

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111/112 (1938)
Heft: 13: Zur 22. Schweizer Mustermesse in Basel

Artikel: Das Antennen-Kabel des Schweiz. Landessenders Beromünster
Autor: Baumann, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-49798>

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: 01.04.2025

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

SCHWEIZER MUSTERMESSE

BASEL 26. MÄRZ BIS 5. APRIL 1938

Band 111

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 13

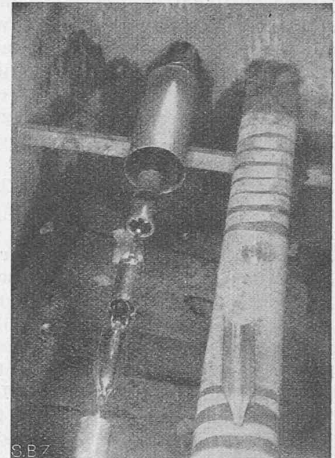
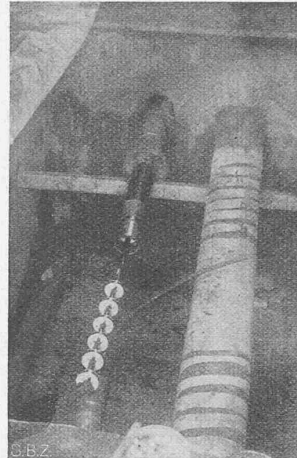
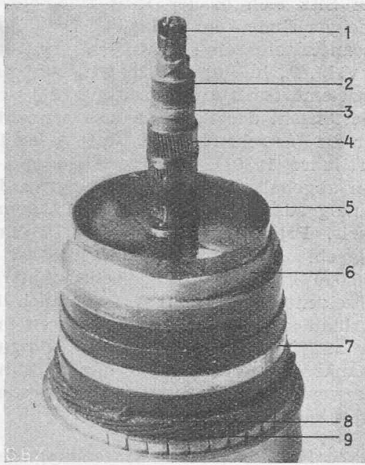
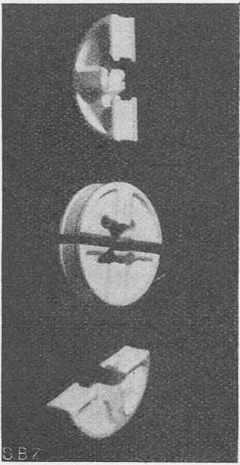


Abb. 1. Calit-Isolation. Abb. 2. Aufbau des Antennenkabels.
Legende: 1 Fernmeldekabel, 2 Bleimantel, 3 Papierzwischenlage, 4 innerer Hochfrequenzleiter, 5 äusserer Hochfrequenzleiter, 6 Bleimantel, 7 Druckspirale, 8 Jute-Wicklung, 9 Armatur.

Abb. 3. Stromwandlermuffe in Montage und Abb. 4 fertig (geöffnet).

Das Antennen-Kabel des Schweiz. Landessenders Beromünster

Von Dipl. Ing. E. BAUMANN, E. T. H., Zürich

Das neue Antennen-Kabel des Landessenders Beromünster hat die Aufgabe, der neuen, auf dem Blosenberg gelegenen Antenne¹⁾ die Sendeleistung von 100 kW bei 556 kHz zuzuführen. Es wurde von den Kabelwerken Brugg A.-G. in Zusammenarbeit mit dem Institut für Schwachstromtechnik an der E. T. H. entwickelt und hergestellt. Mit seiner Gesamtlänge von etwa 1,5 km ist es das längste bis heute in Europa gebaute Hochfrequenzkabel solcher Leistung.

