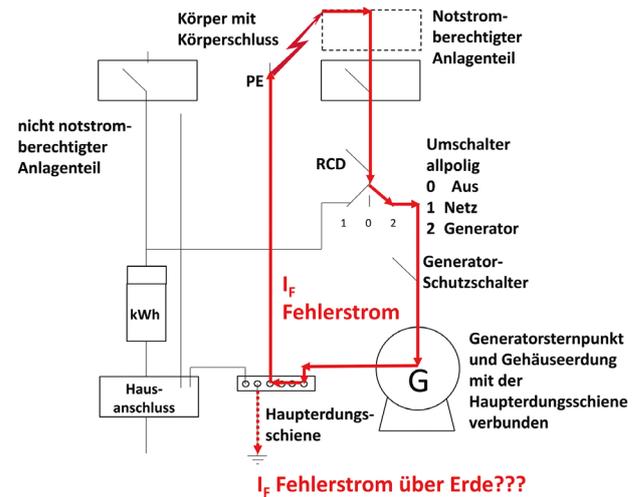


Abb. 3: Skizzenhafte Darstellung zum Bild F.1/E-VDE-AR-N 4100:2017-05

würde sich im Fehlerfall erheblich absenken. Fachleute resümierten jedoch schon in den Fünfzigerjahren, dass sich zwar im Betriebsfall das Potential des PEN-Leiters dem Erdpotential näherte, jedoch nicht im Fehlerfall! Die Berührungsspannung wurde von den zusätzlichen Erdungsmaßnahmen kaum beeinflusst. Diese Erder wurden daher süffisant »Dekorationserder« genannt, sie dienten nicht dem Zweck, sondern nur dem Schein [4]. In der aktuellen Fachliteratur der VDE-Schriftenreihe wird durch beispielhafte Berechnung nachgewiesen, dass sich die Berührungsspannung durch zusätzliche Erder nur unwesentlich ändert [5] u. [6].

Das Erden des PEN-Leiters an Gebäuden verringert die Berührungsspannung im Fehlerfall nur unwesentlich!

Offener Fehlerstromkreis in der E-VDE-AR 4100

Im Entwurf der VDE-AR-N 4100:2017-06 sehen die Normensetzer für den Betreiber der Elektroanlage die Investition einer Erdungsanlage vor, welche jedoch niemals für den Fehlerschutz benötigt wird [7]. In den Anschlussbeispielen der Bilder F.1 bis F.6 ist für den notstromberechtigten Anlagenteil das TN-S-System und eine Haupterdungsschiene mit jeweils einer Erdungsanlage eingezeichnet, welche gemäß den Erläuterungen so gestaltet ist, »dass im Fehlerfall die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) entsprechend der Erdungsbedingung $R_A \leq U_L / I_{AN}$ auslösen kann«. Die Errichtung dieser Erdungsanlage wird sich als Fehlinvestition darstellen, da bei einem Körperschluss der Fehlerstrom die »Insel«-Erdungsanlage nie erreichen wird, sondern nur über Schutz- und Potentialausgleichsleiter fließen kann, s. Abbildung 3.

Nicht geschlossene Fehlerstromkreise über das Erdreich können keinen Fehlerstrom führen!

EMV-Störungen durch Streuströme im TN-System

In der aktuellen Norm DIN VDE 0100-410 wird empfohlen, PEN-Leiter an der Eintrittsstelle in Gebäude zu erden, wobei über Erde zurückfließende (vagabundierende) Neutrallerleiterströme von mehrfach geerdeten PEN-Leitern berücksichtigt werden sollten [8]. Dem Autor konnte bislang niemand – auch Fachleute

1 AEG, 1883 Deutsche Edison Gesellschaft, später Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft

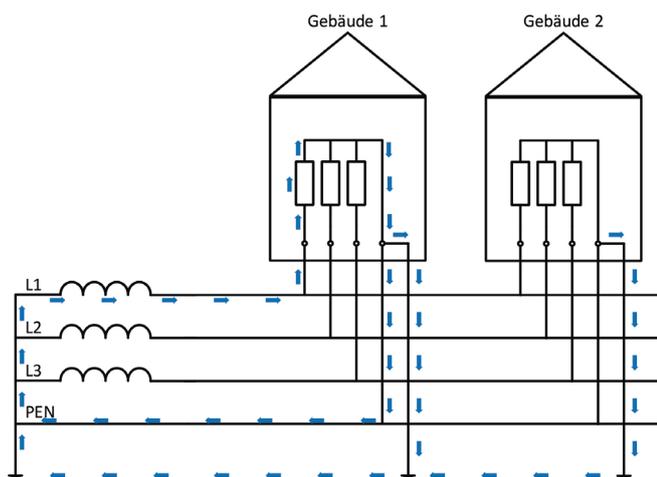


Abb. 4: Streuströme im TN-System (Nullung); durch zusätzliches Erden des PEN-Leiters werden Streuströme »provoziert«, welche zu Störungen in Tonstudios sowie Arztpraxen mit EKG, EEG u. EMG führen

