

ARMIERTER BETON.

1915. OKTOBER.

INHALT

Der Bau des Talüberganges bei Langwies an der elektrischen Bahn Chur-Arosa. Von Dipl.-Ing. H. Schürch i. Fa. Ed. Züblin & Cie. (Fortsetzung von S. 211.) S. 229.
Die Einflußlinien mehrfach gestützter Rahmenträger. Von Dr.-Ing. H. Marcus (Breslau). (Fortsetzung von S. 221 und Schluß.) S. 238.
Lichtspielhaus „Astoria“ in Leipzig, Windmühlenstraße. Von Dipl.-Ing. E. Haimovici (Leipzig). S. 248.
Literaturschau. Bearbeitet von Bauamtmann R. Schober (Dresden). S. 256.

Wirtschaftliche Rundschau: Ist das Beschenken der Baubeamten strafbar? S. 258. — Die Haftung des Baugeldgebers gegenüber den Bauhandwerkern. S. 259. — Bauarbeiten für den Fiskus. Wer haftet für unrichtige Angaben bei der Ausschreibung? S. 259. — Vorsicht bei der Erteilung von Auskünften über Angestellte. S. 259. — Verweigerung der Kreditlieferung einer Ladung Ware wegen Vermögensverschlechterung des Bestellers. S. 260.
Verschiedene Mitteilungen. S. 260.

DER BAU DES TALÜBERGANGES BEI LANGWIES AN DER ELEKTRISCHEN BAHN CHUR—AROSA.

Von Dipl.-Ing. H. Schürch i. Fa. Ed. Züblin & Cie. (Forts. von S. 211).

4. Garantie- und Übernahmeverpflichtungen.

Es dürfte nicht überraschen, daß die Bauleitung in Anbetracht der Kühnheit und Neuartigkeit des Bauwerks von einer öffentlichen Verdingung absah und vielmehr eine freihändige Vergebung im persönlichen Vertrauen auf die Unternehmer vornahm, und daß sie ferner bestrebt war, sich in weitgehendstem Maße durch scharfe Bedingungen im Bauvertrag und in den zugehörigen „technischen Bedingungen“ gegen unangenehme Erfahrungen zu sichern.

So haftet die Unternehmung für die Güte der hergestellten Arbeiten und der verwendeten Baustoffe — im Gegensatz zu den einschlägigen gesetzlichen Vorschriften — auf die Dauer von 10 Jahren, vom Tage der Brückenabnahme an gerechnet, und unterlag während der Bauausführung der verschärften Unfallhaftpflicht, wie sie für Eisenbahnunternehmungen gilt.

Vertragsgemäß sollte mit dem Aushub für die Fundamente am 1. August 1912 begonnen werden und das ganze Bauwerk auf den 1. Mai 1914 zur Oberbaulegung bereit sein. Infolge Verzögerung des Enteignungsverfahrens für die benötigten Bau- und Arbeitsplätze konnte jedoch mit der Einrichtung der Baustellen erst mehrere Wochen später als vorgesehen begonnen werden, so daß die Termine eine entsprechende Verschiebung erlitten.

Die „technischen Bestimmungen“ weisen, außer den üblichen allgemeinen Vorschriften, unter anderem auch folgende Sonderbestimmungen auf:

Der Zement hat den „Normen“ der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt zu entsprechen und darf außerdem im Siebe von 5000 Maschen auf den cm^2 nicht mehr 15% Rückstand aufweisen. Das Eisen muß nicht nur den Qualitäts-

vorschriften der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt für Lieferungen von Flußseisen für Eisenbetonbauten, sondern auch denjenigen der schweizerischen Verordnung für eiserne Brücken entsprechen.

Für Eisenbeton darf nur maschinell gemischter Beton verwendet werden.

Die Konstruktion des Lehrgerüsts bleibt der Unternehmung anheimgestellt, unterliegt jedoch der Genehmigung der Bauleitung. Das Lehrgerüst muß mit Absenkungsvorrichtungen versehen sein, seien es Schraubenspindeln oder Sandtöpfe, die zwischen Kopf- und Fußbohlen aus Hartholz oder zwischen Eisenschienen zu stellen sind. Bei großer Wärme und Trockenheit ist das Lehrgerüst zu nassen.

