

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 24 (1933)
Heft: 18

Artikel: Ueber den Erdschluss in Niederspannungsanlagen
Autor: Sprecher, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059536>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ueber den Erdschluss in Niederspannungsanlagen.

Von E. Sprecher, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Zürich.

621.316.99

Der Autor bespricht im Lichte des § 17 der Hausinstallationsvorschriften des SEV und des Art. 26 der neuen Bundesverordnung über Starkstromanlagen zwei Fälle aus seiner Praxis, in denen der Berührungsschutz versagte, der eine in einer genullten, der andere in einer geerdeten Anlage. Nachdem nun die neue Bundesverordnung über Starkstromanlagen, die im Art. 26 Vorschriften über die Erdung der Niederspannungsnetze enthält, erschienen ist, werden sich die Betriebsleiter eingehend mit den einschlägigen Fragen befassen müssen. Wir freuen uns daher, den nachstehenden Artikel im gegenwärtigen Zeitpunkt publizieren zu können; auch Mitteilungen von anderer Seite über Fälle, in denen der Berührungsschutz versagte, sind uns stets willkommen.

Red.

L'auteur examine, à la lumière du § 17 des prescriptions de l'ASE sur les installations intérieures et de l'art. 26 de la nouvelle ordonnance fédérale sur les installations à courant fort, deux cas où la protection contre les contacts fortuits a fait défaut, l'un dans une installation avec mise à la terre par le neutre et l'autre dans une installation avec mise à la terre directe. La nouvelle ordonnance fédérale sur les installations à courant fort contenant à l'art. 26 des prescriptions sur la mise à la terre des réseaux à basse tension, les chefs d'exploitation devront se mettre à l'étude détaillée de ces questions. C'est pourquoi nous sommes heureux de pouvoir publier aujourd'hui l'article qui suit; nous acceptons toujours volontiers des communications sur d'autres cas où la protection contre les contacts fortuits a fait défaut.

In den Erläuterungen zu § 17 der Vorschriften des SEV betreffend Erstellung, Betrieb und Instandhaltung der elektrischen Hausinstallationen sind folgende Bestimmungen enthalten:

«Wenn in einem Netz, in welchem die Nullung durchgeführt ist, einzelne Anlagenteile noch besonders geerdet werden, so ist dafür zu sorgen, dass bei Erdschluss der Nulleiter keine gefährliche Spannung gegen Erde annehmen kann.»

«Auch die Schutzerdung soll tunlichst so ausgeführt werden, dass bei Erdschluss eine Unterbrechung der Stromzuführung (Abschalten von Sicherungen oder Ausschalten von Selbstschaltern) erfolgt oder wenigstens die Spannung auf ein ungefährliches Mass hinuntergebracht wird.»

Unter welchen Umständen an einem Anlagenteil, der an den geerdeten Nulleiter angeschlossen, kurz gesagt «genullt» ist, oder der mit einer Schutzerdung versehen, kurz gesagt «geerdet» ist, eine gefährliche Spannung auftreten kann, wird nicht erwähnt. Auch bleibt es dem Ermessen des Betriebsleiters und Installateurs überlassen, was für Massnahmen zu treffen sind, um diese Bestimmungen zu erfüllen. Es kann ja auch nicht Aufgabe der Vorschriften sein, alle Einzelheiten festzulegen. Das setzt aber voraus, dass diejenigen, die in verantwortlicher Stellung mit Niederspannungsanlagen zu tun haben, über das Wesen der Erdung und Nullung und über ihre Anwendung im klaren sind. Denn Schutzmassnahmen, am unrichtigen Ort angewendet, können zur Gefahrenquelle werden. Das Studium dieser Fragen wird an Hand von Beispielen aus der Praxis wesentlich erleichtert, und es soll deshalb an zwei Fällen gezeigt werden, auf welche Art in Hausinstallationen gefährliche Berührungsspannungen auftreten können.

