

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 85/86 (1925)
Heft: 21

Artikel: Das Kraftwerk Amsteg der S.B.B.
Autor: Studer, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-40225>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

druck von nur 11 t mit Zugsheizung und elektrischer Bremsung ein Gewicht von 66 t aufweisen. Zusammenfassend kann also auf Grund dieser neuen Zusammenstellung wiederholt werden, dass sich hinsichtlich Gewicht die Einphasen-Lokomotiven europäischer Bauart und die Gleichstrom-Lokomotiven für 3000 V praktisch immer noch die Wage halten.

Um nochmals die 1500 V-Gleichstrom-Lokomotiven zu streifen, muss gesagt werden, dass sich das Bild hier zu Gunsten dieser Typen ändern wird. Die 1500 V-Gleichstrom-Lokomotiven fallen zweifellos leichter aus als die Einphasen-Lokomotiven. Die M. F. O. hat jüngst für die Paris-Orléans-Bahn bzw. für die Paris-Lyon-Méditerranée-Bahn die elektrische Ausrüstung einer Güterzuglokomotive Typ AA + AA ohne Energierückgewinnung bzw. einer Schnellzuglokomotive Typ 2 AA + AA 2 mit Rückgewinnung geliefert, die es bei 1700 bzw. 2400 PS Einstundenleistung auf eine virtuelle Ausnutzungsziffer von 30 bzw. 32 kg/PS bringen, also auf kleinere bzw. mindestens gleiche Werte als die Einphasen-Lokomotiven.

Die elektrische Nutzbremse bietet bei 1500 V Gleichstrom keine grösseren Schwierigkeiten als bei 3000 V Gleichstrom, wogegen die elektrische Heizung mit 1500 V ohne Schwierigkeit direkt durchgeführt werden dürfte. Dieser letzte Umstand scheint mir fast wichtiger zu sein, als die Möglichkeit der Verwendung einer dritten Schiene als Stromzuleitung.

Die leistungsfähigste Einphasen-Lokomotive, die je bestellt worden, ist die jüngst von der Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn an die Ateliers de Sécheron vergebene 1 AAA + AAA 1-Lokomotive mit nominell 4200 PS Einstundenleistung am Rad. Die wichtigsten Daten dieser in Abbildung 11 gezeigten Lokomotive sind auf Seite 165 dieses Bandes (26. September 1925) zu finden. Sie wird elektrische Zugsheizung und elektrische Bremsung des Lokomotivgewichtes aufweisen. Antrieb: Hohlwelleneinzelachs-antrieb mit Spiralfederkupplung.

Es ist verlockend, diese Lokomotive insbesondere mit bisher entstandenen Einphasen-Lokomotiven hinsichtlich Materialausnutzung zu vergleichen, was in der Tat auch schon von Erbauerseite geschehen ist. Insbesondere wurde diese Lokomotive in Parallele gesetzt zum normalen ausgeführten 1 CC 1 Typ der S. B. B. Wie ich schon in meinem eingangs erwähnten Aufsatz vom Jahre 1921 ausgeführt habe, sind solche Vergleiche, wenn auf ungleicher Basis fussend, aber leicht irreführend. In der Tat kann eine Vergleichsziffer von 31 PS/t bzw. 32,2 kg/PS für die B. L. S.-Lokomotive und von 17,2 PS/t bzw. 58 kg/PS für die normale 1 CC 1-Lokomotive der S. B. B. niemals massgebend sein. Solche Zahlen sollten für Vergleichszwecke nicht herangezogen werden.

Wenn diese neue 1 AAA + AAA 1-Lokomotive bereits jetzt schon in einen Vergleich mit bestehenden Einphasen-Lokomotiven einbezogen werden soll, so sind folgende wichtige Nebenumstände zu beachten:

Das Projektgewicht wurde noch immer bei der Ausführung überschritten¹⁾. Wir wollen diesen Umstand daher zum voraus berücksichtigen und ein Ausführungsgewicht von mindestens 140 t annehmen, entsprechend einem Achsdruck von rund 20 t. (Die 1 CC 1 der S. B. B. hat 17 bis 18 t Achsdruck.) Nach S. B. B.-Normen müsste die Ein-

¹⁾ Im Zusammenhang hiermit geben wir, als Beispiel dafür, die folgende Zuschrift wieder, die wir vor einiger Zeit von einem ausländischen Leser mit der Bitte um Veröffentlichung erhalten haben (Red.):

