

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 87/88 (1926)  
**Heft:** 26

**Artikel:** Legierter Aluminiumdraht "Drahtlegierung 3" als Ersatz für Reinaluminium- und Stahlaluminium-Freileitungen  
**Autor:** Aluminium-Industrie AG  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-40909>

#### **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:** 19.02.2026

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

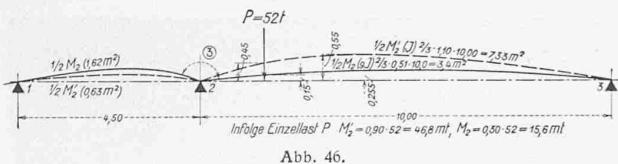


Abb. 46.

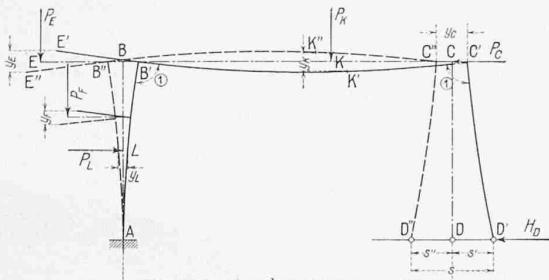


Abb. 47.

stehend, nicht wiedergegeben. Das Hilfsmittel des Experimentes wird sicherlich in hohem Masse berufen sein, die durch die weitere Entwicklung unserer neuen Konstruktionen, hauptsächlich auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues mit den mannigfachen Ausführungsmöglichkeiten, bedingten schwierigeren statischen Problemen in einfacher und sicherer Weise zu lösen, sei es zum Studium günstiger Verhältnisse

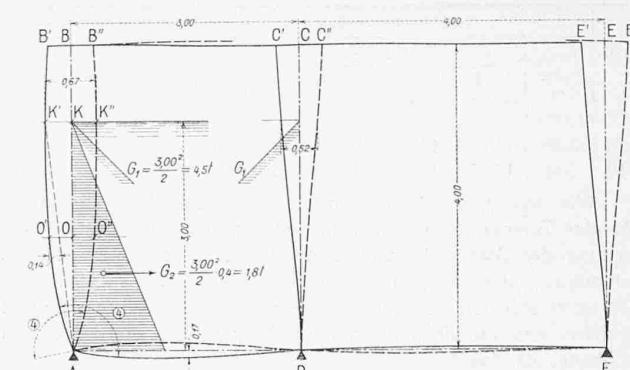


Abb. 48.

bei Vorentwürfen, sei es zur raschen Erledigung einer Aufgabe, für die eine Behandlung durch Zeichnung oder Rechnung zu zeitraubend wäre.

Trotz der sehr grossen Vorteile aller dieser experimentellen Methoden ist indessen doch nicht daran zu denken, im Studiengange eines Statikers die theoretischen Methoden abzubauen, denn ohne die sichere Grundlage eines eingehenden Baustatik-Studiums mit anschliessender Praxis dürften mechanische Verfahren zur Lösung vielfach statisch-unbestimmter Systeme Gefahren in sich schliessen, die nicht von der Hand zu weisen sind.

### Legierter Aluminiumdraht „Drahtlegierung 3“ als Ersatz für Reinaluminium- und Stahlaluminium-Freileitungen.

Mitgeteilt von der Aluminium-Industrie A.-G. Neuhausen (Schweiz).

Im Leitungsbau werden, je nach Art der zur Uebertragung bestimmten Energie, entweder Leiter mit hoher Leitfähigkeit bei geringerer Bruchfestigkeit, oder solche von höherer Bruchfestigkeit verwendet, bei denen eine kleine Einbusse an Leitfähigkeit in Kauf genommen wird. Es ist eine Eigentümlichkeit aller Metalle und Metallegierungen, die bisher als Leitermaterial Verwendung fanden, dass ihre Leitfähigkeit mit zunehmender Bruchfestigkeit abnimmt. Der Leitungsbau findet sich mit dieser Tatsache ab, denn er benötigt oft erhöhte Festigkeit, um sich den Anforderungen des Geländes anpassen zu können. Lange Zeit hat man sich im Leitungsbau fast ausschliesslich mit Kupfer und Kupferlegierungen beholfen. Bei Kupferlegierungen steht aber ihr Gewicht und damit ihr Durchhang in einem ungünstigen Verhältnis zu ihrer Bruchfestigkeit. Dies geht besonders deutlich aus einem Vergleich der Reisslängen hervor, d. h. derjenigen Seillängen, deren Eigengewicht bei einseitiger vertikaler Aufhängung den Bruch des Seiles an der höchstbeanspruchten Stelle herbeiführen würde. Diese Reisslängen sind aus nachstehender Tabelle ersichtlich, die auch die Leitfähigkeiten, die Querschnitte gleicher Leitfähigkeit, die Metergewichte, die Zugfestigkeiten und die absoluten Seilfestigkeiten bei Querschnitten gleicher Leitfähigkeit enthält. Es ist daraus zu ersehen, dass das Kupfer trotz der bedeutend höhern Leitfähigkeit und Festigkeit infolge seines hohen spezifischen Gewichtes eine bedeutend kleinere Reisslänge aufweist als Aluminium und Stahlaluminium. Kupferleitungen erfordern einen grösseren Durchhang, was zusammen mit ihrem höhern Gewicht höhere und stärkere und daher teurere Maste bedingt. Aluminiumleitungs-Anlagen stellen sich aus diesem Grunde billiger als Kupferleitungen. Man wird deshalb immer, namentlich auch im Fernleitungsbau, zu Aluminiumleitern greifen, nachdem diese technisch zuverlässig hergestellt werden können.