Das elektrische Verhalten eines Hochfrequenzkabels ist grundsätzlich verschieden vom Verhalten eines Kabels zur Uebertragung von technischem Wechselstrom von z. B. 50 Perioden. Bei diesem sind Betriebsspannung und Betriebsstrom voneinander unabhängig; die maximal zulässige Spannung ist allein bestimmt durch das Dielektrikum, der maximale Strom durch den Leiterquerschnitt. Die Spannungsverteilung längs des Kabels ist weitgehend unabhängig von der Endbelastung. Ein solches Kabel kann deshalb für alle möglichen Betriebszustände zwischen Leerlauf und maximaler Belastung ausgenützt werden.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei einem Hochfrequenzkabel: Betriebsspannung und Betriebsstrom sind nicht mehr voneinander unabhängig. Ihr Verhältnis muss einen bestimmten, von den Kabeldimensionen abhängigen Wert haben, es muss gleich dem Wellenwiderstand des Kabels sein. Das heisst aber, dass ein Hochfrequenzkabel nur bei einer bestimmten Endbelastung betrieben werden kann. Weicht nämlich die Belastung vom vorgeschriebenen Werte ab, so wird die Spannungs- und Stromverteilung längs des Kabels ungleichmässig, indem in periodischer Folge die Spannung und der Strom um einen Mittelwert pendeln. Die Periode dieser Schwankungen ist gerade gleich der elektrischen Wellenlänge. Bei einem solchen Betriebszustand werden sowohl Dielektrikum wie Leitungsmaterial ungleichmässig ausgenützt. Es treten zusätzliche Verluste auf, die den Wirkungsgrad verschlechtern. Die Vermeidung dieser stehenden Welle ist aber aus einem anderen, viel wichtigeren Grund geboten: die Grenze der Ausnützungsfähigkeit des Hochfrequenzkabels ist nämlich durch die Spannungsfestigkeit bestimmt, und es ist deshalb nötig, das Maximum der Spannung so klein wie möglich zu halten.

Betrachten wir den Aufbau des Kabels etwas näher: Als Grundform kommt nur die konzentrische Anordnung des Hin- und Rückleiters in Frage. Wegen der viel zu hohen Verluste fallen die in der Kabeltechnik sonst üblichen Dielektrika ausser

Betracht. Die verlustärmsten Dielektrika sind Gase, so auch Luft. Zur mechanischen Abstützung von Innen- und Aussenleiter können folgende Materialien verwendet werden: Polystyrol (Trolitul, Styroflex), Cotopa, Cibanit, sowie keramische Sondermassen (Calit usw.). Bezüglich geringer Verluste stehen Styroflex und Calit an der Spitze. Styroflex ist wegen seiner sehr schlechten thermischen Eigenschaften nicht geeignet (Erweichung schon bei rd. 60° C); deshalb wurde Calit gewählt. Es ist eine dichte porzellanähnliche Masse mit einer Dielektrizitätskonstante von rund 6,0 und einem Verlustwinkel von 4.10^{-4} bei 1 MHz. Für die Dimensionierung des Kabelquerschnittes sind folgende Gesichtspunkte massgebend: Das Kabel wird charakterisiert durch zwei Angaben, den schon erwähnten Wellenwiderstand und die Dämpfung; diese ist ein Mass für die im Kabel auftretenden Verluste und gibt das logarithmische Verhältnis von der Spannung am Kabelanfang zur Spannung am Kabelende an. Beide Grössen lassen sich sehr einfach aus den Dimensionen und der Dielektrizitätskonstante berechnen. Es ist:

$$\text{der Wellenwiderstand } Z = 60 \lg \frac{d_a}{d_i} \Omega$$

$$\text{die Dämpfung/km} = \frac{R}{2Z} \text{ Neper}$$

Dabei ist d_i = Durchmesser des Innenleiters

d_a = innerer Durchmesser des Aussenleiters

R = Hochfrequenzwiderstand des Innen- und Aussenleiters zusammen.

Wegen der Stromverdrängung dringt bekanntlich der Strom nicht in das Innere der Leiter ein, sondern fliesst nur in der äussersten Oberflächenhaut. Bei 500 kHz ist die Eindringtiefe nur 0,1 mm. Denkt man sich nun ein Kabel mit festem gegebenem Aussendurchmesser, so wächst der Wellenwiderstand mit abnehmendem Durchmesser des Innenleiters und der Widerstand R steigt ebenfalls. Es zeigt sich dabei die interessante Tatsache, dass für ein Verhältnis von $d_a/d_i = 3,6$ das Verhältnis R/Z ein Minimum hat, also die Dämpfung β den kleinsten Wert annimmt. Dadurch ist aber auch der Wellenwiderstand Z festgelegt zu $Z = 77 \Omega$ für $\epsilon = 1$. Für dieses optimale Durchmesserverhältnis drücken sich Dämpfung und Wellenwiderstand durch drei einzige Angaben, den Durchmesser d_a , die Dielektrizitätskonstante und die Frequenz f aus:

$$Z = 77 \Omega, \beta = 2,9 \frac{\sqrt{f}}{d_a} \text{ Nep/km } (f \text{ in MHz}).$$