der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) nicht – erklären, was konkret zu tun sei, wenn ein störender Streustrom durch diese Erdungsmaßnahme verursacht wird. Es kann nur vermutet werden, dass die Erdungsmaßnahme dann zu unterbleiben hat, wie in einem Fall mit einem Tonstudio, welches durch die Erdungsmaßnahme am PEN-Leiter so gestört war, dass Tonaufnahmen mit elektrischen Tonabnehmern an Gitarren nicht möglich waren. Erhebliche magnetische Wechselfelder streuten in die Tonabnehmer ein. Erst nach Abklemmen der Erdungsanlage war der ungestörte Betrieb möglich. Die involvierte Bundesnetzagentur schloss sich den Empfehlungen des Unterzeichners an, den Erdungsleiter abzuklemmen, unter der Voraussetzung, dass die Schutzmaßnahmen gegen den elektrischen Schlag davon unbeeinflusst sind, was im TN-System der Fall ist, wie oben gezeigt wurde.

Vergleichbare Störungen entstehen auch in Arztpraxen, die Diagnoseverfahren wie EKG (Elektrokardiografie), EEG (Elektroenzephalografie), und EMG (Elektromyografie) anwenden. Die in der DIN VDE 0100-710 [9] aufgeführten Grenzwerte für EKG mit 0,4 Mikrottesla [μT], 0,2 μT bei EEG und 0,1 μT bei EMG sind in Nähe der Erdungsanlagen, Potentialausgleichsleiter und Gebäudeeinführungskabel oft nicht einzuhalten.

Streuströme auf Erdungs- und Potentialausgleichsleiter sind aus der Sicht der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) sogenannte Einleiterströme mit negativem »Abstandsverhalten«. Da sich die dazugehörigen »Rückstrom«-führenden Leiter in theoretisch unendlicher Entfernung befinden, kommt es nicht zu Kompensationseffekten, wie sie bei Zweileiter bzw. verdrehten Leiteranordnungen zu finden sind [10].

Nun kommt es zwischen dem Installateur und dem Bezahler der Erdungsanlage zum Eklat, wenn der Fundamenterder, der konsequent und kostenintensiv gemäß der DIN 18014 errichtet wurde, abgeklemmt und unschädlich gemacht werden muss, damit die medizinischen Diagnosegeräte im Gebäude in Betrieb genommen werden können.

Zusätzliche Erdungen des PEN-Leiters in Gebäuden führen zu Störungen durch Streuströme!

Wie die Normensetzer der DIN 18014 darauf kommen, dass eine Erdungsanlage den Maßnahmen Funktionspotentialausgleich

bzw. Funktionserdung entsprechend den »EMV-Anforderungen« dienen kann, ist technisch nicht begründbar. Die o. a. Beispiele zeigen, dass eine normativ erstellte Erdungsanlage die elektromagnetische Verträglichkeit prinzipiell negativ beeinflusst. Was sich in den 1950er Jahren als »Dekorationserder« entpuppt hatte, muss heute als EMV-Störquelle angesehen werden.

Dazu passt ein Zitat: Prof. Dr.-Ing. H. J. Gerhardt², selbst Mitglied in europäischen Normenausschüssen, hatte einst erklärt: »Normenausschüsse sind die einzigen Gremien, welche durch Mehrheitsbeschluss die Gesetze der Physik außer Kraft setzen können.«

Verwirrungen in aktueller Norm

In der neuen DIN VDE 0100-410:2018-10 [8] wird nun ebenfalls – im Gegensatz zur DIN VDE 0100-540 [11] jedoch hier nur für das TN-System – ein Fundamenterder gemäß der DIN 18014 gefordert. Bei TT- und IT-Systemen, bei denen explizit eine Erdungsmaßnahme notwendig wäre, besteht diese Forderung überraschender Weise nicht. Im TN-System ist jedoch jeder Gebäudeerder ein Betriebserder und bedient damit jene Forderungen, welche der Netzbetreiber gemäß gleicher Norm zu erfüllen hat (Einhaltung der »Spannungswaage« im Ortsnetz der Netzbetreiber für Fehler außerhalb von Gebäuden). Die Normensetzer belasten über diese nur für Deutschland geltende Texteingfügung einseitig den Anschlussnutzer bzw. Letztverbraucher von elektrischen Netzen.