„In der zweiten Auflage des bekannten Buches von Dr. ing. E. E. Seefehlner „Elektrische Zugförderung“ sind auf Seite 440 in den Tabellen „Angaben über ausgeführte Lokomotiven“ zwei Lokomotiven angeführt, die für die Niederländisch-Indischen Staatsbahnen auf Java bei der AEG bestellt wurden. Nachdem die an der betr. Stelle angegebenen Zahlen über Gewichte und Achsbelastungen von der Ausführung sehr stark abweichen und dies zu irrtümlichen Schlüssen führen kann, glauben wir im Interesse der Technik eine Richtigstellung machen zu müssen. Die B + B-Lokomotive (2 A + 2 A) hat ein Dienstgewicht von 56,1 t, d. h. 5,6 t mehr als angegeben; dabei ist die Achsbelastung über 14 t anstatt 12,6. Die 1 B + B 1-Lokomotive wiegt 79 t, also über 10 t mehr, wobei die Trieb-

stundenleistung von 4200 PS auf $\frac{6 \cdot 600 \cdot 75/56}{75/50} = 3250$ PS reduziert werden. (Die 1 AAA 1 und 1 AA + 1 AA 1-Lokomotiven der gleichen Firma haben bei gleichen Motoren 1800 bzw. 2400 PS Einstundenleistung bei einem Geschwindigkeitsbereich von 63 bis 90 km/h bzw. 56 bis 75 km/h.) Trotz dieser kleineren Leistung wird das Gewicht der Lokomotive, wenn 17 bis 18 t Achsdruck eingehalten werden müssten, nicht kleiner ausfallen wie rund 140 t, weil noch zwei zusätzliche Laufachsen untergebaut werden mussten. Auf nomineller Stundenleistung fussend, würde sich so zunächst eine Vergleichsziffer ergeben von $140000 : 3250 = 43$ kg/PS gegenüber 58 kg/PS bei der 1 CC 1-Lokomotive der S. B. B.

Da nun aber die beiden verglichenen Lokomotiven verschiedene Geschwindigkeitsbereiche haben, so müssen wir auf einer virtuellen Vergleichsleistung basieren. Diese ist für die Lokomotive der B. L. S. angenähert 4050 PS, für die 1 CC 1-Lokomotive der S. B. B. angenähert 3150 PS. Die massgeblichen virtuellen Ausnutzungsziffern sind also 34,5 kg/PS für die B. L. S.-Lokomotive, 40,5 kg/PS für die S. B. B.-Lokomotive.

Die S. B. B.-Lokomotiven gleichen Typs der neuen in Ausführung begriffenen Serie (vergl. Abb. 12 sowie die auf S. 165 dieses Bandes, am 26. Sept. 1925, gegebenen Hauptdaten der Maschine), bringen diese Zahl auf rund 36 kg/PS, bei 2500 PS effektiver oder 3600 PS virtueller Einstundenleistung. Bei rund 11 % Mehrleistung gegenüber einer gleich alten S. B. B.-Lokomotive wird die B. L. S.-Lokomotive also relativ rund 4 % leichter, was etwas ganz normales ist und die ganze Sachlage erst ins richtige Licht setzt. Der Vergleich ist damit auch auf Lokomotiven mit gleichen Reibungsziffern bezogen, d. h. auf 1/5,3.

Das Kraftwerk Amsteg der S. B. B.

Von Dipl. Ing. HANS STUDER (Zürich), gew. Bauleiter des Kraftwerks.

(Fortsetzung von Seite 245.)

Die erwähnten Merkmale, die die Staumauer am Pfaffensprung als Novum erscheinen liessen, sind die Ergebnisse einer naturgemäss entstandenen Erörterung des Problems des hier anzuwendenden Mauertyps überhaupt, des Problems der reinen, d. h. nur auf ihre Wirkung als liegendes, eingespanntes (gelenkloses) Gewölbe bemessenen Bogenstaumauer im besondern, und sodann des Problems des dafür zu verwendenden Baustoffes. Die Wahl der anzuwendenden Mauerform konnte angesichts der vorliegenden, für den Einbau einer reinen Bogenmauer nahezu ideal zu nennenden örtlichen Verhältnisse (enge Felsschlucht mit aus kompaktem, dicht geschlossenem, gesundem Felsen bestehenden Uferwänden) kein Kopfzerbrechen machen; dennoch war die wirtschaftliche Seite der Frage einer Gewichtsmauer ebenfalls untersucht worden. Das Ergebnis musste für die Gewichtsmauer durchaus negativ ausfallen, angesichts der Tatsache, dass deren Kubatur etwa das fünffache der ausgeführten Bogenmauer erreicht, und dass die Preisverminderung für die geringere Mauerwerksqualität diese grosse Kosten-Differenz bei weitem nicht aufgehoben hätte. Den Entschluss zur Ausführung einer reinen Bogenmauer erleichterten einige Ausführungen in Californien und Australien.