| Material   | Cu   | Al 99,3 | Stahl-Al 100 : 23,3 <sup>1)</sup> |
|--|------|---------|-----------------------------------|
| Leitfähigkeit m bei 20° C                          | 57   | 34      | 27,6 <sup>2)</sup>                |
| Querschnitt gleicher Leitfähigkeit mm <sup>2</sup> | 100  | 167     | 207                               |
| Metergewicht g                                     | 895  | 450     | 760                               |
| Zugfestigkeit kg/mm <sup>2</sup>                   | 42   | 18      | 37,3                              |
| Absol. Seilfestigkeit kg                           | 4200 | 3000    | 7700                              |
| Reisslänge m                                       | 4700 | 6660    | 10 170                            |

<sup>1)</sup> Querschnittsverhältnis. <sup>2)</sup> Leitfähigkeit der Reinaluminiumdrähte bezogen auf den Gesamtquerschnitt Al + Stahl.

Die Weiterentwicklung auf dem Gebiete der Kraftübertragung führte zur Umwandlung der Hochspannungsleitungen in Höchstspannungsleitungen mit grossen Spannweiten. Hier trat der Vorzug des Aluminiums gegenüber dem Kupfer noch deutlicher in Erscheinung, da bei Höchstspannungen zu den Energieverlusten, die durch den Leitungswiderstand bedingt sind, sich noch solche durch Strahlung (Coronaverluste) summieren. Den Strahlungsverlusten wird in erster Linie durch Vergrösserung der Leiterabstände entgegengewirkt, wo eine solche Vergrösserung aber nicht mehr zweckmässig erscheint, muss — um die Strahlungsverluste auf ein Minimum herabzusetzen — der Durchmesser des Stromleiters vergrössert werden. Dadurch wirkt man auch günstig auf den induktiven Spannungsabfall ein. Eine Verstärkung der schweren Kupferleiter würde, des grossen Zuges halber, schwere Aspannmaste bedingen. Ein leichteres Leitermaterial ist deshalb von Vorteil. Bei Fernleitungen spielen aber die Gelände-Verhältnisse immer eine grosse Rolle. Bei langen geraden Strecken erfordert die Verwendung von Reinaluminium infolge der geringen Festigkeit und des dadurch bedingten grösseren Durchhangs höhere und teurere Maste, wodurch ihre Wirtschaftlichkeit beeinträchtigt wird. Diesen Uebelstand hat man dadurch zu überwinden gesucht, dass man Aluminiumseile mit einer Stahldrahtseile herstellt, wobei die Aluminiumdrähte als leitendes, die Stahlseile als tragendes Element dienen. Der Vorteil höherer Festigkeit wird aber bei solchem Stahl-Aluminium-Seil durch eine Reihe von Nachteilen erkauft. So wird ihr Gewicht erhöht und ihre Leitfähigkeit, auf den Gesamtquerschnitt bezogen, stark erniedrigt. Infolge ihrer Steifheit sind sie schwer zu verlegen und die Verbindung zweier Seilstücke erfordert komplizierte Konstruktionen. Die Gefahr von Korrosionen wird auch durch die übliche Verzinkung der Stahldrähte nicht vollständig behoben. Die grossen Unterschiede in der Wärmeausdehnung von Stahl und Aluminium bedingen ein fortwährendes Arbeiten der Stahl-Aluminium-Seile, wodurch mechanische Defekte auch bei ihnen keineswegs ausgeschlossen sind; überdies sind sie wesentlich teurer als Reinaluminium-Seile von gleicher Leitfähigkeit.

Die Verteilung der Zugspannung auf die Stahlseile und die Reinaluminiumdrähte ist aus umstehender Zusammenstellung ersichtlich. Der Berechnung wurde eine in den letzten Jahren ausgeführte grosse Stahl-Aluminium-Leitung zu Grunde gelegt, bei der ein Seil mit 170 mm<sup>2</sup> Aluminiumquerschnitt und 40 mm<sup>2</sup> Stahlquerschnitt verwendet worden war (Querschnittsverhältnis also 4,25:1).

| Temp.<br>° C | Durch-<br>hang<br>m | Stahlaluminium-Seil |     |                     |      | Reinaluminium-Seil  |              |        |             |
|--------------|---------------------|---------------------|-----|---------------------|------|---------------------|--------------|--------|-------------|
|              |                     | Zugbelastung        |     |                     |      | Durch-<br>hang<br>m | Zugbelastung |        |             |
|              |                     | Stahl<br>kg/mm²     |     | Aluminium<br>kg/mm² |      |                     | total        | kg/mm² | total<br>kg |
| - 25         | 3,86                | 11,25               | 450 | 6,0                 | 1020 | 1470                | 3,86         | 5,2    | 884         |
| + 10         | 5,46                | 11,35               | 455 | 3,44                | 585  | 1040                | 7,63         | 2,64   | 449         |

Wie aus dieser Zusammenstellung ersichtlich ist, bleibt bei sinkender Temperatur und zunehmender totaler Zugbelastung die Belastung der Stahlseile annähernd gleich, während sich die des Aluminiums fast verdoppelt. Zum Vergleich ist in der Tabelle ein unter sonst gleichen Verhältnissen verwendetes Reinaluminium-Seil aufgeführt, das allerdings bei höheren Temperaturen einen grösseren Durchhang als das Stahlaluminium-Seil aufweist, wobei aber die Belastung des Aluminium-Querschnittes bei allen Temperaturen merklich unterhalb jener beim Stahlaluminium-Seil bleibt.

