

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97/98 (1931)
Heft: 25

Artikel: 50 kV-Hochspannungs-Leitungen Guttannen-Innertkirchen der Kraftwerke Oberhasli A.-G.
Autor: Dietrich, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-44706>

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: 25.01.2026

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

50 kV-Hochspannungs-Leitungen Guttannen-Innertkirchen
der Kraftwerke Oberhasli A.-G.

Von W. DIETRICH, Oberingenieur, Innertkirchen.

In der Zentrale Handeck sind vier vertikalaxige Maschinengruppen von je 30 000 PS Leistung (bei einem Netto-Gefälle von 540 m) aufgestellt. Die erzeugte gleichmässige Jahresenergieproduktion beträgt 230 Mill. kWh, die mögliche Winterenergieabgabe rund 130 Mill. kWh. Diese Energie wird von der Zentrale über Guttannen nach der talauswärts gelegenen Hauptabgabestelle in Innertkirchen übertragen (Abb. 1). Die 5 km lange Talstrecke von Handeck bis Guttannen ist tief eingeschnitten und von hohen, mit vielen Runsen durchfurchten Steilhängen flankiert, über die zahlreiche und schwere Lawinen niedergehen. Die Erstellung einer betriebsicheren Freileitung, die im Winter bei schlechtem Wetter begangen werden könnte, ist in diesem Teil des Tales ausgeschlossen. Deshalb erfolgt die Energieübertragung von der Zentrale bis nach Guttannen mit Hilfe von Kabeln, die in einem begehbaren Stollen verlegt sind. Dieser dient im Winter ausserdem als sicherer Zugang zur Zentrale. Trotzdem auch das untere, etwa 7 km lange Talstück von Guttannen bis nach Innertkirchen tief eingeschnitten und schweren Lawinen und Föhnstürmen ausgesetzt ist, war es möglich, hier ein Tracé zu finden, das für eine störungsfreie Energieübertragung durch Freileitungen Gewähr bietet. Da diese Uebertragung von grosser Bedeutung ist, durch eine rauhe und gebirgige Gegend führt und aus diesem Grunde von den normalen Leitungen im Flachland abweicht, seien im folgenden Konstruktion und Bau beschrieben.

Bei der Erstellung war in erster Linie die Erreichung einer grösstmöglichen Betriebsicherheit Bedingung. Aus diesem Grunde verlegte man die vier erforderlichen Drehstromleitungen nicht auf eine gemeinschaftliche Eisenkonstruktion,

sondern auf zwei von einander unabhängige Gestänge, in der Meinung, dass bei einer allfälligen Störung einer Doppelleitung die andere im Betriebe bleibt. Dadurch liess sich ausserdem die Erstellung dem fortschreitenden Ausbau in der Zentrale gut anpassen. Jede Doppelleitung besteht aus

