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: 65 (1974)

Heft: 5

Artikel: Die neuen Erdungsvorschriften in städtischen Verhältnissen

Autor: Meier, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915369

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: 10.07.2025

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

Die neuen Erdungsvorschriften in städtischen Verhältnissen

Von W. Meier

1. Einleitung

Als Vertreter eines Stadtwerkes in der Erdungskommission wurde mir die Aufgabe gestellt, über die «neuen Erdungsvorschriften» – oder nach heutiger Überschrift über «Schutz gegen gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen» – in städtischen Gebieten zu sprechen. Gibt es denn in städtischen Gebieten überhaupt Probleme in bezug auf das Erden elektrischer Anlagen? Zugegeben, in ländlichen Gebieten ist ein wirksamer Schutz gegen gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen schwieriger zu erreichen als in dicht überbauten Agglomerationen.

In den nachfolgenden Ausführungen werde ich versuchen, die wichtigsten Konsequenzen der neuen Erdungsvorschriften auf die Stadtwerke aufzuzeigen.

2. Hochspannungsanlagen ohne Sondererdung

2.1 Allgemeines

Die Eidg. Starkstromverordnung schreibt in Art. 17 vor, dass eine Sondererdung als Schutzmassnahme überall da anzuwenden sei, wo verhindert werden muss, dass allfällige an der Schutz- oder Betriebserdung eines räumlich geschlossenen Anlagekomplexes einer Hochspannungsanlage auftretende Spannungen auf ausserhalb dieses Komplexes liegende Netzteile übertragen werden. Man setzte beim Erlass dieses Artikels offensichtlich voraus, dass es unmöglich sei, die Erdungsimpedanz der Schutz- und Betriebserdung – heute als Anlagenerdung bezeichnet – so tief zu halten, dass in ausserhalb dieses Komplexes liegenden Netzteilen keine gefährlichen Berührungs- und Schrittspannungen auftreten können. Der Hauptzweck der Erdung einer Hochspannungsanlage wurde wohl damals schon darin gesehen, innerhalb des Wirkungsbereiches der Erdung einen Potentialausgleich herbeizuführen, d. h. innerhalb des Wirkungsbereiches derselben gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen zu verhindern. An der Erdung im Anlagenbereich können also beliebig hohe Spannungen gegenüber der sogenannten neutralen Erde auftreten. Es muss jedoch dafür gesorgt werden, dass auch im Bereich zwischen der Anlage und der neutralen Erde, d. h. im Übergangsbereich, keine gefährlichen Berührungs- und Schrittspannungen auftreten. Das Vorschreiben von minimalen Erdungswiderständen für die Anlagenerdung ist somit völlig überflüssig. Grösste Bedeutung muss dem Zusammenschliessen aller Metallteile, wie leitfähige Gebäudeteile und Gestelle der Apparate usw. innerhalb der Anlage, sowie dem Steuern des Potentials im Übergangsbereich beigemessen werden.

Speziell erwähnt sei noch, dass in jedem Fall auch die Mäntel der abgehenden Hochspannungskabel an die Anlagenerdung angeschlossen werden müssen. Eine Verschleppung der Erdungsspannung über diese metallischen Kabelumhüllungen ist wohl möglich. Da dieser Metallmantel jedoch auf der Gegenseite wiederum in einer Hochspannungsanlage endet und daselbst ebenfalls mit der Anlagenerdung verbunden ist, können kaum gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen auftreten. Eine Gefahr besteht erst dann, wenn zwischen zwei Hochspannungsanlagen an einem solchen Kabel Spleissarbeiten durchgeführt werden. In diesem Fall müssen spezielle Massnahmen zur Verhinderung möglicher Gefährdung des Arbeitenden getroffen werden. In der Spleissgrube müssen die Kabelmetallumhüllungen immer verbunden bzw. überbrückt bleiben. Der Monteur muss entweder auf isoliertem Standort oder auf einem mit dem Kabelmantel verbundenen und örtlich geerdeten Metallrost arbeiten.

Auf die Bedeutung des Erdens der Metallumhüllungen von Hochspannungskabeln wird Herr Meister in seinem Referat speziell hinweisen.

