

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 42 (1951)
Heft: 24

Artikel: Die Anwendung des Aluminiums in der Elektrotechnik, seine nationale und internationale Normung
Autor: Preiswerk, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056905>

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: 18.01.2025

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

BULLETIN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

Die Anwendung des Aluminiums in der Elektrotechnik, seine nationale und internationale Normung

Von M. Preiswerk, Lausanne ¹⁾

621.315.52

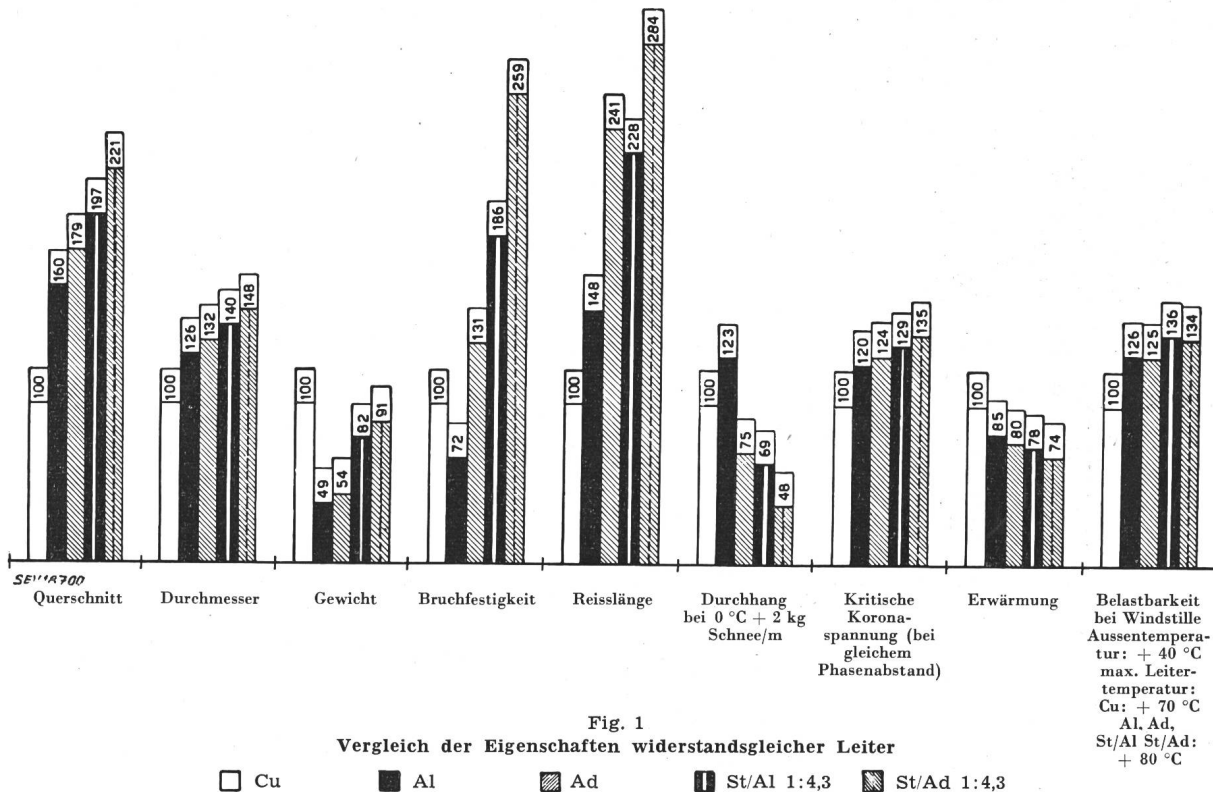
Die Eigenschaften des Aluminiums und der in der Schweiz gebräuchlichsten Legierung Aldrey werden dargestellt. Alsdann wird die Anwendung des Aluminiums auf den verschiedenen Gebieten behandelt und seine Verwendung derjenigen von Kupfer in einer Rangordnung gegenübergestellt. Die durch Fachorgane aufgestellten Tabellen, Regeln und Leitsätze werden erwähnt und die internationalen Zusammenhänge unter den Organisationen, die sich mit Aluminium befassen, beleuchtet.

