

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 42 (1951)
Heft: 3

Artikel: Die neue Alpenleitung der Atel
Autor: Vögeli, R. / Leresche, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060975>

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>

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Die neue Alpenleitung der Atel¹⁾

Von R. Vögeli und R. Leresche, Baden

621.315.17

Um den Energietransport aus dem Tessin nach der Nordschweiz den neuen Verhältnissen anzupassen, baute die Atel in den Jahren 1947...1949 eine Hochspannungs-Fernleitung von Lavorgo über den Lukmanierpass nach Mettlen. In der Arbeit werden die Masten, die Isolatoren, die Leiter, die Berechnungsgrundlagen und die Montage kurz beschrieben.

Afin d'adapter aux nouvelles conditions d'exploitation le transport de l'énergie électrique entre le Tessin et le Nord de la Suisse, l'Atel a établi durant les années 1947...1949 une ligne à haute tension entre Lavorgo et Mettlen, par le col du Lukmanier. Les auteurs donnent une brève description des pylônes, des isolateurs, des conducteurs et du montage, ainsi que quelques indications sur les bases de calcul.

Die rasche Entwicklung der Energieübertragung aus dem Tessin nach der Nordschweiz über die im Jahre 1932 erstellte einsträngige Gotthardleitung führte die Atel dazu, die Übertragungsfähigkeit der Verbindung zwischen den Kraftwerken im Tessin und dem Abgabezentrum Mettlen bei Luzern zu verstärken. Die Masten der Gotthardleitung sind von Anfang an für eine Spannung von 380 kV erstellt worden; Isolatoren und Leiter wurden dagegen anfangs bloss für 150 kV dimensioniert. Der Umbau der Leitung auf eine höhere Spannung hätte daher einen längeren Betriebsunterbruch nötig gemacht, was bei der in den letzten Jahren auf dem Energiemarkt herrschenden Lage unmöglich schien. Schon normale Unterhaltsarbeiten, die eine Ausschaltung der Leitung für einige Stunden erforderten, wurden als schwerer Eingriff in die Versorgung empfunden.

Die wachsende Bedeutung des Energietransportes erweckte daher das Verlangen nach einer doppelsträngigen Verbindung zwischen dem Tessin und der Nordschweiz. Im Jahre 1942 wurde bereits mit den Vorarbeiten zur Verwirklichung dieses Ausbaus begonnen. Als erster Teil sollte eine zwei-strängige Leitung von Amsteg nach Mettlen erstellt werden, anschliessend eine zweite Verbindung von Lavorgo nach Amsteg. Die Schwierigkeit der Materialbeschaffung in der Kriegs- und Nachkriegszeit ergab als frühest möglichen Termin für den Baubeginn das Jahr 1947. Es wurde ein Bauprogramm für drei Jahre aufgestellt:

Erstellung der Fundamente auf der Strecke Amsteg—Mettlen	1947
Erstellung der Fundamente auf der Strecke Lavorgo—Amsteg	1948
Mast- und Leitermontage Amsteg—Mettlen	1948
Mast- und Leitermontage Lavorgo—Amsteg	1949

Dieses Programm ist eingehalten worden, und Ende 1949 kam die ganze neue Anlage Lavorgo—Mettlen, vorerst mit 150 kV, in Betrieb, aber die Isolatoren und Leiter sind für den Betrieb bei 225 kV dimensioniert. Beide Leitungen sind, wie

schon die Gotthardleitung, mit Tragwerken ausgerüstet, die einen späteren Übergang auf die definitive Betriebsspannung von 380 kV erlauben.