Zuerst seien einige Bemerkungen über die Verhältnisse beim einpoligen Erdschluss in einem Drehstrom-Niederspannungsnetz vorausgeschickt, in welchem die Schutzerdung angewendet wird und der Transformatornullpunkt geerdet ist. Der Erdschlussstrom ist bestimmt durch den Quotienten: Phasenspannung durch Summe aller im Erdschlussstromkreis liegenden Widerstände. Die Nachprüfung der tatsächlichen Verhältnisse ergibt, dass in vielen Fällen die Summe der Widerstände mit

wirtschaftlich tragbaren Mitteln nicht genügend klein bzw. der Erdschlussstrom nicht genügend gross gemacht werden kann, um beim Erdschluss eine Unterbrechung der Stromzuführung, wie sie nach den Vorschriften des SEV angestrebt werden soll, zu erreichen. Man muss sich daher bei der Anwendung der Schutzerdung meistens darauf beschränken, die zweite Forderung zu erfüllen, nämlich beim einpoligen Erdschluss die Spannung zwischen dem geerdeten Anlagenteil und der Erde oder, kurz ausgedrückt, die Spannung an der Schutzerdung (im Gegensatz zur Nullpunktserdung auch Objekterdung genannt) auf ein ungefährliches Mass herabzusetzen. Dies erreicht man, wenn der Widerstand der Schutzerdung im Verhältnis zum Gesamtwiderstand klein ist. Der Widerstand des Transformators und der Leitungsschleife ist gegeben; man hat also nur die Wahl, entweder den Widerstand der Schutzerdung klein oder den Widerstand der Transformator-Nullpunktserdung gross zu machen. Dabei ist man aber zum vornherein in der Wahl der beiden Mittel dadurch beschränkt, dass der Widerstand der Nullpunktserdung gemäss der neuen Bundesverordnung über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt von elektrischen Starkstromanlagen (vom 7. Juli 1933) nicht grösser als 20 Ohm sein darf. Weil in vielen Fällen die Widerstände des Transformators und der Leitungsschleife gegenüber der Summe der Erdungswiderstände zu vernachlässigen sind, genügt es zur überschlägigen Beurteilung des Schutzwertes einer solchen Erdung, lediglich das Verhältnis der Erdungswiderstände von Nullpunktserdung zur Schutzerdung zu betrachten. Soll z. B. in einem Drehstromnetz mit 380/220 V Spannung bei einpoligem Erdschluss an einem Objekt an seiner Schutzerdung keine grössere Spannung als 30 V auftreten, so muss das Verhältnis der Erdungswiderstände $\frac{220 - 30}{30} = \text{ca. } 6,3$ sein. Dass eine

Festlegung des Widerstandes der Nullpunktserdung auf einen relativ niedrigen Wert das Einhalten des richtigen Verhältnisses der Erdungswiderstände erschweren kann und, sofern kein Wasserleitungsnetz

für die Schutzerdung zur Verfügung steht, unter Umständen die Anwendung der Erdung als Schutzmassnahme überhaupt ausschliesst, sei der Vollständigkeit halber hier auch gleich erwähnt.

Ist die Erdungsanlage im geerdeten, also nicht genullten Netz richtig durchgeführt, so nimmt beim Erdschluss der Nulleiter im ganzen Netz eine Spannung gegen Erde an, die bis zur Phasenspannung ansteigen kann. Das hat für die Hausinstallation keine Bedeutung, weil der Nulleiter gleich den übrigen Leitern isoliert ist. Dagegen muss in diesem Fall der Nullpunktserdung des Transformators Aufmerksamkeit geschenkt werden. Durch genügend tiefe Verlegung des Erders und Isolierung der Erdleitung, soweit sie zugänglich ist oder nahe an der Erdoberfläche liegt, sind Menschen und Tiere gegen zu hohe Berührungsspannungen und Schrittspannungen zu schützen. Dass in einem geerdeten Netz diese Möglichkeit der Spannungserhöhung des Nulleiters ihn zur Nullung ungeeignet macht, ist ohne weiteres klar. Auf Grund dieser Ueberlegungen ist nun aber auch verständlich, was für Zustände in einem genullten Netz eintreten können, wenn ein Erdschluss an einer mit dem Nulleiter nicht in Verbindung stehenden Erdung entsteht. Folgender Vorfall möge dies veranschaulichen:

