

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 39 (1948)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Gittertragwerke mit ausbetonierten Stahlrohren  
**Autor:** Gonzenbach, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059296>

### **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:** 03.04.2025

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

quenzabweichung wird sie von der Frequenz über den Drehzahlregler geregelt, da sich der Leistungsregler dann in einer seiner Endlagen befindet. Fig. 17 zeigt diesen Verlauf eindrücklich. In Netzen, welche grössere Frequenzschwankungen

zulassen, ist die Bandbreite entsprechend grösser einzustellen.

Adresse der Autoren:

M. Hirt und F. Seeberger, Escher-Wyss A.-G., Zürich 5.

## Gittertragwerke mit ausbetonierten Stahlrohren

Von R. Gonzenbach, Baden

621.315.668.1

*Der Autor beschreibt eine neue Mastkonstruktion für Hochspannungsleitungen, die durch die Motor-Columbus A.-G. für elektrische Unternehmungen, Baden, entwickelt wurde. Hervorgehoben werden die Vorteile der Gittertragwerke mit ausbetonierten Stahlrohren gegenüber Gittermasten aus Winkeleisen, im besonderen die bedeutende Stahlersparnis, die auch die Erstellungskosten der Leitungen wesentlich herabsetzt. Ferner wird über Festigkeitsprüfungen an einem 380-kV-Versuchsmast in Gösgen und über die Hochspannungsleitung Amsteg—Mettlen der Aare-Tessin A.-G. berichtet.*

*L'auteur décrit un nouveau système de construction de pylônes de lignes à haute tension, développé par Motor-Columbus S. A. d'Entreprises Electriques, Baden. Il expose les avantages que présentent les supports métalliques à treillis en tubes d'acier remplis de béton par rapport aux pylônes à treillis en fers cornières. L'emploi du tube d'acier rempli de béton procure une économie notable d'acier, ainsi qu'une réduction appréciable du coût des lignes. Ensuite, l'auteur rend compte des essais de résistance d'un pylône 380 kV à Gösgen, et de la construction des pylônes de la ligne à haute tension Amsteg—Mettlen, de l'Aar et Tessin S. A.*

Im Bestreben, die Kosten für die Hochspannungsleitungen und somit für die Energieübertragung zu senken, entwickelte Motor-Columbus in den letzten Jahren eine neue Bauweise für Fachwerke unter Anwendung von ausbetonierten Stahlrohren für Gittertragwerke.

Für Weitspannleitungen mit Gittermasten aus Winkeleisen sind erhebliche Stahlmengen nötig, z. B. für eine einsträngige 150-kV-Leitung nach üblicher Bauart 18...20 t/km, berechnet für schweizerische Verhältnisse. Die Kosten der Masten allein betragen ungefähr die Hälfte der gesamten Anlagekosten einer Leitung.

Da sich mit zunehmender Betriebsspannung die Leiterabstände und damit die Dimensionen der Masten vergrössern, werden für die Konstruktionselemente grössere Knicklängen nötig. Je grösser die Knicklänge wird, um so schlechter wird der Querschnitt des Profileisens ausgenützt, indem die mittlere mechanische Beanspruchung beträchtlich zurückgeht.

Motor-Columbus ist dazu übergegangen, den Knickwiderstand von Stahlrohren durch Füllen der Rohre mit Beton zu erhöhen. In dem neuen Konstruktionselement, das auf diese Weise entsteht, wird das Eisen nicht gegen Knickung, sondern gegen Zug dimensioniert. Dadurch wird eine viel wirtschaftlichere Ausnützung des Eisens und eine beträchtliche Eisengewichts-Verminderung erzielt. Bei der Bemessung auf Druck und Knickung wird die Festigkeit von Eisen und Beton gemeinsam berücksichtigt, was die Anwendung viel grösserer Knicklängen als bei Winkeleisen erlaubt. Somit wird auch die Zahl der Konstruktionselemente erheblich reduziert.

Der Beton, der zur Füllung der Rohre dient, wird durch diese gegen die Einwirkung der Witterung geschützt. Er stellt ein billiges und leicht transportierbares Füllmaterial dar. Das Füllen der Hauptrohre (Pfeiler) geschieht im allgemeinen nach der Mastmontage (Fig. 1). Wenn Traversen und Diagonalen mit Beton gefüllt werden, wird ihre Fül-

lung vor der Montage vorgenommen. Durch Vibrieren des Betons beim Einfüllen wird eine grössere Dichte erreicht und die Festigkeit der Konstruktion erhöht.