2.2 Niederspannungsanlagen im Werkbereich

In Hochspannungsanlagen, bei welchen Niederspannungsleitungen ausschliesslich im Werkbereich verlaufen – ich denke dabei an die Eigenbedarfsanlagen von Unterwerken usw. –, erübrigt sich eine Sondererdung. Die Systemnullpunkte, die Gehäuse und Apparategestelle, die Metallumhüllungen der Kabel dieser Niederspannungsanlage sind in diesem Falle ebenfalls an die Anlagenerdung anzuschliessen.

2.3 Über den Werkbereich hinausführende Niederspannungsleitungen

Wie steht es nun, wenn Niederspannungsleitungen aus dem Werkbereich hinausführen? Die Starkstromverordnung schreibt – wie schon erwähnt – vor, dass zur Verhinderung der Übertragung von gefährlichen Spannungen auf ausserhalb des Wirkungsbereiches der Erdung liegende Netzteile eine Sondererdung vorzusehen sei.

So wurde denn bis vor wenigen Jahren in sämtlichen Transformatorenstationen eine Sondererdung erstellt. In städtischen Gebieten führte man in der Regel die Erdleitungen der Sonder-, Betriebs- und Schutzerde an dieselbe Wasserleitung. Um Verlegekosten zu sparen, wurde vielfach ein 3-Leiter-Kabel verwendet, das dann an einem gemeinsamen Punkt an die Wasserleitung angeschlossen war. Dass in diesen Fällen die Sondererdung nur noch auf dem entsprechenden Beschriftungsschild in der Transformatorenstation existiert, in Wirklichkeit aber gar keine Sondererdung im Sinne von Art. 17 der Starkstromverordnung ist, leuchtet jedermann ein. Es stellt sich also die Frage, ob in solchen Fällen nicht besser auf eine sogenannte Sondererdung verzichtet würde.

Die neuen Erdungsvorschriften lassen diesen Verzicht auf die Sondererdung zu, sofern bei einem einpoligen Erdschluss im Hochspannungssystem die zulässigen Berührungs- und Schrittspannungen an einem beliebigen Punkt des Niederspannungsnetzes nicht überschritten werden. Im Einvernehmen mit der Eidg. Kommission für elektrische Anlagen wurde bewusst darauf verzichtet, den Doppelerdschluss zu berücksichtigen.

Es gilt nun, den Nachweis zu erbringen, dass beim Zusammenschluss von Sonder- und Schutzerdung, d. h. beim Verzicht auf eine Sondererdung, keine gefährlichen Berührungs- und Schrittspannungen auftreten können.

