Die Wirtschaftlichkeits-Aussichten der Elektrifizierung der schweizerischen Eisenbahnen vor zehn Jahren und heute

Autor(en): **Kummer, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **81/82 (1923)**

Heft 5

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-38855

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Die Wirtschaftlichkeits-Aussichten der Elektrifikation der schweizerischen Eisenbahnen vor zehn Jahren und heute. — Nebenspannungen infolge vernieteter Knotenpunkt-Verbindungen eiserner Fachwerk-Brücken. — Wettbewerb für die Erweiterungs-Bauten des Kantonspitals Glarus. — Schweizerische Rhone-Rhein-Wasserstrasse. — Der Aktionsradius der Akkumulatoren-Eisenbahnfahrzeuge. — Die Stellung des Bewerbers bei Wasserrechtsverleihung. — Eidgenössische Technische Hochschule. — Miscellanea: Untersuchuug der Metallstruktur mittels Röntgenstrahlen. Ausfuhr elektrischer Energie. Die französische Kongobahn. Eisenbahnlichtsignale bei Tageslicht. Eidgenössische Kunstkommission. Zeitschrift „Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen.“ — Nekrologie: D. de Rahm. A. Büchler. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ing.- und Arch.-Verein. Sektion Waldstätte des S. I. A. Techn. Verein Winterthur, Sektion Winterthur des S. I. A. Zürcher Ing.- und Arch.-Verein. S. T. S.

Band 81. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 5.

Die Wirtschaftlichkeits-Aussichten der Elektrifizierung der schweizerischen Eisenbahnen vor zehn Jahren und heute.

Die nachfolgende Darstellung ist veranlasst durch eine Vorlage der Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen, die der Verwaltungsrat der S. B. B. Ende September 1922 gleichzeitig mit den Krediten der Elektrifizierung weiterer Strecken genehmigte, von denen in dieser Zeitschrift eine kurze Notiz[1]) bereits berichtet hat; in der genannten Vorlage finden sich nämlich die Verhältnisse der heutigen Wirtschaftlichkeit der Elektrifizierung der Schweizerischen Eisenbahnen eingehend beleuchtet. Andererseits kennen die Leser der „Schweizerischen Bauzeitung“ aus einer vor zehn Jahren erschienenen Veröffentlichung[2]) die damaligen Wirtschaftlichkeits-Aussichten der schweizerischen Bahn-Elektrifizierung; die sich aufdrängende Vergleichung der Wirtschaftlichkeits-Aussichten vor zehn Jahren und heute ist auf Grund der genannten Angaben einigermassen durchführbar, und es sind die Ergebnisse dieser Vergleichung interessant genug, um hier mitgeteilt zu werden.

Vor zehn Jahren machten wir in der Wirtschaftlichkeitsfrage, gestützt auf die durch unsere Mitarbeit in der „Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb“ erworbene Sachkenntnis, die summarische Angabe, dass zur Elektrifizierung von 3000 km schweizerischer Normalspurbahnen, ohne das Rollmaterial, pro km durchschnittlich ein Kapitalaufwand von 150 000 Fr. erforderlich sei, und dass die *entsprechenden* Zugförderungskosten für 3000 km jährlich etwa 40 Millionen Fr. betragen dürften, während man beim Dampfbetrieb nur mit jährlich etwa 30 Millionen Fr. rechnen müsste. Da wir damals für die durchaus nicht einheitlich gleich elektrifizierungswürdigen 3000 km mit einem Kohlenpreis von Fr. 30 pro Tonne rechneten, so ergibt sich, im Sinne des nachstehend benutzten, der Vorlage der S. B. B. entnommenen Kriteriums der Wirtschaftlichkeit der Elektrifizierung, folgender „Paritätspreis“ der Kohle:

$$30 \frac{40\,000\,000}{30\,000\,000} = 40 \text{ Fr. pro Tonne (1913).}$$

Dabei hatten wir im Jahre 1913 für die 3000 km einen Zukunftsverkehr vorausgesetzt, der denjenigen von 1911 um rund 30 % übertreffen sollte.