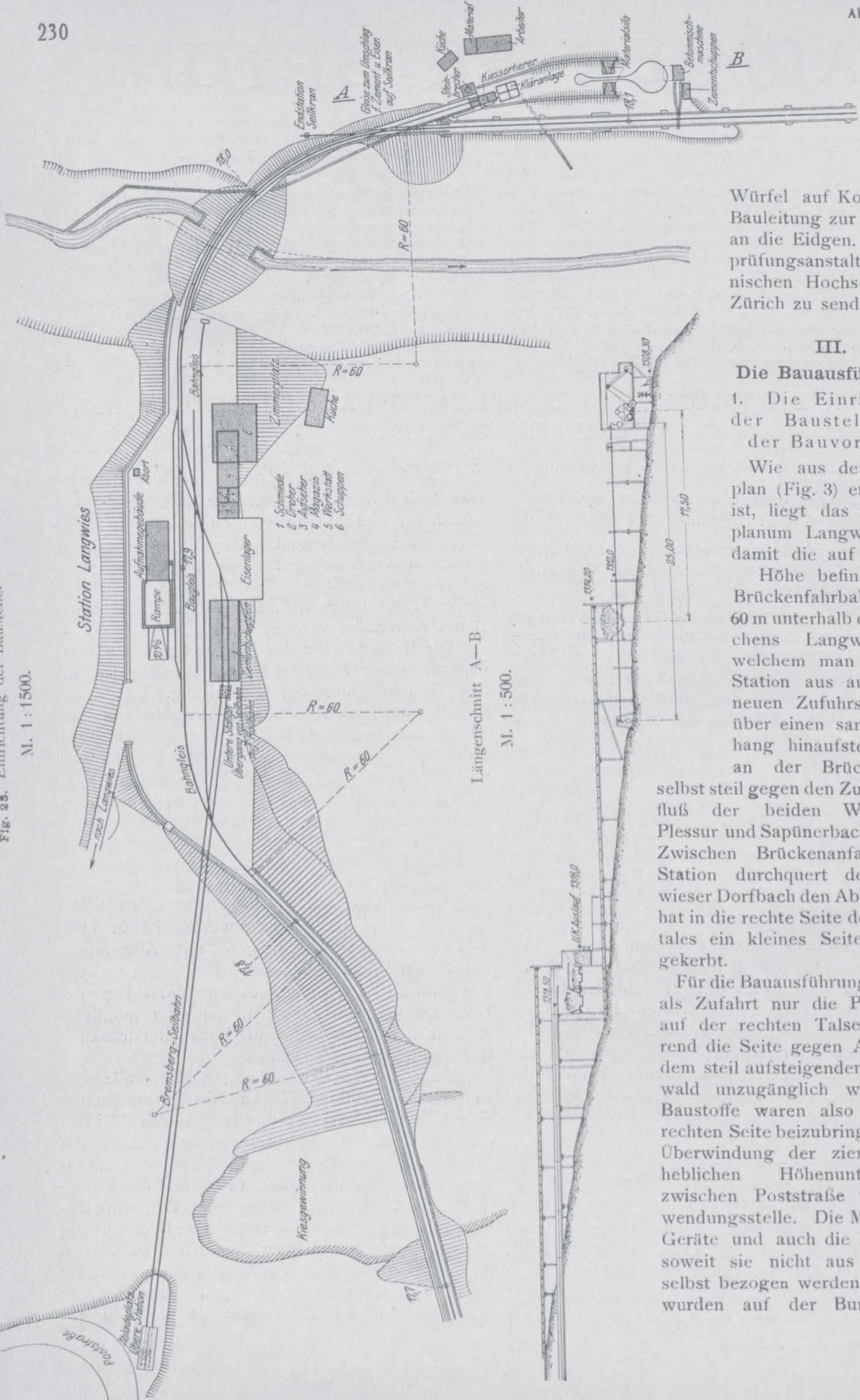
Die Ausrüstung der Seitenöffnungen erfolgt frühestens 4 Wochen nach fertigem Betonieren, diejenige des Hauptgewölbes frühestens 8 Wochen nach Gewölbeschluß.

Der Beton des Hauptgewölbes ist in etwa 3–4 m langen Abteilungen mit Anwendung künstlicher Widerlager nach besonderem, von der Bauleitung zu genehmigendem Vorschlag der Unternehmung einzubringen, um eine möglichst gleichmäßige Setzung und Zusammendrückung des Lehrgerüsts zu sichern.

Zum Zweck der ständigen Kontrolle des Betons auf der Baustelle hat die Unternehmung eine Martens'sche Betonwürfelpresse von 300 t Belastung sowie die nötigen eisernen Schalungen für Würfel von 30 cm und solche von 20 cm Kantenlänge zur Verfügung zu halten. Die Probewürfel sind bis zur Prüfung sorgfältig aufzubewahren und möglichst unter gleichen Bedingungen wie der Beton im Bauwerk erhärten zu lassen. Die Prüfung der Würfel soll nach 28, 56 und 100 Tagen Erhärtungsdauer erfolgen. Zum Zwecke der Kontrolle der Ergebnisse ist ein Teil der

Fig. 25. Einrichtung der Baustelle.

M. 1 : 1500.



Längenschnitt A-B

M. 1 : 500.



Würfel auf Kosten der Bauleitung zur Prüfung an die Eidgen. Materialprüfungsanstalt der technischen Hochschule in Zürich zu senden.

III.

Die Bauausführung.

1. Die Einrichtung der Baustelle und der Bauvorgang.

Wie aus dem Lageplan (Fig. 3) ersichtlich ist, liegt das Stationsplanum Langwies, und damit die auf gleicher Höhe befindliche Brückenfahrbahn, etwa 60 m unterhalb des Dörfchens Langwies, zu welchem man von der Station aus auf einem neuen Zufuhrsträßchen über einen sanften Abhang hinaufsteigt, der an der Brückenstelle

selbst steil gegen den Zusammenfluß der beiden Wildbäche, Plessur und Sapünerebach, abfällt. Zwischen Brückenanfang und Station durchquert der Langwieser Dorfbach den Abhang und hat in die rechte Seite des Haupttales ein kleines Seitental eingekerbt.

Für die Bauausführung bestand als Zufahrt nur die Poststraße auf der rechten Talseite, während die Seite gegen Arosa mit dem steil aufsteigenden Bretschwald unzugänglich war. Alle Baustoffe waren also von der rechten Seite beizubringen, unter Überwindung der ziemlich erheblichen Höhenunterschiede zwischen Poststraße und Verwendungsstelle. Die Maschinen, Geräte und auch die Baustoffe, soweit sie nicht aus dem Tal selbst bezogen werden konnten, wurden auf der Bundesbahn-

station Chur ausgeladen und von hier mit Fuhre nach Langwies gebracht. Das Fehlen von geeigneten anderweitigen ebenen Arbeits- und Lagerplätzen ließ es der Unternehmung natürlich erscheinen, das spätere Stationsplanum zu solchen zu verwenden und zu diesem

richten und die ankommenden Baustoffe und Güter von dort mittels einer kleinen Bremsberganlage (Fig. 25) nach den Lagerplätzen zu schaffen.

Auf dem Stationsplatz wurden die erforderlichen Baubuden, wie Zementschuppen, Eisen-



Fig. 26. Ansicht der rechten Talseite bei der Brückenstelle mit Anordnung der Baueinrichtungen. Bauzustand am 15. Februar 1913.

Zwecke die Unterbauarbeiten für die Station und eine kurze anschließende Strecke der Bahn mit-zuübernehmen. Ein unmittelbar vor der Station

magazin, Schmiede und Schreinerei errichtet. Da in den Zeiten lebhaften Baubetriebes der tägliche Verbrauch an Eisen und Zement fast doppelt so



Fig. 27. Obere Bremsbergstation.



