Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 75/76 (1920)
Heft: 20

Artikel: Von der Elektrifizierung der Rhätischen Bahn
Autor: Lang, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-36460

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: 05.07.2025

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

INHALT: Von der Elektrifizierung der Rhätischen Bahn. — Ueber die Beziehungen der wissenschaftlichen Forschung der Technik. — Zwei Nutzbauten in Herisau. — Die schweizerischen Eisenbahnen im Jahre 1919. — Miscellanea: Umbau von Kraftwagen in Schienenfahrzeuge. Internationale Rheinregulierung. Ein Wasserturm aus Holz. Kongress für Wohnungswesen in London. — Literar. Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Band 75. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 20.

Von der Elektrifizierung der Rhätischen Bahn.

Von *H. Lang*, Bern, Ingenieur der A.-G. Kummler & Matter, Aarau.

Im Jahre 1910 hatte die Verwaltung der Rh. B. den Beschluss gefasst, die neue Linie Bevers-Schuls als Versuch-Strecke für den elektrischen Betrieb einzurichten und gleichzeitig auf den bestehenden Engadiner Strecken Bevers-St. Moritz und Samaden-Pontresina zum elektrischen Betrieb überzugehen. Dieser Entschluss war von der Erwägung geleitet, dass die Erfahrungen auf diesen, unter den schwierigsten klimatischen Verhältnissen zu betreibenden Linien wertvolle Wegleitungen für die Ausdehnung der Elektrifizierung auf das übrige Netz bieten würden. Nach eingehenden Studien wurde das System des Einphasenwechselstroms von $16\,^2/_3$ Perioden und 11 000 Volt als das für das Netz der Rhätischen Bahn zweckmässigste erkannt und gewählt. Für die Kraftlieferung wurde mit den Kraftwerken Brusio ein Vertrag abgeschlossen, durch den diese sich verpflichteten, der Bahn aus einem in Bevers zu erstellenden Umformerwerk bahnfertigen Strom abzugeben. Die Kraft wird dem Umformerwerk durch zwei von einander unabhängige, über den Bernina-Pass führende Hochspannungsleitungen aus den Kraftwerken Campocologno und Robbia in Form von Drehstrom mit 23 000 Volt und 50 Perioden zugeführt.

Im Juli 1913 ist der elektrische Betrieb auf den Engadiner Linien aufgenommen worden. In einer von der Rhätischen Bahn im Jahre 1915 herausgegebenen Druckschrift[1]) sind die Anlagen im Engadin und die ersten Betriebserfahrungen in ausführlicher Weise geschildert worden.

Die in wirtschaftlicher Hinsicht bescheidenen Vorteile, die der Uebergang vom Dampfbetrieb zum elektrischen Betrieb vor dem Kriege mit sich brachte, hatten zur Folge, dass das gute Beispiel der Rhätischen Bahn und der ebenfalls im Jahre 1913 eröffneten Lötschbergbahn zunächst wenig Nachahmung fand. Dann kam der Weltkrieg und durch ihn die ständige Steigerung der Kohlenpreise und

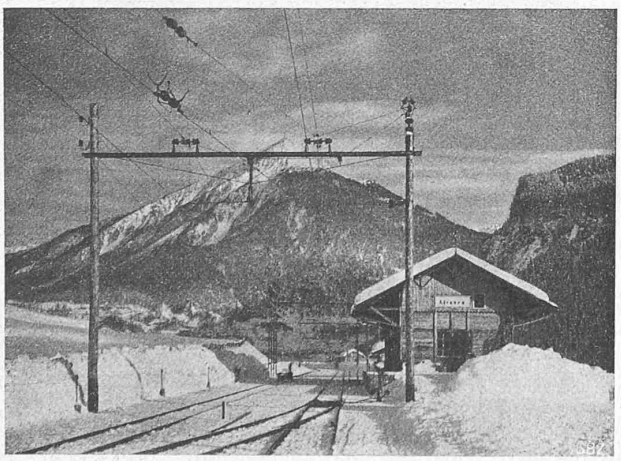


Abb. 1. Zweispurige Station (Alvaneu) mit Holzmasten.

die wachsende Kohlennot. Der nun bei allen Bahnunternehmungen sich regende Wunsch nach beschleunigter Elektrifizierung scheiterte zunächst am Mangel an geeigneten Kraftwerken und an den langen Lieferfristen für die Triebfahrzeuge. Die Einführung des elektrischen Betriebes innerhalb kurzer Zeit war nur dort möglich, wo er im Anschluss an eine schon elektrisch betriebene Linie unter Mitbenutzung ihrer Kraftquelle und ihrer Triebfahrzeuge erfolgen konnte.

Da bei der Elektrifizierung der Engadiner Linien die Leistung der Umformerstation sehr reichlich bemessen

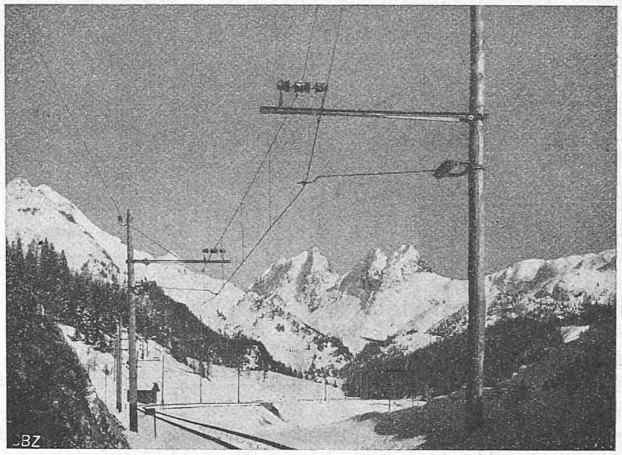


Abb. 2. Holzmasten mit geraden Auslegern.

worden ist und auch die Zahl der Lokomotiven dem grössten Verkehr gewachsen war, standen der Rhätischen Bahn infolge der starken Verkehrsabnahme sowohl Kraft wie Lokomotiven zu sofortiger Benutzung zur Verfügung. Ihre Verwaltung nahm deshalb den weitern Ausbau der elektrischen Einrichtungen energisch an die Hand. Im Frühling 1918 entschloss sie sich zur Einführung des elektrischen Betriebes auf der Strecke Bevers-Filisur und förderte den Bau derart, dass trotz aller Schwierigkeiten in der Materialbeschaffung der Betrieb im April 1919 aufgenommen werden konnte. Dem Ausbau der Strecke Bevers-Filisur folgte auf dem Fusse die Elektrifizierung der Strecken Filisur-Thusis und Filisur-Davos. Im Oktober 1919, sieben Monate nach Erteilung des Bauauftrages, wurde der elektrische Betrieb bis Thusis weitergeführt und seit Januar 1920 ist auch auf der Strecke Filisur-Davos der Dampfbetrieb durch den elektrischen ersetzt.

Es ist der Zweck dieses Aufsatzes, über die elektrischen Einrichtungen der Strecken Bevers-Filisur-Thusis und Filisur-Davos kurz zu berichten.

Hauptdaten. Spurweite 1 *m*; Max. Steigung 35 ‰.

