Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97/98 (1931)
Heft: 5

Artikel: Belastungsversuche am Wiesener Viadukt der Rhätischen Bahn
Autor: Roš, M.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-44725

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: 25.11.2025

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

INHALT: Belastungsversuche am Wiesener Viadukt der Rhätischen Bahn. — Ueber den Ausbau der Elektrizitätswerke in Deutschland. — Wettbewerb für eine zweite Aarebrücke in Aarau. — Eidgenössisches Amt für Wasserwirtschaft, 1930. — Zum 1. August. — Mitteilungen: Personen-Seilschwebebahn mit intermittierendem Ringbetrieb. Höchstspannungskabel mit Oelfluss im Innern. Zweistoff-Kühlanlagen. Die Aufteilung leerstehender Grosswohnungen. I. Kongress des „Neuen Internationalen Verbandes für Materialprüfungen" in Zürich, 6. bis 12. September 1931. — Wettbewerbe: Primarschulhaus in Täuffelen. Bebauungsplan für Renens und die angrenzenden Gebiete. — Literatur: Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen 1930. Eingegangene Werke. — Mitteilungen der Vereine.

Band 98 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 5

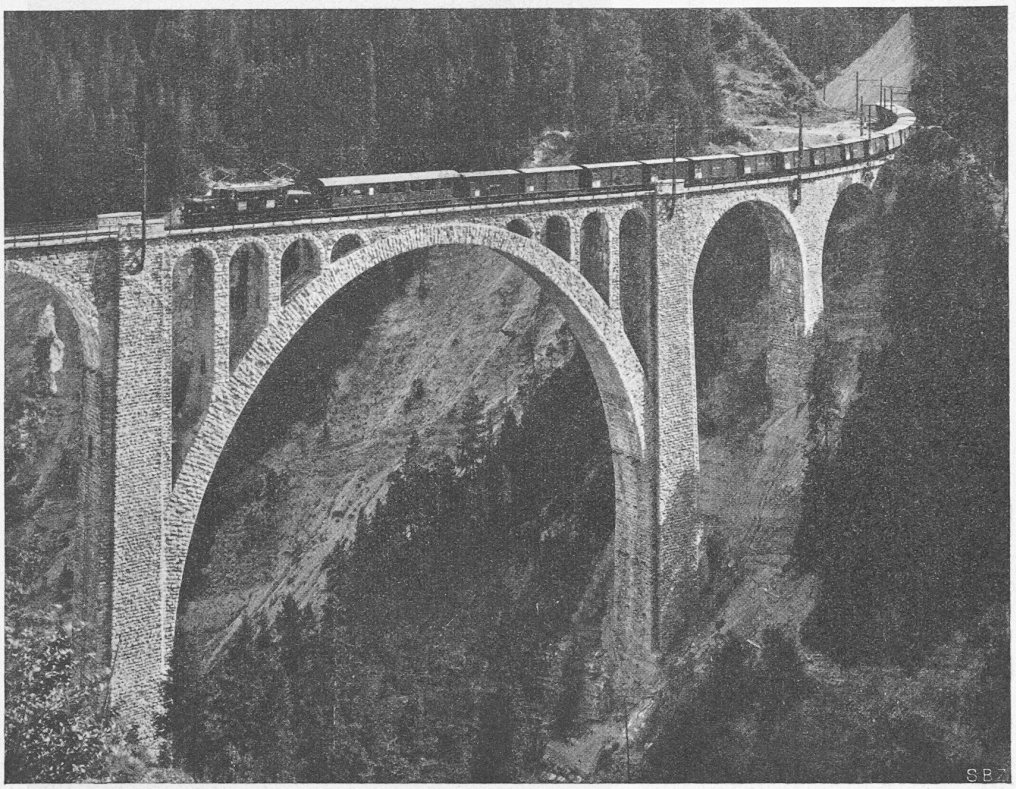

Abb. 1. Der Wiesener Viadukt der Rhät. Bahn über das Landwasser. Ansicht aus Norden.

Belastungsversuche am Wiesener Viadukt der Rhätischen Bahn.

Von Prof. Dr. M. ROŠ, Direktor der E. M. P. A., Zürich.

Die grösste gewölbte Brücke der Rhätischen Bahn, der über die 90 m tiefe Landwasserschlucht 55 m weit gespannte steinerne Hauptbogen des Wiesener Viaduktes zwischen Davos und Filisur (Abb. 1 bis 3) ist unter Leitung des Berichterstatters am 21. November 1929, nach 20-jährigem Betrieb, eingehenden Belastungsversuchen unterworfen worden. Die äusserst gründliche statische Berechnung auf Grund der Elastizitätstheorie, die strenge Kontrolle der Baumaterialien und die sehr sorgfältige bauliche Ausführung[1]) bilden eine besonders zuverlässige Grundlage für die Ueberprüfung des elastischen Verhaltens von steinernen Brücken, und namentlich aus diesen Gründen sind die Ergebnisse dieser Belastungsversuche wertvoll. Sie bilden, neben Angaben, die sich auf den Bau, die Ausführung und die Baustoffe beziehen, den Gegenstand des vorliegenden Berichtes.

*

A. BAULICHE ANGABEN, AUSFÜHRUNG, BEANSPRUCHUNG.

Die allgemeine Anordnung des Wiesener Viaduktes mit den lichten Weiten der Gewölbe entspricht einer Skizze von Prof. Dr. F. Hennings. Das Ausführungsprojekt, die statische Berechnung des steinernen Viaduktes und des Holzgerüstes, sowie die örtliche Bauleitung des Wiesener Viaduktes waren Ingenieur Hans Studer, Zürich, damals Sektionsingenieur der Rh. B. anvertraut. Das kühne Gerüst (Abb. 4) war nach dem Projekte von Ing. G. Marasi, Oberingenieur der Bauunternehmung A.-G. Davos-Filisur, durch den bekannten Gerüstbauer R. Coray, damals noch in Trins, jetzt in Chur, erstellt.