Die Lukmanierleitung Lavorgo—Amsteg

Die Lukmanierleitung ist eine ausgesprochene Gebirgsleitung von 52,3 km Länge, die zwei Ketten

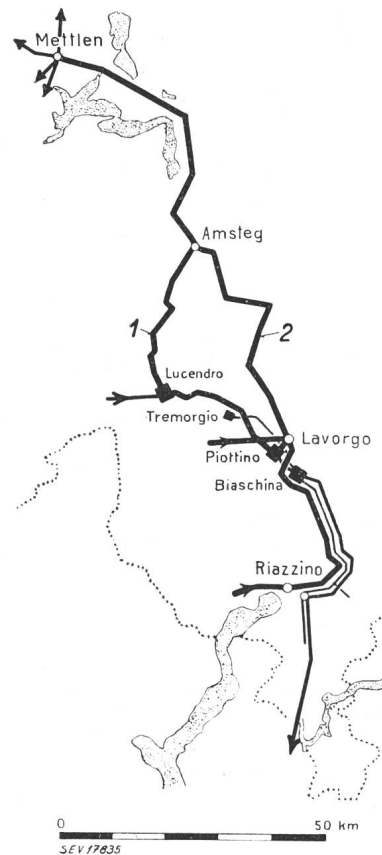


Fig. 1
Übersichtskarte der beiden Alpenleitungen
1 Gotthardleitung
2 Lukmanierleitung
■ Kraftwerk

der Alpen auf 2400 bzw. 2500 m ü. M. kreuzt. Die schwierigen Witterungsverhältnisse, welche auf die-

¹⁾ Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität, Olten.

sen Höhen vor allem im Winter herrschen, haben ganz spezielle Massnahmen erfordert. Es mussten aussergewöhnlich hohe Zusatzlasten bei der Berechnung der Leitungselemente zu Grunde gelegt wer-

Winkleisen-Gittermasten. Dies kommt auch von der zylindrischen Form der Elemente her, die eine mildere Reflexion des Lichtes ergeben als die ebene Fläche der Winkleisen.

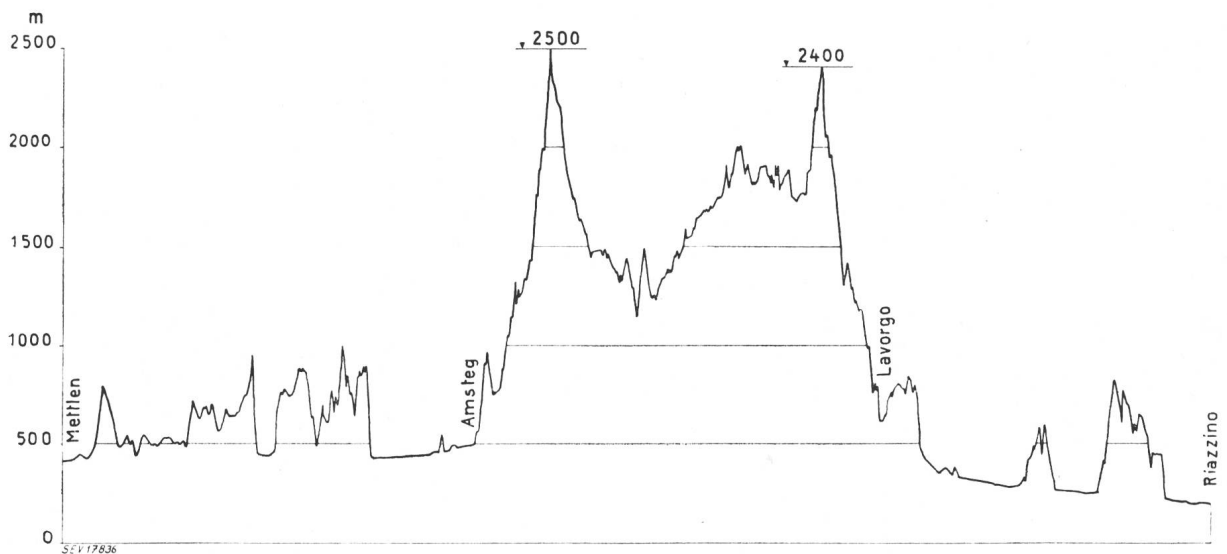


Fig. 2
Längenprofil der Leitung über den Lukmanierpass Mettlen—Amsteg—Lavorgo—Riazzino

den, für deren Bestimmung die Erfahrungen, die bei der seit 18 Jahren in Betrieb befindlichen Gott-hardleitung gemacht wurden, äusserst wertvoll waren.