Exposé des qualités de l'aluminium et de l'aldrey, qui en est l'alliage le plus utilisé en Suisse. Emplois de l'aluminium dans les divers domaines; comparaisons avec le cuivre. Rappel des tables, règles et recommandations établies par des organes qualifiés, ainsi que des rapports internationaux entre les organisations qui s'occupent de l'aluminium.

Wenn man die physikalischen und technologischen Eigenschaften von Aluminium und seinen Legierungen betrachtet, ist man immer wieder erstaunt über die Mannigfaltigkeit der Anwendungsmöglichkeiten, welche diese Eigenschaften eröffnen.

nische Güterwerte, geringe magnetische Suszeptibilität, Bildung nichtleitender Rückstände unter der Einwirkung des Lichtbogens usw.

Voraussetzung für technisch und wirtschaftlich erfolgreiche Anwendung ist, dass eine gleichzeitige



Für die Anwendung in der Elektrotechnik sind folgende Eigenschaften wichtig:

Hohe elektrische Leitfähigkeit, die zweitbeste aller technisch verwertbaren Metalle; geringes spezifisches Gewicht, chemische Beständigkeit, mecha-

Berücksichtigung möglichst vieler dieser Eigenschaften angestrebt und grundsätzliche Änderungen von Konstruktion, Bearbeitungsverfahren und Anwendung nicht gescheut werden.

Es bestehen zwei grundlegend verschiedene Anwendungsmöglichkeiten, und zwar

¹⁾ Nach einem am Aluminium-Kongress vom 8...11. Mai 1951 in Zürich gehaltenen Vortrag.

- a) als aktiver oder stromführender Werkstoff;
b) als passiver oder Konstruktionswerkstoff.

zu a) Für Leitungen werden vorwiegend Rein-aluminium, in Sonderfällen Al-Legierungen verwendet; stromführende Formteile bestehen vorzugsweise aus Legierungen.

zu b) Hiefür werden fast ausschliesslich Legierungen verwendet.

Für die Verwendung von Aluminium in Konkurrenz mit anderen Metallen, insbesondere Kupfer, sind neben technischen Erfordernissen auch weitgehend wirtschaftliche Überlegungen massgebend. Wenn man normale Preise, unter denen solche zu verstehen sind, die weder durch Baissen noch Haussen beeinflusst werden, annimmt, so kann man eine Rangliste aufstellen, angefangen bei Anwendungsgebieten, bei denen Aluminium vorteilhafter ist als Kupfer, über solche, da Aluminium und Kupfer gleichwertig sind, und solche, bei denen Aluminium gegenüber Kupfer technisch und wirtschaftlich im Nachteil ist.

Zu den Anwendungsgebieten, bei denen Aluminium Vorteile bietet gegenüber Kupfer (Fig. 1), ist in erster Linie der Freileitungsbau zu zählen und zwar für:

1. Schwachstromleitungen
2. Niederspannungs- und Verteilungen
3. Hochspannungs-Regelleitungen
4. Hochspannungs-Weitspanleitungen
5. Höchstspannungsleitungen.

Als Schwachstromleitungen haben sich Einzeldraht oder 3drähtiges Seil aus Aldrey sowie dünne

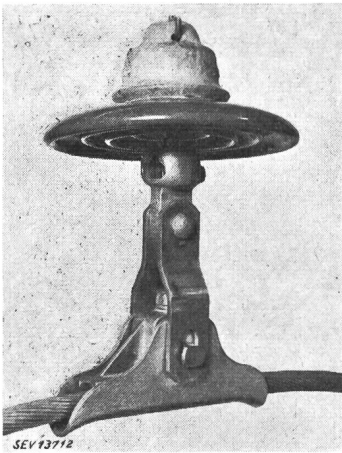


Fig. 2
Leichte Tragklemme
Konstruktion AIAG

Stahlaluminiumseile bewährt, insbesondere, nachdem man der Wahl der Bündel an den Stützisolatoren und der Verbindungsmethode die notwendige Beachtung geschenkt hatte.