In [12] dürfte es dem Autor der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) endgültig gelungen sein, die Wirkungsweise der Netzsysteme auf den Kopf zu stellen:

»Bedeutung des Fundamenterders

Die Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag nach DIN VDE 0100-410 bauen auf einer niederohmigen Verbindung des PEN-Leiters zum Erdreich auf. Die Erdungswiderstände sind Teil der Fehlerschleife und stellen die Basis für die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme »automatische Abschaltung im Fehlerfall in TN-Systemen« dar.«

Wie bereits erläutert, »profitiert« beim TN-System die automatische Abschaltung im Fehlerfall von einer Fehlerschleife, welche nur aus metallischen und elektrischen Leitern mit sehr geringen elektrischen Widerständen besteht. Wird nun gemäß der aktuellen DIN VDE 0100-410 eine Erdungsanlage parallel zum PEN-Leiter geschaltet, kommt es in der Regel zu einer Aufteilung des Fehlerstroms mit überschlägig 99 % im PEN-Leiter und 1 % über die Erdungsanlage. Wie nun eine Erdungsanlage, welche nur 1 % des Fehlerstromes aufnimmt »die Basis für die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme »automatische Abschaltung im Fehlerfall in TN-Systemen« darstellen soll, wird den Lesern vom Autor des Artikels, insbesondere dem Elektrohandwerk, nicht näher erläutert.

Schutz durch Erdpotential?

Die ursprüngliche Forderung des Einbeziehens leitfähiger Bade- und Duschwannen in den Potentialausgleich bzw. in die Erdungsmaßnahme wurde in 2002 ohne große Fachdiskussion aus der Norm (DIN VDE 0100-701[13]) gestrichen. Dies erscheint logisch, denn bei vielen Unfallkonstellationen war diese Maßnahme im Hinblick auf die Körperdurchströmung eher fragwür-

² Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Gerhardt, ehemaliger langjähriger Leiter des I.F.I. Instituts für Industrieaerodynamik GmbH, Institut an der Fachhochschule Aachen

dig. Immer, wenn ein Risiko z. B. durch einen nassen Haartrockner (Fön) hervorgerufen wird – ob in der Hand eines Menschen, oder in der Badewanne eingetaucht – kommt es dann zu einer gefährlichen Durchströmung des Menschen, wenn Erdpotential im Umfeld berührbar ist. Zu lebensgefährlichen Situationen kommt es, wenn z. B. der Standort des Menschen außerhalb der Badewanne Erdpotential führt oder Badewanne bzw. Armaturen mit dem Erdpotential verbunden sind oder mit Erdpotential verbundene Objekte (z. B. Haltegriff, Elektroboiler, Waschmaschine, Trockner usw.) berührt werden. Das vollflächige Verbinden der Stahlbetonbewehrung im Fußboden mit der Haupterdungsschiene kann so zu gefährlichen Berührungsspannungen führen, wenn ein nasser Haartrockner in der Hand gehalten wird. Wäre das Badezimmer ein isolierter Raum und ohne Objekte, die mit dem Schutzleiter bzw. Potentialausgleichssystem verbundenen sind, könnte trotz durchnässtem Haartrockner keine relevante Berührungsspannung entstehen [14]. In der DIN 18014:2014-03 [15] werden Maßnahmen aufgeführt, denen eine Erdungsanlage für ein Gebäude dient, diese sind u. a.:

- »Schutz gegen den elektrischen Schlag,
- zur Unterstützung der Wirkung des Schutzpotentialausgleichs,
- zur Unterstützung der Wirkung eines Funktionspotentialausgleichs,
- zur Potentialsteuerung für das Gebäude,
- zur Erdung des Blitzschutzsystems«.

Prinzipiell können überall im Gebäude gefährliche Berührungsspannungen entstehen, wenn fehlerhafte Betriebsmittel in der Hand gehalten werden und sich berührbare Objekte mit Erdpotential in erreichbarer Nähe befinden (Abbildung 5). Fehler-schutz heißt jedoch auch, die beim Fehler auftretende Berührungsspannung auf ungefährliche Werte zu reduzieren! Wurde dies vom Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN bei der Formulierung der DIN 18014 berücksichtigt?

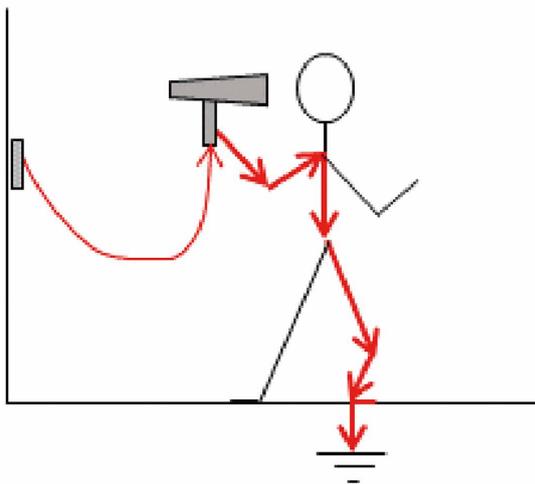


Abb. 5: Person mit feuchtem Fön in der Hand. Der Fußboden führt Erdpotential – es kommt zur Durchströmung der Person