Die Masten

Seit einigen Jahren entwickelte Motor-Columbus eine neue Bauart für Gittertragwerke mit Elementen aus ausbetonierten Rohren [3]²⁾. Dieses Konstruktionssystem bietet grosse Vorteile gegenüber der üblichen Bauart mit Winkleisen. Rohre besitzen die für Knickbeanspruchung ideale Querschnittsform. Werden nun die Rohre mit Beton gefüllt, so erhöhen sich, bei gleichbleibenden Lasten, die zulässigen Knicklängen. Auf diese Weise wird es möglich, wesentlich längere Konstruktionselemente zu wählen, wodurch der ganze Mast bedeutend leichter wird. Die Ersparnis an Stahl ist erheblich und kann bis zu $\frac{2}{3}$ des Gewichtes eines entsprechenden Winkleisenmastes betragen.

In der Regel werden die Rohre erst nach dem Aufstellen der Masten betoniert. Die weniger schweren Bauelemente erleichtern den Transport an Ort und Stelle, was hauptsächlich bei schwierigem Gelände, wie es bei der Lukmanierleitung ausgeprägt der Fall war, stark ins Gewicht fällt.

Ein weiterer Vorteil der längeren Bauelemente und der einfachen Konstruktion liegt darin, dass es bei steilen Hängen möglich ist, Eckpfosten verschiedener Längen zu wählen, ohne zu komplizierten Spezialkonstruktionen schreiten zu müssen. Bei der Lukmanierleitung sind Differenzen zwischen den Eckpfostenlängen am gleichen Mast bis zu 13 m vorgekommen.

Die ausbetonierten Rohrmasten sind schlank und einfach und fallen im Gelände viel weniger auf als

Die Abspannmasten sind im Maximum 41 m und im Minimum 24 m hoch; ein normaler Abspannmast von 30 m Höhe weist ein Stahlgewicht von 13,5 t auf. Die Tragmasthöhe variiert zwischen 42 und 26 m; ein normaler, 32 m langer Tragmast hat ein Stahlgewicht von 7,5 t. Das gesamte Stahlgewicht der Leitung, inklusive Verzinkung, beläuft sich auf 1630 t, währenddem das Gewicht von Winkleisenmasten unter gleichen Bedingungen 3450 t Stahl betragen hätte.

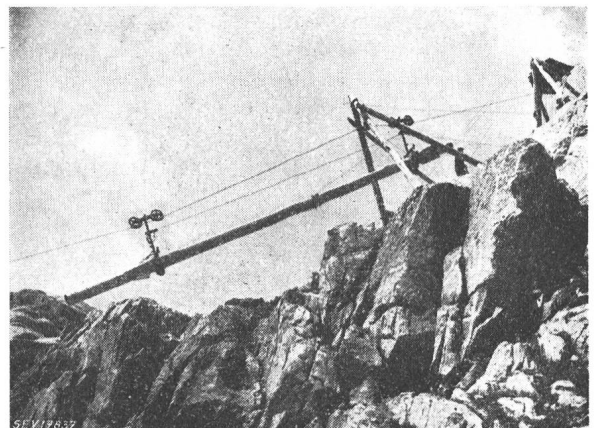


Fig. 3
Transport im Hochgebirge mit Drahtseilbahn

Die Isolatoren

auf den Tragmasten sind vom Typ VK 5 Motor-Vollkern und diejenigen auf den Abspannmasten vom Typ Motor-Stabisolatoren. Beim späteren Übergang von 225 kV auf 380 kV wird die Zahl der Isolatoren auf den Tragmasten von 6 auf 9 und auf den Abspannmasten von 3 auf 5 erhöht.

