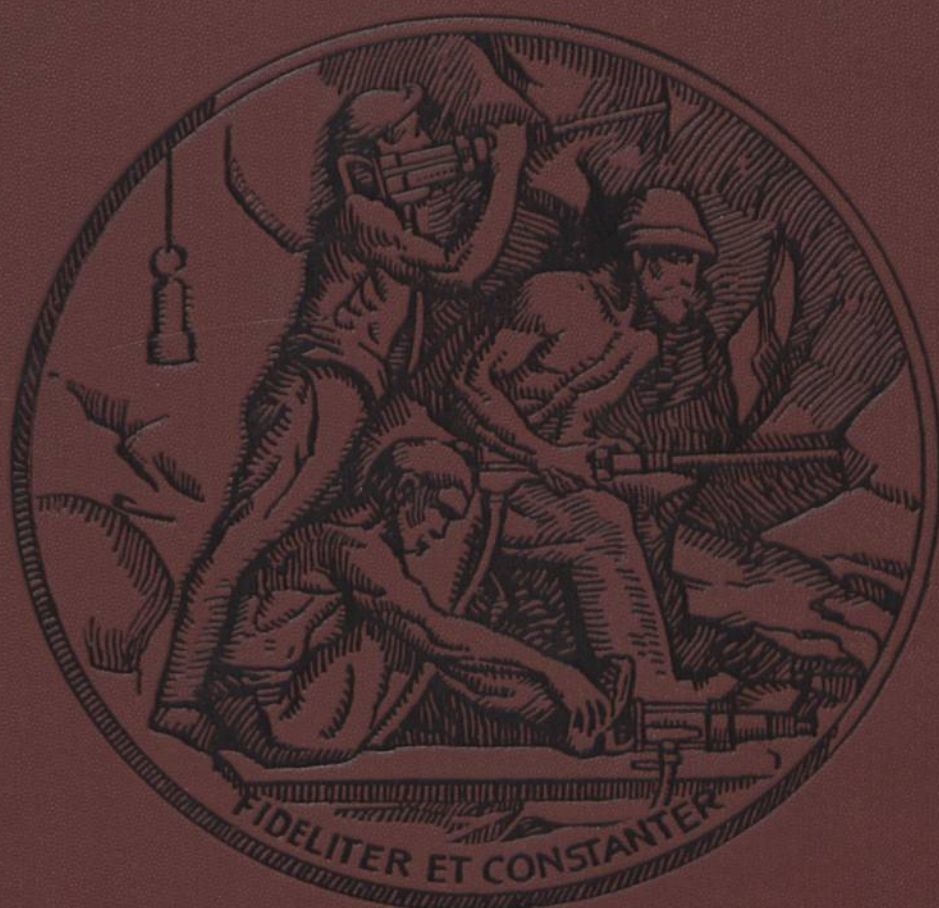


Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100218816

DER BAU DES HAUENSTEIN-BASISTUNNELS BASEL-OLTEN



DENKSCHRIFT

VON

E. WIESMANN

HERAUSGEGEBEN VON DER

JULIUS BERGER TIEFBAU-AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN

L 2560 m

Archiwum



1912

1915

DER BAU

DES
8134 METER LANGEN

HAIENSTEIN-BASISTUNNELS

MIT DEN ANSCHLIESSENDEN OFFENEN STRECKEN
ZUR VERBESSERUNG DER LINIE SISSACH-OLTEN
AUSGEFÜHRT DURCH DIE

JULIUS BERGER TIEFBAU-AKTIENGES.
BERLIN



DENKSCHRIFT

IM AUFTRAGE DER JULIUS BERGER TIEFBAU-AKT.GES.
MIT GENEHMIGUNG DER GENERALDIREKTION DER
SCHWEIZERISCHEN BUNDESBAHNEN
VERFASST VON
SEKTIONSINGENIEUR E. WIESMANN
BAULEITER DES HAIENSTEINTUNNELS

BERLIN UND BERN

1917

In. 21529.



354494L/1

1945 G 365

OBERLEITUNG BEIM BAU DES HAUENSTEIN-BASISTUNNELS



Generaldirektor des Bau-Dep. der S. B. B.
O. Sand, Bern.



Bauleiter des Hauensteintunnel
S. B. B. Sekt.-Ing. E. Wiesmann.



Oberingenieur der Gen.-Dir. der S. B. B.
† E. Vogt, Bern.

SCHWEIZERISCHE BUNDESBAHNEN

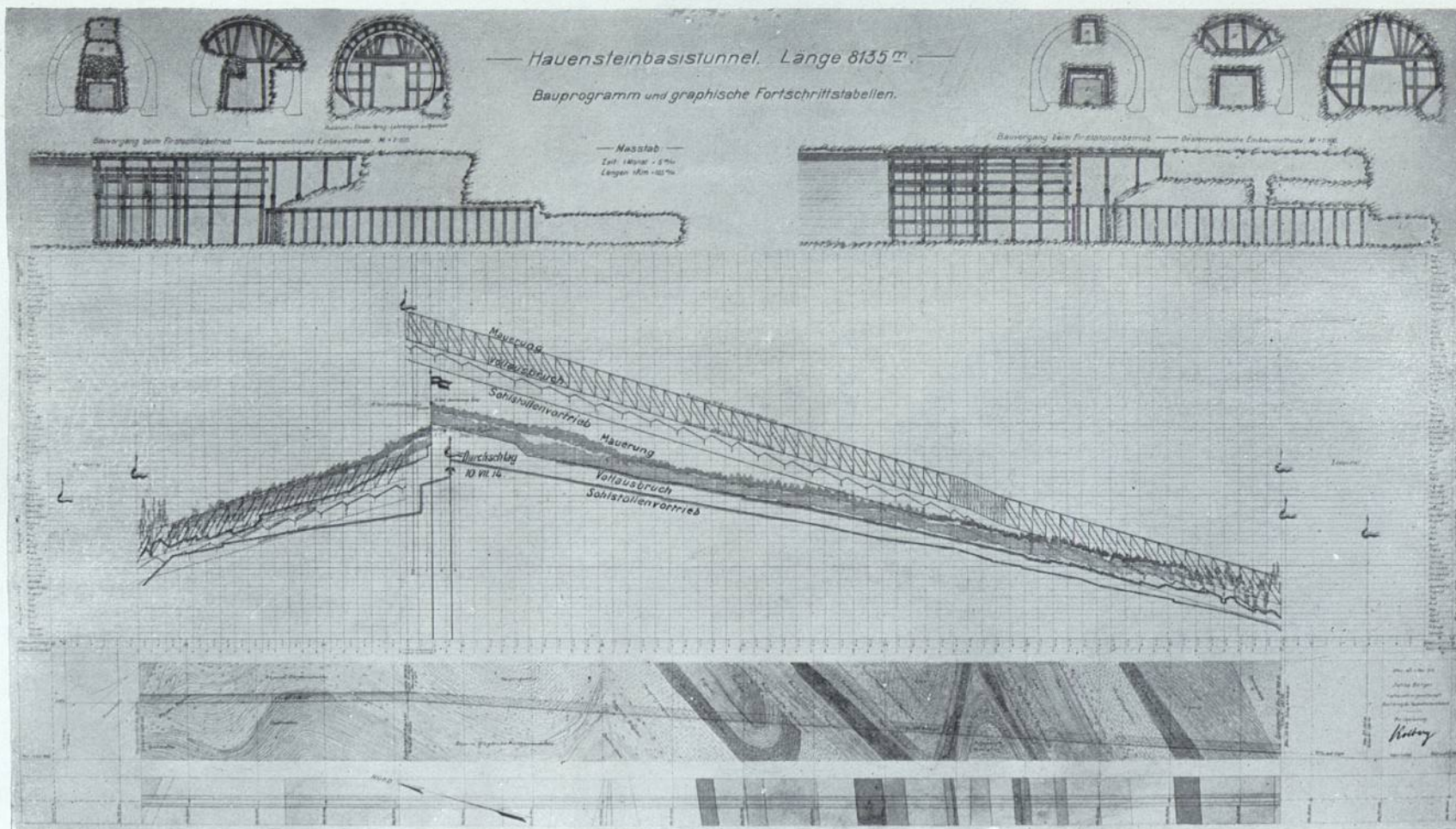


Generaldirektor der Julius Berger
Tiefbau A.-G. Berlin
Kommerzienrat Julius Berger.



Oberingenieur und Direktor
der Zweigniederlassung Olten
Fritz Kolberg.

TUNNELBAU-UNTERNEHMUNG



Vertragliche Vollendungstermine nach dem Projekt der Baubehörde.

<i>Durchschlag des Sohlstollens</i>	13. Januar 1916
<i>Beendigung des Vollaushbruches</i>	März 1916
<i>Beendigung der Mauerung</i>	1. August 1916
<i>Vollendung des Tunnels einschliesslich der offenen Strecke</i>	13. Januar 1917

Ausführungstermine der Tunnelbauunternehmung.

<i>Durchschlag des Sohlstollens</i>	10. Juli	1914
<i>Beendigung des Vollaushbruches</i>	Januar	1915
<i>Beendigung der Mauerung</i>	21. April	1915
<i>Vollendung des Tunnels einschliesslich der offenen Strecke</i>	20. Dezember	1915



Vorwort.

Als die Tunnelbau-Unternehmung *Julius Berger Tiefbau-Aktiengesellschaft Berlin* sich nach erfolgreicher Vollendung der Arbeiten entschloss, mit Genehmigung der Generaldirektion der schweizerischen Bundesbahnen, eine Denkschrift über den Bau des Hauenstein-Basistunnels und der anstossenden offenen Strecken herauszugeben, leitete sie dabei vor allem der Wunsch, ein bleibendes Andenken zu schaffen für alle Mitarbeiter im weitesten Sinne, die zum Gelingen dieses über Erwarten rasch durchgeführten Werkes beigetragen haben. Es geschah ferner auch in der Absicht, durch die Veröffentlichung aller die Fachwelt interessierenden Bauvorgänge in Wort und Bild dem Fortschritt der Technik zu dienen; und endlich durfte die Annahme gerechtfertigt erscheinen, dass dieser Beitrag bei der Ausführung ähnlicher Arbeiten von Interesse und von Nutzen sein werde.

Die Tunnelbauunternehmung beauftragte den Unterzeichneten mit der Ausarbeitung der Denkschrift, die in erster Linie dem Hauensteintunnel gilt. Die offene Strecke wird nur soweit berücksichtigt, als dies im Zusammenhang mit dem Tunnel geboten erscheint; hingegen werden die geologischen Verhältnisse eingehend besprochen, in Würdigung der wichtigen Rolle, welche die Geologie im Tunnelbau spielt und auch weiter zu spielen berufen ist. Die Kostenfrage konnte nicht in grösserem Umfang behandelt werden, weil noch kein abgeschlossener amtlicher Ausweis vorliegt.

Für die bereitwillige Zustellung von wertvollem Material wird hier allen, die bei der Abfassung der Denkschrift mich unterstützt und mit mir gearbeitet haben, insbesondere Herrn Dr. *W. Kronecker*, Ingenieurgeologe bei der *Julius Berger Tiefbau A.-G.* in Berlin, der verbindlichste Dank ausgesprochen.

Olten, im Januar 1917.

E. Wiesmann.

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite		Seite
Vorwort.			
I. <i>Einleitung.</i>			
Vorstudien und Bericht der Generaldirektion der S. B. B.	1		
1. Hauensteinlinie	1		
2. Verschiedene Juradurchstiche	3		
3. Elektrischer Betrieb	4		
II. <i>Ausschreibung und Vergebung.</i>			
a) Erste Ausschreibung	4		
b) Zweite Ausschreibung	5		
c) Der Bauvertrag	6		
d) Chronologische Aufzeichnungen	7		
III. <i>Organisation und Projekt.</i>			
A. Organisation.			
a) Bauleitung der S. B. B.	8		
b) Unternehmung	8		
B. Projekt.			
1. Geologische Verhältnisse	8		
2. Linienführung nach Höhe und Richtung	15		
3. Aussteckung der Tunnelaxe	16		
4. Baupläne	17		
IV. <i>Ausführung der Tunnelbauarbeiten.</i>			
1. Baubeginn, einleitende Arbeiten	18		
2. Das Bauprogramm	20		
3. Installationen	21		
4. Fortgang der Arbeiten:			
a) Vortrieb	28		
b) Ausweitung	35		
		c) Förderung	36
		d) Tunnelmauerung	38
		e) Organisation des Arbeitsbetriebes im Tunnel	47
		f) Geometrische Arbeiten im Tunnel	47
		g) Der Durchschlag	49
		5. Arbeiterzahl und Lohnverhältnisse:	
		a) Arbeiterzahl	52
		b) Arbeitslöhne	57
		c) Unfälle	57
		d) Krankenkasse	57
		6. Die Keuperstrecken	58
		7. Der Schachtbau	61
		8. Die Vollendung	65
		V. <i>Kurze Angaben über die offene Linie</i>	68
		VI. <i>Signale und Stellwerke.</i>	
		a) Elektrische Einrichtungen im Hauen- stein-Basistunnel	76
		b) Sicherungseinrichtungen a. d. Stationen	78
		VII. <i>Kosten.</i>	
		A. Einheitspreise	80
		B. Voranschläge und Baukosten	81
		VIII. <i>Unternehmer und Lieferanten</i>	81
		IX. <i>Alte Hauensteinlinie: jetzige Bestimmung, Rückblick</i>	84
		X. <i>Der Bau des Hauenstein-Basistunnel auf den Fachausstellungen von Leipzig und Bern.</i>	
		XI. <i>Schlusswort</i>	86

Verzeichnis der Tafeln.

Nr.	Nr.
1. Uebersichtskarte M. 1:50 000.	22. Flaschenbatterie.
2. Längenprofil M. $\frac{1:500}{1:10\,000}$.	23. Grosse Luftlokomotive.
3. Geologische Profile der Prognose.	24. Rollwagen.
4. Geologisches Profil der Ausführung M. 1:10 000.	25. Brausebad Südseite.
5. Normalprofile des Hauensteintunnels.	26. Benzinlokomotive.
6. Normalien für Strassen.	27. Darstellung des Mauerwerks im Hauenstein- tunnel.
7. Graphisches Bauprogramm.	28. Riesenmiene im Wisener Steinbruch.
8. Stand der Arbeiten Ende Februar 1913.	29. Projekt der Schachtanlage.
9. Normal für vollständigen Einbau.	30. Schachtanfang und maschinelle Anlage.
10. Gewölbemauerung aus Kunststein.	31. Schachtbau, Bauvorgang.
11. Lageplan der Installationen der Südseite.	32. Ausbruch des Schachtstuhles.
12. Ansicht und Schnitt der Maschinenhalle.	33. Plan der Aarebrücke.
13. Disposition der Maschinenanlage Südseite.	34. Gerüst für die Luftdruckgründung der Pfeiler.
14. Dieselmotorenanlage Südseite.	35. Viadukt Gelterkinden.
15. Disposition der Luftregulierung.	36. Plan verschiedener Zementröhren.
16. Transmissionen Südseite.	37. Gewölbte Wegunterführung km 22,812.
17. Schacht mit Oelreservoirs Südseite.	38. Gewölbte Wegüberführung km 25,114.
18. Rohrleitungen für die Hochdruckkompressoren Südseite.	39. Obere Eibachkorrektur.
19. Disposition der Dieselmotorenanlage Nordseite.	40. Stationsplan Gelterkinden.
20. Disposition der Vertikalschnitte.	41. Stationsplan Tecknau.
21. Gekuppelte Ventilatoren der Südseite.	42. Anlage der Blockstation im Tunnel.
	43. Stellwerke der Stationen: Verschluss Tabellen.

I. Einleitung.

Nach der Eröffnung des Simplontunnels am 1. Juni 1906 studierte die Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen die Frage der Verbesserung der Verbindungen von Basel nach der Zentral- und Westschweiz. Am 18. Juni 1907 gab sie darüber Bericht an den Verwaltungsrat. In Frage kamen einerseits neue Juradurchstiche, wie die Wasserfallen-, Kellenberg- und Lüsseltalbahn, sowie die von Sissach abzweigende Schafmattbahn als direkte Verbindung Basel-Aarau, und andererseits eine Verbesserung der Hauensteinlinie durch Tieferlegung des Tunnels.

Die Generaldirektion kam auf Grund genereller Studien zum Schluss, dass eine Verbesserung der Hauensteinlinie gegenüber neuen Juradurchstichen den Vorzug verdiene und beantragte beim Verwaltungsrat die Fortsetzung der Studien für eine verbesserte Hauensteinlinie mit einer Maximalsteigung von 10 ‰ gegenüber rund 22 auf der Nordrampe und rund 26 ‰ auf der Südrampe der alten Hauensteinlinie.

Zu gleicher Zeit sollten die obengenannten neuen Juradurchstiche eingehend untersucht werden, um auf diese Weise das meist geeignete Tracé für einen Juradurchstich zwischen Basel und dem Aaretal zu ermitteln. Wir unterlassen es an dieser Stelle auf den vorläufigen Bericht näher einzutreten, weil weiter unten die Verhältnisse eingehend besprochen werden und verweisen auf die Schweizerische Bauzeitung vom 3. August 1907.

In Erledigung des Auftrages des Verwaltungsrates vom 19. Juli 1907 legte am 8. September 1909 die Generaldirektion ihren Entwurf zur Verbesserung der Hauensteinlinie durch einen Basistunnel vor, nebst Studien über die angeregten verschiedenen Juradurchstiche; als topographische Unterlage diente dabei die Siegfriedkarte 1:25000, deren Angaben, wo es nötig war, durch Lokalbesichtigungen ergänzt wurden. Die Studien für die neue Hauensteinlinie wurden auf Grund von Terrainaufnahmen und Schichtenplänen im Massstab 1:2000, sowie einer von Herrn Professor Dr. F. Mühlberg in Aarau vorgenommenen geologischen Untersuchung des in Betracht kommenden Gebietes durchgeführt. Unsere Darlegungen schliessen sich dem Bericht an, dessen Hauptergebnisse im Auszug wiedergegeben werden.

1. Hauensteinlinie.

Da die maximalen Steigungen der Linie von Basel nach Olten zwischen Basel und Sissach 10 ‰, zwischen Sissach und Läfelfingen 21,8 ‰ und zwischen Olten und Läfelfingen 26,3 ‰ betragen, so ist eine Verbesserung nur zwischen Sissach und Olten erforderlich. Für die Südseite ist das neue Tracé vom Bahnhof Olten bis zum nächsten Tunnelportal durch die festgesetzte Höchststeigung gegeben.

Für den Aufstieg von der Nordseite kommen zwei Täler in Betracht: das Homburgertal, in dem die bestehende Linie liegt, und das Tal der Ergolz von Sissach bis Gelterkinden und daran anschliessend das Tal des Eibaches bis oberhalb Tecknau. Durch die Tieferlegung des Tunnels wird voraussichtlich eine Betriebsersparnis von 800,000 bis 1 Million Franken erzielt, das entspricht einem Kapital von 20 bis 25 Millionen Franken, woraus sich die Baukosten zum grössten Teil decken.

Wir beschränken uns hier auf einen abgekürzten Vergleich der beiden Linien und lassen dafür eine genaue Beschreibung der Linienführung der verbesserten Hauensteinlinie über Tecknau im Abschnitt III, 2, folgen.

a) Variante über Gelterkinden.

Die grösste Steigung zwischen Sissach und Tecknau beträgt 10,5 ‰. Die Anwendung von 10 ‰ ist infolge der Gefällsverhältnisse des Ergolz- und Eitales nicht möglich. Unmittelbar hinter der Station Tecknau tritt die Bahn in den 8148 m (8134) langen Tunnel ein. Der Kulminationspunkt liegt 110 m tiefer als die Station Läfelfingen. Das Gefälle der beiden Tunnelschenkel beträgt 1,5 und 7,5 ‰. Die Kosten der 16200 m langen neuen Linie wurden auf Fr. 22,750,000.— veranschlagt; Verkürzung gegenüber der alten Linie 111 m. Die Verkürzung der virtuellen Länge

berechnet sich nach *Jacquier* auf 30 km, indem sich für die alte Linie eine virtuelle Länge von 53,4 km, für die neue eine solche von 23,6 km ergibt. Wir lassen hier eine kurze Erläuterung dieses Begriffes folgen:

Die *virtuelle Länge* (besser wäre der Ausdruck Vergleichslänge oder äquivalente Länge) bedeutet die Länge einer geraden, horizontalen Bahn, die je nach den Grundlagen des Vergleichs

1. die gleiche Widerstandsarbeit (*Lindner*) oder
2. die gleichen Zugkraftskosten (*Kreuter*) oder
3. die gleichen teilweisen oder totalen Betriebskosten erfordert (*Amiot, Jacquier, Mutzner* u. a.)

wie eine vorhandene oder projektierte Linie mit ihren Steigungs- und Krümmungsverhältnissen. Je nach der Art des Vergleiches fällt die virtuelle Länge verschieden aus. Darum ist mit derselben stets der Autor, auf den man sich stützt, anzugeben. Die virtuelle Länge ist grösser als die wirkliche Länge. Namentlich zum Vergleich von Gebirgsbahnen, d. h. Bahnen mit starker Steigung tut sie gute Dienste, ersetzt jedoch eine Rentabilitätsrechnung nicht. Vergleiche: Die virtuellen Längen der Eisenbahnen von Dr. *Carl Mutzner*, Zürich und Leipzig 1914.

b) Variante über Sommerau.

Der Talweg des Homburgerbaches zeigt auf der rund 3,5 km langen Strecke von der Mündung in die Ergolz bis gegen Sommerau eine durchschnittliche Steigung von 14 ‰. Die Anlage einer Bahnlinie mit 10 ‰ Steigung ist in diesem Tal nicht möglich. Mit einer solchen würde man schon 2,5 km oberhalb Sissach unter die Talsohle gelangen, wenn man nicht eine künstliche Entwicklung anwenden wollte. Selbst mit der im vorliegenden Projekt gewählten Steigung von 12 ‰ ist die offene Führung der Linie nur bis Sommerau möglich, wo das Nordportal des Tunnels in der Höhe von 425,36 m ü. M. angelegt werden muss.

Die neue Station Sommerau liegt 28 m unter der bestehenden in einem 6 m tiefen Einschnitt. Der Homburgerbach muss auf eine Länge von 1080 m verlegt werden. Die Länge des Tunnels beträgt 8766 m, also 618 m mehr als bei dem vorhin beschriebenen Tracé, und sein ungefähr in der Mitte angeordneter Kulminationspunkt hat eine Höhe von 431,87 m ü. M. Er liegt demnach 130 m unter der Station Läuelfingen. Die Steigung der nördlichen Tunnelhälfte beträgt 1,5 ‰ und das Gefälle der südlichen 6 ‰.

Die Länge der neu zu erstellenden Strecke mit 13700 m und die Entfernung von Sissach nach Olten 15570 m ergibt somit gegenüber der alten Linie eine Verkürzung von 2621 m, während die Verkürzung der virtuellen Länge 31,4 km ausmacht, also nur ein geringes mehr als die Variante a. Die Kosten des Projekts wurden auf Fr. 22,800,000. — veranschlagt.

Vergleich der Varianten a und b.

Die wichtigsten technischen Verhältnisse der beiden Vergleichslinien und der bestehenden Linie zeigt nachstehende Tabelle.

	Variante über Gelterkinden <i>a</i>	Variante über Sommerau <i>b</i>	Bestehende Linie
Wirkliche Länge Sissach-Olten	18,080 km	15,570 km	18,191 km
Virtuelle Länge nach <i>Jacquier</i>	23,6 km	22,0 km	53,4 km
Grösste Steigung auf der Nordrampe	10,5 ‰	12 ‰	21,8 ‰
Grösste Steigung auf der Südrampe	10 ‰	10 ‰	26,3 ‰
Kleinster Krümmungshalbmesser	500 m	500 m	360 m
Länge des Tunnels	8148 m	8766 m	2495 m
Höhe des Kulminationspunktes	451,93 m	431,87 m	561,80 m
Baulänge	16200 m	13700 m	—
Baukosten (zweigleisig)	Fr. 22,750,000	Fr. 22,800,000	—

Zu Gunsten der Variante über Gelterkinden spricht in erster Linie die *geringere Steigung* auf der Nordrampe, 10,5 ‰ statt 12. Ferner spricht für diese Variante die *geringere Länge des Tunnels*. Ausser diesen Erwägungen ist aber noch der *grössere volkswirtschaftliche Wert* der Linie über Gelterkinden in Betracht zu ziehen. Innerhalb einer Distanz von 4 km von der neuen Linie liegen 13 Ortschaften mit 7500 Einwohnern, die durch die neue Linie an den Bahnverkehr angeschlossen werden, während durch die Führung der Linie im Homburgertal nicht nur kein neues Gebiet erschlossen, sondern nur für den bestehenden Verkehr eine zweite Bahn geschaffen wird.

Heute, nachdem die Variante über Gelterkinden ein Jahr im Betrieb ist und sich die Bedeutung des Lokalverkehrs besser überschauen lässt, zeigt sich deutlich, dass auch in dieser Hinsicht das Richtige getroffen wurde.

Es wurden zwar Bedenken geäußert in bezug auf die Anbringung einer Blockstation im Tunnel innerhalb einer 6 km langen Rampe von 7,5 ‰ Steigung, die infolge des Luftwiderstandes im Tunnel und einer verminderten Adhäsion der Schienen einer Steigung von 10,5 ‰ der offenen Linie gleichzustellen sei. Nachdem aber in der Ausführung durch die Erstellung eines Luftschachtes die Vorbedingungen einer reichlichen Lüftung geschaffen wurden und ferner durch eine Gefällsermässigung auf 500 m Länge in der Blockstation, durch elektrische Betätigung der Blocksignale, Anbringung von mehrfachen, elektrisch beleuchteten Vorsignalen und endlich durch Anbringung von Kontakteinrichtungen eine Kontrolle über die in den Tunnel einfahrenden und die Blockstation passierenden Achsenzahleinstellt worden ist, also eine allfällig eingetretene Zugs trennung angezeigt wird und das Nachlassen eines folgenden Zuges nicht möglich ist, bevor der erste mit sämtlichen Achsen die Blockstation verlassen hat, ohne dass eine Signalbedienung im Innern des Tunnels erforderlich ist, ist den weitestgehenden Anforderungen der Betriebssicherheit Genüge geleistet.

In bezug auf die Linie über Sommerau ist noch nachzutragen, dass im Tunnel eine Strecke von mehr als 4 km Länge in einem Gefälle von nur 1,5 ‰ in bezug auf Wasserabführung während des Baues ernste Schwierigkeiten hervorrufen kann, die zu Zeit- und Geldverlust Anlass geben können. In einer Beziehung ist anscheinend die Variante *b* der Variante *a* überlegen, nämlich durch die Lage des Scheitelpunktes in der Mitte des Tunnels. Aus diesem Umstand werden gewöhnlich bei der Bearbeitung eines Projektes eine Verkürzung der Bauzeit und allerlei finanzielle Vorteile herausgerechnet. Nach dem Ergebnisse, welches die Ausführung des Hauensteintunnel gezeitigt hat, wird man in dieser Beziehung gelegentlich zu einem andern Urteil kommen müssen. Es lohnt sich deshalb, näher auf den Gegenstand einzutreten.

Trotzdem im Hauensteintunnel der Kulminationspunkt nahe am Nordportal liegt, indem die Nordrampe rund 1800 m, die Südrampe im Tunnel dagegen rund 6300 m misst, fand der Durchschlag 18 Monate früher statt als nach dem Bauvertrag vorgesehen war. Das spricht doch gegen die alte Ansicht! Weil von der Südseite her zirka 75 % der Tunnellänge aufzuschliessen waren, so wurde daselbst eine sehr leistungsfähige maschinelle Anlage geschaffen, welcher zum grossen Teil die gleichmässig hohen Monatsfortschritte in allen Profilteilen zuzuschreiben sind. Auf der Nordseite handelte es sich zuerst darum, den langen Voreinschnitt zu öffnen und den Eibach zu verlegen.

Der Sohlstollen konnte deshalb erst 7 Monate später als auf der Südseite in Angriff genommen werden, ausserdem waren die in den ersten Monaten erzielten Fortschritte gering, so dass der Sohlstollen auf der Nordseite gegenüber der Südseite um ein Jahr in Rückstand kam. Man begnügte sich auf der Nordseite mit einer bedeutend schwächeren maschinellen Anlage. Wäre der Kulminationspunkt in der Tunnelmitte gelegen, so hätte man auf beiden Seiten je eine Installation mittlerer Güte angeschafft. Diese hätten unter den obwaltenden Umständen nicht das nämliche geleistet, was durch eine Konzentration der Hauptkraft auf einer Seite erreicht wurde. Je nach Umständen ist also die einseitige Lage des Scheitelpunktes für die Bauausführung geradezu von Vorteil, namentlich dann, wenn die Erschliessung *einer* Tunnelmündung bedeutend mehr Arbeitsaufwand erfordert als die der anderen.

Der Erfolg bestätigte in jeder Hinsicht, dass die Variante über Gelterkinden gegenüber derjenigen von Sommerau den Vorzug verdiente.

2. Die verschiedenen Juradurchstiche.

Wir können dieser Frage keinen grossen Platz einräumen und verweisen auf den Bericht der Generaldirektion an den Verwaltungsrat der schweizerischen Bundesbahnen und auf einen Aufsatz in der Verkehrstechnischen Woche, Jahrgang VIII, Nr. 16 vom 22. November 1913 «Der Hauenstein-Basistunnel» von Regierungsbauführer *Flörke* und Professor Dr. Ing. *Blum*.

Das Endergebnis der Studien wird am besten gekennzeichnet durch die Wiedergabe des Absatzes 7 des genannten Berichtes:

«Der Bau einer neuen Hauensteinlinie zwischen Sissach und Olten muss den anderen Juradurchstichen vorgezogen werden, weil durch die Tieferlegung des bestehenden Tunnels der Verkehr sowohl nach dem Gotthard als nach der Westschweiz verbessert wird, während durch die westlich gelegenen Linien (Wasserfallen-Kellenberg- und Lüsseltalbahn) nur eine im Betrieb unwirksame Distanzabkürzung nach der Westschweiz und dem Simplon und durch die Schafmattbahn nur eine geringe Abkürzung nach dem Gotthard erzielt würde...»

3. Elektrischer Betrieb.

Bald nachdem weiteren Kreisen bekannt wurde, dass sich die Generaldirektion mit Studien über die Tieferlegung des Hauensteintunnels beschäftigte, wurde von privater Seite die Anregung gemacht, die elektrische Traktion auf der bestehenden Linie einzuführen, um dadurch deren Betrieb so zu verbessern, dass die gleichen Zuglasten mit denselben Fahrzeiten wie auf der tiefergelegten Linie befördert werden könnten und zwar viel billiger als dies durch den Bau eines Basistunnels zu erreichen wäre.

Das Ergebnis der besonderen Studien über diese Frage war nicht überzeugend genug, um die Ansichten der Generaldirektion in bezug auf die Hauensteinlinie zu ändern. Sicher ist, dass die Verbesserung der Linienführung auch dem elektrischen Betrieb zugute kommen wird beim allfälligen späteren Uebergang der Linie Basel-Olten zu diesem.

* * *

In der Sitzung des Verwaltungsrates der schweizerischen Bundesbahnen vom 25. November 1909 wurde der Antrag der Generaldirektion und der ständigen Kommission des Verwaltungsrates genehmigt, der Bau der Verlegung der Hauensteinlinie von Sissach über Gelterkinden und Tecknau beschlossen und der Bundesrat ersucht, der Bundesversammlung die Bewilligung eines Kredits von 24 Millionen Franken zu beantragen.

Der Bundesbeschluss erfolgte am 20. Juni 1910.

Im Dezember 1910 wurde das Sektionsbureau in Olten eingerichtet und mit der Aufgabe betraut, die Detailpläne für die Vorlage an das Eisenbahndepartement und die kantonalen und kommunalen Behörden auszuarbeiten, sowie den Kostenvoranschlag für die Ausschreibung der Arbeiten aufzustellen.

II. Ausschreibung und Vergebung der Arbeiten.

a) Die erste Ausschreibung.

Am 5. Mai erfolgte die Ausschreibung für die Baustrecke Los I von km 25,380 bis km 37,690. Sie umfasste:

- den 8135 m langen, zweispurigen Tunnel zwischen Tecknau und Olten;
- den Unterbau der anstossenden offenen Bahnstrecken von 3255 m Länge auf der Nordseite und 920 m auf der Südseite;
- den beiden pneumatisch zu fundierenden Strompfeilern der Aarebrücke.

Der Termin der Angebote war auf den 31. Juli 1911 festgesetzt.

Für die Ausschreibung dienten folgende Unterlagen:

1. Uebersichtskarte M. 1:25000.
2. Uebersichtslängenprofil M. $\frac{1:250}{1:50000}$.
3. Normalblatt für Erdarbeiten und Mauern.
4. Normalprofile für den Hauensteintunnel.
5. Allgemeine Bestimmungen für die Uebernahme von Bauwerken und Lieferungen.
6. Besondere Bestimmungen für die Ausführung von Erdarbeiten und Mauern.
7. Besondere Bestimmungen für die Ausführung des Mauerwerks für Unterbauarbeiten.
8. Besondere Bestimmungen für die Ausführung der Tunnel.
9. Vertragsentwurf.
10. Preisliste.
11. Geologisches Gutachten über den projektierten Hauenstein-Basistunnel von Professor Dr. F. Mühlberg.

Ausserdem lagen verschiedene Detailpläne zur Einsicht auf. Es wurde die Ausfüllung der Preisliste, enthaltend die Einheitspreise für die Unterbauarbeiten verlangt. Die Preise für den Tunnel mit den Portalen und Ergänzungen bezogen sich auf das laufende Meter Tunnelröhre für 6 verschiedene Tunnelprofile mit Unterteilung, dargestellt in Tafel 5.