Die erwähnte Vorlage der S. B. B.[3]) gibt nun, für ein im Jahre 1926 als erfüllt vorausgesetztes Elektrifikationsprogramm, dessen Einzelheiten und dessen Einzelheiten und Streckenbestand, von total 877 elektrifizierten km Baulänge, aus Abbildung 1 ersichtlich sind, eine Aufstellung der Elektrifizierungskosten, die ohne Rollmaterial und ohne Brückenverstärkungen folgende Beträge erreichen:

Iselle-Sitten[4])	Fr.	6 500 000
Scherzligen-Bern	„	6 500 000
Zentral- und Ostschweiz bis Ende 1922 .	„	176 000 000
Zentral- und Ostschweiz 1922 bis 1926 .	„	64 000 000
Westschweiz bis Ende 1922	„	36 000 000
Westschweiz 1922 bis 1926	„	61 000 000
Zusammen	Fr.	350 000 000

Die Aufwendungen pro km folgen damit zu:

$$\frac{350\,000\,000}{877} = \sim 400\,000 \text{ Fr./km.}$$

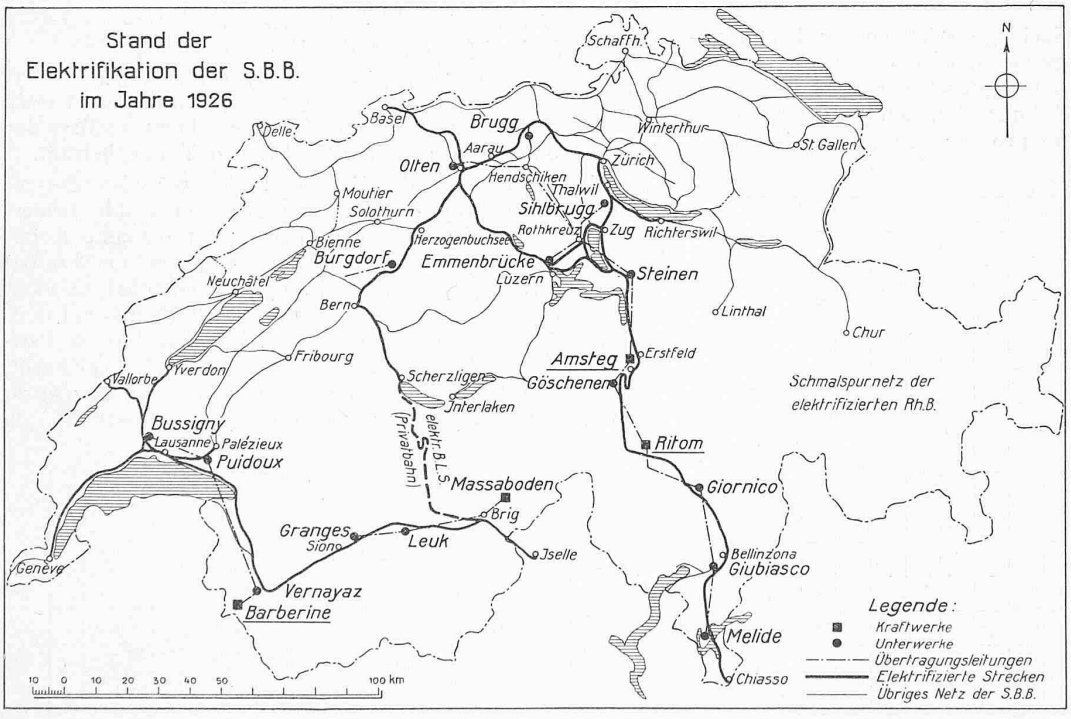


Abb. 1. Uebersichtskarte der bis heute ausgeführten bezw. beschlossenen S. B. B.-Elektrifikation auf Ende 1926 (877 km).