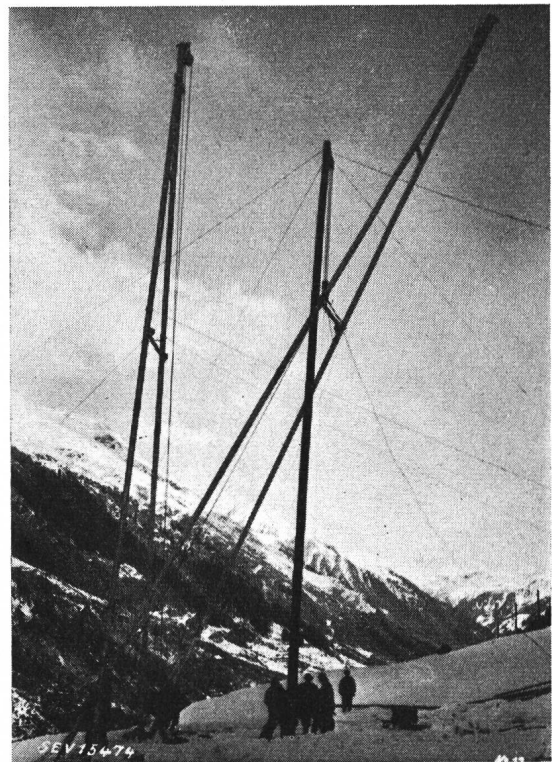


Fig. 1

Montage eines 150-kV-Tragmastes aus Stahlrohren  
Das Ausbetonieren der Pfeiler erfolgt erst nach der Montage

Die zu transportierenden Eisengewichte sind bedeutend geringer als bei Winkeleisenmasten, ein Umstand, der besonders in schwierigem Gelände und bei grossen Transportdistanzen sowie beim Fehlen von geeigneten Zufahrtstrassen sehr ins Gewicht fällt. Bei einer von Airolo ausgehenden 12 km langen Teilstrecke der 150-kV-Nufenenleitung beträgt

das mittlere Stahlgewicht der Rohrmasten 7,5 t/km, während für eine entsprechende Leitung mit Winkelisenmasten ca. 21,5 t/km nötig gewesen wären.

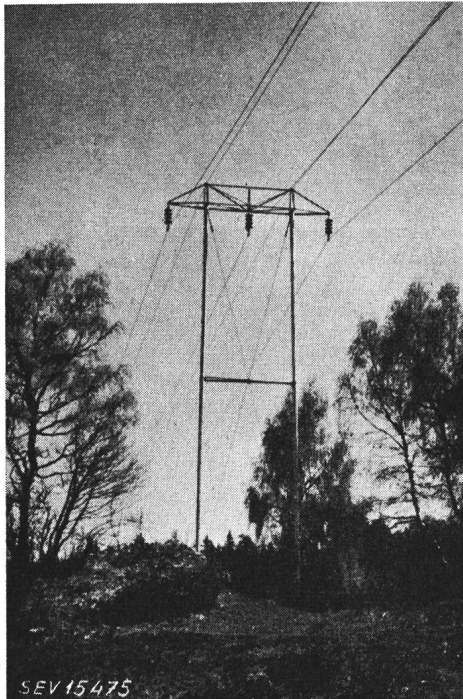


Fig. 2  
50-kV-Leitung Davos—Fällsür  
der A.-G. Bündner Kraftwerke  
Tragmast mit ausbetonierten Stahlrohren

Die einfache Verbindung der Konstruktionselemente, die sorgfältig studiert wurde, beschränkt die Zahl der erforderlichen Schrauben auf ein Minimum. Wenn es nötig ist, wegen schwieriger Transportverhältnisse oder für die Verzinkung der Rohre die Pfosten in der Länge aufzuteilen, so können sie ohne Schweissung oder Verschraubung auf dem Montageplatz mit Hilfe einer speziellen Muffenverbindung zusammengesetzt werden.

Alle diese Umstände tragen dazu bei, den Gestehungspreis der ausbetonierten Rohrmasten zu verringern. Für eine einsträngige Leitung mit horizontaler Anordnung der Leiter (Fig. 2) ist die Ersparnis grösser als für eine zweisträngige Leitung.