²⁾ siehe Literatur am Schluss.

Die Leiter

bestehen beim vorläufigen Betrieb mit 225 kV aus Aldrey-Seilen von 550 mm² Querschnitt und einem Durchmesser von 30,5 mm. Die beiden Erdseile aus Stahl haben normalerweise einen Querschnitt von je

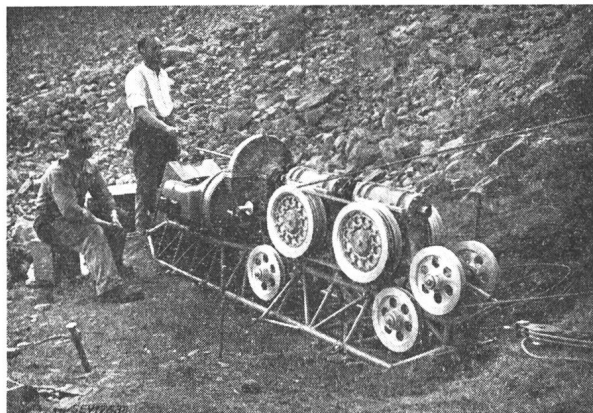


Fig. 4

Zerlegbare Seilzug-Maschine mit Flugzeugmotor

80 mm²; auf den Strecken, die sich in höherer Lage als 2000m ü. M. befinden, sind Erdseile von 120 mm² verlegt worden. Bei einem Übergang auf die definitive Spannung von 380 kV wird es notwendig sein,

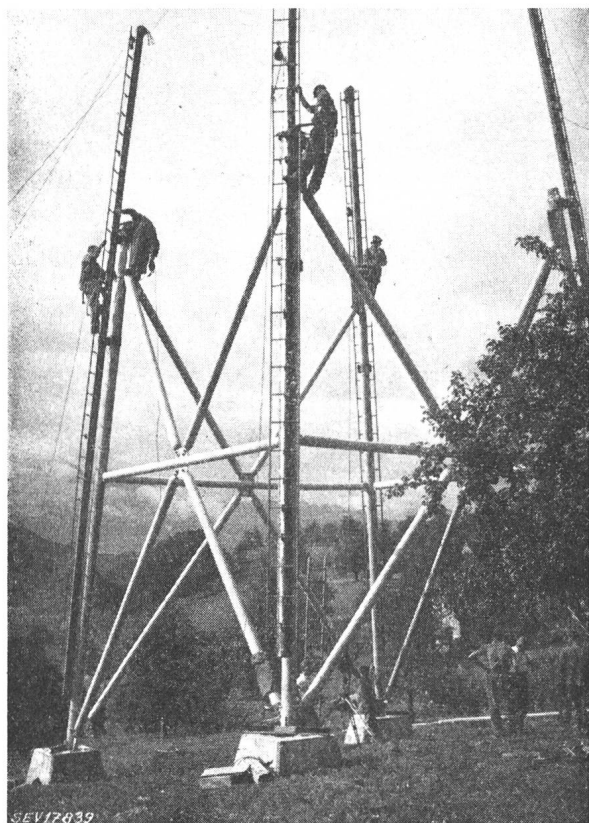


Fig. 5

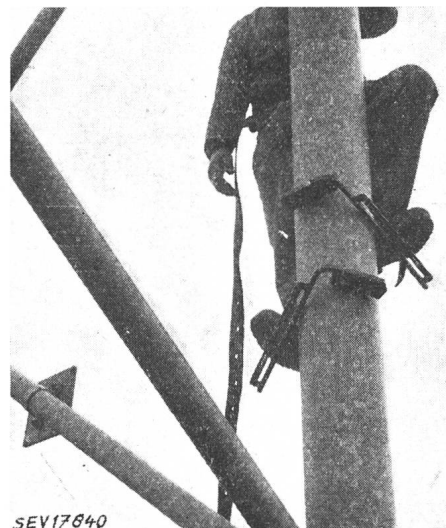
Montage eines Rohrmastes der Leitung Amsteg—Mettlen

die Aldreyseile auszuwechseln; es werden dann Kupferhohlseile mit einem Durchmesser von 50...60 mm, je nach Höhenlage, zur Anwendung kom-

men, insofern man sich dann nicht für Bündelleiter entschliessen wird.