Gegenüber unserer Schätzung von 1913 ergäbe sich also ein Verteuerungs-Faktor von $\frac{400\,000}{150\,000} = 2{,}67$ wenn die bis Ende 1926 zu elektrifizierende Baulänge von 877 km gleiche Durchschnittskosten erwarten liesse, wie die etwa bis 1950 zu elektrifizierenden 3000 km Bundesbahn- und Privatbahn-Strecken, für die wir 1913 unsere Schätzung vornahmen. Dies ist nun nicht der Fall und zwar auch schon deshalb nicht, weil in den genannten 877 km die doppelspurigen und Schnellzug-Strecken unverhältnismässig stark ins Gewicht fallen. Es kommt dies übrigens auch im bisherigen Dampfbetrieb zum Ausdruck, indem die genannten 877 km am Gesamtkohlenverbrauch der S. B. B. vom Jahre 1913, im Betrage von 701 053 t, einen Anteil von etwa 46 % aufweisen, während ihre Streckenlänge nur etwa 32 % der damaligen Gesamt-

[1]) Vergl. Seite 163 von Band 80 (am 30. September 1922).

[2]) Seite 86 von Band 61 (am 15. Februar 1913).

[3]) Entwurf der Generaldirektion vom 29. August und der ständigen Kommission vom 12. September 1922.

[4]) Diese Strecke wird vorläufig (Brig-Sitten als «Notelektrifikation») mit Drehstrom, alle übrigen werden mit Einphasenstrom betrieben.