Profil 1 ohne Ausmauerung

» 1a ohne Ausmauerung

» 1b nur mit Gewölbemauerung

Profil 2 Gewölbe 40 cm, Widerlager 50 bis 82 cm stark

» 3 » 50 » » 60 » 97 » »

Profil 4	Gewölbe 65 cm,	Widerlager	75 bis 120 cm stark
» 5	» 80 »	»	90 » 130 » »
» 6	» 90 »	»	125 » 160 » »

davon Profil 3 und 4 mit und ohne Sohlengewölbe, 5 und 6 mit Sohlengewölbe.

Die Preisliste sah vor:

- Gewölbe aus Naturstein § 13/17 und § 14/17,
- Gewölbe aus Kunststein,
- Widerlager aus Naturstein § 13 und § 14,
- Widerlager aus Beton, Mischung 1:2:5.

Die Preisliste enthielt alle Profile, die sich aus der Verbindung dieser Elemente ergaben, z. B. Profil 3b mit Sohlengewölbe: Preis a, Widerlager § 13, Gewölbe §§ 13/17, Sohlengewölbe §§ 13/17.

Damit wurde einerseits bezweckt, die günstigste Beschaffung von Baumaterialien zu berücksichtigen, andererseits für die verschiedensten Beanspruchungen das geeignetste Profil zusammenstellen zu können. Dabei wurde als selbstverständlich vorausgesetzt, dass die verschiedenen Kombinationen nicht ohne zwingende Gründe angewendet wurden, sondern dass man das Mauerwerk möglichst einheitlich gestalte, schon aus dem Grunde, damit der Unternehmer sich auf eine bestimmte Herstellungsart einrichten konnte.

Die Preisliste enthielt noch besondere Preise für Sohlenabdeckung, Nischen, Kammern, Putzschächte und Gewölbeabdeckung, sowie Einheitspreise für Mehr- oder Minderleistungen bei den Normalprofilen oder für besondere Profile und Anordnungen.

Es liefen 7 Offerten ein; davon umfassten 6 Angebote sämtliche ausgeschriebenen Arbeiten, während eine Eingabe nur ein Angebot für die Aarebrücke enthielt.

Zur Ermittlung der Höhe des Angebotes wurden die Einheitspreise in den Kostenvoranschlag eingesetzt. Für den Tunnel wurde eine gewisse Verteilung der anzuwendenden Tunnelprofile angenommen, bei deren Aufstellung das geologische Gutachten von Professor *Mühlberg* zu Rate gezogen wurde. Es ist selbstredend, dass bei der Ausführung die Tunnelprofile nach der Bewertung der vorgefundenen Verhältnisse bestimmt wurden. Eine Ueberschreitung des Voranschlages stellt sich von selbst ein, wenn die Verhältnisse mehr schwere Profile erfordern, als der Voranschlag aufweist. Deshalb werden durch eine solche Aufstellung die Baukosten nicht bindend festgestellt; auf der anderen Seite läuft der Unternehmer weniger Gefahr, als wenn der Tunnel für eine bestimmte Summe übernommen wird, indem sich das Risiko auf beide Parteien verteilt.

Nach Einsetzung der Einheitspreise der Angebote ergaben sich nachstehende Beträge:

1. Angebot	Fr. 20,109,700.—
2. » <i>Julius Berger</i>	» 18,683,500.—
3. »	» 26,973,100.—
und mit gewissen Einschränkungen	» 25,577,400.—
4. »	» 22,667,000.—
5. »	» 24,238,900.—
6. » mit Interessengemeinschaft	
7. » für die Aarebrücke allein.	

Unter den erstgenannten 5 Angeboten waren 3 von Schweizer Unternehmungen, 1 von deutscher, 1 von französischer Seite mit schweiz. Teilhaber.

Die genannten Beträge beziehen sich auf die Ausführung der gesamten Unterbauarbeiten, ausgenommen die Geleisebeschotterung. Für diese Ausführungen war im Voranschlag von Fr. 24,000,000.— ein Betrag von Fr. 17,160,000.— enthalten.

Das niedrigste Angebot von *Julius Berger*, Berlin, überschritt somit den Voranschlag um Fr. 1,517,000.— oder um 8,8 %, das höchste um Fr. 9,807,000.— oder 49 %. Die Differenz zwischen beiden betrug 44 %. Daneben waren drei Angebote mit Interessengemeinschaft, auf die jedoch nicht eingetreten wurde.

Angesichts der erheblichen Unterschiede zwischen den einzelnen Angeboten, die zum grossen Teil von einer Verschiedenheit in der Bewertung der beim Tunnelbau auftretenden Schwierigkeiten herrührten, und in der Absicht, eine gewisse Klärung in der Angelegenheit herbeizuführen, entschloss sich die Generaldirektion, im Einverständnis mit der ständigen Kommission des Verwaltungsrates, zu einer zweiten Ausschreibung.

b) Die zweite Ausschreibung.

Am 3. Oktober 1911 erfolgte diese mit Eingabefrist auf den 11. November 1911.

In Abweichung von der ersten waren zwei getrennte Offerten einzureichen, die eine A auf Grundlage der Uebernahme der gesamten Haftpflicht durch den Unternehmer; die zweite B auf

der Grundlage, dass die schweizerischen Bundesbahnen die Hälfte des Fr. 4000.— überschreiten- den Betrages der Haftpflichtentschädigung in jedem einzelnen Haftpflichtfall übernehmen.

Am Ende der Eingabefrist waren wiederum 7 Angebote eingelaufen. Zwei der früheren kamen in Wegfall, dafür traten zwei neue auf. In der nachstehenden Aufstellung werden nur die Beträge nach Preisliste B berücksichtigt. Das Legen des Oberbaues und die Geleisebeschotterung sind dieses Mal in den Beträgen enthalten.

1. Angebot	rund Fr. 21,000,000.—
2. » <i>Julius Berger</i>	» 19,817,734.—
3. »	» 23,678,100.—
4. »	» 21,986,400.—
5. »	rund » 23,000,000.—
6. »	» 26,571,000.—
7. » für die Aarebrücke allein.	

Das niedrigste Angebot hatte auch dieses Mal die Tiefbau-Aktiengesellschaft *Julius Berger*, Berlin, eingereicht im Betrage von Fr. 19,817,734.—. Das bei der ersten Ausschreibung von *Julius Berger* eingereichte Angebot belief sich einschliesslich des Oberbaues und der Geleisebeschotterung auf rund Fr. 19,100,000.—, bezog sich aber auf eine Frist von sechs Jahren bis zum Stollendurchschlag und von sieben Jahren bis zur gänzlichen Vollendung. Das Mehr gegenüber dem Angebot der ersten Ausschreibung wird ausgeglichen durch die infolge der zwei Jahre kürzeren Bauzeit erwachsende Ersparnis an Bauzinsen.

In Frage kam in erster Linie die Unternehmerfirma *Julius Berger*. Von deutschen Eisenbahndirektionen und Banken lagen die besten Zeugnisse vor; es wurde von allen Seiten versichert, dass die Firma in der Lage sei, den an sie gestellten Anforderungen zu entsprechen. Die Generaldirektion entschloss sich darauf hin zur Vergebung der Arbeiten an die Tiefbau-Aktiengesellschaft *Julius Berger* und schloss mit ihr den diesbezüglichen Bauvertrag vom 19. und 22. Dezember 1911 ab. In der Sitzung des Verwaltungsrates, den 12. und 13. Januar 1912, wurde der Bauvertrag gutgeheissen und der Kredit für die neue Hauensteinlinie von Fr. 24,000,000.— auf Fr. 26,000,000.— erhöht.

c) Der Bauvertrag.

Derselbe regelt in 16 Artikeln die Beziehungen zwischen der Generaldirektion der schweizerischen Bundesbahnen in Bern und der *Julius Berger* Tiefbau-Aktiengesellschaft in Berlin bei der Ausführung des Tunnels Tecknau-Olten und des Unterbaues der anstossenden Bahnstrecken, km 25,380 bis km 37,700.

Der Inhalt des Bauvertrages wird nachstehend kurz angedeutet:

Art. 1. Gegenstand des Vertrages.

Art. 2. Die Grundlagen des Vertrages bilden die ersten 10 Unterlagen der Ausschreibung; dazu kommen Situationsplan M. 1:1000, Längenprofil M. 1:2000 für die Längen und M. 1:200 für die Höhen, sowie das von der Unternehmung spätestens 6 Wochen nach Abschluss des Vertrages einzureichende Bauprogramm und alle im Laufe der Bauausführung von der Bauleitung zu erstellenden Detailpläne der Kunstbauten, Tunnelportale etc.

Art. 3. Von der Unternehmung zu leistende Kautions von Fr. 500,000.— nebst einem Garantierücklass von 10% der Arbeiten bis zum Betrag von Fr. 750,000.—.

Art. 4. Baubeginn, Vollendungstermin: Durchschlag bis zum 13. Januar 1916 und Vollendung zum 13. Januar 1917 (vgl. das Titelbild).

Konventionalstrafen je Fr. 500.— für jeden Tag verspäteten Durchschlags und verspäteter Vollendung.

Prämie für frühere Vollendung Fr. 300.— per Tag.

Art. 5. Handelt vom Bauprogramm.

Art. 6. Handelt von den Installationen.

Art. 7. Vorschriften über Begünstigung einheimischer Arbeiter und Produzenten.

Art. 8. Fürsorge für die Arbeiter; Kranken- und Unfallkasse; Wohlfahrtseinrichtungen.

Art. 9. Vorschriften über Bezahlung der Arbeiter (alle 14 Tage).

Art. 10. Bestimmungen zur Preisliste.

Art. 11. Abschlagszahlungen jeden Monat für geleistete Arbeiten, mit 10% Garantierücklass, bis zur Summe von Fr. 750,000.—. Spezielle Bestimmungen über die Abschlagszahlung der Tunnelarbeiten auf Grundlage von Stufenpreisen. Art der Bezahlung nicht vollendeter Tunnelpartien; Acontozahlung für die maschinelle Anlage bis zum Höchstbetrag von Fr. 400,000.—.

Art. 12. Tunnelpreise für eventuelle Abrechnung vor Vollendung der Vertragsobjekte.

Art. 13. Abnahme der Arbeiten, Rückzahlung des Garantierücklasses von Fr. 750,000.— und der hinterlegten Kautions von Fr. 500,000.— nach Verlauf der zweijährigen Garantiefrist.

Art. 14. Bestimmt ausdrücklich, dass das geologische Gutachten nicht als ein Bestandteil des Vertrages gilt.

Art. 15. Bezahlung von in der Preisliste nicht vorgesehenen Arbeiten.

Art. 16. Streitigkeiten. Rechtsdomizil der Unternehmung in Bern.

* * *

An dieser Stelle sei noch erwähnt, dass die Ausschreibung der unteren Bahnstrecke, Baulos II, von km 21,4 bis km 25,380 am 30. Mai 1912 mit Eingabefrist bis zum 15. Juli 1912 erfolgte. Es gingen 7 Angebote ein.

Das Baulos wurde nachträglich geteilt in IIa und IIb und im Herbst 1912 vergeben:

Baulos IIa km 24,350 bis 25,380, Betrag des Voranschlags rund Fr. 472,000.—, an *Julius Berger Tiefbau-Aktiengesellschaft Berlin*, und Baulos IIb km 21,4 bis 24,350, Betrag des Voranschlags rund Fr. 632,000.—, an *W. & J. Rapp*, Bauunternehmung in Basel.

Gesamtbetrag des Bauloses II rund Fr. 1,104,000.

d) Chronologische Aufzeichnungen.

Zur allgemeinen Orientierung seien hier die wichtigsten Bauereignisse in ihrer Zeitfolge bis zur Betriebseröffnung im Januar 1916 angeführt:

1907. 18. Juni. Bericht der Generaldirektion an den Verwaltungsrat über die Notwendigkeit einer Tieferlegung der Hauensteinlinie.

1909. 8. September. Vorlage eines Projekts mit Voranschlag für die neue Hauensteinlinie über Gelterkinden.

5. November. Genehmigung dieses Projekts durch den Verwaltungsrat.

1910. 20. Juni. Bundesbeschluss und Krediteröffnung von Fr. 24,000,000.—.

Dezember. Errichtung des Sektionsbureau in Olten für den Bau der neuen Hauensteinlinie.

1911. 5. Mai. Erste Ausschreibung betreffend Bau des Hauensteintunnels mit Unterbau der oberen Bahnstrecke.

3. Oktober. Zweite Ausschreibung der Arbeiten.

19./22. Dezember. Vertrag mit der *Julius Berger Tiefbau-Aktiengesellschaft*.

1912. 13. Januar. Genehmigung des Vertrages durch den Verwaltungsrat und Krediterhöhung auf Fr. 26,000,000.—.

31. Januar. Erster Spatenstich.

1. Februar. Baubeginn.

12. Februar. Beginn des Sohlstollens im Voreinschnitt der Südseite.

20. Februar. Eintritt des Sohlstollens in den Bereich des Tunnels.

2. März. Inbetriebsetzung der provisorischen Bohranlage.

25. März. Einführung von drei achtstündigen Schichten für sämtliche Arbeiten im Tunnel.

31. März. Inbetriebnahme der provisorischen Ventilationsanlage.

8. April. Beginn der Ausweitung.

6. Juni. Beginn der Mauerung.

8. August. Inbetriebsetzung der definitiven Ventilations- und Bohrluftanlage.

18. August. Beginn der Tunnelarbeiten auf der Nordseite.

20. August. Einführung der Luftlokomotiven Südseite.

2./14. September. Vergebung des Bauloses IIa an *Julius Berger*.

21. September. Vergebung des Bauloses IIb an *W. & J. Rapp* in Basel.

30. September. Ausbau der Installationen der Südseite vollendet.

1912. 23. August. km 1 der Südseite mit dem Sohlstollenvortrieb erreicht.

1913. 26. Januar. » 2 » » » » » »

2. Juli. » 3 » » » » » »

14. Nov. » 4 » » » » » »

1914. 21. Mai. » 5 » » » » » »

1913. 19. Juni. » 1 » Nordseite » » » »

9. Oktober. » 2 » » » » » »

10. Oktober. Beginn der Arbeiten für den Schacht.

15. Oktober. Vortrieb der Nordseite eingestellt bei km 2,050,7.

1914. 31. März. Vortrieb der Nordseite endgültig eingestellt bei km 2,268.

10. Juli. *Durchschlag* von Süden her bei km 5,864,9 ab Südportal.

1914. 18. Juli. Durchschlagsfeier.
17. August. Bedeutende Beschränkung der Arbeiterzahl wegen Ausbruch des Krieges.
12. Oktober. Erhöhung der Anzahl der Tunnelarbeiter auf 700.
1915. 28. Januar. Schacht fertig abgeteuft.
15. März. Vollendung der Widerlager.
10. April. Vollendung der Gewölbemauerung, Schlussstein bei km 6 ab Südportal.
2. Mai. Vollendung des Tunnels.
Bis 30. November Räumungsarbeiten, nachträgliches Einziehen von Sohlengewölben, Legen des Oberbaues.
20. Dezember. Vorkollaudation.
1916. 5. Januar. Kollaudation durch das Eisenbahndepartement.
1916. 8. Januar. Eröffnung der neuen Hauensteinlinie.

III. Organisation und Projekt.

A. Organisation.

a) Schweizerische Bundesbahnen. Bauleitung.

Die Ausarbeitung des Projekts und die Ausführung unterstand dem Vorstand des Baudepartements der Generaldirektion der schweizerischen Bundesbahnen, Herrn Generaldirektor *O. Sand*. Der Oberingenieur bei der Generaldirektion, Herr *E. Vogt*, hatte die Oberaufsicht über die Projektierung und die Ausführung sämtlicher Bauten durch die beauftragten Beamten (bauleitender Sektionsingenieur, Ingenieur-Bauführer, Ingenieur-Assistenten, Bauaufseher etc.), sowie die Vermittlung der geschäftlichen Beziehungen zwischen der Generaldirektion und der Unternehmung.

Beamte der Bauleitung.

Sektionsingenieur mit Sitz in Olten	Herr <i>E. Wiesmann</i>
Ingenieur-Bauführer der Südseite, Tunnel und offene Linie, km 31 bis 37,6	» † <i>C. Kälchmann</i>
mit den Ingenieur-Assistenten	» <i>F. Stüdi</i>
	» <i>Jos. Wolf</i>
und vorübergehend die Herren <i>E. Ammann, P. Buclin, A. v. Erlach</i>	
	Bauzeichner . Herr <i>O. Baumann</i>
	Bauschreiber » <i>H. Bräm</i>
Ingenieur-Bauführer der Nordseite, Tunnel und offene Linie km 25,380 bis 31,0	» <i>P. Dieter</i>
mit Ingenieur-Assistent	» <i>G. Schaez</i>
Baulos II, Sissach-Gelterkinden km 21,4 bis 25,380	
Ingenieur-Bauführer	» <i>W. Bösch.</i>

Personalübersicht.

- 1 Sektionsingenieur
- 3 Ingenieur-Bauführer
- 3—4 Ingenieur-Assistenten
- 1 Bauzeichner
- 1 Bauschreiber
- 6 Aufseher

Total 16 Beamte und 6 Gehilfen.

b) Organisation des Beamtenstabes der Unternehmung, siehe Tabelle Seite 9.

B. Projekt.

1. Geologische Verhältnisse. (Tafel 3 u. 4.)

Das Gelingen eines Tunnelbaues, die Möglichkeit, einen konkurrenzfähigen Voranschlag aufzustellen und die übernommenen Arbeiten gewinnbringend oder mindestens schadlos durchführen zu können, hängt zum grossen Teil von der Kenntnis der geologischen Verhältnisse und ihrer richtigen Einschätzung ab. Geradezu ausschlaggebend für den Erfolg ist die darauf fussende

b) Organisation des Beamtenstabes der Unternehmung beim Bau des Hauenstein-Basistunnels.

Oberleitung: OBERINGENIEUR und Direktor der Zweigniederlassung Olten.

I. Hauptbureau Olten	II. Baubureau Südseite (Trimbach)	III. Baubureau Nordseite (Tecknau)
<p><i>Vorstand:</i> 1 Prokurist.</p> <p>Abteilung A. <i>Buchhaltung:</i> 2 Buchhalter 1 Schreibhilfe</p> <p>Abteilung B. <i>Lohnwesen, Krankenkasse, Arbeiterversicherung:</i> 1 Buchhalter 1 Zahlmeister 5 Kontrolleure (3 im Tunnel, 2 aussen Tag und Nacht)</p> <p>Abteilung C. <i>Korrespondenz:</i> 1 Korrespondent 2 Maschinenschreiber</p>	<p><i>Vorstand:</i> 1 Abteilungsingenieur</p> <p>a) <i>Installation und Aussenbetrieb:</i> 1 Maschineningenieur (Leitung) 2 Maschinenmeister (Tag und Nacht) 2 Platzmeister (» » ») 2 Sekretäre (» » »)</p> <p>b) <i>Tunnel:</i> 3 Schichtingenieure (1 für jede Schicht) 1 Vermessungsingenieur 3 Oberhauer für Vortrieb und Vollaussbruch (1 für jede Schicht) 2 Maurerobehauer für Ausmauerung und Sohlenkanal (für beide Tagschichten)</p> <p>c) <i>Offene Strecke, Abladebahnhof und Sägewerk:</i> 1 Bauaufseher 2 Unteraufseher (Tag und Nacht)</p>	<p><i>Vorstand:</i> 1 Abteilungsingenieur</p> <p>a) <i>Installation und Aussenbetrieb:</i> 1 Maschinenmeister 2 Platzmeister 1 Sekretär 1 Gehilfe 1 Zahlmeister</p> <p>b) <i>Tunnel:</i> 3 Schichtingenieure (1 für jede Schicht) 3 Oberhauer für Vortrieb und Vollaussbruch (1 für jede Schicht) 2 Maurerobehauer für Ausmauerung und Sohlenkanal (für beide Tagschichten)</p> <p>c) <i>Offene Strecke:</i> 1 Streckeningenieur 2 Bauaufseher 1 Sekretär</p> <p>d) <i>Schacht:</i> 1 Ingenieur 2 Oberhauer (Tag und Nacht)</p>

Wahl des Bohrsystems und das Bauprogramm. Es versteht sich von selbst, dass in der Zeit des Aufschlusses durch den Richtstollen die geologischen Beobachtungen fortgesetzt werden; denn die Kenntnis der stratigraphischen Verhältnisse, der Wechsel der Schichten, ihre physikalischen Eigenschaften wie Struktur, Härte, Festigkeit usw., die Streichrichtung, der Grad des Einfallens, das Vorkommen von Störungen und Verwerfungen, die Erfahrungen beim Bau anderer Tunneln in gleichartigen Schichten, die natürliche Einteilung in Strecken analoger Gesteinsfazies, die genaue Registrierung der Temperatur- und Wasserverhältnisse etc., die Kenntnis aller dieser Faktoren trägt viel zu einem klaren Urteil über das technische Verhalten des Gebirges einer erschlossenen Stollenstrecke bei und erhöht die Sicherheit in der Bestimmung der anzuwendenden Tunnelprofile, sowie in der Anordnung sonstiger Massnahmen.

Aus diesem Grunde werden in dieser Denkschrift die geologischen Verhältnisse eingehend besprochen; wurde doch geradezu in vorbildlicher Weise alles getan, um Geologie und Technik eng miteinander in Beziehung zu bringen, ein Bestreben, welches sich für den Bau des Tunnelns als sehr wertvoll und nützlich erwies.

Jeden Monat wurden durch Professor Dr. *Buxtorf* in Basel die geologischen Verhältnisse festgestellt und in einem Monatsbericht niedergelegt.

Ein geologisches Gutachten, das Professor Dr. *F. Mühlberg* im Auftrag der Generaldirektion verfasst hatte, orientierte über die zu erwartenden Gesteinsverhältnisse; wir geben im Auszug das Wichtigste daraus wieder.

Im übrigen verweisen wir auf dieses Gutachten und ferner auf die zwei Publikationen von Professor Dr. *A. Buxtorf*: Die mutmasslichen geologischen Profile des neuen Hauensteintunnels und des Grenchenbergtunnels im Schweizer Jura. Basel 1913 — sowie: Prognosen und Befunde beim Hauenstein-Basis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letzteren für die Geologie des Juragebirges. Verh. d. Naturf. Ges. in Basel. Basel 1916 (Siehe Tafel 3).

In der Hauptsache ergab sich eine *gute* Uebereinstimmung zwischen Voraussage und Befund.

Der Tunnel dringt von Norden her von der Sohle des ehemaligen Eibachbettes aus, zirka 1 km südlich Tecknau, im Niveau von 449 m ü. M. in den Tafeljura ein, bleibt darin auf eine Strecke von zirka 4½ km, durchsetzt dann das Grenzgebiet zwischen Tafel- und Kettenjura, durchquert den Kettenjura in einer Länge von 3½ km und verlässt ihn am Fusse des Südabfalles im Niveau von 405,52 m ü. M. Die beiden Gebirgsmassen, die der Tunnel unterfährt, besitzen in ihrer Oberflächengestaltung folgende Eigentümlichkeiten:

Der Tafeljura ist ein durch enge, in nördlicher Richtung verlaufende und sich dabei allmählich erweiternde Tälchen zerschnittenes Tafelland, dessen Oberfläche im ganzen schwach nordwärts geneigt ist, während die Schichten der den Tafeljura bildenden Sedimentplatten flach nach Süden, zum Teil etwas östlich abweichend einfallen und im Tunnelgebiet mehr oder weniger deutlich ausgeprägte Wellen und Falten aufweisen.

Die Oberfläche erhebt sich 150 bis 160 m über die Tunnelsohle. In der sich an der Strasse von Zeglingen nach Häfelfingen herabziehenden Bachrinne, bei km 31,5, beträgt die Ueberlagerung nur 110 m und 130 m, wo die Tunnelaxe den Wisenbach kreuzt (km 32,5). Die Einsenkung im Längsschnitt des Tunnelmassives erwies sich später als sehr günstig für die Anlage eines Lüftungsschachtes bei km 32,241.

Der Kettenjura wird von langgestreckten Bergrücken gebildet, die teils von Südwest nach Nordost, teils von Westen nach Osten streichen, zwischen welchen langgezogene Tälchen mehr oder weniger tief eingeschnitten sind. Die höchste Erhebung, 900 m ü. M. oder 480 m über der Tunnelsohle, bildet der Kamm des Dottenberges. Gegen Süden flacht sich das Gebirge ab, so dass die Ueberlagerung an der Südflanke nur noch 85 bis 150 m beträgt.

Zwischen dem Tafeljura und dem Kettenjura ist die sogenannte Ueberschiebungszone eingeschaltet; hier hat sich bei der Faltenbildung der Kettenjura über die Tafel des von intensiver Faltung verschont gebliebenen nördlichen Gebirgstalles hinübergeschoben.

Die überschobenen Schichtenkomplexe sind an dieser Stelle im Verlauf der geologischen Zeiträume durch Erosion grösstenteils verschwunden. In der Tunnelaxe ist an der Oberfläche des Berges die Ueberschiebungszone mit Gehängeschutt bedeckt, so dass eine genaue Voraussage unmöglich war. Man war daher auf den Befund im Berginnern an dieser vom Standpunkt des Geologen wichtigen Stelle sehr gespannt. Es fand sich bei km 3,320 ab Südportal ein jäher Wechsel zwischen dem mittleren Muschelkalk und dem Tertiär. Zwischengeschaltete «aufgeschürfte Materialien» stellten sich in wechselnder Mächtigkeit von 0 bis zirka 5 m ein (Abb. 1).

Im Tafeljura durchörtert der Tunnel die verschiedenen Stufen des Bajocien, den Hauptrogenstein, Varians-, Callovien-, Birmensdorfer- und Effingerschichten, sodann die dem Ober-Miocen angehörenden Tertiärbildungen des Tafeljura-Südlandes (letztere an der Sohle auf 380 m, in der First auf 700 m Länge auftretend). (Tafel 4.)

Von Süden her durchfährt der Tunnel, beginnend mit dem zum Malm gehörenden Effingermergel, eine normale Serie des Jura in umgekehrter Reihenfolge ihrer geologischen Zeitordnung, tritt



Abb. 1. Nische mit Ansicht der Ueberschiebung (Tunnelostseite bei 3320 m ab Südportal. Breite: 3 m; Höhe 2,5 m).

a = grauer, kompakter kalkiger Mergel des *Ober-Miocaens*, bei \times mit conglomeratischen Nestern. **b** = wie **a** aber flaserig verschürft. **c** = graue Mergel und Mergelkalke (sandig-glimmerig) dem *Lias* oder *Untern Dogger* (Blagdeni-Murchisonae-Schichten) angehörend. **d** = grünliche *Keupermergel* mit Gipsadern und Anhydritknollen. **e** = *Muschelkalk*, von Calcitadern und sekundären Gips- und Anhydritausscheidungen durchzogen. An den feuchten Stellen bei $\times\times$ zeigen sich seit der Erstellung der Nische feine kristalline Ausblähungen von Steinsalz. **b-e** sind als «durch die Ueberschiebung aufgeschürfte Materialien» zu bezeichnen, die verschürfte Muschelkalklinse **e** reicht nach rechts oben noch ca. 1 m weit, hierauf folgt dann sofort die überschobene «Anhydritgruppe» (vergl. geol. Tunnelprofil).

dann bei km 1,700 ab Südportal in die Triasformation ein und verbleibt darin auf zirka 1600 m. Nur an einer Stelle ist diese durch Gebilde der Juraformation, Opalinuston und Lias auf 140 m Länge unterbrochen und zwar unter der Burgfluhmulde km 2,275 bis 2,416 ab Südportal. Hier reichen die synklin gefalteten Schichten der Juraformation tiefer in das Tunnelmassiv herab, als im geologischen Profil von Professor *Mühlberg* angenommen wurde (Tafel 3).

Nach dieser Stelle (km 2,416) wurden die Glieder der Triasformation nochmals in normaler Reihenfolge angetroffen, indem weiterhin wieder Keuper, Lettenkohle, oberer Muschelkalk-Dolomit, Hauptmuschelkalk und Anhydritgruppe des mittleren Muschelkalkes durchlaufen wurde. In der ersten Triasstrecke ist die Anhydritgruppe auf 7 m Ausdehnung zusammengedrängt. Bei km 2,156 ab Südportal fanden sich weit klaffende und ziemlich hoch hinaufreichende, ausgewaschene Gipsschlote, die an der Tunnelsohle mit Schienen überbrückt werden mussten (Tafel 8).

Professor *Mühlberg* nahm unter dem Dottenberg (Burgfluh) ein mehr oder weniger normales Gewölbe an. Statt dessen fand sich, wie in einem Gutachten von Dr. *A. Buxtorf* vom Jahr 1911 dargelegt wurde, die Dottenbergserie auf den Südrand der Burgfluhmulde übergeschoben und der Mittelschenkel so gut wie vollständig ausgequetscht. Statt einer langen Beschreibung der einzelnen Schichten und ihrer Eigenschaften verweisen wir auf Fig. 3 der Tafel 4. Sie enthält die normale Schichtenfolge; in dem Profil ist die Beschaffenheit der Gesteine insofern angedeutet, als z. B. feste Bänke wie Mauerwerk, schieferige Mergel durch feine Strichelung unterschieden werden. Ein Blick auf die Tafel lehrt, dass die mergeligen und tonigen Schichten überwiegen. Sie nehmen ungefähr 70% der Tunnelänge ein, während festere Gesteine, nämlich Muschelkalk, Hauptrogenstein, Dolomit und zum Teil Lias sich auf zirka 30% der Gesamtlänge verteilen. Wir verweisen noch besonders auf Tabelle I, Reihenfolge der von dem Stollen durchfahrenen Schichten mit Kilometrierung ab Südportal.

Die zum Teil flache Lagerung und die Neigung zu Ablösungen in der First hatten zur Folge, dass der Tunnel auf seine ganze Länge vollständig ausgemauert werden musste. Die mergeligen Gesteine, obgleich sie im Freien schnell verwittern, traten als ziemlich standfeste Bänke auf, die sich jedoch trotz soliden Einbaues in der First häufig ablösten.

Wir schreiben die Standfestigkeit dieser Mergel zum grossen Teil ihrem Kalkgehalt zu, welcher ihnen eine ziemlich grosse innere Reibung verlieh. Eigentliche Druckpartien kamen nicht vor. Nur auf eine längere Strecke im Anschluss an das Nordportal und für einige Ringe am Südportal waren schwere Profile (Type 5) erforderlich. Ein eigentümliches Verhalten zeigten die

Anhydrite des Keupers und des mittleren Muschelkalkes, indem die Tunnelsohle in deren Bereich unter dem Einfluss des Wassers streckenweise beträchtlich aufquoll und starke Druckerscheinungen zeigte. Diese Druckstrecken konnten durch das Einziehen starker Sohlengewölbe überwunden werden. Wir werden auf die Frage später zurückkommen.

Quellen zeigten sich im Hauptrogenstein, im Muschelkalk und Dolomit und zum Teil im Lias (vgl. Abb. 24). Kleinere Quellen traten gewöhnlich an den Trennungsklüften petrographisch verschiedenartiger Schichtkomplexe aus.

Im Tunnelgebiet wurden periodisch Quellmessungen vorgenommen, da man befürchten musste, dass Quellen der Oberfläche in den Tunnel abgeleitet werden könnten. Im nahen Tunnelgebiet trat dies nicht ein; hingegen versiegten ganz unerwartet mehrere Brunnen in der 5 km östlich vom Tunnel gelegenen Gemeinde Rohr. Die Brunnen wurden von Ueberlaufquellen aus dem Muschelkalk gespeist, der im Zusammenhang stand mit dem Muschelkalk im Tunnel bei 2100 m ab Südportal. Ferner versiegte eine dem Hauptrogenstein entspringende Quelle in der Eichhalde bei Läufelfingen, $3\frac{1}{2}$ km westlich der Tunnelaxe, bald nachdem mehrere Quellen im Hauptrogenstein 4000 m ab Südportal angeschlagen worden waren.

Der bei km 33,9 im Tunnel durchfahrene Muschelkalk tritt im Wisener Steinbruch, 1 km nordwestlich der Tunnelaxe zutage. In diesen Muschelkalkkomplex ist das Bett des Wisenbaches eingeschnitten. Man befürchtete ein Eindringen seines Wassers in den Tunnel, was glücklicherweise nicht stattfand. Wahrscheinlich ist das Bachbett durch Schlamm genügend abgedichtet.

Das aus dem Muschelkalk und dem Dolomit austretende Wasser war sehr stark schwefel- und gipshaltig, ebenso wie es z. B. die Heilquellen von Lostorf und Schinznach sind.

Aus dem Rogenstein floss ein reines, ziemlich weiches Quellwasser. Der Wassererguss der 6300 m langen Südrampe betrug im Maximum 119 Sekundenliter. Gegen Ende des Baues blieb die Wassermenge auf 70 bis 80 Sekundenliter stehen. Die Nordseite lieferte 4 bis 6 Sekundenliter.

Die tonreichen Mergel und auch die tonigen Zwischenlagen im festen Gestein hielten das Wasser soweit ab, dass der Stollen auf lange Strecken vollständig trocken blieb.

Die höchste Felstemperatur wurde mit $25,6^{\circ}$ C. unter der Burgfluh (nicht unter der grössten Ueberlagerung) ermittelt. Auf der Südseite stieg die Felstemperatur bei verhältnismässig geringer Ueberlagerung rasch auf 14 bis 15° C., um nachher bei 1400 m ab Südportal trotz grösserer Ueberlagerung zu fallen, infolge von hier auftretenden Quellen, steiler Schichtstellung und besonderer Gestaltung der Oberfläche. In Fig. 2 der Tafel 4 sind die Temperatur- und Wasserverhältnisse in einem Profil vereinigt, deren Studium zu empfehlen ist. Wir können leider der interessanten Frage keinen grösseren Platz einräumen.

