Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 86 (1995)

Heft: 15

Artikel: Revisionsbedürftige Niederspannungs-Installationsnormen : die Entwicklung der Schutzmassnahmen gegen gefährliche Berührungsströme war und ist in der Schweiz eine Daueraufgabe

Autor: Homberger, Edwin / Chatelain, Michel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902468

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

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

Die derzeitigen Dokumente IEC 364, die sich für die Schweiz in den Niederspannungs-Installationsnormen des SEV (NIN, SEV 1000-3) niederschlagen, sind für das Installationsgewerbe sehr schwer verständlich und eher praxisfremd. Ihre baldige Neufassung durch die zuständigen internationalen Normengremien drängt sich auf. Im Interesse eines sicheren Umgangs mit der Elektrizität sollte darin den langjährigen Erfahrungen auf diesem Gebiet und den heutigen technischen Möglichkeiten so gut wie möglich Rechnung getragen werden.

Revisionsbedürftige Niederspannungs-Installationsnormen

Die Entwicklung der Schutzmassnahmen gegen gefährliche Berührungsströme war und ist in der Schweiz eine Daueraufgabe

■ Edwin Homberger und
Michel Chatelain

Bedingt durch die bisher international wenig koordinierte Entwicklung der Installationspraxis ist eine Harmonisierung der Installationsnormen eine äusserst schwierige Angelegenheit. Dazu kommt leider, dass bei der Ausarbeitung der internationalen Errichtungsnormen für Niederspannungsanlagen viele Landesvertreter ihre Aufgaben in den Normungsgremien darin sehen, ihre nationalen Schutzmassnahmen und Philosophien auf Kosten der anderen durchzusetzen. Die Folge davon ist, dass die derzeitigen Dokumente IEC 364, welche man für die Schweiz in den Niederspannungs-Installationsnormen des SEV (NIN, SEV 1000-3) wiederfindet, eher praxisfremd, unsystematisch und sehr schwer verständlich sind. Vorstösse für eine Vereinfachung und Harmonisierung dieser Normen, wie etwa der Artikel von G. Biegelmeier [1], verdienen deshalb Unterstützung. In diesem Zusammenhang dürfte interessieren, wie sich die Schutzmassnahmen in Niederspannungsanlagen, insbesondere die Massnahmen gegen gefährliche Berührungsströme (früher Berührungsspannungen), in der Schweiz entwickelt haben und welche Schlussfolgerungen daraus gezogen werden können. Aufgrund dieser Erfahrungen und Überlegungen lassen sich in den zuständigen internationalen Normengremien vielleicht Fehlentscheide vermeiden.

Die Anfänge der schweizerischen Sicherheitsvorschriften für elektrische Einrichtungen

Die Gestaltung von Sicherheitsvorschriften und deren Auswirkungen lässt sich in der Schweiz gut zurückverfolgen. Der Schweizerische Elektrotechnische Verein (SEV) hat sich nämlich seit seiner Gründung im Jahre 1889 bis heute mit der Sicherheit elektrischer Einrichtungen befasst, wobei er stets auf kompetente Fachleute der Elektrizitätswerke, des Installationsgewerbes und der Industrie zurückgreifen konnte. Zudem wurde sein am 1. April 1898 eröffnetes Starkstrominspektorat auf den 1. Februar 1903 als amtliche Kontrollstelle bezeichnet. Ab diesem Zeitpunkt wurden die durch Elektrizität verursachten Unfälle und Schadenfälle gesamtschweizerisch erfasst und ausgewertet. Nötigenfalls konnten Sofortmassnahmen getroffen werden, um weiteren Schaden zu vermeiden [2; 3].

Nach den Aufzeichnungen des Starkstrominspektorates waren zu Beginn des 20. Jahrhunderts, also noch bei einer spärlichen Elektrifizierung von Industrie und Haushalt, vergleichsweise recht viele Todesfälle zu beklagen. Auffällig ist, dass bis Ende der siebziger Jahre das Jahresmittel der Todesfälle stets etwa gleich hoch, nämlich bei

Adressen der Autoren:
Edwin Homberger, alt Oberingenieur
Eidg. Starkstrominspektorat, Burgstrasse 210,
8706 Meilen, und
Michel Chatelain, Chefingenieur Eidg. Starkstrominspektorat, Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf.

etwa 26, lag [4]. Relativ, das heisst bezogen auf den Stromkonsum, sanken die Unfallzahlen allerdings sehr stark ab. In den letzten 20 Jahren konnte alsdann sogar in absoluten Zahlen ein starker Rückgang beobachtet werden.