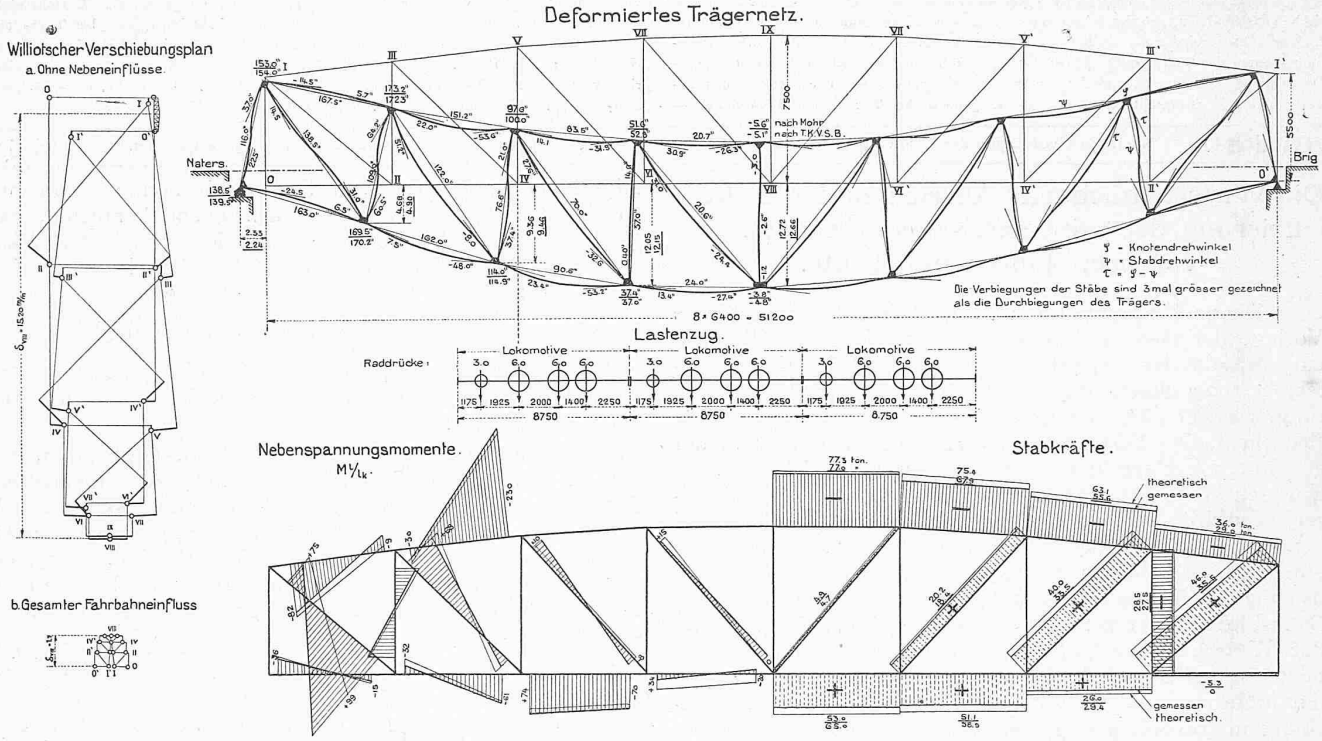


Abb. 23. Brücke über die Rhone in Brig, Kt. Wallis. — Brig-Furka-Disentis-Bahn. — Stützweite 51,2 m, Eisengewicht 158 t.
Gemessene und theoretische Stabkräfte und Nebenspannungsmomente, sowie deformiertes Hauptträgernetz, entsprechend einer Belastung durch drei Lokomotiven.
Durchbiegungen: 1 mm = 1,2 mm Durchbiegung. — Momente: 1 mm = 15 cmt. — Stabkräfte: 1 mm = 10 t.

Streckenlänge der S. B. B. beträgt. Weiter sind wesentliche Teile der Anlagen für die bis Ende 1926 zu elektrifizierenden Strecken zur Zeit der stärksten, heute in dem Masse bereits überwundenen Teuerung erstellt worden.

Angesichts dieser Sachlage schätzen wir heute, unerwartete zukünftige Preisgestaltungen natürlich vorbehalten, die Elektrifizierungskosten für 3000 km, ohne Brückenverstärkungen und ohne Rollmaterial, auf durchschnittlich Fr. 250 000 bis Fr. 275 000 pro Kilometer, je nachdem die Extra-Ausgaben während der extremen Teuerungszeit endgültig abgeschrieben oder in den Conti weitergeschleppt werden; dies führt auf Verteuerungsfaktoren von:

$$\frac{250\,000}{150\,000} = 1{,}67 \text{ bis } \frac{275\,000}{150\,000} = 1{,}83$$

bezw. auf „Paritätspreise" der Kohle von

(1,67 bis 1,83) 40 Fr./t = 67 bis 74 Fr./t,

bei gleichem Verkehr, d. h. bei einem gegenüber 1911 etwa um 30 % gesteigerten Verkehr. Dazu sei bemerkt, dass der jetzige Kohlenpreis ungefähr 60 Fr. pro Tonne beträgt.

In der Vorlage der S. B. B. finden wir über die zukünftige Gestaltung der Paritätspreise der Kohle bemerkenswerte, durch unsere der Vorlage entnommene Abbildungen 2 und 3 veranschaulichte Angaben für Linien, bezw. für Netze, von minimal 225 bis maximal 967 km. Dabei ist auch die Abhängigkeit des, übrigens auf teilweise anderer und genauerer Grundlage berechneten, Paritätspreises von der Grösse des Verkehrs deutlich gemacht, wobei als Verkehrseinheit der Verkehr vom Jahre 1913 zu Grunde gelegt wurde, der um etwa 7 % grösser ist, als