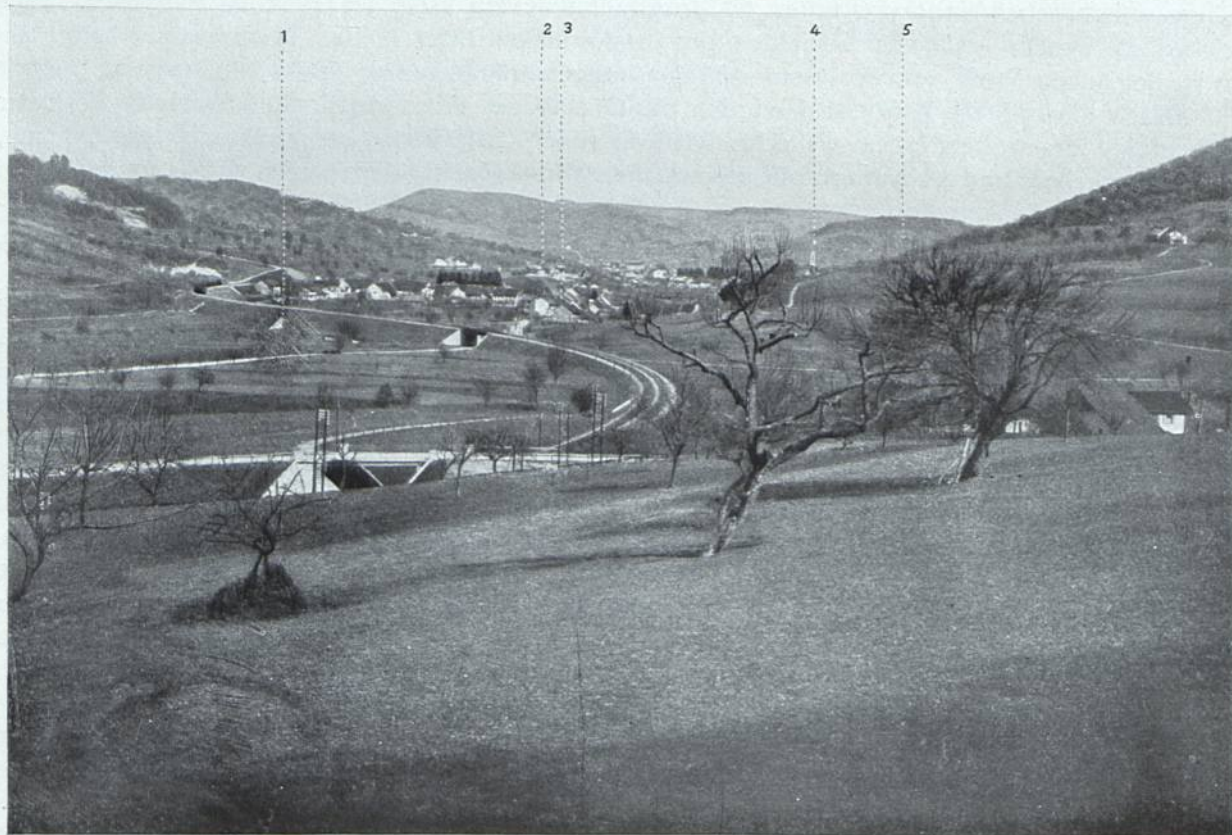


Abb. 2. Blick nach Osten vom Burgerrain Sissach in das Tal der Ergolz.

Im Vordergrund die Ueberführung der Hauensteinstrasse vor Thürnen, die Ueberschreitung des Homburger Baches und die Unterführung der Kantonsstrasse vor Böckten. Ferner sind zu bemerken: 1. Ergolz. — 2. Bahnhofgebäude Gelterkinden. — 3. Ortschaft Böckten. — 4. Kirche von Gelterkinden. — 5. Linke Seite des Eittales.

Tabelle I.

Zu Tafel 4.

Reihenfolge der vom Sohlstollen durchfahrenen geologischen Schichten.

No. der Gesteinszone	Länge ab Süd-Portal	Länge der Zonen	Geologische Schichtstufen	Geologische Formationsglieder	Gesteinsfazies — Bemerkungen										
1	<i>m — m</i> Portalzone 0—1138	<i>m</i> 1138	Séquanien (i. Hangenden) Effingerschichten	<i>M a l m</i> (oberer Jura)	Gebankter, dichter heller Kalkstein. Graue, zähe Mergel und Mergelkalke, standfest, im Freien verwitternd, südöstlich einfallend unter einem allmählich, von 8° bis 28°, zunehmenden Neigungswinkel.										
2	1138—1156	18	Birmensdorfer-Schichten		<i>J u r a</i>	Gelblichgrauer, dichter Kalkstein und graue Mergel.									
3	1156—1156 ⁵⁰	0,50	Oxfordien			Teils dunkelgrau, teils gelblich gefärbte schiefrige Mergel mit Kalkspatadern.									
4	1156 ⁵⁰ —1209	52,50	Callovien			Zuerst graue, feinsandige Mergel mit kohligem Einlagerungen, dann dichter, etwas toniger zum Teil eisenoolithischer Kalkstein; Einfallen 32° bis 45° SO.									
5	1209—1223	14	Varians-Schichten			Toniger und spätiger Kalkstein, z. T. ziemlich hart mit Einlagerungen schiefriger Mergel.									
6	1223—1266	43	Oberer Hauptrogenstein			Harter, fester, wetterbeständiger Kalkstein mit feinkörniger Oolithstruktur von blau-grauer oder rostgelber Farbe; Einfallen 45—52° SO.									
7	1266—1267	1	Ob. Acuminata-Schichten			Mergel und mergelige Kalkbänke.									
8	1267—1418	151	Unterer Hauptrogenstein			<i>D o g g e r</i> (mittlerer Jura)	Fester, teils grob-, teils feinkörniger oolithischer Kalkstein. Als Baustein eignen sich hauptsächlich die oberen Schichten des unteren Hauptrogensteins. Einfallen 50—55° SO. Wasser führend.								
9	1418—1430	12	Unt. Acuminata-Schichten				Graue, oolithische Mergelkalke und Mergel.								
10	1430—1525	95	Bajocien				<i>Oberer Teil:</i> tonige, sandige Kalke und Mergel; <i>unterer Teil:</i> Mergelschiefer mit vereinzelt Einlagerungen von eisenschüssigem Kalk.								
11	1525—1533	8	Murchisonae-Schichten				Braune, sandige, zum Teil oolithische, zum Teil späte Kalke.								
12	1533—1661	128	Opalinuston				Glimmerreiche Schiefertone von dunkelgrauer Farbe mit einer Lage von Kalksteinknauern.								
13	1661—1704	43	Toarcien Charmouthien Sinémurien	<i>L i a s</i> (unterer Jura)			Dunkle Mergel und Mergelkalke; im unteren Teil harte, späte, jedoch wenig wetterfeste Kalke. Leichte Wasserinfiltration. Die untere Grenze bildet eine mergelige Bank mit <i>Gryphaea arcuata</i> .								
14a	1704—1750	46	Bunte Mergel		Vorwiegend grüne, selten rote Mergel mit vereinzelt Dolomiteinlagerungen.										
14b	1750—1976	226	Gipskeuper		<i>K e u p e r</i>		1750—1770 dunkle, gipsführende Mergel. 1770—1818 Anhydrit, der teils als Adern, teils als Linsen die dunkeln Mergel durchsetzt. Der Anhydrit hat die Eigentümlichkeit unter Wasseraufnahme blähend zu werden. 1818—1976 Gipskeuper; Einfallend 12—23° SO. Heller, teils stark bituminöser, teils sandiger Dolomit; Zwischenlagen dunkler Mergel.								
15	1976—1997	21	Lettenkohle-Dolomit				Kreidig-sandiger Dolomit mit Hornsteineinschlüssen und Drusenräumen.								
16	1997—2037 (2025—2030)	90 (5)	Ob. Muschelkalk-Dolomit				<i>T r i a s</i>	Meist harter, rauchgrauer, dichter oder körniger bzw. spätiger Kalk in 10 bis 60 cm mächtigen Bänken; vereinzelt Dolomiteinlagen.							
17	2087—2136	49	Lettenkohle-Dolomit Hauptmuschelkalk					Weisser, sandiger, dünnplattiger Dolomit. Erst Tone, dann Gips, mit Gipsschlotbildung.							
18	2136—2152	16	Unterer Dolomit					<i>Oberer Muschelkalk</i>	Wie No. 14. Ueberschiebung, kein normaler Schichtenverband.						
19	2152—2159	7	Anhydritgruppe			Dichter, grauer, gebankter bis massiger Dolomit mit Zwischenlagen von schwarzem Tonschiefer.									
20	2159—2173	14	Gipskeuper			<i>Mittl. M.-K.</i>			Wie No. 16. Kein normaler Schichtenverband.						
21	2173—2180	7	Lettenkohle						Braunlicher Anhydrit, grobgebankt bis dünnplattig, m. Komplexen v. dunkeln, meist schiefrigen Mergeln wechseltlagernd; diese durchsetzt von Gipsadern.						
22	2180—2242	62	Ob. Muschelkalk-Dolomit						<i>K e u p e r</i>	Wie No. 12. Eine Gryphaenbank bei 2413,5.					
23	2242—2275	33	Gipskeuper mit etwas Anhydrit							<i>Muschelkalk</i>	» » 13.				
24	2275—2314	39	Opalinuston	<i>K e u p e r</i>											
25	2314—2416	102	Toarcien-Sinémurien								<i>Muschelkalk</i>				
					<i>K e u p e r</i>										
												<i>Muschelkalk</i>			
							<i>K e u p e r</i>								
													<i>Muschelkalk</i>		
								<i>K e u p e r</i>							
														<i>Muschelkalk</i>	
						<i>K e u p e r</i>									
															<i>Muschelkalk</i>
									<i>K e u p e r</i>						

No. der Gesteinszone	Länge ab Süd-Portal	Länge der Zonen	Geologische Schichtstufen	Geologische Formationsglieder		Gesteinsfazies — Bemerkungen		
26	<i>m — m</i> 2416—2540	<i>m</i> 124	Bunte Keupermergel	Keuper	Tertiärs	Wie No. 14 a.		
27	2540—2600	60	Schilfsandstein			» » 14 a. Bunte, sandige Mergel, spärlicher Dolomit. Zu unterst glimmerreicher Mergelsandstein mit verkohlten Pflanzenresten.		
28	2600—2800	200	Gipskeuper			» » 14 b. Vorwiegend graue Mergel, reichlich Anhydrit in Bänken, Knollen und Adern; untergeordnet, namentlich in Klüften auch Gips.		
29	2800—2871	71	Anhydritführender Gipskeuper			» » 14 b.		
30	2871—2880	9	Lettenkohle			» » 15.		
31	2880—2960	80	Ob. Muschelkalk-Dolomit			Muschelkalk oberer mittlerer	» » 16.	
32	2960—3080	120	Hauptmuschelkalk				» » 17.	
33	3080—3128	48	Unterer Dolomit				» » 18.	
34	3128—3321	193	Anhydritgruppe				Schiefrige Mergel und dolomitische Gesteine mit Anhydrit und Gips in Knollen und Adern; massiger Anhydrit, weniger empfindlich gegen Wasser.	
			<i>Ueberschiebungszone.</i>					Aufgeschürfte Materialien, bis 5 m mächtig.
35	3321—3697	376	Tortonien			Ober Miozän	Tertiär	Rötliche, sandige Mergel und mergelige Sandsteine.
36	3697—3776	79	Effingerschichten			Mahn		Wie No. 1, harte Mergelkalke.
37	3776—3780	4	Birmensdorfer-Schichten					» » 2.
38	3780—3868	88	Callovien			Dogger	Jura	» » 4.
39	3868—3902	34	Varians-Schichten	» » 5.				
40	3902—3959	57	Oberer Hauptrogenstein	» » 6. Nicht absolut standfest.				
41	3959—3965	6	Ob. Acuminata-Schichten	» » 7.				
42	3965—4250	285	Unterer Hauptrogenstein	» » 8. Nicht absolut standfest.				
43	4250—4255	5	Oberer Hauptrogenstein	» » 6 und No. 40.				
44	4255—4293	38	Varians-Schichten	» » 5.				
45	4293—4456	163	Oberer Hauptrogenstein	» » 6.				
46	4456—4500	44	Varians-Schichten	» » 5.				
47	4500—4540	40	Callovien	» » 4.				
48	4540—4640	100	Oberer Hauptrogenstein	» » 6. Luftschacht bei 4540				
49	4640—4665	25	Ob. Acuminata-Schichten	» » 7.				
50	4665—4888	223	Unterer Hauptrogenstein	» » 8 und No. 42.				
51	4888—4980	92	Blagdeni-Schichten	» » 10 u. 11.				
52	4980—6075	1095	Unterer Hauptrogenstein		Durchschlagstelle bei 5964,90 am 10. Juli 1914.			
53	6075—6605	530	Blagdeni-Schichten	Blagdeni		Graue, sandige Kalke und Mergel in ganz flacher Lagerung.		
54	6605—6615	10	Humphriesi-Schichten			Neigen öfter zu Ablösungen in der First.		
55	6615—6805	190	Sauzei-Schichten			»		
56	6805—7000	195	Sowerbyi-Schichten			»		
57	7000—7125	125	Sauzei-Schichten			»		
58	7125—7430	305	Sowerbyi-Schichten			»		
59	7430—7480	50	Sauzei-Schichten			»		
60	7480—7485	5	Humphriesi-Schichten			»		
61	7485—7895	410	Blagdeni-Schichten			»		
62	7895—7905	10	Humphriesi-Schichten			»		
63	7905—8065	160	Sauzei-Schichten			»		
64	8065—8113	48	Sowerbyi-Schichten			»		
65	8113—8134	21	Diluvium	Quartär	Kies und Schotter.			
	<i>Portalzone</i>							
		8134						

2. Linienführung nach Höhe und Richtung.

(Tafel 1 Uebersichtskarte, Tafel 2 Längenprofil.)

Die Bahn zweigt von der alten Linie Sissach-Olten bei km 21,4 in einer Höhe von rund 380 m ü. M. links ab, übersetzt den Homburgerbach, die nach Gelterkinden führende Strasse und die Ergolz und erreicht bei Böckten die nördliche Talseite, auf welcher sie bis Gelterkinden verbleibt (Abb. 2).

Die Station Gelterkinden liegt in ebenem Gelände am Fuss des Nordabhanges des Krienberges, auf einer 6 bis 8 m hohen Anschüttung. Oberhalb des Dorfes überfährt die Linie auf einem 10 m hohen und 150 m langen Viadukt das Ergolztal, wendet sich dann in südöstlicher Richtung, durchschneidet die Anhöhe hinter der Kirche und tritt in das Eital ein (Abb. 3), in welchem sie anfänglich auf der rechten Talseite, später auf der linken bis zur Station Tecknau aufsteigt. Diese ist rund 800 m südlich von der Ortschaft, an der Strasse nach Zeglingen, in dem 6 bis 10 m tiefen Tunnelvoreinschnitt gelegen, der ungefähr 200000 cbm Aushub erforderte. Der Eibach musste auf 400 und die Kantonsstrasse nach Zeglingen auf 900 m in das Gelände links der Bahn verlegt werden.

Die Steigung zwischen Sissach und Tecknau beträgt $10,5\text{‰}$, die Station Gelterkinden liegt in einer Steigung von 3‰ und die Station Tecknau in einer solchen von $1,5\text{‰}$.

Unmittelbar hinter der Station Tecknau tritt die Bahn bei km 28,662,75 (Projektkilometer 28,650) in den 8134 m langen Tunnel ein. Der Kulminationspunkt liegt 1807 m vom Nordportal und 6327 m vom Südportal in der Höhe von 451,72 m ü. M. Die Gefälle der beiden Tunnel-schenkel betragen $1,5\text{‰}$ auf der Nordseite und $7,5\text{‰}$ auf der Südseite mit einer Unterbrechung bei der Blockstation. Die Tunnelaxe verläuft von Nord nach Süd mit einer östlichen Abweichung von ca. 14° . Die Blockstation im Tunnel liegt bei km 32,921,5; die Gefällsermässigung auf 5‰ von km 32,921,5 bis 33,421,5 erleichtert das Wiederanfahren der Züge auf der Bergfahrt, wenn sie vor dem geschlossenen Blocksignal anhalten müssen. Infolge der Gefällsermässigung verschob sich der Kulminationspunkt gegenüber dem Projekt um 139 m gegen das Nordportal.

Das südliche Tunnelportal bei km 36,796,52 befindet sich nördlich von der von Olten nach Gösgen führenden Strasse, unweit der alten Eisenbahnbrücke. In einer Entfernung von 150 m unterhalb dieser übersetzt die mit 10‰ fallende Linie die Aare auf einer Brücke von 120 m Länge mit zwei pneumatisch fundierten Stropfteilern.

Das eiserne Tragwerk von 5 m Höhe ist durchlaufend über 3 Oeffnungen. Die Linie mündet 500 m weiter im Bahnhof Olten. Ueber die Steigungs- und Richtungsverhältnisse geben die drei Tabellen II, III und IV Aufschluss. Sie enthalten zum Vergleich auch die Angaben der alten Linie.



Abb. 3. Blick in das Eital von der Kirche Gelterkinden aus nach Tecknau.
Im Vordergrund rechts Bleiche bei Gelterkinden. 1 Tecknau. 2 Fluhberg. 3 Deponie. 4 Rutiberg, Scheidegg.

Tabelle II.

Richtungsverhältnisse.

	Bestehende alte Linie		Ausgeführte neue Linie	
	m	%	m	%
Länge der Geraden	9022	55	12360	76
» » Kurven R 360—399	776	5	—	—
» » » » 400—599	3152	19	($R=500$) 2860	18
» » » » 600—799	2520	16	—	—
» » » » 800—1000	842	5	($R=900$) 980	6
Zusammen	16312	100	16200	100

Tabelle III.

Steigungsverhältnisse.

	Bestehende alte Linie		Ausgeführte neue Linie	
	m	%	m	%
Länge der Horizontalen	124	0,7	200	1,2
» » Steigungen 0—1,4 ‰	518	3,1	—	—
» » » 1,5 ‰	—	—	2357	14,6
» » » 1,6—7,4 ‰	138	0,8	816	5,0
» » » 7,5 ‰	—	—	5852	36,1
» » » 7,6—10,4 ‰	215	1,3	630	3,9
» » » 10,5 ‰	—	—	6345	39,2
» » » 10,6—15 ‰	122	0,7	—	—
» » » 16—20 ‰	1996	12,3	—	—
» » » 21—25 ‰	8530	52,4	—	—
» » » über 25 ‰	4669	28,7	—	—
Zusammen	16312	100	16200	100

Tabelle IV.

Entfernung der Bahnhöfe.

von Station bis Station	Entfernung m	
Sissach-Gelterkinden	2943	(Tunnel 8134 m lang)
Gelterkinden-Tecknau	4133	
Tecknau-Olten	11020	

3. Aussteckung der Tunnelaxe.

Zur Bestimmung von Richtung und Länge des Hauenstein-Basistunnels wurde im Herbst 1910 durch Herrn *W. Graf*, Geometer der schweizerischen Bundesbahnen, eine Triangulation ausgeführt, die sich in der Hauptsache an die 3 Punkte Wisenberg, Geisfluh und Bölchen der Triangulation von 1893/96 der Kantone Baselstadt und Baselland anschliesst.

An die drei Punkte wurde ein das Tunnelgebiet umfassendes Dreiecksnetz angeschlossen. Vom Bölchen aus waren nur die Dreieckspunkte der Südseite sichtbar. Auf der Nordseite kamen noch die Hilfspunkte Bischofstein, Tecknaufhuh, Oedenburg, Egg und Lindenbühl hinzu. In der Nähe beider Portale war je ein dem Projekt entsprechender Fixpunkt ausgesteckt worden. Diese zwei Punkte wurden in das Dreiecksnetz einbezogen und daraus das Azimut der Tunnelrichtung zu $345^{\circ} 50' 22,7''$ und die Länge des Tunnels zu 8150,9 m berechnet. Im Bauprojekt wurde durch eine Verschiebung des Nordportals die Tunnellänge auf 8135 m festgesetzt.

Im folgenden Jahre wurde die Axrichtung direkt über den Berg abgesteckt und die Länge neu berechnet.

Wie zuverlässig die Aussteckung war, zeigte sich beim Bau des Luftschachtes. In der über den Berg abgesteckten Axe wurde die Lage des Schachtes bei km 32,241 festgesetzt (Betriebskilometer 32,253,24). Die grössere Länge rührt von Fehlerprofilen der offenen Linie her. Der Schacht wurde von oben und von unten in Angriff genommen. Das Zusammentreffen der beiden Schachtaxen zeigte nur eine Abweichung in der Längsrichtung des Tunnels, d. h. Längenfehler von zirka 50 cm; die Abweichung von der Richtung selbst gab praktisch keinen nennenswerten Ausschlag. Zur Bestimmung der Höhenlage wurde auf beiden Seiten des Tunnels an das eidgenössische Präzisionsnivellement angeschlossen.

4. Baupläne.

Für den Bau der offenen Linie wurde nachstehendes Planmaterial ausgearbeitet:

Lageplan im Massstab 1:1000 auf den Katasterplan. Er diene ausser für Bauzwecke zur Planvorlage an die verschiedenen Behörden und als Grundlage für den Grunderwerb und andere rechtliche Beziehungen.

Die Einzeichnung der Dämme und Einschnitte, sowie die Berechnung der Erdbewegung stützte sich auf Querprofile im Massstab 1:100 und Spezialaufnahmen auf die abgesteckte Axe.

Das Längenprofil der Bahnlinie wurde im Massstab 1:2000 für die Längen und 1:200 für die Höhen gehalten.

Die Massenverteilung und Bestimmung der Transportweiten geschah in bekannter Weise auf Grund eines Massenprofils (Flächenprofil), Höhen und Längen im Massstab des Längenprofils, daneben Ordinaten 1 cm = 50 qm, mithin 1 qcm = 1000 cbm.

Der Preis für die Erdarbeiten setzt sich aus zwei Teilen zusammen:

- a) Preis für Gewinnung, Auf- und Abladen, Verteilen im Auftrag, Rohplanieren etc.
- b) Transportzuschlag, den besonderen Bestimmungen für die Ausführung von Erdarbeiten entsprechend. Der Transportpreis ist nach Massgabe der nachstehenden Tabelle bzw. Formel zu berechnen. Er umfasst den Transport des Materials mit allen notwendigen Leistungen. Rüstungen, Dienstbahnen, Fördermittel usw.

Tabelle V. Transportzuschläge.

Transport- weite	Preis per cbm	Transport- weite	Preis per cbm	Transport- weite	Preis per cbm	Transport- weite	Preis per cbm	Bemerkungen
m	Cts.	m	Cts.	m	Cts.	m	Cts.	
4—20	12	450	62	1150	108	2100	171	A. Für jeden Meter Steigung werden zur horizontalen Transportweite hinzugerechnet: 10 Meter bei Distanzen unter 50 m 20 » » » von 50—100 m 35 » » » » 100—200 » 50 » » » » über 300 » B. Für Zwischentransportweiten gilt derjenige Preis, welcher der Zahl in der Tabelle näher steht; beim genauen Mittel der nächsthöhere Preis.
40	16	500	66	1200	111	2200	178	
60	20	550	70	1250	114	2300	185	
80	24	600	73	1300	117	2400	192	
100	28	650	77	1350	120	2500	198	
125	31	700	80	1400	123	2600	205	
150	34	750	84	1450	126	2800	219	
175	37	800	87	1500	129	3000	233	
200	40	850	90	1600	136	3200	247	
250	45	900	93	1700	143	3400	261	
300	50	950	96	1800	150	3600	275	
350	54	1000	99	1900	157	3800	285	
400	58	1100	105	2000	164	4000	302	

Die Tabelle hat Gültigkeit für Transportmassen bis 15000 cbm. Bei grösseren Abtragsmassen wird der Transportpreis für die gesamte Abtragsmasse nach der Formel

$$P = 25 + \left(0,6 + \frac{95000}{M}\right) t$$

berechnet. Es bedeuten

- P den Transportpreis in Rappen
- t die Transportweite in Hektometern
- M die Transportmasse in cbm.

Ist Aushubmaterial aus dem gleichen Einschnitt mit den gleichen Transportmitteln und Anlagen in verschiedene, ungleich weite Anschüttungen zu führen, so darf jeder einzelne Transportpreis in keinem Fall denjenigen überschreiten, der dem Transport des gesamten Abtrages auf die grösste Transportweite entsprechen würde.

Der mittlere Transportpreis für das Baulos I wurde zu Fr. 0,83,5 und für das Baulos II zu Fr. 0,42 ermittelt.

Der Tunnelausbruch betrug 500000 cbm gewachsenen Fels; die Auflockerung samt Ueberprofil machte dazu ungefähr 30% aus. Auf die Südseite entfielen 400000 cbm; der Rest von 100000 cbm wurde nach der Nordseite verbracht.

Auf der Südseite wurden vier ausgedehnte Lagerplätze mit einer Gesamtoberfläche von rund 16 Hektaren überschüttet; davon nahm die Planierung des zukünftigen Werkstattareals der schweizerischen Bundesbahnen rund 200000 cbm und der Aarekorrektions längs der Bahn 160000 cbm Anschüttung auf.

Auf der Nordseite stand am linken Abhang des Eitales (rechtes Eibachufer) zwischen km 26,350 und 26,750 eine Fläche von 4 Hektaren zur Verfügung.

Die Vergütung für die Ablagerung des Tunnelmaterials war in den Einheitspreisen für den Tunnel inbegriffen. Der Umstand, dass das Tunnelmaterial auf eine Gesamtfläche von nahezu 20 Hektaren zu verteilen war, verteuerte das Angebot des Tunnels.

Die Pläne für den Tunnel bestanden in erster Linie aus dem Normalblatt für den Hauensteintunnel (Tafel 5), enthaltend die Normalprofile, Normalien für Nischen, Kammern, Putzschächte und die Entwässerung über dem Tunnelgewölbe nebst Bauskizzen für Verstärkungen und Erweiterungen. Die Pläne der Bauwerke zum Kapitel Brücken und Durchlässe, sowie für Fluss- und Uferbauten, die fast durchwegs im Massstab 1:100 gehalten wurden, wurden grösstenteils im Jahre 1911 auf dem Sektionsbureau entworfen. Einzelne Baupläne sind dem Abschnitt V beigegeben.

Für die Bettung von Strassen und Wegen diente das in Tafel 6 beigegebene Normalblatt.

IV. Ausführung der Tunnelbauarbeiten.

1. Baubeginn; einleitende Arbeiten.

Nach dem Inkrafttreten des Bauvertrages traf die Unternehmung ungesäumt Anstalten, um den Bau zu beginnen. Wie energisch und folgerichtig die Sache an die Hand genommen wurde, geht aus dem Nachstehenden, sowie aus den chronologischen Aufzeichnungen auf Seite 7 deutlich hervor.

Der erste Spatenstich, verbunden mit einer kleinen Feier, fand am 31. Januar statt. Der 1. Februar 1912 gilt als Baubeginn.

Die Unternehmung begann die Bauarbeiten mit dem Ausschachten des Voreinschnittes am Südportal und daran anschliessend mit dem Auffahren des Richtstollens. Am 12. Februar wurde der erste Schachtrahmen gestellt. Der Sohlstollen im Voreinschnitt bekam eine Länge von 15 m.

Eintritt des Stollens in den projektierten Tunnel km 37,782,63 (Betriebskilometer 37,796,32) am 20. Februar. Von da ab, Südportal = Null, zählen die Baulängen der Südseite.

Der Fels, Mergel der Effinger Schichten, wurde an der Sohle schon $2\frac{1}{2}$ m vor Erreichung des Tunnelportals angetroffen. Der gewachsene Fels stieg rasch an, so dass einige Meter nach dem Portal der Stollen ganz in den Fels zu liegen kam. Zuerst kam Handbohrung, mittels Dreh- oder Schlangen-



Abb. 4. Dienstbrücke über die Aare im Bau.

bohrer zur Anwendung, doch nur auf etwa 30 m Stollenlänge. Am 2. März wurde die provisorische Bohranlage, bestehend aus einem Meyer'schen Kompressor, angetrieben von einer zwanzigpferdigen Lokomobile, in Betrieb gesetzt. Der Sohlstollen wurde mit 2 bis 3 Bohrhämmern abgebohrt. Fortschritt im März 137,2 m, mittlerer Tagesfortschritt in 29 Arbeitstagen 4,75 m. Am 25. März Einführung dreier achtstündiger Schichten für sämtliche Tunnelarbeiter. Für die Arbeiten ausserhalb des Tunnels betrug die Arbeitszeit 10 Stunden. Die provisorische Anlage wurde vervollständigt, indem am 31. März die provisorische Ventilation in Betrieb genommen wurde. Der Stollen hatte damals, einschliesslich der 15 m im Voreinschnitt, eine Länge von zirka 170 m erreicht. Später kam noch ein zweiter Kompressor hinzu.

Abb. 5.
Installation auf der Süd-
seite im Entstehen.



Abb. 6.
Maschinenhalle im Bau.

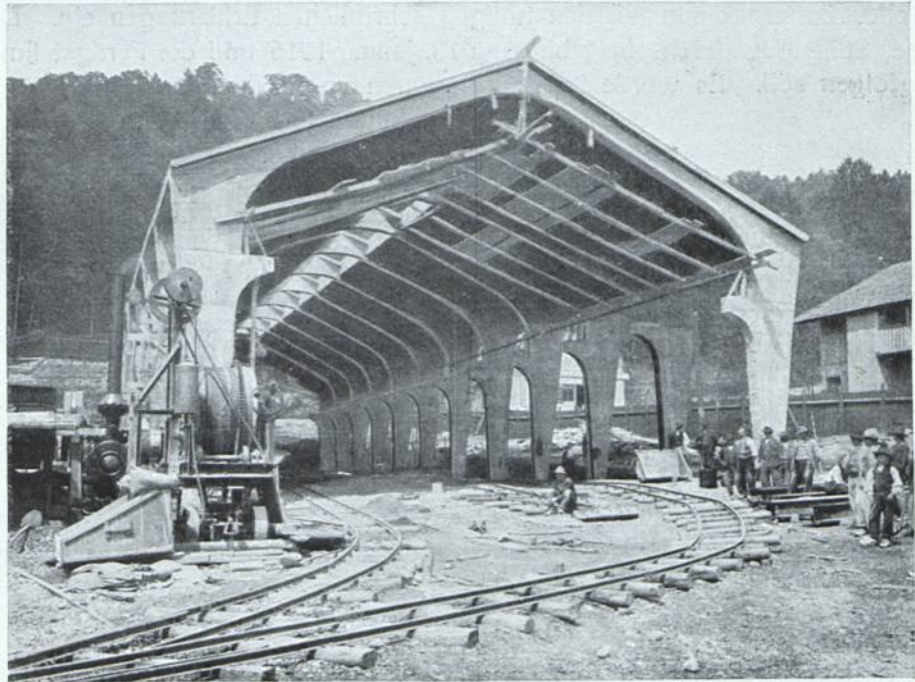
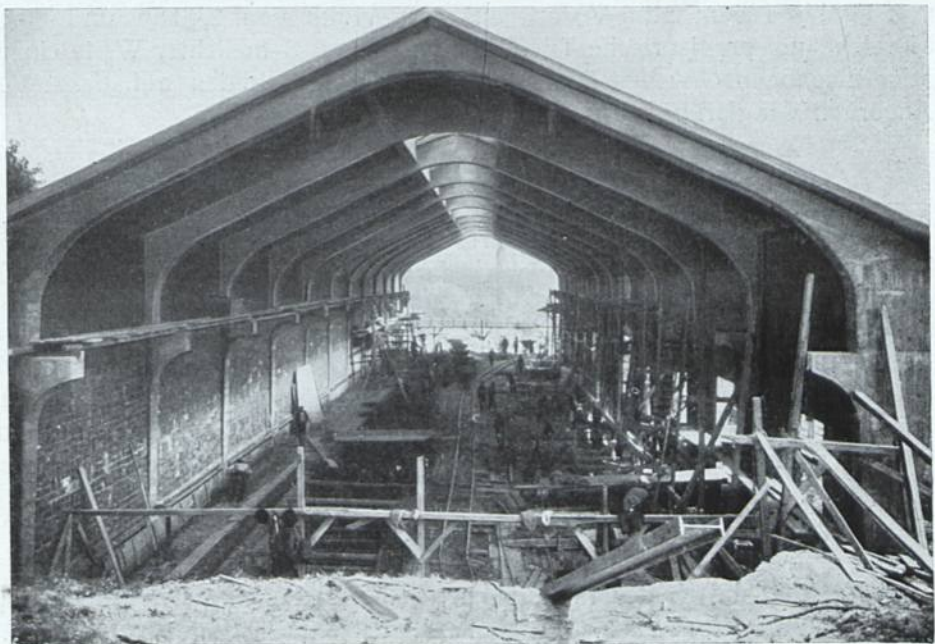


Abb. 7.
Aushub der Maschinen-
fundamente.



Als erste Bauarbeit wurde zur richtigen Ableitung des Tunnelwassers eine Zementröhre von 60 cm lichter Weite vom Portal bis zur Aare verlegt.

Wichtig war die sofortige Erstellung einer Dienstbrücke über die Aare (Abb. 4).

Der Unterbau der Pfeiler bestand aus **I**-Balken, die als Pfähle eingetrieben waren. Die Brücke war versehen mit zwei übereinanderliegenden Fahrbahnen, die untere auf der Höhe der Strasse am rechten Aareufer, die obere in Kote 397 m, um der Kantonsstrasse eine ungefähr 4 m hohe Durchfahrt zu lassen.

Mit der Ausweitung wurde am 8. April und mit der Ausmauerung am 6. Juni begonnen.