Es sei noch einmal auf die VDE-Schriftenreihe 35 hingewiesen; hier werden Berechnungen zur Verringerung der Berührungsspannung durch den **Schutzpotentialausgleich** durchgeführt, welche sehr effektiv ist [6]. Die zusätzliche **Erdung** des PEN-Leiters bewirkt dagegen keine nennenswerte Minimierung der Berührungsspannung!

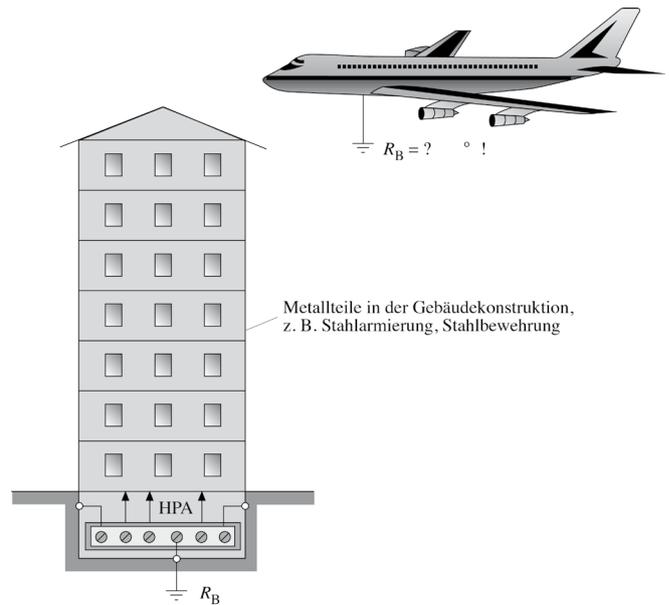


Abb. 6: Wirksamkeit von Erdungsmaßnahmen im Hochhaus und im Flugzeug [18]

Abbildung 6 aus der VDE-Schriftenreihe 39 zeigt, dass die Wirksamkeit der Erdungsmaßnahme im Hochhaus begrenzt ist [16]. Der Schutzpotentialausgleich (früher Hauptpotentialausgleich HPA genannt) minimiert eine mögliche Berührungsspannung!

Im Flugzeug können umfangreichste Elektroanlagen ohne jegliche Erdung auf sichere Art und Weise betrieben werden. Kinder lernen im Physikunterricht, dass Vögel sich auf blanken Freileitungen ohne Gefahr setzen können, wenn das Erdpotential dabei nicht berührt wird.

Im Oktober 1992 wurde vom Komitee 221 »Errichten von Starkstromanlagen bis 1000 V« der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zur Einführung der Normen der Reihe DIN VDE 0100 (Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V) in den neuen Bundesländern und im Ostteil Berlins (Beitrittsgebiet) eine »Übergangsvorschrift« bekannt gegeben [17]. Diese betraf Hausinstallationen in Räumen mit isolierendem Fußboden, in denen sich ursprünglich keine zufällig berührbaren, **mit Erde in Verbindung stehenden Einrichtungen** befanden, die jedoch in der Vergangenheit durch nachträglichen Einbau von **zufällig berührbaren, mit Erde in Verbindung stehenden Einrichtungen**, wie Wasser-, Gas- oder Heizungsanlagen, ihre frühere isolierende Beschaffenheit verloren haben. Diese mussten unverzüglich mit einem Schutz bei indirektem Berühren nachgerüstet werden, wobei als vorübergehende provisorische Verbesserung des Schutzes der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen sogar im Zweileitersystem ohne Verlegung eines Schutzleiters zur Erfüllung der Anpassungsforderung zugelassen wurde. Auch hier zeigt sich, dass die Anwesenheit von Erdpotential eine besondere Maßnahme notwendig machte!

In Deutschland wird gemäß der DIN VDE 0100-540 [11] für alle neu zu errichtenden Gebäude ein Fundamenterder gemäß DIN 18014 gefordert. Warum eigentlich? Schließlich sind Millionen von Bestandsanlagen ohne Erdungsanlage in Betrieb. Würden hier ernsthafte Sicherheitsbedenken bestehen, müsste unverzüglich eine weitere Entscheidung bzw. Anpassungsvorschrift herausgegeben werden. Interessant wäre es an dieser Stelle wissenschaftlich zu untersuchen, ob durch die exzessive Forderung nach Erdungsanlagen mehr Stromtote zu beklagen sind als ohne.