Betriebslängen:

Bevers-Filisur	31,240 *km*,	davon Tunnel	11,330 *km*
Filisur-Thusis	23,175 *km*,	davon Tunnel	4,538 *km*
Filisur-Davos	21,944 *km*,	davon Tunnel	4,212 *km*

Kleinster Kurvenradius auf offener Bahn	100 *m*
„ „ in den Weichen	80 *m*
Maximale Fahrgeschwindigkeit	45 *km/h*
Minimale Fahrdrahthöhe über S. O.:	
auf offener Bahn	5200 *mm*
bei Bahnunterführungen und in Tunneln	4150 *mm*
in Stationen	5800 *mm*
bei Niveauübergängen	5500 *mm*

Die überaus schwierigen klimatischen Verhältnisse der zu elektrifizierenden Strecken liessen es angezeigt erscheinen, das System der Vielfach-Aufhängung mit automatischer Nachspannung des Fahrdrahtes beizubehalten. Von den beiden auf den Engadinerlinien erprobten Systemen mit und ohne Hilfstragdraht wurde das letztgenannte, ein-

[1]) Rhätische Bahn. Der elektrische Betrieb auf den Linien des Engadins. Verlag Art. Institut Orell Füssli, Zürich. Preis 20 Fr. Besprochen in Band LXVI, S. 131 (11. September 1915). *Red.*

fachere, das sich als vollkommen genügend erwiesen hatte, wieder angewendet.

Fahrleitung auf offener Strecke und auf Stationen. Infolge der gewaltig gestiegenen Eisenpreise war man gezwungen, für die Masten nach einem billigern, im eigenen Lande vorhandenen Material zu greifen, und man entschied sich zur Verwendung von Lärchenholz-Masten für die offene Strecke (Abbildungen 1 u. 2, sowie 18, Seite 222). Das langsam gewachsene Lärchenholz aus den höhern Gebirgslagen ist sehr widerstandsfähig und braucht nicht imprägniert zu werden. Bei der Fundation der Masten wurde darauf Bedacht genommen, dass diese später, wenn vielleicht das Eisen wieder leichter und billiger erhältlich werden sollte, ohne grosse Kosten ausgewechselt werden können. Zu diesem Zwecke wurden die Masten in Betonfundamente gestellt, unten mit Steinen gut verkeilt, mit Kies und Sand festgestampft und oben wiederum sorgfältig verkeilt. Schliesslich erhielt das Fundament eine Zementabdeckung. Bei einem spätern Auswechseln wird die Abdeckung weggeschlagen, der Mast herausgezogen und in gleicher Weise der neue Mast eingesetzt. Lediglich auf den grössern Stationen mit mehr als zwei Geleisen und für die Endabfangungen der Leitungen wurden Eisenmasten gewählt (Abb. 3, 4 und 12). Masten, die von Lawinen besonders gefährdet sind, wurden durch Lawinenbrecher aus Holz oder armiertem Beton geschützt (Abb. 5 und 6).

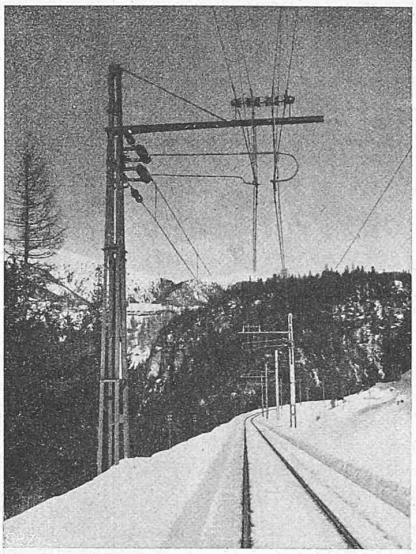


Abb. 3. Eisenmast mit stromlosem Trennstück und Endabfangung der Leitung.

Die Ausleger bestehen aus zwei [-Eisen mit oberer Zugstange; für gerade Ausleger kamen NP $6^1/_2$, für gebogene bei Innenkurven und für Tragmasten NP 8 und bei Abzugmasten NP$6^1/_2$ zur Anwendung. Auch die Querträger auf den Stationen sind aus je zwei distanzierten [-Eisen NP 8, NP 12 oder NP 14 gebildet, je nachdem zwei, drei oder vier bis fünf Geleise zu überspannen waren, und durch Hängewerke entsprechend versteift (vergl. Abb. 12, S. 221 unten). Der Mastenabstand beträgt in der Geraden 60 *m*. In den Kurven wurde er so gewählt, dass die ganze Ausnutzung der Schleifstückbreite des Stromabnehmers nicht mehr als 400 *mm* beträgt. Diese verhältnismässig geringe theoretische Ausnutzung des 1340 *mm* breiten Schleifstückes erwies sich mit Rücksicht auf die nicht zu vermeidenden Unregelmässigkeiten der Geleiselage als notwendig.

Die Schwierigkeiten, die sich bei der Beschaffung der Isolatoren zeigten, führten zur Erwägung, ob nicht die im Engadin angewendete doppelte Isolation durch die einfache zu ersetzen sei. Die Zahl der Isolatoren hätte dadurch auf ein Drittel herabgesetzt werden können. Die im Engadin gemachten Erfahrungen und die Rücksicht auf grösste Betriebsicherheit liessen aber eine solche Massnahme nicht zu. Die Isolation für die Stützpunkte und die seitliche Festlegung des Fahrdrahtes wurde daher wieder aus je zwei Glockenisolatoren und einem Diabolo-Isolator zusammengesetzt (Abbildungen 1 bis 4, sowie 12 und 18). Um bei Defektwerden beider Isolatoren die Möglichkeit eines Stangenbrandes auszuschliessen, wurden alle Ausleger und Querträger durch eine metallische Verbindung mit den Schienen sorgfältig geerdet.

Unsere vollständige Abhängigkeit vom Ausland in der Beschaffung der Isolatoren hat die A.-G. Bigler, Spichiger & Cie. in Biglen veranlasst, die Fabrikation von Glasisolatoren in der Schweiz an die Hand zu nehmen. Um für den weitern Ausbau ihres Netzes Erfahrungen mit diesem Fabrikat sammeln zu können, hat die Rhätische Bahn die Strecke von Davos-Platz bis Davos-Dorf mit Glasisolatoren ausgerüstet (Abbildung 8). Es ist den Fabrikanten gelungen, diese in Form und Grösse mit den vorhandenen Porzellanisolatoren in Einklang zu bringen.

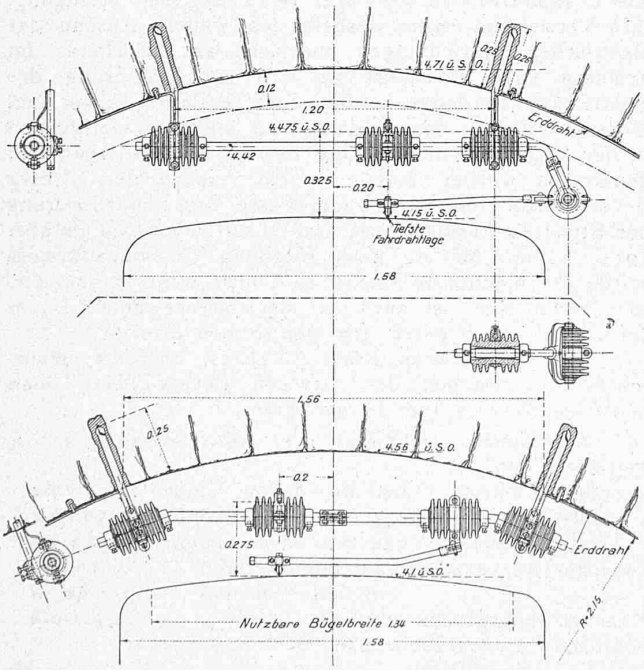


Abb. 9 und 10. Leitungs-Stützpunkt im Albula-Tunnel (Abb. 9) und in Tunneln mit niederem Profil (Abb. 10). — Masstab 1 : 25.