Stahlaluminium-Seile geben auch unbestimmtere Werte für die mechanische Berechnung, denn beim Stahlaluminium-Seil sind die Lastverteilung auf Aluminium und Stahlseil und der Klemmdruck durch das Aluminium auf das Stahlseil problematisch, obschon man an Abspannmasten und Kupplungen sowohl die Stahldrähte, als auch die Aluminiumdrähte für sich fasst. Man kann deshalb den Aluminium-Aufwand nicht zu einer bestimmten Anteilnahme am Zug heranziehen und behandelt ihn daher vielfach als Zusatzlast.

Das Stahlaluminium-Seil erfüllt somit seinen Zweck unvollständig. Ein homogenes Aluminium-Seil, das bei annähernd gleicher Leitfähigkeit, wie das zu Leitungszwecken verwandte Reinaluminium, erhöhte Festigkeit aufweist, genügend, um für Weitspannungen vorteilhaft verwendet zu werden, wird daher gegenüber dem Stahlaluminium-Seil wirtschaftlich grosse Vorteile bieten.

Durch geeignete Legierung gelingt es zwar leicht, die Festigkeit des Aluminiums auf 40 bis 50 kg/mm<sup>2</sup> zu erhöhen. Solche Festigkeitssteigerungen werden aber nur erreicht, wenn dem Aluminium solche Metalle zulegert werden, die bei der Erstarrung mit dem Aluminium Mischkristalle, d. h. feste Lösungen bilden. Solche Zusätze bewirken — entsprechend einer allgemeinen Gesetzmässigkeit — schon in kleinen Mengen sehr starke Leitfähigkeits-Erniedrigung. Viele mischkristallbildende Aluminiumlegierungen haben nun die merkwürdige Eigenschaft, bei Temperaturen unterhalb 350° C unter Ausscheidung einer zweiten Phase in sehr feiner Verteilung vollständig umgesetzt zu werden. Nach den von Matthiessen und Guertler aufgefundenen Beziehungen zwischen Leitfähigkeit und Konstitution der Legierungen muss dieser Vorgang mit einer Erhöhung der Leitfähigkeit verbunden sein. Dies ist in der Tat der Fall, was aus folgenden Beispielen hervorgeht:

Eine Aluminiumlegierung mit 1,5% Silizium und 0,3% Eisen weist nach Glühen bei 550° C und Abschrecken eine Leitfähigkeit von 27,5  $\frac{m}{\Omega \times mm^2}$  und eine Zugfestigkeit von 15 kg/mm<sup>2</sup> auf. Durch Ausglühen bei 300° C steigt die Leitfähigkeit auf 34,5 an, während die Zugfestigkeit auf 10 kg/mm<sup>2</sup> zurückgeht.

Eine Aluminiumlegierung mit 3% Kupfer, 0,5% Silizium und 0,3% Eisen weist nach Glühen bei 550° C und Abschrecken eine Leitfähigkeit von 24,5 bei einer Zugfestigkeit von 28 kg/mm<sup>2</sup> auf. Nach Glühen bei 300° C dagegen eine Leitfähigkeit von 35,5 und eine Zugfestigkeit von 15 kg/mm<sup>2</sup>.

Es ergibt sich also die Regel: erhöhte Festigkeit entspricht niedriger Leitfähigkeit oder aber erhöhte Leitfähigkeit entspricht niedriger Festigkeit.

Durch Kaltreckung im Zustand maximaler Leitfähigkeit ist man imstande, die Zugfestigkeit des Materials beträchtlich zu erhöhen, ohne dass eine wesentliche Erniedrigung der Leitfähigkeit eintritt; jedoch können auf diesem Wege selbst bei hochlegiertem Material 30 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit kaum überschritten werden, und überdies sind Dehnung und Biegefähigkeit schlecht. Die Herstellung von Drahtmaterial aus Aluminiumlegierungen mit über 30 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit und gleichzeitig hoher Leitfähigkeit schien demnach ausgeschlossen.