Fig. 28. Obere Bremsbergstation (Annahme auf der Poststraße).

erfolgender Anschnitt eines großen Moränenkopfes gab dabei die erwünschte Gelegenheit zur Gewinnung der nötigen Mengen von Kies und Sand. Gerade oberhalb dieses Kopfes aber nähert sich die Poststraße in wagerechtem Sinne am meisten der Baustelle, so daß es gegeben war, daselbst eine Abladestelle für die Fuhren einzu-

groß war, als die Zufuhr bei günstigen Verhältnissen, so mußten stets ziemlich große Mengen in Vorrat gehalten werden. Wie mühsam diese Transporte auf der steilen Poststraße waren, geht daraus hervor, daß mit einem Zug von 4 Pferden jeweils höchstens 2500 kg Last angeführt und mit einem solchen in 3 Tagen nur 2 Fahrten

Chur—Langwies gemacht werden konnten. Insgesamt waren nicht weniger als 1000 Fahrten zur Anfuhr aller Geräte und Baustoffe notwendig, während der Rücktransport der Geräte und des verbliebenen Holzes mit der fertigen Bahn erfolgte.



Fig. 29.

Kies- und Sandlager,
vorn: Silos und Zufuhrgeleise zur Mischmaschine,
hinten: Wäsche.

Dem Stationsplatz gegenüber, und von ihm durch den Einschnitt des Dorfbaches getrennt, lagen unmittelbar plessuraufwärts neben dem „Verlängerungsviadukt“ die Lagerplätze für Kies



Fig. 30.

Kies- und Sandwäsche, Steinbrecher, Sortieranlage.
Turm der Endstation des Kabelkranes. Winter 1912/13.

und Sand mit der Sortier- und Wascheinrichtung, der Steinbrecher- und der Betonmischanlage.

Kies und Sand wurden von der Gewinnungsstelle mit Rollwagen zu den Lagerplätzen geschafft und dabei der Dorfbacheinschnitt auf einem Gerüst überschritten, solange der dort vorge-

sehene Durchlaß mit Dammschüttung noch nicht hergestellt war. (Für diesen Durchlaß wurde auch eine Ausführung in Eisenbeton erwogen; da aber vom Stationsplatzabtrag her genügend gute Steine zur Verfügung standen, stellte sich die übliche gemauerte Herstellung billiger.) Bei der Gewinnung der Zuschlagstoffe wurden zwar die im natürlichen Lager stellenweise vorhandenen Lehmblätter sorgfältig vermieden; dennoch wurde es als angezeigt erachtet, die Zuschläge nicht nur nach der Größe genau zu sortieren, sondern sie auch zu waschen, um mit Sicherheit dauernd ein möglichst gleichmäßiges Zuschlagsgut und damit auch einen entsprechend gleichmäßigen Beton zu erhalten. Das Wasser zum Waschen wurde in einem offenen Gerinne dem Dorfbach entnommen,

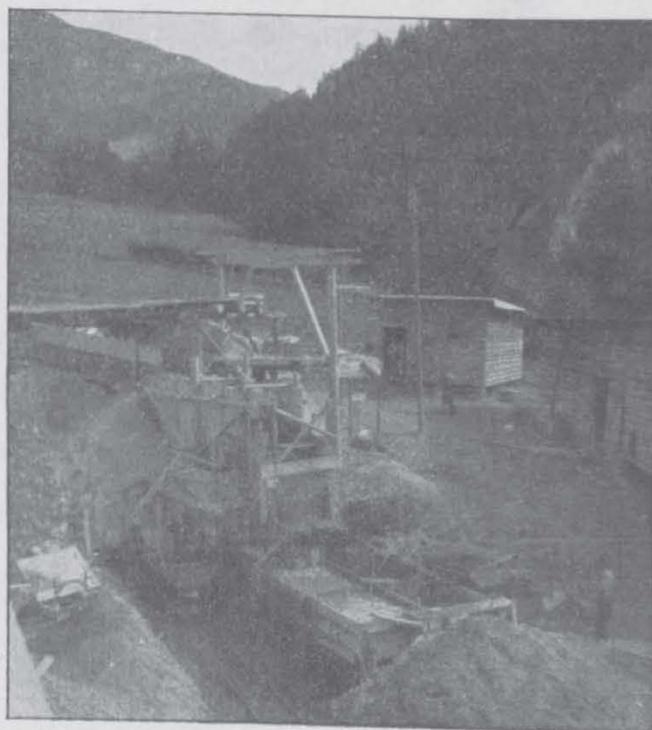


Fig. 31.

Sortieranlage, Zufuhrbrücke für Kies und Sand, Wäsche und Geleise von der Sortieranlage zum Kies- und Sandlager.

und die Einrichtung so getroffen, daß zwar alle Verunreinigungen, nicht aber der feinere Sand, der für den Erhalt eines dichten Betons sehr notwendig ist, weggeschlämmt wurden. Durch schräggestellte Siebe wurde die Trennung in groben Kies für Stampfbeton, in feineren Kies (bis 20 mm Korngröße) für Eisenbeton und in Sand (bis 6 mm Korngröße) erzielt. Da sich zeitweise ein Überschuß an grobem Kies ergab, wurde ein Teil desselben auf dem Steinbrecher zu Kleinschlag verarbeitet.

Von den Lagerplätzen und den zur automatischen Beladung der Transportgefäße aufgestellten Silos wurden die Zuschlagstoffe mittels Hängebahn zur Betonmischmaschine befördert, und zwar wurde eine sog. Kunzsche Mischmaschine (Fabrikant: Kgl. Bayr. Hüttenwerk Sonthofen) mit 250 l

Trommelfüllung verwendet. Diese Maschinen erzeugen in kurzer Zeit eine sehr innige Mischung und haben vor andern den Vorzug, daß die Mischarbeit und das Mischgut von dem Bedienungsmann beobachtet werden können, was zur Kontrolle immer erwünscht ist, hier aber besonders angezeigt war, weil Wert darauf gelegt wurde, nicht mit Gußbeton, sondern mit nur sehr mäßig plastischem Beton zu arbeiten, um größtmögliche

kalaufzügen, ausgeschlossen war oder doch unverhältnismäßige Kosten verursacht hätte, so lag es nahe, das ganze breite Tal mit einem Kabelkran zu überspannen, sich dadurch und durch geeignete Maßnahmen für die Einschaltung der Pfeiler und für die Einrüstung der Fahrbahnkonstruktion eigentliche Arbeitsgerüste fast ganz zu ersparen und gleichzeitig die Fördereinrichtung unabhängig vom Baufortschritt zu machen. Mit