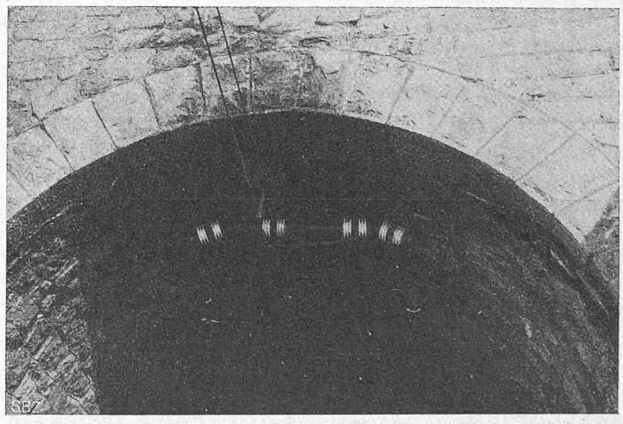


Abb. 11. Leitungs-Stützpunkt in niederem Tunnel-Profil.

Das Tragseil ist ein Eisenseil von 40 mm^2 Querschnitt. Als Kontaktdraht war in Uebereinstimmung mit den schon elektrisch betriebenen Linien ein 8-förmiger Kupferdraht von 100 mm^2 Querschnitt vorgesehen. Infolge verschiedener Schwierigkeiten in der Beschaffung dieses Profiles ging man dann zu dem von den Schweizerischen Bundesbahnen gewählten amerikanischen Drahtprofil über und verwendete für die Hauptgeleise einen Querschnitt von 90 mm^2, für die Nebengeleise der Stationen einen solchen von 70 mm^2. Als weitere Folge der Schwierigkeit in der Materialbeschaffung sei auch erwähnt, dass alle Klemmen und Verbindungstücke aus feuerverzinktem Eisen hergestellt wurden, während früher für diese Konstruktionen ausnahmslos Bronze verwendet wurde.

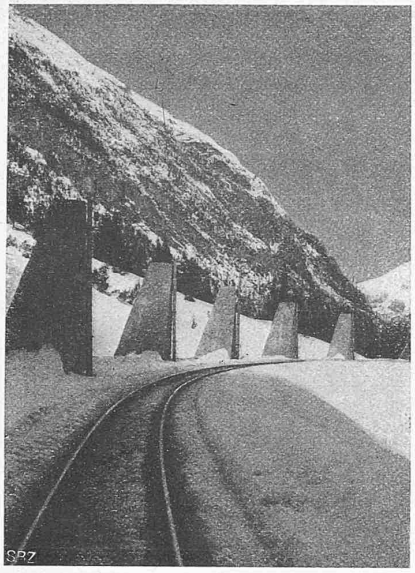


Abb. 5. Masten mit betonierten Lawinenbrechern.

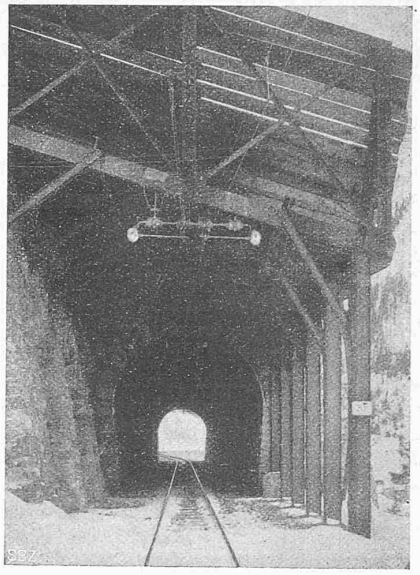


Abb. 7. Streckentrennung in einer Schutzgalerie.

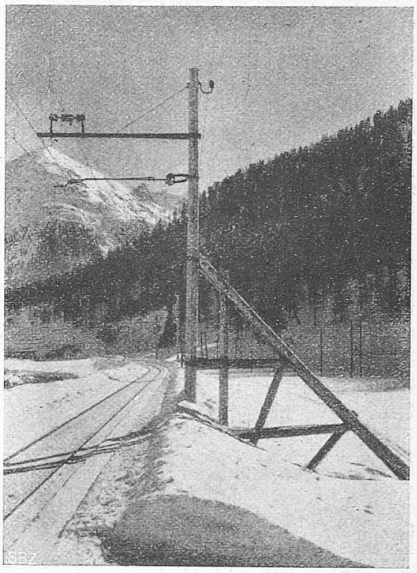


Abb. 6. Mast mit hölzernem Lawinenbrecher.

Die selbsttätige Nachspannung des Fahrdrahtes erfolgt durch Gewichte nach dem der Rhätischen Bahn patentierten System. Um bei den grossen Temperaturdifferenzen die Schrägstellung der Hängedrähte zu begrenzen, wird das Gewicht bei einer bestimmten Temperatur durch einen Anschlag arretiert, sodass bei noch tieferer Temperatur keine Wanderung des Fahrdrahtes, wohl aber eine Erhöhung der Zugspannnung eintritt. In den Nebengeleisen der Stationen wurde auf die automatische Nachspannung verzichtet.

Fahrleitung in den Tunneln. Für die Aufhängung der Fahrleitung in den Tunneln kamen zwei verschiedene Konstruktionen zur Anwendung, die eine für den Albulatunnel (Abbildung 9), die andere für die Rampentunnel (Abb. 10 u. 11). Die Verschiedenartigkeit wurde durch die Tunnelprofile geboten. Bei beiden Konstruktionen ist die Isolation eine doppelte; die Entfernung der Stützpunkte beträgt 20 *m*. An Stelle des Eisentragseils tritt ein Rundkupferdraht von 10 *mm* Durchmesser, an Stelle der Hängedrähte Bandklemmen. In den längern Tunneln konnte wegen der geringen Temperatur-Schwankungen auf eine selbsttätige Nachspannung verzichtet werden. Der Uebergang von der tiefern Fahrdrahtlage in den Tunneln zu der höhern auf offener Strecke erfolgt im Neigungs-Verhältnis 1 : 100. Um die minimale Fahrdrahthöhe von 4150 *mm* überall einhalten zu können, musste das Geleise an verschiedenen Stellen tiefer gelegt werden.

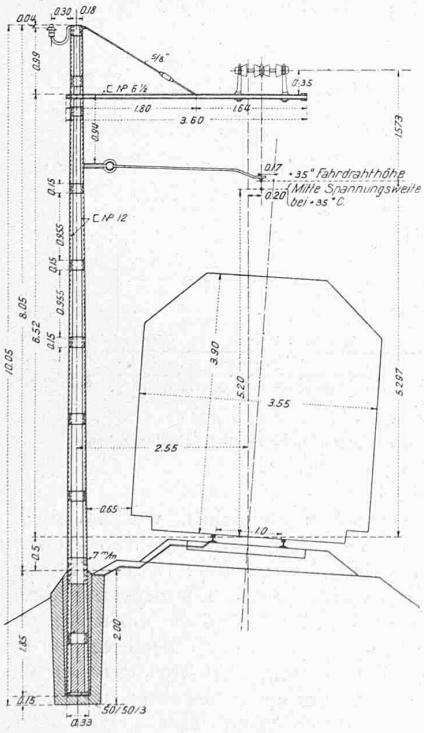


Abb. 4. Eisenmast mit geradem Ausleger.