Daraus ist ersichtlich, dass mit dem einzigen Mass d_a schon alle Dimensionen festgelegt sind. Auch ist der ungünstige Einfluss einer grossen Dielektrizitätskonstante (Verkleinerung von Z , Vergrösserungen von β) erkennbar. Aus diesen Gründen ist es geboten, so wenig Calit als möglich zu verwenden. An

¹⁾ Beschrieben in «SBZ» Bd. 109, S. 247* (15. Mai 1937).

den in den grössten, praktisch zulässigen Abständen von 80 mm angebrachten Calitscheiben ist ferner so viel Material als möglich ausgespart, und zwar besonders an den Stellen grösster Feldstärken, also am Innenleiter (Abb. 1). Dadurch war es möglich, die durchschnittliche Dielektrizitätskonstante auf den Wert von 1,4 zu bringen, sodass ein Wellenwiderstand von 65Ω zu erwarten war. Die Spannungsfestigkeit wurde schon von Anfang an als heikler Punkt erkannt. Bei einem Wellenwiderstand von 65Ω und einer unmodulierten Leistung von 100 kW tritt zwischen Innen- und Aussenleiter eine Spitzenspannung von 3600 V auf. Bei einem Modulationsgrad von 100 % steigt sie jedoch auf 7200 V. Da nun während des Betriebes Spannungsstöße leicht auftreten können, wurde eine vierfache Sicherheit vorgeschrieben, d. h. eine Spannungsfestigkeit von 29 kV. Da es sich beim Durchschlag um eine Gasentladung handelt, konnte dieses Problem in eleganter Weise durch Erhöhung des Gasdruckes im Innern des Kabels gelöst werden. Hierzu ist das Kabel über dem Bleimantel mit einer Druckspirale versehen, die gestattet, den innern Luftraum unter Druck zu setzen. Die Spannungsfestigkeit beträgt so bei 2 atü ungefähr 30 kV. Da die Kabelanlage mit Einschluss ihrer Armaturen luftdicht ist, hält sich der einmal eingestellte Ueberdruck für lange Zeit. Ein angebrachtes Kontaktmanometer löst im Falle des Absinkens des Druckes ein Signal aus, sodass aus der bereitstehenden Druckluftflasche der Druck wieder auf seinen vorgeschriebenen Wert gebracht werden kann. Gleichzeitig werden durch diese Signalvorrichtung allfällige mechanische Beschädigungen der Kabelanlage (Risse im Bleimantel usw.) angezeigt. Da, wie schon erwähnt, das Innere der Leiter zur Stromführung nichts beiträgt, konnte im Zentrum der Seele (vgl. Abb. 2) ein zu Messzwecken dienendes Fernmeldekabel untergebracht werden. Es ist am Anfang und am Ende des Kabels durch die dort angeschlossenen Uebertragerspulen durchgezogen, sodass es, da diese einpolig geerdet sind, auf Erdpotential gefasst werden kann. Es war auf diese Art möglich, ein Gebilde zu schaffen, das den gestellten Anforderungen vollauf genügt und das als Kabel angesprochen werden kann. In vier Längen von 3×450 m und 1×150 m hergestellt, wurde es in üblicher Weise in die Erde verlegt. Die letzten 150 m führen in den 220 m hohen Antennenturm hinauf und werden selbsttragend, hängend montiert.