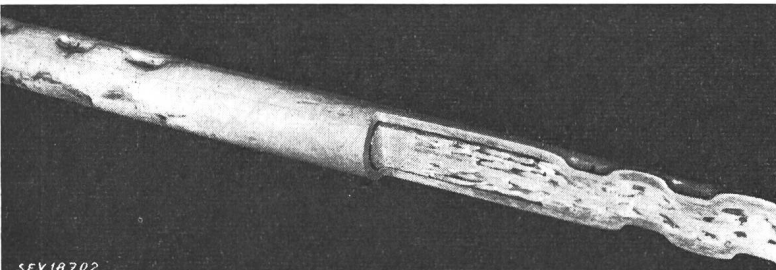


Fig. 4
Alutherm-Schweissverbindung
mit Rohrverbinder
(rechts aufgeschnitten)

Bei den Niederspannungs-Verteilungen und den Hochspannungs-Regelleitungen hat sich neuer der massive Aldreydraht bis zu 8 mm Durchmesser eingeführt.

Die Weitspanleitungen haben durch die neuern Erkenntnisse über die richtige Konstruktion der Trag- und Abspannklemmen und durch die Einführung der Alutherm-schweissung ganz enorm an Betriebssicherheit gewonnen. Ultraleichte Tragklemmen geben Sicherheit gegen Schwingungsschäden und die Alutherm-schweissung löst das Problem der Verbinder, welche nicht mehr durch elektrischen Überlastungsschaden leiden können (Fig. 2, 3, 4, 5).

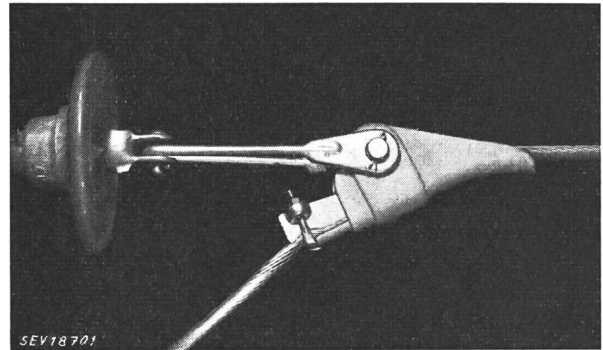


Fig. 3
Leichte Abspannklemme
Konstruktion AIAG

Für die Höchstspannungsleitungen werden bis 225 kV massive Leiter aus Aldrey, Stahlaluminium oder Stahlaldrey angewendet (Fig. 6) und für Spannungen bis 380 kV Bündelleiter, bestehend aus 2 parallelen Stahlaluminiumseilen im Abstand von 40 cm voneinander. So wird die erste 380-kV-Leitung Harspränget—Hallsberg in Schweden ausgerüstet.

Es ist zu erwähnen, dass sich das Leitermaterial Aldrey, das seit über 25 Jahren angewendet wird, restlos gut bewährt hat. Wenn anfänglich Störungen an Aldreyleitern vorkamen, so sind diese nur auf die Wahl ungeeigneten Klemmenmaterials und schlechter Verbindungsmethoden zurückzuführen. Mit den heutigen Klemmenkonstruktionen und der Alutherm-schweissung sind solche Störungsursachen gänzlich vermieden. Die bisher verwendete Aldrey-menge überschreitet 15 000 t, entsprechend 120 000 km Leiter (Fig. 7).

