

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 35 (1944)  
**Heft:** 23

**Rubrik:** Communications ASE

#### 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:** 19.01.2026

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

zeitige Unterbrechungen in der Uebertragung der Messwerte des Wattmeters eingeleitet. Dadurch geht

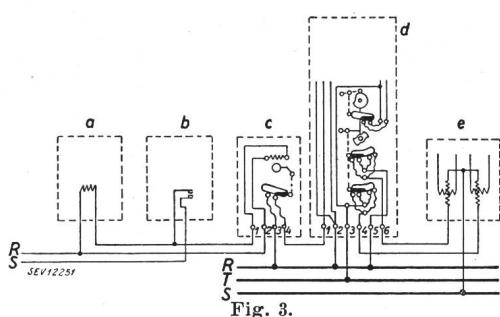


Fig. 3.

Gebereinrichtung für die Fernübertragung von Messwerten und Maximumzeigerauslösungen

- a Hochpräzisionszähler FFP3 hdm mit Maximumzeiger. 10 000/100 V, 40/5 A.
- b Schaltuhr.
- c Fernschalter.
- d Impulsgeber.
- e Wattmeter (Geber).

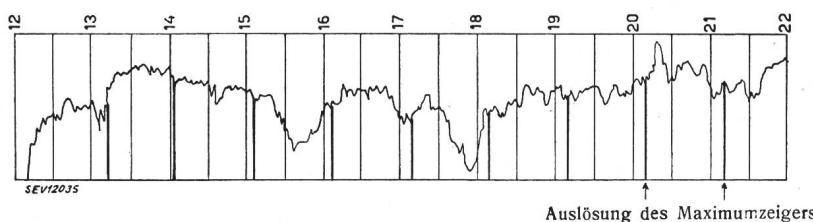


Fig. 4.

Registrierstreifen des Empfänger-Wattmeters

im Kraftwerk

Zeitlicher Verlauf der Leistung des Fremdenergiebezuges.

der Wattmeterausschlag im Kraftwerk (Empfänger) auf Null zurück, so dass auf dem Registrierstreifen (Fig. 4) allstündlich (mit der obvermerkten Zeitverschiebung) ein starker Strich bis zur

Nulllinie verzeichnet wird. Belastungsschwankungen werden durch normal starke Aufzeichnungen registriert, während der «Auslösestrich» durch die zweimalige Schaltfunktion dicker gekennzeichnet wird.

Das Bedienungspersonal im Kraftwerk ist damit in der Lage, nicht nur die momentane Leistung im Fremdenergiebezug zu überwachen, sondern auch die als Mittelwert über einer Stunde registrierte Leistung zu beurteilen. Somit kann die Spitzendekkung durch die hydraulische Anlage nach bestimmtem Plan durchgeführt werden. Da die Wasserrreserve im Seetalsee verhältnismässig klein ist und dessen Zuflüsse speziell während den Wintermonaten sehr stark schwanken, ist die Grundlastübernahme mit Fremdenergie nicht gleichmässig, was fortwährend Dispositionänderungen im Fremdenergiebezug in Abhängigkeit des Stauseehaltes bedingt. Durch die vorerwähnte Einrichtung, welche

sehr bescheidene Anschaffungskosten bedingte, kann mit Sicherheit eine ungewollte Maximum-Ueberschreitung im Fremdenergiebezug vermieden werden.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Bau eines Kraftwerkes an der Julia

621.311.21(494.26)

Wir geben hier die Weisung des Stadtrates Zürich vom 27. Oktober 1944 an den Gemeinderat wieder:

#### A. Energiebedarf und Vorgeschiede

Der Bedarf an elektrischer Energie steigt in der Stadt Zürich stark und unausgesetzt. Der Gesamtumsatz des Elektrizitätswerkes, das heisst die Summe aus in eigenen Kraftwerken erzeugter und von fremden Werken zugekaufter Energie hat sich wie folgt entwickelt:

	Gesamtumsatz Millionen kWh
1910	33 205
1920	121 892
1930	277 683
1940	437 577
1941	460 111
1942	449 596
1943	507 832
1944	550 500

Der Gesamtumsatz gibt indessen kein genaues Bild vom Energieverbrauch in der Stadt. Er enthält grosse Energie Mengen, die an andere Elektrizitätswerke und Gemeinden und einzelne Fabriken ausserhalb Zürichs abgegeben werden, sowie die Uebertragungsverluste und die Energie zum Betrieb der Speicherpumpen im Kraftwerk Wädenswil und anderes. Ein klares Bild über die Entwicklung des städtischen Energiebedarfes ergibt sich aus der Abgabe in das städtische Primärverteilnetz. Diese hat sich wie folgt entwickelt:

	Nettoabgabe an das Verteilnetz Zürich Millionen kWh
1910	21 467
1920	91 898
1930	189 763
1940	370 817
1941	384 664
1942	375 683
1943	427 511
1944	454 800

Ohne die wegen des Energiemangels in der Kriegszeit vom Eidgenössischen Kriegs-Industrie- und -Arbeits-Amt angeordneten Einschränkungen im Energieverbrauch wäre dieser in Zürich noch wesentlich stärker gestiegen, im Jahre 1944 zum Beispiel um rund 18 Millionen kWh.

Die eigenen Werke haben den Energiebedarf nicht zu decken vermocht. Stets musste von fremden Werken Elektrizität zugekauft werden. Darüber gibt folgende Tabelle Aufschluss:

	Eigenerzeugung Millionen kWh	Fremdenergie Millionen kWh
1910	28 936	4 269
1920	83 772	38 120
1930	201 351	76 332
1940	403 254	34 323
1941	371 603	90 102
1942	351 095	98 501
1943	404 024	103 808
1944	456 600	93 900

Seit dem 4. Januar 1943 ist das Kraftwerk Innertkirchen in Betrieb und Zürich erhält von den Grimselwerken jährlich etwa 100 Millionen kWh. Trotzdem ist der Bedarf so gross, dass zudem noch weitere rund 100 Millionen kWh von fremden Werken gekauft werden müssen. Dabei ist natürlich der Bedarf an Winterenergie besonders dringend.

Der Stadtrat hat sich seit Jahren bemüht, neue Energiequellen zu erschliessen. Es haben jedoch lediglich die Bemühungen um Beteiligung an der A.G. Kraftwerke Oberhasli zum Erfolg geführt, während Bestrebungen für den Bau eines Kraftwerkes am Rhein zwischen Rekingen und Koblenz und vor allem jene für den Bau des Kraftwerkes Hinterrhein zwischen Rheinwald und Sils im Domleschg bis jetzt und, wie es scheint, noch auf längere Zeit hinaus nicht verwirklicht werden können. Ebenso unsicher ist die Möglichkeit des rechtzeitigen Baues der Kraftwerke Greina-Blenio oder die Verwirklichung der Projekte Greina-Zervreila-Hinterrhein oder Greina-Zervreila-Glenner, ganz abgesehen davon, dass die finanzielle Lage der Stadt Zürich in den letzten Jahren so ungünstig war, dass sie die Finanzierung solcher Großprojekte nicht mehr gewährleisten kann.

sehen davon, dass die zwei letzten offenbar wegen zu hoher Kosten nicht in Betracht kommen. Der Energiebedarf der zürcherischen Industrie und des Gewerbes zwingt nun aber zu raschem Handeln. Der Bevölkerung sind die unangenehmen Einschränkungen im Verbrauch der letzten Winter genügend bekannt. Es besteht für die Zukunft die Gefahr, dass im Winter sogar verstärkte Einschränkungen in der Belieferung industrieller Unternehmungen vorgenommen werden müssen, womit Arbeitslosigkeit, die ihren Grund lediglich im Mangel an elektrischer Energie hätte, droht. Deshalb hat der Stadtrat die Möglichkeit zum Bau eines stadtseigenen Werkes, etwa von der Grösse des Albulawerkes oder des Limmatwerkes in Wettingen, ergriffen.

Ingenieur Oskar Höhn in Lenzerheide und Bauunternehmer Alfred Spaltenstein in Zürich hatten die Konzession für ein Kraftwerk an der Julia zwischen den Gemeinden Conters und Tiefenkastel erworben und boten sie der Stadt Zürich zum Kaufe an. Nach der Verweigerung der Konzession für den Stausee Rheinwald durch den Kleinen Rat des Kantons Graubünden wurden die Verhandlungen mit O. Höhn und A. Spaltenstein energisch gefördert, und am 30. Juni 1944 hat der Stadtrat den Vertrag über den Erwerb der erwähnten Konzession genehmigt, nachdem die Gemeinden und am 20. Juni 1944 der Kleine Rat des Kantons Graubünden der Uebertragung zugestimmt hatten.

Die Stadt Zürich hat schon während des Baues des Albulawerkes, also um das Jahr 1910 herum, zusammen mit anderen Interessenten die Frage des Baues von Kraftwerken an der Julia geprüft. Die Talstufen bei Marmels, Roffna und Savognin-Conters scheinen die Anlage von Stauseen zu ermöglichen. Leider aber sind die geologischen Verhältnisse ungünstig, indem der Boden, meist aus Bergsturzmaterial bestehend, den Bau hoher Staumauern verunmöglicht. Die Studien wurden daher seinerzeit nicht weiter verfolgt, weil nur der Bau von Laufwerken ohne Winterakkumulierung möglich ist. Die heutige Notlage rechtfertigt es aber, das günstigste dieser drei Laufwerke zu verwirklichen, weil damit zu verhältnismässig billigem Preise die für Zürich unbedingt nötige Energie in einem Werk gewonnen werden kann, das mit dem Albulawerk und dem Heidseewerk zu einer organischen Betriebseinheit verbunden werden kann.

## B. Die Konzession

Die Konzession enthält folgende, für die Stadt Zürich wesentliche Bestimmungen: Die Gemeinden Tiefenkastel, Mons, Salux, Reams und Conters erteilen der Konzessionsinhaber das Recht für den Bau und Betrieb einer Wasserkraftanlage zum Zwecke der Erzeugung elektrischer Energie aus der Julia mit ihren Zu- und Nebenflüssen ungefähr von der Einmündung des Adontbaches bis hinunter zum Höhepunkt 830 m, das heisst der oberen Konzessionsgrenze des Albulawerkes. Die Wahl der Einmündungsstelle des Wassers in die Albula wird dem Ermessen der Konzessionsinhaber freigestellt, doch darf die Gemeindegrenze Tiefenkastel nicht überschritten werden.

Die Konzession wird erteilt für die Dauer von 80 Jahren, beginnend mit dem Tage der Genehmigung durch den Kleinen Rat des Kantons Graubünden. Diese erfolgte am 2. Juli 1942. Die Konzession dauert also bis zum 2. Juli 2022. Nach Artikel 58, Absatz 2, des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte vom 22. Dezember 1916 kann die Stadt Zürich als «Gemeinwesen» verlangen, dass die Verleihung nach ihrem Ablauf erneuert werde, sofern nicht Gründe des öffentlichen Wohles entgegenstehen.

Die Gemeinden treten das zum Bau des Werkes benötigte Wald- und Weideland, soweit es in ihrem Besitze ist, unentgeltlich, bebautes Land zum ortsüblichen Preis ab, und gestatten unter sichernden Bedingungen die unentgeltliche Gewinnung von Sand, Kies und Steinen zum Werkbau auf Gemeindeboden. Beim Bau und Betrieb sind einheimische Arbeitskräfte und vorhandene Baumaterialien angemessen zu berücksichtigen.

Vom Tage der ersten Inbetriebsetzung des Werkes an räumen die Gemeinden der Konzessionärin während zehn Jahren Steuerfreiheit ein.

Der jährliche Wasserzins ist vom fünften Betriebsjahr an auf 25 000 Fr. festgesetzt. Während der ersten vier Betriebsjahre wird ein ermässigter Wasserzins erhoben. Die einmalige Konzessionsgebühr beträgt 20 000 Fr. Den Konzes-

sionsgemeinden ist Gratisenergie bis zur Maximalleistung von 110 kW und ein höherer Bedarf zum laufenden Tagespreis zu liefern. Die gewonnene Energie darf auch ausserhalb des Kantons verwendet werden.

Die Konzession erlischt, wenn mit dem Bau innert zweier Jahre nach ihrer Genehmigung nicht begonnen wird. Diese Frist ist von den Konzessionsgemeinden und dem Kleinen Rat auf Begehr der Stadt Zürich auf fünf Jahre verlängert worden. Sollten die Inangriffnahme und die Ausführung der gesamten Wasserkraftanlagen durch kriegswirtschaftliche Massnahmen der zuständigen Behörden verzögert oder hinausgeschoben werden, so gilt die gleiche Fristverschiebung für alle im Konzessionsvertrag enthaltenen Rechte und Pflichten.

## C. Das Projekt

Das Projekt für den baulichen Teil (Wasserfassung, Stollen, Druckleitung, Maschinensousunterbau und Wasserableitung) ist von Oberingenieur H. Bertschi vom städtischen Bureau für Wasserkraftanlagen aufgestellt worden. Die Planung des elektromechanischen Teiles besorgte das Elektrizitätswerk. Die architektonischen Aufgaben für das Maschinenhaus und die Wohnkolonie wurden den Architekten Gebrüder Pfister in Zürich übertragen.

Das Projekt wurde Prof. Dr. E. Meyer-Peter, Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau der Eidgenössischen Technischen Hochschule, zur Prüfung und Begutachtung der baulichen und hydraulischen Verhältnisse zugestellt. Die geologischen Verhältnisse haben Geologe Dr. Jakob Hug in Zürich und Dr. A. von Moos, Geologe der Versuchsanstalt für Wasserbau der Eidgenössischen Technischen Hochschule, untersucht. Durch etwa 100 Schürfungen, 6 Tiefbohrungen und verschiedene Wasser- und Gesteinsuntersuchungen sind die bautechnischen Fragen abgeklärt worden. Die Untersuchungen haben ergeben, dass die geologischen Verhältnisse im allgemeinen günstig und nur vereinzelte geringe Arbeitserschwernisse zu erwarten sind.

### a) Wasserführung und Gefälle

Die Abflussmengen der Julia werden in Tiefenkastel etwa 300 m oberhalb ihrer Einmündung in die Albula mittels einer Limnigraphenstation des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft in Bern dauernd gemessen. Bei der Meßstation Tiefenkastel beträgt das Einzugsgebiet der Julia 325 km<sup>2</sup> und bei der Staustelle in Burvagn 309 km<sup>2</sup>. Durch die Einleitung der Seitenbäche in den Druckstollen können die Abflussmengen von rund 315 km<sup>2</sup> im Juliawerk ausgenützt werden. Nach der 20jährigen Messperiode 1921 bis 1940 beträgt die mittlere Niederwassermenge 2,5 m<sup>3</sup>/s und das grösste Hochwasser 182 m<sup>3</sup>/s.

Beim Stauwehr Burvagn ist der Aufstau der Julia auf Kote 1117 vorgesehen. Die Wasserrückgabe erfolgt in die Albula am Anfang des Staubeckens des Albulawerkes auf Kote 822.40 (alter Horizont 825.56). Es steht demnach ein Bruttogefälle von 294,6 m zur Verfügung. Nach Abzug der Druckverluste beträgt das Nettogefälle bei Vollbetrieb mit 10 m<sup>3</sup>/s 274,75 m.

### b) Leistungen und Energieproduktion

Der Ausbau des Juliawerkes ist für 10 m<sup>3</sup>/s vorgesehen, welche Wassermenge im Mittel während 147 Tagen im Jahr vorhanden ist oder überschritten wird. Die Höchstleistung des Werkes beträgt 22 765 kW. Die mittlere Jahresleistung beläuft sich auf 15 740 kW.

Die mittlere theoretische jährliche Energieproduktion verteilt sich folgendermassen:

	kWh	%
Winterhalbjahr, 1. Okt. bis 31. März .	46 924 200	33,5
Sommerhalbjahr, 1. April bis 30. Sept.	93 148 200	66,5
Jahresproduktion . . . . .	140 072 400	100

### c) Die Bauobjekte

#### Staubecken und Wehranlage Burvagn

Das Staubecken liegt in dem flachen Talboden zwischen dem Adontbach und dem Burvagnbach. Es hat eine Länge von etwa 800 m und eine grösste Breite von 160 m. Zwischen dem tiefsten Betriebswasserspiegel auf Kote 1112.50 und dem höchsten Stauspiegel auf Kote 1117 ist ein nutzbarer Stau-

raum von 200 000 m<sup>3</sup> vorhanden, der bei Abflussmengen unter 10 m<sup>3</sup>/s für den Tagesausgleich benutzt werden kann.

Das Stauwehr ist bei Burvagn projektiert beim Uebergang des flachen Talbodens in die Flussstrecke mit stärkerem Gefälle. Die obere Wehrflucht befindet sich etwa 50 m oberhalb der Einmündung des Burvagnbaches in die Julia. Der Untergrund im Gebiet des Stauwahres besteht zunächst aus Alluvionen der Julia, Gerölle, Kies und Sand, die zum Teil etwas Lehm in den Zwischenräumen führen. Gegen die Tiefe mehren sich die locker liegenden Dolomitblöcke, die aus dem darunter liegenden Bergsturzmaterial stammen. Die Mächtigkeit dieser Deckschicht beträgt am rechten Ufer 7,36 m und am linken Ufer 7 m. Darunter folgt das Dolomit-Bergsturzmaterial in kompakter Lagerung. Das Stauwehr kann somit in verhältnismässig geringer Tiefe auf zuverlässigen Fels fundiert werden. Im rechtsseitigen Talhang wird die Wehrwiderlager in eine praktisch dichte Moräne eingebaut.

Der Aufstau der Julia erfolgt etwa 9 m über die heutige Flußsohle. Die Ableitung der Hochwasser und Geschiebe wird durch zwei Grundablässe von je 6 m lichter Breite und 3,5 m lichter Höhe, deren Schwelle auf Kote 1107 liegt, bewerkstelligt. Die Grundablässe werden mittels eiserner Gleitschützen abgeschlossen. Ueber den Grundablässen sind von Kote 1115...1117 Ueberläufe angeordnet. Der Abschluss dieser Ueberlauföffnungen erfolgt mittels Senkschützen, damit das auf dem Wasserspiegel schwimmende Geschwemssel leicht abgeschwemmt werden kann. Für das Stauwehr ist keine ständige Wartung durch einen Wehrwärter vorgesehen. Damit bei plötzlich eintretenden Hochwassern keine Ueberschwemmungen der Anlagen entstehen können, werden die Ueberlauschützen mit Fernsteuerung versehen, die vom Maschinenhaus aus betätigt werden kann. Zudem sind zwei Saugüberfälle im Stauwehr eingebaut, die das Wasser automatisch abführen, sobald der Stauspiegel die Kote 1117 überschreitet.

In den 20 Jahren von 1921...1940 erreichte das grösste Hochwasser der Julia in Burvagn eine Abflussmenge von 182 m<sup>3</sup>/s. Bei dem tiefsten Betriebswasserspiegel auf Kote 1112,5 vermag ein Grundabfluss eine Wassermenge von 108 m<sup>3</sup>/s abzuführen. Die beiden Grundablässe vermögen somit beim tiefsten Stauspiegel die grössten zu erwartenden Hochwasser zu bewältigen. Bei höchstem Stau auf Kote 1117 können folgende Wassermengen durch die Abflussöffnungen abgeleitet werden:

1. 2 Grundablässe . . . . .	$2 \cdot 160 = 320$ m <sup>3</sup>
2. 2 Ueberläufe . . . . .	$2 \cdot 30 = 60$ m <sup>3</sup>
3. 2 Saugüberfälle . . . . .	$2 \cdot 20 = 40$ m <sup>3</sup>

Zusammen 420 m<sup>3</sup>

Die Abflussorgane sind somit reichlich dimensioniert auch für den Fall, dass eine Wehröffnung für Revisionen oder Reparaturen durch die Damm balken vollständig abgeschlossen ist.

Am linken Ufer ist der Einlauf mit dem Geschiebesammler an das Stauwehr angeschlossen. Die Schwelle des Einlaufs liegt auf Kote 1109,2 m über der Schwelle der Grundablässe. In der 10 m breiten und 6 m hohen Einlauföffnung ist ein Rechen von 50 mm Spaltweite angebracht, der vermittels einer einfachen maschinellen Einrichtung gereinigt werden kann. Die Durchflussgeschwindigkeit durch den Rechen beträgt bei Vollbetrieb und Stau auf Kote 1117 nur 17 cm/s, beim tiefsten Stauspiegel auf Kote 1112,5 erhöht sich die Einlaufgeschwindigkeit auf 46 cm/s. Der Einlauf kann gegen den Geschiebesammler durch eine eiserne Schütze von 7 m Breite und 3 m Höhe abgeschlossen werden. Aus dem Einlauf gelangt das Betriebswasser in den 40 m langen und 7 m breiten Geschiebesammler, in dem sich allfälliges durch den Rechen eingeschwemmtes Geschiebe und Sand auf dem als Rinne ausgebildeten Boden ablagern und am Ende des Geschiebesammlers durch den Spülaustritt in die Julia abgeführt werden kann. Der Geschiebesammler kann bei abgestelltem Werkbetrieb entleert und gereinigt werden, was jeweilen etwa eine bis zwei Stunden erfordert. Bei Hochwasser der Julia und abgesenktem Stauspiegel kann der zufließende Sand und Schlamm durch Öffnen des Spülaustrittes auch während des Betriebes des Werkes ausgespült werden.

Die Wehranlage ist etwa 300 m von der Kantonsstrasse entfernt. Für die Bauausführung und als dauernde Zufahrt ist eine 3 m breite und etwa 600 m lange Zufahrtstrasse mit 10...12 % Gefälle zu erstellen.

#### Druckstollen mit Wasserschloss

Vom Stauwehr Burvagn verläuft der Druckstollen linksseitig der Julia in möglichst gestreckter Richtung unter dem Motta da Vallac und dem Dorfe Mons nach dem etwa 800 m westlich Mons gelegenen Wasserschloss.

Der kreisrunde Stollen von 2,26 m Durchmesser erhält auf die ganze Länge eine 25 cm starke Betonauskleidung mit einem glatten inneren Verputz. In der an das Stauwehr anschliessenden, etwa 220 m langen Bergsturzstrecke ist innerhalb der Stollenmauerung noch eine 7 cm starke Auskleidung mit armiertem Gunit vorgesehen. Für die Bauausführung werden zwei Fensterstollen erstellt, das Fenster Balandegn bei km 0,930 und das Fenster Mülegn bei km 2,810. Durch diese Fensterstollen wird der Druckstollen in drei Abschnitte unterteilt, damit die Bauausführung von sechs Angriffsstellen aus erfolgen kann, was zur Erleichterung der Bauausführung und zur Verkürzung der Bauzeit notwendig ist. Durch die Fensterstollen kann das Wasser des Saluxbaches, des Balandegnbaches und der Ava da Mülegn in den Druckstollen eingeleitet werden.