achsbelastung rd. 15 t beträgt anstatt 12,6 t. Man sieht daraus wie gefährlich es ist für eine Firma, sich vor der Ausführung auf Zahlen zu stützen, speziell wenn es sich um ein für die Firma neues Gebiet handelt, im gegebenen Falle Gleichstrom-Vollbahn-Lokomotiven. Die ändern für die gleiche Bahn gleichzeitig bestellten Lokomotiven, nämlich zwei grosse Schnellzuglokomotiven mit Einzelachs-antrieb von Brown-Boveri und der Schweizer Lokomotivfabrik Winterthur, die als erste seit Anfang 1925 im Betrieb sind, ferner zwei holländische Lokomotiven geliefert von der Combination Heemaf-Westinghouse-Werkspoor und zwei schwere vierachsige Akkumulatoren-Lokomotiven Type D, geliefert durch die SSW-Werkspoor-AFA, sind ja in der betreffenden Aufstellung auch nicht angeführt. — Ferner wäre es interessant, wenn überall auch die Spurweite angegeben wäre (im vorliegenden Fall $3 \frac{1}{2}$ engl. = 1067 mm).“

Die dem Projekt von 1918 und der Ausführung zu Grunde gelegte *statische Berechnung* lehnt sich an die von Prof. Dr. Mörsch¹⁾ gegebene Berechnungsart an, die das liegende Gewölbe der Stauwand durch Horizontalschnitte in einzelne Gewölbelamellen aufteilt und diese als einzelne elastische Bogen berechnet, unter Vernachlässigung des Eigengewichtes und des Zusammenhanges der Lamellen. (Diese Auffassung vertritt später (1921) auch Prof. Guidi, Turin. Die offiziellen italienischen „Allgemeinen Normen für Stauwandern“ schreiben diese Berechnungsweise vor).

Hinsichtlich der *Wahl des Baustoffes* waren (1918) zwei Auffassungen vertreten worden: einerseits die Ausführung in *Eisenbeton* oder in *Beton mit Eiseneinlagen* (wobei dieses Eisen der Voraussetzung nach theoretisch nicht erforderlich, lediglich den Zusammenhalt des statisch allein genügenden Betonkörpers zu gewährleisten und einen Ueberschuss an Sicherheit darzustellen hatte); andererseits wurde die Ausführung in *Naturstein* befürwortet. Zu Gunsten des Natursteins wurde geltend gemacht, dass einmal der Beton als solcher angesichts, wenn auch vereinzelter, so doch bedenklicher Erfahrungen (Zerstörung durch chemische oder physikalische Einflüsse) nicht als ein durchaus geeigneter Baustoff erscheine, wenigstens nicht für ein so exponiertes und so schlankes Bauwerk, bei dem die Güte des Baustoffes eine so ausschlaggebende Rolle spielt; ferner, dass Zweifel in eine dauernde Standsicherheit einer reinen Gewölbe-Stauwand aus *Eisenbeton* deshalb auch als berechtigt erschienen, weil für den Bestand der Armierung in einem Bauwerk mit variablem Feuchtigkeitsgrad gefürchtet wurde²⁾; dass im weitem in nächster Nähe der Baustelle ein Steinmaterial hervorragender Qualität vorhanden sei, dessen Verarbeitung ein Mauerwerk erster Güte hinsichtlich Festigkeit und Wasserdichtigkeit gewährleisten und dessen im Vergleich zum Beton viel grössere Elastizität einerseits, dessen geringere Temperaturdehnung andererseits das Bauwerk gegen Temperatur-Einflüsse unempfindlicher mache. Wie aus der vorstehenden Beschreibung der Mauer hervorgeht, entspricht ihre Ausführung der letztgenannten Auffassung.

Die Neuheit in der Lösung des Problems der *reinen Gewölbe-Stauwand* aus *Stein* brachte es mit sich, dass während der Ausführung der Mauer weitere Techniker-Kreise sich für die gewählte Lösung interessierten und sowohl die Berechnungsart wie die Frage des Baustoffs neuerdings in Diskussion zogen. Dabei kam auch eine Auffassung zum Ausdruck, die die oben genannte rechnerische Erfassung des Problems als zu wenig weitreichend bezeichnete und ernste Bedenken gegen die gewählten Abmessungen der Mauer, wie auch gegen den verwendeten Baustoff äusserte. Darnach wäre hauptsächlich mit einem sehr grossen Einfluss der Schwankungen der Lufttemperatur auf die Mauer und, nach den der Berechnung zu Grunde gelegten Annahmen betreffend die Elastizität und die Wärmedehnung des Baustoffs, mit Temperaturspannungen zu rechnen, die im obersten Teil der Mauer die bei der projektgemässen Ausführung zu erwartende Zugfestigkeit überwinden und zu Rissbildung führen müssten. Diese Bedenken führten zu dem Vorschlag, den damals noch nicht aufgeführten obersten Teil der Mauer von 9 m Höhe entweder ganz, oder, falls ein grösserer Teil des schon zugerüsteten Steinmaterials verwendet werden wolle, teilweise in Eisenbeton auszuführen; ferner eine gewisse Verstärkung des Mauerfusses durch Vorsetzen eines im Querschnitt dreieckförmigen Mauerklotzes an der Luftseite der Mauer in möglichst monolithischer Verbindung mit ihr herbeizuführen; schliesslich wurde noch die Schaffung eines Wasserbeckens am luftseitigen Fuss der Mauer zum Zwecke der Abschwächung des Einflusses der Temperaturschwankungen empfohlen.