Aldrey wurde und wird hauptsächlich in der Schweiz, Italien, Deutschland, Österreich und Spanien angewendet. Nur kleinere Mengen gingen in das weitere Ausland. In Frankreich findet Almelec, eine ähnliche Aluminiumlegierung, zunehmende Verwendung. Dass Aldrey, welches ein technischer Fortschritt gegenüber dem sehr bewährten Stahlaluminium dar-

stellt, nicht den ihm gebührenden Platz in der Welt einnehmen kann, liegt wohl darin begründet, dass seine Herstellung bedeutend mehr Sorgfalt verlangt.

Aldrey ist ein Spitzenprodukt, das eine exakte Fabrikation verlangt, wie sie für die Schweiz, dem

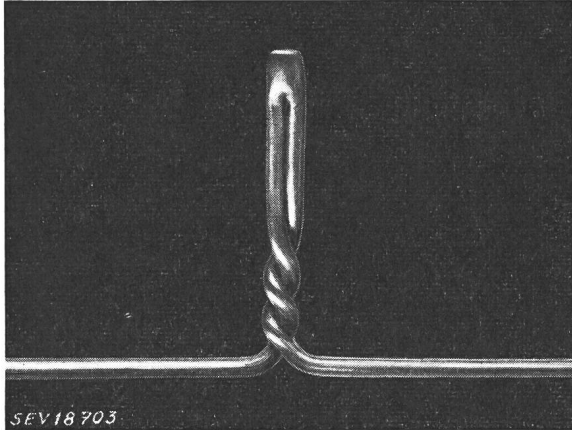


Fig. 5

Alutherm-Schweissverbindung von Telephondrähten

Lande der Präzisionsmechanik, nichts ausserordentliches ist, die aber im grossen Ausland nicht erwünscht ist.

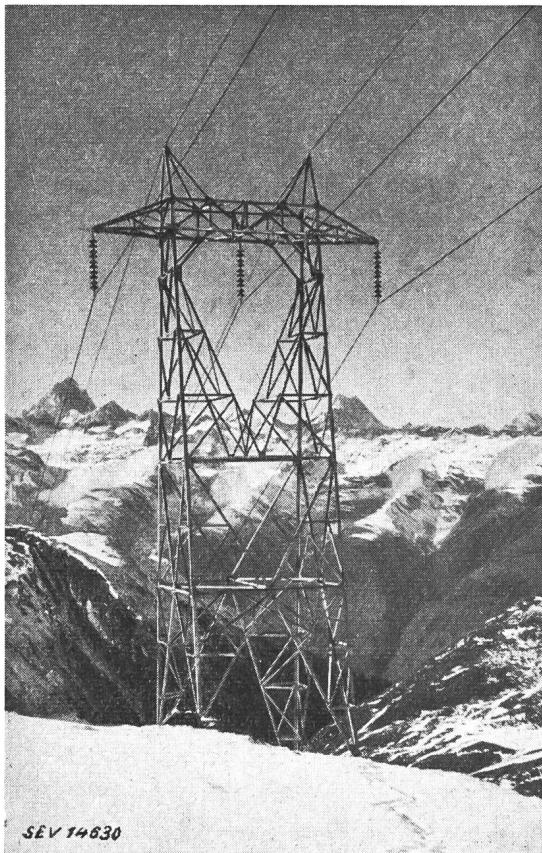


Fig. 6

150-kV-Nufenenleitung
Stahl-Aldreyleiter $3 \times 284 \text{ mm}^2$

Günstiger oder gleichwertig mit Kupfer ist die Verwendung von Aluminium für Schaltanlagen, und

zwar für blanke Sammelschienen und Verbindungen in Nieder- und Hochspannungs-Innenanlagen und in Freiluftstationen. Der Vorteil liegt im kleineren Gewicht und in der einfachen Montage. Diese Anwendung hat auch eine lange Bewährungszeit hinter sich.