Die Schutzerdung ist tot – es lebe das TT-System?

Während weltweit die meisten Energieversorger auf das TN-System setzen [16], fordern noch heute Netzbetreiber für ca. 15 % aller Gebäude in Deutschland den Anschluss »wie bei der Schutzerdung«. Wie bereits dargestellt, muss bei der Schutzerdung (= TT-System) der Fehlerstrom über zwei Erdungsanlagen geführt werden, obwohl elektrische Leiter im gesamten Netz verfügbar wären, die eine Milliarde bis eine Billion mal besser leitfähig sind als das Erdreich. Als besonders rückwärtsgewandt muss die Entscheidung angesehen werden, dem Bundesland Thüringen nach dem Beitritt zur Bundesrepublik Deutschland, das TT-System aufzuerlegen, obwohl flächendeckend bereits das TN-System eingeführt war [18]. Prof. Biegelmeier, einer der großen Wegbereiter im Hinblick auf den Fehlerschutz in elektrischen Anlagen, ließ sich dabei in einem Leserbrief zu folgender Aussage hinreisen: »Die Idee, im Versorgungsbereich eines EVU's vom TN-System auf das TT-System umzustellen, mutet daher anachronistisch an. Als staatlich befugter und beedeter Ingenieurkonsulent für Elektrotechnik würde ich eine derartige Umstellung als fahrlässige Gemeingefährdung bezeichnen« [19]. Der Fachautor Autor E. Hering sah dies so: »Möglicherweise ist die Sache eine Angelegenheit für das Bundesverfassungsgericht« [20]. Insbesondere bei leistungsfähigen Betriebsmitteln ist beim Anschluss an das TT-System ein wesentlich höherer Investitionsaufwand gegeben, da der Fehlerschutz grundsätzlich nicht mit Sicherungen zu realisieren ist und daher kostenintensive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen installiert werden müssen. Die willkürliche Ausweisung von solchen TT-Systemen durch die Netzbetreiber wird dabei in wirtschaftlicher Hinsicht zur Standortfrage. Es wäre daher zu hinterfragen, ob solche willkürlichen Festlegungen im Sinne des Energiewirtschaftsgesetzes § 17 u. § 19 zulässig sind. Denn Netzbetreiber haben Verbraucheranlagen zu technischen und wirtschaftlichen Bedingungen an ihr Netz anzuschließen, die angemessen, diskriminierungsfrei, transparent und nicht ungünstiger sind, als sie von den Betreibern der Energieversorgungsnetze in vergleichbaren Fällen für Leistungen innerhalb ihres Unternehmens oder gegenüber verbundenen oder assoziierten Unternehmen angewendet werden. Dabei müssen die technischen Mindestanforderungen sachlich gerechtfertigt und nicht diskriminierend sein.

Es ist ebenso zweifelhaft, ob solche Forderungen im Hinblick auf die Technischen Anschlussbedingungen TAB 2007 für den Anschluss an das Niederspannungsnetz Stand: Juli 2007 (Bundesmusterwortlaut [21]) zulässig sind. Im § 12, heißt es: »Der Netzbetreiber erteilt Auskunft über das vorhandene Netz«. Da die Netzbetreiber jedoch in diesen Netzen den N-Leiter an zusätzlichen Punkten erden, zum Beispiel an Straßenverteilern, liegt eigentlich ein TN-System mit einem PEN-Leiter vor. Diese Praxis wird im Artikel **Netzsystem TT versus TN 08/2010** der »de« vom Dipl.-Ing. Hartmut Zander, BDEW, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft stark kritisiert: »Echte TT-Systeme wird es m.E. in Deutschland kaum geben. Denkbar wären solche Systeme zur Versorgung abgelegener einzelner elektrischer Verbraucheranlagen, z. B. einzelne Gehöfte, die über eine gewisse Entfernung mit einer Freileitung direkt aus einem sogenannten »Masttransformator« versorgt werden. Doch selbst in einem solchen System ist der Neutraleiter nicht nur am Sternpunkt des Transformators geerdet, sondern häufig auch noch einmal am letzten Mast vor Eintritt in das zu versorgende Gebäude. Damit handelt es sich hier eben auch nicht um ein TT-System, sondern um ein TN-System«. Weiter im Artikel: »Falsch dagegen ist es, davon zu sprechen, dass

eine elektrische Verbraucheranlage, die aus einem Verteilungsnetz (TN-System) mit kombiniertem Neutral- und Schutzleiter versorgt wird, ab dem Übergabepunkt (HAK) im TT-System ausgeführt werden soll. Der Begriff »System nach Art der Erdverbindung« erlaubt solche Anlagen nicht. Entweder es wird ein TN-System angewendet oder es kommt ein TT-System zu Einsatz. ...« [22].