Diese Vorschläge stützten sich, unter Zugrundelegung der vorerwähnten Annahmen betreffend Elastizität, Wärmedehnung und Einfluss der Luft-Temperatur, auf eine

¹⁾ «S. B. Z.», 1908, Bd. 51, Seite 233 u. ff.

²⁾ Später bekannt gewordene Erfahrungen erweisen die Berechtigung dieser Bedenken.

statische Berechnung nach der von Dr. Ing. Hugo Ritter¹⁾ dargelegten Methode der Gleichsetzung der durch die Einwirkung der äusseren Kräfte (Wasserdruck und Temperatur) hervorgerufenen Verschiebung irgend eines Punktes der Mauer, berechnet aus der Deformation der entsprechenden horizontalen Gewölbe-Lamelle einerseits, andererseits des entsprechenden, durch zwei Vertikalebene aus der Mauer herausgeschnitten, am Fuss als eingespannt gedachten Mauerelementes (kombinierte Gewölbe-Balken-Wirkung).

Im Kampf der Meinungen hinsichtlich der Frage, welche der beiden Methoden geeigneter sei, das Problem der statischen Wirkung der reinen Bogen-Stauwand in genügender Weise rechnerisch zu erfassen, wurde der Auffassung, wonach die theoretische Betrachtungsweise der kombinierten Wirkung von Gewölbe und Balken das Problem am vollkommensten erfasse, entgegengehalten, es erscheine nicht als ausgeschlossen, dass die Auswertung späterer Beobachtungen und Messungen an ausgeführten Bauwerken zu ganz anderer Erkenntnis führe, weshalb es empfehlenswert sein dürfte, der rein theoretischen Behandlung auf Grund der *heutigen* theoretischen Auffassungen nicht ausschlaggebende Bedeutung beizumessen.

Es ist interessant, in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass Prof. Guidi in Turin in einer ausgezeichneten Veröffentlichung (die wenige Monate nach der eben erwähnten Äusserung erschien) scharf Stellung nimmt gegen die Auffassung, die „scheinbar genauere“ Berechnungsweise nach der Gewölbe-Balken-Theorie vermöge das Problem rechnerisch genauer zu erfassen als die ebenfalls näherungsweise Berechnung nach einzelnen horizontalen, als frei-deformierbar angenommenen Gewölbe-Lamellen.

Der Wettstreit beider Auffassungen führte zunächst zu eingehenden Untersuchungen zur Feststellung der für die Berechnung in Betracht fallenden Materialeigenschaften, nämlich zur Bestimmung der Druck- und Biegezugfestigkeit, des Elastizitätsmoduls, sowie des Wärme-Ausdehnungskoeffizienten, sowohl des verwendeten Granites, als auch der ausgeführten, oben beschriebenen Mauerwerks-Qualität, ferner der Haftfestigkeit des verwendeten Mörtels am Granit-Mauerstein, worüber weiter unten kurz berichtet wird.

In der Folge fand dann eine nochmalige eingehende Prüfung auch der rein theoretischen Seite des Problems statt, die dann zu dem Entschluss führte, die Mauer nach dem ursprünglichen Projekt fertig zu erstellen, also in homogenem Schichtenmauerwerk ohne Anwendung von Eisenbeton, ohne Verankerung in den Uferwänden, ohne Verstärkung des Mauerfusses, sowie ohne Erstellung des erwähnten Wasserbeckens am luftseitigen Fuss der Mauer.

Die Feststellung der Tatsache, dass die Stauwand des Kraftwerkes Amsteg *keine Eisenarmierung* enthält, mag besonders wertvoll sein gegenüber der irreführenden Meldung eines führenden italienischen technischen Organs, wonach an der Stauwand in Amsteg „granito armato“ zur Anwendung zu kommen scheinete. Diese Meldung stützte sich auf den Umstand, dass während des Wettstreites der beiden grundsätzlichen Auffassungen weisungsgemäss einige wenige Meter Rundeisen (14 mm Φ) in die horizontale Trennungsfuge auf Kote 801 eingebaut worden waren, um den endgültigen Entscheid nicht von vorneherein gänzlich zu Ungunsten der andern Auffassung vorwegzunehmen. Diese wenigen Meter Rundeisen wurden dann der Einfachheit halber nicht mehr entfernt.

Die vorerwähnten Untersuchungen zur Bestimmung der *Qualitäten der verwendeten Baumaterialien* geschahen in folgender Weise und zeitigten folgende Ergebnisse, von denen einige besonderes Interesse bieten dürften, als Beitrag zu der leider immer noch sehr spärlichen Sammlung von Literatur-Angaben über diese Koeffizienten:

Granit. a) Druckversuche zur Bestimmung des *Druck-Elastizitätsmoduls* an Prismen von 8.8.36 cm: Gleichmässige Zunahme von 113 t/cm² bis 168 t/cm² bei Zunahme der Druckspannung Null bis 90 kg/cm².