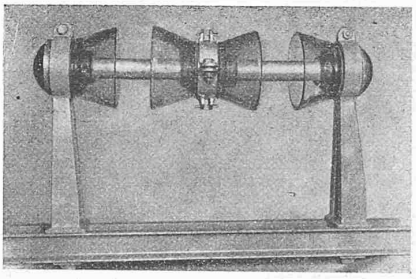


Abb. 8. Glocken- und Diabolo-Isolatoren aus Glas.

Speiseleitung. Zur Erhöhung der Betriebsicherheit einerseits und zur Verbesserung der Spannungsverhältnisse andererseits wurde parallel zur Fahrleitung eine Speise-Leitung erstellt. Wo es möglich war, ist diese als Kupferdraht von 50 mm^2 Querschnitt auf dem Gestänge der Fahrleitung angebracht. Da eine Führung als blanke Leitung durch die Tunnel ausgeschlossen war, musste sie zu deren Umgehung auf eigenem Gestänge geführt werden. Es war nicht immer leicht, in dem wilden Gebiete, das die Bahn durchfährt, eine Linienführung zu finden, die eine Kontrolle der Leitung auch im tiefsten Winter ermöglichte. Wo dies unmöglich war, wie zwischen Solis und Sils und zwischen Wiesen und Schmelzboden, blieb nichts anderes übrig, als die Verlegung von Hochspannungs-Kabeln im Tunnel. Auch im Albulatunnel ist ein Kabel verlegt. Die Kabel wurden in Holzkanälen an den Tunnel-Wandungen aufgehängt.

Schalteinrichtungen. Um im Falle von Störungen oder für Unterhaltungsarbeiten einzelne Leitungs-Strecken unter Aufrechterhaltung des Betriebes auf den angrenzenden Strecken abschalten zu können, wurde auf allen Stationen die Möglichkeit geschaffen, die beiden angrenzenden Fahrleitungstücke, und auf wichtigeren, sogenannten „grossen" Schaltstationen die ankommende und die abgehende Speiseleitung abzuschalten. Ueberall kann auch die Fahrleitung über Stationsgebiet für sich abgeschaltet werden. Die Schalteinrichtungen wurden möglichst einfach gestaltet. Es kamen Hörnerschalter zur Anwendung, die auf einigen Stationen im Freien auf Schaltergerüsten nebeneinander angeordnet wurden (Abbildung 13), auf andern Stationen in gemauerten Schalthäusern Unterkunft fanden (Abb. 14 bis 16). Solche Schalthäuser[1]) finden wir an den beiden Portalen des Albulatunnels, in Spinas und Preda, sodann in Wiesen und Solis, also überall dort, wo bei Stationen die

[1]) *Anmerkung der Redaktion.* Wir können nicht umhin, hierbei auch auf den *ästhetischen Vorzug* der Schalthäuschen vor den blossen Schaltgerüsten hinzuweisen, wie ihn z. B. die Abbildungen 13 und 14 veranschaulichen. Es ist nur schade, dass die Rücksichten auf die Kosten es nicht erlaubt haben, *überall* derartige Häuschen zu errichten, die, wie die Bilder zeigen, sich in verschiedenen Formen der Bündnerbauart anpassen lassen, ohne im mindesten an Sachlichkeit und Zweckmässigkeit einzubüssen.

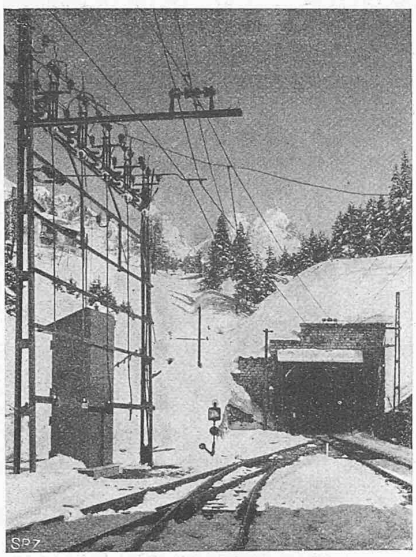


Abb. 13. Typus des offenen Schaltergerüstes.

Speiseleitung von der Freileitung in die Kabelleitung übergeht, ferner bei besonders wichtigen Schaltstationen, wo es teilweise auch mit Rücksicht auf die klimatischen Verhältnisse angezeigt war, die Hörnerschalter nicht im Freien zu lassen, so in Filisur und Davos-Platz. Ausser den Schaltern wurden auch die Blitzschutz-Vorrichtungen in den Schalthäusern untergebracht, während sie auf den Stationen ohne Schalthäuser in Blechkasten aufgestellt wurden.

Dem Schalthaus Filisur kommt als Verteilungstation besondere Bedeutung zu und es war daher gegeben, dass seine elektrische Ausrüstung dementsprechend ausgebaut wurde. Ueber diese gibt das Schaltungsschema Abbildung 17 erschöpfenden Aufschluss. Da das Schalthaus nicht in unmittelbarer Nähe des Aufnahmegebäudes aufgestellt werden konnte, erwies sich die Fernbetätigung der automatischen Oelschalter als unumgänglich.

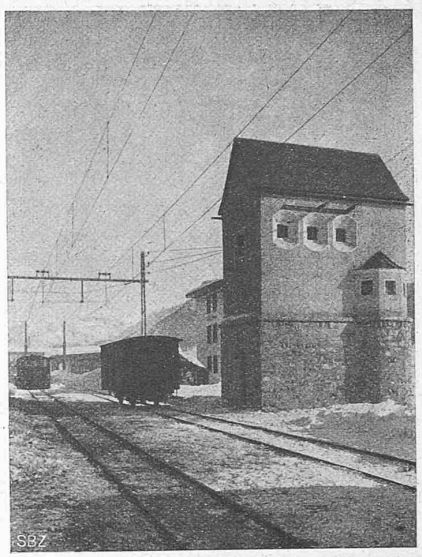


Abb. 14. Schalthäuschen in Davos-Platz.

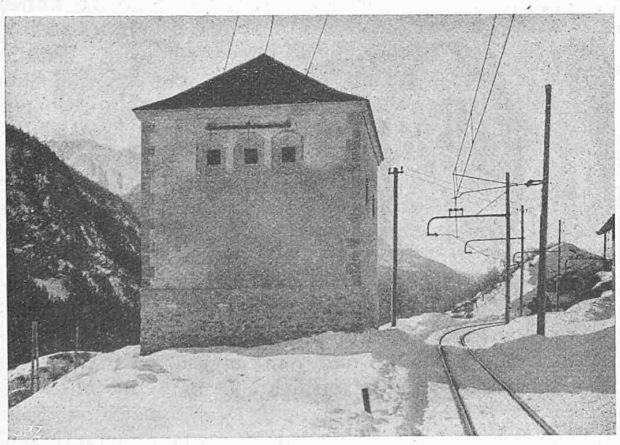
Rückleitung. Zur Rückleitung des Stromes wurden die Schienenstösse durch Schienenverbinder aus verzinktem Eisendraht und beidseitigen Befestigungstöpseln überbrückt. Die Stöpsel wurden anfänglich an den Draht angelötet; es erwies sich aber in der Folge, dass die Verbindung viel haltbarer wurde durch Verwendung eines losen geschlitzten Stöpsels. Einzig im Albulatunnel wurden wegen erhöhter Verrostungsgefahr und zum Schutz der parallel verlaufenden Schwachstromkabel kupferne Verbinder verwendet.