Für den Antransport der Bauinstallationen sind bereits Zugangswege zu den Baustellen vorhanden. Der grösste Teil der Betonmaterialien kann in der Nähe der Fensterstollen aus dem dort vorhandenen Dolomitkalkstein gewonnen werden. Vermittels Seilbahnen können die fehlenden Materialien in einfacher Weise von der Julierstrasse den Baustellen zugeführt werden.

Bei Stollenkilometer 4,290 ist das Wasserschloss angelassen. Es besteht aus einem 120 m langen unteren Reservoirstollen von 3 m Durchmesser mit 850 m<sup>3</sup> Inhalt, einem vertikalen Schacht bis Kote 1127 von 3,5 m Durchmesser mit 275 m<sup>3</sup> Inhalt und einer oberen Reservoirkammer mit 440 m<sup>3</sup> Inhalt. Die Dimensionierung des Wasserschlusses erfolgte auf Grund der hydraulischen Berechnungen von Dr. Ch. Jaeger, Versuchsanstalt für Wasserbau an der Eidg. Technischen Hochschule. Die baulichen Verhältnisse für das Wasserschloss sind günstig. Die obere Reservoirkammer kann in guten Kalksandsteinfelsen ausgesprengt werden, in dem voraussichtlich keine oder nur eine teilweise Ausmauerung erforderlich sein wird.

#### Druckleitung

Von der Abzweigung des Wasserschlusses bei Stollenkilometer 4,290 verläuft der Druckstollen auf 40 m Länge in der Richtung der Druckleiterachsse mit 2 % Gefälle. Bei m 40 beginnt die schmiedeiseine Druckleitung von 1700 mm Lichtweite. Diese ist zunächst auf 40 m Länge in einem Rohrzapfen im Felsen einbetoniert. Anschliessend folgt ein etwa 40 m langer Rohrstollen durch die Grundmoräne, in dem die Druckleitung bis zur Apparatenkammer offen verlegt ist. Die Apparatenkammer bildet den Abschluss des Rohrstolls; sie enthält als Rohrabschluss eine Drosselspule mit den zugehörigen Apparaten.

Von der Apparatenkammer verläuft das Druckleitungsstrasse senkrecht zum Talhang in nahezu gerader Richtung zu dem an der Albula gelegenen Maschinenhaus. Aus wirtschaftlichen Gründen ist der Durchmesser der Druckleitung in drei Zonen von 1700, 1600 und 1500 mm abgestuft worden. Die Druckleitung wird zum Schutz gegen die atmosphärischen Einflüsse und das Rosten in den Boden verlegt und einbetoniert. Das unterste Stück von m 657,5 bis m 769,5 wird in einem Stollen durch einen Felskopf geführt und satt im Felsen einbetoniert. Die Leitung hat eine Länge von 820 m. Für ihre Montage muss eine Seilbahn erstellt werden, die auch für den Transport und ihre Verteilung des Aushubmaterials längs der Druckleitung und für die Zufuhr der Baumaterialien dient.

#### Maschinenhaus

Das Maschinenhaus ist an der oberen Staugrenze des Albularwerkes am linken Albulaufufer auf einer ebenen Fläche Wiesland im Ausmasse von etwa 6000 m<sup>2</sup> vorgesehen.

Der Maschinensaal liegt auf der Westseite des Gebäudes. Seine Dimensionen sind rund: Länge 22 m, Breite 11 m und Höhe 13 m. Er enthält die Generatoren sowie einen Montageplatz.

Die zwei vertikalachsigen Francisspiralturbinen sind für die folgenden Konstruktionsdaten gebaut:

Nettogefälle . . . . .	275...293 m
Wassermenge je . . . . .	5 m <sup>3</sup> /s
Leistung je . . . . .	11 700...12 900 kW
Drehzahl . . . . .	1000/min

Mit diesen Turbinen sind direkt gekuppelt zwei Drehstrom-Synchron-Generatoren in geschlossener Bauart mit direkt aufgebautem Erreger und Hilfserreger für

Nennleistung pro Generator . . . . .	14 000 kVA
Spannung . . . . .	6600 V
Frequenz . . . . .	50/s

Der Maschinensaal wird von einem elektrischen Laufkran mit einer Tragkraft von 45 t überspannt, der der Montage und Demontage der Maschinengruppen dient und mit dem auch die Transformatoren ausgezogen werden können.

Das Dienstgebäude schliesst unmittelbar an den Maschinensaal an. Es enthält als wichtigste Räume, direkt an den Montageplatz anstossend, die Kommandostelle und die Werkstätte. Ferner sind alle für eine derartige Kraftwerkseinrichtung nötigen Nebenräume für Personal, Eigenbedarf usw. vorgesehen. Im Dienstgebäude ist auch die 7-kV-Schaltanlage für die Versorgung der umliegenden Gemeinden untergebracht.

Die Schaltanlage ist östlich vom Betriebsgebäude als 150-kV-Freiluftanlage projektiert. Die bestehenden 50-kV-Transportleitungen vom Albulawerk nach Zürich sind bereits an der oberen Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt, weswegen sie so rasch als möglich für eine Spannung von 150 kV umgebaut werden müssen. Es ist daher gegeben, die Schaltanlage heute schon für 150 kV derart zu erstellen, dass sie ohne Mehrkosten mit 50 kV betrieben werden kann, bis die Transportleitungen nach Zürich für 150 kV umgebaut sind.

Die 150-kV-Freiluftanlage beansprucht eine Grundfläche von  $56 \cdot 31 = 1736 \text{ m}^2$ . Sie enthält zwei Felder für die beiden mit den Generatoren direkt gekuppelten 14 000-kVA-Transformatoren, ferner drei Leitungsfelder für zwei Leitungen Richtung Albulawerk und eine Leitung Richtung Engadin, sowie eine Sammelschiene.

#### Zufahrtstrasse zum Maschinensaal

Für die Zufuhr der Baumaterialien und Maschinen und als dauernde Zufahrt muss eine Strasse vom Bahnhof Tiefenkastel zum Maschinensaal erstellt werden.

Längs der Rhätischen Bahn ist von der Station Tiefenkastel bis Prada auf etwa 650 m Länge bereits ein 2...2,5 m breiter Fahrweg mit geringem Gefälle vorhanden. Diese Strecke muss auf 3,5 m verbreitert, im Gefälle ausgeglichen und mit genügend starker Fahrbahn versehen werden. Von Prada bis zur Albula ist nur ein schmaler Weg vorhanden; es kann aber auch in dieser etwa 550 m langen Strecke leicht eine 3,5 m breite Strasse mit höchstens etwa 11 % Gefälle erstellt werden, die allen Anforderungen genügen wird. Die Albula wird mittels einer Eisenbetonbalkenbrücke von 26 m Spannweite und 3,5 m Fahrbahnbreite überbrückt.

#### Wohnhäuser für das Betriebspersonal

Der normale Betrieb des Kraftwerkes erfordert Schichtleiter und Maschinisten, im ganzen acht Mann. Für dieses Personal müssen möglichst in der Nähe des Maschinensaals Wohnungen erstellt werden. Geeignetes Bauland ist an der Zufahrtstrasse zum Maschinensaal auf der Terrasse Prada vorhanden. Es sind dort acht Einfamilienhäuser projektiert, von denen je vier Häuser zu einem Reihenhaus vereinigt sind. Jedem Wohnhaus sind etwa 300 m<sup>2</sup> Garten- und Pflanzland und ein genügend grosser Holz- und Geräteschuppen zugeteilt. Die Wohnhäuser sind architektonisch derart gestaltet, dass sie sich gut in das Landschaftsbild einfügen und den klimatischen Verhältnissen entsprechen.

#### 50-kV- bzw. 150-kV- Uebertragungsleitung Tiefenkastel—Sils

Die Uebertragung der elektrischen Energie über das zur Verfügung stehende Leitungstrasse durch die Schynschlucht

mit grossen Gefällsbrüchen und bewaldeten Steilhängen ist nur über eine Leitung mit Gittermasten im Weitspannungsnetz möglich. Der Umfang der Energieproduktion, die Rücksicht auf die Betriebssicherheit und die Möglichkeit der Ausführung von Betriebsarbeiten ohne Unterbrechung in der Energieabgabe erfordert eine Leitung mit zwei Drehstromsträngen. Als Betriebsspannung sind 50 kV, später 150 kV vorgesehen. Das Trasse führt ab Kraftwerk Julia-Tiefenkastel parallel zur Albula bis Sils. Die Uebertragungsleitung erhält eine Länge von etwa 9 km.

Infolge des stark kuperierten Geländes ergeben sich grosse Ungleichheiten in den Spannweiten, welche Leitungsabspannungen und schwere Abspannmasten bedingen. In Erscheinung tritt die Leitung nur bei Alvaschein, ohne jedoch das Landschaftsbild zu stören.

#### Signal- und Registrieranlagen

Im Maschinensaal Tiefenkastel ist eine Hochfrequenztelephonanlage vorgesehen, an welche die sämtlichen Kraftwerke des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich und die Werkanlagen angeschlossen sind. Ferner werden registriert der Staumspiegel beim Stauwehr Burvagn, der Limnigraph in der Julia in Tiefenkastel, der Limnigraph in der Albula in Tiefenkastel und der Staumspiegel des Albulawerkes.

#### D. Kostenvoranschlag

Der folgende Baukostenvoranschlag entspricht den im September 1944 geltenden Materialpreisen und Arbeitslöhnen sowie den Angeboten der Maschinenfabriken.

	Fr.
A. Vorarbeiten und Konzessionserwerbung . . . . .	220 000
B. Expropriation und Entschädigungen . . . . .	85 000
C. Kraftversorgung der Baustellen . . . . .	174 900
D. Bauliche Arbeiten im Staubecken . . . . .	20 000
E. Wehranlage Burvagn und Zufahrtstrasse . . . . .	1 865 000
F. Druckstellen mit Wasserschloss . . . . .	3 500 000
G. Druckleitung:	
Erd- und Maurerarbeiten . . . . .	406 800
Rohrleitung und Apparate . . . . .	776 000
H. Maschinensaal:	
Baulicher Teil . . . . .	673 000
Mechanischer und elektrischer Teil . . . . .	3 498 000
I. Zufahrtstrasse zum Maschinensaal . . . . .	112 200
K. Verbindungsweg vom Maschinensaal zum Staumspiegel Nisellas . . . . .	36 000
L. Wohnhäuser für das Betriebspersonal . . . . .	380 000
M. 50-kV- bzw. 150-kV-Uebertragungsleitung nach Sils . . . . .	855 000
N. Signal- und Registrieranlagen mit den erforderlichen Kabelleitungen . . . . .	50 000
O. Allgemeine Baukosten:	
Bauleitung . . . . .	586 000
Bauzinsen . . . . .	662 000
Warenumsatzsteuern . . . . .	320 000
P. Unvorhergesehenes . . . . .	780 100
<b>Baukosten zusammen</b>	<b>15 000 000</b>

#### E. Gestehungskosten der elektrischen Energie

Das Juliawerk bildet mit dem Albulawerk und dem Heidewerk eine Betriebsgemeinschaft, wodurch erhebliche Einsparungen an den Betriebskosten ermöglicht werden. Unter den vorliegenden günstigen Verhältnissen dürften die Jahreskosten des Juliawerkes etwa 8 % der Baukosten betragen, entsprechend Fr. 1 200 000.

Die mittlere mögliche Energieproduktion des Juliawerkes beträgt:

Sommerenergie, 1. April bis 30. September	93 100 000 kWh
Winterenergie, 1. Oktober bis 31. März	46 900 000 kWh
Mittlere Jahresproduktion	140 000 000 kWh

Bei Vollausnutzung ergeben sich die mittleren Kosten der Energie ab Kraftwerk Tiefenkastel zu

$$\frac{120}{140} = 0,86 \text{ Rp./kWh.}$$

Die praktisch mögliche Energieproduktion des Juliawerkes kann im Mittel mit 130 Millionen kWh im Jahr angenommen werden. Nach Abzug der Transformatoren- und

Leistungsverluste wird sich der Preis der Energie auf 0,9 bis 1 Rp. ab Sils stellen.

#### F. Durchführung des Projektes

Das Bauprojekt ist bereits weitgehend für die Bauausführung vorbereitet. Die geologischen und bautechnischen Fragen sind eingehend und vollständig abgeklärt. Die erforderlichen Terrainaufnahmen und die Triangulation für die Absteckung des Stollens sind durchgeführt; auch die Verhandlungen mit den Grundeigentümern über den Landerwerb sind eingeleitet. Die Detailprojektierungsarbeiten können derart gefördert werden, dass unverzüglich nach der Krediterteilung durch die Gemeinde mit den Bauarbeiten begonnen werden kann.

Die Bauzeit wird zwei Jahre betragen. Sofern anfangs des Jahres 1945 mit den Bauarbeiten begonnen werden kann, wird es möglich sein, das Juliawerk für die Energielieferung auf anfangs Januar 1947 bereitzustellen.

Das Eidgenössische Kriegs-Industrie- und -Arbeits-Amt, Sektion für Elektrizität, hat dem Vorstande der Industriellen Betriebe für den Fall des Baubeschlusses die Materialzuteilung für den Kraftwerkbau bereits in Aussicht gestellt.

#### G. Schluss

Mit der Erstellung des Juliawerkes ist die Energieversorgung der Stadt Zürich vorläufig wieder sichergestellt. Die Produktion des neuen Kraftwerkes wird aber sofort voll verwendet werden können, so dass keine Reserve verbleibt. Alles spricht dafür, dass der Elektrizitätsbedarf weiter wächst, insbesondere ist neue — mit Rücksicht auf unsere Industrie billige — Winterenergie nötig. Zürich muss daher seine Bestrebungen, sich an einem grossen Winterstauwerk zu beteiligen, weiter fortsetzen. Die Erstellung solcher Werke ist in der Schweiz nur noch an wenigen Stellen möglich. Die



Bedürfnisse unserer Volkswirtschaft werden sie in wenigen Jahren zur unabwendbaren Notwendigkeit machen und dazu zwingen, alle Widerstände, die ihnen entgegengesetzt werden, zu überwinden.

Dem Gemeinderat wird beantragt:

a) Zuhanden der Gemeinde:

Für den Bau des Juliawerkes Tiefenkastel wird ein Kredit von Fr. 15 000 000.— auf Rechnung des Elektrizitätswerkes erteilt. Die Kreditsumme erhöht sich allenfalls um die Mehrkosten, die durch die Bauversteuerung in der Zeit zwischen der Beschlussfassung und der Bauvollendung entstehen sollten.

b) Zur Beschlussfassung in eigener Befugnis:

Für den Fall der Kreditbewilligung durch die Gemeinde wird das Bauprojekt vom 30. September 1944 genehmigt.

Die Berichterstattung im Gemeinderat ist dem Vorstande der Industriellen Betriebe übertragen.

#### Sulzer-Druckleitungsanlagen für Wasserkraftwerke

(Nach Rev. Sulzer 1944, Nr. 2)

627.844

Eine Druckleitung kann offen, eingegraben, in einen begehbar Stollen verlegt oder als Druckschacht-Panzerung ausgeführt werden. Sie wird je nach der Höhe des Gefälles und der Grösse der Wassermenge ein- oder mehrsträngig gebaut. In den Werkstätten werden die Einzelrohre aus Qualitätsblechen nach Mass angefertigt; sie bestehen aus mehreren Rohrschüssen. Die fertiggestellten Rohre gelangen durch Eisenbahn-, Schiffs-, Strassen- und Seilbahntransporte (Fig. 1) zur Baustelle. Die Abmessungen und die Gewichte der Rohre sind somit nicht nur von den Werkstatt-Einrichtungen und den Herstellungsverfahren abhängig, sondern auch durch die Transport- und Montagemöglichkeiten bestimmt.

Bereits im Jahre 1907 haben Gebrüder Sulzer die Schweisung angewendet und im Jahre 1925 die Nietung im Druckleitungsbau endgültig verlassen. Eine kleinere Druckleitung mit vollständig geschweißten Rohren hat die Firma bereits in den Jahren 1920/21 erstellt.

Ein wesentlicher Wandel ist auf dem Gebiete der Rohrverbindung zu verzeichnen. Die mit Hanf und Blei gedichteten Muffen, die verschiedenen Formen der Vernietung durch Ueberlappung oder Rundlaschen und die Verwendung konischer Nietmuffen gehören seit nahezu zwanzig Jahren der Vergangenheit an. Die verschiedenen Schrauben-Flanschverbindungen sind mit der Zeit auf die Spezialrohre wie Fixpunktkrümmer, Expansionsrohre usw. beschränkt worden. Seit mehreren Jahren verwenden Gebrüder Sulzer Flanschverbindungen nur noch für die Anschlüsse an Drosselklappen, Schieber und Maschinengruppen. Die Verschraubung erfordert weder besondere Installationen noch ausgesprochene Spezialarbeiter; hingegen wirken sich die Herstellungs- und Unterhaltskosten dieser Verbindungsart nachteilig aus.

Gestützt auf reiche Erfahrungen in der Autogenschweissung bedeutete die Einführung der elektrischen Schweissung für Gebrüder Sulzer lediglich eine systematische Weiterentwicklung der Verfahren zur Metallverbindung auf bereits bekannter Grundlage. Die Verbesserung der Elektroden ermöglichte einen raschen Fortschritt der elektrischen Schweissung. Im Druckleitungsbau herrscht seit Jahren die elektrische Schweissung vor, während die autogene Schweissung dort Anwendung findet, wo ihre spezifischen Eigenschaften besondere Vorteile bieten. In der Werkstatt und auf dem Bauplatz werden je nach Bedarf sowohl Gleichstrom- als auch Wechselstrom-Schweissmaschinen verwendet.

Fig. 1.  
Montage einer offen verlegten Druckleitung  
Abladen eines Rohres von der Standseilbahn.

Erst die Weiterentwicklung der Schweißtechnik gestattet, die materialtechnischen Eigenschaften der Kesselbleche voll auszunützen und auch Ausgangswerkstoffe höherer Festigkeit sowie legierte Stahlbleche zu verwenden, während früher die Verarbeitung normaler Kesselbleche Sorte MI mit 35...44 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit bei 25 % mittlerer Dehnung gebräuchlich war. Bei der Ausführung der Druckleitung «Etzel» wurde von Gebrüder Sulzer zum erstenmal die Verarbeitung von Kesselblech Sorte MII mit 41...50 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit vorgeschlagen und angewandt. Zur Abklärung des Verhaltens solcher Bleche höherer Festigkeit wurden eingehende Materialuntersuchungen und Sprengversuche bis zur Zerstörung durchgeführt.

Für den im Jahre 1941 ausgeführten zweiten Strang der Druckleitung Niederernenbach, der bei dem hohen Gefälle von 1000 m und nur 500 mm Ø eine Grenzleistung geschweißter Rohrleitungskonstruktion darstellt, ist ebenfalls mit Erfolg MII-Blech bis zu 32 mm Stärke verarbeitet worden.

Bei den durch Innendruck beanspruchten Rohren verlaufen die grössten Spannungen in Umfangsrichtung. Infolgedessen ist die Längsnahrt gerade dieser Hauptspannung ausgesetzt. Die Schrägnahrt hingegen schneidet die Ringspannung unter einem Winkel und ist somit nur einer entsprechenden Komponente ausgesetzt.

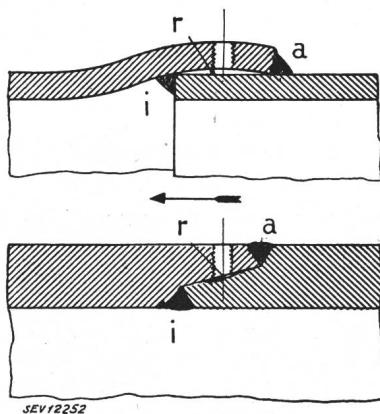


Fig. 2.  
Montage-Schweißverbindung  
System Sulzer

Oben: für Wandstärken unter 23 mm.  
Unten: für Wandstärken über 23 mm.  
Die prüfbare Schweißverbindung wird in- und auswendig elektrisch geschweisst. Der zwischen den Schweißnähten *i* und *a* verlaufende Hohrraum *r* wird mit Druckwasser abgepresst.

chenden Komponente der Spannung unterworfen. Bei einem Steigungswinkel der Schraubennahrt von  $45^\circ$  beträgt diese Komponente rund 70 % der Ringspannung.

Gebrüder Sulzer haben zur Erleichterung der Montage die prüfbare Montage-Schweißverbindung nach Fig. 2 eingeführt und seit vielen Jahren mit bestem Erfolg angewandt. Mit diesem patentierten Verfahren wird, im Gegensatz zu den Stumpfnähten, bei denen eine Zentrierung schwierig war, das Zusammenpassen und Schweißen der Rohre einfach und zuverlässig.

Durch Ausschnitte bei Abzweigungen entsteht eine Schwächung des Rohres, die auf irgendeine Weise ausgeglichen werden muss, um die Lochrandspannung auf das zulässige Mass zu reduzieren. Bei Stahlguss-Ausführung sind unerwünschte Materialanhäufungen durch beträchtliche Wandstärken und Verstärkungs-Konstruktion unvermeidlich. Eine genauere Be- trachtung der infolge des Innendruckes entste-

Durch Spannungs- und Deformationsmessungen an ausgeführten Verteilstücken und Zersprengungsversuche mit Modellkörpern ist die Zweckmässigkeit und Wirksamkeit dieser patentierten Verstärkungskragen nachgewiesen worden (Fig. 3 und 4).

Die *offen verlegte Druckleitung* (Fig. 1), auf Sockeln, unter Anwendung von Rohrsätteln, Stützringen oder eventuell Walzenlagern ist überall dort angezeigt, wo keine Rücksicht auf Bewirtschaftung der Grundstücke, auf Steinschlag, Lawinengefahr, Landesverteidigung oder Heimatschutz zu nehmen ist. Bei solchen Anlagen werden Fixpunkte und Expansionsrohre vorgesehen. Allfällige nachträgliche Terrainbewegungen lassen sich rechtzeitig erkennen und ausgleichen. Die baulichen Teile und der Rostschutz können laufend unterhalten werden.