Durch umfangreiche systematische Untersuchungen ist die Lösung dieses Problems dennoch gelungen. Die oben erwähnte Umsetzung mischkristallbildender Aluminiumlegierungen bei Temperaturen unterhalb 350° C geht umso langsamer vor sich, je niedriger die Temperatur ist. Schon bei 250° C ist eine mehrere Tage lange Wärmebehandlung notwendig, um die maximale Leitfähigkeit zu

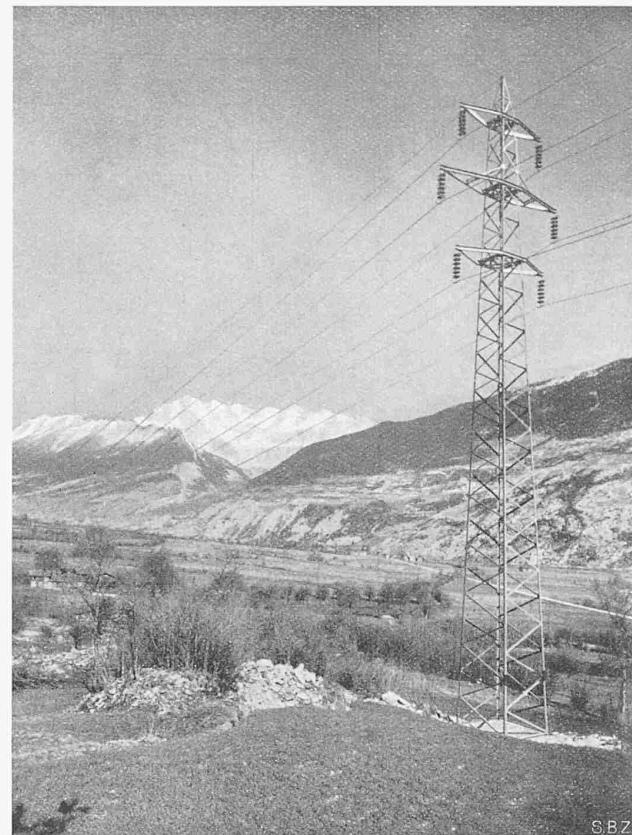


Abb. 2. Leitung Turtmann-Chippis, Tragmast bei Agarn.

erreichen. Es wurde nun gefunden, dass dieser Vorgang der Umsetzung der Mischkristalle durch Kaltreckung ganz außerordentlich erleichtert wird und zwar so, dass eine bestimmte Leitfähigkeit bei 100 bis 160° C nach genügend starker Kaltreckung in etwa 1000 mal kürzerer Zeit erreicht wird, als dies bei der gleichen Temperatur in nicht kaltgerecktem Zustand der Fall sein würde. Die Tatsache, dass die Leitfähigkeitserhöhung schon bei so geringen Temperaturen mit genügender Schnelligkeit verläuft, ist außerordentlich wichtig, denn sie erlaubt den Vorgang an kaltverfestigtem Material durchzuführen, ohne dass Rekristallisation und damit vollständige Entfestigung auftritt.

Zur Herstellung von legiertem Draht von hoher Leitfähigkeit und hoher Festigkeit wird in üblicher Weise Walz- oder Pressdraht hergestellt. Dieser muss nun aus dem Temperaturgebiet der unzersetzenen Mischkristalle abgeschreckt werden, worauf wiederum in üblicher Weise auf die gewünschte Drahtdicke heruntergezogen wird. Hierbei wird die Kaltreckung zweckmäßig möglichst hoch gewählt. Der fertig gezogene Draht wird sodann bei einer unterhalb der Rekristallisations-Temperatur — einer zwischen 140 und 160° C liegenden Temperatur — solange angelassen, bis die gewünschte Leitfähigkeit erreicht ist. Bei dieser Anlassbehandlung geht die Festigkeit allmählich zurück, während Dehnung und Biegefähigkeit eine erhebliche Verbesserung erfahren. So behandelter Draht hat den weitern Vorteil vor nicht angelassenem, dass er von inneren Spannungen befreit ist und bei Gebrauchstemperaturen unter 100° C unverändert bleibt.

An Stelle von Kaltreckung und Anlassbehandlung kann auch eine Warmreckung bei Temperaturen unterhalb 300° C treten. Das beschriebene Verfahren kann auch zur Herstellung von Blech angewandt werden.

Zur Durchführung des Verfahrens eignen sich solche Legierungen mit mischkristallbildenden Komponenten, die durch Anlassen nach Glühen bei höheren Temperaturen und Abschrecken härbar sind, wobei solche Komponenten zu bevorzugen sind, die schon in geringen Konzentrationen beträchtliche Härtbarkeit bedingen. Bei geeigneter Wahl der Zusammensetzung können Legierungen erhalten werden, die nach dem beschriebenen Verfahren bei einer Leitfähigkeit von 33,5 bei 20° C noch 27 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit aufweisen oder bei einer Leitfähigkeit von 30 eine Zugfestigkeit von

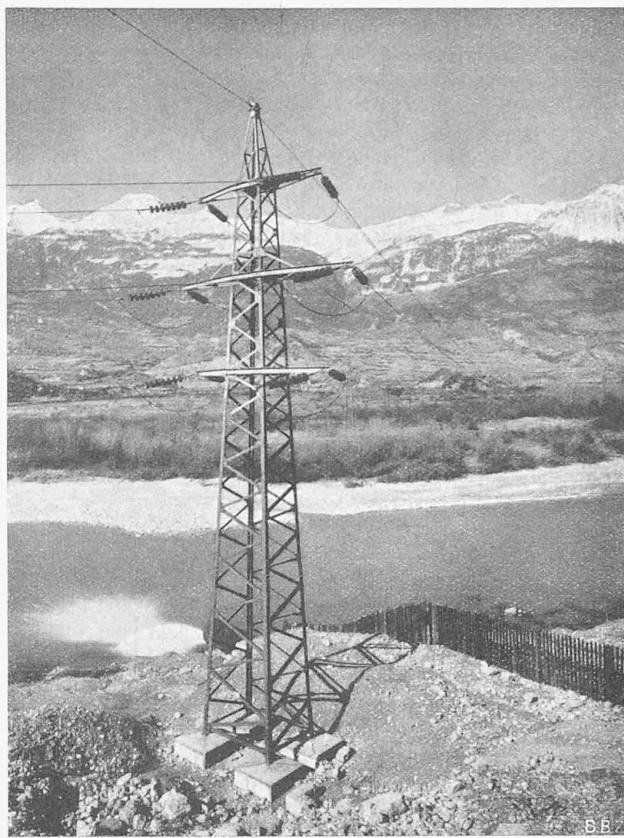


Abb. 3. Leitung Turtmann-Chippis, Rhonekreuzung bei Chippis.