Im Betrieb ist aus den eingangs erwähnten Gründen erforderlich, eine Kontrolle darüber zu haben, ob die Stromverteilung längs des Kabels homogen ist. Zu diesem Zwecke wurden in den beiden Verbindungs-Muffen auf der Strecke Hochfrequenzstromwandler angebracht, die es ermöglichen, vom Sendergebäude aus die in den Muffen auftretenden Ströme zu messen. Diese Stromwandler sind folgendermassen aufgebaut (Abb. 3 und 4): der Innenleiter ist auf eine Länge von etwa 20 cm in etwa 200 Einzelleiter aufgelöst, die in Schraubenlinien verlaufen. Die dadurch entstehende tangentielle Stromkomponente erzeugt ein axiales Magnetfeld, das in einem dicht unter dem Innenleiter angebrachten, aufgeschlitzten Kupferzylinder eine Spannung induziert. Diese wird durch einen Hochfrequenzgleichrichter gleichgerichtet und über ein Aderpaar des zentralen Messkabels gemessen. Es wird dadurch möglich, bei Abstimmungsmanövern den Stromverlauf längs des Kabels unmittelbar zu verfolgen.

Anmerkung der Redaktion. Dieser und der nachfolgende Aufsatz waren für die nächste Nr. 14, ein den jüngsten Instituten der E. T. H. gewidmetes Sonderheft bestimmt, müssen aber aus Raumgründen schon heute gebracht werden.

Heutiger Stand und künftiger Ausbau der EMPA

Von Prof. Dr. M. ROS, Direktionspräsident der E. M. P. A.

Tätigkeit. Das Jahr 1937 brachte, durch den Anschluss der Schweiz Versuchsanstalt St. Gallen, den Ausbau der E. M. P. A. zu der «Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt für Industrie, Bauwesen und Gewerbe — E. M. P. A.»¹⁾ und damit die unerlässliche Vereinheitlichung des schweizerischen Materialprüfungswesens im Rahmen einer in sich geschlossenen technisch-wirtschaftlichen Institution der inneren Staatsverwaltung mit ganz besonderen Aufgaben, deren richtige Lösung nur in engster Fühlungnahme mit den Departementen des Innern (Wissenschaft), der Volkswirtschaft (Nutzen) und der Finanzen (Mittel) einerseits und den führenden Männern der Industrie, des Bauwesens und des Gewerbes, sowie der gesamten Volkswirtschaft andererseits möglich ist.

Die Ansprüche der Industrie, des Bauwesens und des Gewerbes an die Leistungen der E. M. P. A. sind gewaltig gestie-

gen²⁾. In den letzten 15 Jahren, von 1923 bis 1937, haben die jährlichen Gesamteinnahmen von rd. 79 000 auf 498 000 Fr. auf das rund 6,3fache zugenommen, während der jährliche Bundeszuschuss von 100 000 auf 400 000 Fr. auf das 4fache angestiegen ist (alles in runden Zahlen). Die Gesamtausgaben (Einnahmen + Bundeszuschuss) in dieser Zeitspanne im Betrage von 7,82 Mill. Fr. wurden durch 4,94 Mill. Fr. Einnahmen (rd. 63 %) und 2,87 Mill. Fr. Bundeszuschüsse (rd. 37 %) gedeckt. Die Anzahl der Arbeitskräfte wuchs von 23 auf 135, somit auf das 5,8fache an. — In Gemeinschaft mit dem «Schweiz. Verband für die Materialprüfungen der Technik» (S. V. M. T.), dessen Sitz sich in der E. M. P. A. befindet, sowie technischen Fachverbänden der Industrie, des Bauwesens und des Gewerbes veranstaltete die E. M. P. A. seit dem Gründungsjahr des S. V. M. T., im Jahre 1926, 81 Diskussionstagungen über aktuelle Probleme der Materialprüfung und veröffentlichte 116 Berichte. Die Anzahl der Sonderdrucke erreichte 144, wovon 53 Beiträge für die Festschrift der E. M. P. A. zu ihrem 50jährigen Bestehen, im Jahre 1930³⁾. Fachvorträge und Berichterstattungen wurden abgehalten in: Athen, Beograd, Berlin, Budapest, Helsinki, Leningrad, Ljubljana, London, Luxembourg, Mailand, Moskau, Paris, Prag, Riga, Stockholm, Tallinn, Warschau, Wien und Zagreb; diese Tätigkeit brachte der E. M. P. A. bisher an die 250 000 Franken ausländischer Aufträge ein. Ingenieure und Absolventen der E. T. H., wie auch Dozenten und Ingenieure ausländischer Hochschulen erfuhren ihre weitere Fachausbildung so aus Aegypten, Brasilien, Bulgarien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Japan, Italien, Jugoslawien, Lettland, Norwegen, Polen, Rumänien, Schweden, Spanien, der Tschechoslowakei und Türkei.