¹⁾ „Die Berechnung von Bogenstauwandern“, Karlsruhe, 1913. J. Lang.

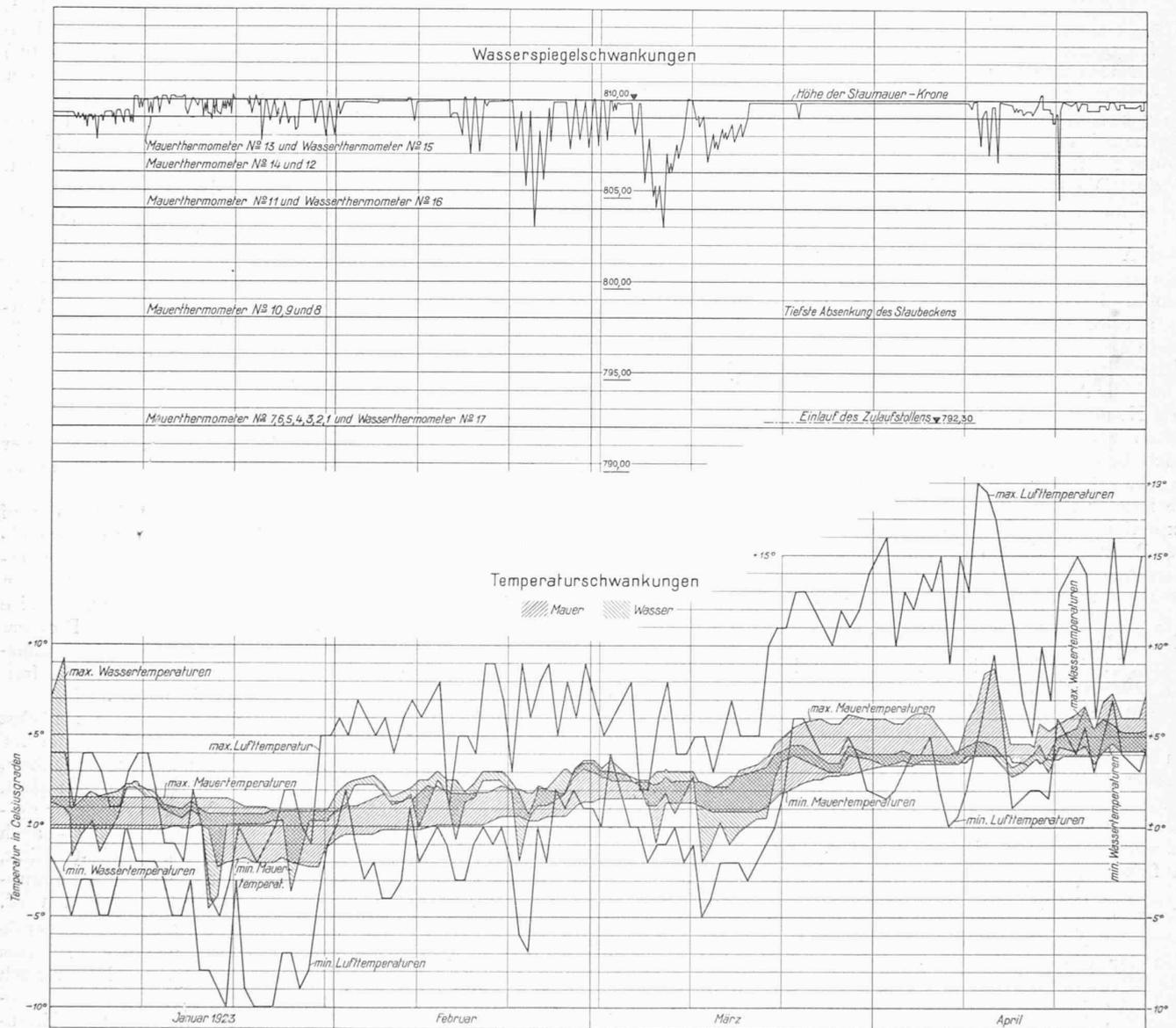


Abb. 27. Diagramme der gemessenen Wasserspiegel- und Temperaturschwankungen für die Monate Januar bis April 1923.

b) Biegeproben zur Bestimmung der *Biegungs-Festigkeit* und des *Biegungs-Elastizitäts-Moduls* an Prismen von $100 \cdot 15 \cdot 12$ cm:

Biegungsfestigkeit: Mittel aus 3 Proben = 84 kg/cm^2

Biegungs-Elastizitäts-Modul: Mittel aus 3 Proben = 78 t/cm^2 .