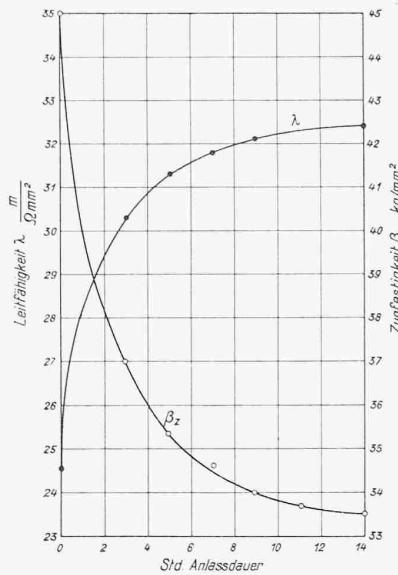


Abb. 1. Beziehung zwischen Leitfähigkeit und Zugfestigkeit bei „Drahtlegierung 3“.

bild hervor. Die bei der fabrikatorischen Herstellung von 50 000 kg Draht aus Legierung 3 erhaltenen durchschnittlichen Eigenschaften, sowie die garantierten Werte sind nachstehend zusammengestellt. Von wesentlicher Bedeutung ist die verhältnismässig grosse Dehnung der Legierung 3, die mit 5% garantiert werden kann und im allgemeinen zwischen 6 und 8% liegt, gegenüber einer solchen von nur 2 bis 3% bei hart gezogenem Reinaluminiumdraht.

Die erste grössere Leitung in Legierung 3 wurde für die Kraftübertragung Turtmann-Chippis der Illsee-Turtmann A.-G. hergestellt (Abb. 2 u. 3). Das amtliche Prüfungsprotokoll der Eidgen. Materialprüfungsanstalt Zürich ergab an Einzeldrähten, die einem fertigen Seilstück entnommen worden waren, Zerreissfestigkeiten zwischen 34,0 und 34,85 kg/mm<sup>2</sup> bei Dehnungen von 7 bis 7½%. Die an 4,5 m langen Seilstücken bestimmte Seilfestigkeit von 4370 bzw. 4350 bzw.

4345 kg bei drei verschiedenen Proben und einem Gesamtquerschnitt von 137,4 mm<sup>2</sup> lag um 8% unterhalb der Zerreissfestigkeit der Einzeldrähte. Die Schwankung der Festigkeit, Dehnung und Leitfähigkeit von über 1000 Einzeluntersuchungen an Drahtringen erwähnter Fabrikation sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

| Festigkeit<br>kg/mm <sup>2</sup> | Dehnung |       |     | Leitfähigkeit           |     |
|----------------------------------|---------|-------|-----|-------------------------|-----|
|                                  | %       | %     | %   | m/Ohm × mm <sup>2</sup> | %   |
| 30 ÷ 32,5                        | 10      | 5 ÷ 6 | 35  | 30 ÷ 31                 | 65  |
| 32,5 ÷ 35                        | 58      | 6 ÷ 7 | 31  | 31 ÷ 32                 | 25  |
| > 35                             | 32      | > 7   | 34  | > 32                    | 10  |
|                                  | 100     |       | 100 |                         | 100 |

#### Eigenschaften der „Drahtlegierung 3“ bei 2 bis 3 mm Drahtstärke.

|   | Durchschnittswerte von 50 000 kg               | Garantierte Werte |
|---|--|-------------------|
| Aluminiumgehalt . . . . .                               | 98,65%   | 98,6              |
| Zugfestigkeit . . . . .                                 | 33,5 kg/mm <sup>2</sup>                        | 31,5              |
| Dehnung (Messlänge 20 cm) . . . . .                     | 6,5%   | 5,0               |
| Streckgrenze (0,3% bleibende Dehnung) . . .             | 31,0 kg/mm <sup>2</sup>                        | 28,0              |
| Elastizitätsgrenze (0,001% bleibende Dehnung) . . . . . | 27,0 kg/mm <sup>2</sup>                        | 25,0              |
| Elastizitätsmodul . . . . .                             | 6500 kg/mm <sup>2</sup>                        | 6400              |
| Spezifisches Gewicht . . . . .                          | 2,70   | 2,70              |
| Anzahl Biegung über r = 10 mm . . . . .                 | 8 ÷ 10   | 5                 |
| Anzahl Torsionen auf 10 cm Länge . . . . .              | 10 ÷ 12  | 8                 |
| Wärmeausdehnungskoeffizient . . . . .                   | 0,000023                                       |                   |
| Elektrische Leitfähigkeit bei 20° C . . . . .           | 31,0 $\frac{m}{\text{Ohm} \times \text{mm}^2}$ | 30,0              |
| Temperaturkoeffizient der Leitfähigkeit . . . . .       | 0,0036   |                   |

Die Wetterbeständigkeit ist gleich der von 99,3% igem Reinaluminium.