Im Drehstromnetz eines Grossbezügers der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich mit 380/220 V Spannung wurde die Nullung eingeführt. Der Nulleiter war wegen der geringen Ausdehnung des Netzes in Uebereinstimmung mit den Hausinstallationsvorschriften des SEV nur bei der Transformatorstation an einer Erdplatte von 0,5 m² Oberfläche geerdet. Die Erdung entsprach also auch den bisher geltenden Bundesvorschriften über Starkstromanlagen. Ihr Erdungswiderstand betrug 50 Ohm, die Platte lag nämlich im Kiesboden. Als genullte Anschlussobjekte waren einige landwirtschaftliche Motoren vorhanden. Nun trat in einem Isolierrohr einer Lichtinstallation ein Isolationsfehler auf, wodurch ein Polleiter mit dem Mantel des Isolierrohres in Berührung kam. Das Isolierrohr lag an einer andern Stelle auf einem Wasserleitungsrohr auf, so dass hier gleiche Verhältnisse entstanden, wie wenn in diesem Netz ein Objekt besonders geerdet worden und an diesem ein Gehäuseschluss eingetreten wäre. Die Wasserleitung hatte einen Erdungswiderstand von ca. 0,5 Ohm, der Nulleiter nahm entsprechend dem Verhältnis der Erdungswiderstände 50 : 0,5 fast die volle Phasenspannung gegen Erde an. Die Messungen ergaben zwischen den genullten Motorgehäusen und dem Erdboden am Bedienungsstandort Spannungen zwischen 180 und 200 V. Dieser Zustand blieb längere Zeit bestehen, weil die Grösse des Erdschlussstromes zum Abschalten der in seinem Kreis liegenden Sicherungen (Fabrikbeleuchtung) nicht ausreichte. Es ist einem glücklichen Umstand zu verdanken, dass die beim Berühren der Motorgehäuse vorgekommenen Elektrisierungen nicht zu schweren Unfällen geführt haben.

Was für Massnahmen sind zu treffen, um einen so gefährlichen Zustand, wie er hier aufgetreten ist, von vornherein auszuschliessen?

Wie die Rechnung zeigt, wäre auch bei einem Widerstand von 20 Ohm an der Nullpunktserdung entsprechend der neuen Bundesverordnung über elektrische Starkstromanlagen die Spannung zwischen Motorgehäuse und Erde fast gleich gross geblieben. Sie auf ein ungefährliches Mass herabzubringen, ist praktisch unmöglich, wenn der Erdschluss an einer Wasserleitung auftritt. Dagegen können beim Verkleinern des Nullpunktswiderstandes die Sicherungen im Erdschlussstromkreis zum Durchschmelzen gebracht werden. In unserem Fall hatte die grösste Sicherung, hinter der ein Erdschluss an die Wasserleitung möglich ist, einen Schmelzeinsatz von 60 A; der Erdschlussstrom müsste also bei unbelastetem Netz auf mindestens 150 A ansteigen, um die Sicherung innerhalb einiger Sekunden zum Durchschmelzen zu bringen. Der Gesamtwiderstand des Stromkreises dürfte demnach nicht mehr als ca. 1,5 Ohm betragen. Dieser Wert könnte vielleicht gerade noch eingehalten werden, wenn für die Nullpunktserdung ebenfalls eine Wasserleitung mit einem Erdungswiderstand von ca. 0,5 Ohm zur Verfügung stehen würde. Da aber eine solche im vorliegenden Fall nicht vorhanden war, hat der Besitzer der Anlage die Nullung wieder aufgehoben und die Motoren direkt geerdet.