Berechnungsgrundlagen

Für die Berechnung der Masten wurden je nach Höhenlage Zusatzlasten von 3,5...12 kg pro laufen-

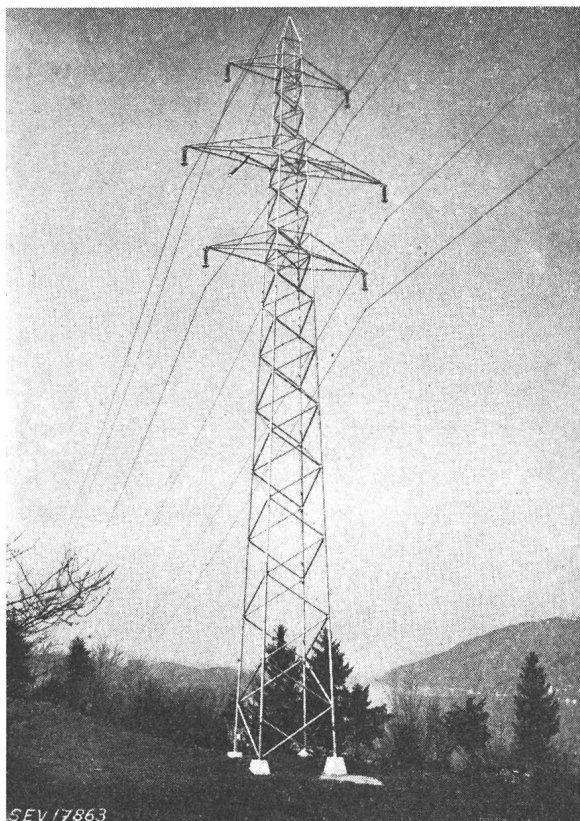


SEV17840

Fig. 6

Steigeisen für Rohrmasten

Sie lassen sich an die verschiedenen Rohrdurchmesser leicht anpassen



SEV17863

Fig. 7

Tragmast der Leitung Amsteg—Mettlen
Höhe 67 m

den Meter der Seile angenommen. Der Winddruck auf ebene Flächen wurde mit 125 kg/m² eingesetzt bei einem Reduktionsfaktor von 0,7 für zylindrische

Flächen und 0,5 für die Leiter und Erdseile. Zur Berechnung der Fläche, auf welche die Windkraft wirkt, wurde die Formel der Verordnung über Starkstromanlagen zur Anwendung gebracht, was bei diesem Masttyp der 1,75fachen Projektionsfläche einer Mastwand entspricht. Der Sicherheitskoeffizient für alle Belastungsfälle beträgt 2,25.