Von Reinaluminium wird für Freileitungen eine Leitfähigkeit von 34 bei etwa 18 kg/mm<sup>2</sup> Zerreissfestigkeit gefordert. Demgegenüber gestattet unser Verfahren die Herstellung eines Drahtes von einer Leitfähigkeit von 31 bei 33 kg/mm<sup>2</sup> Zerreissfestigkeit, also mit einer um 83% gesteigerten Zugfestigkeit bei 8,8% geringerer Leitfähigkeit.

#### Vergleich von Seilen aus Reinaluminium, Stahlaluminium und Drahtlegierung 3.

|   | Reinaluminium 99,3%   | Drahtlegierung 3      | Stahlaluminium 23,3 : 100 <sup>1)</sup> |
|---|-----------------------|-----------------------|---|
| Spezifisches Gewicht                                    | 2,70                  | 2,70                  | 3,67                                    |
| Zugfestigkeit   | 18 kg/mm <sup>2</sup> | 33 kg/mm <sup>2</sup> | 37,3 kg/mm <sup>2</sup>                 |
| Leitfähigkeit $\frac{m}{\text{Ohm} \times \text{mm}^2}$ | 34                    | 31                    | (27,6)                                  |
| Querschnitt bei gleicher Leitfähigkeit                  | 100 mm <sup>2</sup>   | 109 mm <sup>2</sup>   | 123,3 mm <sup>2</sup>                   |
| Absolute Seilfestigkeit                                 | 1800 kg               | 3600 kg               | 4600 kg                                 |
| Gewicht von 1 m Seil                                    | 270 gr                | 294 gr                | 452 gr                                  |
| Reisslänge  | 6660 m                | 12,250 m              | 10,170 m                                |

Das Herstellungsverfahren für legierte Aluminiumdraht von hoher elektrischer Leitfähigkeit und grosser Zugfestigkeit ist durch das Schweizerpatent Nr. 110527 geschützt und zum deutschen Patent angemeldet.

In Berücksichtigung der wesentlichen Vorteile der homogenen Stromleiter grösserer Zugfestigkeit bei Fernleitungen im Weitspann-System wurden auf der Fernleitung Turtmann-Chippis der Illsee-Turtmann A.-G. Leitungsseile aus Al-Legierung 3 von 135,6 mm<sup>2</sup> Querschnitt angewendet. Ein Teil der Leitung wurde versuchsweise aus einer kupferhaltigen Aluminium-Legierung — Al-Legierung 4 — hergestellt. Auch dieses Material scheint sich zu bewähren. Diese für zwei Drehstromstränge gebaute Leitung durchquert den Pfynwald, wobei auf möglichste Waldschonung Rücksicht zu nehmen war. Hier kam der geringere Durchhang der neuen Stromleiter zu statten, ebenso bei den Rhonekreuzungen. Immerhin musste der zu schonenden Waldstrecken halber eine Drahthöhe am Maste auf grosse Strecken von 13 bis 18 m vorgesehen werden. Für die 12,5 km lange Leitung kamen 53 Eisenmaste zur Anwendung, was eine durchschnittliche Spannweite von 236 m ergibt. Die Normalspannweite ist 250 m. Das aufgewendete Eisengewicht beträgt 170 t. Auf den Waldstrecken ist aus den genannten Gründen der Eisenaufwand grösser als auf der übrigen Leitung. Immerhin ergab sich aus dem geringeren Durchhang eine wesentliche Ersparnis. Die Leitungsführung erforderte

<sup>1)</sup> Querschnittsverhältnis 23,3 : 100, entsprechend einem Seil 1 + 6 + 12 + 18, wobei die siebendrähtige Kernlitze aus Stahldraht besteht, mit einer Zerreissfestigkeit von 120 kg/mm<sup>2</sup> und einem spezifischen Gewicht von 7,80.

sieben Eckmaste, zwei Abspannmaste, zwei Endabspannmaste und 42 Tragmaste; diese letzten wurden verstärkt zur Aufnahme einer Torsionsbeanspruchung bei Bruch eines Seiles oder einer Kette.

|   |      |   |     |     |  |  |  |  |  |  |  |
|---|------|---|-----|-----|--|--|--|--|--|--|--|
| Die Normalgewichte betragen einschliesslich Fundamentanker: |      |   |     |     |  |  |  |  |  |  |  |
| Tragmast . . . . .  | 2640 | kg bei 15,1 m Höhe der unteren Traverse |     |     |  |  |  |  |  |  |  |
| Eckmast 160° . . . . .                                      | 2210 | " 13,9 "                                | " " | " " |  |  |  |  |  |  |  |
| " 145° . . . . .  | 6240 | " 14,9 "                                | " " | " " |  |  |  |  |  |  |  |
| " 130° . . . . .  | 6785 | " 14,9 "                                | " " | " " |  |  |  |  |  |  |  |
| Abspannmast in der Leitung . . . . .                        | 3895 | " 13,9 "                                | " " | " " |  |  |  |  |  |  |  |
| Endabspannmast . . . . .                                    | 6785 | " 14,9 "                                | " " | " " |  |  |  |  |  |  |  |

Der Endabspannmast ist ein Eckmast für 130° um 90° gedreht.