Die Rhätische Bahn hat die Materialien, die keiner Bearbeitung bedurften, wie Kupfer, Masten, Isolatoren u. a. m. selbst angekauft; sie besorgte ferner die Erstellung der Mastfundamente, das Einmauern der Tunnelbolzen und die umfassenden Umänderungen an den Schwachstromanlagen durch ihr eigenes Personal. Auch wurden die Ausleger und Eisenmasten, soweit möglich, in den Werkstätten der Bahn angefertigt. Die Herstellung und Lieferung aller übrigen Ausrüstungsteile sowie die Erstellung der gesamten Fahrleitungsanlage auf den Strecken Bevers-Filisur und Filisur-Thusis übertrug sie der *A.-G. Kummler & Matter, Elektrische Unternehmungen und Maschinenfabrik Aarau.* Auf der Strecke Filisur-Davos wurde die Leitung von *Baumann, Koelliker & Cie., A.-G. für elektrotechnische Industrie in Zürich* montiert. Diese beiden Firmen waren vertraglich verpflichtet, bei ihren Arbeiten auch den Churer Schlossermeisterverband, die Bündner Installateure und das Bündner Malergewerbe zu berücksichtigen.

Ueber die Lieferungen und Arbeiten der beiden Firmen hat sich die Bahnverwaltung sehr befriedigt ausgesprochen. Die Bauleitung lag in den Händen des Abteilungsvorstandes für Elektrifizierung der Rh. B., Herrn Ingenieur Dürler.

*

Die ganze Anlage lässt erkennen, dass die massgebenden Organe der Rhätischen Bahn darauf bedacht waren, in jeder Beziehung grösste Betriebsicherheit zu schaffen unter Vermeidung jeder unnötigen Ausgabe. Die Erstellungskosten können für den Betriebskilometer auf 64 000 Fr. angegeben werden. Ohne Zweifel bildet die einseitige Speisung des ganzen Netzes durch die Brusio-Werke vermittelst der im Winter stets gefährdeten Hochspannungsleitung über den Berninapass noch ein Wagnis des gegenwärtigen elektrischen Betriebes, weshalb auch schon Verträge für die Versorgung des ganzen Netzes der Rhätischen Bahn aus drei Kraftquellen: Bevers, Thusis und Küblis abgeschlossen worden sind. Ebensowenig kann bestritten werden, dass Zahl und Leistung der vorhandenen 15 Lokomotiven für 139 Kilometer knapp bemessen sind. Die Erfahrung hat jedoch bewiesen, dass sich der Betrieb trotzdem bis zur Anlieferung der sechs bestellten 1000 *PS*-Lokomotiven befriedigend durchführen lässt. Hätte aber die Rhätische Bahn zuwarten wollen, bis die verwickelte Stromlieferungsfrage geklärt war und sie auch von anderer Seite mit Strom versorgt worden wäre, hätte sie ferner die Lieferung der neuen Lokomotiven abgewartet, so würden wir heute noch nicht von Thusis nach Davos und ins Engadin elektrisch fahren. Durch ihr tatkräftiges Vorgehen hat die Verwaltung dem Unternehmen zu namhaften Ersparnissen verholfen.



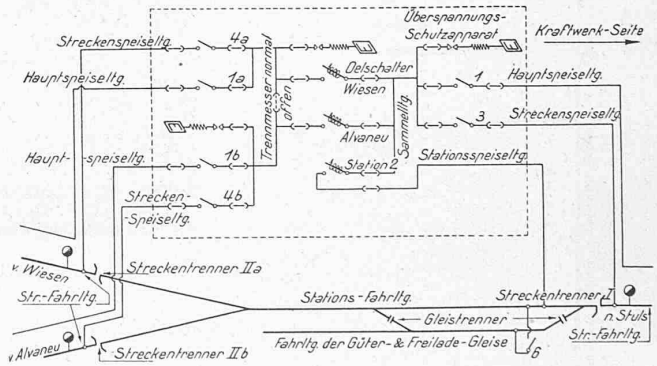


Abb. 16 und 17. Aeussere Ansicht (nebenan) und Schaltungschema des Schalthäuschens bei Filisur.

Ueber die Beziehungen der wissenschaftlichen Forschung zur Technik.

Von Dr. phil. *W. Schmid*, Baden.

(Fortsetzung von Seite 214.)

8. Allerdings ist für die oben besprochene klare Aufstellung der Aufgabe Eines nötig: Die Abstraktionsfähigkeit. Manchmal genügt der richtige Blick, jenes Unsagbare, das mehr von der Anschauung als von der Ueberlegung herstammt. Zum Beispiel würde dies von einem Praktiker gelten, der, nachdem er erfolglos eine bestimmte Anordnung der Mittel probiert hätte, das Ziel nur dadurch erreichen würde, dass er einige oder alle Elemente der Anordnung umstellen würde. Man sagt dann, dass ihm dies „in den Sinn gekommen" sei. Mehrere Entdeckungen sind aus jenem Verfahren entstanden. Der sogenannte „gesunde Verstand" kann die methodische Untersuchung der bestimmenden Ursachen teilweise ersetzen. Aber es hiesse von den mittlern Fähigkeiten zu viel erwarten, wenn man das, was sie in leichtern Fällen zu liefern vermochten, immer und für jede Aufgabe erwartet. Absolut ungenügend dagegen ist es, um Einwände gegen fachgemäss ausgeführte Arbeiten zu begründen, denn es kann die minder nötigen Kenntnisse nicht ersetzen und zudem die Wissenschaftlichkeit absolut nicht fördern. Das wissen viele Praktiker aus eigener Erfahrung nur zu gut.

Natürlich wird oft der Einwand gemacht, dass das wissenschaftliche Studium einer Frage nicht immer ein praktisch brauchbares Resultat geliefert hat. Wohlan! Das kann vorkommen; oft ist nicht die Lösung daran Schuld, wohl aber die gestellte Aufgabe selbst, die gewöhnlich nur diejenigen einschätzen können, die sie brauchen. Es sei die Dielektrizitäts-Konstante einer imprägnierten Holzsorte zu bestimmen. Da aus instrumentellen Gründen die Messung nur für Millimeterdicken auszuführen ist, wird sie eben so ausgeführt, weil es verlangt wird. Eine so gewonnene Angabe kann nicht ohne weiteres irgend welchen Dicken angepasst werden, um so mehr als man noch die Fasern-Richtung berücksichtigen muss. Die verlangte Messung, obschon an sich unanfechtbar, ist doch unbrauchbar. Die Aufgabe ist einfach schlecht gestellt worden. Hier ist die Ursache des Uebels. Was nützt die exakte und nicht gerade leichte Bestimmung der Leitfähigkeit einer Flüssigkeit bei verschiedenen Temperaturen, wenn man, in der Anwendung, nicht imstande ist, die Bad-Temperatur genau zu bestimmen oder die Konzentration annähernd konstant zu halten. Hier wäre das Resultat immer und universell wertvoll, aber für den konkreten Fall nicht mehr wert als eine einfache, einer ehrlichen und vielleicht unvollständigen Tabelle entnommene Angabe.