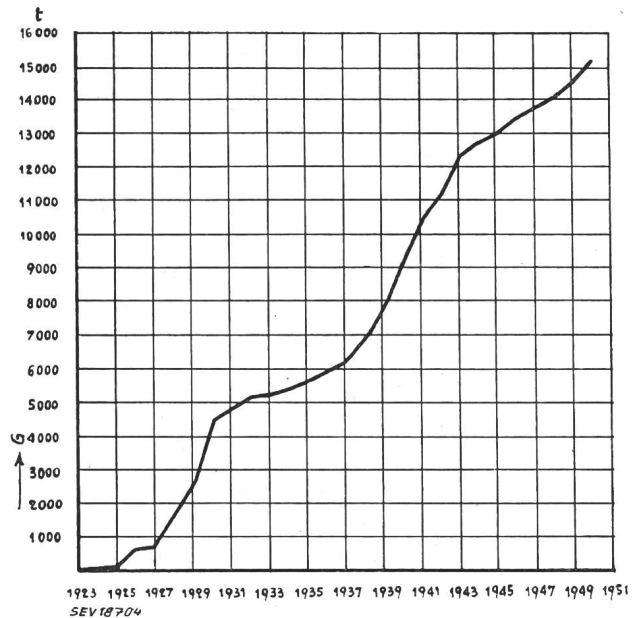


Fig. 7

Anwendung des Aldreys im Freileitungsbau

In der Rangliste folgt als gleichwertig die Verwendung in isolierten Kabeln. Hier spielt der Preis des Bleies für den Mantel stark hinein. Die anfänglichen Schwierigkeiten mit Verbindungsstellen sind gelöst.

Es folgt nun die Aufzählung derjenigen Anwendungen, die aus physikalischen, also aus Gründen der Natur für Aluminium nicht so günstig sein können wie für Kupfer, weil die schlechtere Leitfähigkeit und damit der grössere Platzbedarf ausschlaggebend sind. Es handelt sich hier um die Anwendung als Wicklungen in Motoren, Generatoren, Transformatoren, Messwandlern und ähnlichen Maschinen. Trotzdem technisch, als Ausführung, Aluminium ebenso gut ist und während des Krieges hiefür viel angewendet wurde und zwar mit bestem Erfolg, haben diese Maschinen naturgemäss einen etwas schlechteren Wirkungsgrad. Die für Verbindungszwecke entwickelten Schweiss-, Hartlöt- und Weichlötmethoden haben sich absolut bewährt. Aus begreiflichen Gründen hat die Aluminiumverwendung auf diesem Gebiet aufgehört, sobald Kupfer wieder frei zu haben war.

Schlussendlich sind die Anwendungen zu erwähnen, für die Aluminium nicht zu empfehlen ist. Nur im Notfall, wenn Kupfer auch in kleinen Mengen nicht zu haben ist, sollten Installationsdrähte aus Aluminium hergestellt werden. Das Kontaktproblem, die höhere Brüchigkeit und die Korrosionsgefahr in feuchten Räumen und Neubauten an den Berührungsstellen mit Kupfer, Bronze oder Messing von Apparaten sind die Nachteile.

Ganz abzuraten ist von der Verwendung des Aluminiums für alle Arten von Kontakten in Schal-

tern, Schützen, Trennern, als Kontaktbahnen oder Kollektoren, ferner als Fahrleitungsdraht. Man hat sich geholfen und gute Resultate erzielt, indem man die Kontaktstelle versilberte oder verkupferte, oder indem man Silberneten anbrachte. Für Fahrleitungen soll sich ein Drahtprofil, das aus Aluminium und Stahl besteht, sehr gut bewährt haben. Hier schleift der Stromabnehmer nur auf Stahl, während das Aluminium die Stromleitung übernimmt.

Die Rekapitulation dieser Rangliste ist in Tab. I angegeben.