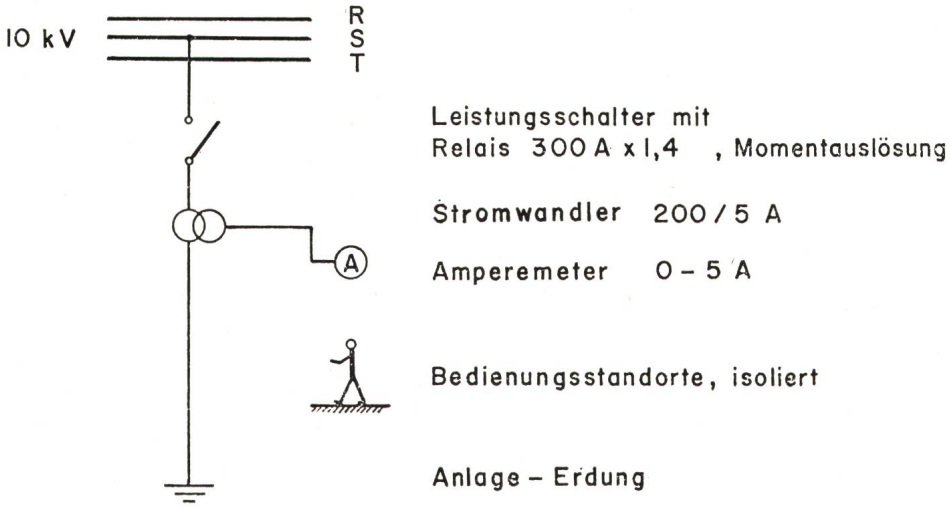

Fig. 1
Messung des Erdschlußstromes in einem 10-kV-Netz

2.4 Ermittlung der Erdschlußströme

Um einen Überblick über die Erdungsverhältnisse erhalten zu können, müssen vorerst die höchstmöglichen Erdschlußströme bekannt sein. Der höchstmögliche doppelpolige Erdschlußstrom kann aus der Kurzschlussleistung des Hochspannungsnetzes leicht errechnet werden. Der doppelpolige Erdschlußstrom ist massgebend für die Dimensionierung der Erdleitungen. Gemäss Art. 27 der neuen Erdungsvorschriften sind Erdleitungen so zu bemessen, dass sie den höchsten voraussehbaren, in den betreffenden Leitungen fliessenden Strom zu ertragen vermögen.

Grössere Schwierigkeiten bereitet die Ermittlung des für die zulässigen Berührungs- und Schrittspannungen massgebenden einpoligen Erdschlußstromes. Da in der Schweiz die Mittelspannungsnetze aus Gründen, auf die im Rahmen dieses Referates nicht eingetreten werden kann, praktisch ausschliesslich mit isoliertem Sternpunkt betrieben werden, sei nachfolgend die Messung des einpoligen Erdschlußstromes in einem solchen Netz kurz beschrieben (siehe Fig. 1).

Die eine Phase des Mittelspannungsnetzes wird über einen Leistungsschalter an Erde gelegt. Der Schalter ist mit Überstromrelais ausgerüstet, welche im Falle des Auftretens eines Doppelerdschlusses momentan ansprechen. Die Strommessung erfolgt über einen für die Nennspannung des Netzes ausgelegten Stromwandler. Die Standorte des die Messung ausführenden Personals sind isoliert.

Die erhöhte Beanspruchung der Isolation der beiden nicht geerdeten Phasen gegen Erde erfordert spezielle Massnahmen für die Durchführung dieser Messung. Zum raschen Eingreifen im Falle eines Doppelerdschlusses und somit eines Netzbetriebsunterbruches soll genügend Personal bereitgehalten werden. Zudem soll aus den gleichen Gründen eine belastungsarme Zeit, z. B. Sonntagvormittag, gewählt werden.

Die Erdschlußströme in Mittelspannungskabelnetzen betragen ca. 20 bis 200 A.

2.5 Messen der Erdungsspannung

Wenn nun die Erdschlußströme bekannt sind, kann an die Ermittlung der Erdungsspannung herangegangen werden. Als «Erdungsspannung» wird die zwischen der Erdung und der Bezugserde auftretende Spannung bezeichnet. Es sei noch erwähnt, dass unter dem Begriff «Erdung» die Gesamtheit aller miteinander verbundenen Erder und Erdleitungen, einschliesslich metallene Wasserleitungen, Kabelmäntel, Erdseile und andere metallische Leitungen, verstanden sind.

Das Messen der Erdungsspannung (Spannung zwischen Erdung und Bezugserde) muss folglich im betriebsmässigen Zustand des Netzes erfolgen.