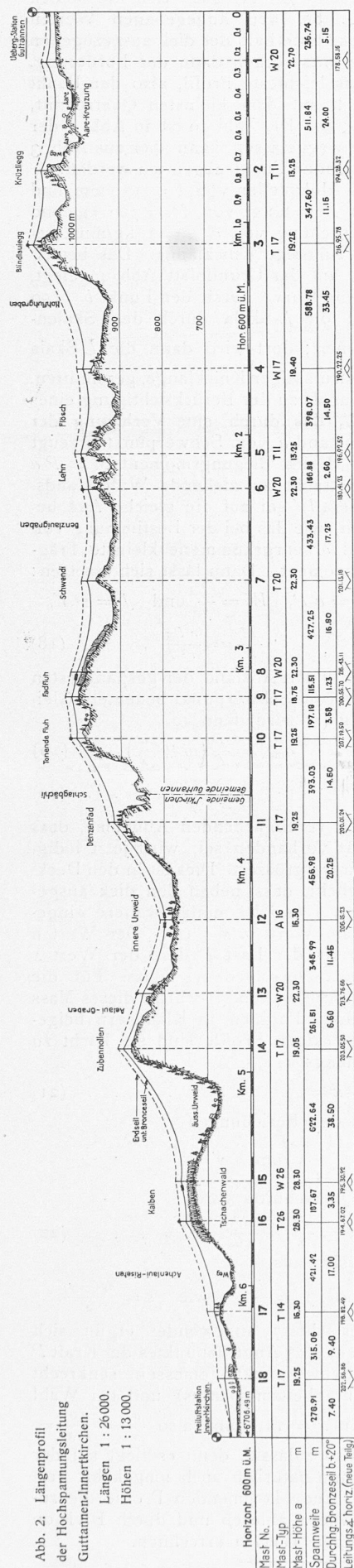


Abb. 2. Längenprofil
der Hochspannungsleitung
Guttannen-Innertkirchen.
Längen 1 : 26 000.
Höhen 1 : 13 000.

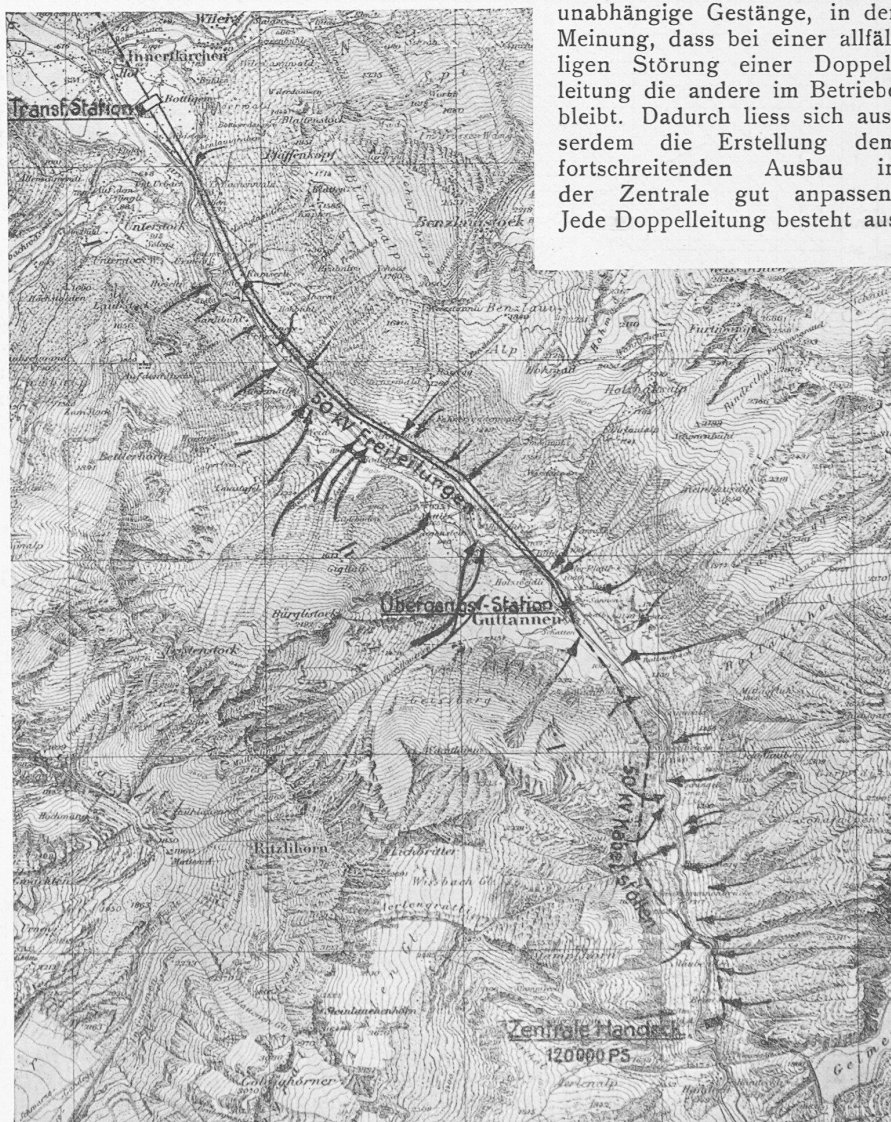


Abb. 1. Uebersichtskarte 1:70 000. (Mit Bewilligung der eidgen. Landestopographie vom 20. Januar 1931.)
(Die auf beiden Hängen des Aaretals eingezeichneten Pfeile bedeuten Lawinenzüge.)