Die 1906/1907 erstellten Fundamente des grossen Bogens lagern auf kompakten Felsen aus Muschelkalk. Die Fundamente sind in rauhem Bruchsteinmauerwerk, die Pfeiler und der Aufbau über dem grossen Gewölbe in häuptigem Bruchstein, und zwar in den untern Fundamentpartien in Zementmörtel 1 : 6, im übrigen in Kalkmörtel 1 : 4 erstellt, wozu gewaschener Sand verwendet wurde. Die Sichtflächen des grossen Gewölbes sind aus Schichtstein-Mauerwerk in regelmässiger Einteilung aus Gneis- und Granitfindlingen aus dem Landwassertal, namentlich vom Schmelzboden herstammend. Das Gewölbe besteht aus Betonsteinen von 50×25 cm Lagerfläche und 15, 17, 19, 21 und 25 cm Stärke, mit Fugen in erdfeuchtem Zementmörtel ausgestopft.

Die Mauerung des Gewölbes erfolgte bis zu einer Neigung der Gewölbefugen gegen die Horizontale von 35° in voller Stärke, von da ab in drei Ringen. Der erste Ring war so stark bemessen, dass er sich selbst und den zweiten Ring zu tragen vermochte. Bis zum Schluss des ersten Ringes, dessen Stärke zur Gesamtstärke des Gewölbes sich wie 1 : 2,25 verhielt, senkte sich das mit einer zulässigen Spannung von 60 kg/cm², einem Elastizitätsmodul von E = 100 000 kg/cm² und einer zehnfachen Knicksicherheit für das halbe Gewölbegewicht berechnete und in Tannenholz im Jahre 1908 erstellte Holzgerüst im Scheitel um 110 mm auf der Oberwasserseite, um 90 mm auf der Unterwasserseite, somit im Mittel um 100 mm, genau der eingeschätzten Gerüstüberhöhung entsprechend. Nach erfolgtem Schluss des ersten Ringes zeigten sich keine weiteren, praktisch wahrnehmbaren Gerüstsenkungen.

Das auf guten Felsen sich stützende steinerne Gewölbe wurde als fest eingespannter Bogen äusserst sorgfältig und eingehend auf Grund der Elastizitätstheorie nach dem von Prof. Dr. W. Ritter entwickelten Verfahren der Culmann'schen Elastizitätsellipse berechnet, wobei die elastische Verformung des ganzen Gewölbes von Fels- zu Felswiderlager berücksichtigt wurde.[1]) Der Einfluss der Aufbauten — Gewölbe, Pfeiler, Stirnwände — wurde bei der Berechnung richtigerweise nicht berücksichtigt, da diese für den überwiegenden Einfluss der ständigen Last nur als Auflast (ohne entlastende Wirkung) auf das Hauptgewölbe wirken und der Einfluss der Verkehrslast, die auf das aus dem Hauptbogen und den Aufbauten bestehende, hoch-

[1]) Siehe Band 53, Seiten 319 und 336 von Obering. P. Saluz, und Bd. 54, Seite 3 von Ing. H. Studer (Juni/Juli 1909).

[1]) Und zwar unter Einbezug der beiden Hauptpfeiler. Dem Projektverfasser war damals nicht bekannt, dass diese Lösung des Problems von Prof. C. Guidi in Turin schon 1904 vorgeschlagen worden war. Es sei in diesem Zusammenhang auf die Korrespondenz in Bd. 87, 1926, S. 10, hingewiesen. Red.