Rangordnung der Al- und Cu-Verwendung Tabelle I

Al im Vorteil	1. Freileitungen 2. Freiluftstationen 3. Schaltanlagen
Al u. Cu gleichwertig	4. Isolierte Kabel 5. Transformatoren und Messwandler 6. Generatoren und Motoren 7. Installationsdrähte
Cu im Vorteil	8. Kontaktmaterial 9. Fahrleitungen (Ausweg: Stahlaluminium-Fahrdrabt)

In Zeiten von Materialknappheit, wie sie während des letzten Krieges bestanden haben, ist für die in dieser Rangliste angegebenen Anwendungen vom Anfang bis zum Ende Aluminium verwendet worden. Es wäre falsch, jedem Anwendungsgebiet etwa einen gewissen Prozentsatz Kupfer zuzuteilen. Richtiger ist es, die einzelnen Anwendungsgebiete sukzessive nach Notwendigkeit in der Rangliste, von oben nach unten fortschreitend, ganz zu sperren.

Als Beispiel der Bewährung von Aluminium in der Elektrotechnik sei das Kraftwerk Mörel erwähnt, das 1941...1943 gebaut wurde und das eine installierte Leistung von 60 000 kW hat. In ihm ist Kupfer nur in sehr kleiner Menge zur Anwendung gelangt, nämlich dort, wo Aluminium keine technisch gute Lösung gab, und zwar für die Kollektoren der Erreger, für Schalterkontakte und für die Verdrahtung des Kommandoraumes. Generatoren, Transformatoren, Messwandler, Innen- und Freiluftschaltanlagen, Kabel usw. sind aus Aluminium. In der über siebenjährigen Betriebszeit hat sich nie auch nur der geringste Nachteil gezeigt, der dem Aluminium zur Last gelegt werden könnte.

Die Anwendung des Aluminiums in der Elektrotechnik, die vor über 50 Jahren begonnen hat, musste aus kommerziellen und wirtschaftlichen Gründen nach *Normung* verlangen. Mit dieser beschäftigen sich viele nationale und internationale Organisationen, deren Aufbau und Zusammenhang nicht immer klar zu Tage tritt. Die Fig. 8 gibt darüber Aufschluss.

Unter dem Patronat der United Nations Organization (UNO) steht die Organisation Internationale de Normalisation (ISO) und von dieser abhängig die Commission Electrotechnique Internationale (CEI) als internationale Organisation. Ihr Abbild

und Nationalkomitee haben sie in der Schweizerischen Normen-Vereinigung (SNV), welche dem Verein Schweizerischer Maschinenindustrieller (VSM) untersteht, und im Comité Electrotechnique Suisse (CES), das zugleich eine Kommission des