Vergleichsrechnungen, die für verschiedene Leitungstypen angestellt wurden, liessen die Preisdifferenz von Rohrmasten und gewöhnlichen Winkelisenmasten erkennen. Sie ist abhängig von der Bauart der Leitung, sowie deren Abmessungen und vor allem vom Verhältnis der Rohrpreise zu den Winkelisenpreisen. Für die neue Mastbauart können sowohl nahtlose als auch geschweisste Rohre verwendet werden. Je grösser die Dimensionen und Kräfte sind, welche aufgenommen werden müssen, um so grösser ist die Einsparung.

Der in Fig. 3 dargestellte Versuchsmast enthält die wesentlichen Teile eines Abspannmastes in zwei-stöckiger Anordnung der 380-kV-Leitung Amsteg—Mettlen der Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität, Olten.

Diese Mastausführung gelangt in der Nähe eines Flugplatzes zur Aufstellung, wo die Behörden die maximale Höhe der Masten auf 37 m begrenzen.

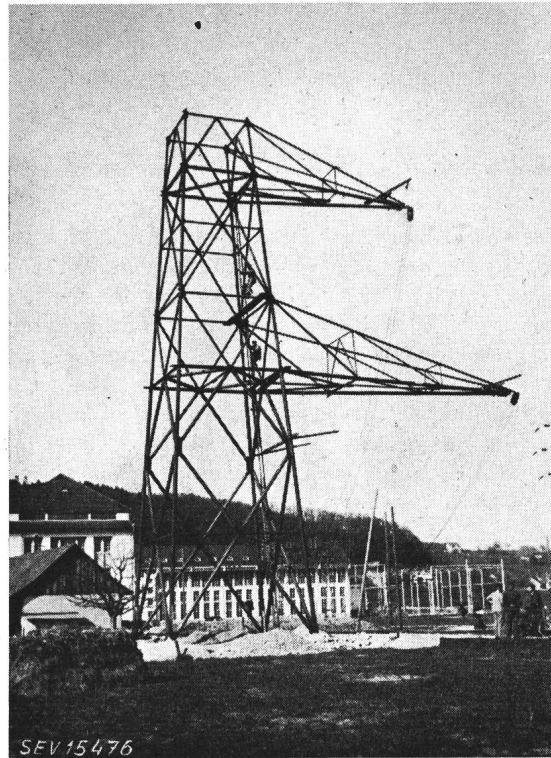


Fig. 3  
380-kV-Versuchsmast mit ausbetonierten Stahlrohren  
Gewicht des Versuchsmastes, jedoch ohne die Betonfüllung,  
8,7 t, Höhe 22,36 m

Darum mussten zwei Leiter eines Drehstromstranges gemeinsam auf dem unteren Ausleger plaziert werden, während der dritte Leiter am oberen Ausleger befestigt ist. Der unterste Mastschaft, der eine Höhe von 10 m aufweist, wurde beim Versuchsmast weggelassen.

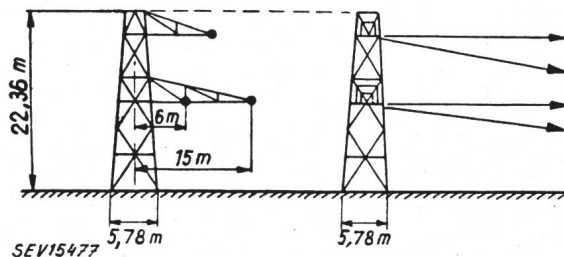


Fig. 4a  
380-kV-Versuchsmast  
(Vgl. Fig. 3)

Am 22,36 m hohen Versuchsmast (Fig. 4a) wurden Belastungsversuche durchgeführt, die einem in der Verordnung über Starkstromanlagen vom 7. Juli 1933 für Abspannmaste vorgeschriebenen Belastungsfall entsprechen <sup>1)</sup>. Die Versuchsanordnung mit dem Laufkran des Kraftwerkes Gösigen als Zugorgan ist in Fig. 4b schematisch dargestellt.

<sup>1)</sup> Siehe Art. 95, Ziffer III, 2, Annahme b, der genannten Verordnung.