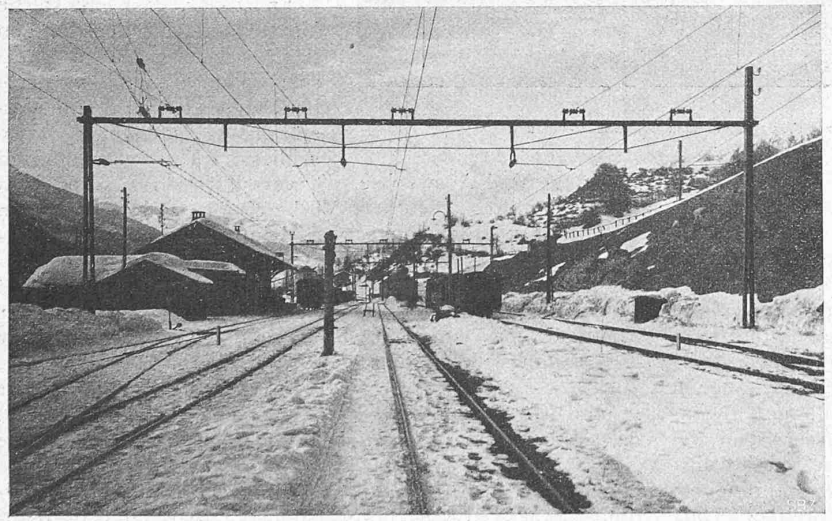


Abb. 12. Eiserne Tragkonstruktion über fünf Geleise im Bahnhof Filisur.

9. Wir haben es hier mit der Uebertreibung zu tun. Gute Absichten, die mit unpassenden Mitteln verwirklicht werden müssen, bilden, in Verbindung mit unexakter Auffassung einer Aufgabe, die grössten Mängel in den jetzigen Beziehungen der Forschung zur Technik. Das Missverhältnis der Arbeitsmittel zur Aufgabe kann verhängnisvolle Folgen zeitigen. Zum Beispiel, wenn die Unsicherheit in der Bestimmung der elektromagnetischen Verluste im Eisen etwa 1 % beträgt, ist eine Verbesserung derselben durch übertriebene Genauigkeit der spezifischen Gewichtsbestimmung aussichtslos, um so mehr als das Vorhandensein von meistens unberechenbaren Zusatzverlusten in der fertigen Maschine und sehr oft vom Zunder im Rohmaterial stark ins Gewicht fällt. Man sagt freilich auch, dass, was berechnet oder gemessen werden kann, auf alle Fälle möglichst genau ausgewertet werden soll[1]), weil dadurch das Endresultat nicht schlechter ausfallen kann. Schon prinzipiell aber ist diese Ueberlegung falsch, denn es ist nicht möglich, einen gegebenen Gesamtfehler, der im einfachsten Falle eine Summe von Einzelfehlern darstellt, durch Unterdrückung eines Einzelfehlers zum Verschwinden zu bringen. Ganz ähnlich verhält es sich mit einer Gleichung, aus der mehr erwartet wurde als das, was darin bereits enthalten ist.

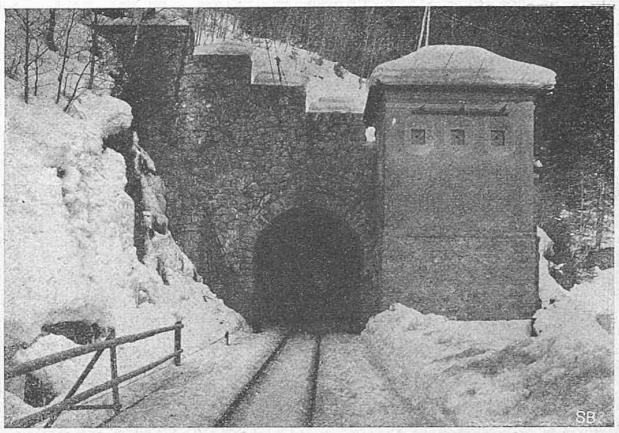


Abb. 15. Schalthäuschen vor dem Solis-Tunnel.

Eine andere Art Uebertreibung beruht auf Unkenntnis oder Unverständnis, deren Ursache in einer eingebildeten Kompetenz von Amtes wegen oder in einem unvollständigen „Einarbeiten" zu suchen ist. Jener Auswuchs der grossen Verwaltungen ist für Aussenstehende unfassbar. Manchmal verfliesst er in die oben angedeutete Form des Fehlens im guten Glauben über Dinge, die dem Fehlenden einfach fern stehen. Darüber ist eine Feststellung notwendig. Die Technik fusst auf allgemeine Wissenschaften, die, wie z. B. Physik und Chemie, in einen Gesetz-Komplex ausgebaut sind. Was hauptsächlich die Physik anbelangt, so ist es dem Ingenieur durch seine spezielle Bildung nahe gestellt anzunehmen, dass sie sich auf die sogenannte technische Physik beschränkt. Dem ist aber nicht so. Diese Verwechslungen der Wissenschafts-Grenzen, die vielleicht zu jener vergangenen Zeit, da es vom Ingenieur hiess, dass er „alles weiss", noch zu entschuldigen waren, sind jetzt einem wohlinformierten und gebildeten Manne nicht mehr erlaubt. Das Wirkungsfeld

[1]) Siehe Prof. Arnold und seine Schlussfolgerungen der Kommutationstheorie.

der Physik hat sich in den letzten Jahrzehnten so erweitert, dass es an die ganze Arbeitskraft eines Geistes schon viel verlangt heisst, es zu übersehen und einigermassen zu beherrschen.

10. Ich bin Ingenieuren begegnet, die prinzipiell an nichts glauben, es sei denn, es werde ihnen nicht nur durch Argumente bewiesen, was am Ende zu begreifen wäre, sondern noch beinahe auf der nackten Hand dargeboten. Es gibt doch Dinge, die man wissen muss ohne Beweis und an die man glauben soll, auch wenn man sie nicht greifen kann, weil sie eben für alle Leute als bekannt und wohlbegründet gelten, sodass sie in der ganzen Worteskraft als sicher und bewiesen erscheinen müssen, auch wenn ich gerade jetzt nicht von A bis Z Belege dafür liefern kann. Es heisst eine kostbare Zeit verlieren, will man sich bei solchen Versuchen aufhalten, die Grundlagen eines längst aus dem Anfangstadium herausgewachsenen Wissenszweiges anzuzweifeln. Wenn ich elektrolythische Vorgänge erläutern will, so frage ich nicht nach der Wahrheit der Ionentheorie, wenn sie nur befriedigende und genügende Resultate liefert. Die Frage interessiert nur die allgemeinen Theorien und zwar von einem ganz anderen Gesichtspunkte aus, da die dagegen erhobenen Einwände nur sehr gut begründeten Nachprüfungen gegenüber gestellt werden können. Solche Aeusserungen bekunden nicht einen kritischen Geist, denn die Kritik selbst ist doch genötigt, solche Gegenwahrheiten zu gebrauchen, die bis auf weiteres als fest und unrüttelbar gelten. Dem Widerspruchsinne sind Grenzen gestellt, die man nicht überschreiten soll, will man die authentischsten Stützen unserer Kenntnisse nicht verlieren. Allerdings ist die letzte Hoffnung jener neuen Kritiker, durch systematisches Verneinen bekannter Wahrheiten andere neue, sie mehr interessierende, ans Tageslicht zu fördern. Vielleicht kann's gelingen, aber immer ausnahmweise. Dieser Kunstgriff kann aber sicher keine Arbeitsmethode ersetzen. Im besten Falle gibt er den Eindruck einer Decke für Unwissenheit, denn blosses Verneinen genügt nicht, das Alte muss durch Besseres ersetzt werden, was natürlich an die Verneinenden Anforderungen stellt, denen sie nicht gewachsen sind.