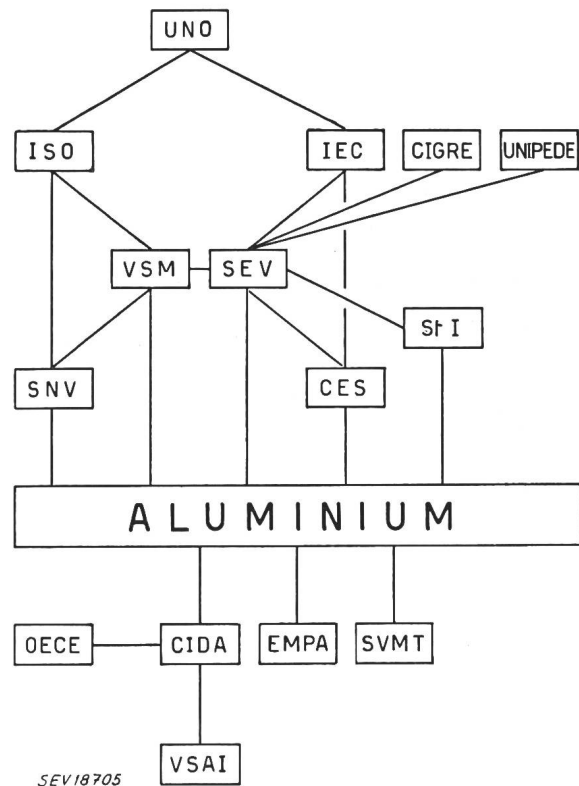


Fig. 8
Schema der internationalen Arbeit

- CES Comité Electrotechnique Suisse
- CIDA Centre International pour le Développement de l'Aluminium
- CIGRE Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques
- EMPA Eidgenössische Materialprüfungsanstalt
- IEC International Electrotechnical Commission
- ISO International Organisation for Standardization
- OECE Organisation Européenne de Coopération Economique
- SEV Schweizerischer Elektrotechnischer Verein
- SNV Schweizerische Normen-Vereinigung
- Sf I Eidgenössisches Starkstrominspektorat
- SVMT Schweizerischer Verband für die Materialprüfungen der Technik
- UNIPEDE Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Electrique
- UNO United Nations Organization
- VSAI Verein Schweizerischer Aluminium-Industrieller
- VSM Verein Schweizerischer Maschinen-Industrieller

Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) ist. Sowohl in SNV, bzw. VSM, als auch im CES hat es Technische Kommissionen (TK) oder Fachkollegien (FK) für jedes einzelne Arbeitsgebiet. Ähnlich ist die Aufteilung in den andern, der ISO angehörenden Ländern. Diese, die gleichen Arbeitsgebiete behandelnden TK und FK der verschiedenen Länder schliessen sich einzeln im Rahmen der ISO bzw. CEI zusammen zu Comités d'Études (CE). Die TK und FK arbeiten nationale Normen aus und behandeln die Vorschläge der CE, also die internationalen Normungen. Damit ist die Zusammenarbeit organisatorisch gesichert.

Die CEI, die für die Elektrotechnik wichtigste internationale Organisation, die sich mit Normungen befasst, wurde 1906 auf Grund einer Reso-

lution du Congrès International de l'Electricité von 1904 in Saint Louis gegründet. Heute gehören ihr folgende Staaten an: Argentinien, Australien, Österreich, Belgien, Kanada, Dänemark, Ägypten, USA, Finnland, Frankreich, Ungarn, Indien, Italien, Norwegen, Niederlande, Polen, Portugal, Grossbritannien, Schweden, Schweiz, Tschechoslowakei, URSS, Südafrikanische Union.

Die CEI hat zum Zweck, die Koordination und die Vereinheitlichung der nationalen Normungen in der Elektrotechnik zu erleichtern. Sie kann auch selbst Empfehlungen herausgeben, welche damit nach bester Möglichkeit internationalen Vereinbarungen entsprechen und helfen sollen, die nationalen Normen zu vereinheitlichen. So sind im Aluminiumsektor internationale Spezifikationen für die physikalischen Eigenschaften, insbesondere des elektrischen Widerstandes der verschiedenen Aluminium-Qualitäten, wie sie für Freileitungen, Kabel und Schienen verwendet werden, ausgearbeitet worden. Auf Grund dieser Empfehlungen sind in der Schweiz vom FK 7 des CES Regeln ausgearbeitet und vom SEV herausgegeben worden (Publikation Nr. 157 des SEV). Das FK 7 arbeitet seit 1936. Es hat auch Leitsätze für die Verwendung von Aluminium und Aluminiumlegierungen im Regelleitungsbau (Publikation Nr. 174 des SEV) veröffentlicht, welche während des Krieges besonders gute Dienste leisteten. Sodann hat es folgende Veröffentlichungen vorbereitet:

1. Tabellen über normale Durchhänge von Leiterseilen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen in Regelleitungen und dabei auftretende Zug-

kräfte ausgearbeitet, welche in die Vorschriften des Starkstrominspektorates aufgenommen werden.