Im Prinzip geben solche Netzbetreiber eine fehlerhafte Auskunft an die Errichter von Elektroanlagen weiter; die wiederum wenden dann einen Fehlerschutz an, der nicht nur aufwändiger, sondern im Hinblick auf den Schutz gegen den elektrischen Schlag auch zweifelhaft ist. Nur im TN-System ist beim Fehlerschutz eine Kombination/Reihenschaltung aus Leitungsschutzschalter und Fehlerstrom-Schutzeinrichtung möglich. Im TT-System besteht die Gefahr, dass bei einem Funktionsausfall einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung der Leitungsschutzschalter bei einem Körperschluss nicht auslöst und auf dem gesamten Schutz- und Potentialausgleichssystem eine gefährliche Berührungsspannung ansteht. Im TN-System ist der Körperschluss dem Kurzschluss gleichzusetzen, da der Fehlerstrom nicht über Erdungsanlagen fließen muss. Die negative Fehlerkonstellation im TT-System war Grund für das Land Österreich, in 1998 die sogenannte Nullungsverordnung mit einer Übergangsfrist von 10 Jahren zu beschließen [23]. Für Deutschland wäre dies längst überfällig, denn es muss damit gerechnet werden, dass durch nicht regelmäßiges Betätigen der Testtaste gemäß den Herstellerangaben, viele Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen nicht funktionieren! In nahezu allen Niederspannungs-Ortsnetzen wäre eine Umstellung vom TT auf das TN-System ohne Weiteres möglich. Es müsste lediglich am Hausanschlusskasten ein Schutzleiter den PEN-Leiter des Ortsnetzes mit der Hauptpotentialausgleichsschiene (heute fälschlicherweise Haupterdungsschiene genannt) verbinden.

Sofern eine Erdungsanlage zur Stützung des Betriebserders errichtet werden sollte, könnte eine technologieoffene und günstige Lösung, wie sie beispielsweise derzeit in Österreich mit der ÖNORM E 8001-1/A4:2009-04-01 geregelt ist, neben Fundamenterden angewandt werden [24]:

- Horizontalerder von mindestens 10 Meter Länge aus feuerverzinktem Stahl oder
- Vertikalerder von mindestens 4,5 Meter Länge aus feuerverzinktem Stahl oder
- gleichwertige Erderkombination.

Diese Alternativen berücksichtigen:

- das besondere Interesse des Anschlussnutzers nach einer kostengünstigen Lösung gemäß Energiewirtschaftsgesetz,
- die Interessen der Bauwirtschaft nach organisatorischen Vereinfachungen im Bauablauf, da Fundamenterden nach DIN 18014 nur von Elektrofachkräften zu errichten sind, technologieoffene Lösungen können jederzeit nachgerüstet werden,
- dass, mit den o. a. Abmessungen keine zu niedrigen Erdungswiderstände zu erwarten sind, welche im TN-System (85 % aller Gebäude) zu EMV-Störungen führen können,
- Erfahrungen des Landes Österreich im Rahmen der Nullungsverordnung von 1998, bei der innerhalb von 10 Jahren alle Niederspannungs-Ortsnetze auf das TN-System umgestellt wurden und in dessen Rahmen bei Bestandsgebäuden o. a. Alternativ-Erdungsmethoden angewandt wurden,
- die Stellungnahme der DKE im Ergebnisbericht vom 11.09.2018 zur Sitzung des Arbeitskreises 221.1.8 am 26.02.2018 zu den Forderungen aus der DIN 18014: »Generell gilt: Von der Forderung kann abgewichen werden, wenn

eine andere Lösung in gleicher Weise das vorgesehene Schutzziel erreicht und auf Basis einer Risikobeurteilung ein anderer mindestens gleichwertiger Schutz sichergestellt wird«,

- den Umstand, dass es an Umspannstationen/Transformatoren üblich ist, Oberflächen- bzw. Tiefenerder zu errichten und sich diese Erdungstechniken besonders an elektrischen Betriebsstätten mit zentralen Schutzfunktionen über Jahrzehnte bewährt haben.

Laut DIN VDE 0151:1986-06 [25] ist feuerverzinkter Stahl in fast allen Bodenarten sehr beständig. Auf kostenintensive V4A-Stähle wie sie in der DIN 18014 gefordert werden, kann weitestgehend verzichtet werden. Nur beim Zusammenschluss von verzinkten Stählen, die in Erde und in Beton liegen, können Korrosionselemente entstehen.

Bei Blitzschutzanlagen, welche auf relativ wenigen Gebäuden vorhanden sind, müssen in der Regel aufwändigere Erdungsanlagen errichtet werden. Hierbei muss jedoch einkalkuliert werden, dass bei Anschluss der elektrischen Gebäudeanlage an das öffentliche TN-C-System Streuströme sensible elektrische Betriebsmittel stören können.