Fugenmörtel (in der Konsistenz der Baustelle!):

Biegungsfestigkeit nach 1 Monat = $34,4 \text{ kg/cm}^2$

Druckfestigkeit nach 1 Monat = $186,0 \text{ kg/cm}^2$

als Mittel aus je vier Prismen $4 \cdot 4 \cdot 16$ cm.

Granit-Mauerwerk: Die Biegeversuche an gemauerten Säulen von $120 \cdot 20 \cdot 30$ cm ergaben eine mittlere *Biegungsfestigkeit* von $7,7 \text{ kg/cm}^2$, gleichbedeutend mit der Haftfestigkeit des Mörtels am Stein. Die Säulen sind genau entsprechend dem tatsächlich ausgeführten Staumauerwerk hergestellt, also mit gleichem Granit, gleichem Fugenmörtel, gleicher Konsistenz und gleichem Verhältnis von Mörtel und Stein, Mörtel in vertikal gestellte Fuge eingebracht, Alter 38 Tage.

Die Haftfestigkeit des Fugenmörtels am Granit wurde noch auf eine andere, etwas ungewöhnliche Weise, durch folgenden Versuch bestimmt. Man liess im Maschinenhaus in Amsteg Probekörper als Ausschnitte aus dem Mauerwerk der obersten Gewölbe-Lamelle durch die gleichen Maurer, die die Staumauer ausführten, mit den Originalsteinen, dem gleichen Fugenmörtel und in genau gleicher

Weise wie an der Mauer selbst, mauern. Diese Probekörper wurden am 100 t-Laufkran des Maschinenhauses so aufgehängt und belastet, dass die die Mörtelfuge beanspruchende Zugkraft möglichst genau durch deren Mittelpunkt ging und senkrecht auf ihr stand, sodass eine gleichmässig verteilte Zug-Beanspruchung der Mörtelfuge entstand. Es ergab sich ein Mittel aus vier Probekörpern mit Vertikalfugen (am Bauwerk auf ganze Mauerstärke durchgehend) von $6,5 \text{ kg/cm}^2$.

Versuche zur Bestimmung des *Temperatur-Ausdehnungs-Koeffizienten*. Auch über diesen Koeffizienten lagen spärliche und zum Teil sich widersprechende Literatur-Angaben vor. Die Messung ergab für

Granit $d = 0,000067$

Fugenmörtel $d = 0,0000130$

Granit-Mauerwerk (wie am Bauwerk) $d = 0,000066$

Die Kenntnis der Temperaturvorgänge im Bauwerk war bei der Staumauer am „Pfaffensprung“, die wegen ihrer besondern Merkmale vermutlich eine Einzelercheinung darstellt, im Hinblick auf die geringen Abmessungen und den verwendeten Baustoff, von besonderer Bedeutung. Leider fehlten vor Ausführung des Bauwerks massgebende Beobachtungen über den Einfluss der Aussentemperaturen (Luft und Wasser) auf die Temperatur der Mauer selbst; es lagen damals überhaupt nur spärliche Angaben vor