Die *eingegrabene verlegte Druckleitung* kommt dort in Frage, wo die Voraussetzungen für die offene Bauweise nicht erfüllt sind. Bei der im Erdboden verlegten Druckleitung fallen die Expansionsrohre weg. Die Fixpunkte müssen dagegen zur Verankerung der Leitung im Gelände bestehen bleiben. Die letzten Rohrverbindungen zwischen benachbarten Fixpunkten sollen nicht in der wärmeren Jahreszeit, oder dann nur unter Anwendung einer wirksamen künstlichen Kühlung des Rohrstranges, erfolgen. Durch bauliche Massnahmen sind Erdmassen, die zu Rutschungen neigen, von der Druckleitung fernzuhalten. Sonst ist für ihre einwandfreie

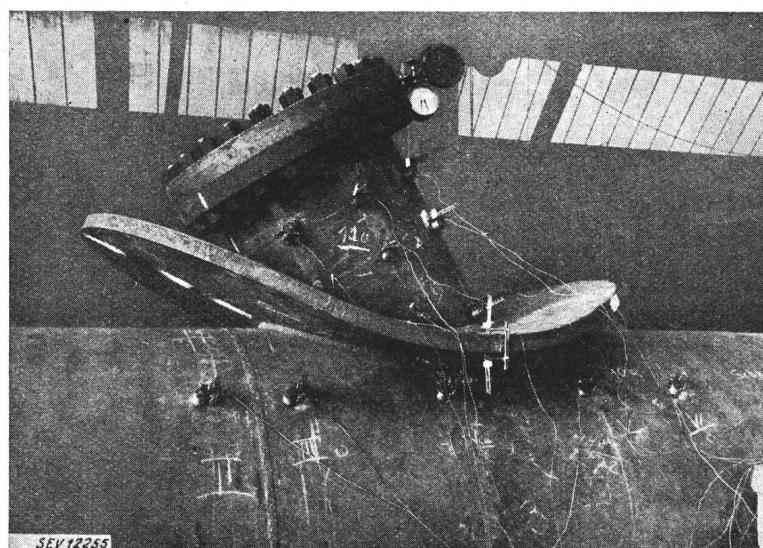


Fig. 4.

Elektrisch geschweißtes Abzweigrohr mit Kragenversteifung bei der Druckprobe  
Prüfdruck 80 kg/cm<sup>2</sup>.

henden Kräfte und das Zerlegen derselben in Längs- und Ringkomponenten führten zu einer anschaulichen Erfassung der Belastung des Ausschnittes und damit zur Grundlage für die von Gebrüder Sulzer entwickelte *Kragenverstärkung*.

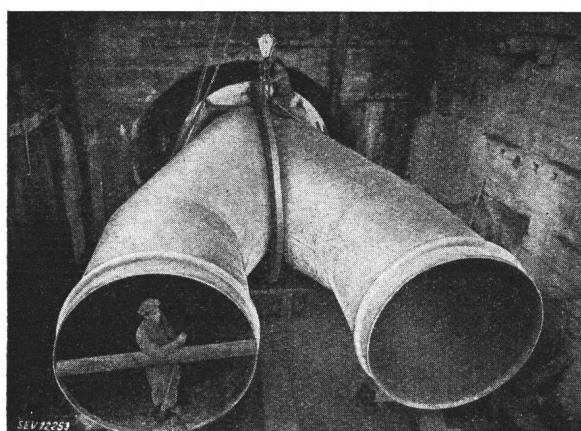


Fig. 3.

Etselwerk  
Geschweißtes Hosenrohr mit Kragenverstärkung.

Unterstützung zu sorgen. Bei der Eindeckung der Druckleitung ist auf die Beschaffenheit der Erdmasse zu achten, um korrodierenden Einflüssen vorzubeugen. Die eingegrabene Leitung muss wegen der Beanspruchung durch die Erdüberdeckung ausreichend bemessen werden und namentlich auch im entleerten Zustand sowie bei Vakuumbildung genügende Stabilität gegen Verformung aufweisen.

Die Anordnung *im begehbarer Stollen* findet vor allem dort Anwendung, wo offen verlegte Druckleitungen in einzelnen Teilstrecken durch Lawinen oder Steinschlag gefährdet wären. Diese Lösung ist ferner am Platze, wenn zur Wahrung der Zugänglichkeit im Winter zu wichtigen Kraftwerkstellen, z. B. Schieberkammern oder Pumpenhäusern, ohnehin ein Stollen erstellt werden muss. In feuchten Stollen, insbesondere dort, wo Tropfwasserbildung auftritt, erfordert die Ausführung der Rostschutzarbeiten besondere Vorfahrungen.

Die *Druckschacht-Panzerung*, die einen gesunden und kompakten Fels mit genügend mächtiger Ueberlagerung zur Voraussetzung hat, ist wirtschaftlich nur für Anlagen mit Wassermengen von annähernd  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  oder mehr, in Verbindung mit hohen Betriebsdrücken, gerechtfertigt. Bei dieser Bauweise erfolgt die Zuleitung des Betriebswassers zu den Turbinen nicht in offen oder eingegraben verlegten Rohrleitungen, sondern durch die direkt im Berginnern in den Fels gesprengten und mit Stahlrohren gepanzerten Stollen und Schächte. Die Panzerung bezweckt vor allem die

Schaffung einer druckwasserdichten Wandung. Die Schachtpanzerung kommt hauptsächlich zur Anwendung, wenn die Maschinenhalle unterirdisch angelegt wird. Sie entzieht die Rohrleitung jeder Steinschlag- und Lawinengefahr und entspricht auch den Anforderungen der Landesverteidigung und des Heimatschutzes. Sie stellt ferner eine Sonderlösung zur Erzielung von Materialeinsparungen dar, indem das Gebirge zur Aufnahme des Innendruckes herangezogen wird. Die Grösse der möglichen Blecheinsparung hängt vom ausnutzbaren Gefälle, den Schachtabmessungen sowie von der Widerstandsfähigkeit der Felssparten ab. Bei grossen Anlagen und unter günstigen geologischen Verhältnissen kann die Einsparung von Blechmaterial, verglichen mit einer herkömmlichen Bauweise von Druckleitungen, mehr als die Hälfte des Gesamtgewichtes betragen.

Der Artikel enthält weitere Angaben über die Druckleitungen der Kraftwerke Dixence, Etzel, Innertkirchen und Lucendro (Fig. 5).

Das Ersetzen älterer Druckleitungen ist dann angezeigt, wenn Undichtigkeiten, spezifische Alterungserscheinungen, z. B. Rissbildung, Versprödung, Rostanfressungen, abgescheuerte Nietköpfe, Erosionen, auftreten. Eine neue Rohrleitung in elektrisch geschweisster Ausführung ergibt bei gleicher Lichtweite kleineres Gewicht und geringeren Druckverlust. Die Ausweichlösung kann gegebenfalls mit einer Vergrösserung

verteilten Längsstäbe mit der Spiralarmierung durch Punktschweißung verbunden werden. In der Regel werden Rohre bis und mit 50 cm Innendurchmesser nur mit einer Armierungslage versehen, während grössere Rohre eine innere und eine äussere Armierung aufweisen.

Die Dimensionen der normalen Superbetonrohre gehen bis zu Baulängen von 3,5 m und Durchmessern bis 2,2 m.

Die Superbetonrohre werden mit patentierten Muffen (Fig. 1) hergestellt, die sich durch Spezialausbildung der Endringe der eisernen Schalungen mit sehr genauer Einhaltung der vorgesehenen Form schleudern lassen. Diese Muffen zeichnen sich durch keilförmige Aussparungen zur Aufnahme der Dichtungspackung aus. Die Dichtungspackung

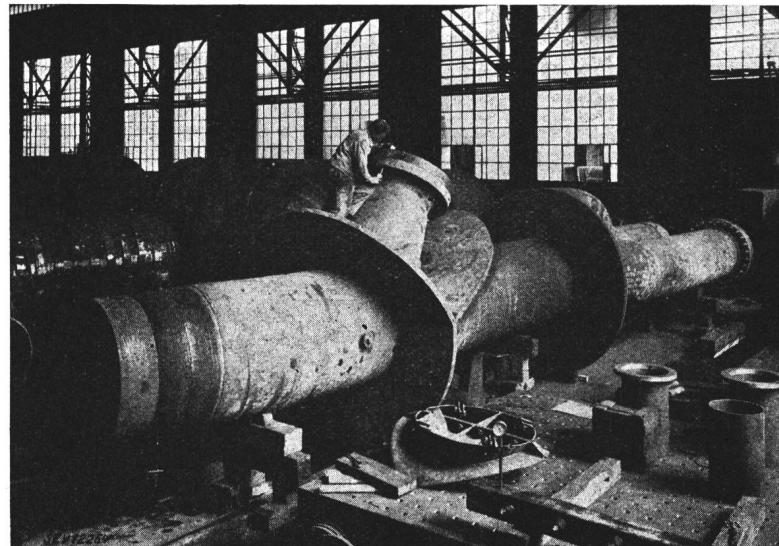


Fig. 5.

#### Druckleitung Lucendro

Abzweigstück der Verteilleitung und Hosenrohr für die Werkdruckprobe zusammengeschweisst. Max. Lichtweite 1200 mm, max. Blechdicke 60 mm, Prüfdruck 150 kg/cm<sup>2</sup>.

des lichten Durchmessers kombiniert werden. Beim Umbau mehrsträngiger Anlagen kann die Zahl der Rohrstränge reduziert werden. In beiden Fällen lässt sich dadurch eine Verringerung der Druckverluste und eine Erhöhung der Energieproduktion erzielen.

Gz.

besteht aus Jutestricken, die mit Asphalt getränkt sind und vor dem Zusammenfügen der Rohre im Falz der Muffen angebracht werden. Die Rohre werden mit Spannringen zusammengezogen (Fig. 2). Bei Innendruck werden Doppelglockenmuffen angewendet. Normalmuffen kommen nur zur Anwendung, wenn praktisch kein Innendruck aufzunehmen ist.

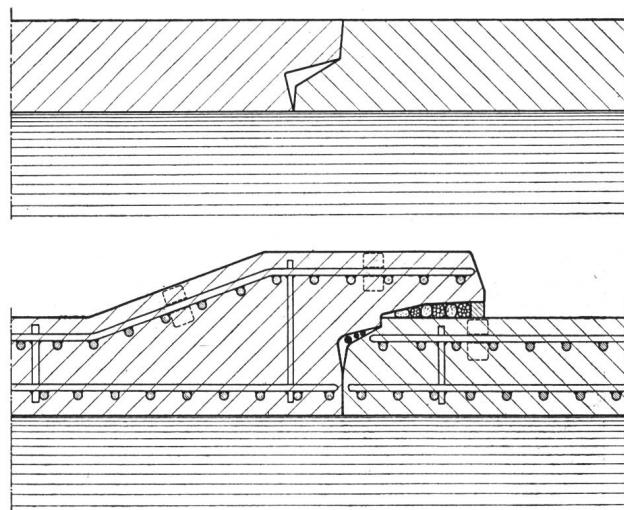


Fig. 1.

#### Superbeton-Schleuderröhren

Oben: Normalmuffe.

Unten: Doppelglockenmuffe. Anordnung der Armierung in der Rohrwandung.

#### Superbeton-Rohrleitungen

621.643.255.627.844

Das Bulletin SEV 1943, Nr. 24, enthält einen Bericht über den Ausbau des Kraftwerkes Orsières zur Vermehrung der Winterleistung. Bei den dort erstellten Anlagen (Pumpstationen und Druckleitungen) wurden unter anderem auch Superbeton-Schleuderröhren, System Hunziker, verlegt. Ueber Superbeton-Rohrleitungen wird ausführlich berichtet in Nr. 1/2 der neuen Hunziker-Mitteilungen<sup>1)</sup>.

Die Herstellung der Superbetonrohre stützt sich auf bekannte Mittel der Betontechnik. Für die Betonherstellung wird Sandkies, bestehend aus Quarzit, Granit und Gneis sowie Kalk- und Sandsteine verwendet. Die Rohre werden nach einem kombinierten Schleuder- und Rüttelverfahren hergestellt, wobei der Beton durch Zentrifugalkräfte intensiv verdichtet wird. Das überschüssige Wasser wird hierbei ausgepresst und durch die siebartig ausgebildete, mit porösem Stoff verkleidete Schalung weggeschleudert.

Das Schleudern verursacht eine Materialabstufung im Beton: Die gröberen und schwereren Zuschlagteile streben nach aussen, während die Innenwandung durch eine dichte, glatte Zementmörtelschicht gebildet wird, welche eine geringe hydraulische Rauigkeit aufweist.

Entsprechend der vorgesehenen Beanspruchung werden Superbetonrohre mit oder ohne Armierung geliefert (Fig. 1); diese besteht aus Rundseilen von 3...10 mm Durchmesser, die maschinell zu Spiralen von beliebigem Innendurchmesser gewickelt werden. Dünne, verhältnismässig eng angeordnete Armierungen sind mit Rücksicht auf die Rissgefahr vorzusehen. Der gegenseitige Abstand der Armierungen wird dadurch gesichert, dass die gleichmässig über den Umfang

<sup>1)</sup> Siehe Seite 694 dieser Nummer.

Rohrleitungen sollen im allgemeinen in gewachsenen, tragfähigen und ruhigen Boden verlegt werden. Bei Hangleitungen muss der Rutschgefahr vorgebeugt werden. Die Rohre sollen erst kurz vor ihrem Einbau vom Lagerplatz

zur Baustelle gebracht werden. Müssen die Rohre bei Frost im Freien gelagert werden, so ist dafür zu sorgen, dass sich in ihnen kein Wasser ansammelt. Das Verlegen der Rohre erfolgt zweckmässig von unten nach oben, mit der Glocke bzw. Nut gegen die Fliessrichtung.



Fig. 2.

Anbringen des Einzugapparates und Einführen der Rohre



Fig. 3.

#### Druckleitung Bex

Anschluss der Superbetonrohre an die geschweissste Stahldruckleitung.

Zur Sicherung ihrer Lage werden die Rohre bei geringen Ueberschüttungshöhen auf Betonsockel, bei grösseren Ueberschüttungshöhen auf eine durchgehende Betonsohle verlegt. Besondere Beachtung verdienen Uebergänge von Fels zu

Erde oder von gewachsenem Boden zu Aufschüttung. In den meisten Fällen empfiehlt sich eine genügend lange Ueberbrückung durch eine durchgehende Betonsohle. Die Stärke der Betonsohle soll  $\frac{1}{4}$  des Rohrdurchmessers, min-

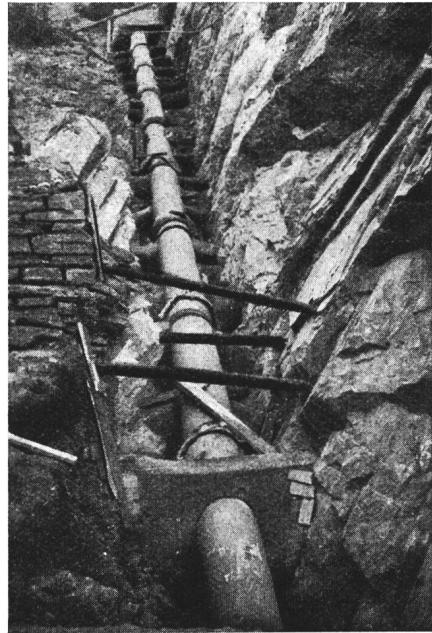


Fig. 4.

Steile Strecke der 500-mm-Druckleitung der Pumpanlage Tsi

destens aber 10 cm überschreiten. Die Tiefe der Wölbung soll das gleiche Mass erreichen.

Bei einer gegebenen Ueberschüttung wächst das Biegemoment in der Rohrwandung angenähert mit dem Quadrat des Rohrdurchmessers, während das Widerstandsmoment der Rohrwandung in geringerem Mass zunimmt. Die stärkere Beanspruchung der weiten Rohre erklärt, dass bei diesen Rohrbrüche am häufigsten vorkommen. Es ist im allgemeinen ratsam, bei Rohrweiten über 80 cm armierte Rohre



Fig. 5.

600-mm-Saleinaz-Zuleitung vor dem Eindecken

anzuwenden und diese auf Betonsohlen zu verlegen.

Erfahrungsgemäss gilt für den Geschwindigkeitsbereich folgendes: Die Mindestgeschwindigkeit soll 0,5...1,0 m/s betragen, damit in flachen Strecken ein Verschlammnen und Versanden der Rohrleitungen vermieden wird. Die Maximalgeschwindigkeit soll 5..6 m/s nicht überschreiten, damit starke Erosion und Abnützung durch sandhaltiges Wasser vermieden wird. Für vollkommen reines Wasser dagegen, das keinen Hindernissen oder plötzlichen Richtungswechseln begegnet, ist die zulässige Geschwindigkeit höher.

Fig. 3 zeigt den besondern Fall des Anschlusses einer Leitung aus Superbetonrohren an eine geschweißte Stahl-Druckleitung. Die Fig. 4 und 5 geben einen Einblick in die verschiedenen Verlegungsarten von Superbeton-Schleuderöhren, die beim Ausbau des Kraftwerk Orsières zur Ausführung gelangten.

Gz.

### Ein neuer Quecksilber-Regulierwiderstand

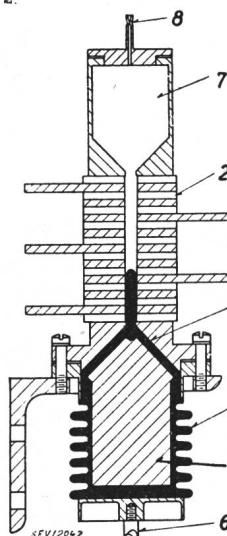
[Nach K. A. Oplinger, Electr. Engng., Bd. 60(1941), Nr. 8, S. 846]

621.316.771

Für die Verstärkung der einfachen Ein- und Ausschaltfunktion werden meist Kontaktrelais benutzt. Für die kontinuierliche Regulierung von Stromkreisen dienen Elektronenröhren und rotierende Generator-Verstärker. Es sind auch schon Apparate mit vibrierenden Kontakten vorgeschlagen worden, wobei durch geringe Änderungen des Kontaktldruckes grosse Änderungen des Übergangswiderstandes entstehen und damit eine wesentliche Stromregulierung erzielt werden kann. Die Leistungsabgabe dieser Regler ist natürlich durch die Schaltleistung der Kontakte begrenzt.

Die Steuerung relativ grosser Leistungen kann auch in einfacher Weise mit dem bekannten Regulierwiderstand erfolgen. Durch eine genügende Zahl von Stufen kann dabei eine praktisch kontinuierliche Regulierung erreicht werden. Diese Widerstandsregler haben meist folgende Bedingungen zu erfüllen:

1. Die erforderliche Antriebsleistung soll klein sein, da gewöhnlich nur eine sehr kleine Steuerleistung zur Verfügung steht.
2. Nachwirkungerscheinungen (Hysterese), herrührend von Reibungs- und magnetischen Kräften, dürfen nur gering sein.
3. Die mechanische Trägheit der bewegten Teile und deren Bewegungen selbst müssen klein sein, zwecks Erzielung eines hohen Folgevermögens des Reglers.
4. Die Kontakte sollen keiner Wartung bedürfen.



Je grösser die Ausgangsleistung des Reglers ist, desto schwieriger ist die Einhaltung dieser Bedingungen. Durch die Verwendung des Quecksilbers, das bekanntlich bereits in Schaltern erfolgreich angewandt worden ist, konnte auch ein leistungsfähiger und empfindlicher Widerstandsregler, welcher die genannten Bedingungen restlos erfüllt, gebaut werden.

Das Kontaktelment des mit dem Namen «Mercurystat» bezeichneten Widerstandsreglers ist in der Fig. 1 in schematischer Schnittzeichnung dargestellt. Eine grosse Zahl (z. B. 40 oder 100,

Fig. 1.

Widerstandsregler «Mercurystat»  
Erklärungen siehe im Text.

je nach der gewünschten Stufenzahl des Reglers) von durchbohrten Kontakt Scheiben mit Anschlussfahnen (1) werden abwechselndweise mit isolierenden Zwischenscheiben (2) zu einem Zylinder aufgeschichtet, in dessen Innerem ein Kanal für das Kontakt-Quecksilber (3) entsteht. Das Quecksilber befindet sich in einem unten an den Zylinder anschließenden Faltenbalg (4) aus rostfreiem Stahl; ein Pfpfen (5) im Balg dient zur Verkleinerung des Volumens. Infolge von Volumenänderungen des Faltenbalges, hervorgerufen durch Bewegungen des Antriebsbolzens (6), steigt oder fällt die Quecksilbersäule im Zylinder der Kontakt Scheiben, wodurch einzelne Abschnitte des separaten (nicht dargestellten) Regulierwiderstandes kurzgeschlossen oder eingeschaltet werden. Zur Verhütung des Kontaktbrandes wird der Hohlraum über dem Quecksilber evakuiert und hernach mit einem inerten Gas gefüllt. Zu diesem Zwecke müssen alle Teile, die den Kanal für Quecksilber und Gas bilden, hermetisch abgedichtet werden. Um zu grossen Druckänderungen und damit uner-

wünschte Rückwirkungen auf die Volumenänderungen des Faltenbalges zu verhindern, steht der Kontakt Scheiben-Zylinder oben mit einer Gaskammer (7), die auch den Pumpenstutzen (8) trägt, in Verbindung.

Infolge des grossen Verhältnisses zwischen dem Querschnitt des Faltenbalges und denjenigen der Quecksilbersäule im Innern des Scheibenzyinders muss der Faltenbalg nur sehr wenig bewegt werden, damit alle Kontakt Scheiben durch das Quecksilber kurzgeschlossen werden. Beispielsweise beträgt die Höhe des Kontakt Scheibenzyinders bei einem 40stufigen Mercurystat etwa 50 mm; am Faltenbalg ist jedoch nur eine Verschiebung von einigen Hunderstelsmillimeter nötig, um alle Widerstands-Stufen auszuschalten. Da der Spannungsabfall des Regulierwiderstandes sich auf zahlreiche Kontakt Scheiben verteilt, kann ein derartiger Regler relativ grosse Leistungen bewältigen; die steuerbare Leistung beträgt beispielsweise bei der genannten Reglergrösse etwa 6 kW. Versuche an einem Regler in einem Gleichstromkreis von 220 V und bei einer Regulierung der Stromstärke von 12...30 A ergaben nach 5 000 000 Regulierperioden praktisch noch keinen Kontaktbrand.