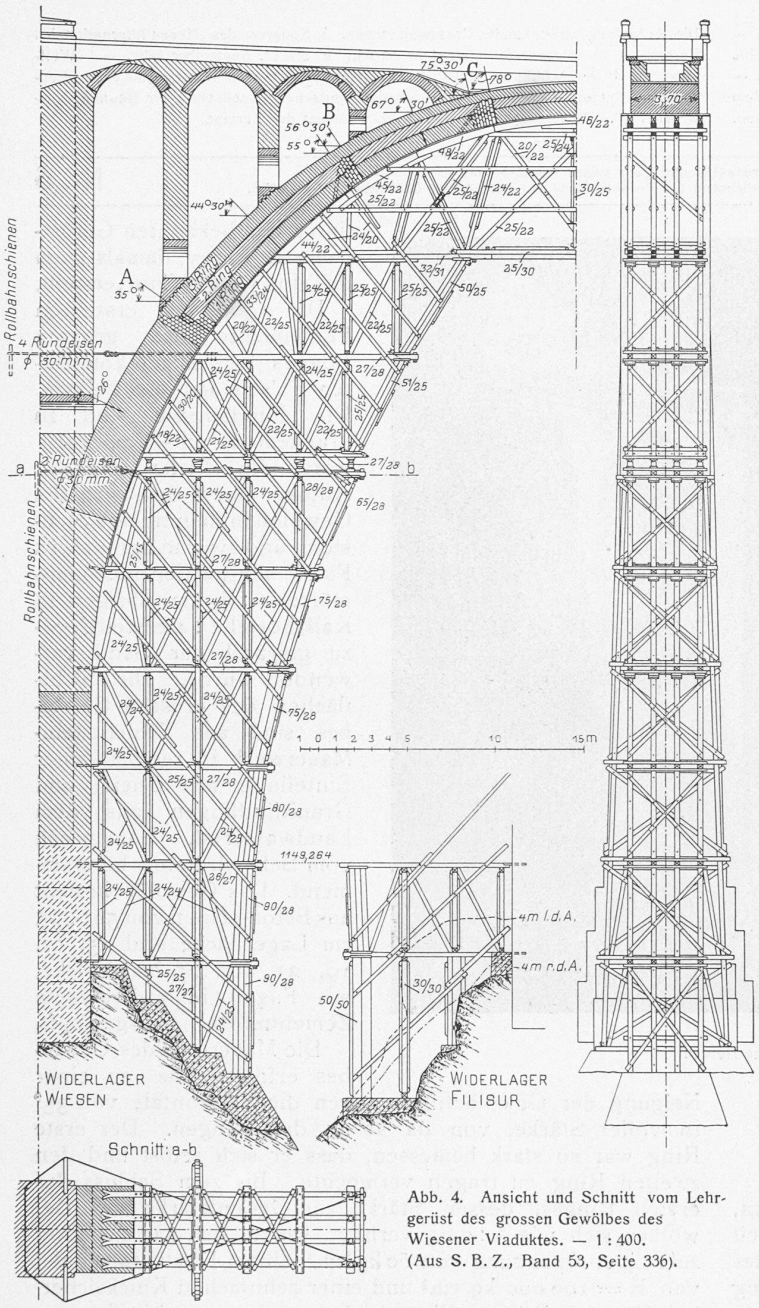

Abb. 4. Ansicht und Schnitt vom Lehrgerüst des grossen Gewölbes des Wiesener Viaduktes. — 1 : 400. (Aus S. B. Z., Band 53, Seite 336).

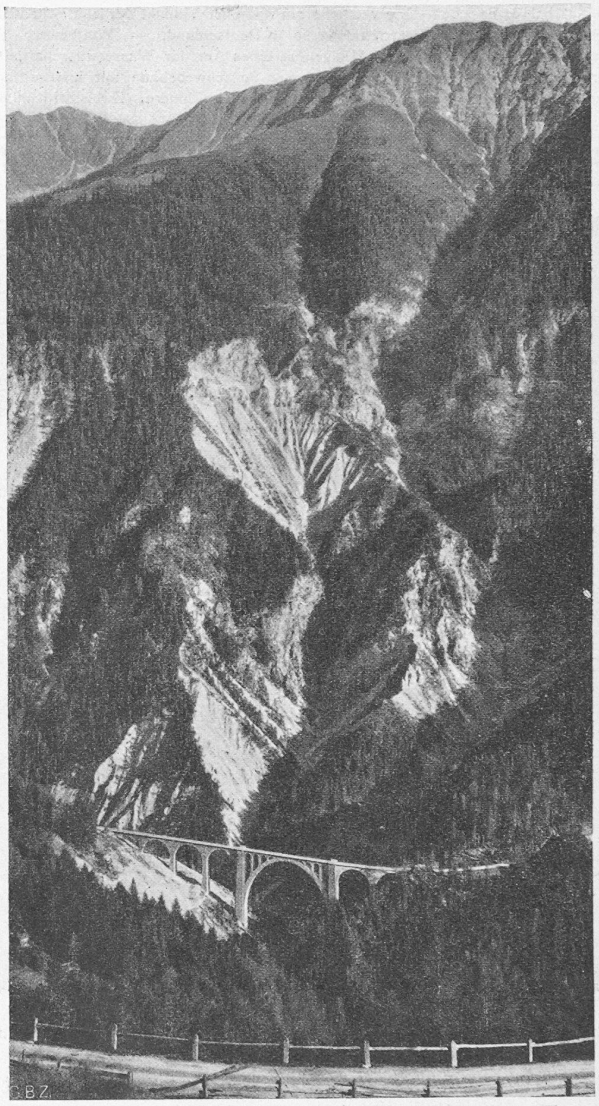

Abb. 2. Der Wiesener Viadukt aus Nordwest, von der Poststrasse aus.

gradig statisch unbestimmte Traggebilde einwirkt, gering ist (in ungünstigster Laststellung schätzungsweise nur $^1/_5$ der ungünstigsten Spannungen). Die endgültige Gewölbeform entspricht einem nach der Elastizitätstheorie berechneten Gewölbe, für das sich die aus der ganzen ständigen und halben, gleichmässig auf die ganze Spannweite des Gewölbes verteilten Verkehrslast (Tolkmit'sche Normallast) ergebende Drucklinie mit der Mittellinie des Gewölbes zusammenfällt, bezw. sich dieser eng anschmiegt.[2])

Die statische Berechnung berücksichtigt die Einflüsse des gesamten Eigengewichtes der auf nur die eine Hälfte und sodann auf die ganze Länge des Gewölbes wirkenden Verkehrslast, eines Wärmewechsels von $\pm 35^0$ C über der mittlern Ortstemperatur von $+ 10^0$ C (Temperaturen: max. $+ 45^0$ C, min. $- 25^0$ C), des winkelrecht und schräg unter 45^0 auf die Brückenaxe wirkenden Winddruckes von 100 bezw. 150 kg/m², und der Bremskraft mit $^1/_6$ aller Achsgewichte. Die so errechneten Grenzwerte der Druckspannungen betragen 0,51 kg/cm² (äussere Bogenleibung) und 23,56 kg/cm² (innere Bogenleibung); Zugspannungen treten rechnerisch im Gewölbe nirgends auf.

[2]) Es dürfte sich hier um die erste Ausführung eines der Drucklinie angepassten *gemauerten* Gewölbes handeln. Red.

Diese Angaben sind den Berichten in der „S. B. Z." [1]) von Oberingenieur P. Saluz „Die Bahnlinie Davos-Filisur" und von Ing. Hans Studer, Zürich, damaliger Bauführer des III. Loses der Rhätischen Bahn „Statische Berechnung des grossen Bogens am Wiesener Viadukt", sowie „Steinerne Brücken der Rhätischen Bahn" [3]) entnommen.

B. MATERIALTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN.

Die Betonsteine des grossen, 55 m weit gespannten Gewölbes weisen folgende Zusammensetzung auf: Zementdosierung 300 kg/m³ auf 550 l Sand (max. Korngrösse 4 mm) und 1000 l Kies (max. Korngrösse 25 mm), somit $\sim$ 250 kg Portlandzement pro m³ fertigen Beton; Konsistenz erdfeucht, Stampfbeton. Kies- und Sandmaterial waren von tadelloser Beschaffenheit. Der Portlandzement wurde von Ing. Borner & Cie., Wallenstadt, geliefert. Die erdfeuchten Normenkörper 1 : 3, in Wasser von $+ 15^0$ C gelagert, ergaben als Festigkeiten:

Alter Tage	7	28
Würfeldruckfestigkeit kg/cm²	326	426

Die in feuchter Luft (Wiesener Tunnel II) gelagerten und sodann in der Eidg. Materialprüfungsanstalt erprobten Würfel des Gewölbebeton wiesen folgende Mittelwerte auf:

Alter Tage	10	28	100	240
Würfeldruckfestigkeit kg/cm²	261	391	435	479
Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert in %	+7 / −4	+20 / −17	+25 / −20	+14 / −18

Insgesamt waren 78 Würfel erprobt worden.

[3]) „Schweizerische Ingenieurbauten in Theorie und Praxis" — Erster Internationaler Kongress für Brückenbau, Zürich 1926. Red.

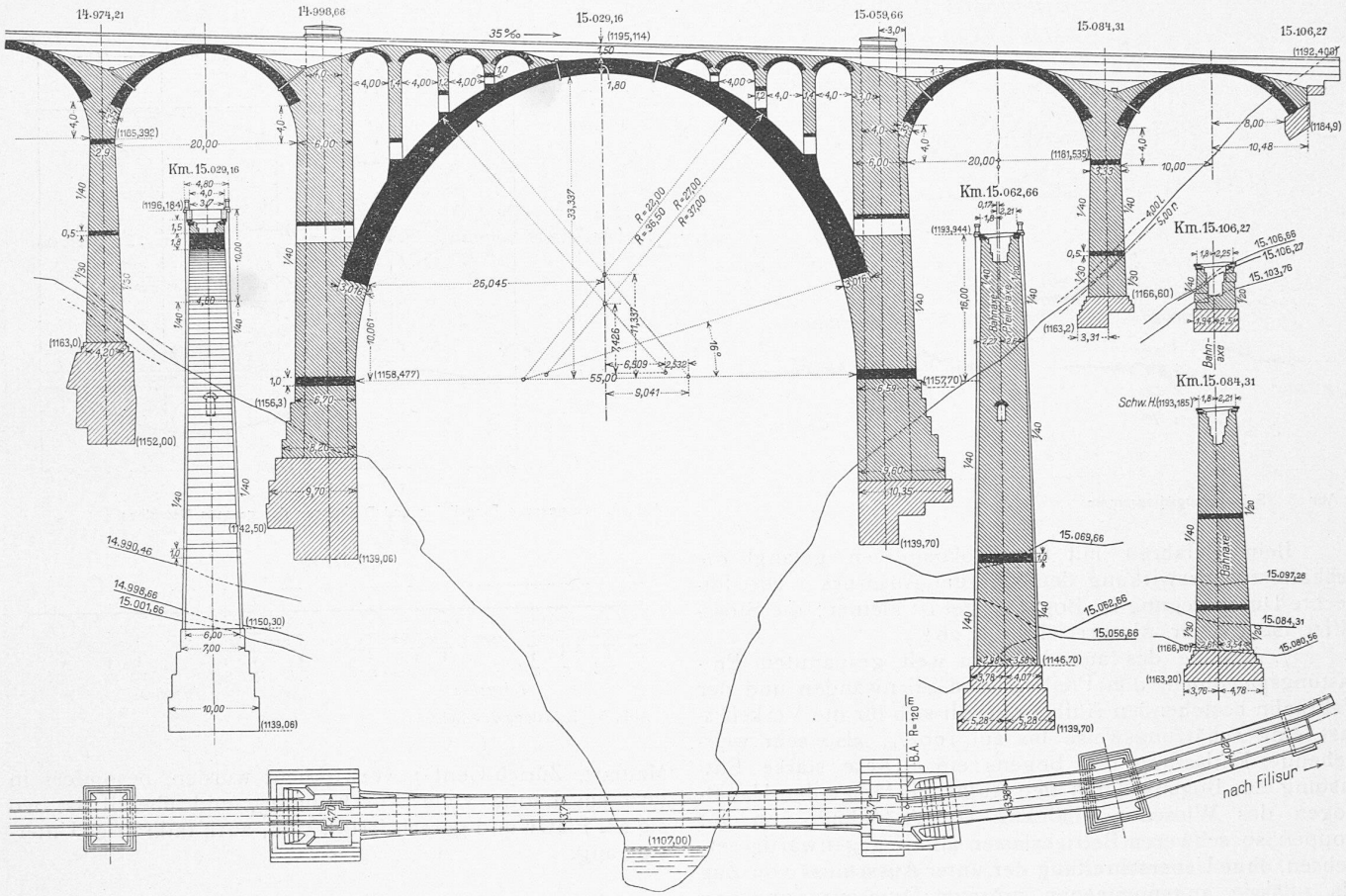

Abb. 3. Draufsicht, Längs- und Querschnitte des Mauerwerkkörpers des Wiesener Viaduktes. — Masstab 1 : 750. — (Wiederholt aus „S. B. Z." Band 53, Seite 321).

Die Verwendung der Betonsteine durfte erst nach einem Alter von zwei Monaten erfolgen.