Diese Statistiken könnten den Eindruck erwecken, die angeordneten Schutzmassnahmen hätten nicht gegriffen. Trotz gutem Willen wurden tatsächlich auch einige sicherheitstechnische Fehlentscheide getroffen. Hierfür waren verschiedene Gründe verantwortlich, vorab aber mangelhaftes Wissen über die Faktoren, die zu fatalen Ereignissen führen können. Als man später bessere, aber doch nicht umfassende Kenntnisse besass, wurden verschiedene Systemwechsel vorgenommen, die sich erst nach mehreren Korrekturen und nach längeren Übergangszeiten positiv auswirkten.

Anfänglich legte man das Hauptgewicht auf den Schutz gegen direktes Berühren. Für die damals vorherrschenden festen Beleuchtungsanlagen waren auch keine anderen Massnahmen notwendig. Als die ersten transportablen Geräte, vorab Handlampen, erschienen, begnügte man sich mit einfachen zweipoligen Steckdosen. Die Gehäuse der grossen Motoren in Industrie und Gewerbe, die vorwiegend Transmissionen antrieben, hatte man zu «erden». Über die Wirksamkeit solcher Erdungen (bei damals in Dreieck geschalteten Wicklungen der speisenden Transformatoren) konnte aber wohl niemand ausreichend Bescheid geben.

Erste Erfahrungen mit der Schutzerdung

Mit dem sprunghaften Anstieg elektrotechnischer Anwendungen nach dem Ersten Weltkrieg waren die Elektrizitätswerke (EVU) genötigt, ihre Netze auszubauen. Es entstanden die Drehstromnetze mit mitgeführtem «Nulleiter». Einheitliche Spannungen bestanden noch nicht, doch stand die Spannung 145/250 V im Vordergrund. Nun gab es vermehrt Unfälle durch indirektes Berühren. Man glaubte, dem Übel durch Einführung der «Schutzerdung» begegnen zu können. Die Sekundärwicklungen der speisenden Transformatoren wurden in Stern geschaltet und der Sternpunkt geerdet. Auch die metallenen Gehäuse von Motoren und Apparaten in den Installationen wurden über die nächste Wasserleitung im Hause oder über separat verlegte Metallteile an Erde gelegt.

Die Schutzerdung hat die Erwartungen nicht erfüllt. Vielmehr hat sie zahlreiche Menschen- und Tierleben gefordert und zu vielen Bränden Anlass gegeben. Eigentlich hätte man zum vornherein wissen können, dass sie nicht zu genügen vermag. Die durch hohe Erderwiderstände auf relativ kleine Werte begrenzten Fehlerströme brachten nur ausnahmsweise Überstromunterbrecher zum Ansprechen, so dass die Ströme tage-, ja gar wochenlang weiterflossen. An den Erdern, meist in den Hausinstallationen, standen gefährlich hohe Spannungen an. Durch Propagierung der «Spannungswaage», das heisst durch Abstimmen der Erderwiderstände im Fehlerstromkreis auf ein festes Verhältnis, glaubte man, die hohen Fehlerspannungen aus den Hausinstallationen verbannen zu können. Doch diese Massnahme blieb meist Theorie. Wo sie noch spielte, verschob man die Gefahr einfach in die Trafo- oder Generatoranlagen.