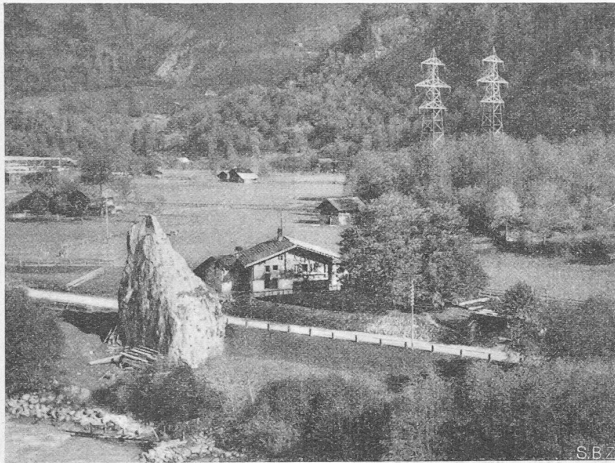


Abb. 4. Ueberspannen eines Wäldchens in Innertkirchen.

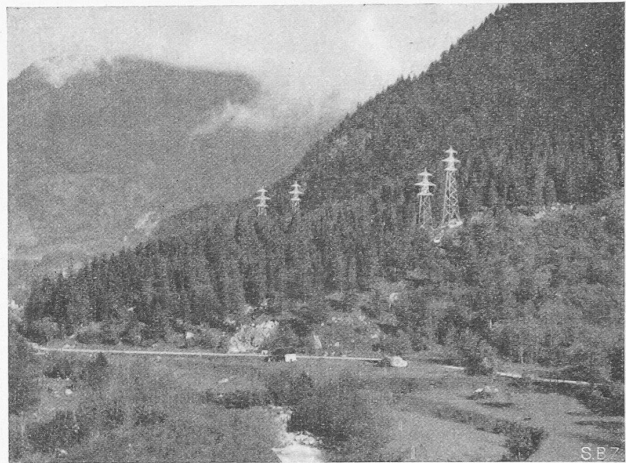


Abb. 5. Ueberspannen des Tschachenwaldes.

2×3 Leitern und einem Erdseil und hat die Leistung zweier Maschinengruppen, d. h. 2×28000 kVA bei einem Nennstrom von 2×324 Amp. mit einer Nennspannung von 50 kV zu übertragen.

Die Leitungsführung wurde sorgfältig studiert und vorerst sämtliche Lawinen aufgenommen und durch ortsansässige Leute auch jene festgestellt, die nur ganz ausnahmsweise, in Abständen von Jahrzehnten, niedergehen. Aus Abb. 1 ist ersichtlich, dass zwischen Guttannen und Innertkirchen die schweren Lawinenzüge in der Hauptsache an den Hängen westlich der Aare liegen. Diese Talseite musste somit gemieden werden. Die Leitungen verlaufen deshalb grösstenteils östlich der Aare. Um sie dem gefährlichen Luftdruck der Staublawnen, die von den westlichen Gräten niedergehen, zu entziehen, verlegte man sie an den gefährdeten Stellen etwas höher an den öst-

lichen Talhang hinauf. Dadurch gelang es auch, die kleinern Lawinenzüge, die die Leitung kreuzen, in genügender Höhe zu überspringen.

Da die Leitungen auf der ganzen Strecke das Tal nirgends kreuzen, fällt die Windrichtung mit der Leitungsrichtung zusammen und die Seile sind der direkten Einwirkung der heftigen Föhnstürme, die die Gegend im Frühjahr und Herbst heimsuchen, gut entzogen.

Das Längenprofil der östlichen Leitung ist aus Abb. 2 ersichtlich. Die Masten konnten nicht, wie dies im Flachland meistens der Fall ist, in regelmässigen Abständen voneinander aufgestellt werden; ihre Standorte waren durch die stark vorspringenden steilen Felsrippen gegeben (Abb. 3). Dies hatte zur Folge, dass auf der ganzen Strecke nirgends drei Masten in eine Gerade zu liegen kamen. Die mittlere Spannweite beträgt 350 m, bei einer grössten von 623 m.