11. Wären sie unschuldig, so wären sie mit Kindern vergleichbar, die ahnungslos mit dem Feuer spielen. Sie sind aber wie „Defaitisten" in der Schlacht. Ebenso wie es ganze Bureaux gibt, deren Aufgabe darin besteht, die Tätigkeit der Arbeiter zu fördern und zu kontrollieren, so scheint ihnen ein einziges Ziel vorzuschweben: Die Kenntnisse der andern durch bodenlose Behauptungen, die wie Stürme von Unwissenheit wirken, zu prüfen. Manchmal für nichts, für eine Zahl oder irgend ein Phänomen, vom Faden in die Nadel, von einem Einwand in eine Behauptung ist man dazu geführt, einem Neugierigen die Weltschöpfung zu demonstrieren. Vor dem Atom wird nicht Halt gemacht. Es ist mir vorgekommen, bei Abgabe einer Fachauskunft, die Antwort zu erhalten: Woher wissen Sie das? Das war wieder der starke Geist; er sagt auch „Haarspalterei", bei der Besprechung von Messfehlern mit der Längenmessmaschine. Freilich sind ein Mikrom, sogar mehrere Mikrom zusammen, sehr kleine Grössen, aber sie bilden eben die Münze jener Messmethoden. Die minderwertige Genauigkeit, die Unkundigen vorschwebt, ist schlimmer als Unwissenheit, denn sie kostet auch mehr. Ausserdem gibt sie ein schwaches Zeugnis für ihren Gedanken-Zusammenhang, weil ihnen, merkwürdiger Weise, der magische Stempel der Wissenschaftlichkeit meistens heiss erwünscht ist. So viel lässt sich auch sagen von Anfragen nach „raschen" oder „ungefähren" Bestimmungen über Grössen, die sehr schwierig zu messen sind und deren Näherungswerte für solche Zwecke durch Tabellen genügend bekannt sind.

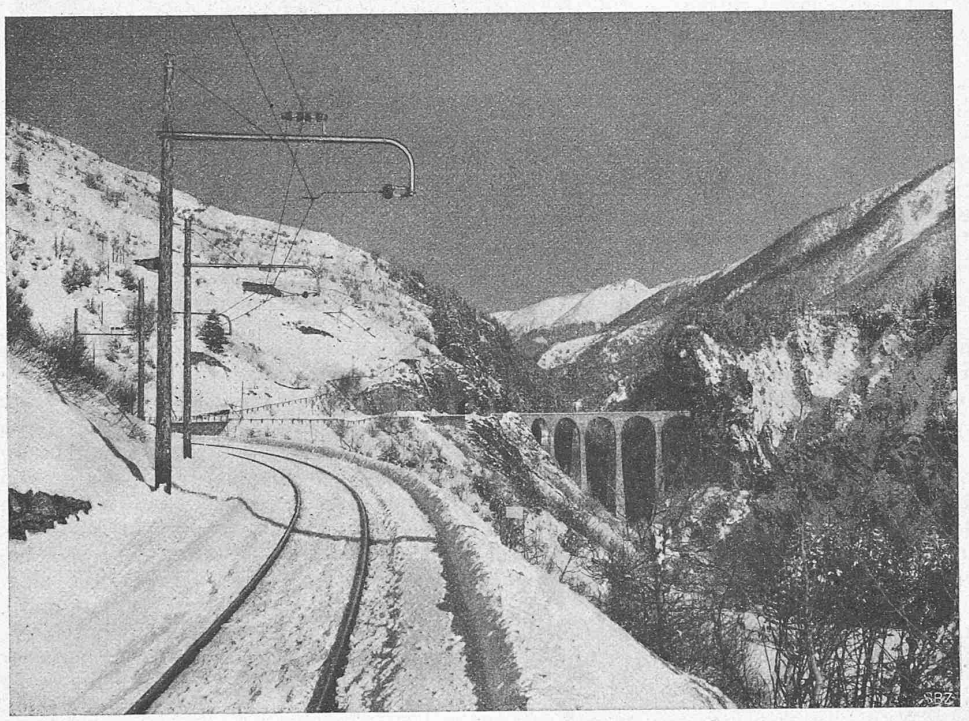


Abb. 18. Holzmasten mit gebogenem Abzug-Ausleger vor dem Landwasser-Viadukt.

Es ist klar, dass eine solche Vorstellung der Beziehungen der wissenschaftlichen Forschung zur Technik verderblich ist, und irgend eine Verständigung vollständig ausschliesst. Die geschilderten Vorgänge sind Auswüchse, die verschwinden müssen. Man muss sie durch geeignete Vorbereitung und angepassten Unterricht unmöglich machen, denn es ist offenbar, dass nur eine durch verkehrte oder ungenügende Schulung verdorbene Vorstellung daran schuld ist und nicht der Beruf selbst, der vorzügliche Eigenschaften verlangt. Wenn der Praktiker mit den Wissenschaftlern nützlichen Verkehr unterhalten will, was muss er sich aneignen?

12. Es ist bereits vielerorts über die Ausbildung der Ingenieure geschrieben worden[1]), und es wurde betont, dass die frühzeitige Spezialisierung ihrer Ausbildung, wie sie in bestimmten Ländern vorgenommen wird, für ihre allgemeine Aufnahmefähigkeit schlimme Folgen hat. Neuerdings haben grosse diesbezügliche Erörterungen gezeigt, dass die Interessierten selbst es empfinden und tiefgreifende Aenderungen in den Studienprogrammen als notwendig bezeichnen. Die Einstimmigkeit ist lange nicht so vollkommen, sobald man nach der Art dieser Aenderungen fragt. Und hier hat sich sofort der Vergleich mit der Universitätsrichtung bemerkbar gemacht. Aber es sind dabei entschieden Fehler begangen und ein paar Dummheiten ausgesprochen worden. Zuerst galt es zu zeigen, dass diese Richtung nicht vorbildlich ist; da konnte man von der Schrift der Universitäts-Abiturienten hören, die allerdings oft schlimm genug ist, und die Ingenieure

[1]) Rundfragen der Gesellsch. ehemal. Stud. der Eidg. Techn. Hochschule. — Schweiz. Bauzeitung 1916/17. — H. Le Chatelier, A. Blondel sénateur Got usw.

wurden ernst aufgefordert, sie nicht als Vorbild zu nehmen, wenn sie irgend welche Hoffnung auf Anstellung noch haben wollen. Andere greifen alles an, was einen Schein von sogenannter Unnützlichkeit hat, und wollen durch (a + b) beweisen, dass z. B. das Latein und andere Liebeleien aus den Lehrplänen der Vorbereitungschulen auf Universität und Technische Hochschule verbannt werden müssen, denn, sagen sie, jeden Tag kann man feststellen, dass davon beinahe nichts zurückbleibt.