Der Antrieb des Reglers wird bei einigen Anwendungen direkt auf mechanischem Wege erfolgen können. In den meisten Fällen dürfte jedoch ein elektromagnetischer Antrieb vorzusehen sein. Mit Hilfe einer geeichten Gegenspannfeder kann die Reglerempfindlichkeit in weiten Grenzen verändert werden. Eine allfällige Nichtlinearität der Regelcharakteristik kann durch geeignete Dimensionierung der Widerstandsstufen korrigiert werden. Meist können auch die Einflüsse der Temperaturänderung und der Schwankungen des Barometerstandes vernachlässigt werden. Zur Verminderung des Temperatureinflusses dient übrigens der erwähnte Pfpfen im Faltenbalg, durch welchen das Quecksilervolumen weitgehend reduziert wird. Der Einfluss des Luftdruckes kann dadurch kompensiert werden, dass ein zweiter Faltenbalg so mit dem Antriebssystem des ersten Balges verbunden wird, dass sich die Bewegungen beider Bälge aufheben. Wenn dabei gleichzeitig das Volumen des zweiten Balges gleich dem Volumen der Gas kammer über dem Kontakt Scheibenzyinder gewählt wird, dann heben sich auch die Volumenänderungen des Gases infolge von Temperaturschwankungen auf.

### Ein Experiment mit der Kleinspannungsbeleuchtung

621.32.027.2

Im Bulletin SEV 1943, Nr. 25, S. 782, und Nr. 26, S. 811, haben wir über Verhandlungen des Schweizerischen Beleuchtungskomitees zum Thema Kleinspannungsbeleuchtung berichtet. Wir haben dort bekanntgegeben, wie das schweizerische Beleuchtungskomitee sich zur Kleinspannungslampe für Beleuchtungszwecke stellt. Nun hat ein städtisches Elektrizitätswerk ein interessantes Experiment gemacht, weil die Vertreter der Kleinspannungslampe in der Regel behaupten, das Kleinspannungslicht sei nicht nur wirtschaftlicher, sondern auch qualitativ besser.

Im Bureau einer städtischen Amtsstelle war eine normale Beleuchtungsanlage, bestehend aus 2 Kugelpendeln mit total 300 W Lampenleistung, durch eine Kleinspannungsbeleuchtung mit 2 indirekten Leuchten mit total 1000 W Lampenleistung ersetzt worden. Diese neue Beleuchtungsanlage gefiel dem Bureauinhaber außerordentlich gut. Er äusserte sich: «Endlich habe ich einmal anständiges Licht.» Nach etwa zwei Wochen überbrückte das Elektrizitätswerk ohne Wissen des Bureauinhabers die Transformatoren der Kleinspannungslampen und ersetzte die Kleinspannungslampen durch Normallampen von 220 V und genau gleicher Leistung wie die Kleinspannungslampen. Nach drei Wochen fragte das Werk den Bureauinhaber, ob ihm die neue Beleuchtung immer noch gefalle, oder ob er irgendwelche Veränderung festgestellt habe. Antwort: «Die neue Beleuchtung ist immer noch glänzend!»

Aus diesem Experiment scheint hervorzugehen, dass praktisch von einer besseren Qualität des Lichtes der Kleinspannungsbeleuchtung nichts zu spüren ist. Jedenfalls dürfte der Benutzer davon nichts merken; die vom Benutzer festgestellte Verbesserung ist nur auf die vergrösserte Lampenleistung und die indirekte Beleuchtungsart zurückzuführen.

Auch im Schweizerischen Beleuchtungs-Komitee wurde diese Frage behandelt. Wir berichteten hierüber im Bulletin SEV 1943, Nr. 25, S. 782, folgendes: «Die Frage, ob das etwas weissere Licht verbesserte Schbedingungen zu schaffen ver-

möge, wird verneint; denn die Farbtemperatur hat in dem in Frage kommenden Bereich auf die Sehschärfe keinen, auf die Fähigkeit des Auges zum Unterscheiden der Farben wenigstens praktisch keinen Einfluss.»

## Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Fernsteuern und Fernmelden über Telefonleitungen

Von Fr. Trachsel, Bern-Bümpliz  
Siehe Seite 655

### Installation d'avertisseurs d'incendie et d'alarme du corps des sapeurs-pompiers de la ville de Genève

[D'après Ch. Milhan, Bull. techn. adm. télégr. et téléph. suisse, t. 21 (1943), No. 4, p. 121]

Système Chr. Gfeller S. A., Berne-Bümpliz

654.147

Dès la création des corps de sapeurs-pompiers, le problème de leur mobilisation rapide a toujours été difficile à résoudre. On a utilisé à cet effet les cloches, les cornets, les klaxons, etc.

Depuis une dizaine d'années, le bataillon genevois était alarmé au moyen de sirènes, les cadres par téléphone. Avec la guerre, le problème se posa à nouveau lors de la réquisition des sirènes pour le service de défense aérienne passive. Il fallut trouver autre chose, et la solution idéale adoptée fut l'alarme générale par téléphone.

La nouvelle installation devait répondre aux exigences suivantes:

- a) Alarme de la garde permanente depuis l'endroit du sinistre, soit par appel téléphonique au No. 18, soit par avertisseurs d'incendie placés dans les grands établissements publics.
- b) Alarme partielle ou totale à domicile du bataillon depuis le poste de commandement, et possibilité de transmettre des ordres.
- c) Signalisation immédiate des pompiers ayant répondu à l'appel.
- d) Enregistrement automatique de toutes les opérations ci-dessus.

L'installation est prévue pour 120 avertisseurs d'incendie et 800 sapeurs, répartis entre les deux centraux téléphoniques Mont-Blanc et Stand, situés de part et d'autre du Rhône. Les sapeurs n'ayant pas le téléphone, sont alertés par des appareils d'écoute, branchés en simplex<sup>1)</sup> sur le lacet téléphonique le plus proche, ce qui diminue considérablement les taxes de location.

Au P. C. du bataillon, la commande et la signalisation s'effectuent depuis le pupitre représenté par la fig. 11, p. 661. La partie gauche comprend principalement 2 plaques (1 pour chaque rive) pour signalisation lumineuse du numéro de l'avertisseur-incendie appelant, et l'enregistreur monté sous rideau métallique. Sur le panneau central sont montés les boutons avec lampes-témoin permettant l'alarme du bataillon par groupe, compagnie ou par rive; la partie droite contient les instruments de contrôle, de même que l'équipement des lignes téléphoniques (No. 18) et lignes de service. Le contrôle des répondants à un appel se fait sur le panneau supérieur. Les lampes sont groupées par compagnies de 100. En outre, à chaque groupe de 10 lampes est adjointe une lampe de groupe.

#### Fonctionnement de l'installation

Les sélecteurs des centraux et du P. C. marchent en synchronisme. Dès qu'ils reçoivent une impulsion de démarrage, ils attirent leurs armatures: celles-ci arment et libèrent un pendule formé d'une lame-ressort et d'un contrepoids réglable

(fig. 1). En oscillant vers le bas, ce pendule interrompt le circuit; l'armature relâche et par l'intermédiaire d'un levier, arme la lamelle-ressort en sens inverse. Le pendule bat alors vers le haut et rétablit le circuit. Sur ce, l'électro-aimant attire, arme à nouveau le pendule et le jeu recommence.

Chaque sélecteur avance donc de façon indépendante à la cadence correspondante à la période d'oscillation propre de son pendule. Des variations normales de tension sont sans

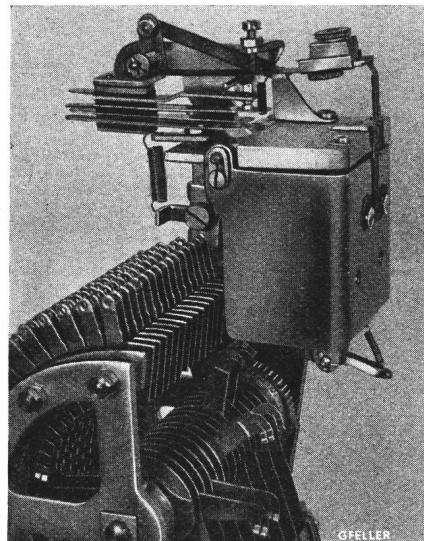


Fig. 1.  
Sélecteur de ligne à pendule

influence appréciable. Lorsque l'alimentation est coupée, les sélecteurs s'arrêtent; chaque pendule est ramené et maintenu à sa position initiale. Tous les 10 pas a lieu un contrôle réciproque de la marche selon le système décrit par M. Eggimann en 1941 dans le Bull. ASE, No. 26.

#### Avertisseur d'incendie

Les avertisseurs montés en simplex sur des lignes existantes, contiennent une self d'accord (fig. 2). À chaque avertisseur correspond une broche du sélecteur de numérotation SA. Les balais C et D marquent respectivement les unités et les dizaines des numéros d'avertisseurs.

Lorsque le No. 24 appelle, il enclenche le relais M 24, se maintient sur un 2<sup>e</sup> enroulement, excite le relais F qui met le sélecteur SA en marche. Le relais M 24 a d'autre part donné un pôle positif sur la broche correspondante du segment A. Lorsque le balais arrive sur cette position, le relais P<sub>1</sub> attire et arrête le sélecteur, prépare les circuits des segments C et D et excite le relais AN qui met les sélecteurs S<sub>C</sub> et S<sub>D</sub> en mouvement. Ces derniers effectuent une rotation complète; au passage du balais B sur les positions correspondantes au 2 des dizaines et au 4 des unités, des impulsions seront transmises sur la ligne. Au P. C., le relais EP provoquera l'attraction et le maintien des relais correspondants 20 et 4 branchés sur le segment A. Ces derniers font apparaître sur la plaque indicatrice le No. de l'avertisseur appelant. Chaque plaque est équipée pour 3 chiffres, celui des centaines, celui des dizaines et celui des unités, décomposés chacun en 8 bandes lumineuses.

La réception de l'alarme étant chose faite, l'agent de service peut interrompre l'alarme acoustique, puis effacer l'annonce en pressant successivement sur les boutons «Arrêt de

<sup>1)</sup> Voir page 655 de ce numéro.

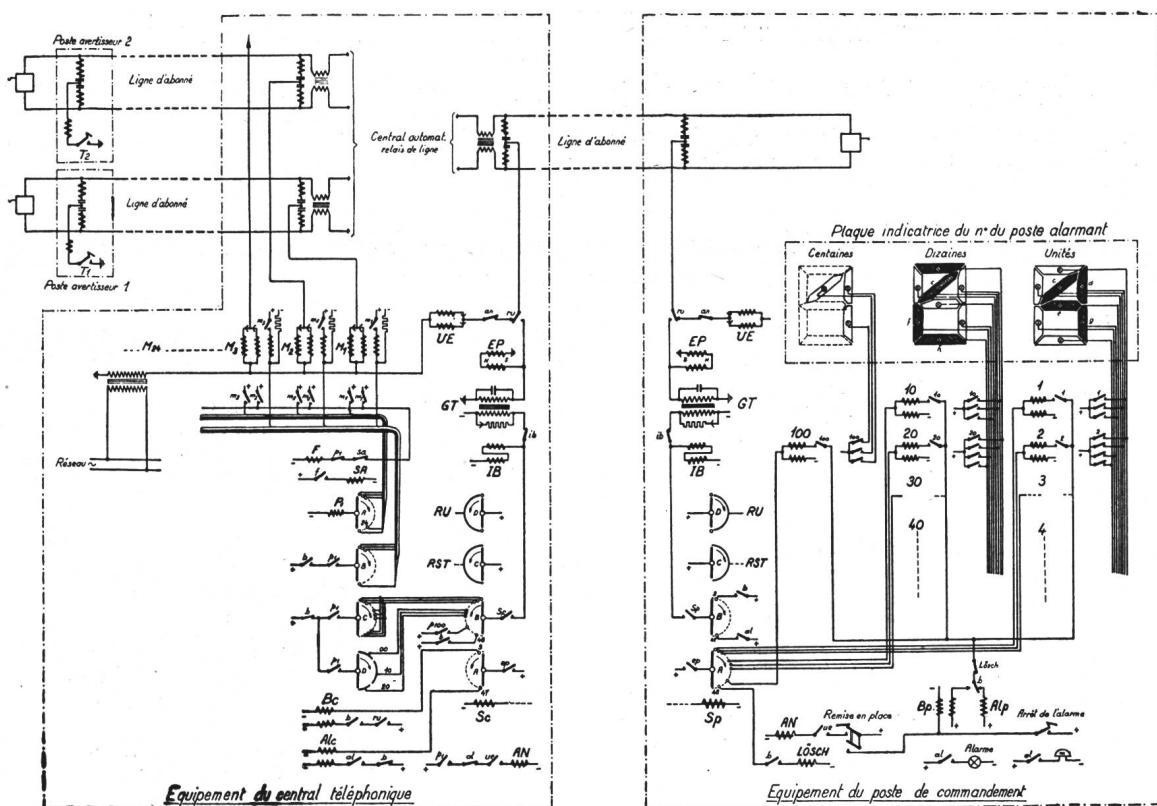
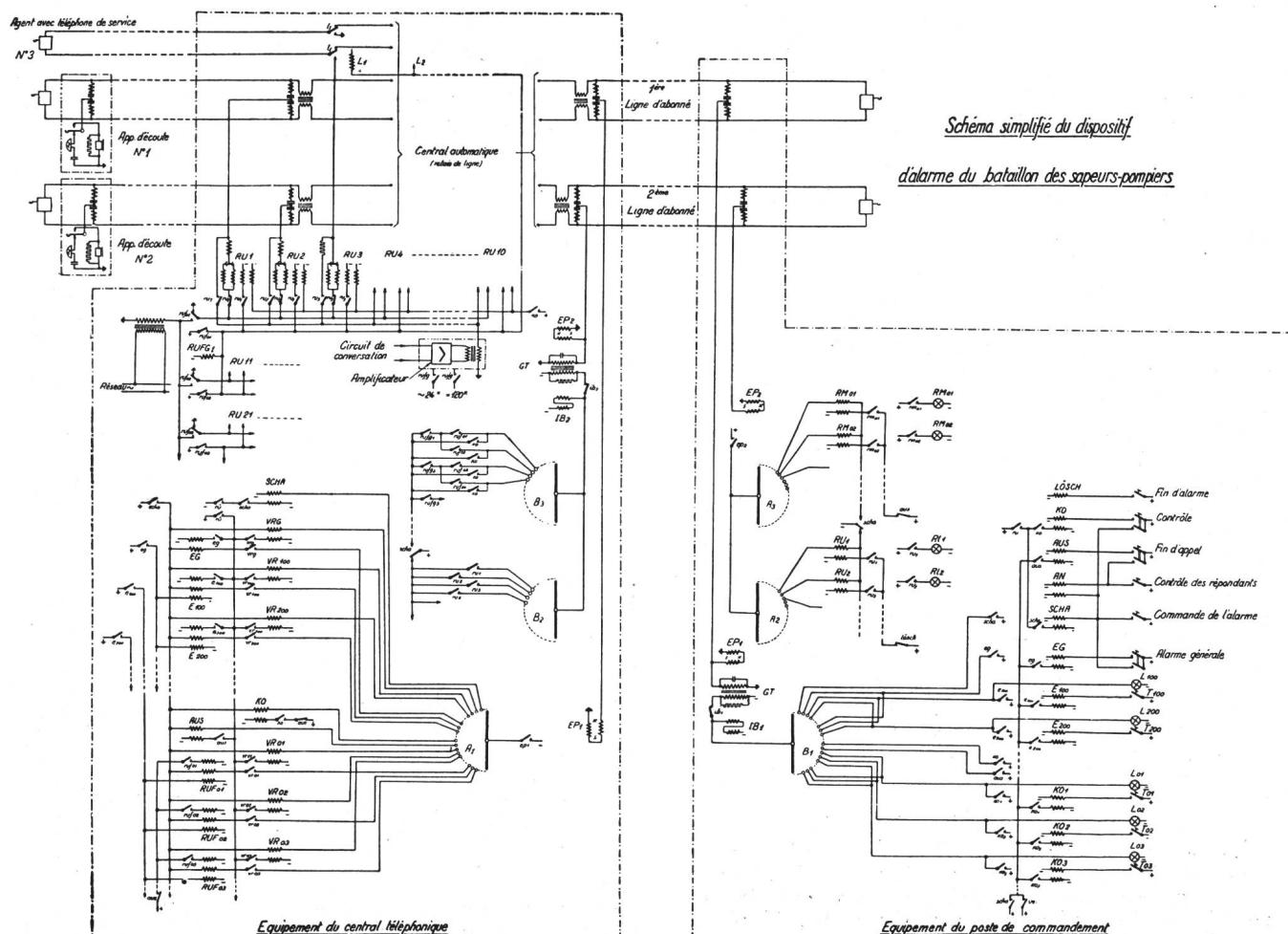


Schéma simplifié du fonctionnement des avertisseurs d'incendie

Fig. 2.  
Dispositif des avertisseurs d'incendieFig. 3.  
Dispositif d'alarme du bataillon

l'alarme» et «Remise en place». L'installation est prête pour une nouvelle transmission.

Mentionnons que pour éviter de fausses annonces, les circuits d'avertisseurs fonctionnent en résonance. La capacité de la ligne et des condensateurs des garnitures d'accouplement est compensée par l'inductivité du relais *M* et de la self d'accord; la réactance équivaut donc à peu de chose près à la résistance ohmique. Si par accident ou lors de travaux, un ou deux fils de la ligne sont mis à la terre, la réactance augmentera dans de grandes proportions, le courant restera faible, et le relais *M* ne pourra pas attirer.

#### Dispositif d'alarme du bataillon (fig. 3)

Pour alarmer les sapeurs par dizaines ou par centaines, l'agent de service presse sur les boutons d'alarme correspondants *T 01*, *T 200*, etc. Les relais *K 01*, *E 200*, etc. sont attirés, se maintiennent, allument les lampes de groupes placées en face des boutons d'alarme, et mettent le pôle positif sur deux broches du segment *B<sub>1</sub>*. En pressant sur le bouton «Commande de l'alarme», on enclenche les relais *AN* et *SCHA*. *AN* provoque la rotation des sélecteurs qui produisent des impulsions. Ces impulsions produites au P. C. provoqueront au central l'attraction des relais des groupes à alarmer. Pour plus de sécurité, l'attraction de chacun de ces relais doit être précédée de celle d'un relais de préparation *VR*. Les relais *K 01* et *E 200* du P. C. feront attirer les relais *VR 01*, *RUF 01*, respectivement *VR 200* et *E 200* au central. Le relais *E 200* excite à son tour les relais *RUF 11* à *RUF 20*. Chaque relais *RUF* commande l'appel de 10 appareils en les branchant sur le transformateur d'appel, en même temps, l'amplificateur est chauffé.

Au P. C. les lampes de groupes *RM*, placées devant chaque série de 10 lampes de signalisation des répondants, s'allument par le jeu des contacts et des relais branchés sur les segments *A<sub>3</sub>* et *B<sub>3</sub>*, et confirment que l'alarme a bien été donnée aux groupes correspondants. Sur ce, l'agent donne et répète au téléphone les ordres nécessaires. Les sapeurs appelés présents décrochent leurs écouteurs, provoquent l'attraction des relais *RU*, ce qui les coupe du courant d'appel pour les brancher sur le circuit d'écoute.

En pressant sur le bouton «Contrôle des répondants» on met les sélecteurs en marche; par le jeu des contacts et des relais branchés sur les segments *B<sub>2</sub>* et *A<sub>2</sub>*, les lampes *RL* des répondants s'allumeront sur le panneau supérieur.

On arrête l'alerte en pressant sur le bouton «Fin d'appel». Tous les organes reviennent à leur position initiale. Seule subsiste la signalisation des répondants que l'on efface en pressant sur le bouton «Fin d'alarme».

#### Enregistrement automatique

Une machine à écrire rapide à moteur électrique, dont les touches sont commandées par des électro-aimants à noyau plongeur, permet l'enregistrement automatique en caractères courants de toutes les opérations et signalisations, telle que alerte par avertisseur ou appel téléphonique, alarme partielle ou totale du bataillon, avec inscription des groupes appelés et des hommes répondant à l'appel. De plus, à chaque notification est jointe l'indication de l'heure exacte, du jour, du mois et de l'an, par l'intermédiaire d'une horloge et d'un calendrier électriques dont la description nous mènerait trop loin.

Mz.

## Communications de nature économique

### Reklame- und sonstige Aussenbeleuchtungen (Mitteilung des Oberbefehlshabers der Armee)

Mit Verfügung vom 3. Oktober 1940 habe ich für die Zeit vor und nach der allgemeinen Verdunkelung angeordnet, dass ausserhalb von Ortschaften verboten sind: Lichtreklamen, Bogenlampen und andere Aussenbeleuchtungen, die weder zur normalen öffentlichen Beleuchtung gehören, noch für den Betrieb öffentlicher oder konzessionierter Transportanstalten erforderlich sind. In dem erwähnten Verbot waren

### Données économiques suisses

(Extrait de „La Vie économique“, supplément de la Feuille Officielle Suisse du commerce.)

No.		Septembre 1943	1944
1.	Importations . . . . . (janvier-septembre)      en 10 <sup>6</sup> frs	117,4 (1357,6)	—
	Exportations . . . . . (janvier-septembre)      en 10 <sup>6</sup> frs	94,6 (1152,6)	—
2.	Marché du travail: demandes de places . . . . .	5244	4566
3.	Index du coût de la vie      Juillet	204	208
	Index du commerce de gros      = 100	1914	219
	Prix-courant de détail (moyenne de 34 villes)		
	Eclairage électrique cts/kWh	34,4 (69)	34,4 (69)
	Gaz      cts/m <sup>3</sup>	30 (143)	30 (143)
	Coke d'usine à gaz      = 100	16,08 (326)	16,64 (332)
4.	Permis délivrés pour logements à construire dans 30 villes . . . . . (janvier-septembre)	899 (4696)	554 (6334)
5.	Taux d'escompte officiel %	1,50	1,50
6.	Banque Nationale (p. ultimo)		
	Billets en circulation      10 <sup>6</sup> frs	2804	3194
	Autres engagements à vue 10 <sup>6</sup> frs	1455	1325
	Encaisse or et devises or <sup>1)</sup> 10 <sup>6</sup> frs	3922	4549
	Couverture en or des billets en circulation et des autres engagements à vue . . . %		
7.	Indices des bourses suisses (le 25 du mois)	90,09	98,87
	Obligations . . . . .	—	—
	Actions . . . . .	183	189
	Actions industrielles . . . . .	300	300
8.	Faillites . . . . . (janvier-septembre)	11 (11)	17 (164)
	Concordats . . . . . (janvier-septembre)	5 (36)	4 (28)
9.	Statistique du tourisme		Août
	Occupation moyenne des lits existants, en % . . . . .	1943 45,6	1944 30,0
10.	Recettes d'exploitation des CFF seuls		Août
	Marchandises (janvier-août) . . . . .	20 112 (182 770)	19 845 (180 697)
	Voyageurs      en 1000 frs	19 085 (127 423)	21 743 (146 582)

<sup>1)</sup> Depuis le 23 septembre 1936 devises en dollars.