Der gefährliche Zustand lässt sich aber auch auf andere Art vermeiden, nämlich dadurch, dass man im Sinn von Art. 26 der neuen Bundesverordnung in allen Hausinstallationen alle künstlichen und natürlichen Erdungen, also vor allem alle Rohrleitungen für Wasser, Zentralheizung und dergleichen, die bei einem Erdschluss an einem Anlageteil überhaupt stromführend werden könnten, mit dem Nulleiter verbindet. Mit andern Worten: Im Bereich eines genullten Netzes dürfen neben der Nulleitererdung nur noch solche besondere Erdungen bestehen, auf die ein Stromübertritt vom Niederspannungsnetz her ausgeschlossen ist. Dabei handelt es sich nicht nur um Erdungen, deren Widerstand geringer ist als der Widerstand der Nullpunktserdung, sondern auch um solche mit wesentlich höherem Widerstand. Massgebend ist einzig der Umstand, ob eine gefährliche Spannungserhöhung am Nulleiter möglich ist oder nicht.

Es wird aber auch Fälle geben, wo sich die Verbindung von besondern Erdungen mit dem Nulleiter nur mit grossen Kosten durchführen lässt, z. B. bei Motoren eines abgelegenen Pumpwerkes, deren Zuleitung ohne Nulleiter ausgeführt ist und dessen Wasserleitungsnetz einen sehr guten natürlichen Erder darstellt. Hier kann man sich nicht anders helfen, als dass der geerdete und der genullte Netzteil im normalen Betrieb oder auch erst bei einem Erdschluss an einem geerdeten Anlageteil elektrisch getrennt werden. Im ersten Fall wird man einen Schutztransformator, im zweiten Fall einen Schutzschalter verwenden, der an geeig-

meter Stelle eingebaut ist und durch die an der Erdung auftretende Spannung sofort geöffnet wird.

So viel über die Bedeutung und Gefahr einer besondern Erdung im genullten Netz. Ein Vorkommnis der letzten Zeit hat nun gezeigt, dass in analoger Weise auch in einem geerdeten Netz gefährliche Zustände auftreten können.

In einem Schulhaus, dessen oberes Stockwerk zwei Wohnungen enthält, wurde die Frau eines Lehrers in der Küche beim Berühren des Wasserleitungshahmens und eines darunter stehenden metallenen Eimers elektrisiert. Die Installation ist an einem nicht genullten, den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich gehörenden Niederspannungsnetz von 250/145 V Spannung angeschlossen. Der Nulleiter ist nur beim Transformator geerdet. Es wurde ein Gehäuseschluss an einem an der Wasserleitung geerdeten Anlageteil vermutet, aber die Kontrolle der Erdungswiderstände (Wasserleitung 0,5 Ohm, Nullpunkt 16,2 Ohm) und des Isolationswiderstandes der Hausinstallation ergab die Unrichtigkeit dieser Annahme. Bei der weiteren Untersuchung stellte es sich dann heraus, dass das Netzanschlussgerät eines Radioempfängers in der benachbarten Wohnung zeitweise Gehäuseschluss hatte. Der metallische Deckel dieses Anschlussgerätes war mit der an ein Zentralheizungsrohr angeschlossenen Erdleitung des Empfängers verbunden. Der Erdungswiderstand der Zentralheizung betrug 29 Ohm, der Widerstand zwischen Zentralheizung und Wasserleitung 27 Ohm. Aus dem Verhältnis der Erdungswiderstände am Transformatornullpunkt und der Zentralheizung berechnet sich für den Erdschluss die Spannung zwischen der letztern und Erde zu $\frac{145 \cdot 29}{16,2 + 29} = 93$ V. Die Messungen

haben dies bestätigt. Zwischen den Rohren der Wasserleitung und der Zentralheizung wurden Spannungsdifferenzen von 88 bis 92 V festgestellt! Man bedenke, dass in vielen Räumen, die den Schülern zugänglich sind, aber auch in den Küchen und Badezimmern die Rohre beider Leitungen in greifbarer Nähe nebeneinander liegen. Glücklicherweise ist es zu keinem Unfall gekommen. Das Elektrisieren beim Berühren der Wasserleitung erklärt sich folgendermassen: Durch den Strom, der von den Zentralheizungsrohren durch das Mauerwerk des Gebäudes zur Erde und zu den Wasserleitungsrohren geflossen ist, haben alle Gebäudeteile, also auch der Küchenboden, eine ihrer Lage entsprechende Spannung gegen Erde und Wasserleitung angenommen. Zwischen dem Standort, wo die Frau des Lehrers elektrisiert wurde, und der Wasserleitung betrug diese Spannungsdifferenz kaum 20 V. Diesem Umstand ist es zu verdanken, dass die Frau mit dem Schrecken davon gekommen ist.