Aus diesen Betonsteinen von 50 × 25 cm Lagerfläche und 15 bis 25 cm Stärke wurde das Gewölbe in Zementmörtel nur bis zum Anschluss an die Hauptpfeiler erstellt, die in häuptigem Bruchstein mit hydraulischem Kalkmörtel 1 : 4 gemauert wurden. Die Sichtflächen des grossen Gewölbes sind, wie bereits hervorgehoben, in Schichtsteinmauerwerk in Zementmörtel 1 : 6 ausgeführt. Der hydraulische Kalk, der Druckfestigkeiten des Baumörtels 1 : 4 in erdfeuchter bezw. schwach plastischer Konsistenz, im Alter von 28 Tagen, von 90 bis 100 kg/cm² aufgewiesen hatte, stammte gleichfalls von den Zementwerken Ing. Borner & Cie., Wallenstadt, her. Die Bindemittel wurden durch häufige Bauproben kontrolliert und an der Eidg. Materialprüfungsanstalt eingehenden Untersuchungen unterzogen.

C. ERGEBNISSE DER BELASTUNGSVERSUCHE.

Die Messergebnisse der Belastungsversuche mit dem aus zwei elektrischen Lokomotiven bestehenden, 26,6 m langen und 132 t schweren Belastungszug (Abb. 5) sind für die drei Grundstellungen — Belastungszug im Viertel Wiesen, im Bogenscheitel und Viertel Filisur — für die lotrechten Durchbiegungen in Form von Biegelinien des Bogens mit Angabe der gemessenen Drehungen (Abb. 6), für die Spannungen als Spannungsdiagramme im Bogenscheitel, Bogenviertel und Kämpfer Wiesen (Abb. 7) und für die Schwingungen als Schwingungsdiagramme für den Bogenscheitel und Bogenviertel Wiesen für zwei bezw. drei über den Viadukt mit 50 bis 60 km/h dahinfahrende, elektrische Lokomotiven (Abb. 8) veranschaulicht. Um die Verarbeitung der Versuchsergebnisse hat sich Ing. A. Eichinger, wissenschaftlicher Mitarbeiter der E. M. P. A., besonders verdient gemacht; es sei ihm dafür auch hier gedankt.

Die Versuchsergebnisse führen zu nachfolgenden *Feststellungen:*

1. Den Eigenheiten zwischen Spannung (Druck) und Verformung (Zusammenpressung) von Mauerwerkskörpern unter Berücksichtigung des Alters, Rechnung tragend, zeigte das grosse Gewölbe des Wiesener Viaduktes ein elastisches Verhalten. Biegelinien, Drehungen, Spannungen weisen einen für Mauerwerkskörper sehr regelmässigen, der Elastizitätstheorie entsprechenden Verlauf auf. Für Stellungen des Belastungszuges über den Gewölben der Zufahrten (Lichtweite 20 m) waren zwar sehr geringe, jedoch deutlich wahrnehmbare Verformungen des Mittelgewölbes feststellbar. Die Seite Wiesen zeigt sich elastisch empfindlicher als die Seite Filisur.

2. Die grössten lotrechten Durchbiegungen betragen

im Bogenscheitel	Senkung	+ 0,33 mm
	Hebung	— 0,05 mm
im Bogenviertel Wiesen	Senkung	+ 0,30 mm
	Hebung	— 0,10 mm

3. Die grössten positiven Drehungen erreichen 7 Winkelsekunden und die grössten negativen Drehungen 3 Winkelsekunden alter Teilung. Die Werte sind klein, aber dem Sinne nach einwandfrei beobachtet.

4. Die Spannungsdiagramme in den drei Grundstellungen des Belastungszuges zeigen der elastischen Theorie des eingespannten Bogens entsprechende Vorzeichen. Der Spannungswechsel am Kämpfer und im Bogenviertel Wiesen tritt in ausgeprägter Weise in Erscheinung.

Die Grösstwerte der gemessenen Spannungen im Bogen bewegen sich in Grenzen von 2,5 bis 5,1 kg/cm². Im Aufbau über dem Scheitel wurden als grösste Druckspannung 9,6 kg/cm² gemessen. Die elastische Dehnungszahl α wurde mit $\alpha = 1/E = 1/500\,000$ absichtlich etwas hoch, also zu ungünstig angenommen.

5. Die Spannungsverteilung im Quersinn des Gewölbes ist eine für Steinbauten ausserordentlich gleichmässige.

6. Der Stosszuschlag J infolge von zwei mit einer Geschwindigkeit von 50 bis 60 km/h hinwegfahrenden elektrischen Lokomotiven bewegt sich zwischen 10 und 15 % und ist für das Bogenviertel grösser ($J \sim 15\,\%$) als für den Bogenscheitel ($J \sim 10\,\%$).

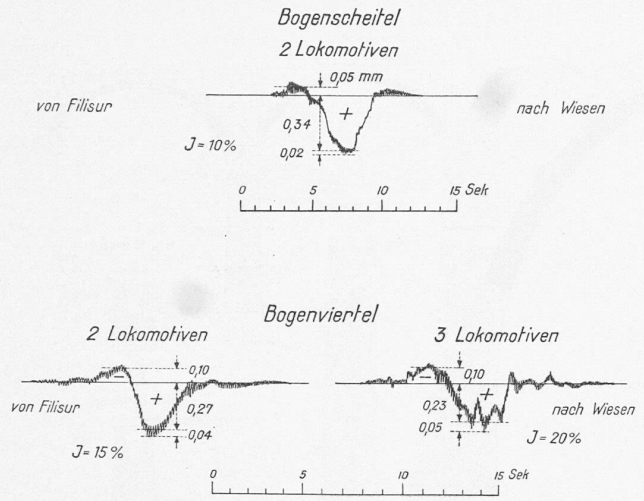

Abb. 8. Schwingungsdiagramme.

