

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 46 (1955)

**Heft:** 4

**Artikel:** Zur Frage des Isolationswiderstandes von Schuhen

**Autor:** Irresberger, G.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060911>

#### 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:** 23.02.2026

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

## 7. Das Schalten von Kondensatorenbatterien

Weitaus das wichtigste und interessanteste Spezialproblem im Zusammenhang mit Kondensatorenanlagen ist deren Ein- und Ausschalten. Ohne auf die Theorie einzugehen sei erwähnt, dass das Einschalten wegen des sehr hohen Einschaltstromes (inrush current) und das Ausschalten wegen der Möglichkeit von Rückzündungen (restrikes) Probleme stellt. Die Nachbarschaft von weiteren Kondensatorenbatterien verschärft diese Probleme, speziell die hochfrequenten Einschaltströme können dann auf den über hundertfachen Wert des Normalstromes ansteigen.

Wegen der grossen Zahl von Kondensatorenbatterien, die in den USA in Betrieb stehen, sind spezielle Kondensatorenenschalter (capacitor switches) für die 15-kV-Klasse auf dem Markt. Es sind relativ kleine, leichte Ölschalter mit sehr schnell sich bewegenden Kontakten (zur Vermeidung von Rückzündungen), ohne Kurzschlussabschaltvermögen. Der Nennstrom schwankt je nach Typ zwischen 100 und 400 A. Ein Solenoïd oder ein kleiner Motor-Feder-Mechanismus dient zur Fernschaltung.

Für sehr grosse Anlagen in grossen Unterstationen werden meistens grosse Ölschalter mit Kurzschlussabschaltvermögen angewendet. Deren relativ langsame Kontakte haben manchmal zu Schwierigkeiten geführt, bis geeignete Mittel zu deren Bekämpfung gefunden wurden. Ofters muss auch die Impedanz zwischen benachbarten, individuell geschalteten Batterien künstlich vergrössert werden, z.B. durch Leitungsschleifen oder eine den Einschaltstrom vermindernende Drosselpule (inrush current limiting reactor).

Für mehrstufige Hochspannungsbatterien ist der Aufwand an Hochspannungsschaltern recht kostspielig. Es wurden daher Methoden entwickelt zur Schaltung von Kondensatorenanlagen bis zu 220 kV mit einer grösseren Anzahl kleiner 15-kV-Ölschalter. Eine solche Methode reduziert die Kosten für Schalter und Steuerapparate auf etwa einen Drittel der Kosten eines entsprechenden Hochspannungsschalters.

## 8. Teilresonanz und Harmonische

Ein Problem, welches hin und wieder im Zusammenhang mit Kondensatorenbatterien auftaucht, ist Teilresonanz, d. h. Resonanz wegen Oberwellen von 60 Hz, wodurch unter gewissen Umständen die Spannung am Kondensator erheblich erhöht wird. Dies ist der Fall, wenn das Netz einen grossen Gehalt an höhern Harmonischen aufweist. Durch einen isolierten Sternpunkt werden die dritte, neunte usw. Harmonische als Störherde eliminiert. Für die andern Harmonischen (fünfte, siebente usw.) ist aber nur in seltenen Fällen die entsprechend erhöhte induktive Seriereaktanz ungefähr gleich der entsprechend verringerten kapazitiven Reaktanz, was unter Umständen schädliche Ströme zur Folge hat. Im grossen und ganzen sind jedoch Resonanz und Harmonische keine ernsten Probleme; ihr Einfluss kann relativ leicht behoben werden, wenn sie auftreten.

## 9. Steuerapparate für Kondensatorenbatterien

Weitaus die meisten Kondensatorenbatterien werden automatisch geschaltet und durch einen der folgenden Apparate gesteuert: Zeitschalter, Kontakt-Voltmeter, Kontakt-Ampèremeter und Kontakt-Voltampèremeter. Falls täglich das gleiche Schaltprogramm gilt, ist ein Zeitschalter das einfachste und billigste Mittel. Ist die Spannung das ausschliessliche Kriterium, was meistens der Fall ist, so ist ein Kontakt-Voltmeter weitaus das geeignete und logische Mittel zur Steuerung. In Netzen wo die Spannung mittels Regulatoren konstant gehalten wird, ist ein VA- oder ein Varmeter erwünscht; im praktischen Fall tut aber ein Kontaktampèremeter den gleichen Dienst bei kleinerem Kostenaufwand. Die Batterie wird dann bei grossem Strom eingeschaltet und bei kleinem Strom ausgeschaltet. Manchmal werden auch Kombinationen der oben erwähnten Steuerapparate verwendet, wie stromkompensierte Spannungssteuerung oder Zeit-Spannungs-Steuerung.