Bei der ersten Versuchsreihe wurde in den Endpunkten beider Ausleger, d. h. oben in 10 m Abstand von der Mastachse und unten in 15 m Abstand, eine

Die Versuche konnten wieder fortgesetzt werden, nachdem die Zugseile am unteren Ausleger vom äusseren Ende an den Angriffspunkt des inneren

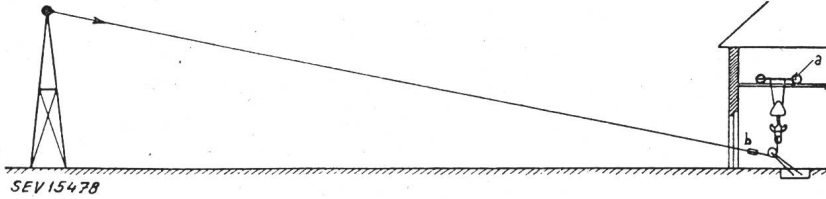


Fig. 4b  
 Versuchsordnung  
 beim Kraftwerk Gösgen  
 • Angriffspunkt der Zugkraft  
 a Laufkran (50 t) im Maschinenhaus  
 b Dynamometer

Zugkraft in Leitungsrichtung ausgeübt. Bei stufenweiser Steigerung der Zugkraft, bis auf 14 t pro Ausleger, wurden die Verschiebungen der Auslegerenden und die Spannung in bestimmten Stäben (ausbetonierten Rohren) des Gittertragwerkes gemessen. Bei 14 t Belastung betrug die Auslenkung des unteren Auslegers 17,4 cm, die des oberen Auslegers 18,2 cm und die Verschiebung der Mastspitze 1,8 cm. Dann folgte eine langsame Entlastung des Mastes bis auf null, wobei die Auslenkung der Enden beider Ausleger auf 1,2 cm zurückging. Diese bleibende Deformation ist auf das Schraubenspiel zurückzuführen.

Leiterseiles, in 6 m Entfernung von der Mastachse, umgehängt worden waren. In dieser Anordnung konnte die Belastung unter ständiger Kontrolle von 14 t bis auf 17 t pro Angriffspunkt gesteigert werden. Erst nach weiterer Zunahme der Belastung trat nochmals eine Beschädigung der unteren Traverse ein. Nach den Vorschriften beträgt die Bruchlast 14,4 t.

Bei der zweiten Versuchsreihe wurde die Belastung allmählich bis zur Beschädigung der unteren Traverse gesteigert. Diese erfolgte bei einer

Zur Zeit wird die Leitung Amsteg-Mettlen (52 km), deren 159 Masten samt ihren Fundamenten für den späteren Betrieb der Leitung mit 2 Stromkreisen von 380 kV bemessen sind, mit ausbetonierten Rohrmasten erstellt. Die Anforderungen, welche in unserem Alpenland der Bau von Leitungen hoher Spannung an Menschen und Material stellt, sind gross. Bei Maststandorten an steilen Berghängen

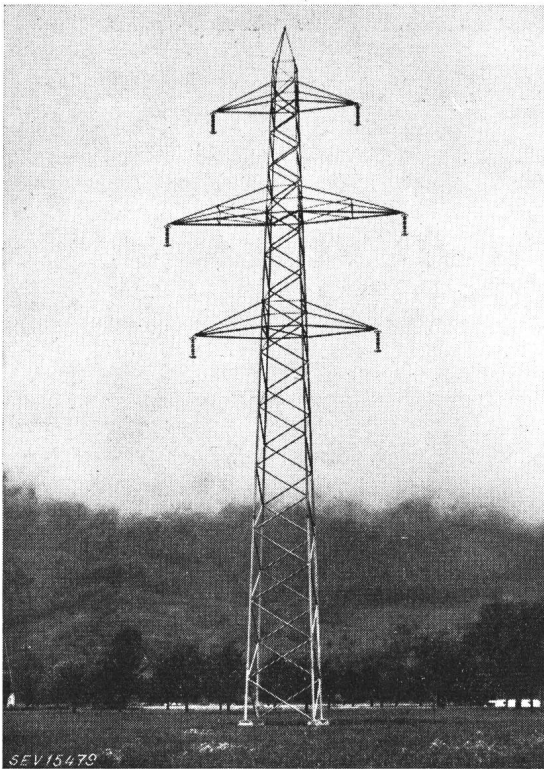


Fig. 5

Tragmast der 380-kV-Leitung Amsteg-Mettlen ausgerüstet mit Isolatoren für den Betrieb mit 150 kV Höhe des Mastes 52 m

Zugkraft, die pro Ausleger 17 t überstieg. Die grösste gemessene Auslenkung der unteren Traverse vor dem Ausknicken betrug 21,1 cm bei 17 t Belastung.