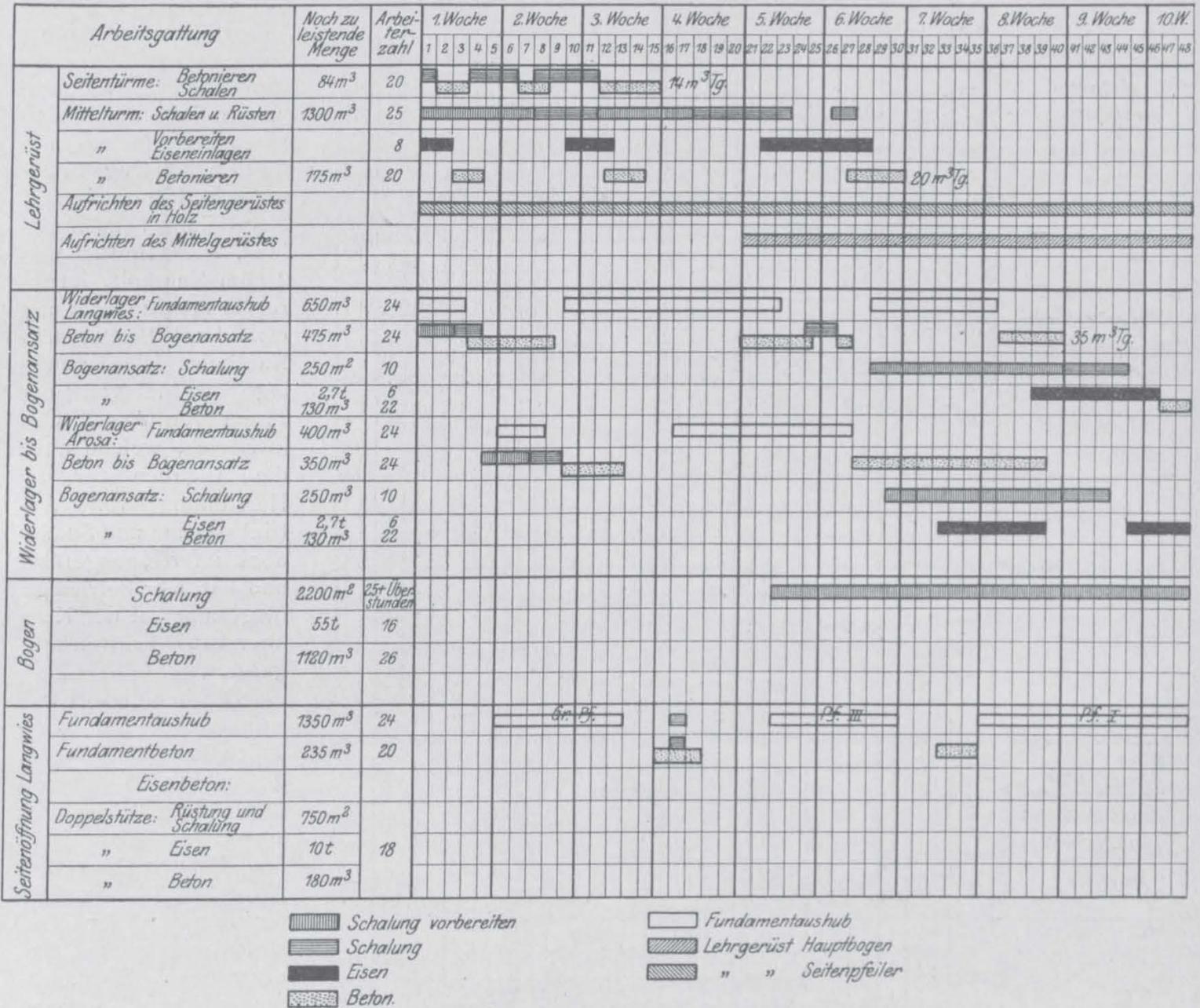


Fig. 33. Auszug aus dem Bauprogramm.

Dichte und geringes Abschwinden desselben zu erzielen.

Da alle Arbeits- und Lagerplätze in der Höhe der Brückenfahrbahn lagen, also in der Hauptsache ein Horizontaltransport und ein Absenken der Baustoffe zur Verwendungsstelle in Frage kam, andererseits aber schon infolge der ungewöhnlichen Höhe des Bauwerks die Erstellung eines durchgehenden Arbeitsgerüsts, etwa mit Verti-

diesem Kabelkran wurden sowohl Beton wie Holz und Eisen rasch und sicher an jede beliebige Verwendungsstelle befördert. Die Zeitdauer einer ganzen Fahrt (Hin- und Rückfahrt) betrug bei gut organisiertem Betonierbetrieb im allgemeinen 3—5 Minuten, einschl. Anhängen, Entleeren und Abhängen des Fördergefäßes. Das 30 mm starke und auf 100 t Tragkraft berechnete Drahtseil des Krans war auf eine Länge von 340 m frei ge-

spannt, lief an beiden Enden über hölzerne, turmartige Gerüste, hinter welchen es in Betonklötzen verankert war. Der Lieferant des Krans hatte eine tägliche Mindestförderleistung von 40 cbm Beton garantiert, die tatsächliche Leistung war jedoch bedeutend größer. Als größte Nutzlast war ein Inhalt des Fördergefäßes von 500 l Beton = 2 Trommelfüllungen der Mischmaschine =

1250 kg vorgesehen, so daß die Gesamtlast mit Gefäßgewicht 1800 kg betrug. Im Mittel mußte die Last auf etwa 50 m (höchstens aber auf 65 m) gehoben oder gesenkt werden. Die Horizontalgeschwindigkeit der Förderung betrug 2 m in der Sekunde, die Hubgeschwindigkeit 1 m in der Sekunde. Die Antrieb des Krans erfolgte durch einen 35-PS-Drehstrommotor mittels einer amerikanischen Doppelwinde, Bauart Sonthofen. Die Antriebstation befand sich auf dem etwa 10 m hohen Turm auf Arosen Seite, während der etwa 15 m hohe Turm auf Langwieser Seite die Spannvorrichtung für das endlose Zugseil trug. Ersterer erforderte zu seiner Herstellung 19 m³ Rundholz, 7 m² Bretter und 2 cbm Kantholz, letzterer 13 m³ Rundholz und etwa 1 m³ Bretter und Kantholz. Die Krananlage wurde von der Firma von Arx & Cie. in Zürich, welche auch die Angaben für die Herstellung von Antriebsstation und Spannbock lieferte, ausgeführt und hat sehr befriedigt. Insgesamt hat der Kran über 20 000 Fahrten ausgeführt.