Es gibt auch ernstere Einwände. Herr Rowland, Präsident der Universität Drexel, in Philadelphia, sagt [1]): „Die Universitäten betrachten die wissenschaftlichen Fächer zu viel als eine Kunst, und dementsprechend bilden sie Künstler aus". Man darf annehmen, dass er diese Benennung in gutem Sinne anwendet. Herr Mann, Direktor der Carnegie-Stiftung, erklärt aber: „Keine Analysis, keine literarische Kritik. Der künftige Ingenieur wird solche Sachen nie brauchen." Das ist deutlich genug gesagt, aber auch traurig. Da aber wissenschaftliche Spezialisten und nicht Ingenieure die Vermittlung zwischen Technik und Wissenschaft verkörpern, so müssen die Ingenieure im allgemeinen in Stand gesetzt werden, ihre Dienste zu verwenden. Dies gilt aber in erhöhtem Masse von den leitenden Persönlichkeiten, denen solche Spezialisten zur Seite stehen, die in allen technischen Untersuchungen als wissenschaftliche Berater funktionieren müssen. Das Verständnis für ihre Arbeitsmethode und für die Würdigung ihrer Leistungen scheint nur durch eine Aenderung des technischen Unterrichtes zu erzielen zu sein. Es handelt sich darum, zu wissen, wie man die Erweiterung des Unterrichtes für Ingenieure verwirklichen kann, um ihre Wissenschaftlichkeit zu fördern.

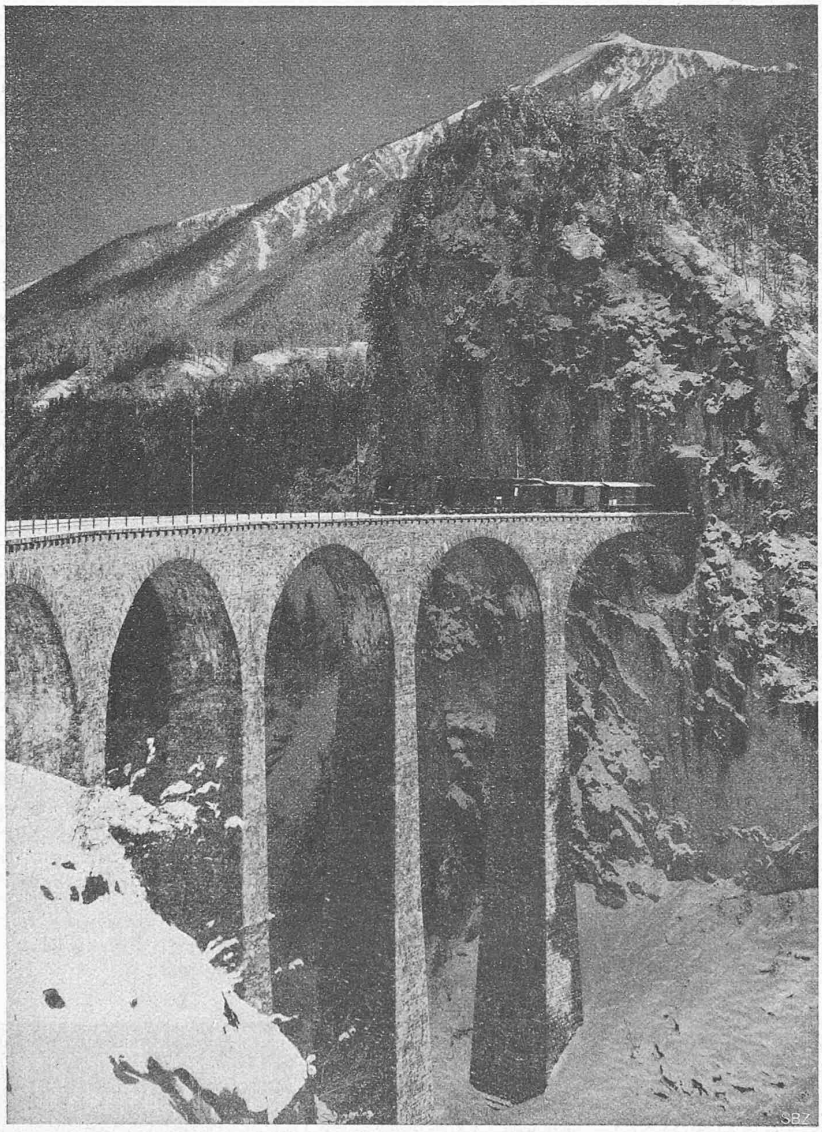


Abb. 19. Elektrischer Zug der Rhätischen Bahn auf dem Landwasser-Viadukt.

13. Es ist vorgeschlagen worden, den Lehrstoff zu vermehren. Abgesehen davon, dass eine solche Massnahme die zu bekämpfende Spezialisierung eher verschlimmern würde, hätte sie auf die Förderung der wissenschaftlichen Gesinnung einen ganz schlechten Einfluss. Denn die Universalität, die die Wissenschaft anstrebt, betrifft eher die Qualität der erreichten Kenntnisse als ihre Quantität. Was letzteres anbelangt, scheint übrigens eines alles zu überwiegen: Die Praxis bietet immer neue Probleme, die oft mit der Lehre der Schule wenig Aehnlichkeit aufweisen. Anderseits ist ihre Anzahl so gross, dass ein Studienzyklus, der alle die möglichen und denkbaren Fälle umfassen würde, der Aufnahmefähigkeit unseres Gehirnes nicht mehr angemessen wäre. Es ist vielmehr die Hauptsache, das *Universelle* herauszuwählen, das allgemein gültige und *allen* Fällen gemeinsame zu studieren, verbunden mit typischen konkreten Beispielen, die die Methode illustrieren sollen und nicht den Hauptbestandteil der Lehre bilden. So verstanden, wird der Unterricht *wirklich* vertieft. Den Geist und nicht das Gedächtnis ausbilden, schöpfende und nicht hauptsächlich konservative Fähigkeiten entwickeln, das wissenschaftliche Denken und Erwägen anlernen, was auch nachträglich das Verständnis für Mass entwickeln wird, kurz den „geometrischen Geist" nach Pascal pflegen, dies sollen die Ziele des neuen Unterrichtes sein. Pascal sagte auch: Alles gleichbleibend, hat der geometrisch gebildete den Vorsprung. Heutzutage sagen wir: Neigungen für allgemeine Begriffe, für logische Folge in der Ueberlegung besitzen, oder auch einige Ahnung der wissenschaftlichen Methode haben, wie sie Descartes ein für alle Male in seinem „Discours de la méthode" angegeben hat. Diese Methode, sagt er auch, ist nicht erfunden worden, um mathematische Aufgaben zu lösen, sondern umgekehrt, die Mathematik bietet die beste Gelegenheit, diese Methode sich anzueignen. [1]) Heute ist allgemein bekannt, dass die mathematischen Wissenschaften wirklich den Grundstein des Wissens bilden.

14. Und doch herrschen darüber in technischen Kreisen die verschiedensten Meinungen, teilweise aber auch die irrigsten. Allerdings hat man in Frankreich, und neulich noch, dem technischen Unterricht vorgeworfen, er stütze sich ganz ungenügend auf die Erfahrung der Praktiker. Bei uns in der Schweiz, und ganz besonders für den elektrischen Teil, waren bis in den letzten Jahren nur Klagen über die angeblich unnützen Theorien und Berechnungen zu hören. Das richtige wird jedenfalls zwischen beiden Extremen zu finden sein, aber dem letzteren näher als dem ersteren; übrigens soll ein Ingenieur nicht eine schlechte Nachahmung des Technikers sein,

[1]) La Formation des ingénieurs aux Etats-Unis. Enquête par E. Flagey. Revue gén. de l'électr. 20 avril 1918.

[1]) Regel XIV der «Regulae ad directionem ingenii».