Tarifordnung. Die Anwendung der durch die Tarifordnung festgelegten Ansätze führt gegenwärtig zu einem jährlichen Bundeszuschuss von rd. 400 000 Fr. Bei einer Gesamtausgabe von 900 000 Fr., Gesamteinnahme von 500 000 Fr. und gesamten Personalausgaben von 685 000 Fr. ergeben sich gegenwärtig nachfolgende Verhältnisse: Die Gesamtausgaben werden zu 56 % durch Einnahmen und zu 44 % durch den Bundeszuschuss gedeckt; die Einnahmen decken 73 % der Saläre, die allgemeinen Unkosten betragen 30 % der Personalausgaben. Die Tarifansätze müssten um 57 bis 60 % der Personalausgaben gehoben, oder die Einnahmen um 80 % gesteigert werden, um die gesamten Ausgaben aus dem Betrieb zu decken.

Da eine derartige Steigerung der Einnahmen mit dem intensiv und mit Ueberstunden arbeitenden Personal und dem vorhandenen Maschinen- und Instrumentenpark in den zur Verfügung stehenden Räumen ausgeschlossen ist, liegt der Grund des Missverhältnisses zwischen den Ausgaben und Einnahmen vorwiegend in den zu niedrigen Ansätzen der Tarifordnung. Die Tarifordnung der E. M. P. A. weist also nicht, wie oft unbegründeterweise behauptet wird, zu hohe, sondern — auf die Personalausgaben bezogen — um 60 % zu niedrige Ansätze auf, ohne Berücksichtigung der Amortisation für die Maschinen und Messinstrumente und ohne Prämien für Pension sowie die Versicherung gegen Unfall und Invalidität.

Doppelspurigkeiten. Alt Bundesrichter Dr. Engeler (Sankt Gallen), der vom Bunde bestellte Experte, bezeichnet in seinem Bericht vom 27. Juli 1937 betreffend die in der E. M. P. A. möglichen Sparmassnahmen, die Abgrenzung der Arbeitsgebiete zwischen allen im Lande am Materialprüfungswesen beteiligten amtlichen und privaten Institutionen auch als ein Gebot des technisch-wirtschaftlichen Existenzkampfes, wobei es sich nicht in erster Linie um Ersparnisse an Ausgaben handelt, vielmehr der effektive Wirkungsgrad im Interesse unserer Industrie, des Bauwesens und des Gewerbes in allererster Linie ins Gewicht fällt. Er äussert sich dann wörtlich wie folgt: «Sofern die E. M. P. A. eine technisch-wirtschaftliche Institution der Staatsverwaltung mit besonderen technischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Zielen und Aufgaben bleiben will, verlangt ihre eigene Existenz, dass anderen Institutionen ähnlicher Art das Recht zur Materialprüfung nicht, oder nur ausnahmsweise und zum geringern Teil zuerkannt wird. Sonst besteht die Gefahr, dass die E. M. P. A. zur blossen Kontrollanstalt herabsinkt, eine Gefahr, die mit allen zulässigen Mitteln zu bekämpfen ist, es sei denn, man gebe der Anstalt einen neuen, ursprünglich nicht beabsichtigten und nicht zu rechtfertigenden Charakter und schaffe einen Zustand, der den bis anhin angewendeten Mitteln zuwiderläuft.»

²⁾ Einrichtungen, Organisation und Tätigkeit der E. M. P. A. 1880 bis 1930, Zürich 1930, Verlag der E. M. P. A.

³⁾ «Wissenschaftliche und versuchstechnische Beiträge zur Erinnerung an das 50-jährige Bestehen der Eidg. Materialprüfungsanstalt». Zürich 1930, Verlag der E. M. P. A.

¹⁾ Siehe «SBZ», Band 110, Nr. 22, vom 27. November 1937.