Die benötigte Kraft zum Betrieb der sämtlichen Baueinrichtungen, die in Fig. 25 schematisch dargestellt sind, konnte aus dem Netz des Elektrizitätswerkes Arosa, in 3 1/2 km Entfernung von der Baustelle, mittels einer provisorischen Hochspannungsleitung entnommen werden und wurde einer eigenen Transformieranlage zugeführt, von der sie mit auf 500 Volt reduzierter Spannung zu den einzelnen Baumaschinen ging.

Da Arbeits- und Lagerplätze, Mischmaschinen, Antriebsstation des Seilkrans und Arbeits-

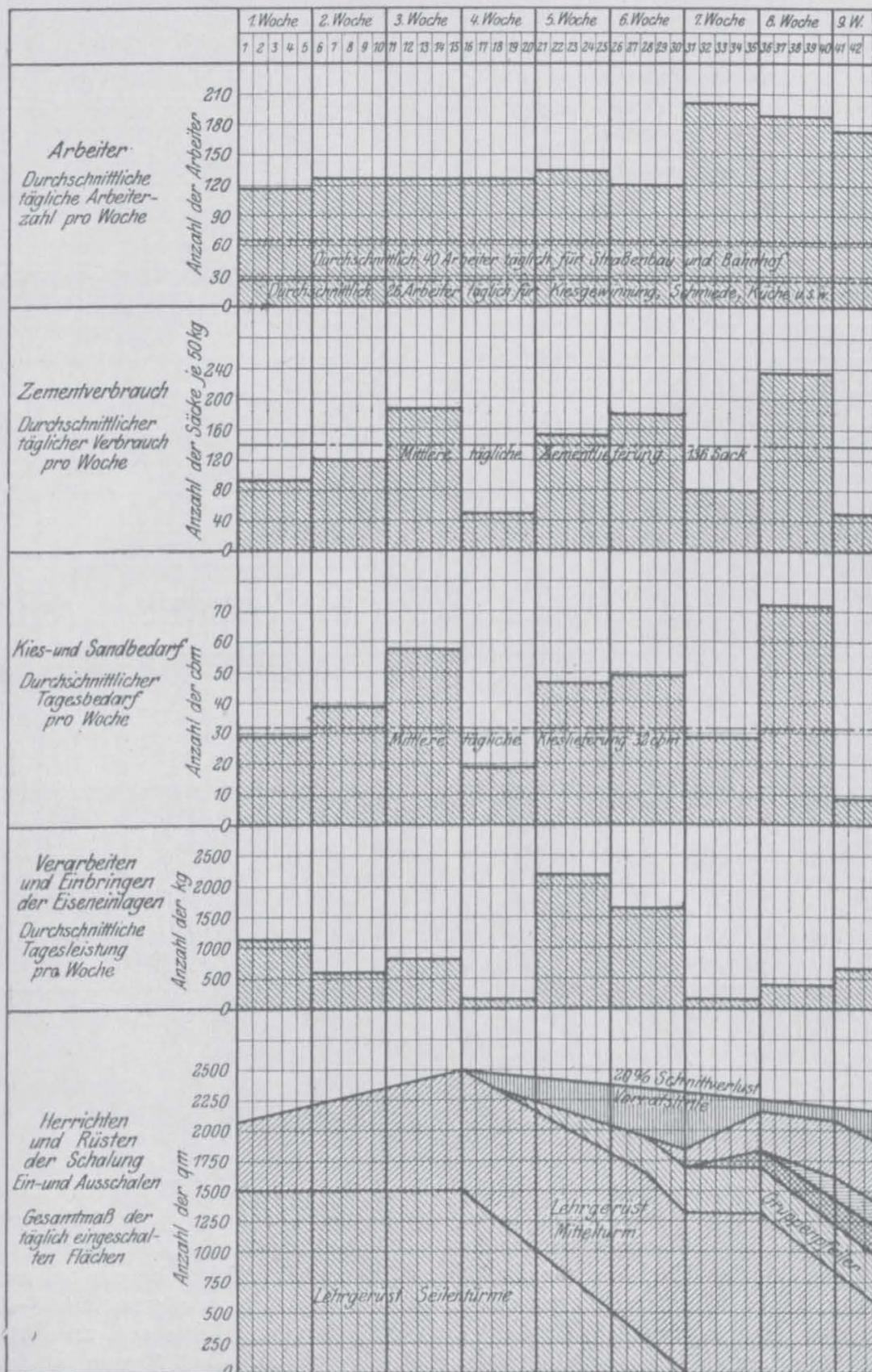


Fig. 32. Auszug aus dem Bauprogramm.

stellen räumlich sehr weit auseinanderlagen, und die letzteren bisweilen recht mühsam zu erreichen waren, wurden diese wichtigsten Punkte durch eine Telephonanlage miteinander verbunden, was die rasche und bequeme Verständigung sehr erleichterte.

Für die Durchführung der Arbeiten wurde ein ganz genaues graphisches Bauprogramm aufgestellt, von welchem Fig. 33 einen Ausschnitt gibt. Für dasselbe wurde die Woche zu fünf vollen wirklichen Arbeitstagen angenommen und damit allen Unterbrechungen, durch ungünstige Witterung u. a., Rechnung getragen. Durch Zusammenstellung des Bedarfs für alle einzelnen Leistungen im Bauprogramm ergab sich eine zweite Tabelle (Fig. 32), aus welcher der jederzeitige Gesamtbedarf an Baustoffen und die Gesamtleistung ersichtlich war; mit Rücksicht auf die unsichere und unregelmäßige Zufuhr mußte jeweils für entsprechende Vorräte rechtzeitig Vorsorge getroffen werden.