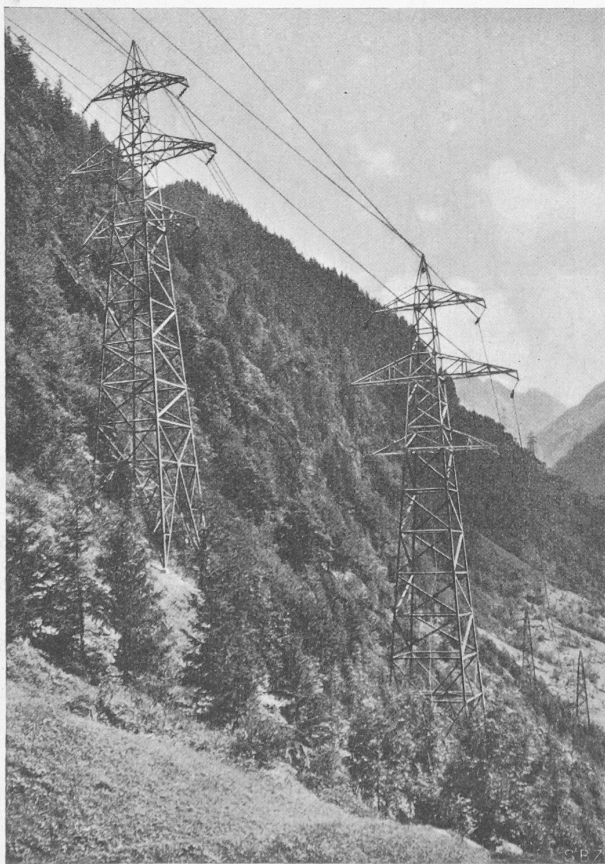


Abb. 6. Ueberspannen des Waldes in Urweid.

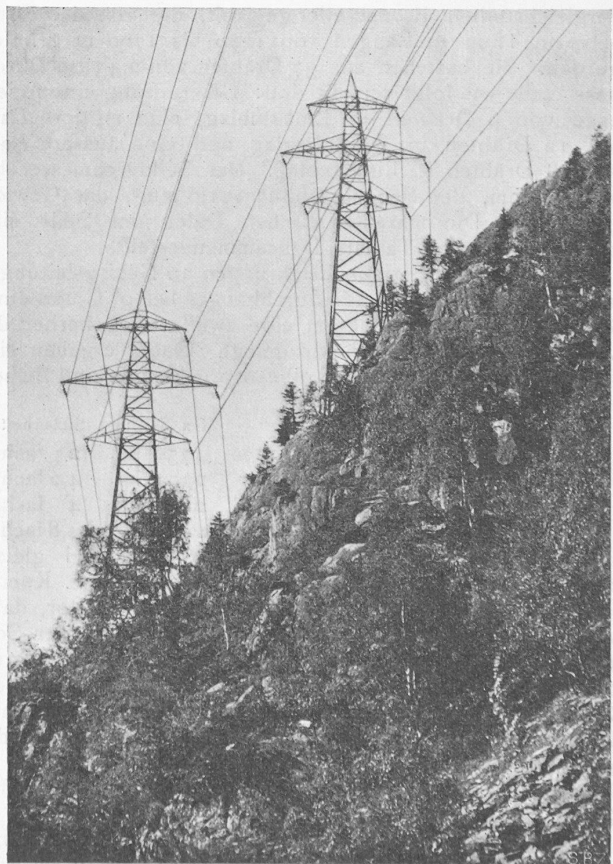


Abb. 3. Masten auf steiler Felsrippe aufgestellt.

Dem Wald wurde besondere Beachtung geschenkt. Ausbauen von Schneisen war, weil er grösstenteils als Schutzwald angesprochen werden muss, nicht zulässig. Ausserdem war auf die vielen Besucher des Oberhasli angemessene Rücksicht zu nehmen und hässliche, weit sichtbare Veränderungen im Landschaftsbild zu vermeiden. Dadurch ergab sich die Notwendigkeit, die Leiter über die Tannenwipfel hinweg zu ziehen, was durch Vergrösserung der Masthöhen ohne weiteres möglich wurde (Abb. 4, 5, 6). Diese Lösung bot

technisch keine Schwierigkeiten. Die Kosten der Waldüberspannung erhöhten sich gegenüber jenen beim Schneisen-ausbau nicht wesentlich, sodass es sich auch beim Bau von Leitungen im Unterland wohl lohnt, diese Art der Waldkreuzung jeweils in Erwägung zu ziehen. Lässt sich aus irgendeinem Grunde eine Waldüberspannung nicht durchführen, dann kann durch Verwendung hoher Masten und normaler Spannweiten die Schneisenbreite stark vermindert werden. In der Schneise lässt sich ohne Nachteil für die Leitung Jungwald aufziehen.