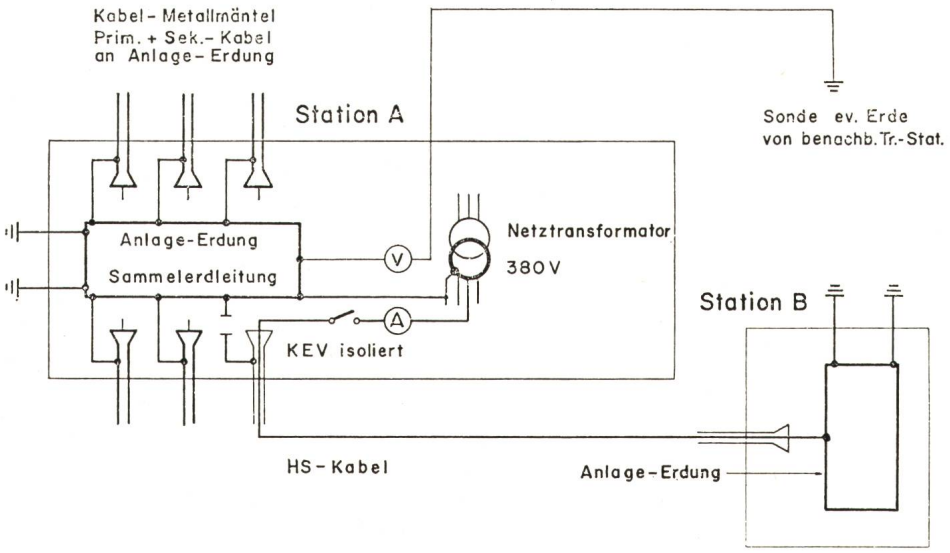

Fig. 2
Messung von Erdungsspannung/Erdungsimpedanz

Dies bedeutet, dass nicht nur die Erdleitungen den Fehlerstrom zur Erde führen, sondern sämtliche metallenen Kabelmäntel einen Teilstrom zur Erde leiten und somit zur Verbesserung der Erdung ganz wesentlich beitragen.

Fig. 2 zeigt eine mögliche Methode zur Messung der Erdungsspannung. Die eine Phase eines Netztransformators wird in Station A über ein Ampèremeter, einen Leistungsschalter mit den Adern eines abgeschalteten Mittelspannungskabels verbunden. In der Station B werden die Adern dieses Mittelspannungskabels geerdet. Die Anlageerdung der Station B wird somit als Hilfserde benutzt. Der Kabelendverschluss ist in der Station A von der Erdung abgetrennt, d. h. isoliert.

An einem Voltmeter, das zwischen der Anlagenerde A und in neutraler Erde gesteckter Sonde angeschlossen wird, kann nun die Erdungsspannung direkt abgelesen und auf den massgebenden Erdschlußstrom umgerechnet werden.

Solche Messungen zeigten, dass in städtischen Gebieten mit ausgedehntem Wasserleitungs- und Kabelnetz die Erdungsspannungen auch bei Erdschlußströmen von 200 bis 300 A 50 V nicht übersteigen.

Solange nun aber die Erdungsspannung die Werte für die zulässigen Berührungs- und Schrittspannungen nicht überschreitet, erübrigt sich die Sondererdung.

In solchen Anlagen werden also auch die Systemnullpunkte, Gehäuse und Gestelle der Niederspannungsanlagen, metallische Umhüllungen der Niederspannungskabel wie auch die Erdklemmen der Überspannungsableiter an die Anlagenerdung angeschlossen.

2.6 Anordnung der Erdung in Transformatorenstationen ohne Sondererdung

Fig. 3 zeigt die Anordnung der Erdung in einer Trafostation ohne Sondererdung.

An einer Sammelerdleitung, welche als Ringleitung ausgebildet ist, werden alle zu erdenden Teile angeschlossen.

Die Nulleiterschiene der Sekundärverteilung wird an den beiden Enden mit der Sammelerdleitung verbunden. Zwei unabhängige Erdleitungen führen zum Erder, oder an dessen Stelle tretenden Wasserleitungen.

Art. 18 der neuen Erdungsvorschriften verlangt, dass bei Anwendung der Nullung der zur Nullung dienende Leiter bei jedem Hausanschluss zu erden sei. Sofern ein metallenes Wasserleitungsnetz zur Verfügung steht, wird der Nulleiter sicher an dieses angeschlossen (geerdet).

Steht hingegen kein durchgehend leitfähiges Wasserleitungsrohrnetz zur Verfügung, ist der Bauherr gezwungen, einen Erder, sei es nun einen Fundamenterder oder ein Erdband, zu verlegen, an das der Nulleiter zu verbinden ist.

In einem zusammenhängenden städtischen Niederspannungsnetz sind somit pro Stationsgebiet eine Vielzahl von Verbindungen zur Erde vorhanden. Diese Verbindungen vom Nulleiter zur Erde sind nicht nur von Bedeutung für das Haus selber, sondern bilden einen Bestandteil eines über das ganze Versorgungsgebiet sich erstreckenden Erdungsnetzes.