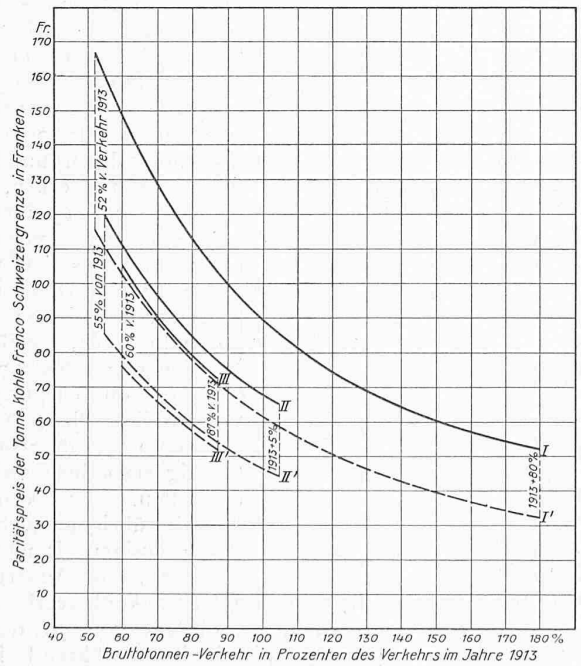


Abb. 2. Paritätspreis der Kohle für verschiedene Verkehrsmengen, und zwar Netz I für elektrischen Betrieb Chiasso-Luzern (225 km) allein, mit den Kraftwerken Ritom, Göschenen und Amsteg, — Netz II wie Netz I, dazu elektr. Betrieb der Linien Goldau-Zug, Immensee-Rothkreuz, Luzern-Zürich und Luzern-Basel (395 km), — Netz III wie Netz II, dazu Linien Thalwil-Richterswil und Zürich-Bern (534 km). — Kurven I, II, III, I' II'' III''' wie für Abb. 3.

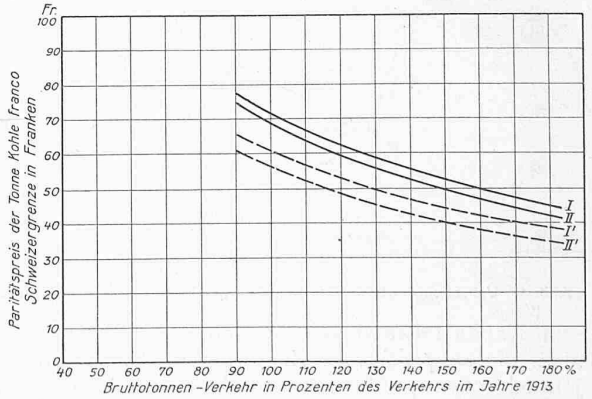


Abb. 3. Paritätspreis der Kohle für verschiedene Verkehrmengen eines Netzes von 967 km Länge.
I u. II: Paritäspreise auf Grund der für fertige Arbeiten bis heute gemachten effektiven Ausgaben und der heutigen Preise für neu zu erstellende Anlagen.
I' u. I': Paritätspreise, die sich ergeben würden, wenn sämtliche Anlagen mit Inbegriff der fertigen zu heutigen Preisen hätten erstellt werden können.