Als Leiter wurden nach Durchführung verschiedener Vergleichstudien Bronzeseile gewählt, die von der Firma Selve in Thun in Längen von 1200 bis 1700 m geliefert wurden. Sie bestehen aus 37 Drähten von 2,43 cm Durchmesser, die wie folgt verseilt sind: 1 Kerndraht, eine innere Lage von 6 Drähten in Linksschlag, eine mittlere Lage von 12 Drähten in Rechtsschlag und eine äussere Lage von 18 Drähten in Linksschlag. Der Seildurchmesser beträgt 17 mm, der Seilquerschnitt $171,6 \text{ mm}^2$, das Gewicht $1,57 \text{ kg/m}$. Die charakteristischen Daten des Seils sind in untenstehender Tabelle I zusammengestellt.

Nach den bisherigen Erfahrungen an Gebirgsleitungen wurde der Berechnung des Durchhanges bei 0°C und einer Schneebelastung von 2 kg/m eine zweifache Sicherheit der Leiter gegen Bruch zugrunde gelegt. Dabei ergaben sich die rechnerisch ermittelten Seilbeanspruchungen und Sicherheiten wie folgt:

	Max. Seilzug	Sicherheit
Bei 0°C und 2 kg/m Schnee	4750 kg	2 fach
" 0°C ohne Schnee	2300 kg	4,2 fach
" -30°C ohne Schnee	2400 kg	4 fach
" $+40^\circ \text{C}$	2000 kg	4,8 fach

Die Bruchschneelast beträgt $9,6 \text{ kg/m}$ bei gleichmässiger Verteilung über die ganze Leitungslänge. Kommt diese Belastung nur auf vereinzelter Spannweiten vor, dann werden die Isolatorenketten schief gezogen und der Seilzug geht zurück, sodass eine grössere Schneebelastung erforderlich wäre, um das Seil zu zerreißen. Bei allzugrossem Belastungsunterschied des Seils in den verschiedenen Spannweiten und bei bereits erfolgtem Schiefziehen der Isolatorenketten tritt überdies ein Gleiten des Seils in den Aufhängeklammern ein. Der durch Versuch festgestellte Gleitwiderstand beträgt 1900 kg .

Als Erdseil ist ein feuerverzinktes Stahldrahtseil von 10 mm Durchmesser und 60 mm^2 Querschnitt verwendet worden. Es besteht aus 7 Drähten zu $3,3 \text{ mm}$ Durch-

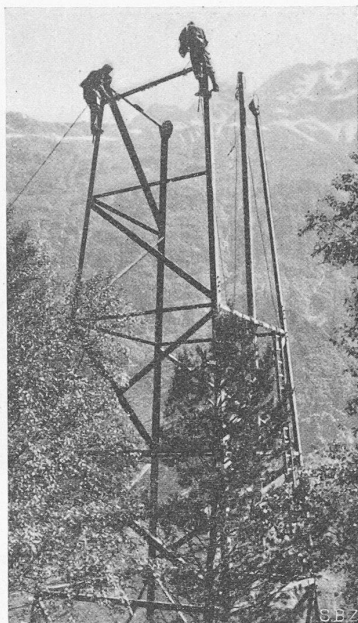


Abb. 11. Aufbau eines Gittermastes.