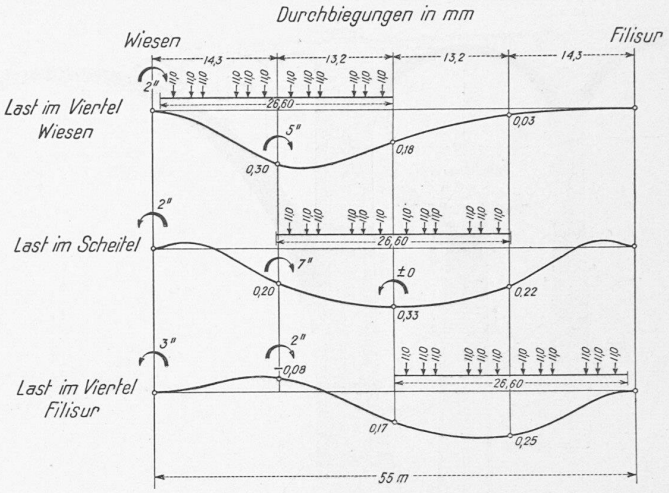

Abb. 6. Gemessene Biegelinien und Drehungen des grossen Gewölbes.

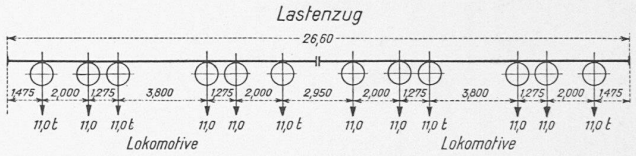

Abb. 5. Belastungszug-Schema.

Beim Befahren mit drei Lokomotiven gelangt die lebhaftere Stosswirkung deutlich zum Ausdruck. Die lotrechte Durchbiegung im Bogenviertel ist kleiner; die Stossziffer ist grösser, sie erreicht $J = 20\,\%$.

7. Zufolge des aus den 4 m weit gespannten Entlastungsgewölben, den Pfeilern, den Stirnwänden und der Fahrbahn bestehenden Aufbaues stellt sich für die Verkehrslast eine schätzungsweise bis auf 100 %, also sehr weitgehende Entlastung des Bogens ein. Diese starke Entlastung des Bogens durch den Aufbau befähigt den Hauptbogen des Wiesener Viaduktes zur Aufnahme von gut doppelt so schweren Betriebslasten als sie gegenwärtig verkehren, ohne Ueberschreitung der unter Ausschluss von Zug als zulässig angenommenen grössten Druckspannung von ~ 30 kg/cm².

D. SCHLUSSFOLGERUNGEN.

I. Auch Bauwerke in Stein, sachgemäss und sorgfältig erbaut, wie dies beim Wiesener Viadukt der Fall war, weisen ein gesetzmässiges, elastisches Verhalten von hoher Empfindlichkeit auf.

II. Die Berechnung nach der Elastizitätstheorie ist gerechtfertigt, vorausgesetzt, dass die materialtechnischen Untersuchungen in ausreichendem Umfange durchgeführt und auf der Baustelle gewissenhaft und ständig nachgeprüft werden, sodann die Bauausführung auf Grundlage theoretischer Erkenntnis und praktischer Erfahrung erfolgt.[4])

III. Durch geeignete Anpassung der Gewölbeform an die *elastische Drucklinie,* auf Grundlage der Elastizitätstheorie, lassen sich namhafte Ersparnisse erzielen. Beim Wiesener Viadukt erreichen nach Untersuchungen des Projekt-Verfassers Ingenieur Hans Studer, Zürich, diese Ersparnisse rund 10 % der Kubatur des grossen Gewölbes und der beiden Hauptpfeiler.

IV. Gestützt auf die bei den steinernen Brücken der Rhätischen Bahn gemachten 17 bis 44 Jahre alten Erfahrungen, über die sich Direktor G. Bener und Oberingenieur O. Bernasconi dahin äussern, dass sich bis heute bei keiner steinernen Brücke der Rhätischen Bahn irgendwelche Defekte zeigten und dass diese unverändert und so dastehen, wie unmittelbar nach der Bauausführung, verdienen die Bestrebungen der letzten Zeit, auch dem bodenständigen Bau gemauerter Brücken gebührende Pflege zuteil werden zu lassen, wie sie auch von den Schweizerischen Bundesbahnen[5]), Oberingenieur J. Solca, Chur[6]), und Ingenieur R. Maillart, Zürich-Genf[7]), verwirklicht wurden, besonders in unserem Lande volle Anerkennung, und überall da, wo sie am Platze und gerechtfertigt sind, auch tatkräftige Unterstützung.

*

Den klassischen Schulen von Moser, Hennings und ihren Nachfolgern, die uns die steinernen Brücken der Rhätischen Bahn bescherten, gilt für die sorgsame Pflege dieser heimatlichen Baukunst heute unser Dank. Insbesondere die Gründlichkeit, Sorgfalt und Liebe, die Ingenieur Hans Studer dem Wiesener Viadukt angedeihen liess, sei unsern jüngern Ingenieur-Kollegen ein Vorbild fachlichen Strebens und Schaffens.

[4]) *M. Roš.* „Ueber die Ursachen der Verbiegungen der steinernen Pfeiler am Sitterviadukt der Bodensee-Toggenburg-Bahn" — Schweizerische Ingenieurbauten in Theorie und Praxis. Erster Internationaler Kongress für Brückenbau und Hochbau, Zürich, September 1926.

[5]) *A. Bühler.* „Die Brückenbauten der Schweizerischen Bundesbahnen in den Jahren 1901 bis 1926" — Schweizerische Ingenieurbauten in Theorie und Praxis (siehe Fussnote 3).

[6]) *M. Roš.* „Neuere Strassenbrücken im Bergell". Beitrag zur Denkschrift anlässlich des 50jährigen Bestehens der Eidg. Materialprüfungsanstalt an der E. T. H., sowie „S. B. Z." Bd. 98, 11. Juli 1931.

[7]) *R. Maillart.* „Die Lorrainebrücke über die Aare in Bern." (Aus Betonquadern gemauert.) Vergl. „S. B. Z.", Bd. 97, Januar 1931.

Ueber den Ausbau der Elektrizitätswerke in Deutschland.