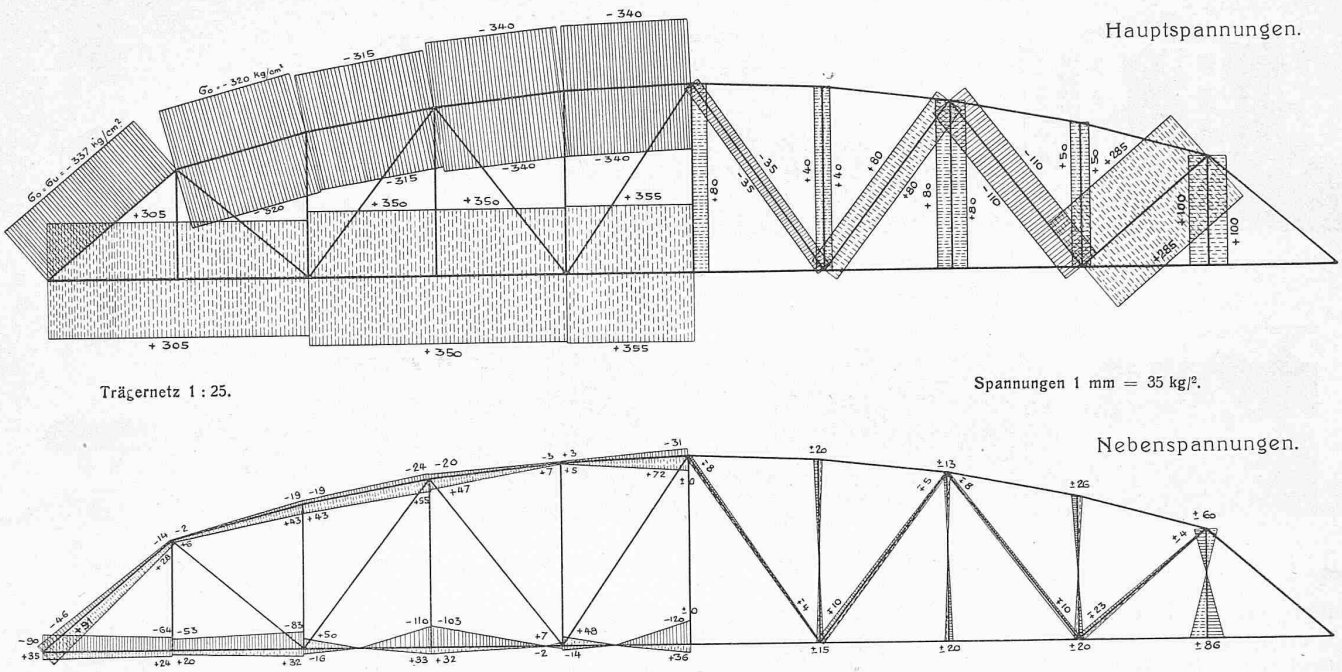


Abb. 24. Reussbrücke Fluhmühle bei Luzern. — S. B. B. Luzern-Zürich. — Stützweite 47,10 m, Eisengewicht 150 t.
Theoretische Haupt- und Nebenspannungen, entsprechend der gleichen Belastung von drei Lokomotiven wie in Abb. 19.

der Verkehr vom Jahre 1911, von dem bis anhin hier die Rede war. Die gemeinsamen Grundlagen, auf denen die Paritätspreise laut den Abbildungen 2 und 3 berechnet wurden, sind ein Zinsfuss des Elektrifikationskapitals von 5 % und Unterhaltungskosten der elektrischen Lokomotiven, die gleich 75 % derjenigen der Dampflokomotiven sind; in Abbildung 2 ist einheitlich angenommen, dass 85 elektrische Lokomotiven 100 Dampflokomotiven ersetzen, während in Abbildung 3 die Kurven I und I′ dieses selbe Verhältnis 85 : 100, die Kurven II und II′ dagegen ein Verhältnis 80 : 100 berücksichtigen [1]). Wir bemerken, dass nirgends optimistisch in dem Sinne gerechnet wurde, dass der elektrische Betrieb etwa als besonders günstig dargestellt erschiene; dagegen ist festzustellen, dass die in den Abbildungen 2 und 3 berücksichtigten Strecken im wesentlichen durch relativ guten Verkehr und weitere besondere Elektrifizierungswürdigkeit gekennzeichnet sind, was bei weitem nicht für alle oben in Betracht gezogenen 3000 km eines normalspurigen Bundesbahn- und Privatbahn-Netzes zutreffen würde.