Das Bauprogramm konnte im allgemeinen eingehalten werden, und die wohlüberlegten Bau-einrichtungen, die ebenso wie das Bauprogramm, hauptsächlich von Dipl.-Ing. J. Müller entworfen wurden, haben sich trefflich bewährt und, trotz ziemlich bedeutender Anlagekosten, als sehr wirtschaftlich erwiesen.

Die vertraglich vorgesehene Bauzeit, bis 1. August 1914, war, abgesehen von der unvermeidlichen Verspätung des Baubeginns, sehr knapp bemessen, da durch die zwei dazwischen liegenden Gebirgswinter mit ihren außergewöhnlichen Schneemassen lange und vollständige Unterbrechungen des ganzen Baubetriebes eintreten mußten. Tatsächlich standen für die Bauvollendung, einschließlich aller Vorbereitungen, nur 395 wirkliche Arbeitstage zur Verfügung, so daß die Anwendung leistungsfähigster Hilfsmittel sehr angezeigt war.

Im Spätjahr 1912 wurden die Einrichtungen der Baustelle vollendet, aber im übrigen konnte nur noch ein Teil der Gründungsarbeiten an den Widerlagern und an den Lehrgerüsttürmen ausgeführt werden, da der Winter schon sehr früh (erster Frost am 7. Oktober) einsetzte. Im Jahre 1913, etwa mit Anfang April beginnend, wurde dann die Hauptarbeit geleistet, indem im Frühjahr die sämtlichen Gründungen, im Sommer und Herbst das Lehrgerüst und die Betonierung der Seitenöffnungen gegen Langwies und des großen Bogens, ohne Aufbau, ausgeführt werden konnten. Am 6. September 1913 konnte der Bogenkranz des Lehrgerüsts und am 6. Oktober das große Gewölbe selbst, bis auf das Ausstampfen der Schlußfugen, geschlossen werden. Frühjahr und Sommer 1914 erfolgte dann noch die Herstellung des Aufbaues über dem großen Bogen und der Seitenöffnungen gegen Arosa und endlich die Lüftung

des großen Lehrgerüsts, im Herbst 1914 der Abbruch des Gerüsts, die Räumung der Baustelle und Abnahme des Baues.

2. Die Gründungen.

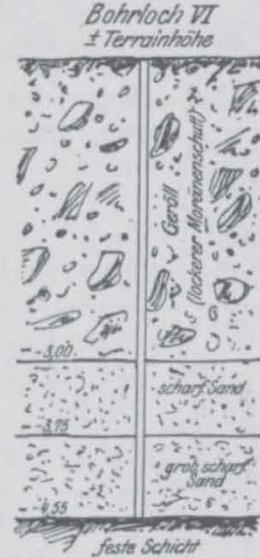
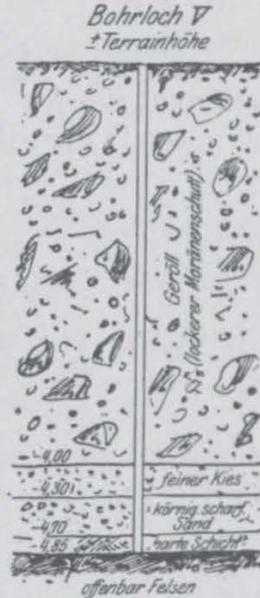
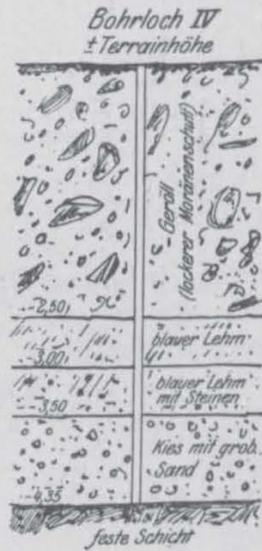
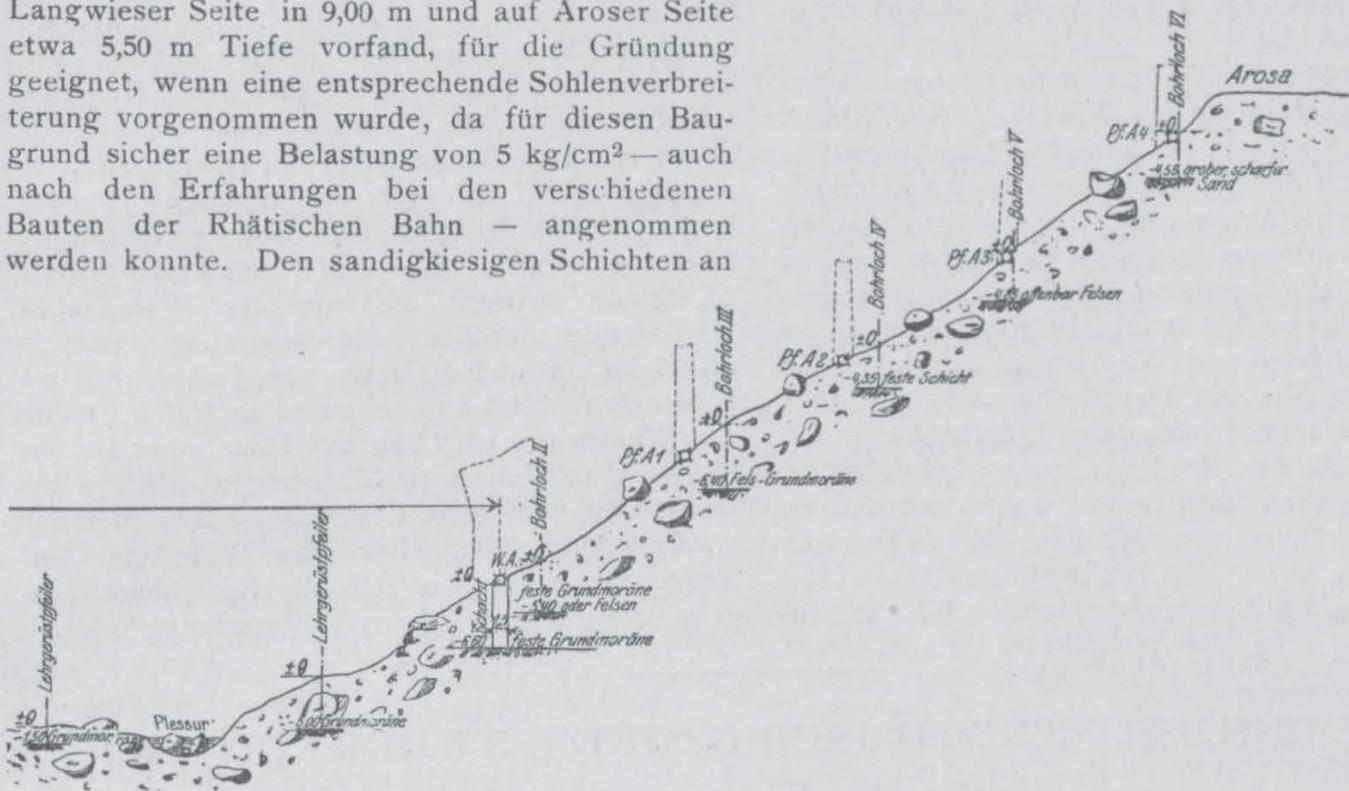
Die beiderseitigen Talhänge bestehen aus lockeren Moränen (Seitenmoränen) mit Überlagerungen von jungem Bergschutt. Während aber die Halde gegen Langwies sich im Gleichgewicht befindet und eine ziemlich regelmäßige Zusammensetzung zeigt, war an derjenigen gegen Arosa aus den vorhandenen Abrissen und den auf der Oberfläche liegenden Felsblöcken sofort zu erkennen, daß hier offenbar ein altes Bergsturzgebiet vorliegt.