In der Nähe des Tunnelportals, östlich der Bahnlinie, erhob sich nach und nach eine mächtige Halle ganz aus armiertem Beton zur Aufnahme der maschinellen Anlage (Abb. 5, 6 u. 7), deren Bau soweit gefördert wurde, dass die definitive Ventilation, sowie die Kompressoren für die Bohrluft und die Hochdruckkompressoren, welche die Pressluft für die Luftlokomotiven lieferten, im August in Betrieb genommen werden konnten. Daneben entstanden Lokale für Werkstätten, Baubureaux, Magazine u. dgl., so dass von Mitte August ab der Baubetrieb einen geregelten, gleichmässigen Verlauf nahm, wie ihn das Arbeitsprogramm vorsah.

2. Das Bauprogramm. (Tafel 7.)

Am 1. Mai 1912 reichte die Unternehmung auf Grund der Vertragsbedingungen ein graphisches Bauprogramm mit den nötigen schriftlichen Erklärungen ein. Der Vertrag verlangte, dass der Sohlstollendurchschlag bis zum 13. Januar 1916 und die Fertigstellung bis zum 13. Januar 1917 erfolgen soll. Es wurde im Bauprogramm vorgesehen:

von Süden her	6189 m
von Norden her	1946 »
Tunnellänge Total 8135 m auszubauen.	

Der Durchschlag soll im Kulminationspunkt erfolgen und ist Ende November 1915 zu erwarten. Die gänzliche Vollendung des Tunnels ist auf Ende Juli 1916 angesetzt, so dass für Räumungsarbeiten, Schienenlegen etc. 6 Monate freibleiben.

Auf der Nordseite wird der Tunnel ungefähr 8 Monate später in Angriff genommen, und es wird beabsichtigt, das Nordende 1 Jahr und 11 Monate früher als das Südende fertigzustellen. Zur Erreichung dieses Zieles wird mit einem monatlichen Fortschritt von 140 m für den Sohlstollen sowohl als für die anderen Profileile gerechnet. In den voraussichtlich ungünstigen Partien zwischen km 35,550 und 35,850 ist ein monatlicher Fortschritt von 90 m angenommen.

Die Tafel 7 enthält ausserdem Darstellungen des Bauvorganges bei Firstschlitz- und bei Firststollenbetrieb; für beide Ausbruchsarten ist gleichermassen die österreichische Einbaumethode vorgesehen.

Sohlstollen.

Derselbe wird auf eine Breite von 2,30 m bis 3,10 m und eine Höhe von 1,90 m bis 2,20 m, mit einem Querschnitt von 5 bis 6 qm, vorgetrieben und hinterher, jeweils in einer Entfernung von 50 bis 100 m von Vorort, auf eine Höhe von 2,90 m und eine Breite ausgeweitet, die hinreicht, um provisorische Türstockrahmen von 3 m lichter Weite einzubauen, die mit Rundholz oder Eisenbahnschwellen überbrückt werden. Sie bilden auf diese Weise das Ladegerüst beim Ausbruch der darüber liegenden Profileile.

Firstschlitz bezw. Firststollen.

Sobald der Sohlstollen vorgetrieben und ausgeweitet ist, sollen in der Regel in Entfernungen von 192 m Aufbrüche hergestellt werden. Von diesen Aufbrüchen aus wird der Firststollen, bezw. Firstschlitz vorwärts und rückwärts vorgetrieben. Letzterer wird in zwei Stufen ausgebrochen und zwar wird zuerst die untere und dann nachfolgend die obere Stufe abgebaut. Das Material des unteren Schlitzes wird grösstenteils auf dem von der Stollenzimmerung gebildeten Ladegerüst liegen gelassen, um darüber den oberen Firstschlitz besser abbohren zu können. Vom Firstschlitz aus wird die seitliche Erweiterung, Calotte genannt, vorgenommen, und im Anschluss daran werden die ersten Kronbalken von 8 m Länge mit provisorischer Abstützung eingezogen.

Vollausbruch.

Nach Ausbruch des Firststollens, bezw. Firstschlitzes in einer entsprechenden Länge erfolgt der Einbau der Kronbalken, die auf einer Brustschwelle abgestützt werden. Das provisorische Ladegerüst wird nach und nach entfernt; dafür werden die Brustschwellen mit je zwei auf der Sohle

aufruhenden Stempeln unterstützt. Der Vollausschub (Abbau der Strossen) erfolgt nach der österreichischen Bauweise. Eigentlich wird diese aus dem österreichischen Bausystem (Sparrenzimmerung) hervorgegangene Jochzimmerung das Zentralstrebensystem genannt.

In günstigem Gebirge soll bei Vollbetrieb gleichzeitig in 6 Angriffszonen von je 12 Ringen (statt 6) gearbeitet werden. Für jede Angriffszone von 96 m = 12 Ringen sind 3 Mineurpartien vorgesehen, so dass sich pro Attacke höchstens 3 bis 4 Ringe nebeneinander befinden.

Zusammenfassend wird wiederholt, dass das ganze Tunnelprofil nicht auf einmal ausgebrochen, sondern in nacheinander abzubauen Diagrammteile zerlegt wird, denen für mittlere Verhältnisse nachstehende Querschnittsflächen zukommen (Tafel 8).

I. Sohlstollen	ca. 6 qm
II. Erweiterung des Sohlstollens	6 »
III. Firstschlitz 1	5,5 »
IV. » 2	4,5 »
V. Calotte, beidseitig	21,6 »
VI. Strossen, »	16,4 »
Gesamtquerschnitt ohne die Tunnelbohle	<u>60 qm</u>

Einbau.

Ueber den Einbau geben die Abbildungen im graphischen Arbeitsplan Tafel 7 Aufschluss. Ausserdem ist in Tafel 9 das Schema für ein vollständig mit Holz ausgekleidetes Profil dargestellt. Die unteren Wandruten waren jedoch selten erforderlich.

Mauerung.

Die Ausmauerung in stumpf aneinanderstossenden Ringen von 8 m Länge soll dem Ausbruch so rasch als möglich folgen. Für die Widerlagermauerung samt Fundamenten ist Stampfbeton vorgesehen. Der Gewölbeschluss wird aus Kunststein oder Kalkstein ausgeführt. In nassen Partien und auf besonderes Verlangen der Bauleitung wird die Ausmauerung des ganzen Profils in Naturstein ausgeführt. Die Lehrbogen aus Doppel-T-Eisenbügeln bestehen aus 5 Teilen und ruhen auf der Tunnelsohle auf. Die Schalhälzer in abgemessenen Ringlängen haben einen Querschnitt von 12×12 cm.

3. Installationen.

Bei den hohen Arbeitslöhnen und in der Absicht, auch den schwierigsten Anforderungen zu genügen, wurde das Hauptaugenmerk auf eine kräftige und leistungsfähige Anlage gerichtet, bei deren Anschaffung nachstehende Grundsätze leitend waren:

Starke, schwere Schienen — bequeme Materialwagen in genügender Anzahl, kleine mit festem Gestell für den Vortrieb und grosse Kippwagen für die Ausweitung — rauchlose Lokomotiven für den Tunnel, Dampflokomotiven für den Aussendienst — reichliche Lüftung — Bohrsystem den geologischen Verhältnissen angepasst — kräftige Motoren, — Betonmischer ausserhalb des Tunnels — für alles genügende Reserven.

Diese Grundsätze haben sich bewährt. Ihrer Anwendung ist zum grössten Teil der stetige Fortschritt und die rasche Vollendung der Arbeiten zuzuschreiben.

Installationen auf der Südseite.

A. Gleisanlagen.

Die Spurweite betrug 75 cm; Schienen 110 mm hoch, 24 kg schwer per Meter. Die Gleisanlagen auf den Werk- und Ablagerungsplätzen, die Rangier- und Aufstellungsgleise sind aus dem Lageplan, Tafel 11, ersichtlich. Die nötigen Weichen waren Zungenweichen, Weichenwinkel 1:5.

Die Gleisanlage im Tunnel wurde aus dem gleichen Material hergestellt. Ende 1912 waren im Freien 1000 m und im Tunnel, einschliesslich der Ausweichen, 2300 m Gleise verlegt. An dieser Stelle sei erwähnt, dass gegen Ende der Arbeiten im Tunnel, sowie auf der offenen Strecke und den Werk- und Ablagerungsplätzen insgesamt 30 km Dienstgleise lagen.

B. Kraftstation. Tafeln 12—18.

Zur Unterbringung der Kraftstation wurde eine Maschinenhalle ganz in Eisenbeton errichtet, mit einer Grundfläche von 55×15 m und einer Höhe von 8 m (Abb. 8). In diese Maschinenhalle wurde ein bequemer Laufkran von 5 t Tragfähigkeit eingebaut, durch welchen die grosse

Höhe der Halle bedingt war (Tafel 12, Abb. 9 u. 11). Damit war aber auch der weitere Vorteil verbunden, dass in dem luftigen Raum der Aufenthalt für das Maschinenpersonal zu jeder Jahreszeit erträglich war. Zur Kraftlieferung für den Betrieb sowohl der Niederdruck- als der Hochdruck-Kompressoren, der Ventilatoren und der elektrischen Anlage waren 2 Dieselmotoren à 550 PS., zusammen 1100 PS., von *Gebrüder Sulzer* in Winterthur aufgestellt (Abb. 10, 11 u. 65). Die Motoren hatten einen Zylinderdurchmesser von 550 mm, bei 780 mm Hub und 155 Uml./Min.

Die beiden Dieselmotoren arbeiteten gleichzeitig auf eine Transmissionswelle, von der alle anderen Maschinen mittelst Riemenübertragung angetrieben wurden. Dies geschah in der Weise, dass die einzelnen Riemenscheiben auf der Transmissionswelle mittelst Bennkupplungen zum leichten Ein- und Ausschalten während des Ganges nach Bedarf ein- und ausgeschaltet werden konnten. Dieselmotoren eignen sich auch für solche vorübergehend zur Aufstellung gelangende Anlagen aus verschiedenen Gründen besonders gut: an Grundfläche und Raum für ihre Aufstellung und damit für das Maschinenhaus ist ein Minimum erforderlich. Dieser Vorteil ergibt sich namentlich aus der Tatsache, dass eine Dieselmotorenanlage nur aus einem einzigen Bestandteil, d. h. dem Motor selbst besteht. Dampfkessel und Ueberhitzer wie z. B. bei Dampfmaschinen sind vollständig überflüssig. Aus dem gleichen Grund erfordert eine solche Anlage ein Minimum von Bedienung. Des weitern ist ihre schnelle Betriebsbereitschaft besonders in Notfällen ein schätzenswerter Faktor. Der zur Verwendung kommende Brennstoff lässt sich

sehr gut ohne jeglichen Verlust durch einfache Rohrleitungen an beliebige Orte hinleiten; es erübrigen sich deshalb besondere Vorrichtungen, wie Kohlentransportanlagen etc. Der Aufstellungsort kann infolgedessen auch vollständig unabhängig von diesbezüglichen Rücksichten gewählt werden.

Der Verbrauch an Wasser beträgt nur etwa 12% der für Dampfmaschinen erforderlichen Menge.

In diesem Falle handelt es sich um langsam laufende Sulzer-Viertaktmotoren, die für Transmissionsantrieb geeignet sind. Die Arbeitsweise dieser Motoren dürfte hinlänglich bekannt sein. Erwähnenswert ist vor allem ihre

Regulierungsart, die zwecks einwandfreier Durchführung der von den Motoren verlangten besonderen Betriebsweise Anwendung fand. Die Maschinen arbeiteten nämlich mit stark wechselnder Belastung, und zwar erfolgte nach kurzer Vollbetriebsperiode, d. h. maxim. Druckluftförderung zu den Arbeitsstellen, jeweils eine plötzliche Entlastung, indem die Luftkompres-

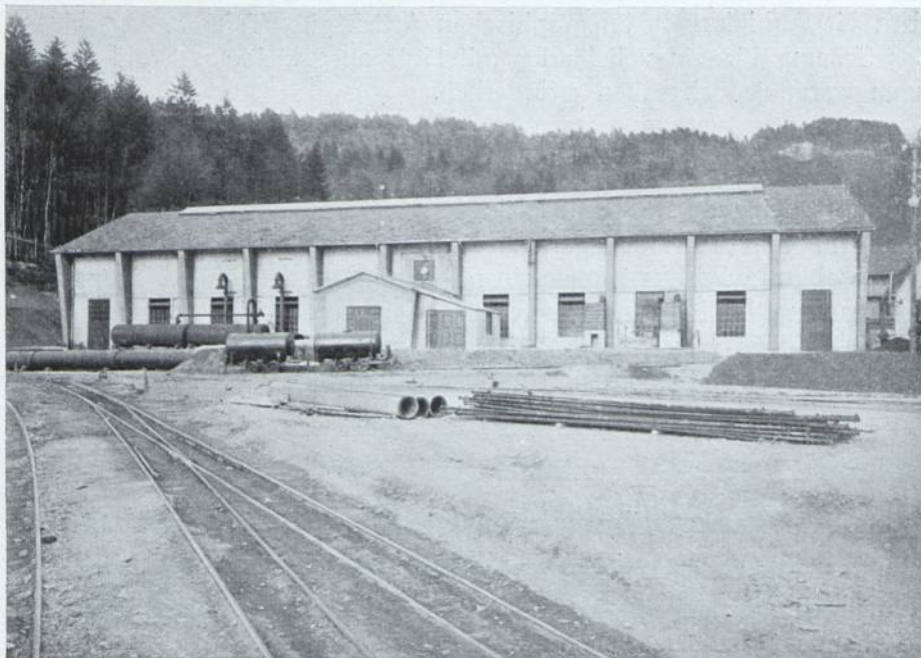


Abb. 8. Ansicht der Maschinenhalle.

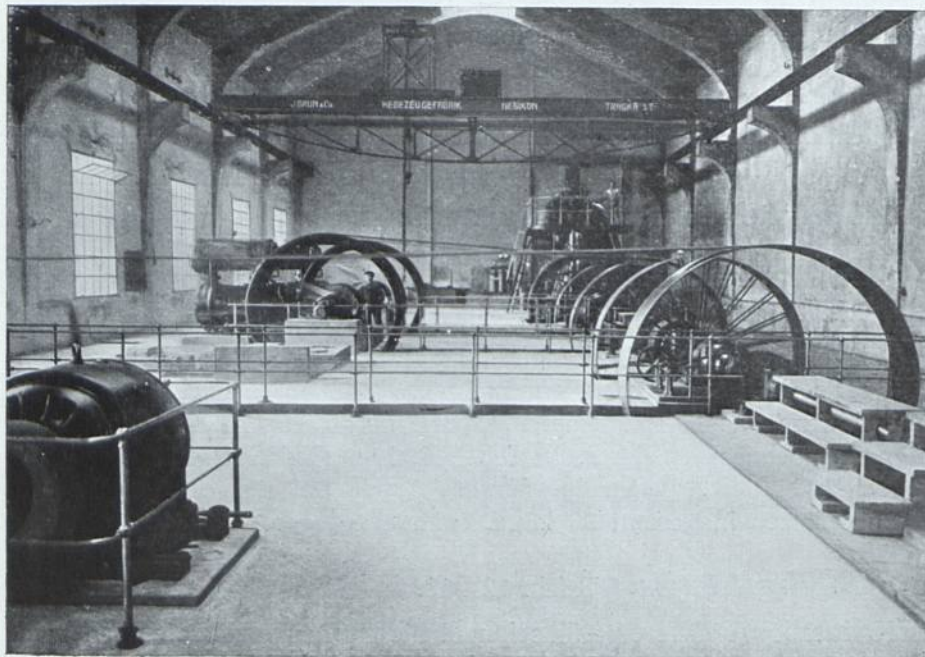


Abb. 9. Inneres der Maschinenhalle (nördliche Hälfte).

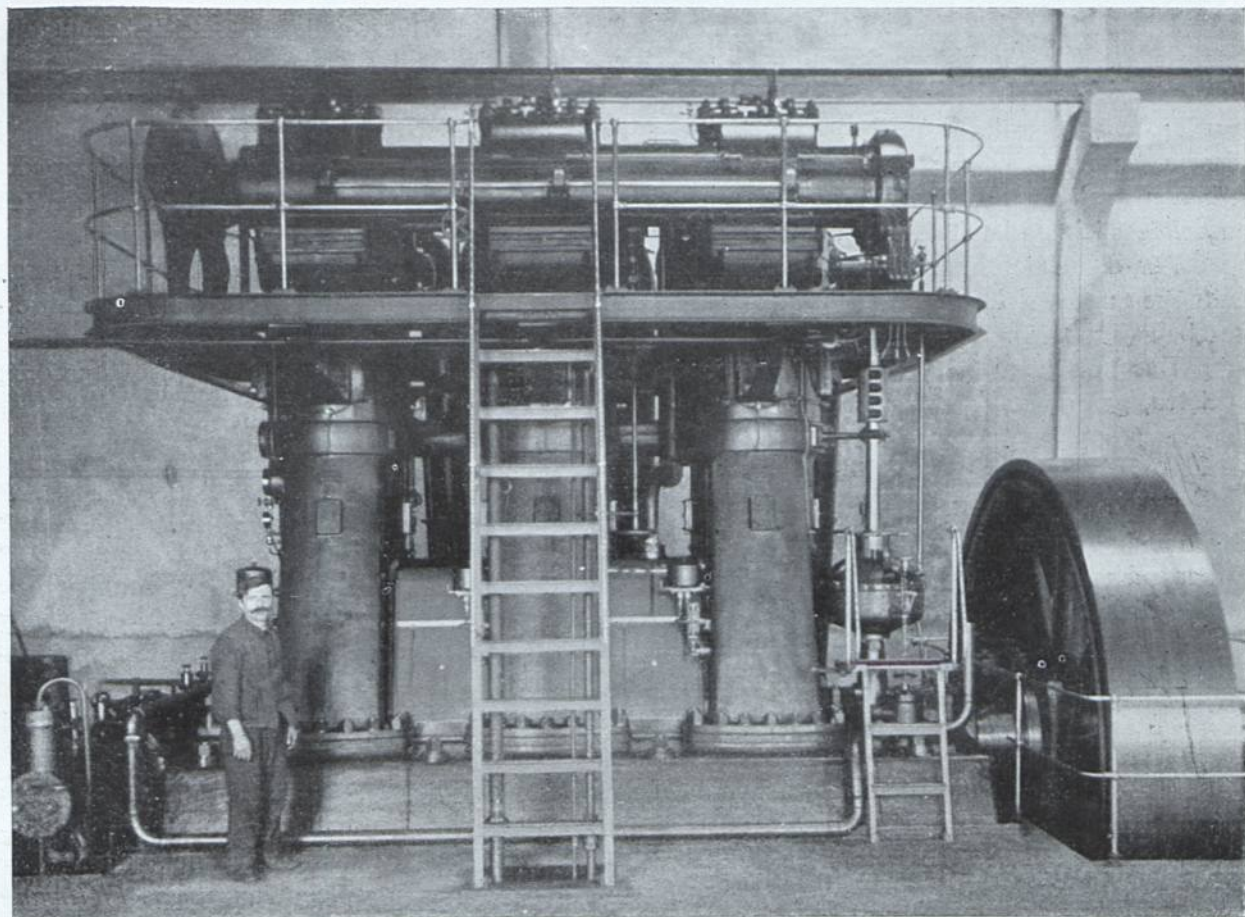


Abb. 10. Dieselmotor von 550 PS.

soren bei ganz gefülltem Luftreservoir, d. h. bei eintretendem Höchstdruck, eine Zeitlang leer liefen. Die Arbeitsleistungen des Dieselmotors schwankten deshalb ständig zwischen Vollast und etwa $\frac{1}{4}$ Last. Bei den Dieselmotoren wird nun die Leistung bekanntlich dadurch beeinflusst, dass die eingeführte Brennstoffmenge verändert wird. Da der Brennstoff aber mittelst Druckluft zerstäubt und eingeblasen wird, so muss zur Erzielung einer einwandfreien Verbrennung bei verschiedener Belastung auch die Menge und der Druck dieser Einblaseluft innerhalb gewisser Grenzen verändert werden. Diese Änderung erfolgt bei vielen Motoren von Hand. Gebrüder Sulzer gingen nun dazu über, die Regulierung möglichst automatisch zu gestalten, um auch grösste Belastungsschwankungen bei minimaler Drehzahländerung zuzulassen, womit allen Anforderungen, welche namentlich an Betriebe mit grossen Kraftschwankungen gestellt werden, vollauf genügt werden kann.

Eine schematische Darstellung der Gesamtordnung einer solchen automatischen Regulierung ist aus Tafel 15 ersichtlich. Ihre Wirkungsweise ist die folgende: Die Beeinflussung durch die wechselnde Belastung ergibt vorerst eine Drehzahländerung der Maschine und damit eine veränderte Einstellung des Reglers R. Im gezeichneten Beispiel ist dieser Regler ein Kugelregler. Die verschiedene Einstellung dieses Reglers überträgt sich nun erstens auf die Einstellung der Fördermenge der Brennstoffpumpe B (Veränderung des Hubvolumens) und zweitens auf die Einstellung eines in die Saugleitung der Einblaseluftpumpe E eingebauten Schiebers S. Um die Uebergänge bei wechselnder Belastung zu dämpfen, ist ferner ein Oelkatarakt K eingebaut. Durch die verschiedene Einstellung des Einlassquerschnittes des Schiebers S stellen sich in den drei verschiedenen Stufen der Einblasepumpe I, II und III verschiedene Drücke ein. Der wechselnde Druck irgend einer Stufe, im gezeichneten Beispiel derjenige der I. Stufe, wird nun zur verschiedenen Einstellung eines Servomotors M benützt. Der Servomotorkolben verstellt seinerseits das Antriebsgestänge G des Brennstoffventils V, und hieraus ergibt sich entsprechend der Belastung eine kleinere oder grössere Oeffnungsdauer des Brennstoffventiles, entsprechend der vom Motor verlangten Krafterleistung. Mit dieser Reguliervorrichtung konnte nun, trotz der bei dieser Anlage grossen und plötzlichen Kraftschwankungen, eine stets annähernd gleich gute Verbrennung in den Motoren erzielt werden. Da auf die beschriebene Art und Weise die Regulierung vollkommen automatisch erfolgt, so ist deren Bedienung von der Geschicklichkeit und Zuverlässigkeit der Maschinenführer unabhängig.

Der Verbrauch an Rohöl betrug 0,186 kg per PS/Std., das machte für die Südseite 4500 bis 5000 kg in 24 Stunden. Die Kosten für Rohöl beliefen sich unter normalen Verhältnissen auf 3 Rappen für die Pferdekraftstunde.

Die Anlage ist des weiteren auch wegen der Art der verwendeten Betriebsbrennstoffe interessant. Die Maschinen waren seinerzeit für den Betrieb mit Petroleumrückständen gebaut. Bei Kriegsausbruch hörte die Zufuhr dieses Brennstoffes auf, und es musste für Ersatz gesorgt werden. Es wurde deshalb in der Folge auf *Vertikalretorten-Rohteer* übergegangen und mit diesem äusserst billigen Brennstoff der Betrieb ab Oktober 1914 bis zur Fertigstellung der Arbeiten auch durchgeführt. Es dürfte dies eine der grössten Anlagen sein, welche so lange Zeit ausschliesslich und mit Erfolg mit dem primitiven Brennstoff Rohteer betrieben worden ist.

Für die Unterbringung des Treiböles für die Dieselmotoren waren 3 schmiedeeiserne, durch Leitungen unter sich verbundene Tanks mit einem Gesamtfassungsraum für 50000 kg Rohöl vorgesehen (Tafel 17).

Das Rohöl wurde durch Handpumpen in die erhöhten Oelbehälter, welche die Dieselmotoren speisten, gefördert.

1. Niederdruckkompressoren.

Für den Betrieb der Bohrhämmer wurden 2 zweistufige Niederdruckkompressoren von *Borsig-Berlin* aufgestellt, von denen jeder 30 cbm Luft pro Minute ansaugt und 6 bis 8 Atmosphären Ueberdruck erzeugt (Abb. 12). Jeder derselben erfordert zum Betrieb 225 PS. Die Pressluft wurde in 3 Luftkesseln von je 10 cbm Inhalt aufgespeichert und durch eine 200 mm weite Rohrleitung aus patentgeschweissten Rohren in den Tunnel und durch Abzweigungen von zum Teil geringem Durchmesser zu den einzelnen Arbeitsstellen geführt.

2. Bohrhämmer (Abb. 20).

Für die Herstellung der Bohrlöcher im Tunnel, sowohl beim Vortrieb als auch beim Vollausbruch wurden Bohrhämmer verwendet, und zwar solche von *Meyer, Flottmann* und *Westfalia*, von 13 bis 18 kg Gewicht.

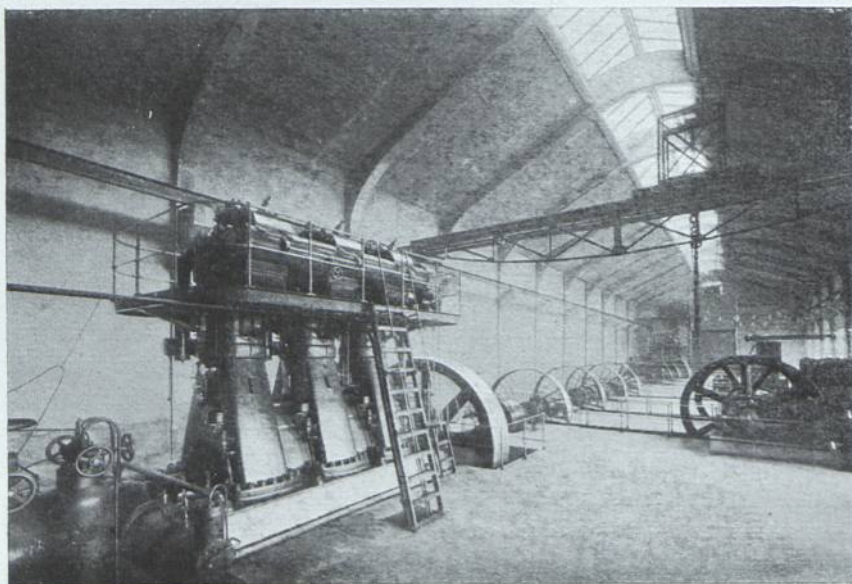


Abb. 11. Dieselmotoren mit gemeinsamer Triebwelle.

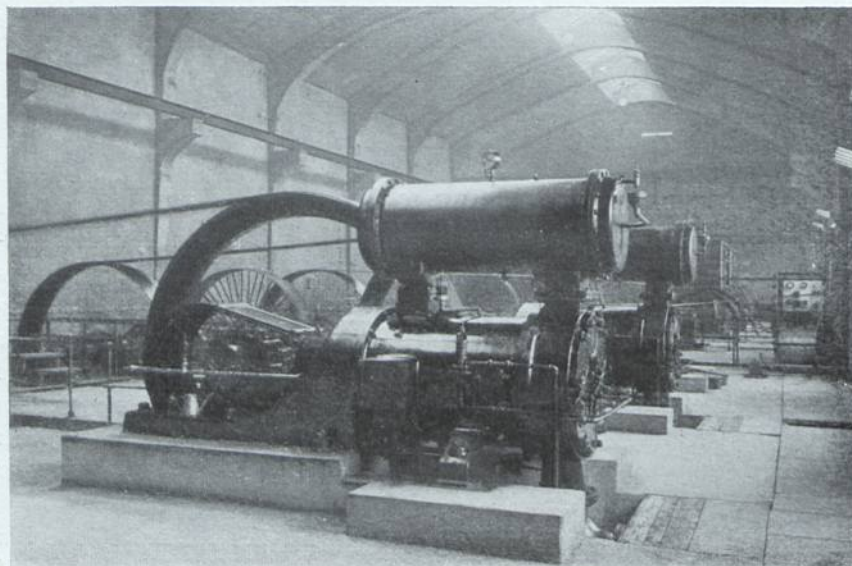


Abb. 12. Niederdruckkompressoren Borsig.

3. Ventilation (Tafel 21).

Es waren 3 Stück hintereinandergeschaltete Sulzerische Hochdruck-Ventilatoren aufgestellt, für die Förderung von 4 bis 5 cbm Luft in der Sekunde. Jeder Ventilator erteilte der Luft einen Ueberdruck von 400 bis 600 mm Wassersäule. Der Gesamtdruck betrug zu Anfang der Leitung 1200 bis 1800 mm Wassersäule. Der Kraftverbrauch betrug 150 bis 180 PS. Die in den Tunnel führende Luftleitung bestand aus 3 mm starken Blechrohren von 1000, 800, 500 und 330 mm lichter Weite. Die weitesten Rohre wurden im fertig ausgemauerten Tunnel seitlich gelagert; diejenigen von 500 mm Durchmesser lagen in den Arbeitsstrecken der Ausweitung und die 330 mm-Rohre im Vortriebsstollen. Alle 2 bis 4 Wochen wurden die Rohrleitungen von 800 bis 1000 mm lichter Weite verlängert, so dass der Widerstand der Leitung nur allmählich anstieg.

4. Förderung (Tafeln 23 u. 24).

Für die Förderung im Tunnel waren auf der Südseite 5 Druckluftlokomotiven vorhanden, welche von 2 vierstufigen Hochdruckkompressoren mit eingeschalteter Flaschenbatterie gespeist wurden (Abb. 13). Jeder Kompressor erforderte zum Betrieb 250 PS, bei einer minutlichen Ansaugleistung von 13 cbm und 150 Atmosphären Ueberdruck. Die angesaugte Luft passierte zuerst einen Luftfilter. In Tafel 18 ist das Rohrsystem für die Leitungen der angesaugten Luft, der Druckluft, des Kühlwassers, des Abwassers und der Entwässerung dargestellt. Zur Abführung der Kompressionswärme waren 15 Sekundenliter erforderlich. An Lokomotiven und Rollmaterial waren vorhanden:

Drei Stück 2/2 gekuppelte Verbund-Lokomotiven, hier « kleine Luftlokomotiven » genannt, für den Teiltransport im Tunnel, von 9,5 t Dienstgewicht und einem Luftüberdruck von 135 Atmosphären (Abb. 14). Der Betriebsdruck im Zylinder betrug 12 bis 14 Atmosphären.

Der bei der Expansion vom Reservoir zum Zylinder verursachte

Wärmeverlust wird zum Teil ersetzt durch die Holzfeuerung der Lokomotiven. Zugkraft 1200 kg, Leistung: Förderung von 50 t Zuggewicht auf einem Gefälle von 0 bis 7,5‰ und 30 t in einer Steigung von 7,5‰ mit 12 km/Std. Geschwindigkeit.

Aktionsradius 3 + 3 km.

Zwei Stück 4/4 gekuppelte Verbund-Druckluftlokomotiven (Tafel 23, Abb. 15), « grosse Luftlokomotiven », zur Förderung der Dienstzüge nach und aus dem Tunnel; 240 t Dienstgewicht, 3000 kg Zugkraft, Förderung von 70 t Zuggewicht auf einer Steigung von 7,5‰. Aktionsradius mit einer Füllung 6 + 6 km.

Rollmaterial: Inhalt der Vorortswagen 1 cbm, Inhalt der Kippwagen der Ausweitung 2,5 cbm. An Rollwagen aller Art: Vorortswagen, Kippwagen und Plattwagen waren Ende 1912 340 Stück in Betrieb. Für Trans-

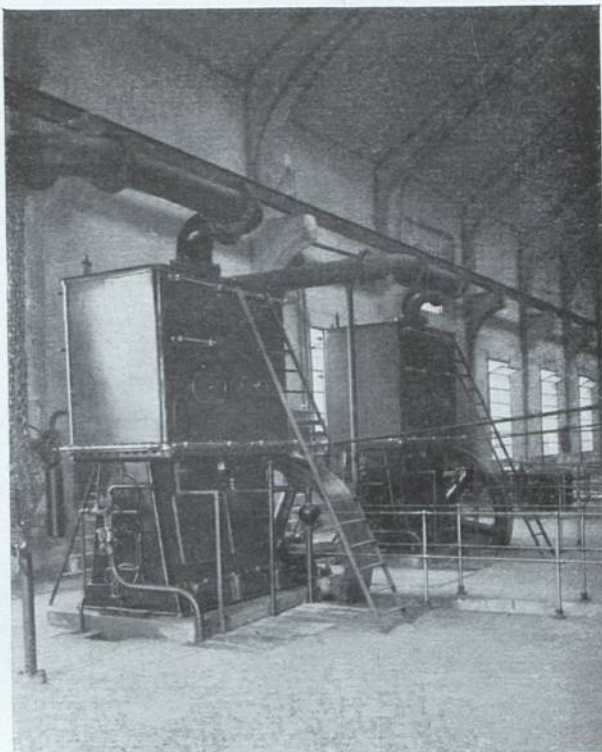


Abb. 13. Hochdruckkompressoren Borsig.

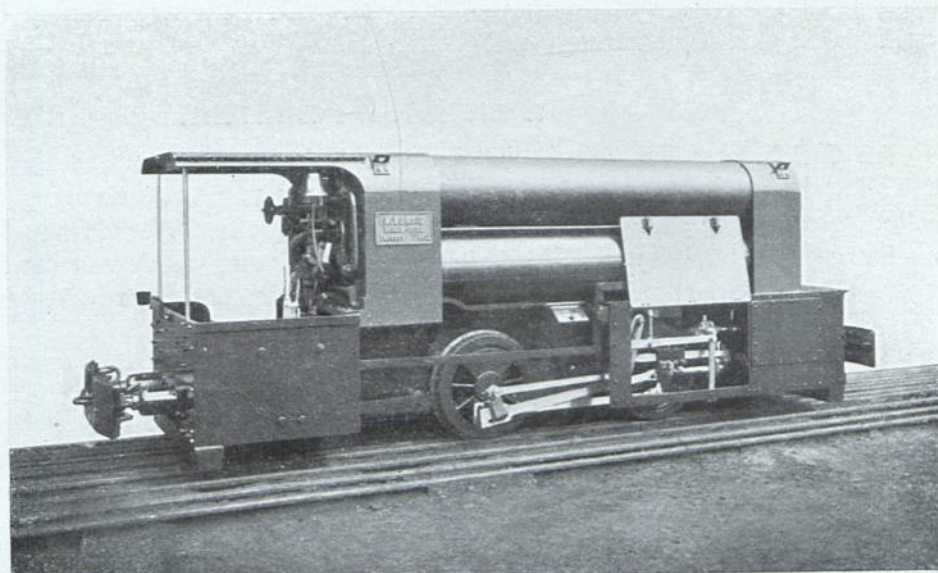


Abb. 14. Kleine Luftlokomotive Borsig.