Die Bedürfnisse der Elektrizitätsversorgung grosser Gebiete zwingen in wachsendem Masstab zur Verbundwirtschaft bestehender und zukünftiger Werke und damit, zur Vermeidung von Interessen-Kollisionen und unrationellen Zersplitterungen, zu einer systematischen Behandlung der Ausbauprogramme unter Berücksichtigung aller Landesinteressen. Dr. Oskar von Miller hat daher in seiner Eigenschaft als Mitglied des Reichselektrizitätsbeirates schon im Jahre 1926 einen Energieversorgungsplan für ganz Deutschland angeregt und er wurde in der Folge vom Reichswirtschaftsministerium mit der Aufstellung eines bezüglichen Gutachtens beauftragt,[1]) dem wir folgendes entnehmen.

Zur Beurteilung des Energiebedarfes wurden die Erfahrungen massgebender Funktionäre der in sieben Erhebungsbezirke eingeteilten gesamten Versorgungsgebiete mit 63 Millionen Einwohnern eingeholt; für die Bedarfsziffern des Gutachtens wurden schätzungsweise die Verhältnisse in einem nicht näher angegebenen Zeitpunkt nach 1935, vermutlich etwa 1945, zugrunde gelegt.

Der jährliche Strombedarf ermittelte sich für die

Städte:	34 Mill.	Einwohner	zu	300 kWh	=	10 Milliard.	kWh
Landbezirke:	29 „	„	„	200 „	=	6 „	„
Grossindustrie:	8 „	Arbeiter	„	1 500 „	=	12 „	„
Reichsbahn:	7000 km		„	430 000	=	3 „	„

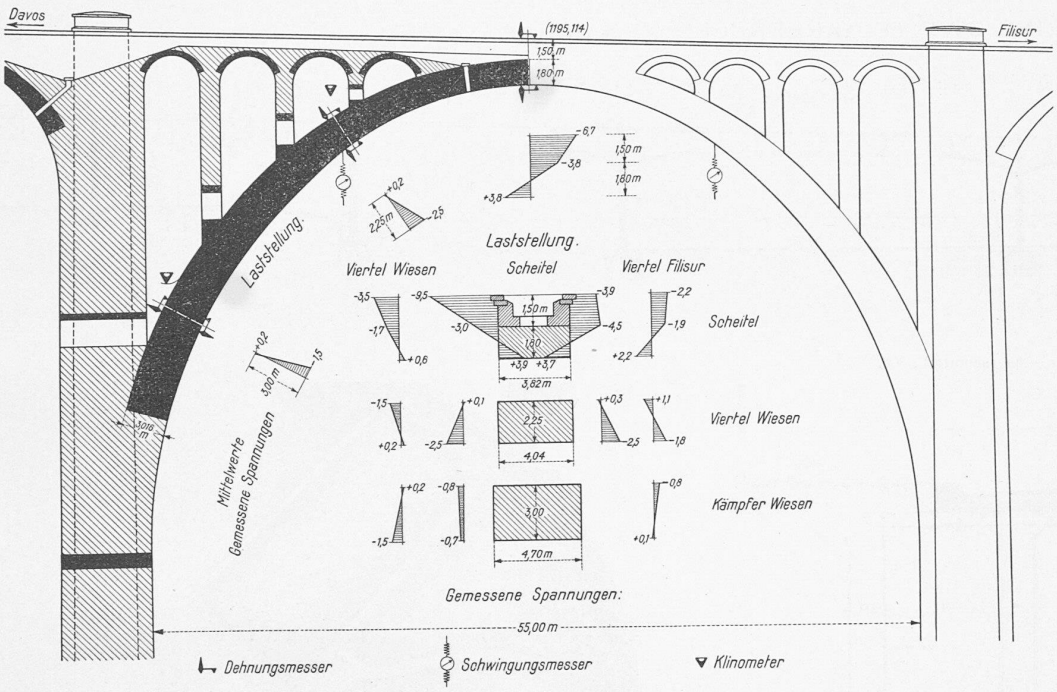

Abb. 7. Am grossen Gewölbe des Wiesener Viaduktes gemessene Gewölbespannungen Seite Wiesen (= Davos).

zuzüglich 3 Milliarden kWh Verluste ergeben sich total 34 Milliarden kWh, entsprechend 492 kWh pro Einwohner und Jahr.

Die Verteilung auf die verschiedenen Verwendungsgebiete wurde dabei wie folgt angenommen

	in Städten	in Landbezirken
Beleuchtung	50 kWh	20 kWh
Haushalt (Kraft und Wärme)	100 „	75 „
Kleingewerbe	50 „	10 „
Strassen- und Stadtbahnen	30 „	—
Städtische Betriebe	35 „	—
Landwirtschaft (Kraft und Wärme)	—	60 „
Verluste in Orts- und Ueberlandleitungen	35 „	35 „
Total	300 kWh	200 kWh