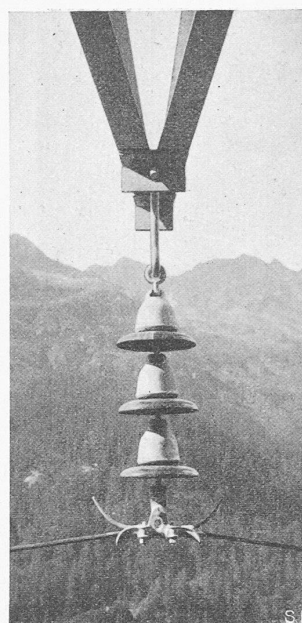


Abb. 7. Normale Isolatorenkette.

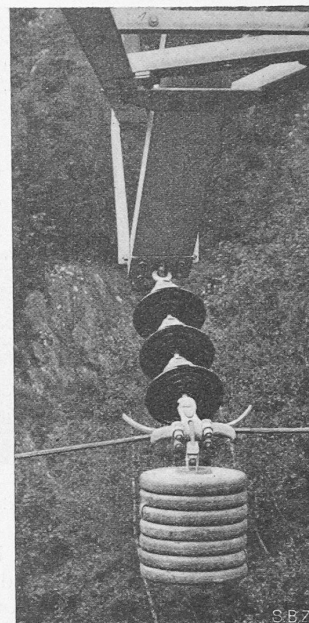


Abb. 8. Isolatorenkette für Winkelmast.

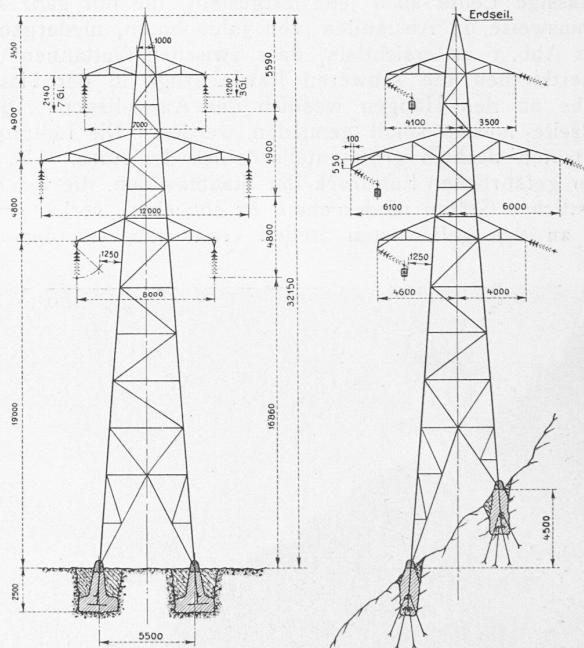


Abb. 10. Normaler Tragmast (links) und Winkelmast. — Masstab 1 : 400.

Tabelle I. Charakteristische Daten der Bronzeseile.

		Garantierte Werte	Versuchsergebnisse
Zerreissfestigkeit des Drahtes	kg/mm ²	58 bis 60	58,2 bis 66
Zerreissfestigkeit des Seiles	kg	9500	9490 bis 9800
Streckgrenze der Einzeldrähte	kg/mm ²	—	51,3 bis 56
Streckgrenze des Seiles	kg/mm ²	—	48,9
Elastizitätsgrenze der Einzeldrähte	kg/mm ²	42	etwa 45
Elastizitätsgrenze des Seiles	kg/mm ²	—	34,9 bis 36
Elastizitätsmodul der Einzeldrähte	kg/cm ²	13×10^5	$[13,5 \text{ bis } 13,9] \cdot 10^5$
Elastizitätsmodul des Seiles	kg/cm ²	$12,5 \times 10^5$	$[12,1 \text{ bis } 12,5] \cdot 10^5$
Abnahme d. Festigkeit infolge Verseilung	%	6,5	9
Dehnung der Einzeldrähte	%	1 bis 2	1,5 bis 2
Dehnung des Seiles	%	—	1,36
Wärmeausdehnungs-Koeffizient d. Seilmast.		$1,7 \times 10^{-5}$	$1,45 \times 10^{-5}$
Anzahl Biegungen über $R = 5 \text{ mm}$		5	5 bis 10
Anzahl Torsionen bei 150 mm Länge		20	21 bis 53
Spez. Leitfähigkeit bei 15°C	$\frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2}$	50	46,6 bis 56,7
Temperaturkoeffizient		0,003	—
Widerstand pro km Seil bei 15°C	Ω	0,1166	—