Zum Schlusse sollen hier aus der Vorlage der S. B. B. noch die folgenden Feststellungen wiedergegeben werden: „Betriebstechnisch hat sich die elektrische Zugförderung durchaus bewährt. Die gehegten Erwartungen wurden in mancher Hinsicht übertroffen. Die Störungen des Zugsverkehrs sind nicht häufiger als beim Dampfbetrieb. Reisende und Personal empfinden den Wegfall des Rauchs als grosse Annehmlichkeit und hygienischen Fortschritt. Die Reinhaltung des gesamten Rollmaterials wird wesentlich erleichtert und die Lebensdauer aller bei einer Bahn so reichlich vorhandenen Eisenteile, wie Oberbau, Brücken, Perrondächer, Wagen u. drgl. verlängert. Die Leistung der Arbeiter, die den Unterhalt der Geleise in den Tunneln besorgen, hat erheblich zugenommen, was sich namentlich auf der Gotthardlinie vorteilhaft geltend macht.“ An anderer Stelle heisst es: „Der elektrische Betrieb bedeutet einen grossen Fortschritt auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens.“ —. Dieses Urteil, und von so massgebender und zurückhaltender Seite, nimmt man besonders gerne zur Kenntnis. *W. Kummer.*

[1]) Das in Abb. 3 berücksichtigte Netz umfasst ausser dem Netz III der Abb. 2 noch die Strecken: Richterswil-Ziegelbrücke, Rothkreuz-Rupperswil, Brugg-Pratteln, Zürich-Winterthur-St. Gallen-Rorschach, Uznach-Wil, Zürich-Meilen-Ziegelbrücke, Zürich-Schaffhausen, Winterthur-Romanshorn-Rorschach und Giubiasco-Locarno.

Nebenspannungen infolge vernieteter Knotenpunkt-Verbindungen eiserner Fachwerk-Brücken.

Bericht der Gruppe V der T. K. V. S. B.
erstattet von Ing. *M. Roš*, Baden, Sekretär der T. K. V. S. B.

(Schluss von Seite 45.)

VI. Der Einfluss der Nachgiebigkeit der Knotenbleche und Stabanschlüsse oder des Lastangriffes selbst lässt sich, da dies in genauer Weise unmöglich ist, nur angenähert dadurch berücksichtigen, dass man die an den theoretischen Stabenden berechneten Momente im umgekehrten Verhältnis der wirklich freien (zwischen den Knotenblechen gemessenen) zur theoretischen Stablänge vergrössert und diese Werte als an den Anschlusstellen des Stabes an die Knotenbleche wirkend annimmt.

VII. Exzentrizitäten in der Zusammenführung der Stabschweraxen in den theoretischen Knotenpunkten wirken fast stets vergrössernd auf die Momente der Nebenspannungen. Nur in seltenen Fällen lässt sich durch eine exzentrische Zusammenführung der Fachwerkstäbe eine Verminderung der Nebenspannungen erreichen. Exzentrizitäten der Stabschweraxen sind daher zu vermeiden. Ist aus konstruktiven Gründen eine genaue Zentrierung der Stabschweraxen nicht möglich, so lässt sich stets eine derartige Zusammenführung der Stabaxen erreichen, dass, entsprechend der ungünstigsten Belastung, keine exzentrischen Wirkungen der Stabkräfte auftreten.

Die fest vernieteten, steifen Knotenpunkte wirken stets in günstigem Sinne, die Momente verteilend, die Spannungen vermindernd. Bei Stäben z. B., deren Schweraxen exzentrisch zu den Axen des theoretischen Netzes liegen, werden die Kräfte, dank den Momenten aus steifen Knotenpunkt-Verbindungen, immer gegen die Stabschweraxen hin verschoben. Das Gesetz von der Selbsthülfe und der lastverteilenden Wirkung eiserner Tragwerke gelangt hier in ausgesprochener Weise zur Geltung.

VIII. Ueberschreiten infolge der steifen Knotenverbindungen die Beanspruchungen in den äussersten Randfasern der Stäbe, beziehungsweise in den Anschlüssen der Stäbe an die Knotenbleche die Proportionalitätsgrenze, so nehmen die Nebenspannungen, insbesondere nach der Ueberschreitung der Elastizitäts- beziehungsweise der Fliessgrenze rasch ab, das heisst, sie wachsen nicht mehr proportional mit den Hauptspannungen. Die Nebenspannungen sind