Ein Teil der Leitung steht im Grundwasser, der andere in Moräne oder festgelagertem Bergschutt. Dementsprechend mussten verschiedene Fundierungsarten angewendet werden, und zwar piloteierte Plattenfundamente mit Aufbau des Fundamentklotzes, standsichere Blockfundamente, auf Platten aufgebaute Hohlfundamente mit Sparbeton ausgefüllt, und die Fundierung mit Eckfundamenten, die durch armierte Betonriegel verbunden sind. Letztergenanntes ist der Fundamenttyp der S. K., der bei den Versuchen über Betonfundamente in Gösgen eingehend geprüft und gut befunden wurde. (Vergleiche Bericht über die Erprobung von Freileitungstragwerken in Gösgen, von Ing. G. Sulzberger, Bern, Sonderabdruck aus dem Bulletin S. E. V. 1924, Nr. 5 und 7.) Von allgemeinem Interesse ist, dass die letzterwähnten Fundamente auf  $\frac{1}{3}$  der Kosten der standsicheren Blockfundamente zu stehen kommen.

Die Leitung hat ein Erdungsseil von 60 mm<sup>2</sup> Querschnitt, 120 kg/mm<sup>2</sup> Bruchfestigkeit, Drahtabstände von 3 m, mit 2,9 m Traversenabstand. Das an Eck- und Abspannmasten, sowie an gegebenen Orten durch Absteigleitung geerdete Blitzschutzseil befindet sich 2,5 m über der obersten Traverse. Die Leitung ist für spätere Spannungserhöhung bemessen. Dementsprechend ist die Isolation bemessen, die aus sechs Hängegliedern von 4500 kg Bruchfestigkeit und sieben Abspanngliedern von 8000 kg Bruchfestigkeit besteht. Die Isolatoren stammen von der Porzellanfabrik Langenthal. Die Ketten haben Ueberspannungs-Entladehörner.

Die Berechnung der Leitung wurde nach den Gesichtspunkten der Vorschriften-Revision durchgeführt, ohne jedoch an die Grenze der zugestandenen Beanspruchung zu gehen. Die Daten über die Leiter sind folgende: Das Seil hat wie erwähnt 135,6 mm<sup>2</sup> Querschnitt und besteht aus 30 Drähten von 2,4 mm Durchmesser. Die Seele besteht aus 4 Drähten, darüber eine Lage aus 10 und eine weitere aus 16 Drähten.

Der Durchhangsberechnung des Seiles, die nach Ing. A. Jobin durchgeführt ist, liegen folgende Seilkonstanten zu Grunde: Streckengrenze 18 kg/mm<sup>2</sup>, Elastizitätsmodul<sup>1)</sup> 7150 kg/mm<sup>2</sup>, Wärmeausdehnungs-Koeffizient 0,000023, Zusatzlast bei 0° und Schnee 2,0 kg/m. Die durch Messung ermittelte Streckengrenze betrug 30 bis 31 kg/mm<sup>2</sup>. In Bezug auf die Streckengrenze besteht also eine Sicherheit von 30:18=1,6 fach. Das Seil wird sehr stark beansprucht, indem die Zusatzlast hoch angesetzt ist. Gegenüber der bei uns vorschriftlich verlangten Zusatzlast von 800 g/m ist jedoch die Sicherheit höher als die gegenwärtig verlangte.

Aus diesen Annahmen ergeben sich die folgenden Werte für die Seilbeanspruchung und Durchhänge bei verschiedenen Temperaturen.

Die Seile kamen von Abspannmast zu Abspannmast in abgespannter Länge zur Verwendung und wurden konzentrisch in den Abspannmuffen, System Vontobel, Kilchberg, abgefängt. Diese Abspannmuffen sind ganz aus Legierung 3 bzw. 4 hergestellt. Es macht sich hier ein weiterer Vorteil dieser Legierungen geltend, nämlich der, sich

<sup>1)</sup> Gilt für Legierung 4; für Legierung 3 wurde, wie früher erwähnt, der Elastizitätsmodul zu 6400 kg/mm<sup>2</sup> bestimmt.

#### Zugbeanspruchung und Durchhang in einem Seil aus Al-Legierung 3.

| Totale Zugbeanspruchung pro Seil in kg |       |      |      |      |      | Durchhang des Seiles in m |        |       |       |       |        |
|--|-------|------|------|------|------|---------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|
| Spannweite                             | 122,4 | 150  | 200  | 250  | 300  | Spannweite                | 122,4  | 150   | 200   | 250   | 300    |
| 0° Schnee                              | 2440  | 2440 | 2440 | 2440 | 2440 | 0° Schnee                 | 1,820  | 2,733 | 4,860 | 7,593 | 10,935 |
| — 25°                                  | 2440  | 2163 | 1564 | 979  | 675  | — 25°                     | 0,285  | 0,484 | 1,191 | 2,975 | 6,22   |
| — 10°                                  | 2110  | 1811 | 1276 | 812  | 605  | — 10°                     | 0,330  | 0,57  | 1,461 | 3,59  | 6,93   |
| 0°                                     | 1891  | 1630 | 1102 | 707  | 568  | 0°                        | 0,3685 | 0,644 | 1,692 | 4,12  | 7,39   |
| 10°                                    | 1675  | 1420 | 945  | 654  | 538  | 10°                       | 0,4165 | 0,755 | 1,971 | 4,46  | 7,81   |
| 20°                                    | 1461  | 1221 | 812  | 595  | 508  | 20°                       | 0,477  | 0,86  | 2,295 | 4,89  | 8,24   |
| 40°                                    | 1054  | 862  | 616  | 510  | 464  | 40°                       | 0,661  | 1,218 | 3,026 | 5,71  | 9,04   |