Aus diesem Übersichtsschema ist deutlich ersichtlich, wie vielfach sich somit ein Erdschlußstrom verzweigt. Damit erklären sich auch die sehr niedrigen Erdungsspannungen. Es zeigt sich zudem, dass man bei konsequentem Erden der Nulleiter bei jeder Hauseinführung, z. B. an einen Fundamenterder, nicht mehr unbedingt auf ein leitfähiges Wasserleitungsnetz angewiesen ist.

3. Erdung in Unterwerken

In Unterwerken mit starr geerdeten 50-kV- bis 380-kV-Sternpunkten erreichen die einpoligen Erdschlußströme Werte in der Grössenordnung von 10 000 A. Solche Anlagen sind in bezug auf die Erdung möglichst als Insel auszubilden. Das Verschleppen von Spannungen aus dem Werkbereich heraus soll auf Metallumhüllungen von Hochspannungskabeln beschränkt bleiben. Wie bereits früher erwähnt, müssen beim Arbeiten an solchen Kabeln spezielle Massnahmen zum Schutze der Arbeitenden getroffen werden.

Schwachstromleitungen müssen über Schutzübertrager, welche für die höchste mögliche Erdungsspannung ausgelegt sind, in die Anlage eingeführt werden.

Auf den Einbau einer Netztransformatorenstation in das Unterwerk soll verzichtet werden, womit sich auch die Sondererde erübrigt. Die Erfahrung zeigt, dass gerade in ausgedehnten Anlagen wie einem Unterwerk die Sondererde oft eine Illusion ist, da diese an einem unerwarteten Ort trotzdem mit der Anlagenerdung verbunden ist.

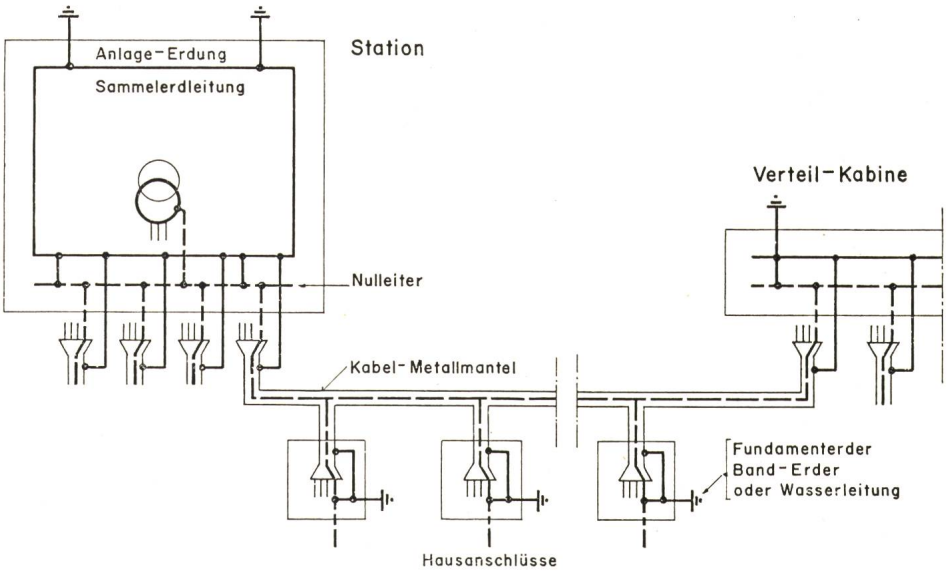

Fig. 3
Transformatorenstation ohne Sondererdung

4. Erdungstrennstelle

Die neuen Erdungsvorschriften enthalten keine Angaben über minimale Erderwiderstände. Da somit in der Regel auch keine entsprechenden Widerstandsmessungen mehr ausgeführt werden müssen, erübrigt sich im allgemeinen das Anbringen einer sogenannten Erdungstrennstelle. Art. 27 der neuen Erdungsvorschriften verlangt die Erdungstrennstelle nur noch dort, wo die überirdisch geführten Erdleitungen nicht auf der ganzen Länge einer Sichtkontrolle unterzogen werden können (z. B. einbetoniert). In diesen Fällen muss in die Erdleitung eine Trennstelle zur elektrischen Kontrolle der Erdung eingebaut werden. Diese Trennstelle muss bei unter Spannung stehender Anlage zugänglich sein und darf nur mit Werkzeugen gelöst werden können.