2. Leitsätze über Drahtschweissungen in Leitungsseilen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen Ad.

3. Regeln für Leiterseile aus Aluminium, Aluminiumlegierungen Ad, Stahlaluminium und Stahlaluminiumlegierungen.

4. Leitsätze für die zulässige Dauerstrombelastung von Leiterseilen.

5. Regeln über halbhartes Aluminium für Wicklungen.

Im übrigen hat es die Zusammenarbeit mit den internationalen Organisationen zu besorgen und arbeitet in engem Kontakt mit dem Starkstrominspektorat. Vom VSM und der SNV werden Normen durch Technische Kommissionen (TK) bearbeitet und zwar hauptsächlich Dimensionsnormen sowie Normen über technologische Eigenschaften der Metalle und Legierungen. So gibt es gegen 100 Normblätter, welche Aluminium und alle gebräuchlichen Aluminiumguss- und Knetlegierungen, Profile, Rohre, Seile, Schienen und deren elektrische Belastbarkeit, sodann Apparatenanschlüsse und viele Gegenstände der Elektrotechnik aus Aluminium normieren.

Es wäre vielleicht noch zu erwähnen, dass Probleme, welche den Leitungsbau mit Aluminium betreffen, in internationalen Studienkommissionen der CIGRE behandelt werden.

Adresse des Autors:

M. Preiswerk, Dipl. Ing., Direktor der Aluminium Industrie A.-G., Avenue Ouchy 61, Lausanne.

Die Dämpfung von leitungsgerichteten Trägerfrequenzwellen durch Rauhreif

Von A. de Quervain, Zürich

621.396.44.018.8 : 551.574.42

Die Hochspannungsleitung Schwägalp-Säntis wurde als Versuchsleitung zur Messung der Dämpfung von Trägerfrequenzwellen durch Rauhreif benützt. Die wichtigsten Ergebnisse werden im Zusammenhang mit Art und Durchmesser des Rauhreifbehanges diskutiert und mit berechneten sowie gemessenen Werten anderer Autoren verglichen.

Der Artikel stellt eine überarbeitete Fassung des Berichtes Nr. 310 über dasselbe Thema der CIGRE, Session 1950, dar.

La ligne à haute tension entre la Schwägalp et le Säntis a été utilisée pour la mesure de l'affaiblissement des ondes de fréquence porteuse par le givrage. Discussion des principaux résultats, selon le genre et le diamètre de la couche de givre. Comparaison avec les valeurs calculées ou mesurées par d'autres auteurs. Cet article est le texte remanié du rapport n° 310 sur ce sujet, qui avait été présenté à la Session de la CIGRE de 1950.

1. Allgemeines

Die zunehmende Mehrfachausnützung von Hochspannungsleitungen durch Überlagerung von trägerfrequenten Strömen für Fernmeldezwecke macht es notwendig, im Bereiche von 50...300 kHz sich über den Einfluss des Leitungszustandes vermehrte Klarheit zu verschaffen.

Die Zuverlässigkeit von Fernwirkeinrichtungen hängt zum grossen Teil von der Sicherheit des Übertragungsweges ab. Schon lange war es bekannt, dass Rauhreif, Rauheis oder auch nur leichter Regen und Nebel eine starke Zusatzdämpfung für Trägerfrequenzen verursachen. Über den quantitativen Einfluss bestanden jedoch praktisch gar keine Angaben. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die quantitative Auswertung von Dämpfungsmessungen, die an sich relativ einfach durchzuführen wären, in der Praxis auf grosse Schwierigkeiten stösst, indem lange Leitungen eine direkte Beobachtung und Bestimmung von Art, Durchmesser und Gewicht des Ansatzes an den Leitern längs des ganzen Weges kaum ermöglichen. Dazu kommt, dass je nach Höhenlage oder klimatischen Verhältnissen die Eis- oder Rauhreifansätze sehr unterschiedlich ausfallen und eine Bestimmung der Dämpfung als Funktion von Art und Durchmesser des Ansatzes praktisch verunmöglichen.

So kurze Leitungen, dass die erwähnten Nachteile nicht ins Gewicht fallen, sind in der Praxis kaum aufzufinden. Eine der Ausnahmen bildet die 10-kV-Speiseleitung Schwägalp-Säntisgipfel der Säntis-Schwebbahn. Bei einer totalen Länge von