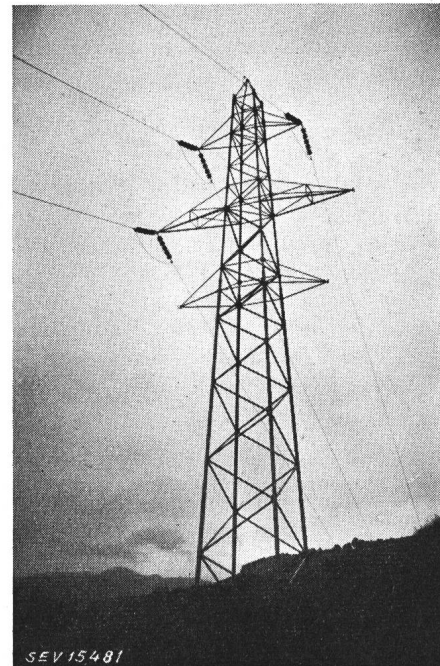


Fig. 6

150-kV-Leitung Töss-Winkeln der Nordostschweizerischen Kraftwerke Abspannmast mit ausbetonierten Stahlrohren beim Unterwerk Winkeln Höhe 27 m

und auf Felskuppen, wo kein Rohrlager angelegt werden kann, richtet sich der Materialtransport auf der Luftseilbahn nach dem Fortschreiten der Mastmontage. Bei diesen schwer zugänglichen Standorten wirkt sich die neue Konstruktion, die weniger Einzelteile aufweist als Gittermasten aus Winkel-eisen, besonders vorteilhaft aus.

Bei den Masten der Leitung Amsteg–Mettlen sind an einem Knotenpunkt 4 Diagonalstäbe mit dem Eckpfosten des Mastes verbunden. An jedem Ende eines Diagonalstabes ist bei den Tragmasten nur eine Befestigungsschraube vorhanden, wobei jedoch eine zweischnittige Verbindung besteht. Die für die Pfosten der Masten verwendeten Stahlrohre haben Aussendurchmesser von 100...300 mm, und ihre Wandstärken liegen zwischen 3,5 und 7 mm.

Da es sich bei den Masten der 380-kV-Leitung Amsteg–Mettlen (Fig. 5) um Tragwerke von 37 bis 67 m Höhe handelt, werden besondere Vorkehrungen

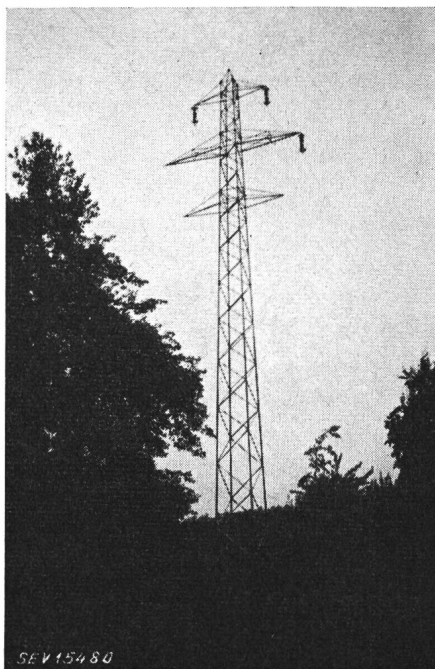


Fig. 7  
150-kV-Leitung Töss-Winkeln  
der Nordostschweizerischen Kraftwerke  
Tragmast mit ausbetonierten Stahlrohren  
in der Nähe von Töss  
Höhe 40 m

getroffen, um bei Reparaturen oder Unterhaltsarbeiten die Aufgabe der Monteure zu erleichtern. In jedem Mast wird eine kleine Seilwinde permanent installiert, die bei Arbeiten als Aufzug dienen kann.