### Adresse des Autors:

Peter M. Minder, Dipl. Ing., 1653 N. Prospect Ave., Milwaukee, Wis., USA.

## Zur Frage des Isolationswiderstandes von Schuhen

Von G. Irresberger, Gmunden<sup>1)</sup>

621.316.933.8 : 614.825 : 646.4

*Die Arbeit behandelt das elektrische Verhalten von gewöhnlichem Schuhwerk bei Niederspannung; es werden dabei die verschiedenen Einflüsse, welche den Schutzwert der Fussbekleidung in weiten Grenzen zu ändern vermögen, besprochen. Die Verhältnisse bei Hochspannung und die speziellen Isolierschuhe, welche über dem normalen Schuhzeug getragen und in Hochspannungsanlagen verwendet werden, stehen — ebenso wie die Unfallverhütungsschuhe mit Stahlkappe und Mittelfussknochenschutz — nicht zur Diskussion.*

Unter den elektrischen Unfällen kennen wir zwei Hauptgruppen: Berührung zwischen zwei Leitern verschiedener Potentials (vornehmlich mit beiden Händen) und Berührung eines spannungsführenden Leiters mit Stromdurchfluss durch

*L'auteur traite de la question de la résistance d'isolation des chaussures dans le cas de la basse tension et montre que différents facteurs peuvent grandement influencer la valeur de protection des chaussures. Cette étude ne concerne pas les conditions dans le cas de la haute tension, notamment les bottes isolantes enfilées sur des chaussures ordinaires par les personnes travaillant dans des installations à haute tension et les chaussures de protection contre les accidents, avec bout d'acier et protection du cou-de-pied.*

den Körper gegen Erde. Während für den ersten Fall der Standort des Verunglückten praktisch belanglos ist, kommt ihm bei der zweiten Gruppe eine erhöhte Bedeutung zu.

Den nachstehenden Ausführungen liegt nur die zweite Unfallmöglichkeit zugrunde und hier soll von den verschiedenen Widerständen in diesem Stromkreis (Widerstand der Handbekleidung, Hautwiderstand, Körperwiderstand, Widerstand der Fussbekleidung sowie Erdübergangswiderstand)

<sup>1)</sup> Vortrag gehalten auf der 8. Arbeitstagung der Sicherheitstechniker der Arbeitsgruppe der Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen Österreichs am 14. Oktober 1954 im Technischen Museum in Wien.

ausschliesslich nur das Schuhwerk in elektrischer Hinsicht näher betrachtet werden.

Bei den elektrischen Unfällen, die sich bisher bei der Oberösterreichischen Kraftwerke Aktiengesellschaft (OKA), Linz [1]<sup>2)</sup> zutrugen, konnte beobachtet werden, dass es für sie praktisch keine Schablone gibt und dass die Grösse des Widerstandes von Schuhwerk oftmals entscheidend für den Verlauf des Unfallen war. Die die elektrischen Unfälle erschwerenden Umstände, wie schwitzende Hände und Füsse, sowie feuchtes Schuhwerk und Erdreich, sind ausser in der Landwirtschaft in mehr oder weniger starkem Masse auch in Werkstätten, Industriebetrieben und Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen gegeben. Insbesondere die hohe Zahl der alljährlichen Todesopfer bei Niederspannung in der Landwirtschaft zeigt mit aller Deutlichkeit, dass die Berührung eines spannungsführenden Leiters mit blossem Händen selbst in einem Ortsnetz (mit den Gebrauchsspannungen von 110 V oder 220 V), wenn der Betreffende mit durchnässtem Schuhwerk oder gar barfuss auf feuchtem Erdreich steht, meist tödliche Folgen hat. Kam es bei derartigen Berührungen vielfach doch nur zu unangenehmen Elektrisierungen ohne bleibende Schäden, dann war glücklicherweise meist das Schuhwerk in hohem Masse isolierend.