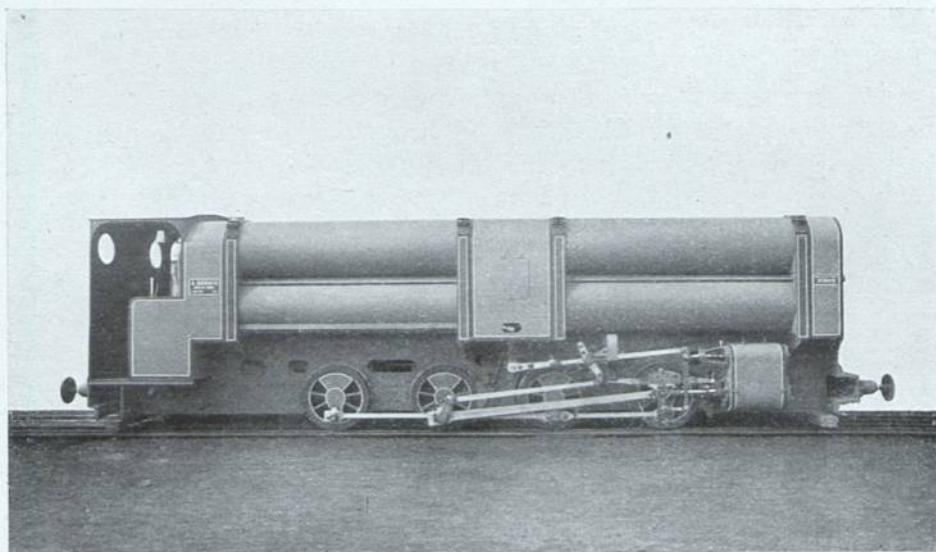


Abb. 15. Grosse Luftlokomotive Borsig.

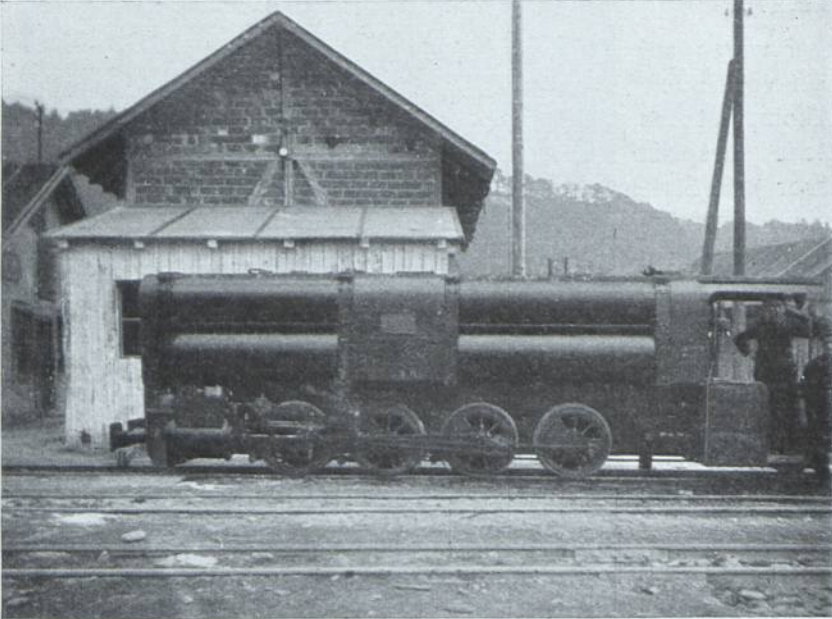


Abb. 16. Luftlokomotive bei der Füllstation.

porte ausserhalb des Tunnels wurden eine Anzahl Dampflokomotiven eingestellt.

5. Füllstation.

Die Flaschenbatterie enthielt einen Vorrat von Druckluft von 20 cbm (Tafel 22). Die Entnahmestelle befand sich in unmittelbarer Nähe. Später wurde die Druckluft von 150 Atmosphären Spannung durch 50mm weite Röhren in den Tunnelgeleitet. Im Tunnelbahnhof war eine zweite Füllstation, so dass die kleinen Luftlokomotiven im Tunnel verbleiben konnten. Sie wurden alle 14 Tage zur Hauptreinigung herausgefahren.

6. Sägewerk.

Für die Herstellung der Tunnelbohlen und Schalhölzer wurde auf der Deponie zwischen der alten und der neuen Linie, auf dem rechten Aareufer ein Sägewerk erstellt, welches mit einem Vollgatter und einer Kreissäge ausgestattet war. Als Feuerung dienten Holzabfälle, deren Verbrauch durch eine Vorfeuerung ermöglicht wurde.

7. Elektrische Einrichtung.

An Gleichstrom-Generatoren für Licht und Kraft waren vorhanden: 1 Motor von 110 PS, 220 Volt und eine Reservemaschine von 20 PS, ferner an Elektromotoren: 1 Motor von 30 PS für die Pumpenanlage, 1 Motor von 25 PS für den Betrieb der Werkstätten. Die elektrische Einrichtung für das rechte Aareufer befand sich im Sägewerk und wurde von der Dampflokobile angetrieben. Der elektrische Strom speiste die Glühlampen des Sägewerkes und 8 Bogenlampen.

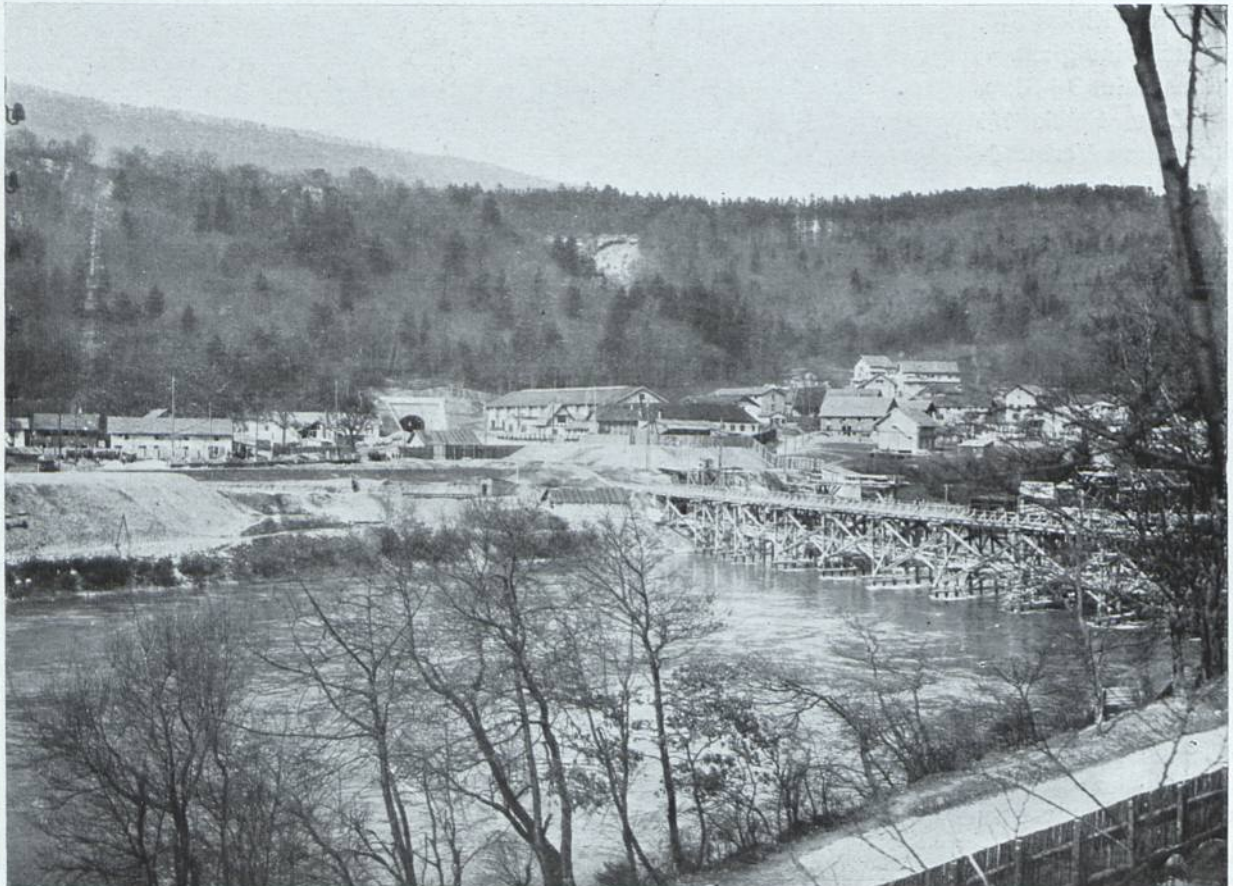


Abb. 17. Installationen mit Südportal, Dienstbrücke über die Aare und Arbeiterdorf Tripolis.

8. Pumpenanlage.

Die Pumpenanlage an der Aare lieferte das Wasser zur Kühlung der Dieselmotoren und der Kompressoren. Die elektrisch betriebene Zentrifugalpumpe lieferte 80 Sekundenliter Wasser.

9. Schmiede und Reparaturwerkstatt.

Südlich der Maschinenhalle war die Bohrschmiede und die Reparaturwerkstatt eingerichtet. Die Schmiede war ausgestattet mit 6 Essen von je 2 Feuern und einem Rundfeuer, zu denen die Luft von einem Zentrifugalventilator geliefert wurde. Bemerkenswert war die maschinelle, mit Druckluft betriebene Gesenkschmiede zur Herstellung der Z-förmigen Bohrschneiden.

Die Reparaturwerkstatt wurde ausgestattet mit einem 25 PS-Elektromotor und einer Transmission mit Riemenantrieb zum Bewegen der Arbeitsmaschinen, bestehend aus:

- 1 Federhammer,
- 2 Bohrmaschinen,
- 2 Drehbänken,
- 2 Schmirgelschleifmaschinen,
- 2 Schleifsteinen,
- 1 Fräsmaschine und
- 1 Hobelmaschine.

Das Gebäude bestand aus zwei Abteilungen und zwar:

1. Der Schmiede mit Gleisanschluss zum Tunnelportal; sie hatte einen Flächeninhalt von 27×10 m und eine lichte Höhe von 4 m.
2. Der daran anschließenden Werkstatt mit einer Grundfläche von $18,5 \times 10,30$ m; diese wurde aus Riegelfachwerk, in derselben Höhe wie die Schmiede errichtet.

10. Sprengstoffe.

Für das Lösen des Gesteins im Vortrieb und in der Ausweitung war für die Südseite die Verwendung von Dynamit und Gamsit*) vorgesehen. Dy-

*) *Gamsite gélatinée* (Sicherheits-Sprengstoff): Nitroglycerin 21,0%, Trinitrotoluol 19,0%, Dinitrobenzol 1,0%, Coton azotique 1,5%, Carbonat de chaux 1,0%, Nitrate d'ammoniaque 56,5%.

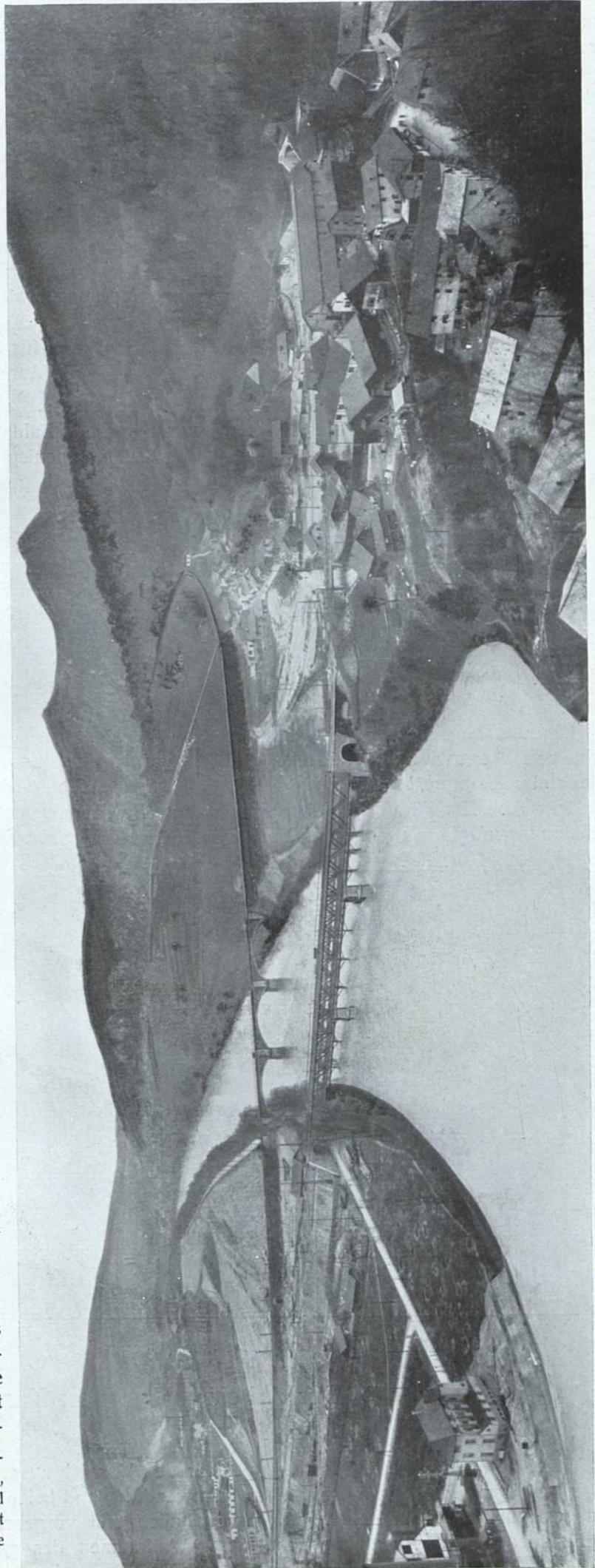


Abb. 18. Blick gegen Südwesten auf die neue und alte Hauensteinlinie mit beiden Aarebrücken; rechts das Arbeiterdorf „Tripolis“, im Hintergrund links Olten und Trimbach.

namit wurde selten gebraucht. Zur Unterbringung dieser Sprengstoffe wurde oben im Wald, nordöstlich vom Südportal, ein gegen Frostwirkung gut geschütztes Dynamitmagazin für die Lagerung von 10000 kg Sprengstoff errichtet. In einem besonderen Raum wurden Sprengkapseln und Zündschnur aufbewahrt.

11. Sanitäre Einrichtungen (Tafel 25).

Sie umfassten eine Badeanstalt mit 25 Brausebädern und 50 Waschschalen; ausserdem ein Arzt- und Sanitätszimmer, sowie 2 Badezimmer und 3 Aufenthaltsräume für die Oberhauer. Der Badeanstalt war ein grosser Aufenthaltsraum für die Arbeiter angegliedert.

12. Die übrigen Baulichkeiten.

Ausser den schon besprochenen Gebäuden, wie Maschinenhalle, Sägerei, Pumpstation, Schmiede, Reparaturwerkstatt, Dynamitmagazin und Badeanstalt, wurden noch folgende Baulichkeiten errichtet (Tafel 11):

Magazin, Ingenieurbureau, Zahlmeisterbureau, Schuppen für die Flaschenbatterie, Lokomotivschuppen, Mischhalle, Wagenreparatur, Baubaraken für die Aarebrücke, insgesamt 15 Gebäude.

13. Fernsprechanlage.

Die einzelnen Gebäude, wie Maschinenhaus, Sägewerk, Zahlmeisterbureau, Badeanstalt, sowie der Tunnel, waren durch eine Fernsprechanlage mit dem Ingenieurbureau verbunden, so dass von dieser Zentralstelle aus überallhin Anordnungen telephonisch gegeben werden konnten.

14. Arbeiterunterkunft.

Um die Installationsanlagen herum entstand in kurzer Zeit ein improvisiertes Arbeiterdorf mit Wohnhäusern, Kantinen, Verkaufsläden usw. (Abb. 18), sowie mit einer Poststelle und Polizeistation, die offiziell den Namen *Tripolis* führten. Namentlich an Festtagen herrschte in der Hauptstrasse ein buntes Leben. Nach Vollendung des Tunnelbaues ist das Dorf zum grössten Teil wieder abgebrochen worden.

Installationen auf der Nordseite.

(Tafel 19, 20 und 26.)

Um uns kurz zu fassen sei nur erwähnt, dass die Installationen in ähnlicher, zweckentsprechender Weise wie auf der Südseite, jedoch für geringere Leistungen eingerichtet wurden. Es fehlten die Hochdruckkompressoren, da für den Tunnel 2 Benzinlokomotiven von 60 PS verwendet wurden (Tafel 26 u. Abb. 19). Für den Aussendienst waren zeitweise 4 Dampflokomotiven im Betrieb. Für die Ventilation genügte ein einfacher Ventilator No. IX von *Gebr. Sulzer*. Die Kraftstation bestand

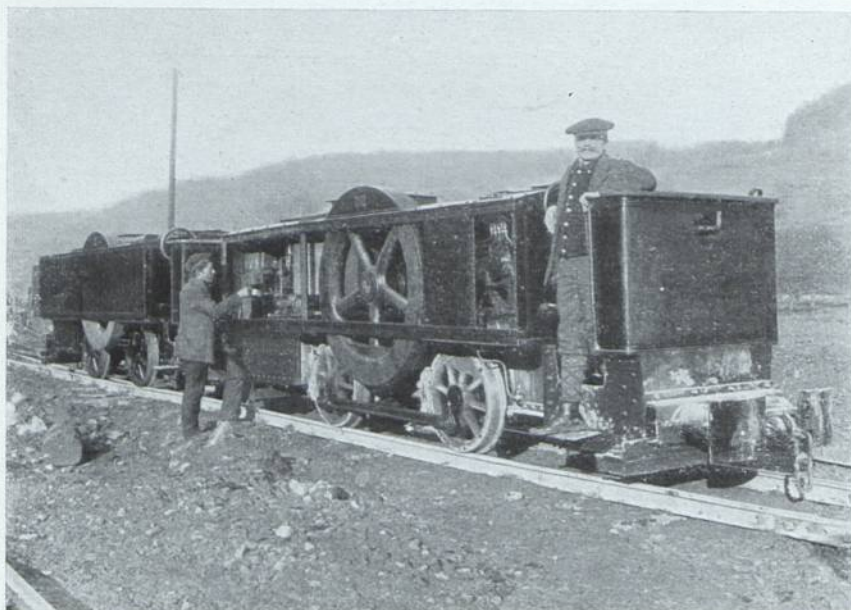


Abb. 19. Benzinlokomotiven der Motorenfabrik Oberursel.

aus zwei durch eine Transmissionswelle verbundenen Dieselmotoren von je 220 PS, zusammen 440 PS. An Niederdruckkompressoren wurden ein Kompressor *Borsig* für 30 cbm angesaugter Luft pro Minute und ein kleiner *Meyer'scher* Kompressor aufgestellt. Auf der rechtseitigen Berglehne war ein Steinbruch in Betrieb, der Hauptrogenstein lieferte. Ferner 2 Steinbrecher, 1 Sandmühle und 1 Betonmischmaschine.

An Gebäuden waren vorhanden: Maschinenhaus, Ingenieurbureau, Schmiede und Reparaturwerkstatt, ferner 1 Zementmagazin, 1 Mischhalle, 1 Steinbrecheranlage.

4. Der Arbeitsvorgang im Tunnel.

a) Vortrieb.

Wie bereits angedeutet wurde, kamen für den Vortrieb ausschliesslich Bohrhämmer, System *Westfalia*, *Meyer*, *Flottmann* (Abb. 20) zur Anwendung und keine auf einem Bohrwagen gelagerte Stossbohrmaschinen. Ein Bohrwagen kann nämlich erst vorgebracht und die Bohrung wieder aufgenommen werden, wenn die Schutterung (Aufräumen des gelösten Gesteins) beendet ist,

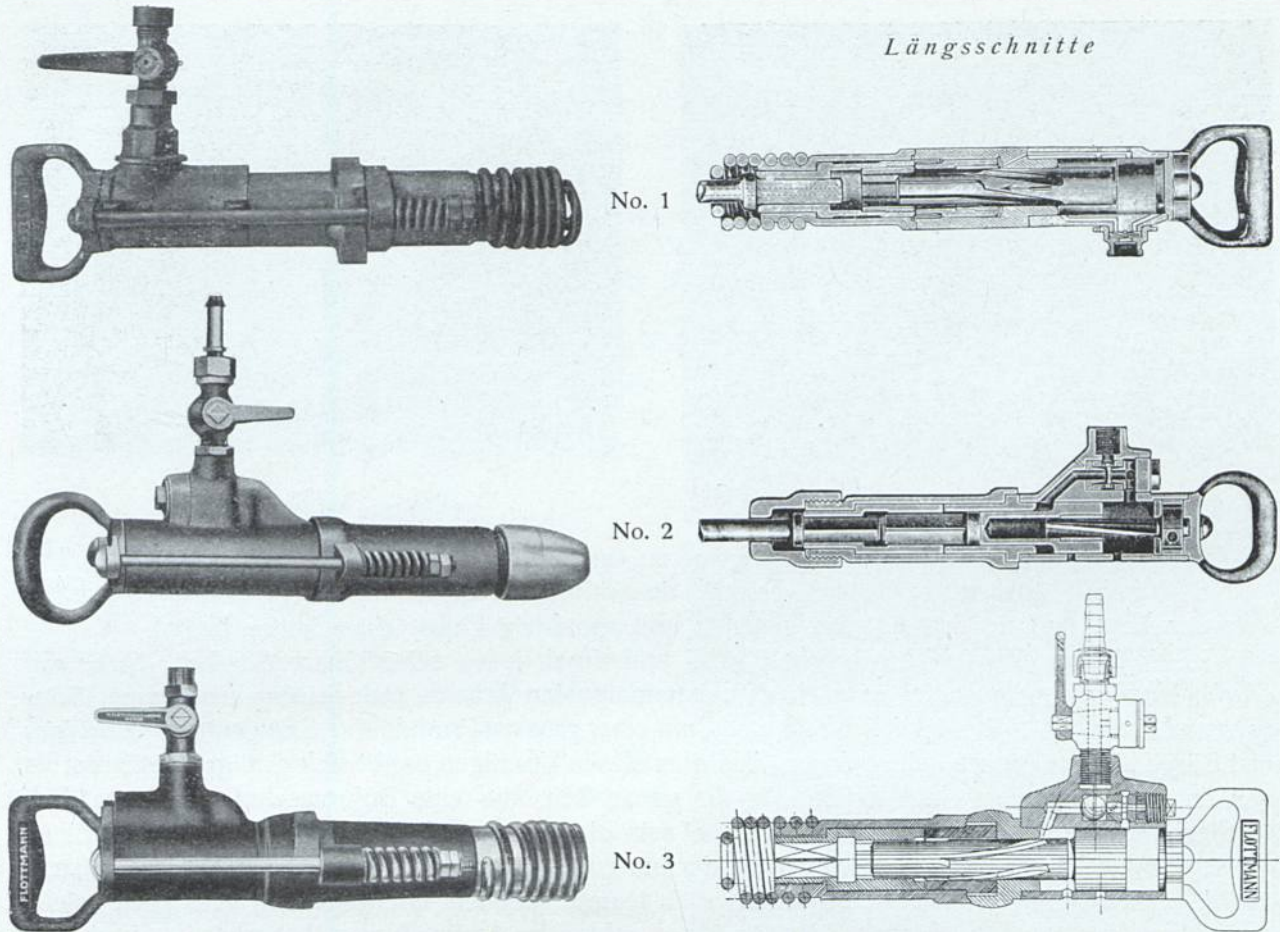


Abb. 20. Die beim Bau des Hauenstein-Basistunnels verwendeten Bohrhammertypen.
 No. 1: System „Westfalia“-Gelsenkirchen (mit Klappensteuerung).
 No. 2: System „Meyer“-Mülheim/Ruhr. No. 3: System „Flottmann“-Saarbrücken (mit Kugelsteuerung).

während beim Bohrhämmerbetrieb nach dem Zurückschaufeln des gelösten Gesteins vor der Brust soviel Platz geschaffen wird, dass die Mineure die Bohrung sofort wieder aufnehmen können (Abb. 21 u. 22). Diese von der Unternehmung gewählte Art der Bohrung, die von der bisher bei den grossen Alpentunneln angewandten Methode abwich, hat sich in dem fast durchwegs milden Gestein ausserordentlich bewährt und trug wesentlich zu den grossen und regelmässigen Fortschritten bei, welche im Hauenstein beim Vortrieb erzielt wurden.

Sehr treffend werden die Vorzüge des Bohrhammers in einem Flottmann'schen Prospekt hervorgehoben, weshalb wir uns veranlasst sehen, die Ausführungen im Auszug wiederzugeben:

« Was den Hammer klar kennzeichnet ist, dass er keine Maschine wie die gewöhnlichen
 « Bohrmaschinen, son-
 « dern ein Handwerkzeug
 « ist, das äusserst leicht
 « von jedem, auch vom
 « schwächsten Arbeiter
 « gehandhabt werden
 « kann und das an keine
 « Richtung gebunden ist.
 « Anstatt eines kompli-
 « zierten Mechanismus,
 « einer schweren, ziem-
 « lich viel Platz bean-
 « spruchenden Masse,
 « die eine Tragsäule und
 « lange Zeit zum Auf-
 « stellen erfordert, welch
 « letztere insbesondere
 « eine sehr grosse Ge-
 « nauigkeit verlangt, da-
 « mit die Richtung des
 « Loches beim Bohren
 « keine schiefe werde,
 « haben wir es beim

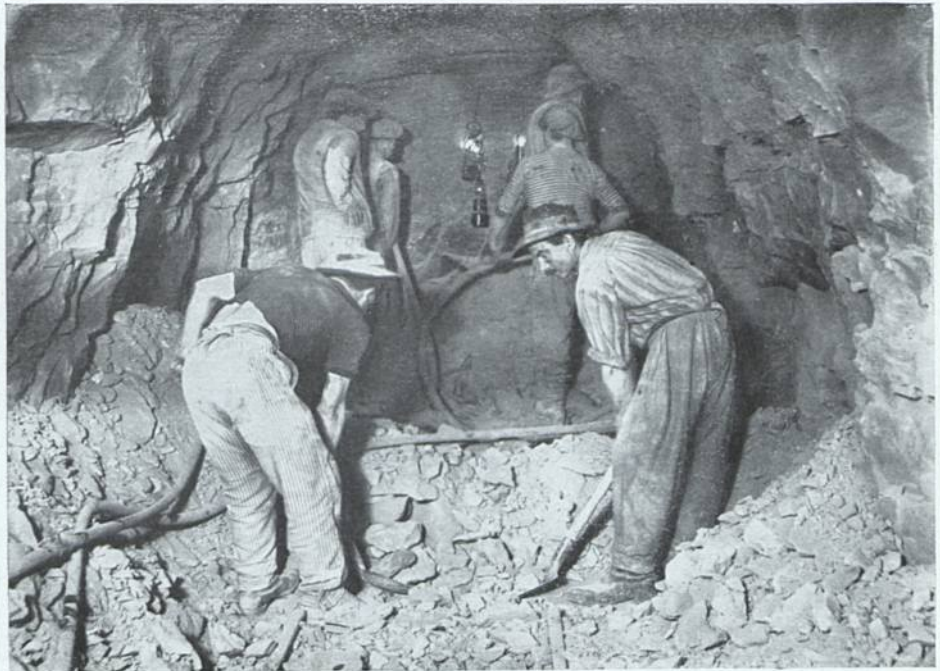


Abb. 21. Bohrung während der Schutterung.



Abb. 22. Bohrung auf dem Schotterhaufen.



Abb. 23. Stollenbrust.

«Bohrhammer mit einem handlichen Apparat zu tun, der überall, auch im allereinsten Stollen, die Handarbeit äusserst vorteilhaft ersetzt, der mit Leichtigkeit vom Bergmann transportiert werden kann und der nur in ganz seltenen und speziellen Fällen einer Stütze bedarf.

«*Sein leichtes Gewicht* ermöglicht überall und durch jeden seine Verwendbarkeit. *Seine einfache Handhabung* gestattet es auch dem unerfahrensten Arbeiter sich seiner zu bedienen. *Seine grosse Leistungsfähigkeit* ist gleichbedeutend mit einer grossen Produktion. *Sein geringer Verschleiss* ist Bürge für eine grosse Lebensdauer. Aus allen diesen Vorzügen ergibt sich eine grosse Ersparnis an Zeit; denn man gewinnt in der Tat die ganze Zeit, die eine Bohrmaschine zu ihrem Aufstellen benötigt, und diese Zeit überschreitet sehr oft die Dauer des eigentlichen Bohrens. Es ist unserer Ansicht nach ein grosser Irrtum, der nur zu häufig von verschiedenen Erbauern gemacht wird, schwere und umständliche Maschinen zu bauen, nachdem doch bekannt, dass eben solche mächtige Massen einen grossen Zeitverlust und zahlreiche Anwendungsschwierigkeiten nach sich ziehen. Angenommen auch, die Bohrmaschine ergäbe eine höhere Bohrgeschwindigkeit als der Hammer (was keineswegs bewiesen ist), so besteht doch die Tatsache, dass die effektive Leistung des Bohrhammers pro Arbeitstag, dank seiner Fähigkeit, die Arbeit sofort angreifen zu können, eine grössere ist...»

Für diejenigen Leser, die sich mit dem Tunnelbau nicht näher befasst haben, lassen wir eine Beschreibung des Arbeitsvorganges folgen, die einer Schilderung des Vortriebes in gedrängter Form gleichkommt.

Im milden Gestein kamen sogenannte Z-Bohrer zur Anwendung. Diese haben gegenüber den gewöhnlichen Meisselbohrern den Vorteil, dass sie sich nicht so leicht verklemmen und dass die Bohrlöcher rund werden. Im harten Gestein ist jedoch der Widerstand der Z-Bohrer zu gross. Sie werden dann durch Meisselbohrer ersetzt. Die Bohrlöcher hatten in 3 Abstufungen eine Weite von 38 bis 45 mm zur Aufnahme von Patronen von 35 mm Durchmesser. Die Tiefe der Bohrlöcher betrug 1,20 bis 1,50 m; Anzahl der Löcher an der Stollenbrust von 6 qm Oberfläche 10 bis 15. Es kamen meistens Schlangenbohrer zur Anwendung, d. h. Bohrer mit einem runden Kern, um welchen spiral (in Schraubenlinien) zwei trapezförmige Wulste gewunden sind. Die Spiralen oder Schraubengänge dienen zum Herausschaffen des Bohrmehles aus dem Bohrloch, wenn der Bohrer sich beim Zurückgehen des Hammers um einen gewissen Winkel dreht. (Setzen des Bohrers.) Der Hammer macht 600 bis 800 Schläge in der Minute. Die Leistung beträgt je nach der Härte des Gesteins 1 m Bohrloch in 5 bis 10 Minuten.

Ein Bohrhammer kann von einem Mann bedient werden. Im forcierten Betrieb des Tunnelbaues sind gewöhnlich zwei Mann Bedienung für einen Bohrhammer. Nach dem Bohren werden



Abb. 24. (Austritt einer Kluftquelle am linken Stoss) Uebergang zur Sohlstollenerweiterung. Abb. 25.

die Bohrlöcher besetzt (geladen). Jedes Bohrloch erhält 4 bis 5 Patronen; die äusserste heisst Zündpatrone; sie trägt die Zündkapsel mit der Zündschnur. Zuletzt wird das Bohrloch mit Sand- oder Lehm Patronen vollgefüllt (verdämmt). Aus Sicherheitsgründen werden oft 2 Zündkapseln und doppelte Zündschnüre angewendet, um die sogenannten Versager (Bohrlöcher, deren Ladung nicht explodiert) zu verhüten.

Das Auftreten von Versagern stört den Betrieb und den Fortschritt dermassen, dass sich der doppelte Satz Zündschnur wohl lohnt. Die Zündschnüre brennen sehr regelmässig ab. Man rechnet, dass das Feuer in der Minute ungefähr 50 cm vordringt. Die Zündschnüre werden so lang gemacht, dass die Feuerwerker noch Zeit finden, sich nach der Zündung zurückzuziehen. Die Schüsse in der Mitte (Einbruchsschüsse) sollen zuerst losgehen, dann die Randschüsse und zuletzt die Eckschüsse. Dies wird durch verschiedene Längen der Zündschnüre und durch die Reihenfolge beim Anzünden erreicht.

Zusammenfassung.

Bohrhämmer:

Preis per Stück	240—260 Mark
Gewicht	13—18 kg
Bedienung	1—2 Mann
Schläge in der Minute	600—800
Durchmesser der Luftschläuche .	20 mm
Verbrauch an Luft per Hammer .	ca. 1,5 cbm/Min.
Betriebsdruck	5—8 Atmosph.

Bohrlöcher und Ladung:

Lochdurchmesser	38—45 mm
1 m Bohrloch in	5—10 Minuten
Lochzahl an der Stollenbrust . .	10—15
Dynamitverbrauch pro Angriff .	14—22 kg
1 m Zündschnur brennt ab in ca.	2 Minuten.