Also auch in diesem Falle ist ein Erdschluss an einer besondern mit dem Niederspannungsnetz in keiner Beziehung stehenden Erdung die Ursache eines gefährlichen Zustandes. Eine Erdung, die einem ganz andern Zweck als der Schutzerdung

dient, übernimmt bei einem Gehäuseschluss des betreffenden Apparates die Rolle der Schutzerdung, und der an ihr auftretende Spannungsabfall gibt Anlass zu Spannungsdifferenzen zwischen ihr und anderen geerdeten Teilen innerhalb eines gewissen Gebietes. Gefahrerhöhend wirkt hier, dass diese Spannungsdifferenzen durch Rohrleitungen in entlegene Räume getragen werden können, selbst in solche, in denen keine elektrischen Einrichtungen vorhanden sind.

Das Mittel, dieser Gefahr zu begegnen, ist auch hier wieder das Anschliessen aller natürlichen und künstlichen Erdungen, bei denen die Möglichkeit besteht, dass sie den Erdschlussstrom des Niederspannungsnetzes führen, an die Schutzerdung. Das gilt auch für die Erdung der an das Starkstromnetz angeschlossenen Radioempfänger, sofern nicht durch die bauliche Anordnung des Empfängers und der Erdleitung oder durch Verwendung eines Schutztransformators eine Verbindung mit dem Starkstromnetz von vornherein ausgeschlossen ist. In unserem Falle ist also die Erdleitung des Radioempfängers an die Wasserleitung anzuschliessen. In einem genullten Netz wäre sie mit dem Nulleiter zu verbinden; in jedem Fall müsste sie als Bestandteil der Starkstromanlage behandelt werden.

Diese Forderungen stehen heute allerdings noch im Widerspruch zu den Bestimmungen des § 26 der Hausinstallationsvorschriften und des § 9 der Wegleitung für die Beurteilung der Radioanlagen. Es wird sich daher bei einer nächsten, wegen der Anpassung an die neuen Bundesverordnungen ohnedies bald nötigen Revision der Hausinstallationsvorschriften nicht umgehen lassen, durch eine Aenderung der in Frage kommenden Paragraphen auf die geschilderten Gefahren Rücksicht zu nehmen. Eine Vorschrift über das Zusammenschliessen der Erdungen müsste aber in erster Linie davon abhängig gemacht werden, dass im betreffenden Niederspannungsnetz die Erdung oder Nullung grundsätzlich richtig durchgeführt ist, d. h. dass bei einem Gehäuseschluss zwischen dem fehlerhaften Anlageteil und der Erde keine gefährliche Spannung entstehen kann.

Die Kenntnis der Gefahren des Erdschlusses und ihrer Bekämpfung sollte möglichst Allgemeingut aller derjenigen werden, die mit elektrischen Installationen zu tun haben. Es wäre daher sehr zu begrüssen, wenn bei der erwähnten Revision die Hausinstallationsvorschriften und insbesondere ihr durch den Art. 26 der neuen Bundesverordnung überholter § 17 auch noch durch eine eigentliche Wegleitung über die Massnahmen, die zur Erreichung eines sichern Berührungsschutzes notwendig sind, ergänzt würden. Die Notwendigkeit dieser Massnahmen ergibt sich am anschaulichsten an Hand von Beispielen aus der Praxis. Es läge deshalb im allgemeinen Interesse, wenn auch von anderer Seite her Fälle mitgeteilt würden, wo der Berührungsschutz versagt hat.