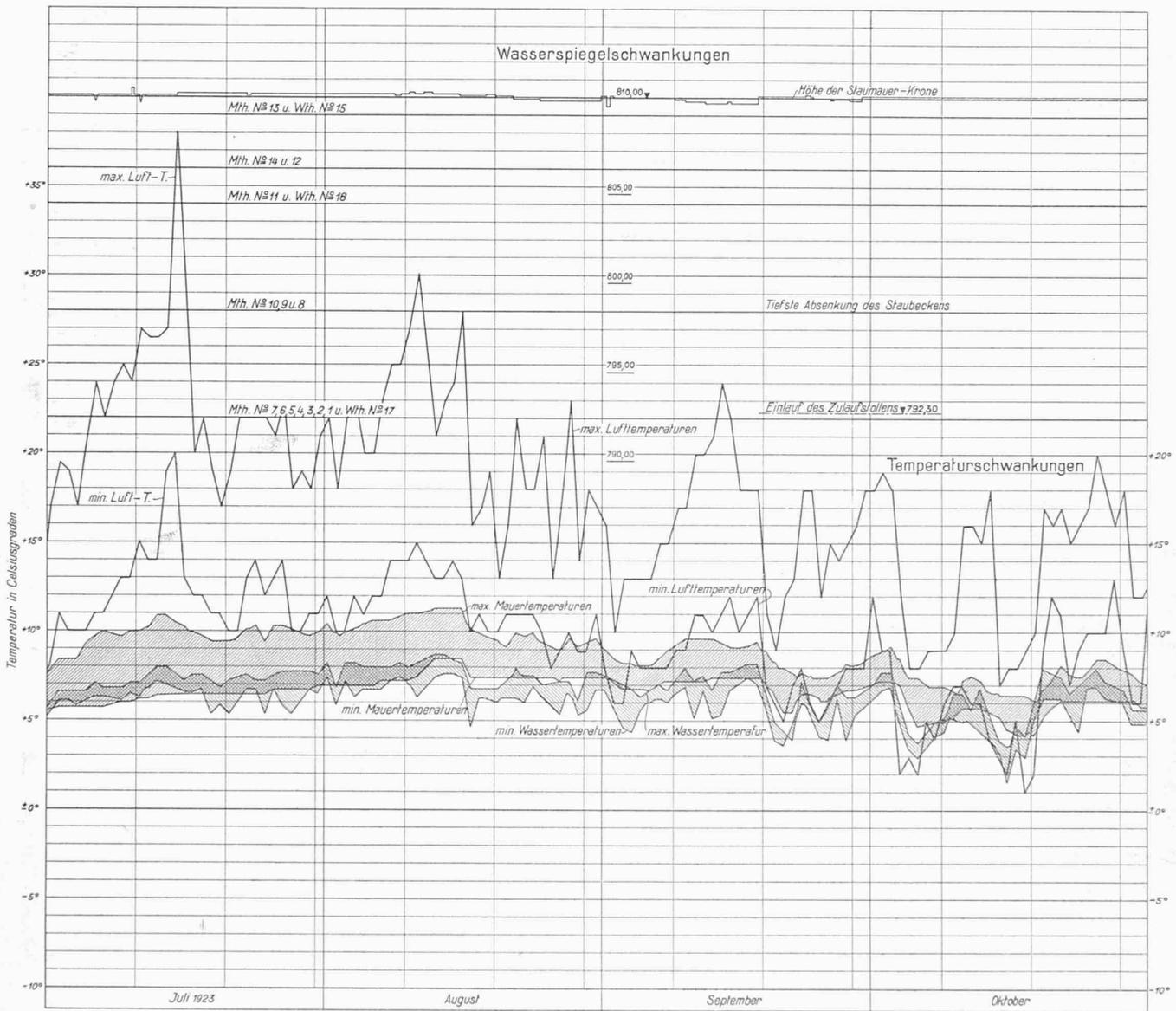


Abb. 28. Diagramme der gemessenen Wasserspiegel- und Temperaturschwankungen für die Monate Juli bis Oktober 1923.

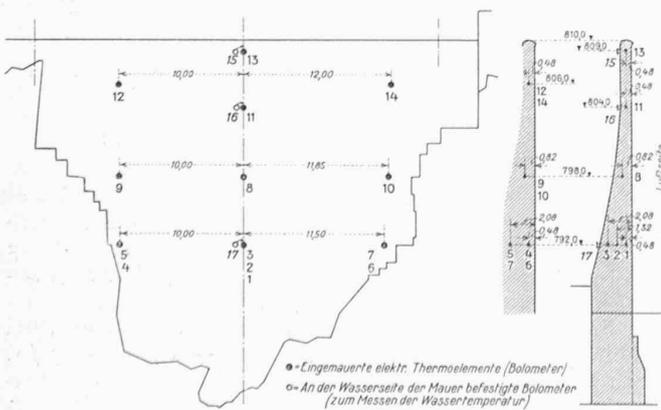


Abb. 26. Verteilung der Thermometer in der Staumauer am Pfaffensprung.

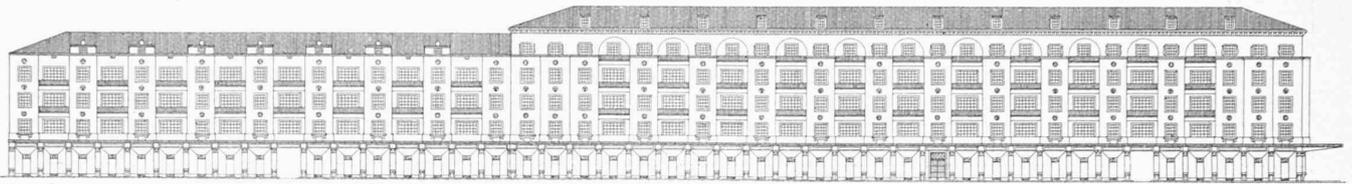
über Messungen von Mauerwerk-Temperaturen; diese Messungen bezogen sich entweder auf Brückengewölbe aus Beton¹⁾ oder auf massige Staumauern aus Mauerwerk²⁾. Dass die Ansichten über den genannten Einfluss auseinander gehen konnten, ist daher wohl begreiflich.

¹⁾ Dr. Ing. Hermann Schürch: „Versuche beim Bau des Langwieser-Talüberganges“ (der Chur-Arosa-Bahn). Berlin 1916, Julius Springer.

²⁾ z. B. am Arrowrock-Dam, Transact. Am. S. C. E., 1915.

