

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.

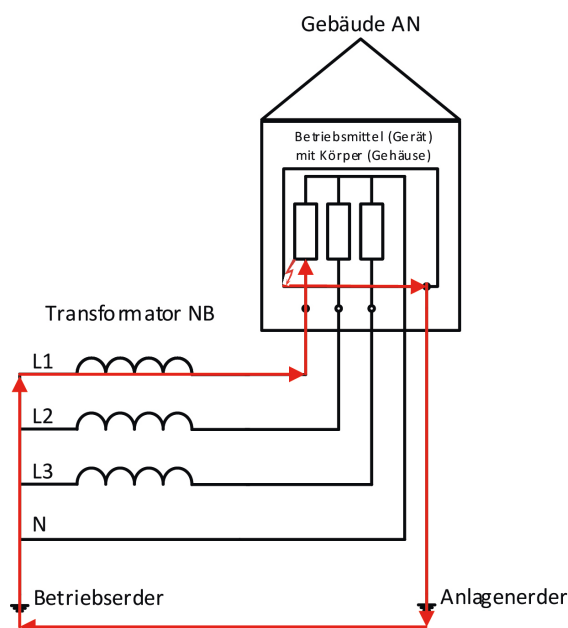


Abb. 1: Fehlerstrom bei der Schutzerdung. Der Fehlerstrom fließt über den Anlagenerder und über den Betriebserder

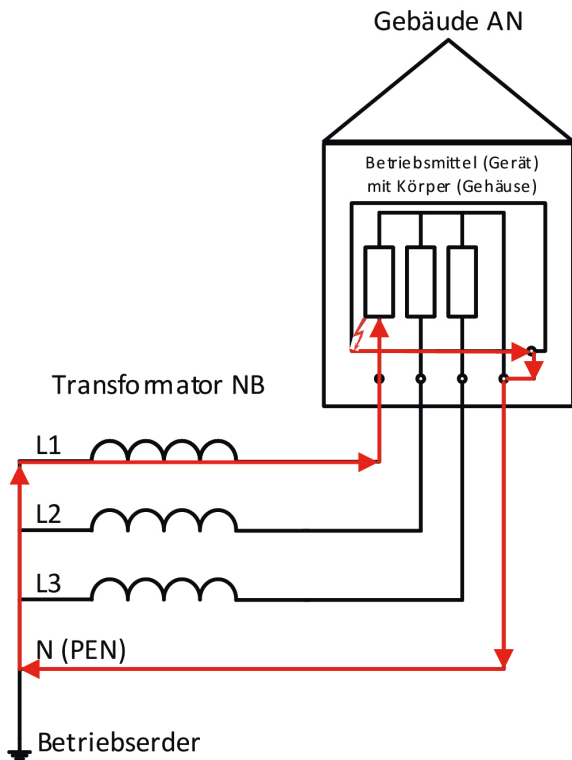


Abb. 2: Fehlerstrom bei der Netzform Nullung; eine Erdungsanlage ist in der Fehlerschleife nicht beteiligt

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

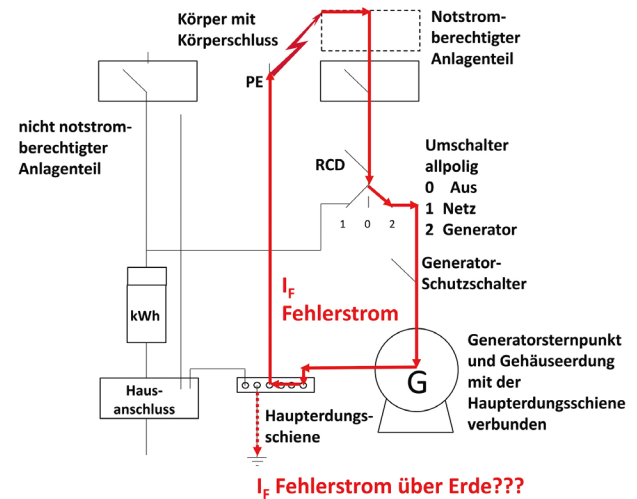


Abb. 3: Skizzenhafte Darstellung zum Bild F.1/E-VDE-AR-N 4100:2017-05

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

Woran erkenne ich ein qualifiziertes Schimmelgutachten?