### Pouvoir calorifique et teneur en cendres des charbons suisses

Les données suivantes sont tirées des notices de l'Office de guerre pour l'industrie et le travail:

#### 1<sup>o</sup> Anthracite

Teneur en cendres dans la règle 20 à 40 %. L'anthracite valaisan d'une teneur en cendres de 20 %, possède un pouvoir calorifique d'environ 5600 kcal/kg. Chaque augmentation de 5 % de la teneur en cendres correspond à une diminution du pouvoir calorifique d'environ 400 kcal/kg.

#### 2<sup>o</sup> Lignite

Teneur en cendres environ 10 à 30 %. Pouvoir calorifique entre 7000 et 3500 kcal/kg.

#### 3<sup>o</sup> Lignite feuilleté

Le pouvoir calorifique varie suivant la teneur en eau et en cendres entre 900 et 2700 kcal/kg.

insbesondere auch die Lichtreklamen und anderen Aussenbeleuchtungen der bezeichneten Art an weithin sichtbaren Orten (Kranz von Glühbirnen an Hotels, Drahtseilbahnen usw.) und auf den Höhen inbegriffen.

Nachdem nunmehr die Gründe weggefallen sind, welche zu der eingangs erwähnten Massnahme führten, wird hiermit meine Verfügung vom 3. Oktober 1940 betr. Reklame- und sonstige Aussenbeleuchtungen aufgehoben.

## Miscellanea

### Persönliches und Firmen

(Mitteilungen aus dem Leserkreis sind stets erwünscht.)

**Elektrizitätswerk der Stadt Bern.** Direktor *E. Baumann*, Bern, Ehrenmitglied des SEV, Mitglied des Vorstandes von 1916...1940 und Mitglied verschiedener Kommissionen des SEV und VSE, tritt auf 31. Dezember 1944 als Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Bern zurück; er hat dieses Werk seit 1908 mit grossem Erfolg geleitet und sich um dessen bedeutende Entwicklung hochverdient gemacht. Direktor Baumann bleibt weiter Mitglied der Verwaltungsbehörden der Kraftwerke Oberhasli A.-G. und geschäftsführendes Mitglied des Vorstandes des Konsortiums Kraftwerk Sanetsch.

**Bernische Kraftwerke A.-G.** Die Mitteilung im Bulletin SEV 1944, Nr. 22, S. 654, ist dahingehend richtigzustellen, dass *E. Vogel* als *Betriebsassistent*, nicht als Betriebsleiter zur Betriebsleitung Biel der BKW übertritt. Betriebsleiter in Biel ist nach wie vor *L. Schneider*.

**Società elettrica Sopracenerina.** J. Bizzini wurde zum Prokuristen ernannt.

### Kleine Mitteilungen

**Schweizer Mustermesse 1945.** Die 29. Schweizer Mustermesse, die vom 14. bis 24. April 1945 stattfinden wird, ist in

voller Vorbereitung. Auf Grund der bereits vorliegenden ungewöhnlich zahlreichen Anmeldungen darf ihr heute schon eine sehr gute Prognose gestellt werden. Das neue Messezeichen — ein Band in den Landesfarben, das sich in Spiralen nach oben in den unendlichen Aether verliert — will den Gedanken des ununterbrochenen Auftriebs zum Ausdruck bringen.

### Landesplanung. Der Tagespresse entnehmen wir:

Der Bundesrat hat einen Bericht über die Standesinitiative des Kantons Solothurn über die Landesplanungsmassnahmen genehmigt. Darin werden «einheitliche und verbindliche Grundlagen für ein gesamtschweizerisches Verkehrsnetz, welches die interkantonalen Eisenbahn-, Schiffahrts-, Flug- und Strassenverkehrsanlagen und die elektrischen Kraftübertragungsanlagen umfasst», verlangt. Der Bundesrat beantragt den Räten, es sei in zustimmendem Sinne von dem vorliegenden Bericht Kenntnis zu nehmen.

Der Bericht kommt zum Schluss, dass die von dem Kanton Solothurn vorgeschlagene Aufstellung eines verbindlichen Programms der Verkehrsumgestaltung durch den Bund nur in bestimmten, durch die rechtlichen und tatsächlichen Verhältnisse gezogenen Grenzen möglich ist. Innert diesen Grenzen haben die Grundsätze der Landesplanung in der Tätigkeit der dem Bundesrat unterstellten Amststellen bisher schon Beachtung gefunden und werden in Zukunft vermehrte Bedeutung erhalten.

## Literatur — Bibliographie

Nr. 2374

**Stahl als Werkstoff.** Eigenschaften, Behandlung, Verwendung. Anhang: Magnetische Werkstoffe. Von *H. Christen*. 2. erweiterte A. Frauenfeld, Verlag: Huber & Co., 1944; A5, 215 S., 113 Fig., 4 Taf. Preis geb. Fr. 8.20, Schulpreis Fr. 6.60.

In dem vorliegenden Werk gibt der Verfasser eine gedrängte und reichhaltige Zusammenfassung der Werkstoff-eigenschaften des Stahls. Er beschränkt sich im wesentlichen auf eine beschreibende Darstellung der als «Stahl» bezeichneten Werkstoffgruppe, die für den Praktiker leicht verständlich ist. Die lückenlose Zitierung der Originalliteratur ermöglicht es dem Leser, sich jederzeit in die wissenschaftliche Originalliteratur zu vertiefen. Außerst reichhaltige Zahlenangaben, Tabellen und Diagramme geben dem Werk den Charakter eines typisch technischen Buches, welches den Kontakt mit der Praxis vermitteln will. In einem allgemeinen Teil werden die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen erläutert. Es folgt dann eine Beschreibung der Konstruktions- oder Baustähle sowohl in bezug auf ihre Normung, als auch in bezug auf ihre Verarbeitung; unlegierte und legierte Sonderstähle werden dabei ausführlich behandelt. In derselben Weise werden die Werkzeugstähle sowie die legierten Sonderstähle beschrieben. Von besonderem Interesse für den Elektrotechniker dürfte der Abschnitt über die magnetischen Werkstoffe sein. An Hand von vielen Zahlen und Literaturhinweisen werden die magnetisch harten und magnetisch weichen Werkstoffe, welche heute verwendet werden, auf gedrängtem Raum zusammenfassend dargestellt. Bei der grossen Menge von Material, welche in diesem Buche zusammengestellt ist, vermisst man ein Schlagwortverzeichnis, welches die Benutzung des Werkes als Nachschlagewerk wesentlich erleichtern würde. Zü.

Hauszeitschrift «Hunziker-Mitteilungen» heraus. Die Verwendung von Betonfabrikaten im Kraftwerkbau, sei es als Superbetonrohre, Kalksandsteine, Tunnelsteine oder als Silisilit-Leichtsteine, spielt, während der letzten Jahre weitgehend als Ersatz für metallische Erzeugnisse, eine wichtige Rolle, so dass unsere Mitglieder diese neue Zeitschrift sicher begrüssen.

In der ersten Nummer (Nr. 1/2, Juli 1944) werden von bekannten Fachleuten die Superbeton-Rohrleitungen behandelt. Herstellung, Verlegung, physikalisch-chemische Eigenschaften, Festigkeit und zulässige Spannungen, Beanspruchung und hydraulische Verhältnisse sind Gegenstand eingehender wissenschaftlicher Untersuchungen. Abschliessend wird von den Erfahrungen mit Superbetonschleuderröhren<sup>1)</sup> beim Bau von Druckleitungen für das Kraftwerk Orsières berichtet.

Die «Hunziker-Mitteilungen» in gut präsentierender Aufmachung versprechen, als Spiegel der besonders regen Tätigkeit der A.-G. Hunziker & Cie., die auf 70 Jahre erfolgreichen Schaffens zurückblickt, viel Interessantes aus dem Gebiete der Betontechnik und regen im Interesse aller zu neuem Fortschritte an.

H. R. M.

**BAG Turgi, Nachtrag zum Katalog Nr. 993 über technische Beleuchtung.** In diesem Nachtrag wird man wertvolle Ergänzungen finden, die die BAG zu der bereits reichhaltigen Auswahl ihres 1940 erschienenen Kataloges zuzufügen hat.

Wenn auch die lichttechnischen Grundlagen geblieben sind, so ist doch die Entwicklung im Bau der Lichtquellen nicht stehengeblieben: im Gegenteil, in ungewohnt rascher Folge, zum Teil sogar in umwälzender Form, sind sie und mit ihnen auch die Leuchten weiterentwickelt worden. Die anerkannt glückliche Nebeneinanderstellung der lichttechnischen Daten einerseits und der einzelnen Produkte andererseits hat dieses Werk zu einem Nachschlagewerk der Kundschaft erhoben und damit eine Lücke ausgefüllt.

<sup>1)</sup> Siehe Seite 688 dieser Nummer.

**Hunziker-Mitteilungen.** Die A.-G. Hunziker & Cie., Baustoff-Fabriken, Brugg, gab eine erste Nummer ihrer

## Estampilles d'essai et procès-verbaux d'essai de l'ASE

### Renoncement au droit d'utiliser la marque de qualité de l'ASE

La maison

*Ernest J. Naegeli, ing., Berne,*

renonce au droit d'utiliser la marque de qualité de l'ASE pour les prises multiples «BRENNO» vu que ces prises ne sont plus fabriquées.

### IV. Procès-verbaux d'essai (Voir Bull. ASE 1938, No. 16, p. 449)

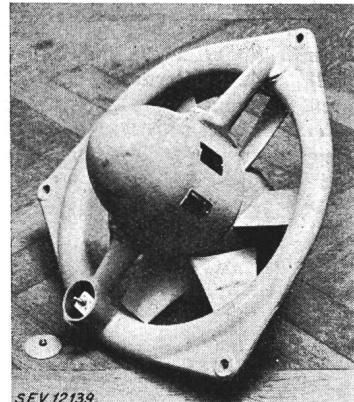
#### P. No. 362.

Objet: **Ventilateur**

Procès-verbal d'essai ASE: O. No. 18730, du 18 sept. 1944.  
Commettant: *Excelsior-Gas-Generatoren A.-G., Zurich.*

#### Inscriptions:

A.-G. Svenska Fläktfabriken  
Stockholm Sweden  
PMAB 30 Nr. 35709/68  
ASEA Mot. 1 ~ 50 Ser. 4219  
220 V 1,2 A 140 W ineffekt 1400 r/m



Description: Ventilateur, selon figure, entraîné par un moteur monophasé, ouvert, à induit en court-circuit, à auto-démarrage.

Diamètre des ailettes 30 cm.

Bornes fixes pour le raccordement du cordon d'alimentation.

Ce ventilateur a subi avec succès les essais relatifs à la sécurité. Utilisation: dans les locaux secs.

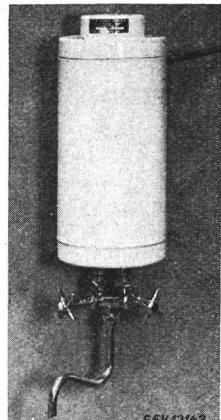
#### P. No. 363.

Objet: **Chauffe-eau instantané**

Procès-verbal d'essai ASE: O. No. 18806, du 25 sept. 1944.  
Commettant: *H. W. Schelb, Zurich.*

#### Inscriptions:

H. W. Schelb Zürich 4  
Fabr. für Heisswasser-Apparate  
Birmensdorferstr. 54  
Volt 220 ~ Watt 1200  
Fabrik No. 1 A Prüfd. kg/cm<sup>2</sup> 15



Description: Chauffe-eau instantané avec réservoir, selon figure. Baguette chauffante en forme de spirale et régulateur de température avec dispositif de sûreté introduits par en haut. Réservoir avec isolation thermique.

Raccordement au réseau au moyen d'un cordon à gaine de caoutchouc à trois conducteurs, muni d'une fiche 2 P + T.

Cet appareil est conforme aux «Conditions techniques pour chauffe-eau instantanés» (publ. No. 133 f.).

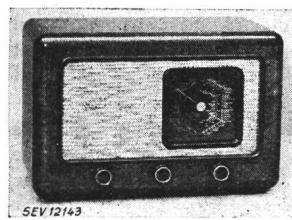
#### P. No. 364.

Objet: **Appareil de radiophonie**

Procès-verbal d'essai ASE: O. No. 18834, du 27 sept. 1944.  
Commettant: *Autophon S. A., Soleure.*

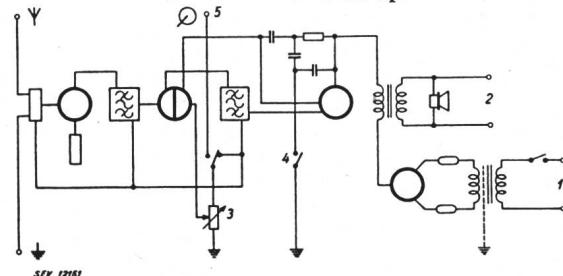
#### Inscriptions:

Autophon  
Autophon A.-G., Solothurn  
Type: Autophon 712  
Anschlusswert 50 VA Wechselstrom  
110—250 V 50 ~ App. No. 68458



Description: Appareil de radiophonie, selon figure et schéma, pour les gammes d'ondes de 15,8 à 53 m, 195 à 600 m et de 783 à 2000 m ainsi que pour l'amplification gramophone.

- 1 Réseau.
- 2 Haut-parleur séparé.
- 3 Régulateur de puissance.
- 4 Régulateur de tonalité.
- 5 Pick-up.



Cet appareil est conforme aux «Prescriptions pour les appareils de télécommunication» (publ. No. 172 f.).

#### P. No. 365.

Deux chancelières

Procès-verbal d'essai ASE: O. No. 18722/I, du 27 sept. 1944.  
Commettant: *Calora S. A., Küsnacht.*

#### Inscriptions:

Calora  
Volt 220 Watt 12



App.No. 1: Fab.No. 500731 Best.No. 865  
App.No. 2: Fab.No. 503671 Best.No. 866  
Radiostörfrei Pat. Schweizer-Fabrikat  
Vor Nässe schützen!  
Nicht zudecken!  
(Nicht als Bettwärmer verwenden)  
Nicht klopfen!



Description: Chancelières en étoffe avec élément de chauffe. App.-No. 1 selon figure, app.-No. 2 sans fermeture éclair, ouvert à l'arrière. L'élément de chauffe se compose d'un cordon de chauffe qui est cousu entre deux pièces d'étoffe. Le fil de résistance émaillé est enroulé sur une mèche d'amiante et guipé d'amiante. Raccordement au réseau au moyen d'un cordon rond à 2 conducteurs muni d'une fiche.

Ces chancelières ont subi avec succès les essais relatifs à la sécurité. Elles sont conformes au «Règlement pour l'octroi du droit au signe „antiparasite“ de l'ASE» (publ. No. 117 f.). Utilisation: dans les locaux secs.

## Vereinsnachrichten

Die an dieser Stelle erscheinenden Artikel sind, soweit sie nicht anderweitig gezeichnet sind, offizielle Mitteilungen der Organe des SEV und VSE

### Comité de l'ASE.

Le Comité de l'ASE a tenu sa 96<sup>e</sup> séance le 26 octobre 1944, à Zurich, sous la présidence de M. le prof. P. Joye, président.

Il a décidé que le nouveau texte du § 200 des Prescriptions sur les installations intérieures (prises de courant dans les salles de bain), approuvé par la commission d'administration de l'ASE et de l'UICS, sera publié dans le Bulletin ASE, afin que les membres puissent donner leur avis à ce sujet.

Les Règles pour les essais diélectriques entreront immédiatement en vigueur, les membres de l'ASE n'ayant présenté aucune objection au projet de ces règles, qui a été publié dans le Bulletin ASE 1944, No. 16.

Le Comité a pris note des objections formulées par des membres à propos du projet du Département fédéral des postes et des chemins de fer, visant à compléter l'Ordonnance sur les installations à fort courant (définition des gens du métier et stipulation de l'essai obligatoire pour le matériel d'installation et l'appareillage électrique), voir Bull. ASE 1944, No. 19, p. 548. Il discuta des démarches à entreprendre à ce sujet.

Il a également pris connaissance du rapport de M. Blattner, président de la commission pour la protection des bâtiments contre la foudre, sur l'activité de cette commission de 1934 à 1943, et en remercia l'auteur.

Le Comité a pris position au sujet du règlement de l'Ecole Polytechnique Fédérale concernant l'obligation d'un stage pratique pour les étudiants de la Section de mécanique et d'électrotechnique.

Une demande d'octroi d'une importante subvention sera discutée à la prochaine séance.

Le Comité a repoussé une requête visant à relever de 10 à 11 le nombre des membres du Comité. La place libre sera réservée pour les besoins de l'avenir.

10 membres individuels, 1 membre étudiant et 4 membres collectifs ont été admis dans l'ASE.

Le Comité a en outre liquidé quelques autres affaires de moindre importance.

### Comité Technique 4 du CES

#### Turbines hydrauliques

Le CT 4 du CES a tenu le 8 novembre 1944 à Berne, sous la présidence de M. le professeur R. Dubs, sa 11<sup>e</sup> séance. Une étude théorique du président sur les mesures des débits d'eau avec section de mesure inclinée a été discutée. Les entreprises Charmilles et Escher Wyss ont effectué à ce sujet des essais dont les résultats doivent encore être mis au net. La discussion de l'étude comparative des règles nationales a été terminée. On a commencé la discussion du texte des règles pour turbines hydrauliques, dont un comité de rédaction a présenté un projet. Le CT a pris connaissance d'un complément que son président a apporté à la publication dans le Bull. ASE 1944, No. 18, p. 499: détermination de la hauteur géodésique nivélée en mesurant la pression  $p$  avec un manomètre à contrepoids et en tenant compte de la pression atmosphérique  $p_a$ . Ce complément n'influence aucunement les résultats de la publication précitée.

## Recommandations pour l'emploi de l'aluminium et de ses alliages dans les lignes aériennes ordinaires

(Recommandations pour lignes aériennes ordinaires en aluminium)

Le comité de l'ASE publie ci-après le projet des Recommandations pour lignes aériennes ordinaires en aluminium, établi par le CES (CT 7).

Le comité invite les membres de l'ASE à étudier ce projet et à adresser leurs observations, en double exemplaire, au secrétariat de l'ASE, Seefeldstr. 301,

Zurich 8, jusqu'au 11 décembre 1944. Si aucune objection n'est formulée d'ici-là, le comité admettra que les membres sont d'accord avec ce projet. En vertu des pouvoirs que l'assemblée générale de 1943 lui a défréés, il mettra en vigueur ces recommandations.

#### Projet

### Recommandations pour l'emploi de l'aluminium et de ses alliages dans les lignes aériennes ordinaires

(Recommandations pour lignes aériennes ordinaires en aluminium)

#### 1<sup>o</sup> Matières

Les conducteurs des lignes aériennes ordinaires doivent présenter des qualités déterminées, qui sont fixées par les prescriptions, normes et règles suivantes:

- a) Ordonnance fédérale sur les installations électriques à fort courant (du 7 juillet 1933)<sup>1)</sup>;
- b) Arrêté du Conseil fédéral dérogeant à l'Ordonnance sur l'établissement, l'exploitation et l'entretien des installations électriques à fort courant (du 9 avril 1942)<sup>1)</sup>;

<sup>1)</sup> Peut s'obtenir auprès de l'ASE, Seefeldstrasse 301, Zurich 8.

- c) Norme VSM 10 840 (de 1934): Aluminium vierge<sup>2)</sup>;
- d) Normes VSM 10 845 E et 10 851 E (de 1943): Aluminium pur 99,5 et alliages malléables aluminium-magnésium-silicium pour conduites électriques<sup>2)</sup>;
- e) Norme VSM 24 010 E (7<sup>e</sup> projet de juillet 1943): Conducteurs câblés rigides<sup>2)</sup>;
- f) Norme VSM 23 950 E (de 1943): Connexions d'aluminium, connexions amovibles<sup>2)</sup>;
- g) Publication ASE No. 157 (de 1940): Règles pour l'aluminium<sup>1)</sup>.

N'entrent donc en ligne de compte que l'aluminium vierge à 99,5 %, seul ou câblé avec du fil d'acier galvanisé, ainsi que l'alliage malléable Al-Mg-Si (par exemple l'aldrey ou l'aldur, désignés simplement dans ces Recommandations par «alliage Ad»), ayant les propriétés physiques et les données spécifiées dans les prescriptions, normes et règles indiquées plus haut (tableau I).

**Remarque:** L'aluminium à 99,3 %, qui est souvent utilisé, présente une résistance mécanique un peu plus grande que l'aluminium à 99,5 %, mais une conductivité légèrement inférieure. L'emploi d'aluminium d'une pureté supérieure à 99,5 %

<sup>2)</sup> Peut s'obtenir auprès du Bureau des Normes de la Société Suisse des Constructeurs de Machines (VSM), General-Wille-Strasse 4, Zurich 2.

doit être évité, car la résistance mécanique diminue au fur et à mesure que la pureté du métal augmente.