Die Beobachtung, dass ein im genannten Unternehmen bei Hochspannung tödlich verunglückter Arbeiter schwerste Verbrennungen im Bereich der Fußsohlen davontrug und die Erklärung dafür letzten Endes im Tragen von Stahleinlagen (wegen seiner Senkfüsse) gefunden wurde, gab schliesslich dem Verfasser die Veranlassung, das Schuhwerk einmal in elektrischer Hinsicht näher zu betrachten. Nachdem zuerst Vorfragen betreffs der in Verwendung stehenden Werkstoffe untersucht wurden, ist eine Prüfvorrichtung (Phantom) für die Messung von Isolationswiderständen von Schuhen angefertigt und daraufhin mit der Durchführung von einschlägigen Versuchen im Laboratorium und Hochspannungsprüf- feld des genannten Unternehmens (Fig. 1) begonnen worden.

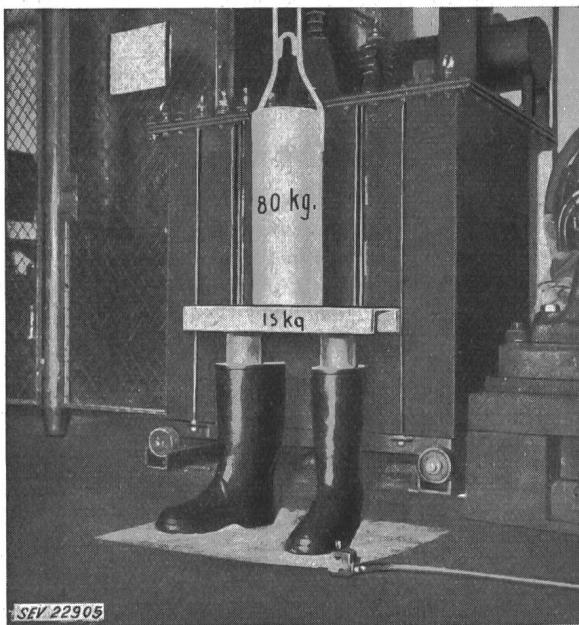


Fig. 1  
Prüfvorrichtung für die Messung des Isolationswiderstandes von Schuhwerk

Der Isolationswiderstand von Schuhwerk ist von einer Reihe von Faktoren, wie dem verwendeten Werkstoff, dem Zustand, der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgrad desselben abhängig; in Verbindung mit der Erde spielen darüber hinaus natürlich auch noch die Grösse der Auflagefläche der menschlichen Füsse (Schuhinnenseite), der Berührungsfläche des Standortes (Schuhaußenseite) sowie des Anpressungsdruckes (Körpergewicht) eine gewisse Rolle.

Als Werkstoff kommen für den Unterteil der Schuhe (Sohlen) vorwiegend Leder und Gummi, seltener Holz (beispielsweise bei den Salinenschuhen oder bei den Trittlingen) in Betracht; für den Oberteil der Schuhe findet ausserdem

<sup>2)</sup> siehe Literatur am Schluss.

Leinen als Werkstoff Anwendung. Bei den genannten Werkstoffen ist aber nicht nur ihre Art für die elektrische Leitfähigkeit von Belang, sondern sie wird auch durch die ausserordentlichen Unterschiede in der Qualität des jeweiligen Werkstoffes (bei Gummi ferner durch vielfach vorhandene Gewebeeinlagen) stark beeinflusst.

Der Isolationswiderstand von Schuhen hängt meist in hohem Masse von deren Zustand ab, denn mit starker Abnutzung der Schuhe werden nicht nur durch Abrieb die Sohlen dünner, sondern es muss auch mit dem Hervortreten von schwachen Stellen, Auftreten von Rissen und dergleichen gerechnet werden. Werden beispielsweise Schuhe durch hervorstehende Nägel beschädigt, so wird es meist unvermeidlich sein, dass an dieser Stelle mit der Zeit Feuchtigkeit eindringt, manchmal in einem solchen Masse, dass sich selbst das Innenleder bis zur Sättigung mit Wasser vollsaugt. Bei einzelnen Schuharten (mit Leder oder Leinen als Werkstoffe) wird darüber hinaus der Isolationswiderstand nicht nur der Sohle allein, sondern des ganzen Schuhwerks massgeblich durch den innen wirkenden Fußschweiss (Elektrolytwirkung) beeinflusst.