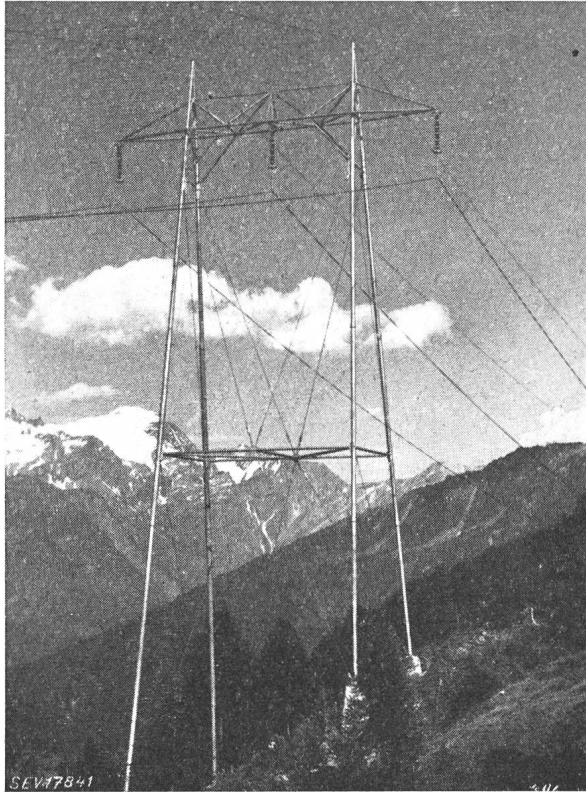


Fig. 8
Normaler Tragmast der Lukmanierleitung

Montage

Die schwierigen Geländebedingungen und das Fehlen von Zufahrtstrassen haben für die Montage der Leitung die Erstellung von grossen Bauseilbahnen, mit einer Gesamtlänge von 38 km, erfordert. Das Auslegen der Leiter hat ebenfalls erhebliche Schwierigkeiten verursacht, indem es auf zwei Teilstrecken von je 12 km Länge des Geländes wegen nicht möglich war, die Kabeltrommeln an die Leitung heran zu transportieren. Es mussten deshalb Leiterlängen bis zu 6 km in einem Stück gezogen werden. Vier Leiterteilstücke wurden zu diesem Zwecke mittels Verbindungsmuffen zusammengelastet, und das Gewicht des in Bewegung stehenden Kabels belief sich bis auf 10 t. Höhenunterschiede bis zu 1200 m mussten auf diese Weise in einem Zug bewältigt werden. Für den Leiterzug wurde eine spezielle Maschine erstellt, die einen maximalen Zug von 4 t zu leisten vermag. Sie wiegt nur 850 kg und kann leicht in 4 Teile zerlegt werden, die sich ohne Schwierigkeit über die Bau-Seilbahnen transportieren lassen.

Die Leitung Amsteg—Mettlen

Die Leitung Amsteg—Mettlen hat eine Länge von 52 km und bildet mit ihren beiden Strängen die

Fortsetzung der zwei einsträngigen Leitungen, die über den Gotthard und über den Lukmanier führen.

Die Masten

sind, wie bei der Lukmanierleitung, nach dem System Motor-Columbus mit ausbetonierten Rohren erstellt, jedoch in der üblichen Tannenbaumform. Auf der Strecke gegen Mettlen mussten wegen der Nähe eines Flugplatzes besonders niedrige Spezialmasten angewendet werden. Die Abspannmasten sind normal 52 m hoch, im Maximum 60 m. Der normale Tragmast hat 52,4 m Höhe, und im Maximum 67 m. Das Stahlgewicht des normalen Abspannmastes beläuft sich auf 12 t, des normalen Tragmastes auf 8,2 t. Das gesamte Stahlgewicht, inklusive Verzinkung aller Leitungsmasten, beträgt 1700 t, während mit Winkelstahlmasten unter gleichen Bedingungen ein Stahlgewicht von 3700 t erforderlich gewesen wäre.

Die Isolatoren

sind vom Typ Motor-Vollkern. Bei einem späteren Übergang auf die definitive Spannung von 380 kV wird die Anzahl der Elemente erhöht.