1. Problemstellung

Bei einem Feuchteschaden wachsen in der Regel nicht nur Schimmelpilze, sondern es kommt auch zu Befall mit Bakterien und Kleinlebewesen wie Milben. Neben lebenden und schon abgestorbenen Organismen können bei Feuchteschäden auch unterschiedliche Stoffwechselprodukte und Zellbestandteile nachgewiesen werden, wie z. B. Toxine, Endotoxine, Allergene, β -Glucane, Microbial Volatile Organic Compounds (MVOC) sowie Bruchstücke von Mikroorganismen. Normalerweise ist nicht bekannt, von welchen der genannten Komponenten im konkreten Einzelfall eine gesundheitliche Wirkung auf betroffene Personen ausgehen kann. Die Gesamtheit aller bei einem Feuchte-/Schimmelschaden möglicherweise auftretenden Komponenten wird als »Schimmel« oder »Schimmelbefall« bezeichnet. Der Begriff »Schimmelpilze« wird verwendet, wenn es bei der Beschreibung einzelner Untersuchungsmethoden, Bewertungskriterien oder Wachstumsbedingungen konkret nur um Schimmelpilze geht.

Von Schimmelschäden können gesundheitliche Risiken ausgehen, die mitunter kostenintensive Sanierungen nach sich ziehen. Umweltrisiken werden gegenwärtig von der Bevölkerung in Deutschland als besonders relevant empfunden, wobei es zwischen dem empfundenen Risiko und dem tatsächlich vorliegenden Risiko häufig große Diskrepanzen gibt. Dies trifft im besonderen Maße auch auf das Risiko zu, das von Feuchte-/Schimmelschäden ausgeht. Das konkrete Wissen über die von einem vorliegenden Feuchte-/Schimmelschaden ausgehende gesundheitliche Gefährdung ist geringer als Betroffene in der Regel meinen. Eine individuelle gesundheitliche Gefährdung kann nur durch einen Arzt festgestellt werden, da sie von der gesundheitlichen Disposition des Betroffenen abhängig ist, die ebenfalls nur von einem Arzt beurteilt werden kann. Das tatsächlich vorliegende Risiko ist also oft unbekannt. Ein naturwissenschaftlich-technischer Sachverständiger ist folglich nur in der Lage, allgemeine Aussagen über ein vorhandenes gesundheitliches Risiko zu machen. Da ein empfundenes Risiko hauptsächlich von subjektiven Faktoren abhängig ist, führt dies häufig zu einer Verunsicherung Betroffener. Einer Versachlichung der Schimmelproblematik kommt daher ein hoher Stellenwert zu.

An die Gutachter von Feuchte-/Schimmelschäden werden folglich hinsichtlich des Fachwissens hohe Anforderungen gestellt. Von dem Betroffenen ist das konkrete Ziel der Untersuchung zu benennen. Oft ist er dabei auf die Hilfe des Gutachters

angewiesen. Ohne sinnvolle Zielstellung sollte ein Sachverständiger die Erstellung eines Gutachtens ablehnen. Dies trifft auch zu, wenn die Zielstellung nicht im Bereich des Spezialwissens des Gutachters liegt. Bezüglich der hygienischen Bewertung sollte sich der Gutachter an den Bewertungskriterien des Schimmelleitfadens des Umweltbundesamtes 2017 (s. Kapitel 10.) orientieren.

2. Allgemeine Anforderungen an Sachverständige

An Sachverständige wird die Anforderung gestellt, besonderes Fachwissen in ihrem Fachgebiet zu besitzen und dies darüber hinaus auch in allgemein verständlicher Form darstellen zu können [1]. Ein Gutachten kann dann als verwendbar und damit als »qualifiziert« bewertet werden, wenn neben der sachgerechten Ausführung beide zu erwartenden Zielgruppen, nämlich Fachleute und Laien, die für sie erforderlichen Informationen erhalten. Diese sind:

- genau ohne unnötige Unschärfen,
- klar möglichst verständlich und übersichtlich strukturiert,
- eindeutig unmissverständlich,
- objektiv rein sachbezogen und
- nach den Anweisungen der jeweiligen Verfahren darzustellen.