Da alle Werkstoffe ihre elektrische Leitfähigkeit mit der Temperatur ändern, und in hiesiger Gegend im Winter Temperaturen bis  $-25^{\circ}\text{C}$  und im Sommer bis zu  $45^{\circ}\text{C}$  in der Sonne vorkommen, ergeben sich von Fall zu Fall auch verschiedene Isolationswiderstände für das Schuhwerk.

Die Berührungsfläche kann je nach Ausbildung des Fusses (Hohl- oder Senkfuss) und der Grösse des Körpergewichtes stark verschieden sein. Aus Fussabdrücken mittels Kohlepapier, deren Flächen ausplanimetriert wurden, konnte die effektive Auflagefläche eines menschlichen Fusses im Mittel zu ungefähr  $150 \text{ cm}^2$  bestimmt werden. Unterschiede ergeben sich aber ferner je nachdem, ob aussen die Sohlen glatt oder zwecks eines Schutzes gegen Gleiten gerippt (Zickzack-Muster) ausgeführt sind.

Unsere grundlegenden Versuche über den Widerstand von Holzmasten [2] gipfelten in der Erkenntnis, dass der Widerstand eines Holzmastes üblicher Länge zwischen  $400 \Omega$  und  $100 \text{ M}\Omega$  schwanken kann und dass neben der Imprägnierungsart (beispielsweise Salzimprägnierung) die Feuchtigkeit desselben den Haupteinfluss ausübt; bei den Schuhen sind die Verhältnisse ähnlich gelagert, auch hier übt die Feuchtigkeit den Haupteinfluss aus. Bei den Versuchen wurden daher jeweils die Schuhe in Parallelschaltung sowohl in lufttrockenem als auch in feuchtem Zustand durchgemessen, wobei als feucht im Normalfall der Zustand nach einem 48stündigen Stehen der Schuhe auf feuchten Sägespänen bezeichnet wurde.

Ergänzend sei aber hiezu bemerkt, dass die bei einzelnen Gerbverfahren zur Entkalkung notwendigen Säuren, die zur Haltbarmachung der tierischen Haut notwendigen Gerbstoffe und schliesslich die aus modischen Gründen teilweise verwendeten färbenden Substanzen — da meist Salze — bei Zutritt von Feuchtigkeit (Wasser) infolge Elektrolytwirkung sogar eine erhöhte Leitfähigkeit zur Folge haben. Messungen haben ferner gezeigt, dass selbst wasserabweisende Schuhpflegemittel (beispielsweise Fette) nach längerer Einwirkung von hoher relativer Luftfeuchtigkeit instabile Isolationsverhältnisse nicht verhindern können. Deutlicher als jede Beschreibung zeigt die Gegenüberstellung einiger weniger Zahlen, die bei unseren Messungen für den resultierenden Widerstand der beiden parallelgeschalteten Schuhe gefunden wurden, wie ungeheuer stark die Feuchtigkeit den Isolationswiderstand von Schuhwerk herabsetzen vermag. Halbschuhe aus Leder, deren beide Sohlen starke Durchlöcherungen aufwiesen, hatten im lufttrockenen Zustand einen Isolationswiderstand von  $130 \text{ M}\Omega$ , hingegen im feuchten Zustand einen solchen von nur  $455 \Omega$ . Hohe Schuhe aus Leder, bei denen lediglich die linke Sohle gering beschädigt war, hatten im lufttrockenen Zustand einen Isolationswiderstand von  $80 \text{ M}\Omega$ , hingegen im feuchten Zustand einen solchen von nur  $182 \Omega$ .

Der hohe Isolationswiderstand von trockenen Lederschuhen wird einerseits verständlich, wenn man bedenkt, dass trockenes Leder ungefähr dieselbe spezifische elektrische Leitfähigkeit wie gewöhnliches Glas oder unglasiertes Porzellan besitzt; die isolierende (nichtleitende) Eigenschaft von trockenem Leder findet übrigens auch durch die statische Aufladung von Riemen (Reibungselektrizität bei Nichtleitern) bis zu vielen tausend Volt ihre Bestätigung. Übri-

gens haben auch einzelne Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen für das Arbeiten unter Niederspannung im Rahmen der gesetzlich zugelassenen Grenzen Handschuhe aus Leder in Verwendung, die entsprechend der Aufstempelung natürlich nur im trockenen Zustand benutzt werden dürfen. Der niedrige Isolationswiderstand ist aber anderseits auch wieder erklärlich, denn die Ledersohlen werden bei ihrem Gebrauch nur sehr selten ganz trocken, sondern — da sie der Witterung ausgesetzt sind — wegen der natürlichen Feuchtigkeit der Luft und des Erdreiches (in der Landwirtschaft vielfach sogar jauchegetränkt) sowie des unvermeidlichen Fussschweisses<sup>3)</sup> mehr oder minder leitfähig sein.