Abb. 7: Aufwändiger Fundamenterder: Funktionspotentialausgleich mit Bandstahl in der Bodenplatte mit V4A-Edelstahl Verbindungsteil für den äußeren erdfühiligen Ringerder

Zusammenfassung

Den Begriff »Erdung« missverstehen heute noch viele Fachleute als immer positive Maßnahme im Hinblick auf den Fehlerschutz sowie der elektromagnetischen Verträglichkeit. Sicherlich sind in Hoch- und Mittelspannungsanlagen Erdungsmaßnahmen unverzichtbar, will man gefährliche Berührungsspannungen (Schrittspannungen) im Fehlerfall minimieren. In Gebäudeanlagen, welche an das Niederspannungsnetz angeschlossen sind, kann auf kostenintensive Erdungsmaßnahmen weitestgehend verzichtet werden.

Die Forderung nach Erdungsanlagen gemäß DIN 18014 für alle neuen Gebäude in Deutschland muss als Ressourcenverschwendung und Aufbürdung unnötiger, erheblicher Kosten für die Anschlussnehmer gesehen werden [26], [27], [28]. Hier besteht ein sich lohnendes Betätigungsfeld für die Gemeinsame Wohnraumoffensive von Bund, Ländern und Kommunen im Bundeskanzleramt, welche u. a. als Resümee zog: »Standards und Normen können ebenso wie gesetzliche Regelungen im Baubereich zu Kostenfolgen führen. Diese Entwicklung brechen wir auf« [29].

In bestimmten Fehlerfällen erhöht die Anwesenheit von Erdpotential die Berührungsspannung sowie das Unfallrisiko erheblich. Medizinische Einrichtungen sowie andere sensitive Betriebsmittel können durch Streuströme von Erdungsanlagen gestört werden.

Die Forderung einiger Netzbetreiber noch heute Gebäude wie vor über 100 Jahren und der ehemaligen Schutzerdung anzuschließen, wirkt verantwortungslos im Hinblick auf den Personenschutz und am Interesse einer günstigen Installationslösung für die Anschlussnehmer vorbei, wie es in der NAV [30] vorgesehen ist. In den meisten Fällen muss zur Umwandlung von TT- in ein TN-System in den Gebäuden nur eine Drahtbrücke vom Hausanschlusskasten zur Haupterdungsschiene eingelegt werden. Eine sehr kostengünstige und effektive Maßnahme!

Es ist kaum zu glauben, dass in einem hochentwickelten Land an einem Urglauben weiter festgehalten wird, obwohl die physikalischen Gesetzmäßigkeiten eindeutig sind. Es belastet das Rechtsempfinden vieler Menschen, wenn sie für kostenempfindliche Erdungsmaßnahmen tief in die Tasche greifen müssen, nur weil überengagierte interessierte Kreise auf die Normensetzer einwirken. Schließlich müssen Gerichte auf die fachlichen Beurteilungen von öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen vertrauen können. Wenn diese jedoch vereinzelt als Sprachrohr der Normensetzer bzw. der Produkthersteller auftreten und kritiklos solche Regelwerke zur Beurteilung heranziehen bzw. nicht in der Lage sind, einfachste technische Gegebenheiten zu analysieren und den Gerichten zu erläutern, dann wird uns der alte Mythos Erdung noch lange erhalten bleiben.

Der größte Teil unserer Gebäude in Deutschland, insbesondere der Bestandsgebäude aus den Jahren vor 1970, garantiert Schutz vor dem elektrischen Schlag auch ohne Erdungsanlagen, andernfalls müsste eine Anpassungsvorschrift etwaige Gefahren entgegenstehen. Diese gibt es aber nicht, weil entsprechende Gefahren gar nicht bestehen. Insofern reicht der gesunde Menschenverstand aus, das Dilemma zu analysieren.

Literatur

- [1] Hennig, W.: VDE-Prüfung nach BetrSichV, TRBS und DGUV-Vorschrift 3 (BGV A3), VDE-Verlag GmbH Berlin/Offenbach: 11. Auflage 2015
- [2] Rudolph, W.: Einführung in die DIN VDE 0100. 2. Aufl. VDE-Schriftenreihe 39. Berlin/Offenbach: VDE Verlag, 1999, S. 305
- [3] Müller, R.: Handbuch der Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung in Niederspannungsanlagen; Berlin: VEB Verlag Technik 1970
- [4] Schrank, W.: Schutz gegen Berührungsspannungen; zweite Auflage, Berlin – Göttingen – Heidelberg: Springer-Verlag-OHG, 1952
- [5] Kiefer, G. u. Schmolke, H.: VDE 0100 und die Praxis; 15. Auflage 2014, Berlin/Offenbach: VDE Verlag GmbH, S. 201
- [6] Schmolke, H: Potentialausgleich, Fundamenterder, Korrosionsgefährdung, VDE-Schriftenreihe 35, 8. Auflage, 2013, Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH
- [7] Entwurf VDE-AR-N 4100:2017-05; Technische Anschlussregeln für die Niederspannung, herausgegeben vom Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)
- [8] DIN VDE 0100-410:2018-10: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag; Abs. 411.4.2
- [9] DIN VDE 0100-710:2012-10: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-710: Anforderungen an Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Medizinisch genutzte Bereiche