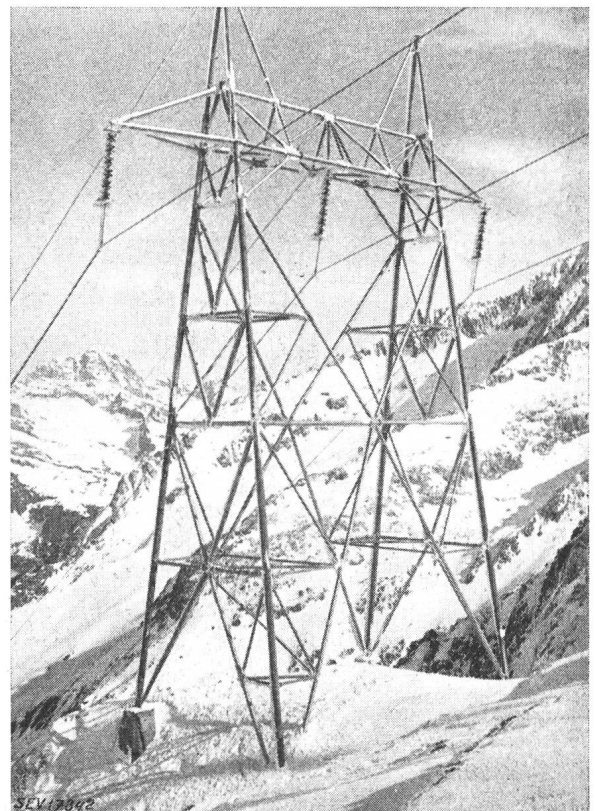


Fig. 9
Verstärkter Tragmast auf Strecken mit grösseren Zusatzlasten

Die Leiter

Beim vorläufigen Betrieb mit 225 kV bestehen die Leiter aus Kupferseilen von 350 mm² bei einem Durchmesser von 24,4 mm. Das Erdseil aus Stahl hat einen Querschnitt von 80 mm². Der definitive Betrieb bei 380 kV wird einen Austausch dieser Leiter gegen Kupferhohlseile mit einem Aussendurch-

messer von voraussichtlich 46 mm erforderlich machen, sofern nicht Bündelleiter zur Verwendung gelangen.

Berechnungsgrundlagen

Die Masten wurden berechnet für eine Zusatzlast, je nach der Höhe ü. M., von 2...3,5 kg pro laufenden Meter der Seile. Der Winddruck wurde mit 100 kg/m² für Flächen bis 30 m über dem Boden und mit 125 kg/m² für Flächen, die höher als 30 m über Boden liegen, angenommen, wobei ein Reduktionsfaktor von 0,7 für zylindrische Flächen und von 0,5 für Leiter und Erdseile vorgesehen wurde.

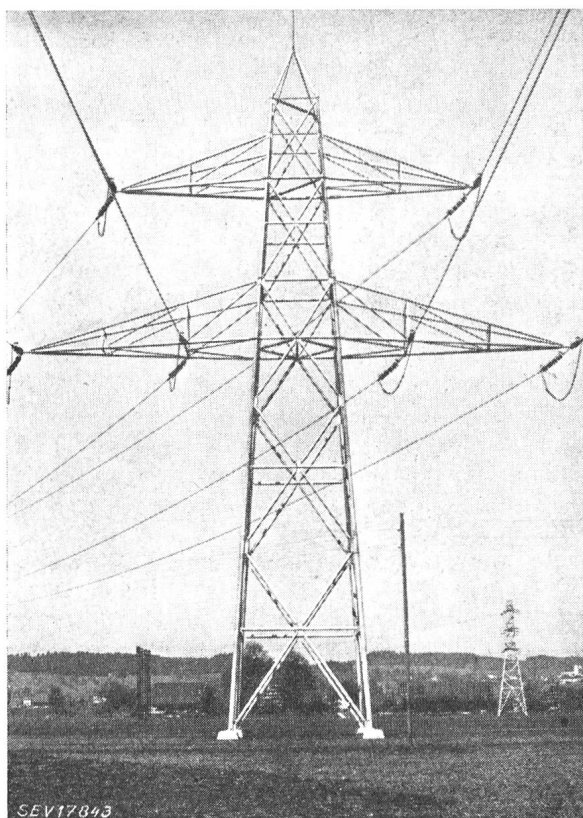


Fig. 10

Niedrigere Mastausführung in der Nähe eines Flugplatzes mit vorgeschriebener Maximalhöhe von 37 m

Berechnet nach der Formel der Vorschriften über Starkstromanlagen wirkt der Winddruck auf rund die 1,75fache Projektionsfläche einer Mastwand. Der Sicherheitskoeffizient ist mit 2,25 eingesetzt worden.