Nach diesen Angaben wird der Stromabgabe für Kraft und Wärme im Haushalt, die heute in Deutschland noch in bescheidenen Grenzen liegt, erhöhte Bedeutung zugemessen, doch erscheinen die bezüglichen Ansätze, wie auch die übrigen Verbrauchsziffern, für eine weitere Zukunft, im Vergleich zum schweizerischen Konsum, der schon 1929 für Motoren, Beleuchtung und Wärmeapparate 590 kWh/Einwohner (Zürich Stadt 890 kWh) betrug, gering. Interessant ist die Ermittlung des Industriestromkonsums auf Grund des Bedarfes pro Arbeiter, der nach den Erhebungen in der Schwer-, Mittel- und Leichtindustrie mit 1500 kWh festgestellt wurde. Auffallend hoch ist der Energiebedarf der Reichsbahn mit 430 000 kWh pro km elektrifizierter Strecke, nachdem die Schweiz. Bundesbahnen z. B. im Jahre 1929 ab Kraftwerk nur 275 600 kWh pro Bahn km und 175 300 kWh pro Geleise-km (ohne Nebengeleise) brauchten. Nachdem der Reichsbahnbedarf aber nur rund 10 % des gesamten zukünftigen Stromverbrauches ausmacht, wird dieser und damit auch der früher errechnete totale Mittelwert von 492 kWh pro Einwohner durch den genannten Umstand nur unbedeutend beeinflusst. Für das Ende einer weitern 15-bis 20-jährigen Ausbauperiode erscheint dieser Wert im Vergleich zu den hiesigen Bedarfsziffern knapp bemessen, indem der Schweiz. Elektrotechn. Verein im Berichtjahre 1926/27 ihn mit 516 kWh und 1929/30 mit 634 kWh pro Einw. feststellt, und zwar ohne die Bedürfnisse der Schweiz. Bundesbahnen. Mit diesen erhöht sich der Bedarf heute auf 750 kWh. In dem Gutachten wird diesem Umstande insofern Rechnung getragen, als für alle Hauptteile der Stromversorgung die Dispositionen so gewählt wurden, dass durch entsprechende organische Ergänzungen auch eine spätere Verdoppelung des Konsums befriedigt werden kann. Vorläufig wurde aber die gesamte Energiebereitstellung auf den ermittelten Bedarf von 34 Milliarden kWh aufgebaut und die erforderlichen Total-Werkleistungen mit 8 500 000 kW bestimmt, woraus sich eine mittlere Benützungsdauer von 3741 Stunden errechnet (Schweiz 1929/30 5608 Stunden). Ueber die Art der Strombeschaffung gibt die untenstehende Zusammenstellung Aufschluss.

Unter Berücksichtigung der Verluste mit rd. 800 000 kW und der Bedarfsangabe von 8 500 000 kW wäre somit eine Reserve von 1 000 000 kW vorgesehen, und es müssen über die schon 1925 bestandenen Kraftquellen noch weitere 5 550 000 kW neu geschaffen werden. Beachtenswert ist, dass die Energiebilanz sich noch nicht auf die Basis eines grosszügigen zwischenstaatlichen Energieaustausches stellt, sondern dass Deutschland in seiner Gesamt-Elektrizitätsversorgung nicht auf ausländische Kräfte angewiesen sein will, die zu bestimmten Zeiten gesperrt werden könnten. Es sind jedoch die Leitungsanlagen und sonstigen Dispositionen so vorgesehen, dass zeitweise Energie aus Auslandwerken bezogen werden kann, insofern diese zu vorteilhafteren Bedingungen liefern können, als die Eigenwerke. Als Bezugsquellen werden genannt die Wasserkräfte vom Vorarlberg mit 300 000 kW (bei Höchstleistung), vom Tirol und der österreichischen Donau mit 490 000 kW und von der Schweiz mit 100 000 kW.

In den vorstehenden Zusammenstellungen ist der Anteil der Braunkohlen- und Torf-Kraftwerke 29,6 %, jener der Kohlen- und Oel-Kraftwerke 43,2 %, was für die kalorischen Anlagen insgesamt 72,8 % ausmacht; die Reichsenergieversorgung stützt sich also in überwiegendem Masse auf kalorische Kraftquellen. Bei dem sonstigen hohen Bedarf an deutscher Kohle für Inland und Export und bei der Möglichkeit sehr bedeutender Steigerungen des angenommenen Energiekonsums bei Konjunkturverbesserungen, wären daher zeitliche Angaben über die mutmassliche Ausbeutefähigkeit der bezüglichen Energieträgervorkommen von Interesse gewesen.

Für die Disposition des Fernleitungsnetzes war massgebend die Notwendigkeit des Transportes der Sommerenergien der im Süden gelegenen Wasserkräfte nach Norden und umgekehrt, bei Rückgang dieser Leistungen im Winter, der Energietransport aus den Kohlengebieten nach Süden, zur Vermeidung teurerer Reservewerke und zur Einschränkung teurerer Kohlentransporte. Es ergab sich eine ringförmige Sammelschine von Stuttgart-Hoheneck über Mannheim, Frankfurt-Kelsterbach, Koblenz, Köln-Brauweiler, Hengstey, Bielefeld, Hannover-Lehrte, Harbke, Zschornewitz, Leipzig-Böhlen, Burgk, Nürnberg und Crailsheim nach Stuttgart zurück, mit den Zufuhrlinien Rhein (Schweiz), Vorarlberg und von Passau, und den Ausläuferlinien Koblenz-Trier, Köln-Wesel-Ibbenbühren-Bremen, Hannover-Hamburg-Rendsburg und Zschornewitz-Berlin-Neustrelitz. Es sind das Durchgangsleitungen für 200 kV mit einer Bemessung der Maste und Leiterabstände, die eine Spannungserhöhung auf 380 kV ermöglicht. Die Hauptverteilungsnetze sind für 100 kV, die Anschlussnetze mit 40 und 60 kV vorgesehen. Für das durch den „polnischen Korridor" vom übrigen Deutschland abgetrennte Ostpreussen ist eine besondere Sammelschiene von ebenfalls

	Werke 1925 kw	Erweiterungen und Neuanlagen kW	Zusammen kW	%
Laufwasserkräfte	400 000	800 000	1 200 000	11,7
Speicherkräfte	250 000	1 350 000	1 600 000	15,5
Braunkohlen und Torf	1 400 000	1 650 000	3 050 000	29,6
Steinkohlen- und Oel	2 700 000	1 750 000	4 450 000	43,2
	4 750 000	5 550 000	10 300 000	

1) Gutachten über die Reichselektrizitätsversorgung von Dr. *Oskar von Miller*. Mit 12 Listen im Text, 30 Listen im Anhang und 23 farbigen Plänen. Berlin 1930. Vertrieb: VDI-Verlag. Preis in Leinen gebunden 30 M.