*Propriétés physiques et données techniques de l'aluminium et de l'alliage Ad*

Tableau I

	Alumi- num 99,5 %	Alliage Ad	Alum.-acier	
			Acier	Al
<b>Résistance à la traction</b>				
Conducteur massif jusqu'à 3,2 mm $\phi$ kg/mm <sup>2</sup> de 4 mm $\phi$ . . . kg/mm <sup>2</sup>	19	30...36 <sup>1)</sup> 30...36 <sup>1)</sup>	120	19
Conducteur massif de 5 à 8 mm $\phi$ <sup>3)</sup> kg/mm <sup>2</sup>		28...25		
Conduct. câblé <sup>3)</sup> kg/mm <sup>2</sup>		30		
Diminut. de la résist. résult. du câblage en % de la résistance initiale à la tract.				
pour câble jusqu'à 19 brins	6	4	2	
" " plus de 19 brins	8	5		
<b>Contrainte maximum admissible</b>				
Conducteur câblé kg/mm <sup>2</sup>	12	18	80	13
" mass. de 4 à 8 mm $\phi$		voir tabl. IV.		
<b>Allongement à la rupture des conducteurs massifs %</b>	2,5	5	5	
Longueur de mesure = 200 mm, valeur min. <sup>3)</sup> %	2,0	5		
<b>Dureté Brinell</b>				
d. conduct. mass. kg/mm <sup>2</sup>	35...45 <sup>2)</sup>	90...110 <sup>1)</sup>		
<b>Module d'élasticité</b>				
Conducteur mass. kg/mm <sup>2</sup>	6300	6800 <sup>4)</sup>		
Câble jusqu'à 19 brins kg/mm <sup>2</sup>	5500	6000	18 500	5500
" plus de 19 brins kg/mm <sup>2</sup>	5200	5700		
<b>Coefficient de dilatation linéaire</b> } 1/ <sup>0</sup> C 24 · 10 <sup>-6</sup> <sup>2)</sup>		23 · 10 <sup>-6</sup>	11,5 · 10 <sup>-6</sup>	
<b>Conductivité électr. à 20<sup>0</sup> C</b>				
Conduct. massif m/Ωmm <sup>2</sup>	35,25 <sup>3)</sup>	30...33 <sup>1)</sup>		
Résistivité à 20 <sup>0</sup> C, cond. mass. Ωmm <sup>2</sup> /m	0,0284 <sup>5)</sup>	0,0318 <sup>4)</sup>		
80 <sup>0</sup> C, " " Ωmm <sup>2</sup> /m	0,0352 <sup>5)</sup>	0,0386 <sup>4)</sup>		
Coefficient de résist. 1/ <sup>0</sup> C	0,004 <sup>5)</sup>	0,0036 <sup>1)</sup>		
<b>Poids spécifique</b>	2,7 <sup>2)</sup>	2,71	7,8	

Sauf indications contraires, ces chiffres sont conformes à l'Ordonnance sur les installations électriques à fort courant (1933).

<sup>1)</sup> Selon VSM 10831 E.

<sup>2)</sup> Selon VSM 10845 E.

<sup>3)</sup> Valeur garantie par les fabricants.

<sup>4)</sup> Valeur moyenne recommandée pour les calculs.

<sup>5)</sup> Selon Publ. ASE 157 (cf. VSM 10845 E).

**Sections normales des câbles en aluminium ou en alliage Ad**  
(cf. VSM 24 010 E, 7<sup>e</sup> projet)

Tableau II

Section	Constitu- tion (nombre de brins × $\phi$ )	Diamètre du câble	Poids <sup>3)</sup>	Résistance kilométr. moyenne à une temp. de conduct. de 20 <sup>0</sup> C	
				Al 99,5 % Ω/km	Ad Ω/km
16	15,89	7 · 1,70	5,10	44	2,03
25	25,18	7 · 2,14	6,42	69	1,28
35	34,91	7 · 2,52	7,56	97	0,83
50	50,14	7 · 3,02	9,06	139	0,644
	49,97 <sup>1)</sup>	{ 7 · 1,67 } 10 · 2,10	9,21	139	0,646
70	70,27	19 · 2,17	10,9	195	0,416
95	94,76	19 · 2,52	12,6	263	0,309
120	120,4	19 · 2,84	14,2	335	0,243
150	150,0 <sup>2)</sup>	19 · 3,17	15,9	417	0,195
	149,7	37 · 2,27	15,9	416	0,196
185	184,5	37 · 2,52	17,6	513	0,159
240	239,4	37 · 2,87	20,1	665	0,123
					0,136

<sup>1)</sup> Prévu seulement pour alliage Ad, lorsqu'un câble plus flexible est désiré.

<sup>2)</sup> Pour Al 99,5 % seulement.

<sup>3)</sup> Poids calculé pour un poids spécifique de 2,7 avec majoration d'environ 3% pour le câblage. Pour le poids spécifique, consulter le tableau I.

## 2<sup>e</sup> Livraison et stockage

Les câbles doivent être livrés sur tourets, afin de ne pas être endommagés pendant leur transport et leur déroulage. Le diamètre du noyau de ces tourets aura un diamètre d'au moins 50 fois celui du conducteur. Les conducteurs massifs seront livrés sur dévidoirs en bois; en petites quantités, ils peuvent aussi être livrés en couronnes régulières, fermement attachées et emballées dans du papier ou de la toile. Le diamètre intérieur des couronnes ne sera pas trop petit; pour un fil de 6 mm en alliage Ad, par exemple, il devra être d'au moins 50 cm.

Les conducteurs ne doivent pas être enroulés sur du bois nu, récemment coupé; les dévidoirs seront enduits d'un produit neutre, exempt d'acides, et l'on exigera que les tourets soient recouverts d'un papier huilé. Pour leur stockage, les conducteurs seront entreposés à un endroit sec. Éviter la proximité d'engrais artificiels! Si les tourets ne peuvent être conservés qu'en plein air, il faudra en tout cas les protéger de l'humidité du sol et des intempéries par des planches, du carton, de la tôle galvanisée ou étamée, etc., mais jamais avec des plaques de cuivre. Il est recommandé d'enduire légèrement de graisse ou de vaseline neutre et exempte d'acides les couches supérieures des conducteurs de réserve massifs ou câblés.

## 3<sup>e</sup> Choix du métal des conducteurs

L'alliage Ad présente des qualités mécaniques supérieures à celles de l'aluminium à 99,5 %, mais sa conductivité électrique est un peu moindre. Une résistance à la rupture relativement élevée étant généralement désirable pour les conducteurs de faibles sections, l'alliage Ad est dans ce cas mieux approprié que l'aluminium à 99,5 %, car les conducteurs en alliage Ad peuvent être tirés avec une moindre flèche et occasionnent de ce fait moins de perturbations par chutes de neige ou vent violent. En outre, l'alliage Ad peut être utilisé sous forme de conducteurs massifs de 4 à 8 mm de diamètre, tandis que l'aluminium à 99,5 % ne doit pas être utilisé pour des conducteurs de ce genre<sup>3)</sup>. Pour les lignes aériennes qui risquent d'être fortement givrées ou couvertes de neige mouillée, l'alliage Ad est particulièrement indiqué, en raison de ses qualités de résistance et d'allongement; pour ces lignes ordinaires, les câbles aluminium-acier conviennent également, car leur résistance mécanique est élevée.

Pour les sections de conducteurs dépassant 90 ou 120 mm<sup>2</sup>, il faut examiner si la résistance mécanique plus élevée de l'alliage Ad ou de l'aluminium-acier peut encore être pleinement utilisée au point de vue des isolateurs et des supports. Cela n'étant souvent pas le cas, il est généralement recommandé d'utiliser de l'aluminium à 99,5 %, qui présente l'avantage d'une conductivité électrique plus élevée.

D'une façon générale, on se servira d'alliage Ad ou d'aluminium-acier pour les lignes ordinaires dont la section des conducteurs ne dépasse pas 90 ou 120 mm<sup>2</sup>, et l'on préférera l'aluminium pour les sections plus grandes.

En choisissant le métal des conducteurs, il faut également considérer la possibilité d'oscillations. Les câbles oscillent moins fortement que les conducteurs massifs. Ces oscillations provoquent des bruissements qui peuvent être gênants pour les abonnés. On recommande dans ce cas d'appliquer les mesures suivantes:

a) La dernière portée avant un immeuble sera constituée par des câbles;

b) On utilisera des sourdines appropriées;

c) Les fils épais oscillent plus fortement que les fils minces, on évitera autant que possible d'utiliser des conducteurs en alliage Ad de 8 mm de diamètre aux endroits où des oscillations risquent de se produire.

## 4<sup>e</sup> Charge électrique permanente

Dans la plupart des cas, mais surtout lorsqu'il s'agit de longues lignes, le choix de la section dépend non seulement de la résistance mécanique nécessaire, mais aussi de la chute de tension admissible ou d'une limitation des pertes de transmission. Il faut en tout cas contrôler l'échauffement des conducteurs. Pour tenir compte des connexions par serre-fils et de la diminution de la résistance mécanique du conducteur aux températures élevées, la température des

<sup>3)</sup> Arrêté du Conseil fédéral du 9 avril 1942 dérogeant à l'Ordonnance sur les installations électriques à fort courant.

conducteurs ne devra pas dépasser 80° C en permanence. Pour une température ambiante de 40° C et un échauffement de 40° C, les charges approximatives sont indiquées au tableau III.

Pour déterminer l'intensité permanente admissible des câbles aluminium-acier jusqu'à 50 mm<sup>2</sup> (1 brin d'acier et 6 brins d'aluminium), on ne considérera que la section d'aluminium.

*Charge permanente en A de conducteurs à une température ambiante de 40° C et un échauffement de 40° C en air tranquille*

Tableau III

Section du câble mm <sup>2</sup>	Diamètre du conducteur mass. mm	Intensité permanente Aluminium A	Alliage Ad A
16	4	68	
	5	88	88
25	6	121	115
	7	108	
35	6	153	146
	7	129	
50	8	150	
		191	182
70		240	228
95		283	269
120		337	321
150		390	370
185		440	420
240		520	496

**Remarque:** L'étude des problèmes se rapportant à la charge permanente d'un conducteur sera poursuivie.

Ces intensités permanentes ne s'entendent que pour les conducteurs: elles ne sont applicables que lorsque les connexions supportent au moins la même charge.

Ce tableau est tiré en partie de l'ouvrage «Aluminium-Freileitungen», 5<sup>e</sup> éd. (1940), édité par l'Aluminium-Zentrale, Berlin.

### 5° Ecartement des conducteurs

Conformément au commentaire de l'article 85 de l'Ordonnance fédérale sur les installations électriques à fort courant du 7 juillet 1933, les conducteurs de lignes à basse tension disposés dans un même plan vertical doivent être distants d'au moins 60 cm. Cet écartement minimum doit être porté à 80 ou 90 cm pour les conducteurs en aluminium ou en alliage Ad. Si l'on craint le givre ou la neige, il est recommandé de ramener les portées à 30 ou 40 m, surtout pour les lignes particulièrement importantes. Il en est de même, d'une manière analogue, pour les écartements des conducteurs des lignes ordinaires à haute tension, mentionnés dans le commentaire en question.

Si les poteaux portent à la fois des conducteurs en cuivre et des conducteurs en aluminium ou en alliage Ad, ces derniers doivent toujours être montés *au-dessus* des conducteurs en cuivre. Lorsque cela n'est pas possible, les ferrures des isolateurs devront être dimensionnées de telle sorte que l'eau s'égouttant des conducteurs en cuivre atteigne le moins possible les conducteurs en aluminium. Si un conducteur en aluminium doit être exceptionnellement tiré juste au-dessous d'un conducteur en cuivre, les deux conducteurs devront avoir l'écartement exigé pour les conducteurs en aluminium.

### 6° Isolateurs

Les isolateurs qui ont déjà servi pour des lignes en cuivre ou en bronze doivent être soigneusement nettoyés avant la pose de conducteurs en aluminium ou en alliage Ad. A cet effet, on utilisera au moins une brosse d'acier et un chiffon sec, si les isolateurs sont déjà fixés aux supports. Dans les pâturages, il ne faudra pas utiliser de laine d'acier. Il est toutefois préférable de démonter les isolateurs et de les laver à l'acide nitrique à 10 %, en faisant bien attention de ne pas mouiller les ferrures, puis de rincer soigneusement les isolateurs à l'eau pure.

### 7° Outilage

Tous les outils qui viennent en contact avec des conducteurs en aluminium ou en alliage Ad doivent être préalable-

ment soigneusement nettoyés, afin d'éliminer notamment toutes particules de métaux lourds. Il est même préférable de ne mettre en place les conducteurs en métal léger qu'avec des outils réservés spécialement à cet effet. Cette précaution doit surtout être prise pour les tourets et les dévidoirs. Ces derniers seront de préférence d'un modèle ajustable (fig. 1), car sur les dévidoirs tronconiques les différentes couches des câbles peuvent facilement se décaler et se coincer, ce qui risquerait d'endommager le conducteur pendant le déroulage. Les tendeurs articulés (grenouilles) et les étaux à main utilisés généralement pour tirer les conducteurs ne sont pas appropriés aux conducteurs câblés en aluminium; on pourra tout au plus se servir d'étaux à main pour les conducteurs

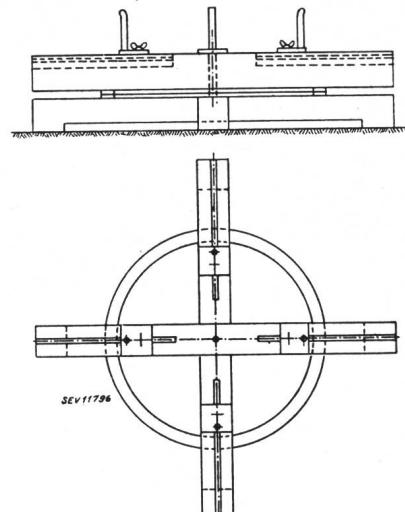


Fig. 1.  
Dévidoir réglable

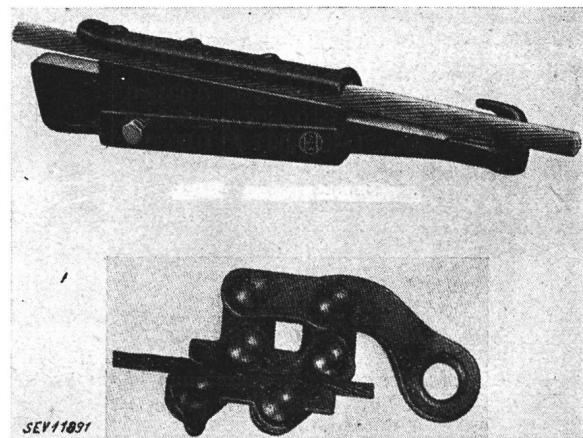


Fig. 2.  
Pinces de tirage métalliques à mâchoires lisses  
Noter la longueur des mâchoires.  
(Tiré du livre «Aluminium-Freileitungen»).

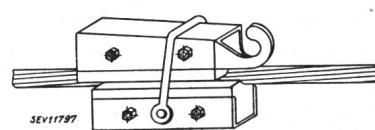


Fig. 3.  
Pince de tirage en bois pour câbles de grand diamètre

massifs en alliage Ad, à condition que leurs mâchoires soient revêtues d'une tôle d'aluminium tendre. Les pinces de tirage ne doivent pas blesser la surface des conducteurs, ni couper ceux-ci brusquement. Les pinces métalliques auront donc de longues mâchoires et des arêtes bien arrondies; les pinces en bois dur exigeront une pression un peu plus grande, afin que le conducteur graissé ne puisse pas glisser dans les mâchoires. La longueur de ces dernières sera d'environ 10

à 15 fois le diamètre du conducteur, de façon que la pression spécifique de serrage ne soit pas trop élevée (fig. 2 et 3).

### 8° Pose des conducteurs

Il faut absolument éviter que les conducteurs câblés ou massifs ne soient traînés sur les chaussées, les sols caillouteux, les prés où l'on a récemment épandu du purin, les toits des maisons, les clôtures, etc. Le tirage des conducteurs sur les ferrures des isolateurs est également néfaste, à moins que ces ferrures ne soient recouvertes de bois ou de matière analogue. En principe, on se servira autant que possible de poulies en bois ou en aluminium. Ces poulies doivent tourner facilement et avoir une gorge lisse, qui ne puisse pas coincer les conducteurs. La courbure de la gorge doit être d'au moins 1,5 fois le diamètre du conducteur. Le diamètre du corps de la poulie atteindra au moins 20 fois celui du conducteur et ne sera pas inférieur à 20 cm; ceci s'entend surtout pour les poulies montées sur des supports d'angle. Pour que le conducteur ne vienne jamais en contact avec le sol pendant le tirage, il sera parfois nécessaire de disposer des claires en bois entre les supports, selon la configuration du terrain, ou de freiner le touret. Il faut veiller soigneusement à ce que le conducteur à tirer ne vienne jamais en contact avec des parties métalliques des supports et des claires, telles que des clous, des fils de fer, etc. (fig. 4 et 5).

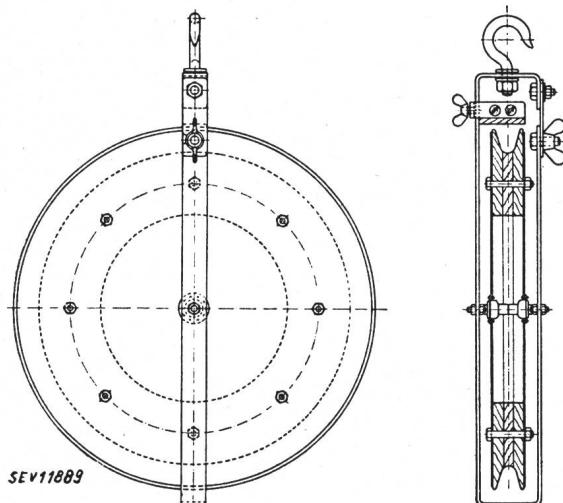


Fig. 4.  
Poulie de déroulage en bois, correctement dimensionnée  
(Tiré du livre «Aluminium-Freileitungen»).



Fig. 5.  
Poulie de déroulage incorrecte  
Le diamètre de la poulie est trop petit.

### 9° Réglage des conducteurs

Le réglage doit s'opérer conformément à l'Ordonnance fédérale sur les installations électriques à fort courant du 7 juillet 1933, en aucun cas «au jugé», car en raison du faible poids du conducteur on risque généralement de se tromper. Il en résulterait une traction inadmissible

élevée du conducteur à la température de montage, de sorte qu'à une température plus basse, ou en cas de surcharge, l'effort de traction admissible serait dépassé. On mesurera la température avec un thermomètre placé contre le support, à quelques mètres au-dessus du sol, et non pas contre un objet reposant sur le sol, car la température n'y est pas la même que celle d'un conducteur tendu à l'air libre. En plein soleil, la partie inférieure du thermomètre devra être entourée d'une feuille d'aluminium.

Pour amener les câbles neufs en aluminium à leur état de tension définitif, il est recommandé de les régler pour une flèche d'environ 5 % inférieure à la flèche définitive ou de tendre le conducteur pendant au moins 6 heures avant le réglage définitif, de telle sorte que sa flèche atteigne le 20 ou 25 % de la flèche prescrite à 10°C.

Le tableau IV indique les flèches minima actuellement prescrites (1944) par l'Ordonnance sur les installations électriques à fort courant. Les flèches des conducteurs d'autres sections seront déterminées par le calcul.

### 10° Attaches

Les attaches usuelles sont les suivantes:

- 1<sup>o</sup> Atache latérale:
  - a) Atache croisée simple (fig. 6 et 7);
  - b) Atache croisée renforcée (fig. 8 à 10);
  - c) Atache croisée à deux fils (fig. 11 à 13);
  - d) Atache à collier semi-circulaire, dite beugli ou à archet (fig. 14 à 18).
- 2<sup>o</sup> Atache supérieure (fig. 19 et 20).
- 3<sup>o</sup> Atache terminale (fig. 21 à 23).

Suivant l'Ordonnance sur les installations électriques à fort courant de 1933, article 83, les attaches doivent être faites de manière à assurer parfaitement et en permanence la position correcte du conducteur sur l'isolateur et éviter un affaiblissement notable de la résistance mécanique, leur exécution étant basée sur les hypothèses suivantes:

- a) *Attaches ordinaires* pour conducteurs en état normal de service et supportant la surcharge;
- b) *Attaches-arrêt* pour conducteurs soumis à une traction unilatérale correspondant à la contrainte maximum admise à l'article 89;
- c) *Attaches terminales* pour conducteurs soumis à une traction unilatérale correspondant à la charge de rupture.

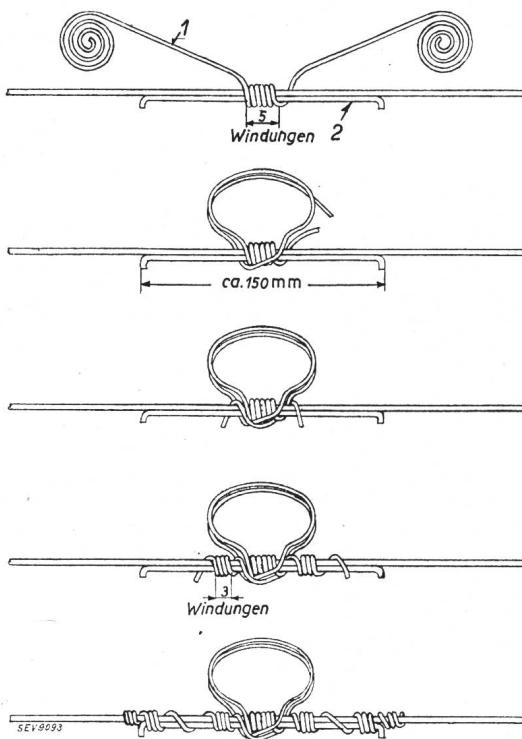


Fig. 6.  
Atache croisée simple

<sup>1</sup> Fil de ligature en aluminium pur recuit de 2,5 à 4 mm Ø.  
<sup>2</sup> Fil auxiliaire en aluminium pur éceroui ou en alliage Ad de 4 mm Ø.