Die Ergebnisberichte müssen folgende Informationen enthalten:

- kundenspezifische Angaben (soweit relevant),
- notwendige Details für die Interpretation der Ergebnisse,
- verfahrensspezifische Angaben (Mess- und Analyseverfahren und deren Bewertungsgrundlagen).

Gutachten können, je nach Aufgabenstellung, Zweck und persönlichen Präferenzen der Verfasser, eine individuelle Ausprägung haben. Es gibt jedoch eine zweckgebundene Grundstruktur, die keinen beliebigen gestalterischen Spielraum zulässt.

3. Terminologie

Dokumente eines Sachverständigen werden in der Regel als »Prüfberichte«, »Untersuchungsberichte«, »Gutachten« oder »Sachverständigengutachten« bezeichnet, ohne dass es eine klare Konvention für die Benennung gäbe. Tatsächlich hebt sich nur der »Prüfbericht« von den drei anderen genannten Bezeich-

nungen ab, da dieser als Form des reinen Laborberichts verwendet und i.d.R. nach Vorgabe einer Norm (z. B. DIN EN ISO/IEC 17025; s. Kapitel 9) erstellt wird. Der »Prüfbericht« ist auf einen Prüfgegenstand (Untersuchungsmaterial) bezogen und wird allgemein als Form des reinen Laborberichts ohne Bewertung verwendet.

Gutachten, Sachverständigengutachten oder Untersuchungsberichte lassen sich untereinander nicht sinnvoll differenzieren. Im Unterschied zu einem Prüfbericht enthält ein Gutachten, Sachverständigengutachten oder Untersuchungsbericht eine fachliche Bewertung des beschriebenen Sachverhaltes/Befundes. Je nach Anforderungen werden Gutachten geringeren oder größeren Umfangs erstellt, in jedem Fall sollten sie jedoch alle wesentlichen Bestandteile enthalten.

Ist aus bestimmten Gründen z. B. nur ein Begehungs- oder Ergebnisprotokoll oder ein Teilergebnis gefordert, so sollte das Dokument dementsprechend nicht als »Kurzgutachten« bezeichnet werden. Die Bezeichnung des Schriftstücks ist also nicht vom Seitenumfang abhängig, sondern richtet sich nach inhaltlichen Kriterien.

4. Gutachter sollten nur im Bereich ihres Spezialwissens sachverständige Bewertungen vornehmen

Der Sachverständige sollte nur Fragestellungen bearbeiten, für die er ausreichend Fachwissen besitzt. Sofern dem Sachverständigen für einzelne Aspekte einer komplexen Fragestellung die Kompetenz fehlt, muss er dies seinem Auftraggeber mitteilen und ggf. den Auftrag zurückgeben oder es werden die entsprechenden Fragestellungen an spezialisierte Sachverständige als eigene Gutachten vergeben. Der Sachverständige kann dann in seinem Gutachten Bezug auf das zusätzlich erstellte Gutachten über die weiteren Teilaspekte nehmen.

In Fällen, in denen der Gutachter Leistungen anderer Experten ohne sachverständige Bewertung, wie z. B. Labore zur Identifizierung und Quantifizierung von Schimmelpilzen, Aktinobakterien, holzerstörenden Pilzen sowie anderen Kleinlebewesen oder zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten beauftragt, sind deren Prüfberichte in seinem Gutachten aufzuführen. In solchen Fällen ist der Gutachter aber verpflichtet, die Plausibilität der Leistungen dieser Experten zu überprüfen. Dazu muss der Gutachter den Arbeitsbereich, die Grenzen und die Messunsicherheit des angewandten Verfahrens kennen. Eine Bewertung der Ergebnisse anhand von Richtlinien oder Leitfäden ist sonst nicht möglich. Die erfolgreiche Teilnahme an Ringversuchen oder anderen Maßnahmen zur externen Qualitätssicherung (s. u. Kapitel 12.) ermöglicht eine Beurteilung, ob Ergebnisse, die als externe Leistung beauftragt werden, mit denen anderer Labore oder Sachverständiger vergleichbar sind.