- [10] Schauer, M.: Feldreduzierung in Gebäuden; geschirmte Elektroinstallation, Abschirmung an Gebäuden und in Wohnungen; Heidelberg: Hüthig & Pflaum Verlag GmbH & Co. Fachliteratur KG, 2012, ISBN 978-3-8101-0315-4
- [11] DIN VDE 0100-540:2012-06: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter; Abs. 542.1.1
- [12] Fengel, Marc: Schutz gegen elektrischen Schlag in Niederspannungsanlagen, in de-das elektrohandwerk 2018, Nr. 21, S. 34 ff.
- [13] DIN VDE 0100-701:2002-02: Errichten von Niederspannungsanlagen – Anforderungen an Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Teil 701: Räume mit Badewanne und Dusche (zurückgezogen)
- [14] Bödeker, K.: Elektrische Sicherheit im Badezimmer; Elektropraktiker, 2011, Nr. 12, S. 1029–1033
- [15] DIN 18014:2014-03: Fundamenterder – Planung, Ausführung und Dokumentation
- [16] Rudolph, W.: Einführung in die DIN VDE 0100. 2. Aufl. VDE-Schriftenreihe 39. Berlin/Offenbach: VDE Verlag, 1999, S. 305
- [17] DIN VDE 0100 Beiblatt 2:1990-03: »Errichten von Starkstromanlagen bis 1000 V« (zurückgezogen)
- [18] DDR-Standard TGL 9552/06:1984-07: Wohngebäude Elektrotechnische Anlagen; Verlag für Standardisierung, Leipzig
- [19] Biegelmeier, G.: Regionale Umstellung vom TN-S- zum TT-System; Elektropraktiker, Berlin, 1998, Nr. 7, S. 600–602
- [20] Hering E.: Umstellung vom TN- zum TT-System; Elektropraktiker, Berlin 2002, Nr. 2, S. 96–98
- [21] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. Berlin (Hrsg.): Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz (TAB 2007); Stand Juli 2007/Ausgabe 2011
- [22] Zander, H.: Netzsystem TT versus TN; de/Das Elektrohandwerk, de Heidelberg, 2010 Nr. 8, S. 30 ff.
- [23] Müller, R.: Nullungsverordnung für Österreich; Elektropraktiker, 1999, Nr. 2, S.128–130
- [24] ÖVE/ÖNORM E 8001-1/A4 Ausgabe: 2009-04-01; Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis AC 1000 V und DC 1500 V, Teil 1: Begriffe und Schutz gegen elektrischen Schlag; Download unter: www.ris.bka.gv.at/
- [25] DIN VDE 0151:1986-06; Werkstoffe und Mindestmaße von Erdern bezüglich Korrosion
- [26] Schauer, M. u. Brechtken, D.: Sind Fundamenterder überhaupt notwendig? Bestandsgebäude ohne Erdungsanlage – ein Sicherheitsrisiko? Der Bausachverständige, Nr. 2, 2017, S. 18–22
- [27] Brechtken, D., Schauer, M. Halstenberg, M.: Rechtliche und technische Aspekte bei umstrittenen Normen; Der Sachverständige, DS 2017, Nr. 11, S. 273–281
- [28] BVS-Standpunkt: Fundamenterder-Erdungsanlagen 2016-06, Fachbereiche Bau und TGA, Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger e.V., Berlin
- [29] Ergebnisse des Wohngipfels am 21. September 2018 im Bundeskanzleramt; Gemeinsame Wohnraumoffensive von Bund, Ländern und Kommunen; Quelle: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2018/ergebnisse-wohngipfel.pdf?__blob=publicationFile&v=5, Zugriff am 11.11.2018
- [30] Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz: Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Netzanschlussverordnung – NAV), 2006

Der Autor

Martin Schauer

öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der Handwerkskammer für Unterfranken im Elektrotechniker-Handwerk und elektrische, magnetische und elektro-magnetische Felder Sachverständigenbüro
Gertrud-von-le-Fort-Str. 8, 97074 Würzburg
Tel. 0931/70 288 0, Fax 0931/70 288 29
mail@sv-schauer.de
www.sv-schauer.de