Sind die Löcher zu tief gebohrt worden, so reicht die Absprengung nicht auf den Grund des Bohrloches. Das stehengebliebene Ende wird Büchse genannt. Dieselben bedeuten einen Verlust an Arbeitsaufwand, der so viel als möglich zu beschränken ist; denn eine Büchse darf nicht wieder angebohrt werden, weil sich im Grunde derselben noch zurückgebliebener Sprengstoff befinden kann. Das Ausserachtlassen dieser Vorschrift hat schon oft Anlass zu schweren Unfällen gegeben. Man sucht das Auftreten von Büchsen zu verhüten oder zu vermindern durch Verkürzung der Bohrlochtiefen, durch Vermehrung der Anzahl Bohrlöcher und durch Verwendung von Sprengmitteln von stärkerer Brisanz. Beim Vortrieb wird die Sprengladung stärker genommen als bloss zur Lösung des Gesteins erforderlich ist. Das Material soll stark zerkleinert sein, und der Schotterhaufen langgestreckt ausfallen, um das Aufladen desselben zu erleichtern und zu beschleunigen. Sobald festgestellt ist, dass alle Schüsse losgegangen sind und sich der Rauch verzogen hat, geht die Mannschaft wieder vor und unternimmt folgende Hantierungen:

Besprengung des Schotterhaufens mit Wasser, Freimachen der Gleise, Abklopfen der Decke und der Stollenbrust, Entfernen haltloser Felsstücke, Zurückschaufeln des Materials an der Stollenbrust, Axkontrolle, Einmesen der Stollenbrust, Anzeichnen der Bohrlöcher, Vorstrecken der Luftschläuche, Wiederaufnahme der Bohrung; unterdessen Vorbringen von 1 bis 2 Vorortswagen, Beginn der Schutterung.

Für das Aufladen des Materials ist doppelte Mannschaft vorhanden, so dass eine Ablösung erfolgen kann, sobald ein Wagen gefüllt ist. Die Arbeit verlangt eine intensive Betätigung aller Kräfte. Zum Vortrieb kommt auserlesene, erprobte Mannschaft. Durch Gewährung von Fortschrittsprämien wird das Interesse an der Arbeit erhöht und ein grösserer Fortschritt erzielt. Auch in anderen Partien des Tunnels wurden Prämien bezahlt; insgesamt Fr. 240,000.—, oder per lfm Tunnel ca. Fr. 30.—.

Die Vortriebswagen sind niedrig und verhältnismässig klein. Die Kasten sind im Lichten 2,10 m lang, 0,90 m breit und 0,65 m hoch: Inhalt 1 cbm (Tafel 24).

Im Abstand von 50 bis 200 m von Vorort ist der Stollen auf eine Erstreckung von 40 bis 50 m seitlich erweitert und zweigleisig angelegt. Auf der Ausweiche stehen die leeren Wagen in Reserve; die vollen werden im Hauptgleis abgestellt und nachher durch die kleinen Luftlokomotiven nach dem Tunnelbahnhof verbracht.

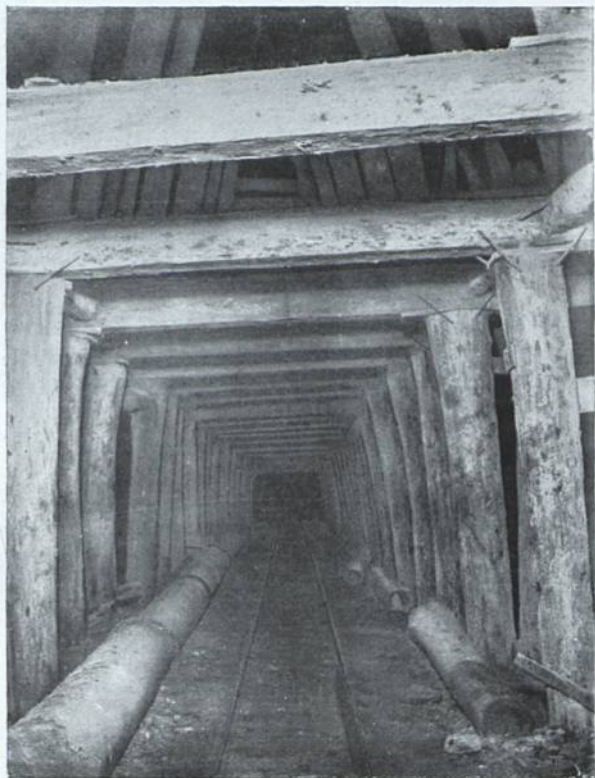


Abb. 26. Das Ladegerüst im erweiterten Stollen.

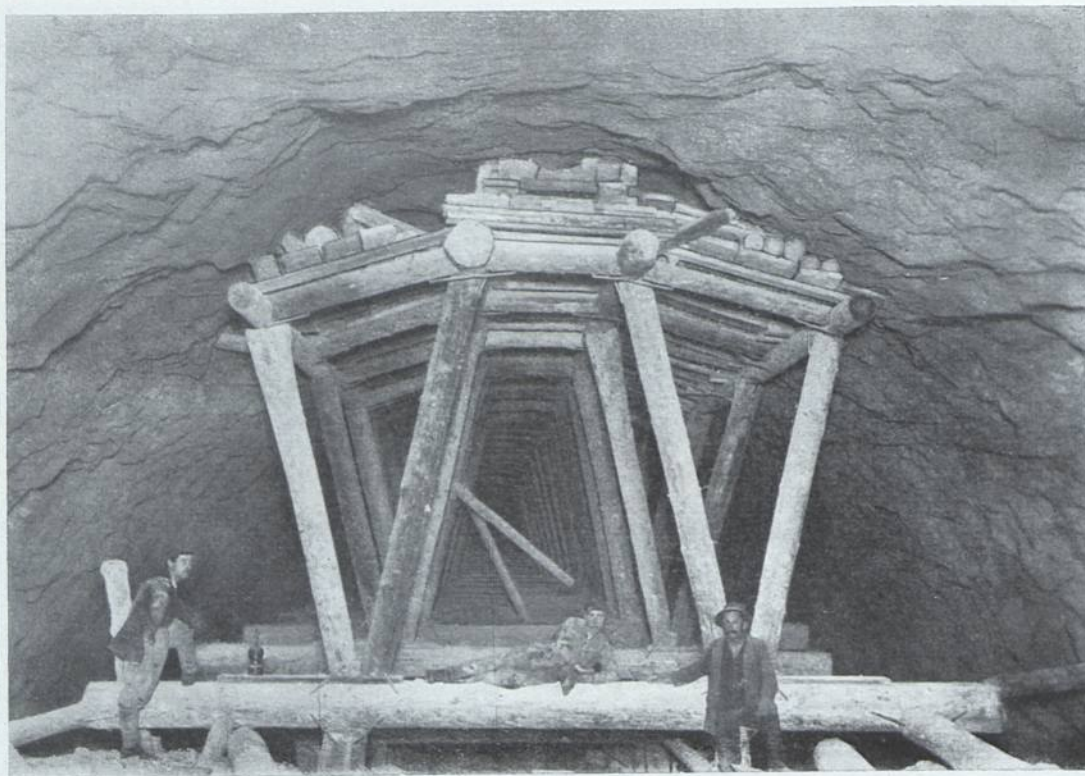


Abb. 27. Firsteinbau mit 2 Paar Kronbalken.

Die Belegschaft besteht in der Regel aus 17—19 Mann:

1 Oberhauer, der die ganze Arbeit leitet und die Aufzeichnungen macht.

1 Schiessmeister zur Ueberwachung der Sprengungen,

1 Vorarbeiter, dem die Mineure und Schlepper direkt unterstehen.

4 bis 6 Hauer oder Mineure für 2 bis 3 Bohrhämmer.

8 Schlepper (doppelte Belegschaft).

1 Schlosser für die Instandhaltung der Bohrhämmer und Rohrverbindungen.

1 Junge für Handreichungen und Botendienst.

Die Aufzeichnungen über den Gang der Arbeit, Verbrauch an Zeit und Material, werden im Baubureau in das Bohrrapportbuch eingetragen.

Wir geben in Tabelle VI und VII die Notizen vom 28. August 1912 bzw. die Mittelwerte per Angriff und per Tag an 6 verschiedenen Tagen. Solche Beispiele sagen oft mehr als die Zusammenstellung von Mittelwerten in bezug auf den ganzen Bau.

Es wäre verkehrt, das Rapportbuch bloss als wertvolle Statistik aufzufassen. Der Vorortsdienst soll sich stetig und gleichförmig abwickeln. Ob dies in allen Teilen zutrifft, geht aus den Aufzeichnungen hervor. Darum haben die bauleitenden Ingenieure das Rapportbuch täglich gründlich zu studieren, um auftretende Mängel und Unregelmässigkeiten sofort zu beheben und nicht bloss den erzielten Fortschritt ins Auge zu fassen. Wenn dies nicht regelmässig geschieht, so haben die Aufzeichnungen zum grössten Teil ihren Zweck verfehlt.

Wenn z. B. der in einem Angriff erzielte Fortschritt bedeutend kleiner ist als die mittlere Bohrlochtiefe, so deutet dies auf eine schlechte Sprengung, auf das Stehenbleiben langer Büchsen hin, die die Bohrarbeit unnütz aufzehren. Aehnliche Schlüsse lassen sich aus den übrigen Daten ziehen. Die wichtigste Angabe ist selbstredend der Fortschritt per Angriff und per Tag.

Am Ende des Monats werden die Tagesfortschritte zusammengezogen und verarbeitet.

Wir geben in Tabelle VIII die Monatsfortschritte der Südseite für die ganze Bauzeit mit ergänzenden Angaben wieder und verweisen noch besonders auf die graphische Darstellung der Fortschritte (Tafel 7 und drittes Titelblatt). Der stetige Verlauf des Vortriebes kommt darin treffend zum Ausdruck.

Zur Vorbereitung für die Ausweitung des Tunnelprofils wurde im Abstand von 100 bis 200 m von der Stollenbrüst der Sohlstollen aufgefistert und verbreitert zur Aufnahme von Türstockrahmen von 2,90 m Höhe und 3 m lichter Weite (Abb. 24—26). Auf diese wurden Rundhölzer gelegt zur Herstellung eines Schüttdodens, von dem aus später das Material der oberen Profile, Firstschlitz und Calotte, durch verschliessbare Löcher auf darunterstehende Materialwagen abgestürzt wurde.

Zu erwähnen ist noch als wichtige Massnahme für einen möglichst unbehinderten Vortrieb die stetige Fortführung des provisorischen Wassergrabens im Sohlstollen und seine sorgfältige Ausarbeitung im ausgeweiteten Stollen durch Vertiefung oder durch Einlegen von 35 cm weiten

Tabelle VI.

Aufzeichnungen über den Vortrieb von einem Tag (28. 8. 12).*

Datum	Nr. des An- griffes	Bohrung					Schutterung			Zeit für Nebenarbeiten	Fortschritt per Angriff	Verbrauch			Personal								Tages-Fortschritt	Bemerkungen
		Zeit von — bis	Dauer	Lochzahl	Gesamte Lochtiefe	Zeit des Abschliessens	Zeit von — bis	Dauer	Geladene Wagen			Sprengstoff	Kapseln	Zündschnur	Oberhauer	Schliess- meister	Vorarbeiter	Hauer	Schlepper	Schlosser	Junge	TOTAL		
		Std. Min.	St. Min.		m	Std. Min.	St. Min.		St. Min.	m	kg	St.	m	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.			
1912 26. 8.	818	7.00— 8.30	1.30	10	12,0	8.45	9.15—10.20	1.15	8	0,80	14,0	20	50	1	1	1	4	8	1	1	17		Effingermergel 2 Bohrhämmer	
	819	9.30—10.45	1.15	10	13,0	11.00	11.20— 1.10	1.50	7	1,10	17,0	22	55										Schicht 6—2 Uhr	
	820	11.45— 1.25	1.40	11	16,5	1.50	2.05— 4.15	2.10	9	1,40	17,0	22	55	1	1	1	4	8	1	1	17		» 2—10 »	
	821	3.45— 5.10	1.25	11	16,5	5.20	5.30— 7.20	1.50	8	1,00	15,0	20	50											
	822	6.35— 7.20	0.45	10	13,0	7.30	7.40— 9.30	1.50	9	1,30	18,0	22	55											
	823	8.50— 9.45	0.55	11	17,5	9.55	10.20—12.20	2.00	10	1,20	15,0	22	55	1	1	1	4	8	1	1	17		» 10—6 »	
	824	11.00—12.40	1.40	11	15,0	1.00	1.15— 3.15	2.00	9	1,20	15,0	22	55											
	825	1.40— 3.20	1.40	11	15,0	3.40	4.00— 5.30	1.30	8	0,90	15,0	22	55											
	826	4.15— 5.45	1.20	11	16,5	6.00	—	—	—	—	—	—	—											
									79													9.80	Länge 1023,8 m	

* Im harten Fels kommen noch Angaben über den Verbrauch von Bohrkronen hinzu.

Tabelle VII.

Tages-Mittelwerte per Angriff an 6 verschiedenen Tagen.

№	Datum 1912	Anzahl Angriffe	Bohrung			Schutterung		Verbrauch			Personal								Fortschritt		Bemerkungen
			Dauer Std. Min.	Lochzahl	Ges.-Tiefe m	Dauer Std. Min.	Anzahl Wagen	Spreng- stoff kg	Kap- seln Stück	Zünd- schnur m	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Pr. Angriff im Mittel m	in 24 Stund. m	
1	26. August	9	1.35	11	15,00	1.48	8,8	15,5	22	54	0,33	0,33	0,33	1,33	2,67	0,33	0,33	5,67	1,09	9,80	Länge 1023,80 Effingerschichten
2	4. Septemb.	7	2.08	11	17,40	2.09	10,4	20,4	22	55	0,43	0,43	0,43	1,71	3,42	0,43	0,43	7,29	1,33	9,30	» 1109,80
3	14. »	7	2.15	12	16,46	2.19	9	20,0	24	48	0,43	0,43	0,43	1,71	3,42	0,43	0,43	7,29	1,04	7,30	1181,10 Callovien
4	24. »	6	3.00	11,7	15,52	2.22	9	17,0	23,3	46	0,50	0,50	0,50	2,00	4,00	0,50	0,50	8,50	1,02	6,10	1242,20 Ob. Hauptrogenst.
5	2. Novemb.	4	3.00	17	23,00	3.20	11	25,0	34	68	0,75	0,75	0,75	4,50	4,50	0,75	0,75	12,75	1,10	4,40	1396,40 Unt. »
6	16. »	6	2.32	11,5	16,20	2.42	12	21,4	23	46	0,50	0,50	0,50	3,00	3,00	0,50	0,50	8,50	1,28	7,70	1482,40 Bajocien

Blechröhren. Beim Ausbruch der Sohlstollenerweiterung werden die Ventilationsrohre durch darübergedeckte Bleche von 10 mm Wandstärke geschützt.

Der gesamte Sprengmittelverbrauch belief sich auf 118576 kg für 8134 m Stollen. Ein Meter Stollen erforderte im Mittel 14,6 kg Sprengstoff, mithin:

$$1 \text{ cbm Stollenausbruch } \frac{14,6}{6} = \text{rund } 2,2 \text{ kg.}$$

Um darzutun, was alles bei einem gut geleiteten Vortrieb zu beachten ist, geben wir in Tabelle IX und X eine Uebersicht über Gebirgsverhältnisse, Bohrgerät, Sprengstoffverbrauch, Bohrung, Fortschritt und Belegschaft beim Sohlstollenvortrieb mit Angaben über die später erfolgte Tunnelausmauerung; als Beispiel 1 die Strecke km 3,694₄₀ bis 3,934₁₀ ab Südportal in der Zeit vom 1. bis 13. Oktober 1913 und als Beispiel 2 die Strecke km 2,521₄₀ bis 2,807₈₀ ab Südportal in der Zeit vom 1. bis 31. Mai 1913.

Monatliche Leistungen im Vortrieb des Sohlstollens von 6—7 qm.								
Tabelle VIII. Südseite km 0—5,864 ₉								
Monat	Monatsleistung		Arbeits-tage	Täglicher Fortschritt		Progressive Leistungen		Bemerkungen
	m	cbm		mittel	maxima	% der Tunnel-L.	cbm	
1912								
Februar	21,4	150	9	2,38	2,70	0,26	150	¹ / ₃ Monat im Februar Handbohrung
März	137,2	960	29	4,75	8,40	1,96	1110	2 Bohrhämmer, Mergel
April	157,5	1100	28	5,60	8,50	3,9	2210	Mergel
Mai	171,3	1200	27	6,30	9,10	6,0	3410	»
Juni	206,6	1450	27	7,60	8,60	8,5	4860	»
Juli	136,0	950	19	7,70	8,80	10,2	5710	» Streik 8.—18.
August	243,3	1700	29	8,40	11,30	13,2	7410	»
September . .	197,1	1380	27	7,30	10,80	15,5	8890	Mergel und Kalkstein
Oktober	115,9	810	29	4,00	6,10	17,0	9700	Kalkstein
November . . .	218,9	1530	28	7,80	11,00	19,7	11230	Mergel
Dezember . . .	208,3	1470	26	8,00	11,50	22,3	12700	Lias und Keuper
Total 1912	1813,5	12700	278	6,53	11,50	22,3	12700	
Mittel	164,8							
1913								
Januar	206,4	1440	28	7,4	10,5	24,9	14140	Anhydrit, Lettenkohle
Februar	133,1	930	26	5,1	7,6	26,4	15070	Dolomit, Muschelkalk
März	144,9	1000	28	5,2	10,3	28,2	16070	Muschelkalk, Keuper u. a.
April	223,5	1560	28	8,0	12,8	31,0	17630	Opalinuston, Lias, Keuper
Mai	286,4	2000	25	11,5	14,7	34,5	19630	Keuper
Juni	181,7	990	28	6,5	10,6	36,7	20620	Keuper, Dol., Muschelkalk
Juli	212,2	1480	29	7,3	10,9	39,3	22100	Muschelk., Dol., Anhydrit
August	246,9	1730	28	8,8	10,3	42,4	23830	Anhydrit, Tertiär
September . . .	245,8	1720	27	9,1	10,4	45,4	25550	Mergel des Tertiär
Oktober	239,7	1680	29	8,3	10,4	48,5	27230	Mergel und Rogenstein
November	206,6	1440	28	8,1	10,2	51,1	28670	Hauptrogenstein
Dezember	214,1	1500	26	8,2	10,6	53,6	30170	»
Total 1913	2541,3	17470	330	7,70	14,7	53,6	30170	
Mittel	212,8							
1914								
Januar	229,2	1600	29	7,9	10,2	56,5	31770	Rogenstein und Mergel
Februar	232,0	1620	26	8,9	10,4	59,2	33390	» » »
März	250,0	1720	29	8,6	11,5	62,3	35140	Mergel und Rogenstein
April	226,2	1580	26	8,7	10,2	65,0	36720	» » »
Mai	262,8	1840	27	9,8	12,1	68,2	38560	» » »
Juni	232,7	1630	27	8,6	10,2	71,1	40190	Rogenstein
Juli	77,0	540	10	7,7	9,9	72,0	40730	Durchschlag 10. Juli 1914 ¹ / ₃ Monat
Total 1914	1510,1	10560	174	8,68	11,5	72,0	40730	
Mittel	238,4							
Im ganzen Mittel	5864,9	40730	782	7,52	14,7	72,0	40730	Im ganzen 28 ² / ₃ Monat
	202							
<p>Rechnen wir dazu die Leistungen der Nordseite, wo allerdings nicht fortwährend gleichzeitig gearbeitet wurde, so ergeben sich 8134 m in 782 Arbeitstagen, mithin die mittlere Leistung von $\frac{8134}{782} = 10,4$ m.</p> <p>Die Aufschliessung des Sohlstollens von Portal zu Portal beanspruchte die Zeit vom 20. Februar 1912 bis 10. Juli 1914 = 872 Kalendertage.</p>								

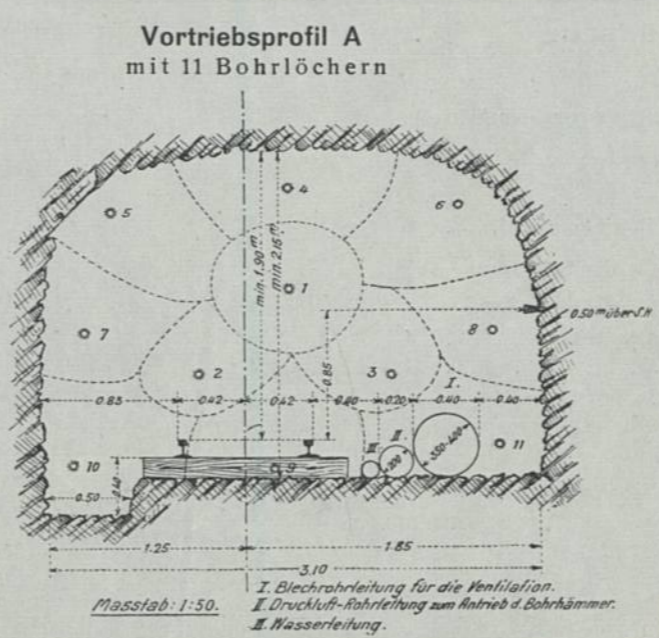
nebst einem Anhang über die durch den wechselnden Gebirgscharakter bedingten, verschiedenen Mauerungstypen in den entsprechenden Tunnelabschnitten.

(Als 1. Beispiel ist die Strecke km 3,694,40—3,934,10 ab Südportal gewählt, die in der Zeit vom 1.—31. Oktober 1913 mit normalem Betrieb durchörtert wurde.)

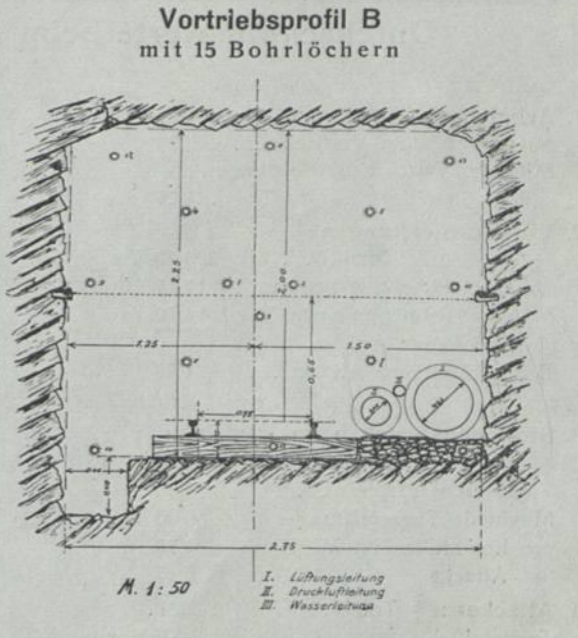
Main data table with columns: Zeitskala, Länge des Sohlstollens ab Südportal, Geologische Verhältnisse des Tunnelgebirges, Leistung in 24 Stunden, Bohrgerät, Bohrlöcher, Verbrauch an Sprengstoff, Belegschaft pro Arbeitstag, Besondere Vorkommnisse und Betriebsstörungen, Tunnel-Ausmauerung.

Durchschnittswerte beim Sohlstollenvortrieb im Hauenstein-Basistunnel Südseite während des Monats Oktober 1913.

Summary statistics table for October 1913, including workdays, drilling performance, explosives consumption, and crew details.



Bemerkungen zum Sohlstollenvortrieb. Lichtraumfläche des Vortriebsprofils... Einteilung des Schussprofils: Einbruchsschüsse, Firstschüsse, Uhlenschüsse, Sohlenschüsse.



Uebersicht über Gebirgsverhältnisse, Bohrgeräte, Vortriebsleistungen, Sprengstoffverbrauch, Bohrung und Belegschaft beim Sohlstollenvortrieb, im Hauenstein-Basistunnel

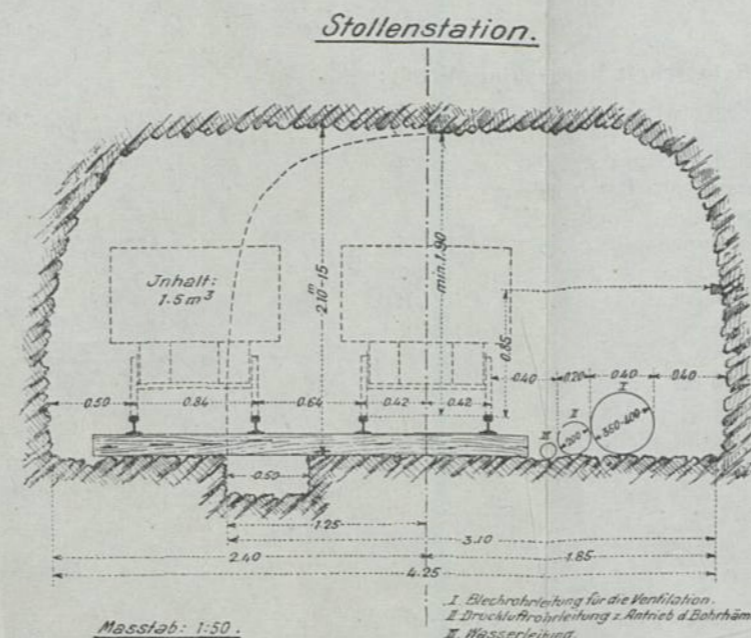
nebst einem Anhang über die durch den wechselnden Gebirgscharakter bedingten, verschiedenen Mauerungstypen in den entsprechenden Tunnelabschnitten.

(Als 2. Beispiel ist die eine der sogen. «Keuperstrecken» km 2,521⁴⁰—2,807⁸⁰ ab Südportal gewählt, die in der Zeit vom 1.—31. Mai 1913 mit normalem Betrieb durchgeführt wurde.)

Main data table with columns: Zeitskala, Länge des Sohlstollens ab Südportal, Geologische Verhältnisse des Tunnelgebirges, Leistung in 24 Stunden, Bohrgeräte, Bohrlöcher, Verbrauch an Sprengstoff, Belegschaft pro Arbeitstag, Besondere Vorkommnisse und Betriebsstörungen, Tunnel-Ausmauerung.

Durchschnittswerte beim Sohlstollenvortrieb im Hauenstein-Basistunnel Südseite während des Monats Mai 1913.

- 1. Arbeitstage: Total 25
2. Vortriebsleistungen: Total 286,40 lfm Stollen
3. Stollenausbruch beim Vortrieb: Total 1364,00 cbm
4. Attacken: Total 221
5. Bohrung: Total 3532,10 m
6. Sprengstoff-(Gamsit)verbrauch: Total 3340,00 kg
7. Schicht-Belegschaft Vorort (im Mittel): 1 Ingenieur, 1 Oberhauer, 1 Vorarbeiter, 2 Mineure, 1 Schlepper, 1 Jungschlepper, 1 Schlosser, 1 Schiessmeister



Lichtprofil des Vortriebsstollens im Bereich der «Ausweiche» (einschliesslich Querschnitt des Entwässerungsgrabens): 8,90 qm.
Belegschaft zum Ausbruch der Stollenstation (besorgt gleichzeitig den Aushub der Wasserrösche und den Wagentransport hinter Vorort) pro Schicht:
Vorarbeiter 1, Mineure 1-4, Schlepper 5-10

Die Zusammenstellungen sind so vollständig als möglich gehalten. Man könnte noch eine Kolonne für die geleistete Anzahl Rollwagen hinzufügen; doch ergeben sich die Massen aus dem Fortschritt. Angaben über den Verbrauch an Bohrschneiden, denen sonst eine grosse Bedeutung zukommt, sind weggelassen worden, weil in dem milden Gestein eine verhältnismässig geringe Anzahl Bohrer verbraucht wurde. Weitere Erklärungen sind nicht nötig; sie ergeben sich aus dem Studium der Tabellen selbst.

b) Ausweitung. (Tafel 7 und 8.)

Mittelst des Sohlstollens wird die Möglichkeit beliebig vieler Angriffspunkte für die Ausweitung des Tunnelprofils geschaffen. Ein Zurückbleiben der Ausweitung und der nachfolgenden Ausmauerung kann durch einen stärkeren Einsatz an Arbeitskräften innerhalb gewisser Grenzen wieder eingeholt werden, während Versäumnisse im Vortrieb einen unwiederbringlichen Zeitverlust bedeuten. Entsprechend dem Bauprogramm (Tafel 7), in welcher der Arbeitsvorgang allgemein umschrieben wurde, wurden in Abständen von 192 m im Sohlstollen Aufbrüche gemacht. Dazu wurden Bohrhämmer mit vertikaler Bohrsäule, genannt Aufbruchstütze (geliefert von der Firma *Flottmann & Cie.*), verwendet, die sich unter Luftdruck teleskopisch auseinanderschoob (Abb. 27a). Von einem solchen Aufbruch aus wurde der Firststollen nach vorn und nach rückwärts getrieben. Später ging man fast ausschliesslich zur Firstschlitzmethode über, mit Ausnahme von 0 bis 80 m, 270 bis 420 m, 490 bis 500 m im Effingermergel, desgleichen 2040 bis 2060 im weichen Muschelkalk-Dolomit, 2280 bis 2320 m ab Südportal im Opalinuston, insgesamt von 750 m, in denen der Firststollen zur Anwendung kam. Dazu kommen 80 m der Nordseite, die nach der belgischen Baumethode ausgeweitet und ausgemauert wurden. Davon wird weiter unten die Rede sein. Es herrscht im Tunnelbau die Ansicht vor, dass sich die Firstschlitzmethode nur im standfesten Gebirge eigne und dass hingegen in wenig standfestem oder druckhaftem Gebirge unbedingt der Firststollen angewendet werden müsse. Dem ist entgegenzuhalten, dass schon ganz schwere Partien mit der Firstschlitzmethode überwunden worden sind.

Der 2,50 m breite Firstschlitz wurde in eine untere und eine obere Partie zerlegt und davon zuerst die untere ausgebrochen. Der Ausbruch der oberen Partie folgte hinterher, in einem gewissen Abstände (Tafel 8).

Der Vorteil des Ausschlitzens gegenüber der Herstellung eines Oberstollens liegt hauptsächlich in dem Umstand, dass der Firstschlitz der Sprengung zwei freie Flächen bietet, nämlich die untere und die Brust. Ausserdem ist eine kleinere Anzahl Bohrlöcher nötig; dies bedeutet eine Ersparnis an Arbeit und Sprengstoff. Beim Aussprengen werden zuerst die unteren und dann die oberen Bohrlöcher abgebrannt. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass der Firstschlitz nicht besondere Vorkehrungen für die Lüftung braucht wie der Firststollen.

Vor der Sprengung ist das Schüttgerüst im Stollen kräftig zu unterfangen, damit es nicht durchgeschlagen wird. Dabei ist auf den Zugverkehr im Tunnel Rücksicht zu nehmen. Man liess das von der untern Partie des Firststollens abgesprengte Material auf dem Gerüst liegen, erstens zum Schutz des Schüttbodyens, zweitens als Unterlage, auf der die Mannschaft beim Angriff des obern Schlitzes stehen konnte.

Im brüchigen Gebirge wurden im Firstschlitz ein Paar Kronbalken eingezogen und provisorisch abgestützt. Zwischen das Gebirge und die Kronbalken kamen enganschliessende, gut verkeilte Bretter, um Ablösungen, wozu das Gebirge seiner flachen Lagerung wegen grosse Neigung hatte, tunlichst zu verhindern (Abb. 27). Im standfesten Gebirge wurde mit dem Einziehen der Kronbalken gewartet, bis der Ausbruch der Calotte vollendet war.

Der Angriff der Calotte erfolgte entsprechend den Gewohnheiten der Mineure von der Seite. Wo das Gebirge standfest ist, empfiehlt es sich, die Calotte von der Brust her abzubauen; denn man erhält auf diese Weise drei freie Flächen bei der Sprengung, wodurch grosse Ersparnisse an Bohrarbeit und Sprengstoff erzielt werden. Ohne zielbewusstes Vorgehen seitens der Tunnelingenieure lässt sich diese Methode nicht durchführen; denn die Mineure gehen ohne Zwang nicht auf etwas Neues und Ungewohntes ein.

Nach Freilegung der oberen Partie des Tunnelprofils (Firstschlitz und Calotte), werden die Brustschweller eingezogen, und zwar 4 bis 5 auf eine Ringlänge von 8 m (Tafel 7 u. 9). Am Stoss der Kronbalken werden die Brustschweller näher aneinandergelegt (Abb. 27 u. 28). In der Folge wird das provisorische Schüttgerüst nach und nach abgebrochen, und es werden die Brustschweller durch je ein Paar kräftige Stempel auf die Tunnelsohle abgestützt. Später, wenn der Platz frei ist, kommt noch ein weiteres Paar Stempel hinzu. Gewöhnlich tragen diese unter der Brustschwelle einen Unterzug zur Erzielung eines Längsverbandes des Einbaues.



Abb. 27a. Bohrhammer mit pneumatischer Stütze.

Der noch stehen gebliebene Teil des Tunnelprofils zu beiden Seiten des Stollens heisst die Strossen. Der Abbau derselben wird Vollausbuch genannt und erfolgt meistens treppenförmig von der Brust aus.

Zur Abbohrung sämtlicher Profiltteile der Ausweitung waren ebenfalls Bohrhämmer im Gebrauch. In jeder Schicht waren 40 bis 50 Stück im Betrieb. Hier kamen die Vorteile des Bohrhämmerbetriebes gegenüber Bohrmaschinen auf Säulen oder Dreifuss und vollends gegenüber Handbohrung noch deutlicher zum Ausdruck als beim Vortrieb. Die Bohrer waren von gleicher Beschaffenheit wie beim Vortrieb, für gewöhnlich sogenannte Z-Bohrer. Der Verbrauch an Bohrschneiden war in dem milden Gestein, worin weder Quarzkörner noch andere harte Mineralien vorkamen, nicht bedeutend. Mit einer Bohrschneide wurden ein bis mehrere Meter Bohrloch gebohrt. Der Tagesverbrauch (in 24 Stunden) betrug auf der Südseite, einschliesslich Vortrieb, 180 bis 320, im Mittel 250 Stück.

Der vorstehend beschriebene Baubetrieb mit Einschluss der noch zu besprechenden Mauerung ist dargestellt in Tafel 8. Sie enthält einen vertikalen und einen horizontalen Längsschnitt durch den Tunnel von km 0,9 bis km 2,2 ab Südportal entsprechend dem Stand der Arbeiten Ende Februar 1913.