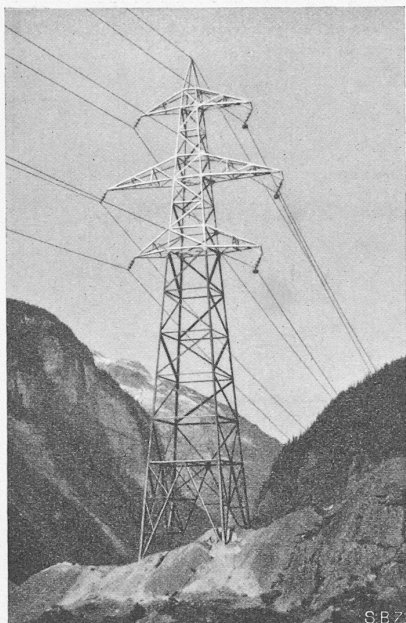


Abb. 9. Winkelmast.

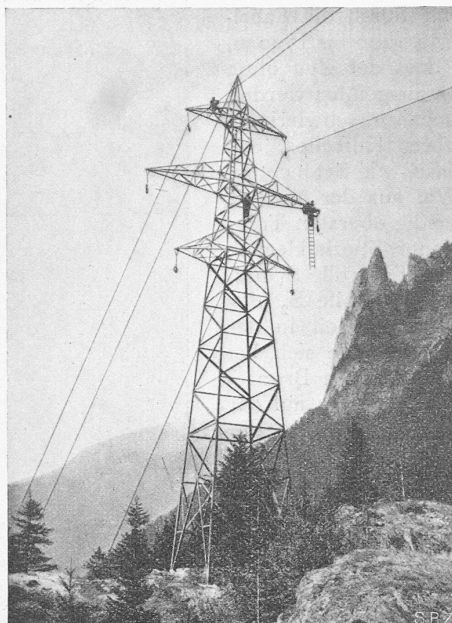


Abb. 13. Seilzug.

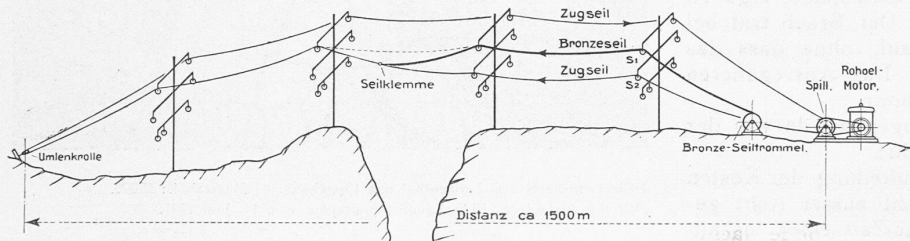


Abb. 12. Schematische Darstellung des Seilzugs mit Motorwinde.

messer und weist ein Gewicht auf von 0,475 kg/m. Die Bruchlast beträgt 8000 kg, die maximale Belastung 3200 kg.

Die Bronzeseile sind mit dreigliedrigen Isolator Ketten an den Auslegern der Gittermasten aufgehängt (Abb. 7). Bei grossen Winkelsügen und überall dort, wo die vertikale Belastung der Isolatoren gering ist, sind diese durch Anhängengewichte beschwert worden, um zu verhindern, dass ein Zusammendrücken der Ketten stattfindet (Abb. 8 und 9). In Guttannen und Innertkirchen, sowie ungefähr in der Mitte der Strecke an einem Mast mit starker nach aufwärts gerichteter Seilkomponente sind die Leiter abgespannt.

Die Isolatoren stammen aus der Porzellanfabrik Hermsdorf in Thüringen. Es sind V-Ringisolatoren, Typ Ha 478, mit besonders hoher mechanischer Bruchfestigkeit. Bei der Abnahme sind die in Tabelle II zusammengestellten Werte gemessen worden.

Tabelle II. Prüfwerte der Isolatoren.