durch eine bestimmte Wärmebehandlung härten zu lassen. Die aus Kokillenguss hergestellten Muffen weisen im gehärteten Zustande eine Brinellhärte von 85 bis 90 kg/mm<sup>2</sup> auf, d. h. eine etwa um 20 Härtegrad höhere Härte als der Seildraht aus Legierung 3. Fremdmetalle, die zu Korrosionen Anlass geben könnten, sind somit vollständig ausgeschlossen. In neuester Zeit wenden wir für Seilmuffen noch eine etwas härtere, modifizierte Legierung 3, unter der Bezeichnung Legierung 150, an. Ihre Härte beträgt im maximal gehärteten Zustande 100 bis 120 Brinellgrade.

Durch die Abstufungsmöglichkeit der Leitfähigkeit und Festigkeit von Legierung 3 kann sich diese Legierung den Anforderungen des Grossleitungsbauweitgehend anpassen. Die Festigkeit kann dabei bis zu der des Kupferseiles gesteigert werden. Die geringere Leitfähigkeit gegenüber Kupfer hat man schon bei Reinaluminium in Kauf genommen. Sie fällt im Grossleitungsbau nicht sehr in Betracht, da der Seildurchmesser, wie früher betont, den Corona-Verhältnissen angepasst werden muss. Seile aus Aluminiumlegierung 3 sind berufen, Stahlaluminium-Seile zu ersetzen, indem sie deren Vorteile ohne deren Nachteile besitzen.

#### Zweiter Bahnhof-Wettbewerb Genf-Cornavin.

(Schluss von Seite 317.)

No. 22 „Pierre du Niton“ A. Hall d'entrée dans l'axe de la rue du Mont-Blanc avec idée plus curieuse que bien étudiée du porche d'entrée. Plan simple et clair, mais avec locaux du rez-de-chaussée mal éclairés. Façades médiocres. — En somme, ingénierie dans certains détails, mais qualités architecturales médiocres.

\*

A la suite de ces critiques, le jury procède au classement par ordre de valeur de ces neufs projets, comme suit: Nos. 11, 26, 6, 28, 20, 3, 16, 22, 23.

Aucun des projets ne donnant complète satisfaction et ne pouvant être exécuté tel quel, le jury décide de ne pas attribuer de premier prix. Il fixe le nombre des récompenses à cinq, étant donné la somme mise à disposition par les C. F. F., soit 4000, 3500, 2000, 1500 et 1000 francs.

L'ouverture des plis donne les résultats suivants:

1<sup>er</sup> rang, projet No. 11, „La place“, M. Julien Flegenheimer, architecte à Genève, prime de 4000 francs;

2<sup>me</sup> rang, projet No. 26, „La rampe“, M. Julien Flegenheimer, architecte à Genève. Conformément aux normes de la S. I. A., le même concurrent ne pouvant obtenir plus d'une prime, celle-ci passe au projet classé en 3<sup>me</sup> rang:

3<sup>me</sup> rang, projet No. 6, „Rue du Mont-Blanc“, MM. Guyonnet & Torcapel, architectes à Genève, prime de 3500 francs;

4<sup>me</sup> rang, projet No. 28, „Mont-Blanc“ A, MM. Marc & Jean Camoletti, architectes à Genève, prime de 2000 francs;

5<sup>me</sup> rang, projet No. 20, „La Saume“, M. Georges Peloux, architecte à Genève, prime de 1500 francs;

6<sup>me</sup> rang, projet No. 3, „C. F. F.“ B, MM. Guyonnet & Torcapel, architectes à Genève. Même observation concernant la prime que pour le projet No. 26 (2<sup>me</sup> rang);

7<sup>me</sup> rang, projet No. 16, „Via“, M. Julien Flegenheimer, architecte à Genève. Même observation concernant la prime que pour les projets Nos. 26 et 3 (2<sup>me</sup> et 6<sup>me</sup> rang);

8<sup>me</sup> rang, projet Nr. 22, „Pierre du Niton“ A, Arnold Itten, architecte à Thoune, prime de 1000 francs.

Voeux formulés par le jury.

Le jury, conscient de la tâche qu'il a assumée, tient à exposer ci-après les quelques observations formulées au cours de son jugement.

Il tient tout d'abord à déclarer, que si le projet „La place“ a été classé en premier rang, c'est surtout à cause de la composition du plan qui lui a paru le mieux convenir aux exigences du programme et aux conditions locales.

Il objecte cependant que si, à première vue, l'ordonnance des façades de ce projet ne manque pas d'une certaine tenue, l'architecture en est très banale et tire son caractère monumental en partie d'éléments artificiels qui ne répondent pas toujours, en élévation, à l'expression du plan. Il lui semble