Wenn über den Schutz von Bedienenden in elektrischen Anlagen, insbesondere in Hochspannungsanlagen, gesprochen wird, hört man immer wieder — manchmal sogar selbst von Fachseite — die recht einfache Entgegnung, dass für solche Fälle das Tragen von Schuhen mit Gummisohlen das Allheilmittel sei. Diese Meinung ist aber nur sehr bedingt richtig, ja sie muss sogar abgelehnt werden, weil in den meisten Fällen eine Sicherheit vorgetäuscht wird, die gar nicht vorhanden ist. Gummi, der für spezielle elektrotechnische Zwecke [3] bestellt und erzeugt ist, hat ohne Zweifel vorzügliche Isolationseigenschaften; der für die verschiedensten Zwecke im Alltagsgebrauch verwendete Gummi (übliche Handelsware) hat erfahrungsgemäß wohl auch meist gute Isolations-eigenschaften; dieselben müssen aber — da ohne Gewähr — als zufällig angesehen werden. Weil Gummi für letztere Fälle nach ganz anderen Gesichtspunkten hergestellt wird, vorwiegend bestimmte mechanische Eigenschaften (beispielsweise genügend hohe Verschleissfestigkeit) aufweisen muss, können plötzlich vorgenommene Änderungen in der Herstellung (Mischung) des Werkstoffes sich in elektrischer Hinsicht ungünstig auswirken. Je nachdem, welche Menge von Russ oder anderen halbleitenden oder leitenden Zusatzstoffen dem Naturgummi beigemischt wird, kann dieses Pro-

keit dem Gummi immer wieder Russ beimengte, wodurch dann sprunghaft der Isolationswiderstand des Konstruktions-teiles (beispielsweise Durchführungs-dichtungen bei Transfor-matoren) sank, in einzelnen Fällen dermassen, dass Gummi sogar regelrecht stromleitend wurde. Diese Erkenntnis, sinn-gemäss auf normales Schuhwerk oder Schuhsohlen angewen-det, ergibt, dass diese nicht als genügend isolierend angespro-chnen werden können. Unbeschadet dieser Feststellung sind wohl in den meisten Fällen die Schuhe mit üblichen Gummisohlen als mehr oder minder isolierend anzusprechen; auch bei im genannten Unternehmen lagermäßig geführten hohen Gummistiefeln wurde im Anlieferungszustand bei den Mes-sungen ein praktisch unendlich grosser Widerstand festgestellt.

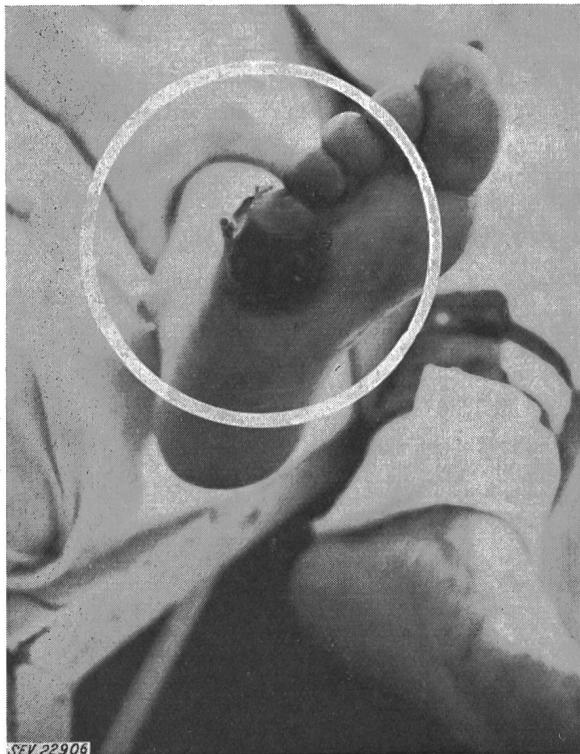


Fig. 2  
Rechter Fuss eines an Hochspannung (110 kV) verunglückten Arbeiters  
Stromaustrittsstellen an der kleinen Zehe

dukt dann in allen Stufen vom isolierenden bis zum strom-leitenden Gummi abgeändert werden. Gerade auf dem Sektor der Isolation machte man hierorts trübe Erfahrungen, zumal das Herstellerwerk aus Gründen der mechanischen Festig-

<sup>3)</sup> Von der Körperoberfläche weist bekanntlich der Hautbezirk der Fußsohle mit 366 Schweissdrüsen je cm<sup>2</sup> Hautfläche neben der Hohlhand (373) die grösste Dichte auf.