Prüfung	Garantierte Werte	Erreichte Mittelwerte
Durchschlag unter Oel	110 000 Volt	250 000 Volt
Ueberschlag an einer dreigliedrigen Kette:		
a) trocken	220 000 Volt	264 000 Volt
b) bei Regen 3 mm, 100 SE	165 000 Volt	180 000 Volt
45°	12 000 kg	16 900 kg
Mechanische Bruchfestigkeit		

Die in letzter Zeit immer mehr zur Verwendung kommende Anordnung der Leiter nebeneinander war nicht durchführbar. Bei einem Zwischenraum von nur 3 m zwischen den einzelnen Seilen hätte sich ein Leitungsstreifen von mindestens 33 m Breite ergeben; hierfür fehlte in dem tief eingeschnittenen Tal der Raum. Es wurde deshalb die in

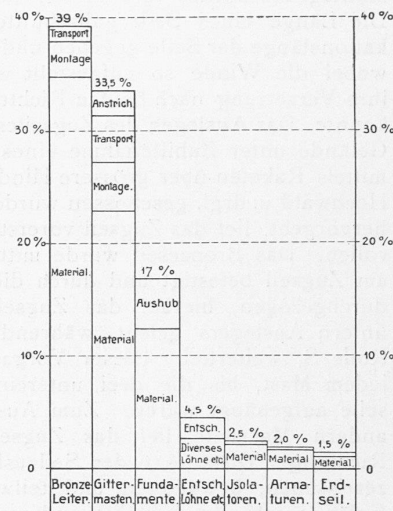


Abb. 14. Prozentuale Kostenaufteilung.

Abb. 10 dargestellte Leiteranordnung gewählt. Die grossen seitlichen Versatzungen und die reichlichen Abstände in vertikaler Richtung sollen der Gefahr des Zusammenschlagens der Seile bei Schnee- und Eisansatz begegnen. Durch Verlängerung der Isolator Ketten um weitere vier Elemente ist die Möglichkeit gegeben, die Uebertragung bei Bedarf auf eine Betriebsspannung von 150 kV auszubauen.

Die eisernen Gittermasten wurden von den Firmen Buss A.-G., Basel, Bell & Cie., Kriens, und Alpha A.-G., Nidau, geliefert. Sie sind zur Erhöhung der Betriebsicherheit der Leitung bedeutend stärker gebaut, als es nach den Vorschriften notwendig gewesen wäre. So ist z. B. bei Bruch zweier Leiter auf der gleichen Seite und Spannweite immer noch eine zweifache Sicherheit gegen Bruch im Mast vorhanden. Bei den damaligen tiefen Eisenpreisen hatte die dadurch bedingte Erhöhung der Mastgewichte keinen wesentlichen Einfluss auf die Gesamtkosten der Leitungen.

Zur Erleichterung der Fundierung der Masten in dem felsigen Boden sind die Füsse stark gespreizt und ihre Länge der Neigung des Geländes angepasst. Im Felsen erhielten die Fundamentgruben nur eine geringe Tiefe, da die Verankerung des Mastfusses mit Hilfe kräftiger Rundisen erfolgte (Abb. 10). Die hierzu erforderlichen Löcher wurden unter Verwendung eines tragbaren Kompressors mittels Druckluft gebohrt.

Die Montage der Masten bot trotz des auf den steilen und schroffen Gräten vorhandenen Platzmangels und der Unmöglichkeit, mit Wagen oder Karren dorthin zu fahren, keine unüberwindlichen Schwierigkeiten. Für den Transport des Materials von der Bahnstation Innertkirchen nach den verschiedenen Baustellen wurden neben Trägern und Saumtieren kleine zweirädrige Karren und Seilbahnen, die mit Benzinmotoren angetrieben waren, benutzt. Die Gittermasten wurden in einzelnen Stäben angeliefert und an Ort und Stelle aufgebaut (Abb. 11). Für die Verbindungen dienten ausschliesslich Schrauben. Zum Schutze gegen das Rosten sind die Profileisen und die Schrauben des Mastkopfes feuerverzinkt, der untere Teil zweimal mit Mennige grundiert und zweimal mit graugrüner Deckfarbe gestrichen.

Der Seilzug, der in Abb. 12 schematisch dargestellt ist, erfolgte mittels einer tragbaren Motorwinde und eines endlosen Zugseiles, das über die an den Auslegerenden aufgehängten Tragrollen (Abb. 13) und eine am Ende des