In den dreissiger Jahren konstruierte der Zürcher Ingenieur Ryf eine Verbindungsmuffe zur Überbrückung der schlecht leitenden «gestemmten» Stösse von gusseisernen Wasserleitungen. Dank Subventionierung durch die Elektrizitätswerke und die PTT wurden nun die im Erdreich liegenden Wasserleitungen systematisch mit solchen sogenannten Ryf-Verbindern versehen. Ganz abgesehen davon, dass die Erderwiderstände auf die Grössenordnung von 2 bis 3 Ω absanken, vermochten die stark angestiegenen Fehlerströme die damals vorherrschenden Sicherungen spätestens innert einiger Sekunden durchzuschmelzen. Die Schutzerdung schien gerettet. Rund 30% der schweizerischen Elektrizitätswerke behielten denn auch die Schutzerdung bis in die achtziger Jahre hinein bei. Die mit Ryf-Verbindern versehenen Wasserleitungen eigneten sich auch zur Erdung von Hochspannungseinrichtungen, ohne dass man befürchten musste, dass gefährliche Spannungen in die Hausinstallationen hineingetragen würden. Leider standen die gut leitenden Wasserleitungen aber meist nur in geschlossenen Siedlungen zur Verfügung. Wurden abgelegene Häuser aus einer Trafostation in einem Ortskern versorgt, erbrachte die Schutzerdung überhaupt keinen Schutz.

Die guten Erdungsverhältnisse blieben auch bestehen, als die ebenfalls mit Verbindern versehenen Wasserleitungen aus duktilem Guss aufkamen. Mit der Verbreitung der Kunststoffrohre gingen sie jedoch zusehends verloren.

Die Einführung der Nullung

In den dreissiger Jahren bauten die Elektrizitätswerke ihre Netze allmählich auf die Normalspannung 220/380 V um. Dies war nun auch Anlass, sich Gedanken über bessere Schutzmassnahmen gegen indirektes Berühren zu machen. Mehrheitlich entschied man sich für die Nullung. Die im Jahre 1933 in Kraft gesetzte Starkstromverordnung des Bundesrates verlangte, dass in genullten Niederspannungsnetzen keine Fehlerspannungen von mehr als 50 V auftreten durften oder, wenn dieser Grenzwert nicht einhaltbar war, eine Ausschaltung innerhalb von 5 Sekunden zu erfolgen habe. Dies waren schwere Bedingungen für die «steinreiche» Schweiz! Ausserdem hatte der Nulleiter (PEN-Leiter) von Freileitungen den gleichen Querschnitt wie die dazugehörenden Polleiter (Aussenleiter) aufzuweisen. In den Hausinstallationen schloss man die schutzpflichtigen Metallteile an den PEN-Leiter an. Allgemein war man überzeugt, eine einwandfreie Schutzart gefunden zu haben. Die Ernüchterung erfolgte aber bald. Die Unfälle und Brände, die auf unterbrochene PEN-Leiter in den Verbraucheranlagen zurückzuführen waren, mehrten sich. Die Unterbruchsstellen befanden sich meist im Bereich der kleinen Leiterquerschnitte. Auch die einfärbige Leiterkennzeichnung (gelb) wirkte sich unfallfördernd aus.

Es ist den Elektrizitätswerken von Stadt und Kanton Zürich hoch anzurechnen, dass sie sich vehement für den Nachzug des zweifärbigen Schutzleiters in den Hausinstallationen einsetzten. Die Werbung hatte Erfolg. Man begann, systematisch die äussersten Leitungsteile ($q \leq 6\ mm^2$) mit einem Schutzleiter zu versehen und den bestehenden PEN-Leiter zum Neutralleiter zu wandeln (Nullung Schema II, später TN-C-S). Bei Neuinstallationen stand im Rahmen der Vorschriften des SEV die vollständig getrennte Verlegung von Neutral- und Schutzleiter im Vordergrund (Nullung Schema I, später TN-S). Die Neuerung erwies sich als grosser schutztechnischer Erfolg (siehe auch [1]).

Um die erwähnten harten Nullungsbedingungen in den Landnetzen einhalten zu können, wurden in die Leitungsabgänge von Trafostationen sogenannte flinke Sicherungen eingesetzt. Mit dem Aufkommen leistungsstarker Motoren und Geräte in der Landwirtschaft sprachen solche Sicherungen aber gelegentlich zur Unzeit an, so dass unliebsame Netzstörungen auftraten. Das Starkstrominspektorat sah sich deshalb veranlasst, die Nullungsbedingungen zu überprüfen. Unter Zuhilfenahme der Störungsstatistik des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) wurden die Fehlerquellen und ihre sicherheitstechnischen Auswirkungen eingehend untersucht. Es ergab sich, dass die zulässige Fehlerspannung am PEN-Leiter des Netzes (nicht in Installationen) ohne erhöhte Gefahr auf 100 V angehoben werden könnte, wobei eine sichere Ausschaltung im Fehlerfall gewährleistet sein musste. Diese Auf-

fassung setzte sich durch und wurde in die Starkstromverordnung aufgenommen. Im übrigen wurde das oft von Gegnern der Nullung als gefährlich angesehene Einschleppen gefährlicher Fehlerspannungen vom Netz in die Installationen als äusserst unwahrscheinlich nachgewiesen [5].