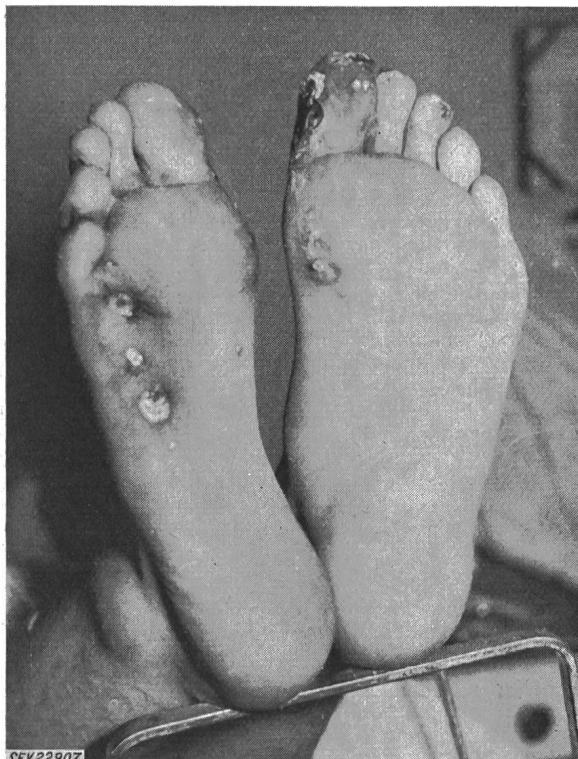


Fig. 3  
Strommarken an den Füssen eines an Hochspannung (10 kV) verunglückten Stationsmonteurs

Eines der wesentlichsten Momente, warum das Schuhwerk mit Sohlen aus Leder oder Gummi selbst bei Niederspannung einen fraglichen Schutzwert hat, liegt in den Verbin-dungsgliedern zwischen Sohle und Oberleder begründet. Die grossen Unterschiede sind dadurch zu erklären, dass je nach Fertigungsart hiefür Klebstoffe, Nähte, Holznägel oder (wie meist üblich) Stahlstifte verwendet werden; speziell durch die metallischen Schuhnägel ist eine Überbrückung des Sohlenwiderstandes gegeben. Auch darf nicht vergessen werden, dass gerade bei den Ledersohlen häufig stark stromleitende Verbindungen ausser durch die Stahlstifte durch die aufge-nagelten Kappen- und Absatzseisen gegeben sind. Strombahnen sind aber auch noch auf andere Ursachen oder Um-stände zurückzuführen. Die Schuhsohlen werden bei der Her-stellung vielfach mittels besonderer Stahlstifte an die Holz-leisten gehaftet. Diese werden nach Vernähung zwar wieder entfernt, es bleibt aber die Lochung zurück, die natürlich einen Isolationsdefekt darstellt. Werden anderseits beschädigte Gummistiefel durch Vulkanisierung wieder instandge-setzt, so kann auch durch diese Behandlung die Leitfähig-keit in unkontrollierbarer Weise verändert werden.

In der Spurenkunde der Elektrizität finden wir daher besonders bei an Hochspannung geratenen Personen manchmal geradezu klassische Beispiele von Strommarken an Fußsohlen mit einem genauen Abdruck der Besatzfolge von Schuhen oder Stiefeln.