Die im Frühjahr 1912 noch bei Schneelage ausgeführten Bodenuntersuchungen durch Bohrungen und Schächte (s. Fig. 34) zeigten an beiden Talhängen mit wachsender Tiefe rasch dichter und härter werdende Schichten von fast reinem Kies und Sand, welche mit solchen mit starken Lehmbeimengungen und kleineren und größeren Steineinlagen (Moränenschutt) abwechseln. Die Bohrung konnte nur unter Wasserzuguß vor sich gehen, wodurch der zähe Boden etwas aufgeweicht wurde. Auf der Seite gegen Langwies wurden die Schichten schon in mäßiger Tiefe (4–8 m) dichter und auf durchschnittlich 7 m so kompakt, daß sie unbedenklich als zur Aufnahme der Gründungssohle geeignet angesehen werden konnten. Auf der Seite gegen Arosa dagegen fanden sich zwischen den Kies- und Sandschichten häufigere und ausgedehntere, ziemlich weiche Schichten von Lehm und Lette; in einer Tiefe von 5–6 m aber waren die Bohrer überhaupt nicht mehr weiter zu bringen, so daß man vermuten mußte, auf harte Moräne oder bei einigen Bohrlöchern sogar auf den festen Felsen gestoßen zu sein, was um so wahrscheinlicher war, als am Fuße der Halde gegen Arosa, und zwar etwa 150–200 m oberhalb der Brückenachse, auf Flußsohle der anstehende Bündnerschiefer an der einzigen Stelle im ganzen Gebiete zu Tage trat und von dieser aus ein Ansteigen der Felschicht angenommen werden konnte. Wenn somit auch an beiden Hängen mit einer sicheren Gründung gerechnet werden konnte, so schien doch, in Berücksichtigung der beiderseitig ungleich angetroffenen Bodenverhältnisse und der starken Neigung der Halden, eine Balkenanordnung für die Nebenöffnungen im Hinblick auf die Sicherheit der Gründung vor einer Bogenanordnung den Vorzug zu verdienen.

Auf dem Talboden wurde unter einer 4–5 m starken Schicht von grobem Geröll die feste, sprengharte Grundmoräne ermittelt, die sich auch bei den ausgeführten Bohrungen für die beiden Hauptwiderlager, und zwar beginnend in einer Tiefe von 6–7 m, vorfand. Der Fels wurde aber

Wenn auch die Möglichkeit, die beiden Hauptwiderlager des eingespannten Bogens auf Fels zu gründen, ausgeschlossen war, so schien doch das harte Material der Grundmoräne, das sich auf Langwieser Seite in 9,00 m und auf Aroser Seite etwa 5,50 m Tiefe vorfand, für die Gründung geeignet, wenn eine entsprechende Sohlenverbreiterung vorgenommen wurde, da für diesen Baugrund sicher eine Belastung von 5 kg/cm² — auch nach den Erfahrungen bei den verschiedenen Bauten der Rhätischen Bahn — angenommen werden konnte. Den sandigkiesigen Schichten an

Da in der statischen Berechnung am Fuße der Pfeiler der Nebenöffnungen Gelenke angenommen waren, sollten, um dieser Annahme



Bohrungen und Baugrunduntersuchungen.

den Hängen durfte aber in durchschnittlich 7 m Tiefe auf Langwieser, und 5—6 m Tiefe auf Aroser Seite, eine Belastung von 3,0 kg/cm² wohl zugemutet werden. Diesen Annahmen entsprechend wurden die Gründungstiefen im endgültigen Entwurf angenommen.

möglichst nahe zu kommen, die Gründungskörper dieser Pfeiler als schmale, für die beiden Stützen jeden Pfeilers gemeinschaftliche, Plattenstreifen quer zur Brückenachse ausgeführt werden. Diese Platten wurden so bemessen, daß sich unter der ungünstigsten lotrechten Gesamtbelastung und gleichzeitiger Berücksichtigung des Windeinflusses (welcher auf beide Stützen voll wirkend angenommen wurde) eine größte Kantenpressung von 3,0 kg/cm² ergab.

Tatsächlich sind aber, zwecks Erzielung noch größerer Sicherheit, alle Grundflächen etwas

größer, als nach dieser Rechnung erforderlich, ausgeführt worden; so erhielt beispielsweise der erste Nebenfeiler gegen Langwies eine Grundfläche von $3,90 \cdot 10,00 = 39 \text{ m}^2$ statt $3,50 \cdot 9,30 = 32,5 \text{ m}^2$, derjenige gegen Arosa $4,05 \cdot 9,80 = 39,6$ statt $32,5 \text{ m}^2$.