Bei den sicherheitstechnischen Abwägungen spielten die Auswirkungen der Erder auf ihre Umgebung beim Stromdurchgang eine wichtige Rolle. Es waren wiederum die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, die durch eingehende Messungen im Felde hierüber Klarheit schafften. Die entsprechenden Publikationen aus den Jahren 1934 und 1951 [6; 7] haben heute noch Gültigkeit und dürfen deshalb als Grundlagendokumente angesehen werden.

Der Fehlerstrom-Schutzschalter hält Einzug

Die übrigen im Artikel von G. Biegelmeier [1] aufgeführten Schutzsysteme gelangten auch in der Schweiz zur Anwendung. Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter) wurden bereits vor rund 15 Jahren als Zusatzschutz in die Vorschriften des SEV aufgenommen. Jahre vorher nahm der SEV an den ersten im Handel erhältlichen Schaltern eingehende Überprüfungen vor, die zu verschiedenen Verbesserungen Anlass gaben. Unter dem Eindruck der kurzschlussähnlichen Fehlerströme, die sich bei den durchverbundenen Wasserleitungen und den in den Fehlerstromkreis einbezogenen metallenen Kabelmänteln ergaben, gelang es vor allem, in den Normen erhöhte Ausschaltleistungen zu verankern.

Das Isolations-Überwachungssystem gelangte praktisch nur in den von Erde isoliert betriebenen Stromkreisen, vor allem Steuerstromkreisen, zur Anwendung. In automatisierten Fertigungsstrassen der Industrie konnten damit Isolationsdurchbrüche erfasst werden, bevor es zu einer Betriebsstörung kam. Brown-Boveri brachte vor vielen Jahren auch einen Fehlerspannungs-Schutzschalter in den Handel, der sich jedoch nicht bewährte. Durch Unachtsamkeiten oder Gegebenheiten am Einbauort wurde nämlich oft der Spannungsabgriff überbrückt.

Noch einige Worte zu den Steckvorrichtungen: Als die ersten beweglichen Elektrogeräte aufkamen, schuf man eine zweipolige Steckdose mit einem Schutzleiterstift. Der zugehörige Stecker enthielt somit eine Schutzleiter-Kontaktbüchse. Da seine beiden Kontaktstifte den gleichen Abstand wie jene der Stecker ohne Schutzkontakt aufwiesen, liess er sich auch in die Steckdosen ohne Schutzkontakt einführen. Dieser gravierende Normungsfehler war an zahlreichen tragischen Unfällen mitschuldig. Der Fehler konnte erst nach vielen Jahren, nach dem Auslaufen einer Übergangslösung, endgültig behoben werden. Heute besitzt die Schweiz wohl eines der vorteilhaftesten und elegantesten Steckkontaktsysteme zum Anschluss von 220-V-Geräten (Stecker mit drei Stiften, Steckdose mit drei Buchsen, Steckdose ohne Schutzkragen im Wohnbereich).

Heutiger Stand in der Schweiz

Durch die relativ dichte Besiedlung und in Anbetracht dessen, dass die Niederspannungsnetze immer mehr verkabelt werden, hat sich in der Schweiz die Nullung, dank ihrer Vorteile, immer mehr durchgesetzt. In den wenigen Fällen, wo noch die Schutzerde angewendet wird, stellt die durchverbundene metallische Wasserleitung praktisch keine reine Schutzerdungsfunktion mehr dar. Die Wasserleitung übernimmt in diesem Falle eigentlich die Rolle des PEN-Leiters bei der Nullung. Man spricht deshalb von einer «verkappten Nullung».