*Flèches minima des conducteurs de lignes ordinaires*  
conformément à l'article 88, chiffre 3, de l'Ordonnance fédérale sur l'établissement, l'exploitation et l'entretien des installations électriques à fort courant du 7 juillet 1933

Tableau IV

Conducteur diamètre mm	section mm <sup>2</sup>	Flèche, en cm, des conducteurs pour portées de m							Température ° C (régime de la ligne)	Tension dans le conducteur à 100		Contrainte dans les portées de	
		20	25	30	35	40	45	50		kg	kg/mm <sup>2</sup>	50 m à 0° avec surcharge kg/mm <sup>2</sup>	20 m à -25° kg/mm <sup>2</sup>
<i>Câbles en aluminium pur, conformément à l'Ordonnance du 7 juillet 1933</i>													
6,4	25	6	10	14	20	28	37	48	0°	35	1,4	13,6 für 40 m	5,5
		10	16	22	30	39	50	62	+10°				
		17	24	32	41	51	62	74	+20°				
		45	62	81	101	122	144	167	0°S				
8,1	40	6	10	14	20	28	37	48	0°	56	1,4	11,5 höchst zulässig	5,5
		10	16	22	30	39	50	62	+10°				
		17	24	32	41	51	62	74	+20°				
		37	52	68	85	103	123	144	0°S				
10,8	70	5	9	13	18	24	31	40	0°	112	1,6	8,4	5,8
		9	14	20	26	34	44	54	+10°				
		15	21	28	37	46	56	67	+20°				
		29	41	54	68	83	99	116	0°S				
13	100	5	9	13	18	24	31	40	0°	160	1,6	6,9	5,8
		9	14	20	26	34	44	54	+10°				
		15	21	28	37	46	56	67	+20°				
		24	34	46	59	73	88	103	0°S				

*Conducteurs massifs en alliage Ad,*  
conformément à l'Arrêté du Conseil fédéral du 9 avril 1942, dérogeant à l'Ordonnance du 7 juillet 1933

4	12,6	8	13	20	30	42	55	72	0°	13	1,0	25,0 <sup>1)</sup>	5,3
		13	21	30	41	54	68	84	+10°				
		21	29	39	51	64	80	96	+20°				
		55	75	98	122	146	173	201	0°S				
5	19,6	7	11	18	27	37	49	64	0°	22	1,1	18,9 <sup>2)</sup>	5,6
		12	19	28	38	49	62	77	+10°				
		20	27	37	48	59	73	88	+20°				
		47	65	84	104	125	149	173	0°S				
6	28,3	6	10	16	23	33	44	56	0°	34	1,2	15,0	5,8
		11	18	25	34	45	57	70	+10°				
		19	26	35	45	55	69	82	+20°				
		40	57	75	92	110	131	153	0°S				
7	38,5	5	9	13	20	27	35	46	0°	54	1,4	12,6	6,1
		10	15	22	30	39	49	60	+10°				
		17	24	32	41	50	62	74	+20°				
		35	49	64	80	97	116	135	0°S				
8	50	5	8	12	17	23	31	40	0°	80	1,6	11,0	6,4
		8	13	19	26	34	43	53	+10°				
		16	22	30	38	46	57	68	+20°				
		31	44	57	72	87	103	121	0°S				

<sup>1)</sup> 22,0 pour portées de 40 m et 18,6 pour portées de 30 m.

<sup>2)</sup> 16,6 pour portées de 40 m.

**Remarque:** Les valeurs de la colonne des températures concernent le régime sans surcharge, sauf la mention «0° S» qui désigne le régime à 0° avec surcharge suivant l'article 88, chiffre 1<sup>b</sup>. Ce dernier régime est déterminant pour fixer la hauteur minimum des conducteurs au-dessus du sol et la distance verticale minimum par rapport aux autres conducteurs qui les croisent, suivant articles 13 et 30 de l'ordonnance sur les parallélismes et les croisements.

Les *attaches ordinaires* sont:  
les attaches croisées simples et renforcées,  
les attaches supérieures.

Les attaches à collier semi-circulaire, dites *beugli*, sont aussi souvent utilisées comme attaches ordinaires, surtout pour les sections dépassant 50 mm<sup>2</sup>.

Les *attaches-arrêt* sont:

les attaches croisées à deux fils (pour sections de conducteurs jusqu'à environ 35 mm<sup>2</sup>),  
les attaches «beugli»,  
les attaches terminales.

Le genre d'attache dépend de la section du conducteur et de sa sollicitation mécanique. Dans les fortes pentes, aux changements de pente, quand les portées ou les efforts de traction diffèrent fortement, il est recommandé de prévoir des *beuglis*; pour les petites sections jusqu'à 35 mm<sup>2</sup> environ, on pourra aussi faire des attaches croisées à deux fils (attaches-arrêt).

Les attaches croisées simples et renforcées s'appliquent

aux ligatures moins fortement sollicitées. Pour les sections de câble à partir de 70 mm<sup>2</sup>, les *beuglis* sont préférables.

Dans les lignes ordinaires en alignement, on peut utiliser des attaches ordinaires, si d'autres types ne sont pas expressément prescrits. En général, les attaches latérales constituent une fixation plus sûre que les attaches supérieures. Toutefois, lorsque la ligne est en forte pente de part et d'autre de l'isolateur, une attache supérieure est préférable.

Lors de l'exécution des attaches, il faut ménager le conducteur aussi bien que le fil de ligature, en ne se servant pas d'outils, sauf pour couper le fil. La ligature ne doit être faite qu'avec du fil d'aluminium recuit à 99,3 ou 99,5 %, parfaitement intact, d'un diamètre minimum de 2,5 mm. Les fils en alliage Ad recuit ne sont pas appropriés, car ils sont dans ce cas trop peu résistants à la corrosion. Pour la même raison, les *beuglis* profilés en anticorodal ne doivent être utilisés qu'après avoir subi un traitement thermique.

Une bonne attache doit répondre aux exigences suivantes:  
1<sup>a</sup> Le conducteur ne doit pas toucher directement l'isolateur (danger d'usure par frottement).

2<sup>o</sup> Le fil de ligature doit maintenir le conducteur fermement appuyé à l'isolateur (sans jeu), de telle sorte que la surface de contact entre l'enveloppe du conducteur et l'isolateur soit aussi petite que possible (sauf pour les attaches terminales). Le conducteur ne doit donc être que tangent à l'isolateur; l'attache croisée doit à peine le courber et le beugli ne doit le courber que très légèrement.

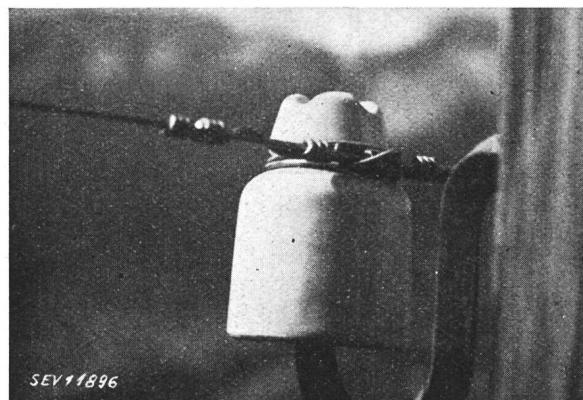


Fig. 7.  
Attache croisée simple (pour conducteurs massifs minces)  
sans ruban

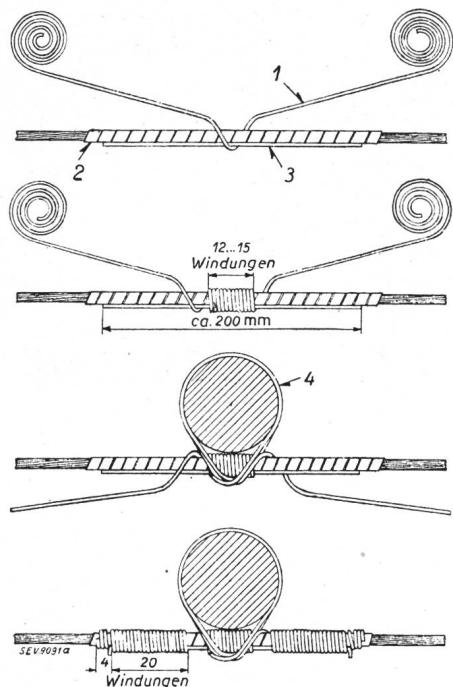


Fig. 8.

## Attache croisée renforcée

- 1 Fil de ligature en aluminium pur recuit de 2,5 à 4 mm Ø.
- 2 Ruban en aluminium pur recuit de 10 · 1 mm.
- 3 Fil auxiliaire en aluminium pur écroui ou en alliage Ad de 4 mm Ø.
- 4 Chaque brin de la ligature entoure deux fois la gorge de l'isolateur.

3<sup>o</sup> La transition entre le raidissement du conducteur aux approches de l'isolateur et la flexibilité de la portée (raidissement qui est en partie inévitable et en partie voulu) doit être aussi régulière que possible, c'est-à-dire que l'attache doit devenir de plus en plus flexible au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'isolateur. Cette disposition évite de nombreuses ruptures de conducteurs par suite d'oscillations.

Pour satisfaire à la première des exigences ci-dessus, le conducteur doit être entouré fermement et sans chevauchement d'un ruban d'aluminium pur d'environ 10 · 1 mm, à l'endroit de l'attache. Pour les conducteurs massifs ou câbles minces, on peut se contenter de quelques tours de fil de ligature, s'il s'agit d'une attache croisée simple (fig. 6).

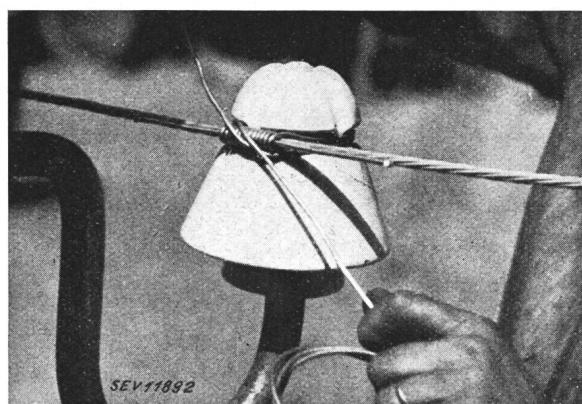


Fig. 9.  
Confection d'une attache croisée renforcée  
Les deux brins du fil de ligature ont déjà entouré une fois la gorge de l'isolateur. A l'endroit du croisement, les deux brins demeurent parallèles!

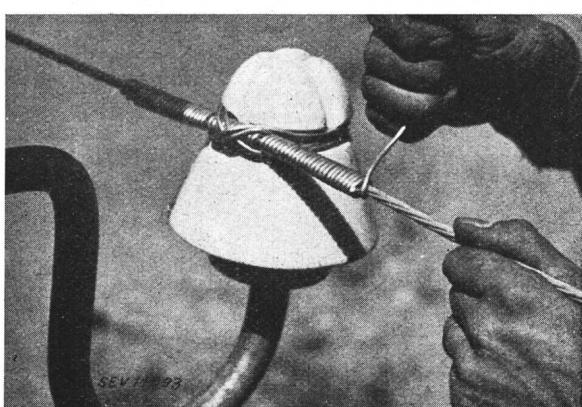


Fig. 10.  
Attache croisée renforcée  
Terminaison d'une des spirales de la ligature. Cette attache a été confectionnée sans l'aide d'un outil!

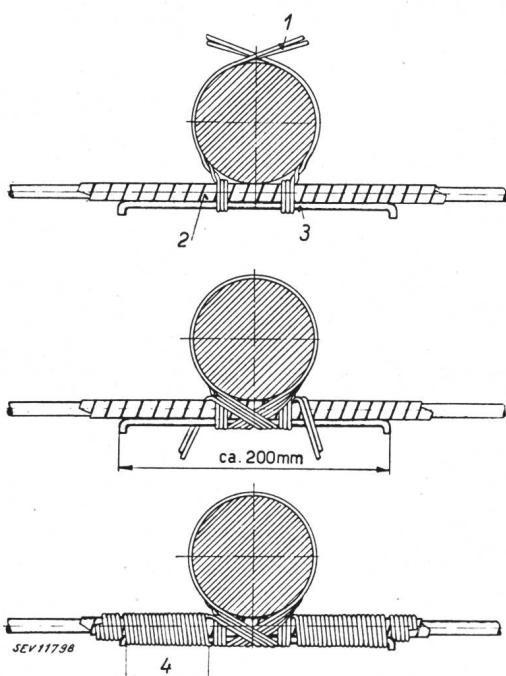


Fig. 11.

## Attache croisée avec deux fils de ligature

- 1 Fils de ligature en aluminium pur recuit de 2,5 à 4 mm Ø.
- 2 Ruban en aluminium pur recuit de 10 · 1 mm.
- 3 Fil auxiliaire en aluminium pur écroui ou en alliage Ad de 4 mm Ø.
- 4 Environ 10 spires de fil double.

Les deuxième et troisième exigences seront remplies par le mode de ligature indiqué ci-après.

*Attache croisée simple* (fig. 6). On peut remplacer le ruban par quelques tours de fil de ligature, qui empêchent un contact direct entre le conducteur et l'isolateur. L'emploi d'un fil auxiliaire est un moyen recommandable pour éviter les

ruptures de conducteurs par suite d'oscillations; il permet en outre de mieux serrer les spires de la ligature que lorsque celles-ci sont faites autour d'un conducteur cylindrique. Le fil auxiliaire doit être en métal dur, par exemple en alliage Ad, et avoir un diamètre d'au moins 4 mm.

Il faut que le fil de ligature entoure la plus grande partie

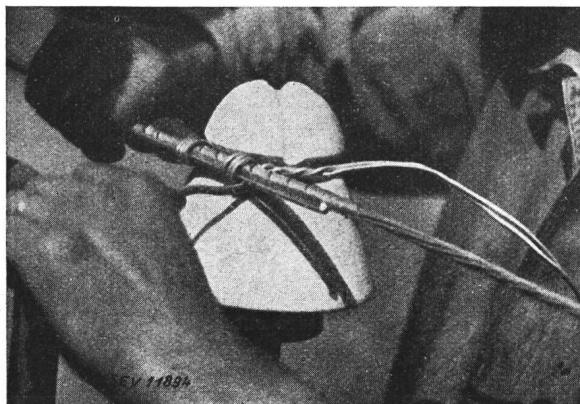


Fig. 12.  
Confection d'une attache croisée avec deux fils de ligature  
Remarquer combien le fil de ligature entourant le conducteur est rapproché de la gorge de l'isolateur!

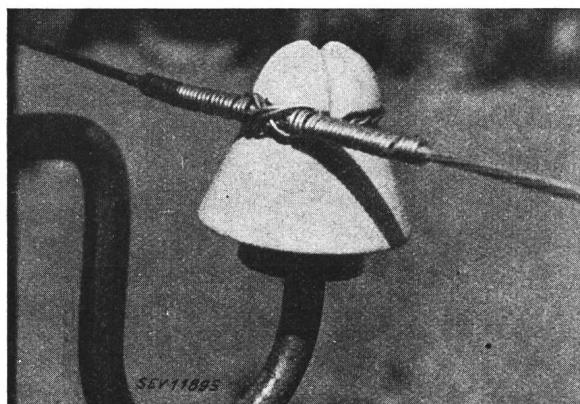


Fig. 13.  
Attache croisée avec deux fils de ligature

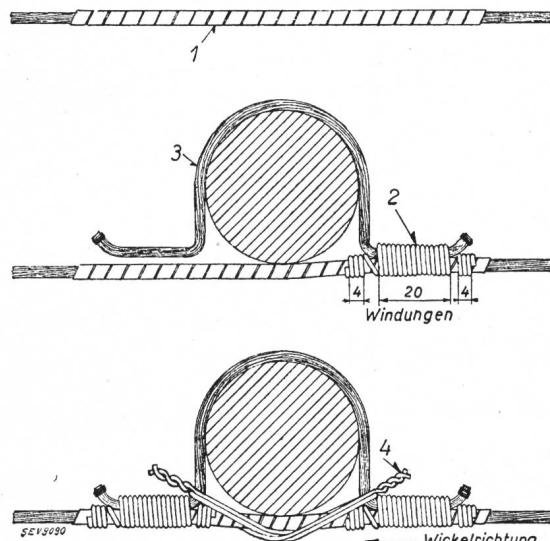


Fig. 14.  
Beugli

1 Ruban en aluminium pur recuit de 10 · 1 mm.

2 Fil de ligature en aluminium pur recuit de 2,5 à 4 mm Ø.  
3 Beugli constitué par un tronçon de câble ou par un fil massif profilé.

4 Ligature transversale maintenant le beugli (peut aussi être confectionnée avec les deux brins de la ligature, au lieu d'être séparée).

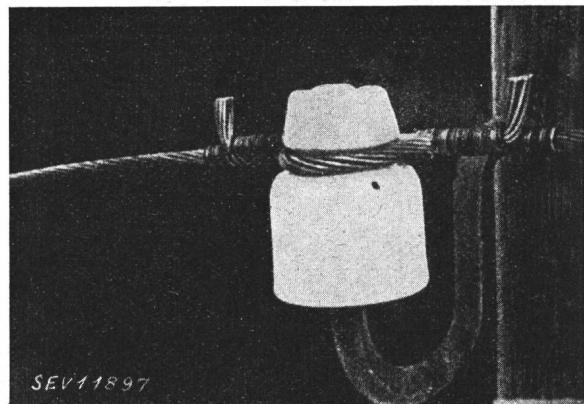


Fig. 15.  
Beugli constitué par un tronçon de câble  
Vue de face.

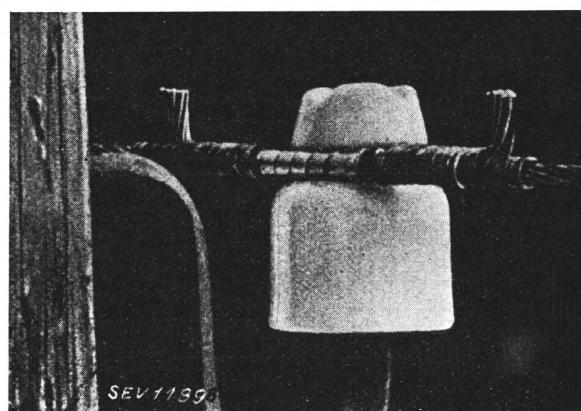


Fig. 16.  
Beugli constitué par un tronçon de câble  
Vue de l'arrière.

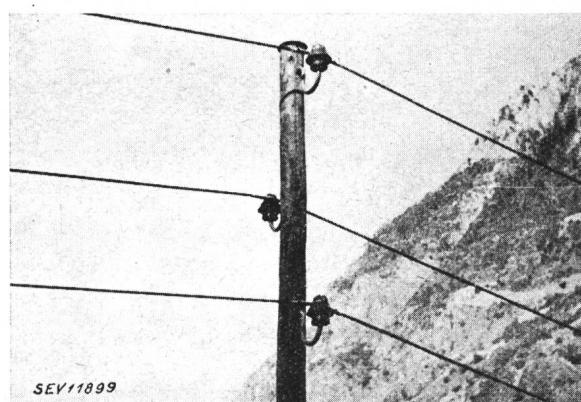


Fig. 17.  
Ligne de montagne en alliage Ad avec beuglis  
Beugli en aluminium massif profilé. Noter la distance relativement grande qui sépare les conducteurs et qui est motivée par les grandes portées (plus de 50 m) rendues nécessaires en raison de la configuration du terrain.

de la gorge de l'isolateur. Une attache croisée est toujours incorrecte si le fil de ligature est dirigé perpendiculairement vers le conducteur, à plus forte raison s'il s'écarte en direction de la portée.

Les spires du fil de ligature ne doivent pas se croiser dans la gorge de l'isolateur, mais demeurer côte à côte.

*Attache croisée renforcée* (fig. 8). L'emploi d'un ruban est recommandable, mais on peut aussi s'en passer si l'attache est exécutée soigneusement et comporte des spires jointives bien serrées, surtout lorsque ce système permet de mieux adapter l'attache à la gorge de l'isolateur.

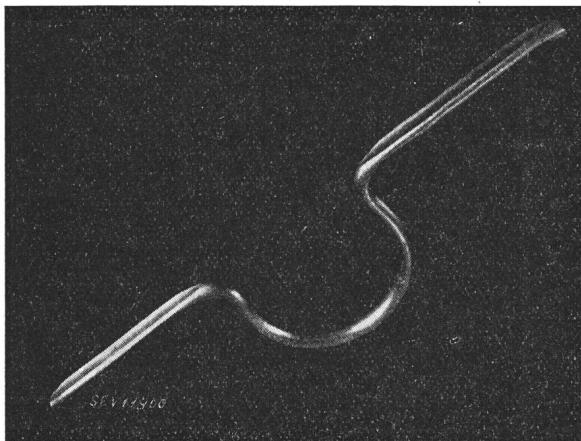


Fig. 18.  
Beugli en aluminium profilé ou en alliage d'aluminium

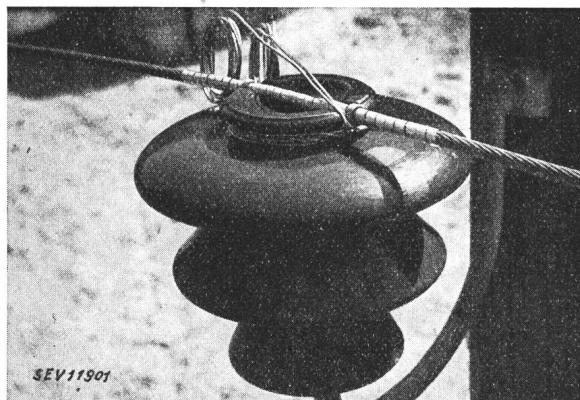


Fig. 19.  
Confection d'une attache sur la tête d'un isolateur prévu spécialement dans ce but



Fig. 20.  
Attache supérieure terminée

*Attache croisée à deux fils* (fig. 11). L'emploi d'un ruban est indispensable. Les deux fils de ligature doivent être aussi rapprochés que possible de l'endroit de contact de l'isolateur avec le conducteur enrubanné.

*Attache «beugli»* (fig. 14). L'emploi d'un fil auxiliaire est indispensable, mais non celui d'un ruban. Les spires en dehors du collier servent à compenser la brusque transition entre l'attache relativement rigide et le câble flexible. Les colliers peuvent être des tronçons de câble ou du métal profilé.

*Attache terminale* (fig. 21). L'attache terminale doit former une boucle allongée; elle peut s'exécuter avec une ligature ou un serre-fils. Dans les deux cas, il faut éviter de courber trop fortement le conducteur avant l'isolateur (fig. 23).

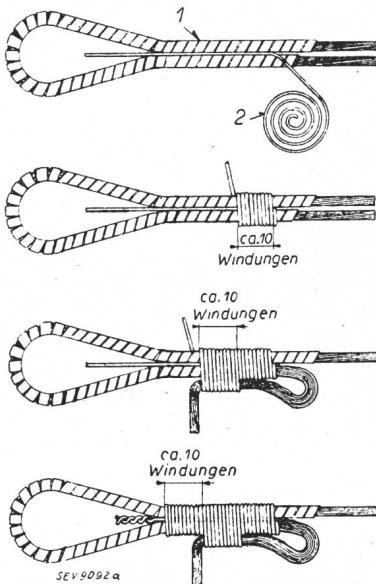


Fig. 21.  
Attache terminale

1 Ruban en aluminium recuit de 10·1 mm; pour des conducteurs minces un ruban plus étroit peut même être préférable.  
2 Fil de ligature en aluminium recuit de 2,5 à 4 mm Ø.  
Pour les conducteurs massifs, il n'est pas nécessaire de recourber complètement et de ligaturer l'extrémité du conducteur; il suffit de la redresser.