5. Metallkonstruktionen als Erdleitungen

Im Zusammenhang mit der Erdungsanlage in Trafostationen muss noch erwähnt werden, dass nach Art. 29 der neuen Erdungsvorschriften Metallkonstruktionen zum Erden von darauf montierten Apparaten benützt werden dürfen. Es müssen also nicht von allen Isolatorenträgern, Trennern usw. separate Erdleitungen zur Sammelerdleitung geführt werden. Sofern die Metallkonstruktionen zwischen Trenner, Isolatorenträger usw. und der Sammelerdleitung den an Erdleitungen und deren Verbindungen gestellten Anforderungen entsprechen, kann auf das separate Verlegen einer Erdleitung verzichtet werden. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass beim Ausbau einzelner Teile aus einer Anlage die als Erdungsleitung dienende Metallkonstruktion nicht unterbrochen wird.

6. Verwendung ausgedehnter Wasserleitungsnetze zum Erden; Übereinkunft zwischen SEV und SVGW

Wie bereits erwähnt, hat man mit der Forderung, dass jeder Nulleiter beim Hauseintritt zu erden sei, den Umstand berücksichtigt, dass einst kein durchgehendes Wasserleitungsnetz mehr zur Verfügung stehen könnte.

Die Erdungskommission hat deshalb geprüft, ob die Publikation SEV 4001.1960 über «Erden elektrischer Anlagen ans Wasserleitungsnetz» noch zweckmässig sei.

Man ist zum Schluss gelangt, dass diese im Sinne einer Lockerung der Forderung nach durchgehend leitfähigen Rohren überarbeitet werden muss. Eine Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern der Erdungskommission sowie des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, hat einen Entwurf ausgearbeitet, welcher im Bulletin des SEV Nr. 7 vom 1. April 1972 veröffentlicht wurde.

Zwischen alter und neuer Fassung besteht folgender grundlegender Unterschied:

Nach alter Übereinkunft waren die Wasserversorgungen verpflichtet, nur Schraubmuffenrohre mit Überbrückungseinrichtungen einzulegen. Die Erdungsinteressierten waren verpflichtet, die entsprechenden Kosten zu übernehmen.

Nach neuer Fassung übernehmen die Erdungsinteressenten die Mehrkosten für Überbrückungseinrichtungen nur dort, wo sie diese als notwendig erachten. Wenn also ein Elektrizitätswerk eine Wasserversorgung auffordert, in einem bestimmten Gebiet keine Überbrückungseinrichtungen für Schraubmuffenrohre zu verwenden, verstösst dieses Werk nicht mehr gegen die Übereinkunft Publikation SEV 4001. Die Mehrkosten für durchgehend leitende Rohre anstelle von Kunststoff- oder Eternitrohren werden nach wie vor nur dann übernommen, wenn die Erdungsinteressenten ausdrücklich verlangen, dass leitende Rohre verlegt werden.

Die Einsprachen von seiten der Werke bestätigen die Richtigkeit unserer Annahme, dass die Erdungsinteressenten, zumindest in gewissen Fällen, von der Wasserleitung unabhängig werden möchten. Die PTT als weiterer Erdungsinteressent erklärten sich – nicht ohne Bedenken – bereit, die beträchtlichen Aufwendungen für Überbrückungseinrichtungen an Schraubmuffenrohren weiterhin zu übernehmen. Die PTT werden sich jedoch an den Mehrkosten für leitende Rohre anstelle von Kunststoffrohren in der Regel nicht beteiligen.

Ich bin überzeugt, dass die Neufassung dieser SEV-Publikation allen Beteiligten bestens dienen wird, bin mir aber gleichzeitig bewusst, dass deren Anwendung eine vermehrte Kontaktnahme zwischen Elektrizitätswerken und Wasserversorgungen erfordert.

Adresse des Autors:

W. Meier, Chef der Abteilung Verteilanlagen des Elektrizitätswerkes der Stadt Schaffhausen, 8200 Schaffhausen.