Montage

Um ein einheitliches Vorgehen zu erreichen, wurde von der Bauleitung das spezielle Montagewerkzeug den verschiedenen Unternehmern zur Verfügung gestellt. Als Neuigkeit in dieser Hinsicht sind die Montagemasten zu erwähnen, die mit einer Leiter kombiniert sind und mit dem fortschreitenden Bau des Mastes gleitend hinaufgezogen werden können. Es wurden ebenfalls neuartige Transportwagen für die Kabelrollen und eine Kabelbremse für die Legung der Leiter unter mechanischem Zug

speziell studiert und für die Montage der Leitung hergestellt.

Die Leitung Riazzino—Lavorgo

Ende 1949 ist der Bau der Maggia-Kraftwerke beschlossen und auch sofort in Angriff genommen worden. Nachdem die Atel den Transit der elektrischen Energie aus diesen Werken nach der Nordschweiz übernommen hat, ist die Verlängerung der Alpenleitung bis Riazzino erforderlich geworden.

Die neue Strecke Riazzino—Lavorgo von 42 km Länge wird in Anpassung an die Alpenleitungen ebenfalls von Anfang an für die definitive Spannung von 380 kV gebaut. Die Tragwerke werden für zwei Stränge nach dem Typ derjenigen der Leitung Amsteg—Mettlen mit ausbetonierten Stahlrohren ausgeführt. Gegenwärtig sind die Vorbereitungsarbeiten in vollem Gange, und es ist damit zu rechnen, dass die Leitung im Jahre 1951 fertiggestellt wird.

Mit der Gotthard- und der Lukmanierleitung sowie deren Verlängerungen nach Norden bis Mettlen und nach Süden bis Riazzino wird die Atel über eine leistungsfähige doppelsträngige Nord-Süd-Verbindung verfügen, die allen Erfordernissen der modernen Technik entspricht. Die Projektierung und Bauleitung dieser Anlagen besorgte die Motor-Columbus A.-G. für elektrische Unternehmen in Baden.

Vorläufig werden beide Stränge mit 150 kV betrieben. Bei Inbetriebnahme der Maggia-Kraftwerke wird die Spannung des Lukmanierstranges auf 225 kV erhöht werden. Je nach Bedarf wird man später die beiden Stränge auf 380 kV ausbauen können und auf diese Weise eine Hauptübertragungsader erhalten, die eine Leistung von nahezu einer Million Kilowatt übertragen kann.

Diese Anlage wird nicht nur der schweizerischen Energieversorgung grosse Dienste leisten, sondern auch im Rahmen der internationalen Elektrizitätswirtschaft für die Schweiz von Vorteil sein und ihr erlauben, bei der Verwirklichung eines europäischen Höchstspannungsnetzes mitzuwirken.

Literatur

- [1] *Vögeli, R.*: Les pylônes en tubes d'acier remplis de béton. CIGRE, Paris, Session 1948, Rapport n° 221.
- [2] *Vögeli, R.*: Nouvelles lignes équipées de pylônes en tubes d'acier remplis de béton. CIGRE, Paris, Session 1950, Rapport n° 223.
- [3] *Gonzenbach, R.*: Gittertragwerke mit ausbetonierten Stahlrohren. Bull. SEV Bd. 39(1948), Nr. 22, S. 738...741.
- [4] Neue Hochspannungs-Leitungsmasten der Motor-Columbus A.-G., Baden. Schweiz. Bauztg. Bd. 66(1948), Nr. 40, S. 547...550.
- [5] Les pylônes en tubes d'acier remplis de béton de Motor-Columbus S. A., Baden, Bull. techn. Suisse rom. t. 74 (1948), n° 16, p. 202...203.

Adresse der Autoren:

R. Vögeli, Oberingenieur der Motor-Columbus A.-G., Parkstrasse 27, Baden (AG).

R. Leresche, Ingenieur der Motor-Columbus A.-G., Parkstrasse 27, Baden (AG).