Aus dem Archiv elektrischer Unfälle des genannten Unternehmens folgen zwei Beispiele: Ein vor dem Unfall am rechten Schuh bestandener Schaden ergab bei einem an

Hochspannung (110 kV) verunglückten Hilfsarbeiter abbildliche Stromaustrittsstellen an der kleinen Zehe des rechten Fusses (Fig. 2). Bei einem anderen Unfall, der einem Stationsmonteur bei Hochspannung (10 kV) zugestossen war, ergaben die in Fig. 3 gezeigten besonders deutlich ausgeprägten Strommarken an beiden Füssen eine völlige Übereinstimmung mit der Lage der Befestigungsstifte des Sohlenbelages. Bei Ausbrennungen in Lederschuhen durch den Lichtbogen beobachteten wir dabei mehrmals selbst in einem grösseren Bereich eine starke Brüchigkeit, ähnlich wie wir sie bei Lederriemen und Lederbesatz von Sicherheitsgürteln finden, die unsachgemässerweise in unmittelbarer Ofennähe getrocknet und in der Hitze brüchig wurden.

Unter den verschiedensten Schuharten, die bisher bekannt wurden, haben sich lediglich die seit einigen Jahren in steigendem Masse eingebürgerten Schuhe mit Kreppsohlen als genügend isolierend gegen Niederspannung erwiesen. Bei den Messungen an derartigen Schuhen wurde — wie auch von anderer Seite festgestellt — stets ein unendlich grosser Widerstand ermittelt, der selbst bei längerer Einwirkung von Feuchtigkeit keine nennenswerte Einbusse erfuhr. Diese Tatsache findet übrigens auch durch die in verschiedenen Betrieben — natürlich nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen — gemachten Beobachtungen der elektrostatischen Aufladung von Personen, die Schuhe mit Kreppsohlen trugen, ihre Erhärtung.

Es braucht aber wohl nicht besonders betont zu werden, dass bei der Nachprüfung eines elektrischen Unfalls durch den Versuch die Messbedingungen und Prüfanordnungen den tatsächlichen Verhältnissen in der Praxis Rechnung tragen müssen [4]. In einem konkreten Fall (Niederspannungs-Unfall) — es handelte sich um Luftpolsterschuhe mit Sohlen auf Nylonbasis — ergab sich für die Schuhe (volle Auflagefläche auf ebener Gegenelektrode) ein praktisch unendlich grosser Isolationswiderstand; in der Unfallsituation hingegen sank der Verunglückte mit seinen Schuhen mehrere Zentimeter tief in völlig aufgeweitetes Erdreich ein, so dass ein Strom-

pfad über das Oberleder zustande kam. Ein Abgriff am Oberleder (entsprechend dem eingesunkenen Teil), zu welchem Zwecke vorher in die Schuhe Holzleisten gesteckt und diese mit Metallfolien belegt worden waren, ergab dann auch tatsächlich nur einen Isolationswiderstand von 1050 Ω. In je einem anderen Fall kamen bei elektrisch verunglückten Stationsmonteuren beim Stehen auf den Fußspitzen beziehungsweise Ausrutschen nach rückwärts bei Hochspannungsberührung mittels langer, leitender Gegenstände Stromwege über die Schuhspitzen beziehungsweise Schuhabsätze zustande, was die Notwendigkeit von Messungen bei verschiedenen Auflageverhältnissen unterstreicht.

Die vorstehenden Ausführungen lassen jedenfalls mit aller Deutlichkeit erkennen, dass der Isolationswert von Schuhwerk selbst bei Niederspannung fraglich ist; um sich bei Arbeiten in elektrischen Anlagen und auf elektrischen Leitungen nicht in falscher Sicherheit zu wiegen, muss daher für das gewöhnliche Schuhwerk stets der schleteste Fall, also keinerlei ausreichender Schutz, auch bei Niederspannung, angenommen werden.

#### Literatur

- [1] Irresberger, Georg: Die Analyse der Unfälle 1919 bis 1939 eines grossen Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmens. Bull. SEV Bd. 42 (1951), Nr. 12, S. 443...450.
- [2] Irresberger, Georg: Zur Frage der elektrischen Leitfähigkeit von Holzmasten. ETZ-B Bd. 6 (1954), Nr. 11, S. 407...409.
- [3] Irresberger, Georg: Schutzmassnahmen bei Aufstellung von Holzmasten unter Spannung. Elektr.-Wirtsch. Bd. 53 (1954), Nr. 24, S. 788...790.
- [4] Schrank, W.: Schutz gegen Berührungsspannungen. Berlin: Springer 1952.
- [5] Koch, Walther: Zur Frage der Schrittspannung in Hochspannungsanlagen. Siemens. Z. Bd. 26 (1952), Nr. 5, S. 249...252.