Die zweisträngige Leitung Amsteg–Mettlen der Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität bildet die nördliche Fortsetzung einerseits für die im Jahre 1932 mit Gittermasten aus Winkeleisen gebaute *Gotthard-*

*leitung*, andererseits für die *Lukmanierleitung*, die mit ausbetonierten Rohrmasten erstellt wird. Zwischen Amsteg und Mettlen sollen vorläufig 6 Kupferseile von 350 mm<sup>2</sup> und ein Erdseil aus Stahl von 80 mm<sup>2</sup> Querschnitt ausgelegt werden, verwendbar für den Betrieb mit 220 kV. Beim Übergang auf die Spannung von 380 kV wird die Leitung voraussichtlich mit Hohlseilen ausgerüstet werden.

Vor dem Auslegen der Leiterseile mussten bei den Kreuzungen mit elektrischen Bahnen provisorische Schutzgerüste erstellt werden. Als solide Holzkonstruktionen wurden solche z. B. zwischen Altdorf und Flüelen errichtet, wo die 380-kV-Leitung in einer Spannweite von über 600 m gleichzeitig die Gotthardlinie der SBB und eine Staatsstrasse mit Strassenbahn überquert. Zwischen Amsteg und Mettlen werden an 8 Stellen Haupt- und Nebenbahnen gekreuzt.

Gittertragwerke mit ausbetonierten Stahlrohren  
in der Schweiz  
(Stand am 1. Juli 1948)

Tabelle I

Anlage	Spannung kV	Länge km	Zahl der Masten
<i>Fertige Leitungen</i>			
Nufenen (Talstrecke) <sup>1)</sup> . . . .	150	12	50
Töss–Winkeln (Fig. 6 und 7)	150	—	49
Littau–Wolhusen . . . . .	50	15	66
Davos–Filisur (Fig. 2) . . . .	50	18	88
<i>Leitungen im Bau</i>			
Amsteg–Mettlen (Fig. 5) . . .	380	52	159
Lukmanier . . . . .	380	54	145
<i>Sesselbahn</i>			
Grindelwald–First . . . . .			15

<sup>1)</sup> Siehe Bild eines Tragmastes im Bull. SEV Bd. 39 (1948) Nr. 7, S. 208.

Über die Anwendung der von Motor-Columbus entwickelten Gittertragwerke mit ausbetonierten Stahlrohren in der Schweiz gibt Tabelle I Auskunft.

In Frankreich ist die 60-kV-Leitung der Französischen Staatsbahnen von Villedor nach Perpignan, deren Länge 45 km beträgt, mit 102 ausbetonierten Rohrmasten erstellt. Wir verweisen auch auf den Bericht Nr. 221 der CIGRE 1948: Les pylônes en tubes d'acier remplis de béton par R. Vögeli, Baden.

Adresse des Autors:

R. Gonzenbach, Ingenieur der Motor-Columbus A.-G. für elektrische Unternehmungen, Baden (AG).

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### 50 Jahre schweizerische elektrische Bergbahnen

Im Sommer bzw. Frühherbst dieses Jahres waren fast gleichzeitig 50 Jahre verstrichen, seit im Jahre 1898 am 20. August die *Gornergratbahn*, am 20. September der erste Abschnitt (Kleine Scheidegg–Eigergletscher) der *Jungfrau-Bahn* und am 5. Oktober die *Stansstad–Engelberg-Bahn* als erste von Anfang an elektrisch betriebene Bergbahnen unseres Landes eröffnet wurden. Wir Elektrotechniker haben allen Grund, dieser ein halbes Jahrhundert zurückliegenden Ereignisse mit Freude und Genugtuung zu gedenken. Denn

621.331 : 625.3 (494)

die Eröffnung jener Bahnen bildet den Ausgangspunkt einer ruhmreichen Entwicklung, auf die kurz Rückschau zu halten gerechtfertigt ist und zwar um so mehr, als die von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur im Verein mit unseren Elektrofirmer seither für unsere Bergbahnen gebauten Triebfahrzeuge weitaus den grössten Teil der Gesamtheit aller auf der ganzen Welt heute in Betrieb stehenden Zahnradfahrzeuge ausmachen. Was im Ausland an Fahrzeugen dieser Art gebaut wurde, ist anteilmässig unbedeutend. Hingegen hatten unsere beteiligten Industrieunternehmen oder deren Lizenznehmer im Laufe