Fig. 22.  
Attache terminale ou d'arrêt  
prévue pour dérivation. Noter la boucle allongée que forme le câble.

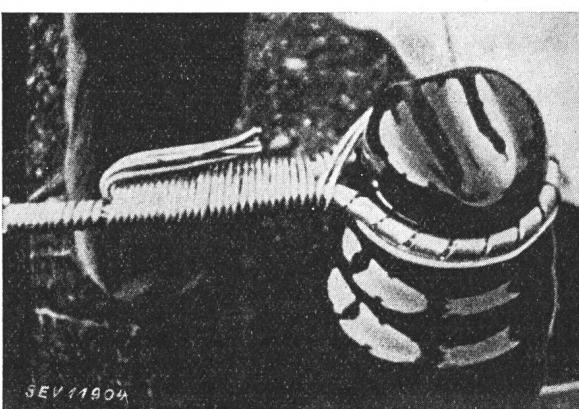


Fig. 23.  
Attache terminale incorrecte  
Le câble est trop étroitement cintré autour de la gorge de l'isolateur.

### 11° Joints et serre-fils

La résistance de passage d'un contact dépend surtout de la force avec laquelle les surfaces de contact appuient l'une contre l'autre, mais moins de leurs dimensions. Les serre-fils et les joints doivent donc toujours exercer une pression suffisante à l'endroit de contact, comme indiqué en détail ci-après. Cet endroit ne doit pas être ponctiforme, afin d'éviter un écrasement du métal.

Les joints et les serre-fils ne pourront être qu'en aluminium, en anticorodal traité thermiquement, en fer soigneusement galvanisé à chaud et, au besoin, en fer cadmié. En portée libre, les joints seront uniquement en aluminium à 99,5 % ou en anticorodal traité thermiquement, exception faite des joints pour câbles aluminium-acier. Les joints et les serre-fils doivent être aussi légers que possible et ne pas présenter d'arêtes vives, qui pourraient blesser les conducteurs. Les endroits de contact seront aménagés de manière à sécher rapidement ou à pouvoir être enduits de graisse, afin d'empêcher l'eau d'y accéder.

Le point essentiel d'un bon contact électrique est un nettoyage préliminaire des surfaces de contact avec une brosse à fils d'acier, suivi immédiatement d'une légère application de graisse chimiquement neutre (exempte d'acides) ou de vaseline neutre, destinée à empêcher une nouvelle oxydation. On commencera toujours par le nettoyage des parties compliquées du joint, avant de procéder à celui des parties plus simples et de l'extrémité du câble.



Fig. 24.  
Joint torsadé, prêt à la torsion

a) *Joint sollicités à la traction:* Pour les conducteurs massifs ou câbles minces, l'emploi de manchons ovales torsadés (Arldsche Röhren) est recommandé. Les manchons doivent être en aluminium à 99,5 % recuit et avoir une longueur égale à 60 ou 80 fois le diamètre du conducteur, ainsi qu'une épaisseur de paroi de 1,5 à 2 mm. Pour être corrects, ces joints doivent subir environ trois torsions complètes. Pour les sections supérieures à 70 mm<sup>2</sup>, il est préférable d'utiliser, au lieu d'un seul tube de la longueur indiquée, deux tubes à la file ayant chacun une longueur égale à 30 ou 40 fois le diamètre du conducteur. Pour plus de sécurité, les extrémités des conducteurs peuvent être rabattues et ligaturées aux tubes. Pour les grandes sections, il est recommandable d'utiliser notamment des joints à encoches, des manchons comprimés par étirage et, surtout pour les conducteurs en alliage Ad de toutes dimensions, des manchons coniques à coincement. Les prospectus et les instructions des fabricants et des fournisseurs renferment toutes indications utiles pour une exécution convenable de ces divers joints.

**Remarque:** Le problème des joints sollicités à la traction n'est pas encore entièrement résolu.

b) *Joints (serre-fils) non soumis à des efforts de traction:* Les serre-fils doivent être construits de manière à assurer une pression de contact encore suffisante lorsque les conducteurs se sont légèrement déformés après un certain temps, car cette pression n'est pas maintenue automatiquement par la traction des conducteurs, contrairement aux joints sollicités à la traction. Pour les conducteurs massifs ou câbles minces en alliage Ad, des serre-fils élastiques sont suffisants. Il est toutefois préférable d'utiliser des serre-fils à ressort, qui doivent être dimensionnés selon la pression exigée; pour

tous les autres conducteurs, ces serre-fils à ressort sont d'ailleurs indispensables. La pression de contact nécessaire dépend de l'intensité du courant à transmettre; elle ne doit pas être inférieure à 1 kg/A.

Les serre-fils à griffes et les serre-fils à couvercle (fig. 29) répondent à ces exigences. Les serre-fils à griffes ont l'avantage

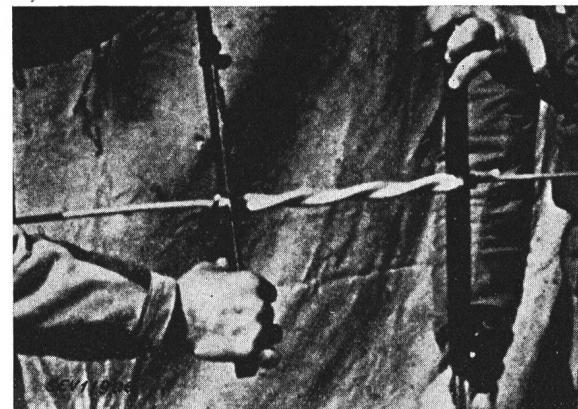


Fig. 25.  
Confection d'un joint torsadé  
Phase de la torsion.

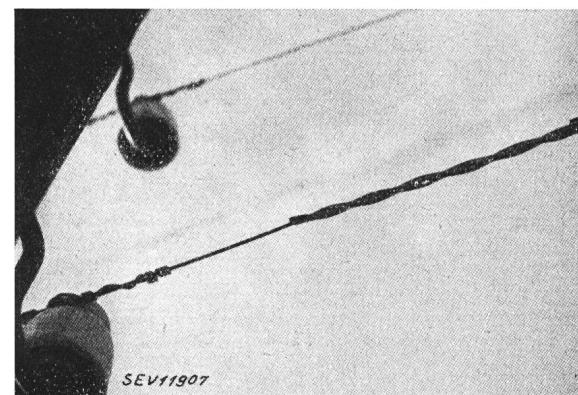


Fig. 26.  
Joint torsadé d'une ligne à conducteurs massifs en alliage Ad  
Notez également l'attache croisée pour conducteurs minces!



Fig. 27.  
Joints torsadés d'une ligne de télécommunication, dont les fils ont été croisés ultérieurement

l'avantage que les conducteurs se touchent directement. Ce contact n'ayant toutefois lieu qu'en certains points, ces serre-fils sont plutôt destinés aux petites sections. Pour les sections plus grandes, il faut monter plusieurs serre-fils successifs, afin qu'un aussi grand nombre que possible de brins des câbles viennent en contact. Dans les serre-fils à couvercle (blocs), le courant passe par le corps du joint. Avant le montage, il est donc nécessaire de nettoyer non seulement

les conducteurs, mais aussi les surfaces de contact du serre-fils, pour supprimer toute trace d'oxyde et d'encrassement, puis de procéder immédiatement à leur graissage. Pour que tous les brins des câbles fassent contact avec le corps du serre-fils, la longueur de celui-ci devrait être d'environ 6 fois le diamètre des câbles. Il est préférable que le couvercle soit fixé par plusieurs petits boulons, plutôt que par un seul boulon plus grand. Les dimensions des boulons sont indiquées au tableau V.

*Dimensions minima des boulons de serre-fils à couvercle  
Tableau V*

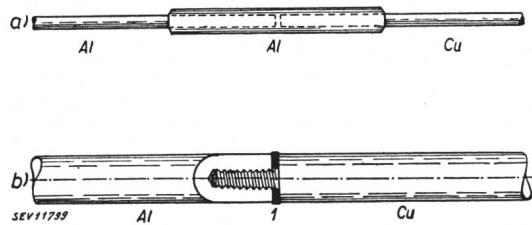
Section du plus petit conducteur mm <sup>2</sup>	Boulon en anticorodal ou en acier galvanisé	Rondelle élastique bombée VSM 12745 E galvanisée ou cadmiée
16	1× $\frac{3}{8}$ " ou M 10	11/22
25...35	2× $\frac{3}{8}$ " ou M 10 (1× $\frac{1}{2}$ ")	11/22 14/28
50	3× $\frac{3}{8}$ " ou M 10 (2× $\frac{1}{2}$ ")	11/22 14/28
70...95	3× $\frac{1}{2}$ " (2× $\frac{5}{8}$ ")	14/28 17/34
120	3× $\frac{1}{2}$ "	14/28
150	3× $\frac{5}{8}$ "	17/34

Ces valeurs ne sont données qu'à titre d'indication pour la construction ou pour juger de la qualité des serre-fils de commerce. Le nombre et la grandeur des boulons peuvent être modifiés, à condition que la pression minimum soit la même.

Pour les câbles de grandes sections, la forme des serre-fils doit être telle que le conducteur puisse être légèrement aplati, ce qui assure un meilleur passage du courant entre les diverses couches de fils.

Il faut éviter de prévoir inutilement plusieurs surfaces de contact en série; l'interposition d'un ruban peut notamment provoquer des perturbations. Les serre-fils doivent toujours être montés directement sur des conducteurs qui viennent d'être nettoyés et graissés.

Le meilleur contact est celui des joints soudés, par exemple avec le procédé de soudage Alutherm à refoulement<sup>4)</sup>, qui est particulièrement intéressant pour les lignes aériennes, car il n'exige aucune source d'énergie spéciale (gaz, combustible liquide ou énergie électrique) et est absolument résistant à la corrosion. Le soudage s'applique aussi bien à la jonction de câbles qu'à celle de conducteurs massifs et de pièces de connexion pour interrupteurs, coupe-circuit, etc. La soudure échauffe un court tronçon du conducteur, dont la résistance à la rupture s'abaisse à la valeur du métal recuit. La soudure est donc surtout appropriée aux joints sur lesquels ne s'exerce aucune traction. Lorsqu'il s'agit de joints sollicités à la traction, il faut ensuite les renforcer mécaniquement. Pour de plus amples indications sur ce procédé, consulter les publications des fournisseurs.



*Protection contre la corrosion d'un raccordement entre conducteur en cuivre et conducteur en métal léger  
a Principe de l'excédent de matière. b Principe de l'isolation.  
Al Aluminium. Cu Cuivre. I Isolation.*

Les joints non soumis à la traction et les serre-fils de dérivation sont normalisés par la Société Suisse des Constructeurs de Machines (VSM).

c) *Serre-fils de dérivation*: Les dérivation ne comportant que des conducteurs en métal léger doivent être exécutées selon les mêmes principes que les joints non soumis à la traction. Ces serre-fils seront autant que possible montés sur une partie de la ligne principale qui ne soit pas sollicitée

<sup>4)</sup> Bull. ASE 1944, No. 2, p. 41.

mécaniquement. Lorsque les connexions comportent des conducteurs en aluminium ou en alliage Ad et des conducteurs en cuivre, il faut tenir compte du risque de corrosion. Pour protéger ces serre-fils contre toute corrosion, on peut appliquer en principe l'un des deux systèmes suivants (fig. 28):

1° Joint comportant un excédent de matière, de telle sorte que des corrosions ne pourraient se produire qu'en dehors de l'endroit de contact (fig. 28a). On peut réaliser

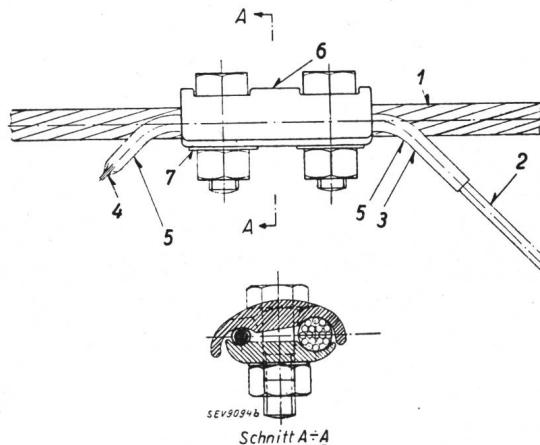


Fig. 29.

*Dérivation en cuivre partant d'un conducteur en aluminium*

1 Conducteur en aluminium.

2 Conducteur en cuivre.

3 Tube en aluminium pur recuit, rempli de graisse (vaseline) exempte d'acides.

4 Extrémité aplatie du tube en aluminium 3.

5 Les deux extrémités du tube doivent être coudées vers le bas, afin que l'eau ne puisse pas y pénétrer.

6 Serre-fils de dérivation normal en anticorodal ou fer galvanisé.

7 Rondelle de serrage.

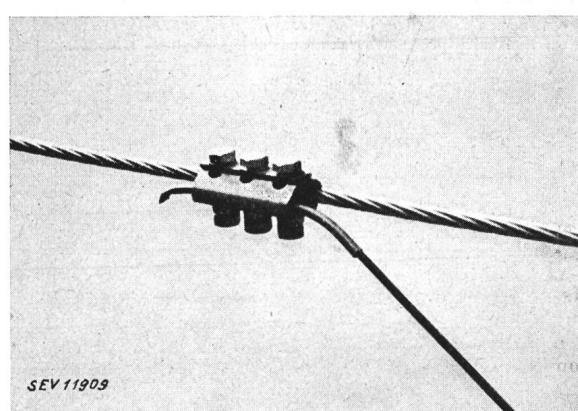


Fig. 30.

*Serre-fils de dérivation Cu-Al protégé contre la corrosion* avec tube en aluminium enfilé sur le conducteur en cuivre et dont l'extrémité libre est aplatie et coudée, afin d'empêcher toute pénétration d'eau. Serre-fils en alliage d'aluminium avec rondelles élastiques bombées en acier galvanisé. L'eau ne peut s'écouler qu'en direction Al-Cu. Les rondelles sont placées sous la tête des boulons!

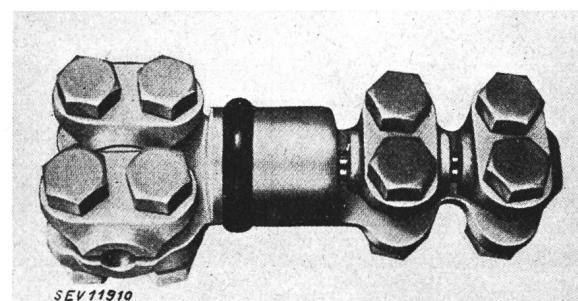


Fig. 31.

*Exemple d'un serre-fils de dérivation Al-Cu protégé contre la corrosion avec disque isolant*

(Ce modèle n'est pas fabriqué en Suisse.)

un joint de ce genre en enfant sur le conducteur en cuivre un tube en aluminium protégé contre toute pénétration d'eau par un pliage des extrémités et par un graissage. Les deux conducteurs sont ensuite reliés par un serre-fils normal pour aluminium (fig. 29). Le diamètre du tube en aluminium doit être adapté à celui du conducteur en cuivre; ce tube aura une paroi de 0,5 à 0,75 mm d'épaisseur et une longueur de 200 à 300 mm. Les dimensions normales sont indiquées au tableau VI.

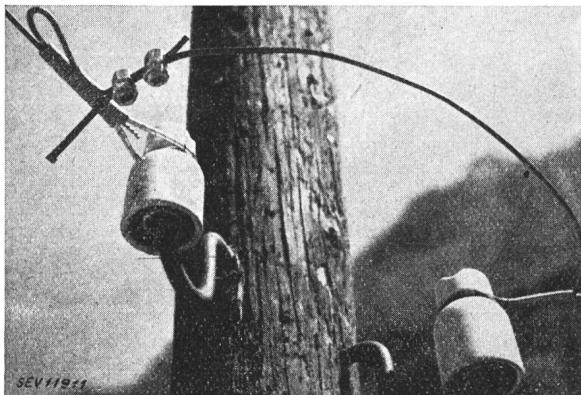


Fig. 32.

**Jonction de conducteurs massifs en cuivre et en alliage Ad, protégée contre la corrosion, avec tube en aluminium**  
A gauche: Attache terminale du conducteur massif en alliage Ad (boucle allongée). L'eau s'écoule du tube en aluminium au conducteur en cuivre.

**2° Joint comportant un isolement de la surface sujette à la corrosion (fig. 28b).** L'endroit de contact est protégé contre une pénétration d'humidité et les surfaces des deux métaux sont séparées par une matière isolante.

**Remarque:** On emploie également des serre-fils avec garniture en aluminium plaqué de cuivre; le temps d'expérimentation est toutefois encore très court et les résultats ne sont pas concluants, si bien qu'il est pour le moment impossible de recommander d'une façon générale cette jonction.

#### Dimensions des tubes pour dérivations

Tableau VI

Diamètre du conducteur en cuivre mm	Tube en aluminium pur 99,5%, recuit mm	Diamètre extér. mm	Epaisseur de la paroi mm	Longueur mm
3	5	6	0,5	200
4...4,5	6	7	0,5	200
5...5,1	7	8	0,5	250
6	8	9	0,5	250
6,5...7	9	10	0,5	300
7,5...8	10	11	0,75	300
9	12	13	0,75	300

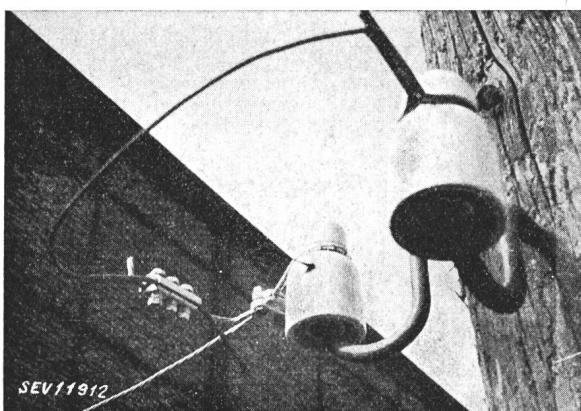


Fig. 33.

**Jonction Al-Cu protégée contre la corrosion, avec tube en aluminium**

Attache terminale du câble en aluminium avec serre-fils d'extrémité. Le serre-fils de connexion en alliage Ad avec rondelles élastiques bombées est un modèle spécial pour câbles.

Lorsque des conducteurs en aluminium ou en alliage Ad se trouvent près de conducteurs en cuivre, il faut toujours veiller à ce qu'aucune goutte d'eau ne puisse couler du conducteur en cuivre au conducteur en aluminium ou tomber du premier sur le second. Le conducteur en aluminium doit donc être placé si possible au-dessus du conducteur en cuivre. Il en est de même notamment pour les serre-fils aluminium-cuivre: l'eau ne doit pas couler du cuivre sur l'aluminium.

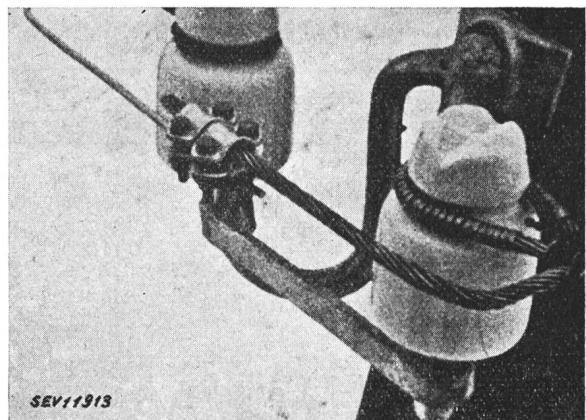


Fig. 34.

**Jonction Cu-Al sur isolateurs jumelés**  
Serre-fils à collier avec garniture en aluminium plaqué de cuivre. Al en dessus, Cu en dessous.

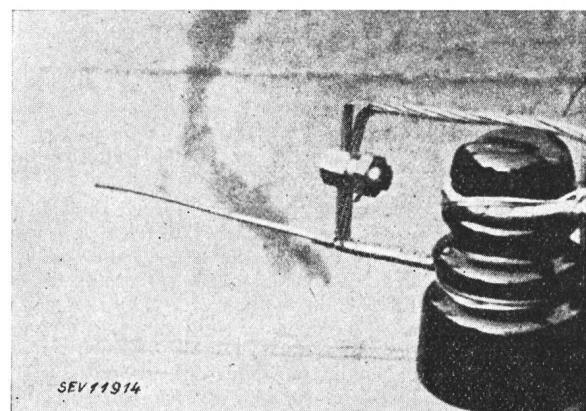


Fig. 35.

**Jonction Cu-Al sur isolateur à plusieurs gorges avec tube en aluminium**  
Noter que le tube en aluminium est aplati à son extrémité supérieure.

Dans les régions industrielles où se dégagent beaucoup de fumées, d'émanations acides et de gaz, il est absolument indispensable d'enduire très soigneusement les joints et les serre-fils de graisse chimiquement neutre (exempte d'acides) ou de vaseline neutre. Un tel graissage est d'ailleurs recommandé dans tous les autres cas.

#### 12° Raccordements

La plupart des transformateurs, sectionneurs, coupe-circuit, etc., auxquels doivent être raccordés des conducteurs en aluminium ont des bornes en alliage de cuivre. Pour que ces raccordements soient parfaits, il faut leur appliquer les principes indiqués au chapitre 11.

Les raccordements à boulons doivent toujours être élastiques (rondelles Grover ou Belleville). Voir les prescriptions figurant dans la feuille de norme VSM 23 950 E pour les connexions d'aluminium.

Pour obtenir un bon contact, il faut surtout nettoyer soigneusement la surface du métal léger avec une brosse à fils d'acier graissée ou avec une lime, puis enduire légèrement la surface de graisse chimiquement neutre (exempte d'acides) ou de vaseline neutre. Les surfaces de contact ne doivent pas être polies, mais au contraire rendues légèrement rugueuses. Ces précautions sont nécessaires pour supprimer la couche d'oxyde isolante et réduire ainsi la résistance de passage.