#### Adresse des Autors:

G. Irresberger, Oberösterreichische Kraftwerke-Aktiengesellschaft, Linz.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Ein 12-t-Induktionsofen in Schweden

621.365.5 (485)

[Nach T. Hahn: Induction Furnace Plant in the Bofors Steelworks at Kilsta, Sweden. Asea J., Västeras Bd. 27 (1954), Nr. 5/6, S. 71...77.]

Im Januar 1952 sind im Stahlwerk Kilsta der AB Bofors (Schweden) zwei Induktions-Stahlöfen in Betrieb gesetzt worden, welche je 12 t Schmelzgut aufnehmen können. Diese Einheiten, welche zu den grössten dieser Art gehören, krönen eine 25jährige Entwicklungstätigkeit der ASEA auf dem Gebiet der Induktionsöfen, für deren Anwendung die Verhältnisse in Schweden besonders günstig sind (Roheisen mit niedrigem Phosphor- und Schwefelgehalt, billige elektrische Energie). Die ganze Anlage setzt sich zusammen aus den zwei kippbaren Induktionsöfen, der Umformergruppe mit Kondensatorbatterie und der Steuerapparatur.

Fig. 1 zeigt den Aufbau und die Dimensionen des 12-t-Ofens. In einem geschweißten Stahlblechrahmen ist mit Hilfe von Schamotte-Steinen der Schmelziegel aus Quarz eingebaut. Die Induktionswicklung (Primärwicklung) besteht aus kühlwasserdruckflossenen Kupferrohren und ist auf einem hochhitzebeständigen keramischen Isolierkörper direkt an den Tiegel anliegend angeordnet. Bei Vollast beträgt der Strom pro Ofen etwa 18 000 A und die nötige Kühlwassermenge etwa 400 l/min. Der Ofen kann zum Beschicken und Entleeren elektro-hydraulisch 100° vorwärts und 75° rückwärts gekippt werden.

Der für den Betrieb der zwei Öfen benötigte Strom von 600 Hz wird in einer fremdventilierten, mit 1000 U./min rotierenden Umformergruppe erzeugt. Diese besteht aus einem vom Netz gespeisten Dreiphasen-Synchronmotor von 3750 kW bei  $\cos \varphi = 0,65$  kapazitiv, und zwei direkt gekuppelten 600-Hz-Einphasen-Synchrongeneratoren von je 1700 kW bei  $\cos \varphi = 0,9$ , sowie den zugehörigen Erregermaschinen. Die Schaltung der Anlage geht aus Fig. 2 hervor. Die Spannung und damit die Heizleistung wird mit Hilfe der Erregung der Generatoren reguliert; die Blindleistung, die sehr hohe

Werte annehmen kann, wird mit parallelgeschalteten Kondensatoren erzeugt. Es sind im ganzen 403 Kondensatoren

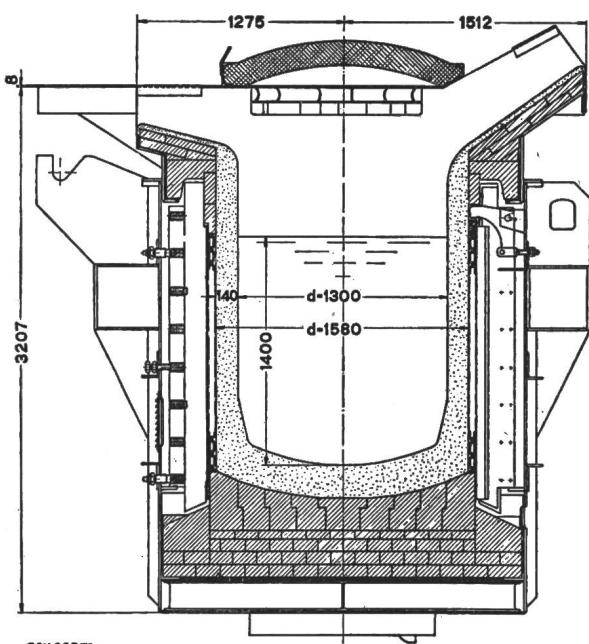


Fig. 1  
12-t-Induktionsofen der ASEA, Längsschnitt  
Masse in mm

zu je 250 kVar verwendet worden, die in einem besonderen Raum untergebracht sind. Eine automatische Steuerung mit  $\cos \varphi$ -Relais sorgt durch Zu- und Abschalten der Kondensa-