Darunter findet sich ein Ausschnitt des graphischen Monatsberichtes. Eine ähnliche Darstellung in einem grösseren Längenmassstab mit wöchentlichen Eintragungen unterrichtete die Ingenieure über den jeweiligen Stand der Arbeiten und erleichterte wesentlich die Uebersicht über dieselben. Das vollausgebrochene Tunnelprofil musste überall mit Holzeinbau ausgekleidet werden, wie er in Tafel 7 und 9 dargestellt ist. Wandruten unterhalb der Brustschwelle kamen selten zur Anwendung.

Für den Holzeinbau, Schalhölzer und Gerüstbretter wurden für den ganzen Tunnel 163000 cbm Holz gebraucht; das gibt auf 1 m Tunnel rund 2 cbm. Es ist zu bemerken, dass die Einbauhölzer in der Regel mehrere Male verwendet werden konnten. Der Sprengstoffverbrauch (einschliesslich Vortrieb) betrug 364440 kg (Dynamit, Cheddit, Gamsit), d. h. zirka 0,5 kg pro cbm Ausbruch und rund 44,8 kg pro laufenden Meter Tunnel. Dazu wurden verbraucht 1371173 m Zündschnüre und 1010846 Stück Sprengkapseln.

c) Förderung.

Dem Zugverkehr bezw. dem Förderbetrieb lag ein wohldurchdachter Fahrplan zu Grunde, dessen graphische Darstellung wir in Tafel 8 wiedergeben.

Alle 2 Stunden fuhr ein Zug ein, ein anderer aus; das ergab in jeder Schicht einen viermaligen Zugwechsel. In der Zeit des Schichtenwechsels wurde noch ein Arbeiterzug mit besonderen Personenwagen eingeschaltet (Abb. 29); demselben folgte nach 5 Minuten der fahrplanmässige Materialzug.



Abb. 28. Vollständiger Einbau der Calotte. — Der Vorarbeiter richtet die Axe aus.

Der erstere fuhr bis zum Personenbahnhof im Tunnel, einem Stumpfgleis, das sich hinter der fertigen Mauerung befand, kreuzte dort mit dem ausfahrenden Materialzug und setzte die Arbeiter ab, die sich von da zu Fuss zur Ablösung auf die verschiedenen Arbeitsstellen verteilten. Nach einem halbstündigen Aufenthalt fuhr der Arbeiterzug wieder aus und erreichte das Portal in 8 bis 12 Minuten. Beim Schichtenwechsel wurden die Dampflokomotiven zur Aushilfe herangezogen.

In bezug auf die Materialzüge ist zu bemerken, dass die Wagen in der Reihenfolge, wie sie im Tunnel benötigt wurden, in den Zug eingestellt wurden: vorne die Vorortswagen zum grossen Teil leer, einige mit Bohrern und Bohrhämmern zum Auswechseln oder mit Einbauholz für den Vortrieb und die Sohlstellenerweiterung, hierauf Kippwagen, leer oder mit Einbauholz, Werkzeugen und Sprengmitteln für das Sprengmittellager im Tunnel beladen, und zuletzt die Wagen mit dem Mauerungsmaterial, Kasten- und zum Teil Plattwagen mit Beton, Kunst- und Natursteinen, Sand, Zement, Lehrbogen und Holz für die Einrüstung, zusammen ein Zug von 50 bis 70 Wagen.

Vom Portal fährt der Zug mit Luftlokomotive vorn bis zum Tunnelbahnhof. Dort wird der Leerzug auf das Nebengeleise gestellt. Die im Tunnel befindlichen 2 bis 3 kleinen Luftlokomotiven bringen unterdessen den *vollen* Materialzug nach dem Hauptgeleise des Tunnelbahnhofes. Sie nehmen hierauf Luft an der Füllstation. Die grosse Luftlokomotive hat sich vorher hinter dem Leerzug aufgestellt und ist nun den kleinen Maschinen behilflich, sich so in den Leerzug einzufügen, dass derselbe in Gruppen zerlegt wird, und fährt dann, den Vollzug ziehend, aus dem Tunnel. Bei strengem Betrieb fuhren mit dem Leerzug 2 grosse Luftlokomotiven ein, wovon dann die eine den beladenen Materialzug herausbeförderte, während die andere im Tunnel Schiebedienste leistete.

Der Leerzug verlässt die Tunnelstation. Die im Zug teils stossend, teils ziehend verteilten kleinen Luftlokomotiven besorgen nun die Verteilung und Abstellung der Wagen an ihrem Füllort in den verschiedenen Abschnitten.

Die Sprengungen finden abwechselnd während der Schicht statt. Diejenigen über dem Ladegerüst kommen mit dem Zugverkehr nicht so sehr in Berührung. Im Vollausschuss, wo die Sprengung in der Regel gegen das Ende der Schicht stattfindet, hat sie eine zeitweise Verschüttung der Gleise mit gelöstem Material zur Folge. Die verschütteten Gleise müssen sofort wieder geräumt werden, um sie für den Personenzug der nächsten Schicht freizuhaben.

Der Materialtransport bildet einen der wichtigsten Teile des Tunnelbaubetriebes. Ein genaues Ineinandergrei-



Abb. 29. Arbeiterzug vor dem Südportal.

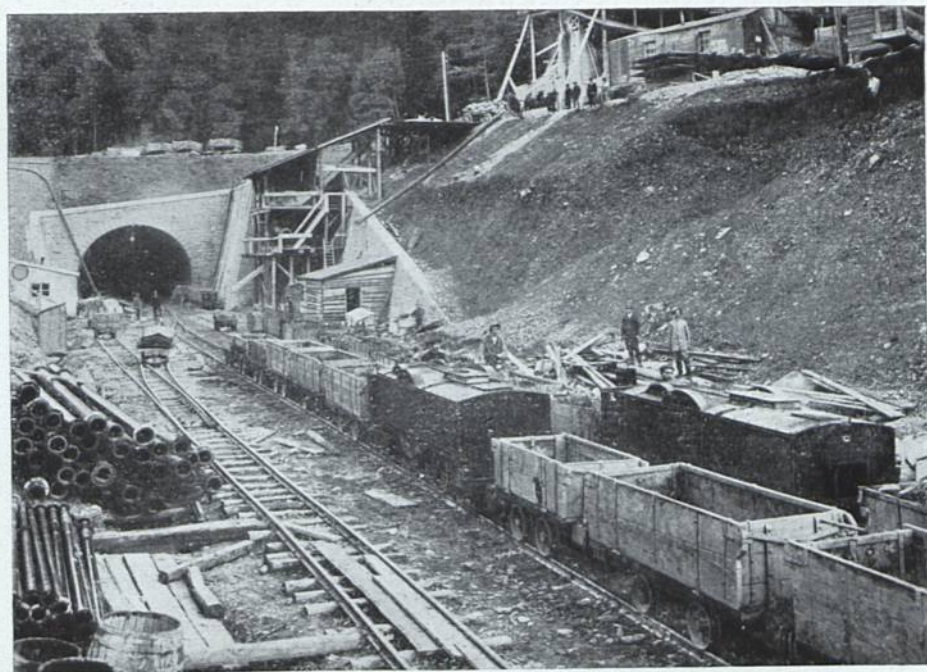


Abb. 30. Kleine und grosse Materialwagen mit Benzinlokomotiven beim Nordportal; im Hintergrund rechts Steinbrech- und Betonmischanlage.

fen und die richtige Zeitfolge der zahlreichen Einzelhantierungen ist unerlässlich, sonst stockt der Betrieb.

Ein Versagen des Transportes, dessen nächste Folge das Ausfallen eines Zuges ist, setzt die Tagesleistung sogleich stark herunter und bringt grossen materiellen Schaden. Wenn es auch nicht möglich war, derartige Zufälle ganz auszuschliessen (denn sobald nicht alles klappt, können sie eintreten, ganz abgesehen von Störungen im maschinellen Betrieb), so ist es doch der Unternehmung in hohem Masse gelungen, dank einer guten Organisation, einen stetigen und leistungsfähigen Transportbetrieb aufrechtzuerhalten.

d) Die Tunnelmauerung.

Die Beschaffung guter, lagerhafter Mauersteine bereitete einige Schwierigkeiten; hingegen fanden sich in der Nähe des Südportals zu beiden Seiten der Aare ausgedehnte diluviale Kiesbänke vorzüglicher Qualität. Die Kiesgruben lieferten ebenfalls einen sehr guten Quarzsand für das Mauerwerk. Die vorwiegende Verwendung von Beton für das Tunnelmauerwerk war deshalb aus wirtschaftlichen Gründen gegeben.

Die Fundamente und die Widerlager, sowie der untere Teil der Gewölbeschenkel wurden in der Regel aus Stampfbeton hergestellt; der Gewölbeschluss auf ungefähr 5 m Breite wurde in Kunststein oder Kalkstein-Moellons gemauert. Beton hatte die Mischung 1 : 2 : 5, d. h. getrennt 1 Zement, 2 Sand und 5 Kies. Für gewöhnlich wurde eine Trennung von Kies und Sand nicht verlangt; dafür galten als äquivalente Mischungsverhältnisse bei nicht getrennten Materialien folgende:

Getrennte Materialien	Nicht getrennte Materialien	Sack Zement von 50 kg per cbm Beton Anzahl Sack:
Z. : S. : K.	Z. : S. u. K.	
1 : 2 : 3	1 : 4,00	6
1 : 2 : 4	1 : 4,72	5
1 : 2 : 5	1 : 5,50	4 ¹ / ₂
1 : 3 : 6	1 : 7,06	3 ¹ / ₂
1 : 3 : 7	1 : 7,70	3
1 : 4 : 8	1 : 9,44	2 ¹ / ₂
1 : 5 : 10	1 : 11,78	2

Auf der Nordseite wurde der Beton aus gemahlenem Haupttrogenstein aus dem Steinbruch in Tecknau bereitet.

Der Beton wurde in einer Mischanlage vor dem Tunnelportal zubereitet und von da in Kastenwagen in den Tunnel geführt. Dies war möglich und der Betonbereitung im Tunnel selbst vorzuziehen durch genaue Innehaltung des Fahrplanes und infolge des Umstandes, dass sehr langsam bindender Zement verwendet wurde. Der Härtebeginn trat erst nach 3¹/₂ bis 4 Stunden, bei einzelnen Proben erst nach 6 Stunden ein, und die ganze Bindezeit dauerte 16 bis 19 Stunden. Der Zement stammte grösstenteils aus der Zementfabrik Liesberg. Normalproben der eidgenössischen Materialprüfungsanstalt in Zürich ergaben eine Würfelfestigkeit von 300 bis 400 kg/qcm. Betonproben, der Baustelle entnommen, zeigten 120 bis 250 kg/qcm.

Zum Tunnelmauerwerk wurde Zementmörtel im Mischungsverhältnis von 1 Teil Zement und zu 3 Teilen Sand verwendet.

Die für das Gewölbe oder nur für den Gewölbeschluss verwendeten Kunststeine in Normalformat aus der Zementwarenfabrik Hunziker & Co. in Olten hatten eine durchschnittliche Druckfestigkeit von 300 kg/qcm. Daraus wurde ein schönes, homogenes Mauerwerk hergestellt (Abb. 31, 32

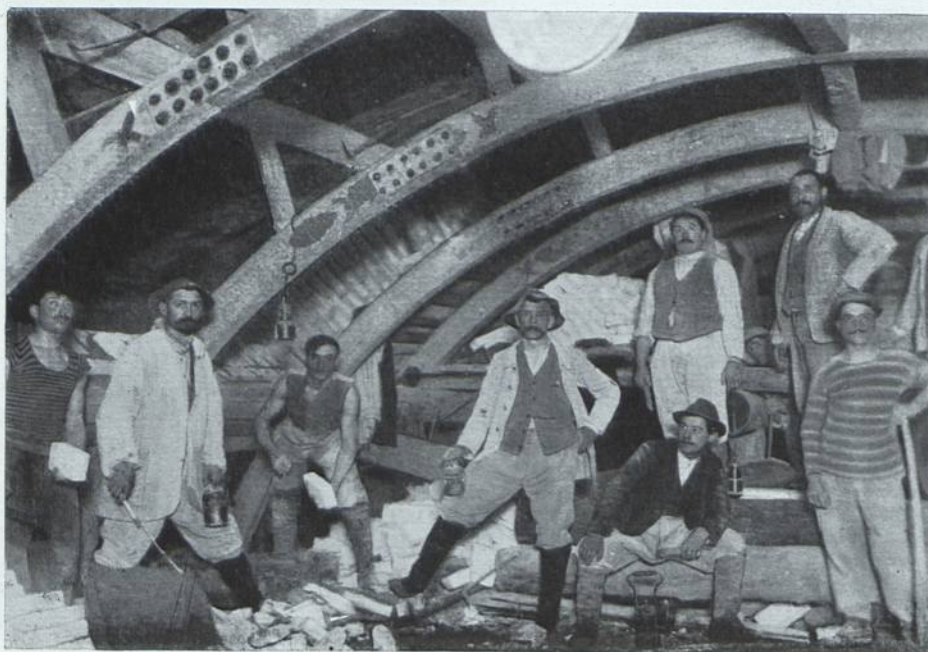


Abb. 31. Ausführung der Gewölbemauerung.

u. 64). In nassen Partien und namentlich da, wo das Wasser gips- oder schwefelhaltig war, wurde das Tunnelmauerwerk in Naturstein ausgeführt. Zur Verwendung kamen Kalksteine des weissen Jura aus Reuchenette, Oberbuchsiten und Egerkingen und Hauptrogenstein aus einem Steinbruch in Mahren. Auf der Nordseite diente ein vorzüglicher und lagerhafter Muschelkalkstein als Mauerungsmaterial.

Die Ausmauerung in stumpf aneinanderstossenden Ringen von 8 m Länge folgte in der ersten Bauperiode dem Ausbruch in 8 Arbeitsstellen von 6 bis 8 m Ringlängen. Diese vorsichtige Bauweise mit vielen getrennten Arbeitsstellen ist jedoch sehr umständlich und macht sich nur im druckhaften Gebirge, wo schwere und teure Profile zur Anwendung kommen, bezahlt. Als sich herausstellte, dass das Gebirge fast durchweg standfest war und nur ein Verkleidungsprofil erforderte, wäre es vom wirtschaftlichen Standpunkt nicht gerechtfertigt gewesen, auf einschränkenden Bestimmungen zu bestehen, die sinngemäss nur für schwierige Verhältnisse berechnet sind. Das gleiche gilt auch für den Ausbruch.

Die Mauerung wurde später auf eine zusammenhängende Arbeitsstrecke von ungefähr 150 m Länge verteilt. Dieser ging in der Regel eine ebenso lange Strecke vollausgeweiteter Tunnel voran, in der die Widerlagerfundamente und die Einrüstung vorbereitet wurden.

Die Maurer arbeiteten in 2 Schichten. In der Nachtschicht von 10 Uhr bis 6 Uhr wurde nicht gemauert. Bestimmte Maurerpartien erstellten nur Widerlager, andere nur Gewölbe; das Aufstellen der Lehrbogen, das Abbrechen der Einrüstung, das Verfugen der Gewölbe und der Verputz der Widerlager wurde besonderen Arbeitergruppen übertragen. Durch die Arbeitsteilung wurde auch die Zu- und Abfuhr des Materials vereinfacht. Der Baubetrieb in der Ausmauerung gestaltete sich verhältnismässig einfach bei grosser Leistungsfähigkeit, wurden doch durchschnittlich im Monat 200 m Gewölbe geschlossen.

In mergeligem Gestein durfte man die Widerlager nicht direkt auf das Planum absetzen. Es wurden in den Profiltypen II und III im Mergel 0,30 m, im Fels 0,15 m tiefe Fundamente verlangt. In den schweren Typen war ein Fundament vorgesehen, um nötigenfalls daran ein Sohlengewölbe anschliessen zu können. Es wurde, ausser in nassen Partien, eine satte Anmauerung an das Gebirge verlangt. Namentlich bei der Ausführung des Mauerwerks in Beton ist die Verbindung zwischen Mauerwerk und Gebirge eine sehr innige; die Stabilität der Ausmauerung wird dadurch sehr erhöht. Das Prinzip der Fundamentvertiefung, verbunden mit einer sehr zweckmässigen Form der Widerlager (siehe Normalblatt Tafel 5), zeitigte das bemerkenswerte Ergebnis, dass ein Zusammengehen der Widerlager nirgends vorkam.

Sohlengewölbe waren deshalb, ausser in den Anhydritpartien, nur in geringer Ausdehnung notwendig. Wo sich in der First Wasser zeigte, wurde das Gewölbe mit Asphaltfilzplatten abgedeckt. Die Tunnelsohle erhielt im weichen Gestein einen 15 cm starken Ueberzug aus Beton.

Die aus Beton hergestellte normale Tunnelhöhle hat eine lichte Weite von $0,50 \times 0,50$ m. Die Abnahme der Quellen im Innern des Tunnels gestattete eine Verkleinerung der Tunnelhöhle auf $0,30 \times 0,35$ m und $0,25 \times 0,30$ m.

Die Dimensionen der alle 50 m beidseitig erstellten Nischen und der Kilometerkammern, die nur auf der rechten Seite ausgeführt wurden, sind aus dem Normalblatt ersichtlich. Wir verweisen ferner auf Tafel 27, Darstellung des Mauerwerks.

Die Uebereinstimmung der geologischen Voraussage mit dem Befund kommt in einem Vergleich der Tunneltypen des Voranschlages mit denjenigen der Ausführung ebenfalls zum Ausdruck. Zwar liess die flache Lagerung der Schichten und die damit verbundene Neigung zu Ablösungen die Verwendung des leichten Verkleidungsprofils, Type II, mit 0,40 m Gewölbstärke nicht so häufig zu, wie im Vor-



Abb. 32. Gewölbe vor der Ausschalung.

anschlag vorgesehen war, dafür kam Type III mit 0,50 m im Gewölbe öfter zur Anwendung, zusammen Type II und III als Verkleidungsprofil auf 7172 m gegen 7200 m des Voranschlages und demgemäss schwere Profile auf 958 m gegen 931 m, wie aus nachfolgender Aufstellung ersichtlich ist.

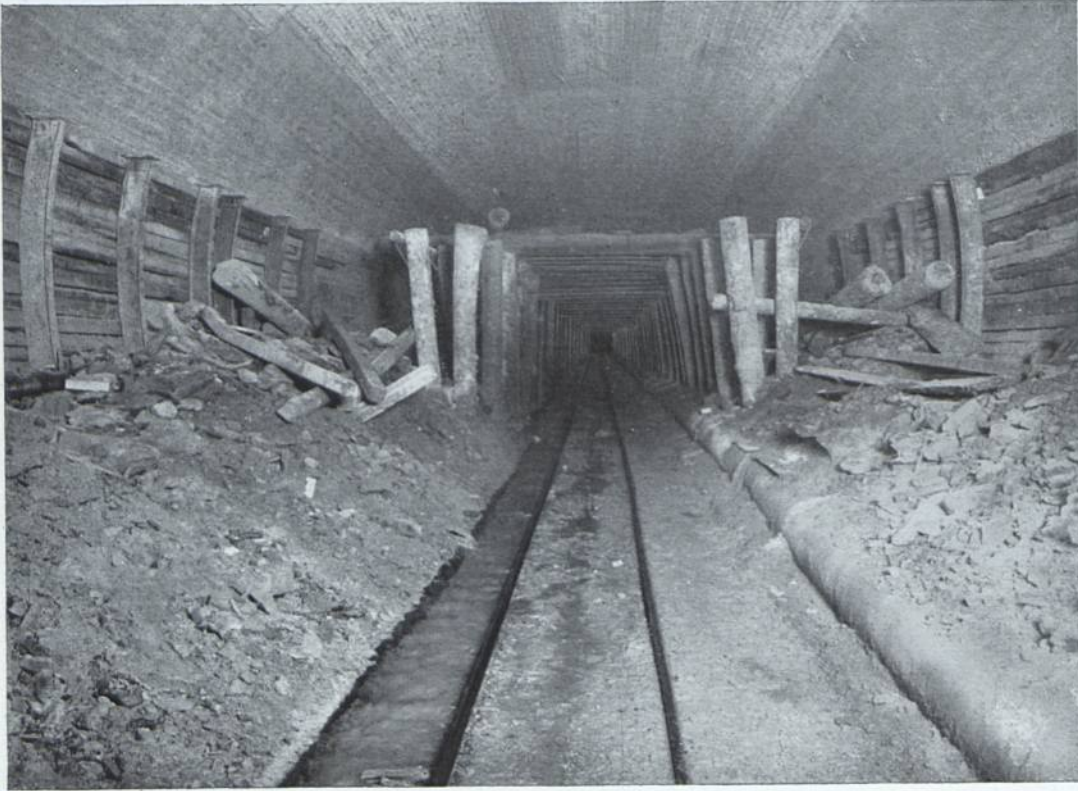


Abb. 33.
Ausrüsten
der
Mauerung.

Im Hauensteintunnel angewandte Mauerungstypen.

Voranschlag:		Ausführung:	
Type II, <i>a</i> und <i>b</i>	5050 m	3040 m	
Type III, <i>a</i> , <i>b</i> und <i>c</i>	2150 m	4132 m	
Verkleidungsprofile	7200 m		7172 m
Type IV	631 m	817 m	
Type V	200 m	141 m	
Type VI	100 m	—	
Schwere Profile	931 m		958 m
Zusammen	<u>8131 m</u>		<u>8130 m</u>



Abb. 34.
Fertiger
Tunnel in der
Nähe des
Südportals.

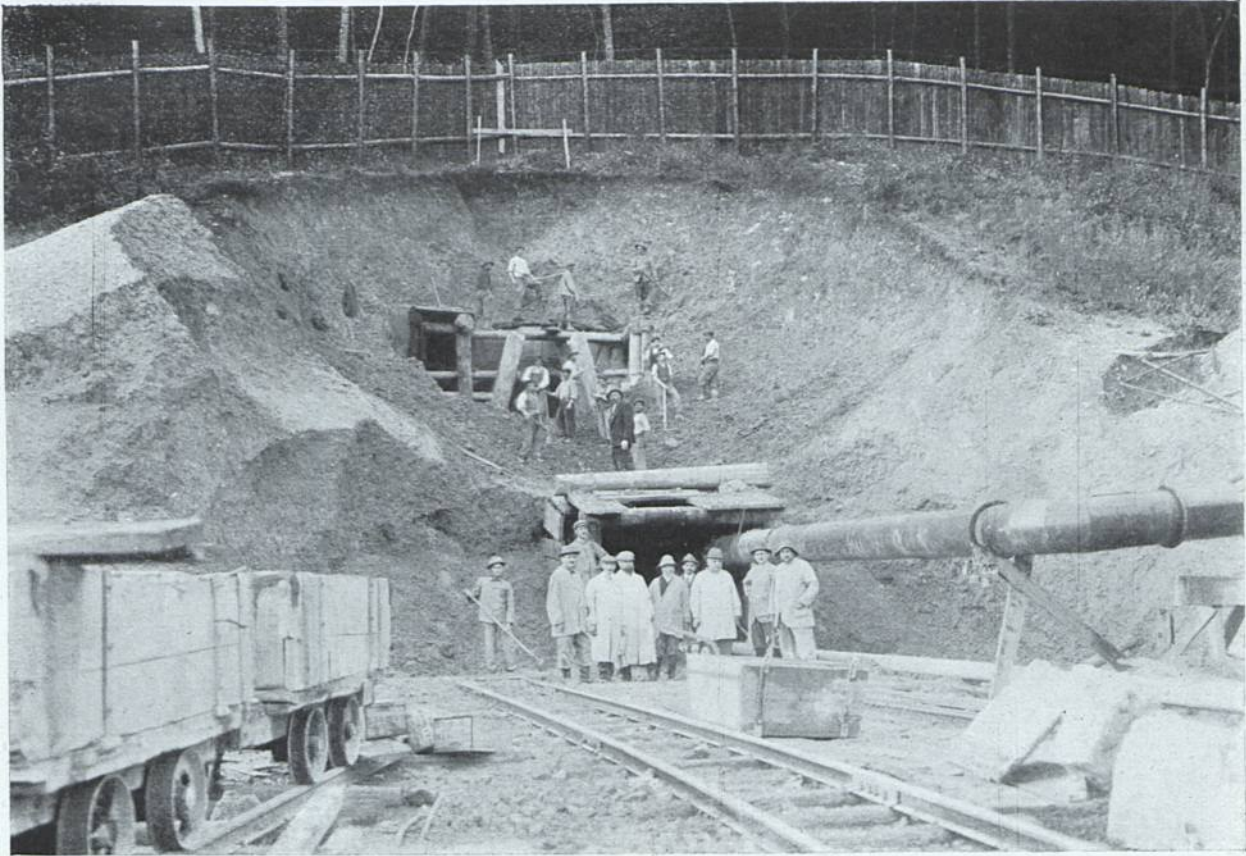


Abb. 35. Südportal, bergmännisch in Angriff genommen.

Die Ausschachtung und Mauerung des Südportals wurde aus Sicherheitsgründen bergmännisch ausgeführt und durch Schienenanlagen mit dem ersten Tunnelring verankert. Der erste Kranz Steine im Gewölbe, sowie in den Widerlagern besteht aus Granitquadern (Abb. 35 und 36).

Auf der Nordseite wurden das Portal und die nachfolgenden 18 Meter Tunnelröhre im



Abb. 36. Südportal, bergmännisch eingewölbt. (Besuch des Aufsichtsrates der Julius Berger A.-G. am 12. Aug. 1912).
1 Kommerzienrat Moser, Mitgl. des Aufsichtsrates. 2 Geh. Justizrat Dr. v. Krause, Mitgl. des Aufsichtsrates, Vizepräs. d. preuss. Abg.-Hauses.
3 Generalleutnant Exz. v. Rogowski, Mitgl. d. A.-R. 4 Geh. Kommerzienrat L. Aronsohn, Vors. d. A.-R., Mitgl. d. preuss. Abg.-Hauses.
5 Kommerzienrat J. Berger, Generaldirektor. 6 Regierungs- und Baurat a. D. R. v. Zabiensky, Direktor der Julius Berger Tiefbau A.-G.
7 Oberingenieur F. Kolberg, Direktor der Zweigniederlassung Olten. 8 Abteilungsingenieur Morf, Dipl. Ingenieur.

offenen Tagesbetrieb hergestellt, nachdem ein Bagger den Voreinschnitt bis Kote 454 ausgebaggert hatte. Die Widerlagermauerung wurde unter Anwendung von Schachtzimmerung im Handbetrieb bis Kote 418,19

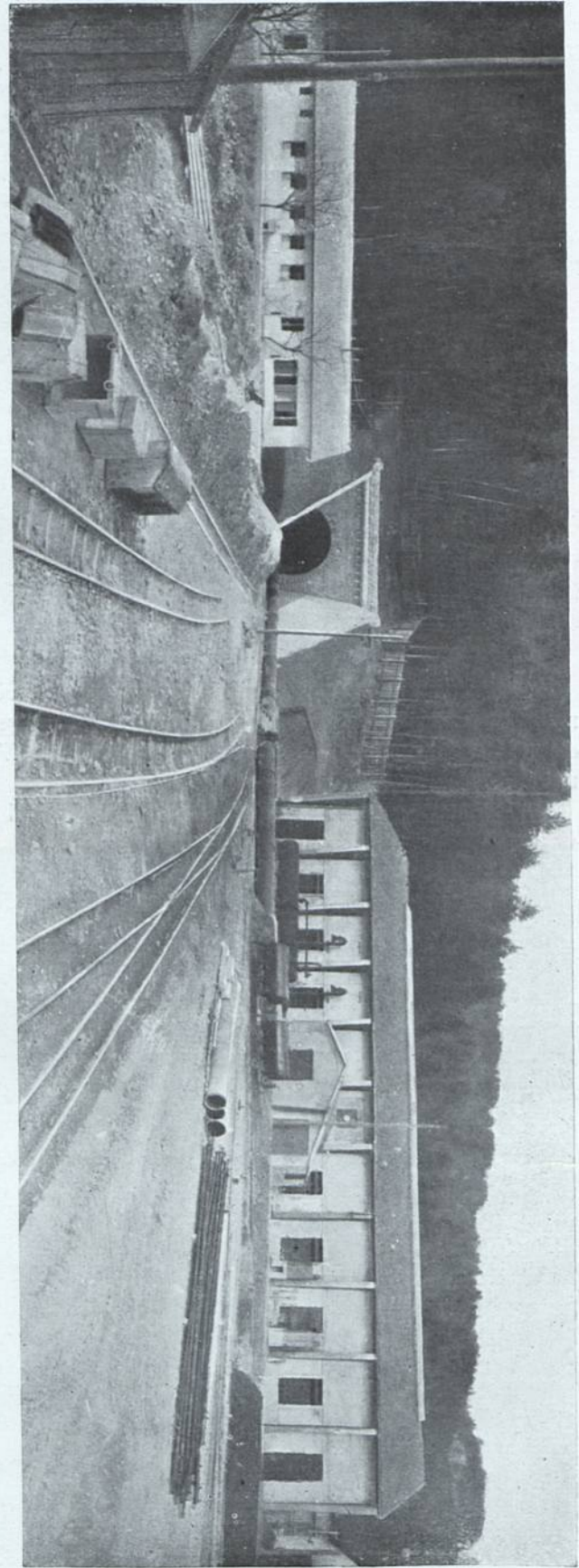


Abb. 37. Südportal; links Badeanstalt, rechts Maschinenhalle.

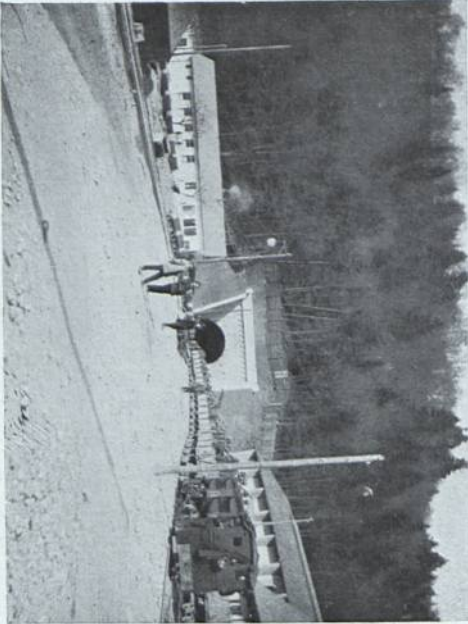


Abb. 38. Südportal, Arbeiterzug in Materialwagen.

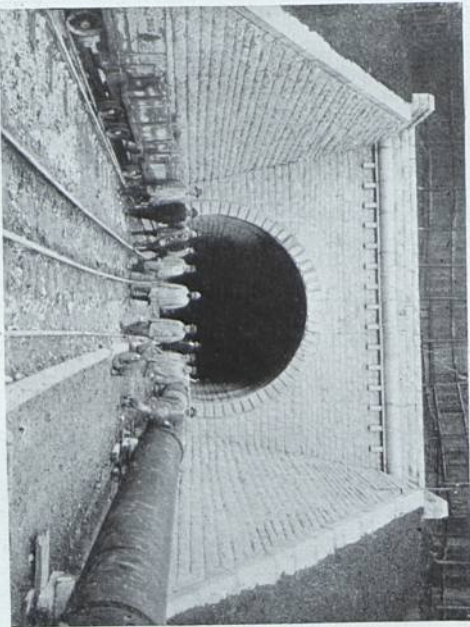


Abb. 39. Südportal vollendet.

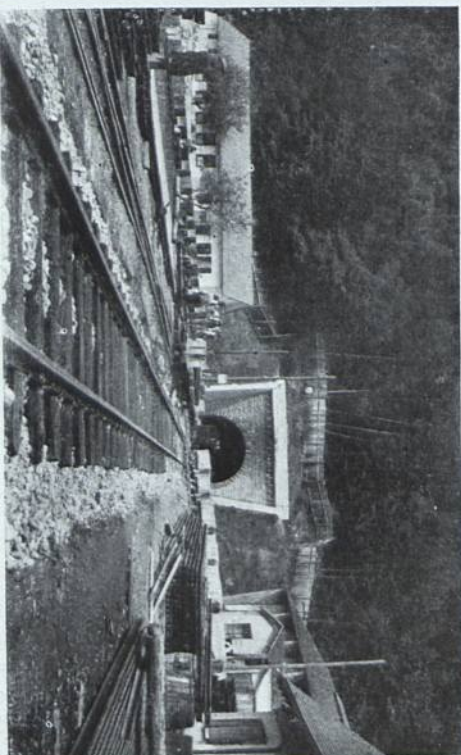


Abb. 40. Südseite, Transport von Oberbaumaterial.

ausgehoben und dann ausgemauert. In der Abbildungsreihe 41 bis 46 wird der Arbeitsvorgang in seinen einzelnen Phasen veranschaulicht.

Bei der Ausmauerung der nächsten 10 Ringe kam die belgische Baumethode zur Anwendung. Die hier zu

durchfahrenden losen, lehmigen Schottermassen und in ihrem Verband gelockerten lettigen Gebirgskomplexe übten in der First einen starken Druck aus. Man unterfing deshalb die verhältnismässig schwache Ueberlagerung mit einem Firststollen, ausgerüstet mit starken Kronbalken, die nach Ausbruch der Calotte auf Brustschwellen über dem Sohlstolleneinbau abgestützt wurden. Hierauf wurde zur Gewölbemauerung geschritten. Bemerkenswert war daran, dass die auf den Strossen aufruhenden Gewölbekämpfer durch eine 40 cm starke *Betonschicht mit Schieneneinlagen* hergestellt wurden. Diese Anordnung hat sich beim Unterfangen des Gewölbes als sehr zweckmässig erwiesen. Risse und Senkungen traten nirgends auf. In bezug auf das Mauerungsmaterial auf der Nordseite ist folgendes nachzutragen:



Abb. 41. Baubeginn des Nordportals.



Abb. 42. Einsturz der bergseitigen Einrüstung.



Abb. 43. Gewölbemauerung des Portals.