Beide Schutzarten sind heute in der Schweiz zugelassen. Einzig die Mischung im gleichen Netz ist nicht zulässig. Deshalb hat sich auch die Nullung mit einem Anteil von über 95% durchgesetzt. Falls neu Schutzerdungen angewendet werden, müssen diese dem Stand der Technik entsprechen. Wie in den Cenelec-Dokumenten IEC 364 beschrieben, muss beim Übergang Netz/Installation generell ein 300- bzw. 500-mA-Fehlerstrom-Schutzschalter montiert werden.

Fazit: Nullung und Fehlerstrom-Schutzschalter ergänzen sich optimal

Die Erfahrungen mit den Schutzmassnahmen in der Schweiz führen zu ähnlichen Schlussfolgerungen, wie sie bereits G. Biegelmeier in seinem Artikel [1] dargestellt und begründet hat: für den grundsätzlichen Fehlerschutz sollte generell die Nullung (Neutralleiter-Schutzerdung) und für den Zusatzschutz der FI-Schalter vorgesehen werden. Die alte Schutzerdung kann nämlich heute, im Zeitalter des Kunststoffes, weniger denn je befriedigen. Versagt ein FI-Schalter, so vermag die Nullung die verlorengegangene Schutzwirkung weitgehend aufzufangen. Hingegen bietet die Schutzerdung nur in Ausnahmefällen einen Schutz gegen Unfälle und Brände.

Im erwähnten Artikel wird schliesslich dargelegt, dass die Grenzen für gefährliche Berührungsspannungen für Gleichstrom schon bei 90 und 45 V liegen, also unter den in IEC 364 angegebenen Grenzwerten von 120 und 60 V. Die Argumente für eine Herabsetzung dieser Grenzwerte sind einleuchtend und richtig; dennoch wird das heutige Gefahrenrisiko in der Schweiz als relativ klein angesehen, da die Anwendungen mit Gleichstromanlagen selten und sehr begrenzt sind.

Literatur

[1] *G. Biegelmeier:* Praxisnahe Niederspannungs-Installationsnormen – Vorschläge zur Vereinfachung der internationalen Normen für die Errichtung von Niederspannungsanlagen. Bull. SEV/VSE 86(1995)15, S. 37.

[2] *A. Christen:* 75 Jahre Materialprüfanstalt des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV). Bull. SEV/VSE 69(1978)20, S. 1095–1102.

[3] *E. Homberger:* 75 Jahre Eidgenössisches Starkstrominspektorat. Bull. SEV/VSE 69(1978)20, S. 1103–1107.

[4] *E. Homberger:* Schutzmassnahmen gegen indirektes Berühren. Bull. SEV/VSE 76(1985)6, S. 314 bis 320.

[5] *E. Homberger:* Neue Überlegungen zur Vermeidung gefährlicher Berührungsspannungen. Bull. SEV/VSE 74(1983)7, S. 338–341.

[6] *E. Sprecher:* Untersuchungen über den Erdungswiderstand verschiedener Bodenarten und die Vorausberechnung der Elektroden. Bull. SEV/VSE 25(1934)15, S. 397–404.

[7] *M. Wettstein:* Vorausberechnung der Masse, der Form und der Anordnung der Elektroden bei der Erstellung von Erdungsanlagen. Bull. SEV/VSE 42(1951)2, S. 49–64.

Besoin de révision des normes des installations à basse tension

Pour les professionnels de l'installation, les documents actuels CEI 364 qui, en Suisse, se reflètent dans les normes des installations à basse tension de l'ASE (NIBT, ASE 1000-3) sont très difficiles à comprendre et plutôt mal adaptés à la pratique. Leur nouvelle rédaction urgente par les comités de normalisation internationaux compétents s'impose. Dans l'intérêt d'un usage sûr de l'électricité il faut le mieux possible prendre en compte les expériences de longue date dans ce domaine et les possibilités techniques actuelles. Les expériences avec les mesures de protection en Suisse conduisent à des conclusions semblables, comme G. Biegelmeier les a déjà présentées et justifiées dans un article [1]: pour la protection de base contre les défauts il faut généralement prévoir la mise au neutre et pour la protection additionnelle l'interrupteur différentiel.