Die größten Kantenpressungen betragen daher bei Berücksichtigung des Windes in Wirklichkeit nur $2,3 - 2,5 \text{ kg/cm}^2$, für lotrechte Belastung allein aber erreicht die Pressung nur $1,8 - 2,0 \text{ kg/cm}^2$.

In gleicher Art wurden auch die Grundflächen des Endwiderlagers gegen Arosa bzw. des die gleiche Stelle einnehmenden Gruppenfeilers gegen Langwies bestimmt, nur waren hier, außer lotrechten Lasten und Winddruck, auch noch die Bremskräfte, die von Temperatur und Schwinden erzeugten kleinen horizontalen Querkkräfte in den Pfeilern und der Erddruck zu berücksichtigen. Jedoch ergaben sich schon aus konstruktiven Gründen größere Grundflächen als rechnerisch erforderlich.

Die Hauptwiderlager sind also hohle, kasten-

förmige Körper ausgebildet, um eine Gewichtsersparnis und gleichzeitig eine möglichst große Grundfläche zu erzielen. Das ausgeführte Widerlager hat auf Langwieser Seite eine schräge Sohlenbreite von 14–15 m, auf Arosener Seite, wo es etwas kleiner gehalten werden konnte, weil hier dann doch teilweise der anstehende Bündnerschiefer angetroffen wurde, eine solche von 12–14 m. Die Sohlen der Widerlager sind so angelegt, daß sich für das Eigengewicht des Bogens allein in denselben eine gleichmäßige Pressung ergibt, die auf Langwieser Seite $2,5 \text{ kg/cm}^2$ beträgt; die von der Verkehrslast herrührende größte Randspannung erreicht rd. $0,7 \text{ kg/cm}^2$ und diejenige von Temperatur und Schwinden rd. $0,3 \text{ kg/cm}^2$, wozu noch der Einfluß des Windes mit rd. $1,0 \text{ kg/cm}^2$ käme, aber für das Bauwerk als Ganzes wohl kaum wirklich in Betracht fällt, weil seine Lage eine außerordentlich windgeschützte ist. Für das Widerlager auf Arosener Seite ergeben sich die Spannungen um etwa 15 % größer. (Fortsetzung folgt.)

DIE EINFLUSSLINIEN MEHRFACH GESTÜTZTER RAHMENTRÄGER.

Von Dr.-Ing. H. Marcus, Breslau.

(Fortsetzung von S. 221 und Schluß.)

Eine ähnliche Entwicklung liefert für den gelenkartig gelagerten Rahmen auf Grund der Gleichung

$$X_k^0 - Y_k^0 = \frac{3 q_k^0}{h'_k}$$

für $k < m$

$$\frac{X_k^0}{Y_k^0} = \mu_k = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \frac{l'_k}{h'_k} \frac{2 \zeta_k - 1}{\zeta_k}} \quad \dots (48a)$$

für $k > m$

$$\frac{Y_k^0}{X_k^0} = \mu'_k = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \frac{l'_{k+1}}{h'_k} \frac{2 \zeta'_{k+1} - 1}{\zeta'_{k+1}}} \quad \dots (49a)$$

Mit Hilfe dieser Verhältniszahlen und der Festwerte ζ , bzw. der Festpunkte L' und R' ist es also, wenn die Stützenmomente X_{m-1}^0 , Y_{m-1}^0 und X_m^0 , Y_m^0 des belasteten Feldes bekannt sind, ohne weiteres möglich, alle übrigen Stützenmomente zu ermitteln.

Um die Werte Y_{m-1}^0 und X_m^0 zu errechnen, benutzen wir die Beziehung:

$$\begin{aligned} Y_{m-1}^0 &= -\frac{2(2R_m - L_m)}{l_m^2} + \frac{4q_{m-1}^0 + 2q_m^0}{l'_m} \\ &= -\frac{2l_m}{6} (2\omega'_D - \omega_D) + (4q_{m-1}^0 + 2q_m^0) \alpha_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_m^0 &= -\frac{2(2L_m - R_m)}{l_m^2} - \frac{4q_m^0 + 2q_{m-1}^0}{\alpha_m} \\ &= -\frac{2l_m}{6} (2\omega_D - \omega'_D) - (4q_m^0 + 2q_{m-1}^0) \alpha_m \end{aligned}$$

Werden in diese Gleichungen die früher gefundenen Werte q_{m-1}^0 , q_m^0 eingeführt, so erhält man

$$\left. \begin{aligned} Y_{m-1}^0 &= -\frac{l_m}{3} \left\{ \omega'_D \left[2 - \frac{2(1-2x'_m) + (2-x_m)}{1-x_m x'_m} \right] \right. \\ &\quad \left. - \omega_D \left[1 - \frac{2(2-x'_m) + (1-2x_m)}{1-x_m x'_m} \right] \right\} \\ X_m^0 &= +\frac{l_m}{3} \left\{ \omega'_D \left[1 - \frac{2(2-x_m) + (1-2x'_m)}{1-x_m x'_m} \right] \right. \\ &\quad \left. - \omega_D \left[2 - \frac{2(1-2x_m) + (2-x'_m)}{1-x_m x'_m} \right] \right\} \end{aligned} \right\} (50)$$

Diese Gleichungen lassen folgende Deutung zu: Trägt man die Strecken

$$\left. \begin{aligned} p_{m-1} &= -\frac{2}{l'_m} \left[2 + \frac{2(1-2x'_m) + (2-x_m)}{x_m x'_m - 1} \right] \\ q_m &= +\frac{2}{l'_m} \left[1 + \frac{2(2-x'_m) + (1-2x_m)}{x_m x'_m - 1} \right] \\ r_{m-1} &= \frac{2}{l'_m} \left[1 + \frac{2(2-x_m) + (1-2x'_m)}{x_m x'_m - 1} \right] \\ s_m &= -\frac{2}{l'_m} \left[2 + \frac{2(1-2x_m) + (2-x'_m)}{x_m x'_m - 1} \right] \end{aligned} \right\} (51)$$