Bei der Erstellung eines Gutachtens ist in bestimmten Fällen beispielsweise bezüglich der Schadensursache, des Schadensortes, des vorhandenen gesundheitlichen Risikos zu beachten, welches Rechtsgebiet das Gutachten betrifft. Der Sachverständige sollte stets wissen, in welchem rechtlichen Kontext sein Gutachten steht. Die relevanten Bewertungen und damit die Herangehensweise können sich unterscheiden, je nachdem, ob z. B. eine Ursache für einen Schimmelschaden (z. B. Baumangel), eine Aussage zu gesundheitlichen Risiken oder eine grundsätzliche Unbedenklichkeit eines Arbeitsplatzes zu prüfen sind [2].

5. Gesundheitliche Bewertung von Schimmelpilzschäden

Im Rahmen von Schimmelschäden wird häufig auch die Frage nach der gesundheitlichen Bewertung der Schadenssituation gestellt. Derartige Fragen kann ein »Nichtmediziner« nicht beantworten, er sollte in solchen Fällen an einen spezialisierten Arzt verweisen. Bezüglich der Bewertung des individuellen gesundheitlichen Risikos eines Feuchte-/Schimmelschadens sollte sich ein naturwissenschaftlich-technischer Sachverständiger an einem Textvorschlag des Netzwerks Schimmelpilzberatung Deutschland von 2017 orientieren:

»Ein Feuchte-/Schimmelschaden kann möglicherweise unter bestimmten Umständen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Nutzer solcher Innenräume führen. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter: https://www.baubiologie.net/fileadmin/user_upload/pdfs/Publikationen/kostenfreie_Downloads/AWMF-Betroffene_Endfassung.pdf und Ihr Hausarzt und/oder Ihr behandelnder Facharzt unter: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/161-0011_S2k_Schimmelpilzexposition-Innenraeume_2016-04.pdf.

Im Falle einer schweren Erkrankung, die das Abwehrsystem deutlich schwächt oder einer Mukoviszidose (Zystische Fibrose) oder einer Asthma-Erkrankung wenden Sie sich bitte unverzüglich an Ihren Hausarzt und/oder behandelnden Facharzt. Auch in diesem Falle finden Sie weitere Informationen unter: https://www.baubiologie.net/fileadmin/user_upload/pdfs/Publikationen/kostenfreie_Downloads/AWMF-Betroffene_Endfassung.pdf und Ihr Hausarzt und/oder Ihr behandelnder Facharzt unter: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/161-0011_S2k_Schimmelpilzexposition-Innenraeume_2016-04.pdf«

6. Was ist bei der Erstellung eines Gutachtens zu beachten?

Bei bestimmten Fällen und Fragestellungen ist die Entnahme von Proben erforderlich, insbesondere zur Feststellung eines Schadensmaßes sowie zur nachvollziehbaren Dokumentation eines Schimmelschadens als Voraussetzung für die Beweissicherung des Vorliegens eines solchen. Die Aussagekraft eines Gutachtens beginnt mit der fachgerechten Probenahme, weshalb diese durch einen qualifizierten Probenehmer vorzunehmen ist (s. Kapitel 11.). Die Probenahme ist genau zu beschreiben. Besondere Bedeutung kommt dabei der Protokollierung aller Feststellungen bei der Inaugenscheinnahme des zu untersuchenden Objektes zu. Schlüssig wird das Gutachten dann, wenn die Ergebnisse der Probenahme nachvollziehbar und verständlich bewertet und daraus die fachlich richtigen Folgerungen gezogen werden. Sind für die Bearbeitung eines Auftrags mehrere Untersuchungstermine erforderlich, ist jeder Einzeltermin und die jeweiligen Erkenntnisse zu protokollieren. Eigene Feststellungen bei der Ortsbegehung müssen sich deutlich erkennbar von den möglichen Angaben des Auftraggebers oder anderer Anwesender abheben. Um die Angaben des Auftraggebers oder anderer Anwesender zu konkretisieren und zu objektivieren, sind diese stets zu hinterfragen. Bei Anknüpfungstatsachen, die in einzelnen Fällen vom Richter als gegeben festgelegt werden, kann sich der Sachverständige nicht ohne Prüfung auf abweichende Angaben vom Auftraggeber oder anderer Personen stützen.

Der Untersuchungsablauf ist chronologisch wiederzugeben, damit der Leser den Prozess versteht. Bei der Erstellung eines