Um daher sicherere Grundlagen für spätere Berechnungen ähnlicher Staumauern zu gewinnen, also in wissenschaftlichem Interesse, wurden auch hier, wie dies in der Schweiz erstmals bei der Jogne-Staumauer in Broc³⁾ geschehen war, behufs Feststellung der wirklichen Mauer-Temperaturen, und zwar ebenfalls nach dem Projekt und den Anordnungen von Prof. Joye von ihm konstruierte elektrische Fernmelde-Thermometer, sog. „Bolometer“, in die Mauer eingemauert, deren Zahl und Lage in der Mauer aus Abbildung 26 ersichtlich ist (Bolometer Nr. 1 bis 14). Um gleichzeitig die Temperatur des die Mauer berührenden Wassers messen zu können, sind in drei verschiedenen Höhenlagen an der Wasserseite der Mauer drei weitere Bolometer (Nr. 15 bis 17) angebracht worden. Diese Bolometer bestehen aus feinen, auf Mica aufgezogenen, in Metallkapseln von 15 cm Länge und 4 cm Durchmesser hermetisch eingeschlossenen Platin-Spiralen. In diese wird von einer kleinen, ausserhalb der Mauer aufgestellten Trockenbatterie durch isolierte, durch Gasröhren geführte Leitungsdrähte ein Strom von 4 bis 6 Volt geleitet. Aus der auf einem Ohmmeter abzulesenden Widerstands-Aende-

³⁾ Recherches sur les Variations et la Répartition de la Température dans le Barrage de Montsalvens, par Paul Joye, Prof. à l'Université de Fribourg et Alphonse Christen, Docteur ès sciences (Extrait du „Bulletin Technique de la Suisse Romande“, 1922).



Bebauungsplan 1 : 2500. — Oben NW-Front des Blaublocks 4, 1 : 800. — Rechts Schnitt durch Blöcke 6 und 5, 1 : 1000.

rung in diesen Spiralen unter dem Einfluss der Temperaturschwankung können die Temperaturen selbst bestimmt werden (vergl. die Abbildungen 27 und 28).

Die seit vier Jahren ausgeführten Messungen bestätigen die Erwartung, dass bei *leerem Staubecken* die Mauertemperatur wie bei Brückengewölben den Schwankungen des Mittels (von mehreren Tagen) der *Lufttemperatur* der nächsten Umgebung der Mauer folgt und zwar mit einer Verzögerung von etwa 1 bis 3 Tagen, je nach Entfernung der Mess-Stelle (Bolometer) von der Aussenfläche der Mauer. Bei *gefülltem Staubecken* dagegen wird die Mauertemperatur, wie ebenfalls zu erwarten stand, zur Hauptsache von der *Wassertemperatur* beherrscht, auch an der Luftseite, wo der Einfluss der Wassertemperatur nur um wenig gering ist als an der Wasserseite. *Im Sommer*, d. h. bei höchster Lufttemperatur steht die Temperatur der Mauer auf Kote 792,0 um 3 bis 4, an der Krone um $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}^{\circ}$ über der Wassertemperatur der entsprechenden Tiefe, im Mittel 2° über der mittlern Wassertemperatur; *im Winter*, d. h. bei niedrigster Lufttemperatur, liegt die Temperatur der Mauer auf Kote 792,0 nur 0 bis 1° , an der Krone 2 bis $2\frac{1}{2}^{\circ}$ unter der Wassertemperatur der entsprechenden Tiefe, im Mittel etwa 2° tiefer als die mittlere Wassertemperatur.



WETTBEWERB FÜR DAS ALTE BAHNHOF-AREAL BIEL.

1. Rang ex aequo (2000 Fr.). Entwurf Nr. 1. Arch. Maurice Braillard, Genf.

NO-Fassade des Saalbaues, 1 : 800.

Die mittlere Mauertemperatur pendelt also während des Jahres bei gefülltem Becken um etwa 2° um die mittlere Wassertemperatur. Da sich nun diese in den Grenzen $+0,5$ bis $+7,5^{\circ}$ bewegt, so betragen demnach die *Jahres-Schwankungen der mittlern Mauertemperatur*, im Mauerteil zwischen der Kote 792 (unterste Bolometer) und der Mauerkrone, bei gefülltem Becken etwa 11° , nämlich von $-1\frac{1}{2}$ bis $+9\frac{1}{3}^{\circ}$. Auch bei einer Absenkung des Stauspiegels auf den tiefsten zulässigen Stand (Kote 798) bei minimaler Wassertemperatur hielt sich die mittlere Mauertemperatur der obersten 18 m in der Nähe der unteren Grenze dieser Schwankung. — Diese Beobachtungen dürften einen wertvollen Beitrag zur Ausfüllung der nach dieser Richtung noch vorhandenen Lücke liefern. Für das Beobachtungsobjekt selbst ermöglichten sie eine interessante Nachprüfung der gemachten Annahmen.

Nach Vollendung der Mauer wurden im Frühjahr und Sommer 1922 auch *Messungen* der bei verschiedenen Füllungsgraden an der Luftseite der Mauer auftretenden *Span-*