Abb. 44. Gewölbe ausgeschalt.



Abb. 45. Bagger verbreitert den Einschnitt am Nordportal.

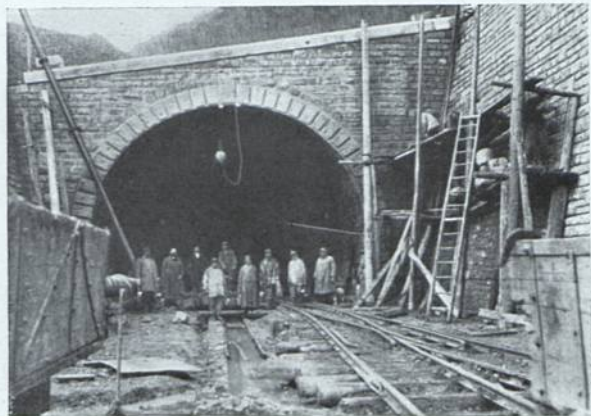


Abb. 46. Vollendung des Nordportals.

Dicht über dem Tunneleingang, auf der rechten Seite der Bahn, wurde das Material mittelst eines zirka 80 m hohen Bremsberges der Steinbrecheranlage und der Sandmühle zugeführt (Abb. 47). Der flachgelagerte Haupttrogenstein bildet nämlich am linken Hang des Eitales, an der sogenannten Winterhalde, hoch oben über dem Tunnelportal einen bis 85 m mächtigen, annähernd senkrechten Steilabfall, der sich, teilweise als deutlich sichtbare Geländestufe, talaufwärts bis gegen Kilchberg hinzieht. Der hier anstehende Haupttrogenstein — und zwar sind es die obere Abteilung und die hangenden Komplexe der unteren Abteilung der betreffenden Schichtstufe — liefert einen dickbankigen, harten, wetterfesten oolithischen Kalkstein (Abb. 48).

Die Steinbrecheranlage bestand aus einem Backenbrecher mit einer 10stündigen Leistung

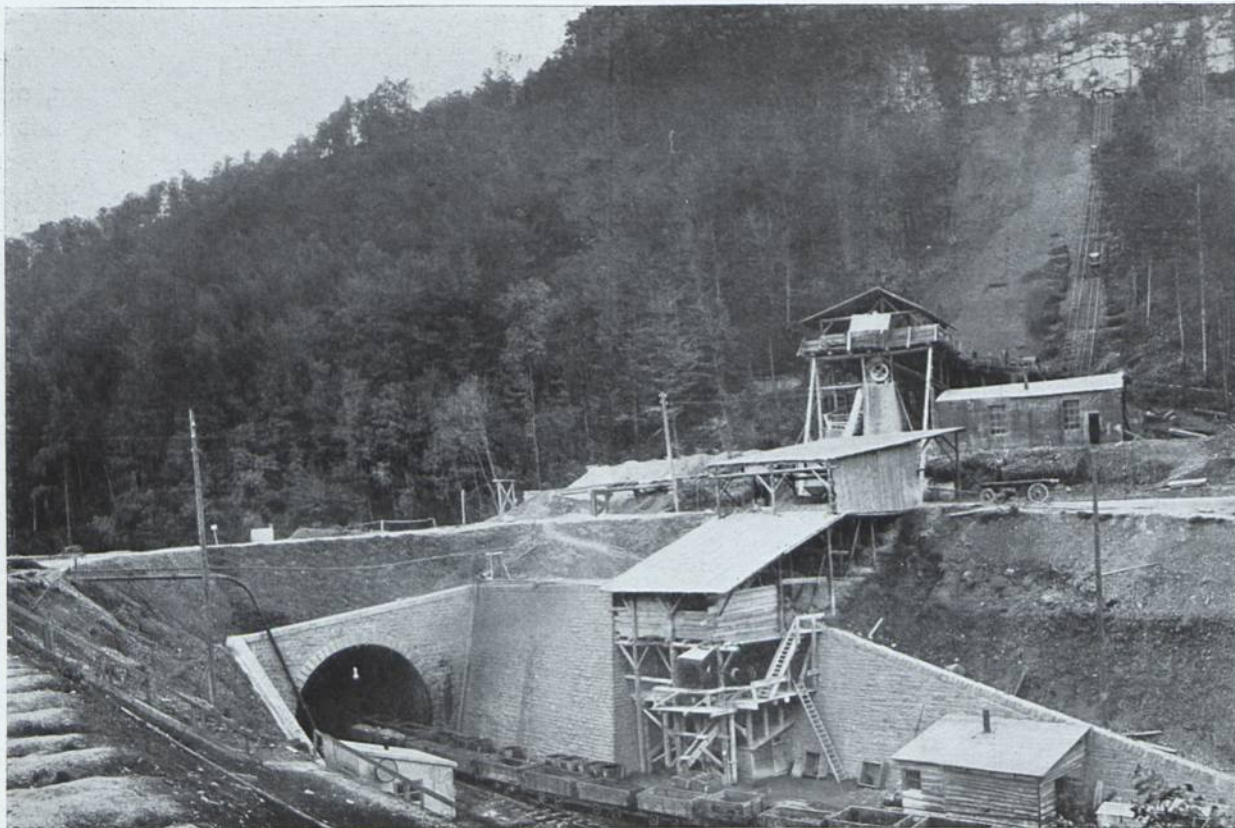


Abb. 47. Nordportal: Bremsberg, Steinbrecher- und Betonmischanlage, links Schuppen mit dem Ventilator.

von 50 cbm und einem Kreiselbrecher mit 10stündiger Leistung von zirka 120 cbm. Die Sandmühle von *Ammann* in Langenthal lieferte 30 cbm in ebenfalls 10 Stunden.

Von diesen Anlagen, die alle untereinander angeordnet waren, gelangten die Massen dann durch ihre eigene Schwere in die Beton- und Mörtelmischmaschinen, von wo sie, in Kastenwagen geladen, direkt in den Tunnel gefahren wurden. Die Steinbrecher und die Sandmühle wurden von einer 50 pferdigen Lokomobile angetrieben. Die Mischmaschinen hatten elektrischen Antrieb.

Der Steinbruch, der die Mauersteine lieferte, liegt in einem durch sehr lagerhafte Bänke ausgezeichneten Muschelkalkaufschluss an der Strasse zwischen Zeglingen und Wisen. Der Bruch wurde von der Unternehmung gepachtet. Er lieferte auch das Material für die Ausmauerung des Entlüftungsschachtes und einen Teil des Bahnschotters im Tunnel.

In beiden Steinbrüchen erfolgte die Gewinnung anfangs im Handbetrieb. Später erhielt der Steinbruch in Tecknau eine Druckluftleitung und Bohrhammerbetrieb. An den hohen Wänden, die nach und nach entstanden, wurde die Bohrung umständlich und gefährlich; die Gewinnung stellte sich teuer. Auf Anraten

des Verfassers, der auch dazu die Entwürfe lieferte, wurden von der Oberleitung der Bau-firma in beiden Steinbrüchen mit grosser Sorgfalt Riesenminen angelegt. Beide ergaben einen vollen Erfolg. Diejenige in Wisen lieferte zirka 12000 cbm, die in Tecknau ca. 20000 cbm gelöstes Material, dessen Gesteinskosten sich auf ungefähr 0,55 Fr. per cbm beliefen.

Wir geben im nachstehenden die Berechnung einer Riesenmine mit einer Beschreibung der Anlage im Wisener Steinbruch (Tafel 28). Im

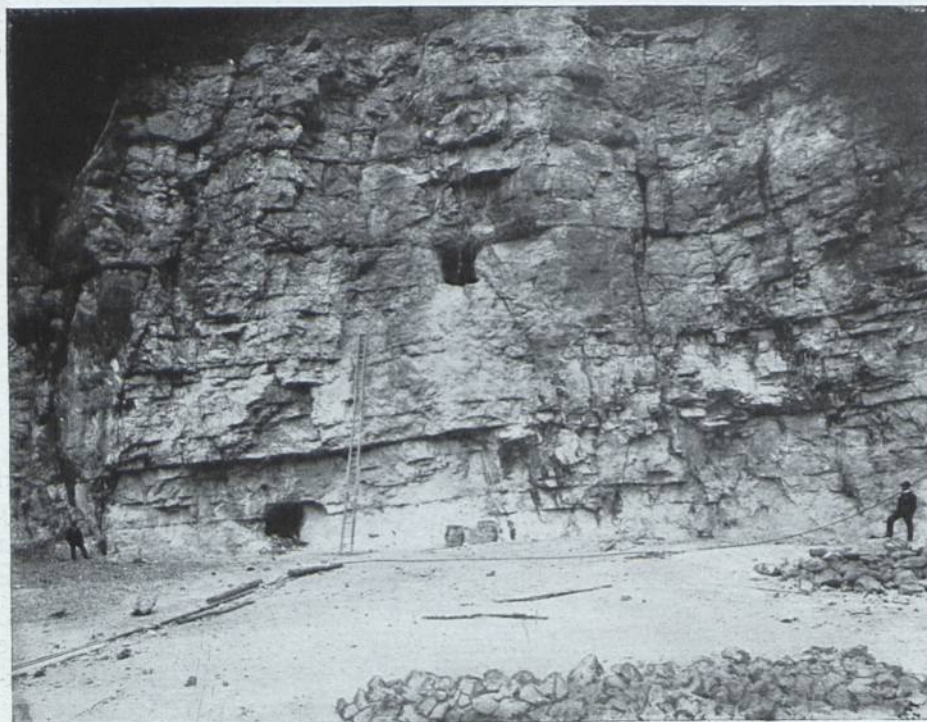


Abb. 48. Steinbruch in Tecknau mit Stollen für die Riesenmine.

Steinbruch in Tecknau kamen dieselben Prinzipien zur Anwendung. — Zur Bestimmung der Ladung L wird eine der Ladeformeln angewendet, wie sie bei den Genietruppen gebräuchlich sind (vergl. Handbuch der militärischen Sprengtechnik v. Bruno Zschokke, Leipzig 1911), z. B. die Formel: $L = r^3 g d$ für eine normale Streumine. Hier soll jedoch keine Streuung entstehen, noch darf das Material stark zerkleinert werden. In solchem Falle heisst die Mine Quetschmine. Ihre Ladung beträgt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{8}$ derjenigen für eine normale Streumine. In der Formel bedeutet r den Radius des Streutrichters, der etwas grösser ist als der kürzeste Abstand von der Oberfläche; g ist eine vom Sprengstoff und von der Festigkeit des Felsens abhängige Konstante. Für Pikrinsäure und gewisse normale Gesteinsverhältnisse ist $g = 3$; für Gamsit, Westfalit und dergleichen gilt nur 0,7 dieses Wertes.

Die Verbauung d muss eine vollkommene sein, daher $d = 1$.

Eine gut wirkende Mine kann nur auf Grund einer topographischen Aufnahme entworfen werden (Tafel 28).

Die Grösse r wurde zu 12,3 m angenommen, das Ladeverhältnis zwischen einer Quetschmine und einer normalen Streumine zu 0,23, also

$$L = 0,23 \times 12,3^3 \times 0,7 \times 3 = 781,6 \\ = \text{rund } 800 \text{ kg.}$$

Zur Aufnahme der Sprengladung wurden Pfannen entworfen, die dem Inhalt der Sprengladung entsprachen. Die Sprengpatrone (Cheddit) wurde in Sprengpulver eingebettet, um schädliche Hohlräume zu verhüten. Die Zündung war elektrisch. In jeder Pfanne waren 10 Glühzündpatronen verteilt, damit die Ladung sich überall gleichzeitig entzündete.

Da es sich um die Abspregung einer ziemlich hohen Felswand handelte, wurden drei durch einen Querstollen verbundene Zentren A, B und C für die Sprengung vorgesehen. Dadurch entstand eine Linie bzw. Fläche, die glatt durchgeschlagen wurde.

Bei der Bestimmung der Stollentiefe ist auch die Höhe der Wand zu berücksichtigen. Die Ueberlagerung soll ungefähr der Tiefe des Stollens gleich sein. Eine Mine wirkt auch nach unten. Da der Fuss der Wand eingespannt ist, werden die Pfannen in der Höhe von etwa 0,6 bis 0,7 der Stollentiefe über dem Planum des Steinbruches angesetzt. Unter Berücksichtigung aller Umstände erhielt

Pfanne A	=	800 kg	Cheddit
» B	=	700 »	»
» C	=	500 »	»

zusammen = 2000 kg Cheddit

Man rechnete mit einer Materialgewinnung von 8000 bis 10000 cbm, das macht auf 1 cbm Material 0,2 bis 0,25 kg Sprengstoff. Ueber den Pfannen wurde mit Beton verbaut, dazwischen wurde die Abdämmung mit Holz- und Steinpackung hergestellt. Das Ergebnis der Sprengung waren 12000 cbm. Bei derselben war gar keine Streuung bemerkbar. Es war, als ob die Felswand leicht erzitterte, dann fiel sie in sich selbst zusammen.

Dasselbe war der Fall bei der Spreng-

Riesenmine im Steinbruch Tecknau.

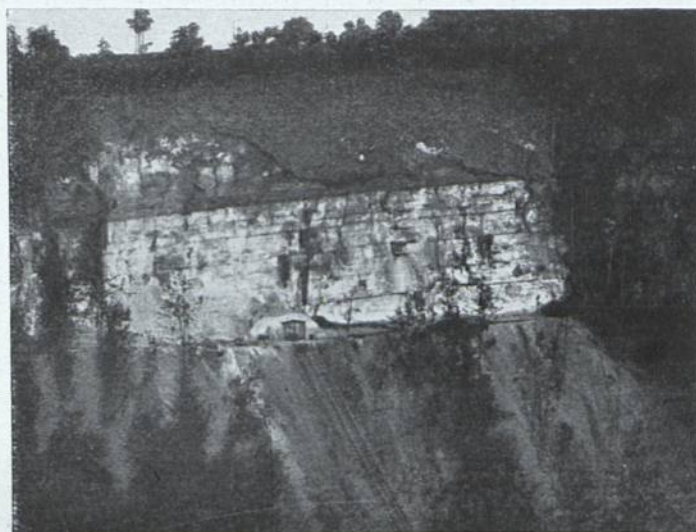


Abb. 49. Aufnahme vor der Sprengung.



Abb. 50. Während der Sprengung.



Abb. 51. Nach der Sprengung.

Tabelle XI.

Monatliche Leistungen der Nord- und Südseite.

Ausweitung und Mauerung: Nordseite 0—2134 m ab NP.
Südseite 0—6000 m ab SP.

Monat	Firstschlitz		Vollausbruch		Mauerung			
	Nord	Süd	Nord	Süd	Widerlager		Gewölbe	
	m	m	m	m	m	m	m	m
1912								
April		43,7						
Mai		151,3						
Juni		125		42		24		12
Juli		81		50		24		28
August		183		68		66		62
September	16	232	16	122		110		84
Oktober	3	377	3	247	10	160		122
November		134		259	9	166	19	192
Dezember		125		240		260		190
Total 1912	19	1452	19	1028	19	810	19	690
Monatsdurchschnitt		167,5		146,9		121		115
1913								
Januar		265		230		235		255
Februar		239		117		201		229
März	55	146		199		160		186
April	95	156		260		244	5	178
Mai	217	162	16	128	8	224	11	197
Juni	269	178	48	162	32	162	27	219
Juli	185	222	159	238	64	178	56	190
August	50	174	165	198	197	240	133	162
September		212	103	250	89	182	117	216
Oktober	160	208	192	202	111	232	168	188
November	163	236	146	158	200	172	128	226
Dezember	171	210	192	258	176	158	140	124
Total 1913	1365	2408	1021	2400	877	2388	785	2370
Monatsdurchschnitt		206,7		200		199,2		197,5
1914								
Januar	166	245	128	238	160	287	132	198
Februar	66	177	160	238	129	213	184	294
März	92	318	62	210	131	248	110	246
April	68	142	194	182	114	254	140	292
Mai	132	202	84	258	154	150	104	196
Juni	116	254	180	200	140	296	146	262
Juli	37	172	88	206	132	184	172	210
August		—	112	102	64	124	56	62
September		104		150	128	126	140	8
Oktober		132		130		50	60	196
November		128		116		200		194
Dezember		201		164		224		224
Total 1914	677	2075	1008	2194	1152	2356	1244	2382
Monatsdurchschnitt		173		183		196		198
1915								
Januar	42	65		193		120		179
Februar	31		40	127	8	186		201
März			46	58	78	140	62	160
April							24	18
Total 1915	73	65	86	378	86	446	86	558
Insgesamt	8134		8134		8134		8134	
Mittel in 34 Monaten	239		239		239		239	

Vom 10. April, $\frac{2}{3}$ Monat

Beginn d. Mauerung 6. Juni
W = $\frac{2}{3}$ Mt. G = $\frac{1}{2}$ M.

Beschränkung der Arbeiterzahl

Gewölbeschlussstein bei 6000 m ab SP 10. April 1915

ung der Riesenmine im Steinbruch Tecknau, die durch eine Momentaufnahme festgehalten wurde (Abb. 49 bis 51).

Ueber den Materialverbrauch bei der Tunnelmauerung ist folgendes anzugeben: Zementverbrauch insgesamt 589400 Sack à 50 kg = 29470 Tonnen, davon für Aussenbauten 26000 Sack. Es entfallen also auf das Tunnelmauerwerk 563400 Sack = 28170000 kg und pro Meter Tunnel 3463 kg Kunststein 7725000 Stück = 18392 cbm Mauerwerk auf 6900 m Tunnelfirstgewölbe und durchschnittlich pro Meter Tunnel rund 1120 Stück.

e) Organisation des Arbeitsbetriebes im Tunnel.

Die ordnungsgemässe Durchführung der vorstehend beschriebenen Arbeiten und die rasche Ablösung und Verteilung der Mannschaften bei jedem Schichtenwechsel verlangte eine wohl-durchdachte, lückenlose Organisation. Es ist dies zwar eine ganz natürliche Forderung bei der Ausführung so grosser Arbeiten und im Grunde genommen nichts neues. Trotzdem wollen wir an dieser Stelle den Gegenstand berühren. Umstehend geben wir ein Schema des Arbeitsbetriebes auf der Südseite, enthaltend die einzelnen Arbeitsgruppen und ihre Belegschaften, daneben Erläuterungen und Bemerkungen, auf die wir verweisen, um Wiederholungen zu vermeiden. Ein Umstand ist noch besonders hervorzuheben, nämlich die Gesamtlänge der Arbeitsstrecken.

Jede der vier Hauptabteilungen — Vortrieb — Firststollen oder Firstschlitz — Ausweitung — Mauerung — verlangte zur richtigen Entfaltung eine Länge von je zirka 300 m, zusammen 1200 m. Eine Verkürzung der genannten Strecken hätte nur im schwierigen Gebirge seine Berechtigung gehabt und hätte sich bei einem aufmerksamen Baubetrieb von selbst ergeben. Die Sicherung der Arbeiten und die Erfüllung der Forderung, dass das ausgebrochene Profil nicht zu lange offen stehe, sondern rasch durch die Ausmauerung wieder geschlossen werde, ist viel mehr eine Zeitfrage als eine Frage des Raumes.

Eine Beschränkung gewisser Arbeitsstrecken, welche auf den Arbeitsbetrieb störend einwirkt, verursacht naturgemäss einen Zeitverlust, erfüllt deshalb sehr oft den beabsichtigten Zweck nicht, sondern hat nicht selten eine gegenteilige Wirkung.

f) Geometrische Arbeiten im Tunnel.

Die Uebertragung der Axrichtung in den Tunnel geschah auf folgende Weise:

Auf der *Südseite* wurde das Instrument auf dem *Signalpunkt Rankwage* 61,17 m ausserhalb vom Südportal aufgestellt. Der jetzt noch bestehende Punkt, ein einbetonierter Stein mit eingelassenem Zentrierrohr ist gegen äussere Beschädigungen durch eine eiserne Strassenkappe geschützt, wie sie bei Wasserleitungen üblich ist. Das in der Regel auch bei Hauptabsteckungen verwendete Instrument war ein Kern'scher Repetitionstheodolit mit Teilkreis von 22,5 cm Durchmesser, der schon bei der Triangulation und Absteckung des Rickentunnels, sowie für die Triangulation des Hauensteintunnels gebraucht worden war.

Als Richtpunkt rückwärts diente in der Verlängerung der Tunnelaxe der rund 1200 m entfernte *Signalpunkt Hard*. Mit Visur nach vorwärts wurde der Anfangspunkt des Stollens abgesteckt, und mit dem Fortschreiten desselben wurden weitere Punkte im Stollen abgesteckt.

Auf der *Nordseite* befindet sich am Rand der Strasse nach Zeglingen, über dem Tunnel, in einer Entfernung von 56,45 m vom Nordportal, ein gleicher Axpunkt wie am Südportal, das *Signal Eital*. Der Richtpunkt rückwärts, *Signal Häldele*, in einer Entfernung von rund 1100 m, wurde anvisiert und darauf mit der gleichen Visur der Anfangspunkt des Tunnels abgesetzt. Am 14. Februar 1913, als das Nordportal schon erstellt war, wurde dicht daran ein einbetonierter Richtpunkt in das Planum eingelassen, von wo aus der Signalpunkt Häldele rückwärts anvisiert werden konnte und von wo aus mit Visur nach vorwärts weitere Axpunkte in den Stollen vorgetragen wurden. Im übrigen wurden die Absteckungen in der im Tunnelbau üblichen Weise durchgeführt. Viel Neues ist darüber nicht zu sagen. In der Annahme jedoch, dass eine Beschreibung der im Tunnel vorkommenden geometrischen Arbeiten für einzelne Interesse hätte, soll im nachstehenden kurz darauf eingetreten werden.

Mit einem gewöhnlichen Theodoliten und nachfolgendem Nivellement wurden einbetonierte hölzerne Axpunkte für *Höhe* und *Richtung* alle 50 m auf der Sohle des Stollens abgesteckt, welche als Grundlage für die verschiedenen Messungen im Tunnel dienten. Ueber diese Punkte wurde ein genaues Verzeichnis geführt. Davon wurden Abschriften für die Tunnelingenieure und die Oberhauer angefertigt. Ein öfteres Nachnivellieren der Axpunkte gab Aufschluss darüber, ob die Sohle ruhig blieb oder ob sie sich stellenweise hob. Derartige Ermittlungen sind für den Tunnelbau von grösster Wichtigkeit. Im Stollen übertrug man die Richtpunkte mit dem Senkel an die First des Stollens: eingelassene Holzzapfen mit einem Nagel oder einer Oese zum Befestigen einer Senkelschnur. Oft wurden solche Axpunkte in der First mit dem Instrument direkt gegeben. Durch Anvisieren der Senkelschnüre zweier aufeinander folgender Firstpunkte ver-

längerten die Mineure nach jedem Abschiessen die Axe und bezeichneten sie unter Zuhilfenahme der Tunnellampe auf der Stollenbrust.

Die richtige Höhenlage der Tunnelsohle ist ausserordentlich wichtig für die Wasserhaltung; ausserdem verursacht ein späteres Vertiefen der Sohle ungewöhnliche Kosten. Wenn man die zu hohe Lage belässt, so stört dies die Herstellung eines gleichmässigen Holzeinbaues und erschwert und verteuert das Ausheben der Widerlager-Fundamente und der Tunneldohle, ebenso den Transport auf ungleichem Gefälle.

Es ist zu empfehlen, mit der Sohle des Richtstollens stets 10 bis 15 cm unter Projekthöhe zu bleiben. Wenn beim Vortrieb Quellen auftreten, so zeigen die Mineure die Neigung, dem Wasser auszuweichen, indem sie die Steigung der Sohle erhöhen. Dem muss unter allen Umständen entgegengetreten werden.

Im Stollen wurden seitlich provisorische Höhenbolzen 50 cm über Schwellenhöhe eingelassen. Die Mineure sind dadurch imstande, durch Einvisieren über zwei wagrechte Setzlatten in der Höhe der Bolzen, die Höhenlage der frisch ausgesprengten Sohle des Richtstollens nachzuprüfen, in der Zeit, bis ein neues Nivellement erfolgt.

Alle drei bis vier Monate wurde an einem freien Sonntage eine sogenannte Haupt-Axkontrolle oder Hauptabsteckung vorgenommen. Entsprechend den früheren bei Absteckungen gemachten Erfahrungen wurden alle 600 m, d. h. auf Kabellänge der dabei gebrauchten Telephonleitung, Haupt-Richtungspunkte erstellt. Grössere Längen sind wegen der manchmal im Stollen auftretenden Dunstbildung und dem Erzittern der Luft etc. nicht zweckmässig und den Arbeitsfortschritt bei der Absteckung nicht fördernd befunden worden.

Die erste Hauptabsteckung auf der Südseite wurde am 21. April 1912 vorgenommen. Es wurden Hauptpunkte bei 20 und bei 200 m gesetzt.

Die zweite Axkontrolle fand am 12. Juli 1912 bei 600 m statt.

Auf der Nordseite war die erste Haupt-Absteckung auf den 18. Mai 1913 mit Hauptpunkt bei 400 und bei 600 m angesetzt.

Im südlichen Tunnelschenkel wurden im ganzen 9, auf der Nordseite 4 Haupt-Axkontrollen vorgenommen.

Die Hauptpunkte bestanden aus einem ungefähr 60 cm langen, einbetonierten Holzpflock, der eine quer zur Tunnelaxe eingeschlagene eiserne Klammer trug, auf der die Axrichtung eingekerbt wurde. Nach Erstellung der Tunneldohle wurde die Marke auf eine quer darüber befestigte Eisenschiene übertragen.

Bei der Ausführung der Haupt-Absteckung verteilten sich die Teilnehmer auf die drei Stationen: Nachtrupp mit dem Beleuchtungsapparat, Abstecktrupp mit dem Theodolit und Vortrupp gegen Vorort mit dem Absteckstativ. Als weitere Hilfsinstrumente und Apparate waren verfügbar: Vier hölzerne Absteckstative mit einem Stativaufsatz, sowie drei Beleuchtungsapparate, bestehend aus Dreifuss mit drehbarem Reflektor und zentrierter Acetylenflamme, sowie den dazugehörigen Blenden, ferner Telephone und Kabel.

Eine genaue Beschreibung findet sich in der Denkschrift über die Albulabahn (Seite 40, Chur 1908), worauf verwiesen wird.

Da die drei Stationen in grosser Entfernung voneinander waren, wurden dieselben telephonisch miteinander verbunden. Die Kabel von 600 m Länge wurden auf den Boden gelegt.

Erwähnenswert ist dabei der Gebrauch des Stativaufsatzes. Auf diesem sind Marken angebracht, die eine sofortige zentrische Aufstellung sowohl des Absteckungsinstrumentes, als auch des Beleuchtungsapparates gestatten. Es wurden in verschiedenen Lagen des Fernrohres zum Teilkreis je zwei Visuren nach rückwärts und nach vorwärts gegeben, im ganzen 8 bis 12. Diese trafen nach vorwärts nicht den nämlichen Punkt. Es musste die Lampe mittelst einer Mikrometerschraube des Stativschlittens verschoben werden. Die Verschiebungen wurden auf einem mit dem Schlitten verbundenen Papierstreifen durch Striche längs einer Marke angezeichnet. Das erhaltene Mittel der auf dem Papierstreifen verzeichneten Einzelvisuren wurde als definitive Richtung angenommen und auf die Klammer des Richtungspflöckes heruntergelotet. Damit werden drei Arten Fehler beseitigt bzw. ausgeglichen:

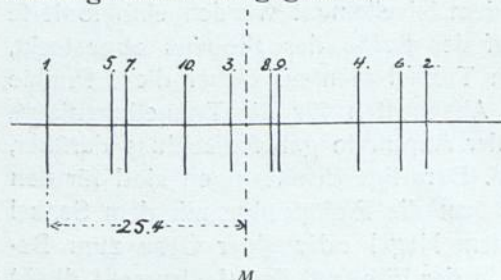


Abb. 52. Visuren auf Punkt 1200 m ab Südportal. 6. X. 12.

1. Kollimationsfehler, d. h. Fehler zentrischer Abweichung zwischen Fernrohraxe und Drehaxe.
2. Unterschiede in der schwankenden Lichtbrechung der Luft im Stollen.
3. Subjektive Fehler des Beobachters.

Bei den Hauptabsteckungen wurde meistens vom Portal ausgegangen; dabei wurden die Absteckungen der alten Hauptpunkte wiederholt. Zeigten sich gegen früher Abweichungen, so wurden sie jeweils berücksichtigt, ohne dass eine neue Kerbe in die Klammer eingeschnitten

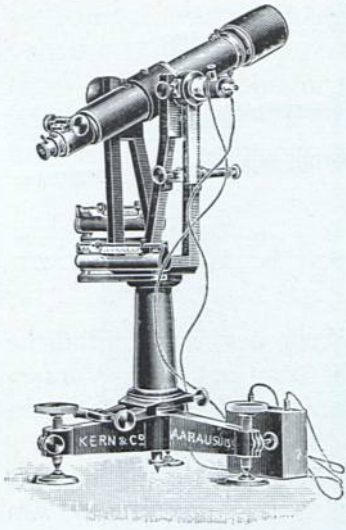


Abb. 53. Absteckungsinstrument.

wurde. Die kleinen Abweichungen waren wohl für den weiteren Verlauf der Richtungsbestimmung, aber nicht in bezug auf den Ausbau des Tunnels von Bedeutung.

Die Unternehmung hatte für die Axkontrollen, die auch zwischen den Hauptabsteckungen regelmässig vorgenommen wurden, ein Absteckungsinstrument von Kern & Co in Aarau, nach dem Modell, das beim Bau des Simplontunnels und anderer langer Tunnel Verwendung fand, bezogen (Abb. 53). Das Instrument hat keinen Teilkreis, besitzt ein Fernrohr zum Durchschlagen, zeichnet sich ferner aus durch seinen kräftigen Bau, starke Vergrösserung und elektrische Beleuchtung des Fadenkreuzes *).

In bezug auf die Ausweitung und Mauerung ist folgendes zu bemerken:

Von der Sohle wurden die Axpunkte an die Decke des Firstschlitzes durch Lot übertragen. Von einer daran befestigten Senkelschnur, welche die Mittellinie des Ausbruchprofils darstellte, wurden alle Meter seitliche Abstiche genommen, die für jede Profiltypen auf einem Blatt dargestellt waren.

Höhen- und Richtpunkte wurden ebenfalls auf den Holzeinbau übertragen und von da die Fundamenttiefen, sowie die Lage und Höhe der eisernen Lehrbogen eingemessen. Diese wurden mit einer Profilverbreiterung und einer Ueberhöhung von 10 cm eingestellt. In der fertigen Mauerung wurden rechtwinklig zur Axe beidseitig alle 50 m metallene Bolzen 50 cm ü. S. H. eingemauert. Sie dienten als Distanzbolzen für die beiden Widerlager, als Richtpunkte und als Höhenmarken bei der Herstellung der Tunnelbohle.

Das Ergebnis der geometrischen Arbeiten war durchaus befriedigend.

Das Arbeiten am Instrument im engen, oft raucherfüllten Raum mit seinem regen Baubetrieb und Wagenverkehr erheischte grosse Vorsicht und Aufmerksamkeit und eine gewisse Anstelligkeit seitens der Tunnelingenieure.

Ausgedehntere geometrische Arbeiten mussten auf die freien Sonntage verlegt werden.

g) Der Durchschlag.

Auf der Nordseite wurde am 16. September 1913 der Kulminationspunkt bei 1807 m erreicht. (Auf der Südseite stand damals der Vortrieb auf 3580 m). In der Fortsetzung kam nun der Stollen in das Gegengefälle von 7,5% zu liegen. Da weiterhin Rogenstein zu erwarten war (Befund bei 2075 m), so musste mit dem Auftreten von Quellen gerechnet werden. Es wurden Vorbereitungen zur Einrichtung einer Pumpstation getroffen und die Tunnelbohle wurde schleunigst bis zum Kulminationspunkt vorgestreckt. Vorerst wurde noch ein Monat lang vorgetrieben und hernach am 16. Oktober bei 2057 m der Vortrieb eine Zeitlang eingestellt.

Der Stand der beiden Vortriebsstollen war Ende Oktober 1913 der folgende:

Südseite	3934,1 m
Nordseite	2050,7 »
Summe	<u>5984,8 m</u>

Es fehlten somit noch 2150,0 m

Im Oktober 1913 wurde im Zentralbureau der Unternehmung in Berlin auf



Abb. 54. Theodolit im Tunnel.

*) No. 165. Instrument zum Abstecken langer gerader Linien. Fernrohr 40/320 mm, apochromatisches Objektiv, orthoskopisches Okular, Vergrösserung 35fach, einfaches Fadenkreuz, Fernrohr auf 200 Meter Visur, auf Okularseite durchschlagbar, Okularauszug ausreichend für nahe Distanz, 10 Meter. Das Fernrohr mit seiner Axe ist umlegbar, daher sind an der Stütze zwei Mikrometer montiert. Die Fernrohrblende ist am Objektivkopf fest montiert; auf dem Fernrohr sitzt beidseitig ein Korn und ein Visier. Ein Axschenkel ist hohl zwecks Fadenbeleuchtung, die kleine elektrische Lampe sitzt auf Gewinde an der Axe fest. Zwei Trockenelemente, wovon 1 als Ersatz. Die Lampenanlage ist am andern Axschenkel mit Gegengewicht genau ausbalanciert. Starkes Zapfenwerk, Axe 145 mm lang. Horizontalmikrometer; solider Dreifuss; Auslagerung der Nivellierschrauben 120 mm, starke Nivellierschrauben mit Spitzen, dazu 3 starke Unterlagsteller, 1 Axenlibelle mit Spiegel, Empfindlichkeit 8 bis 10" per 2 mm, 2 Stützenlibellen, Empfindlichkeit 8 bis 10" per 2 mm. Am untern Ende der Vertikalaxe sitzt eine Zentrierspitze; diese Spitze ist zirka 20 mm verschiebbar.

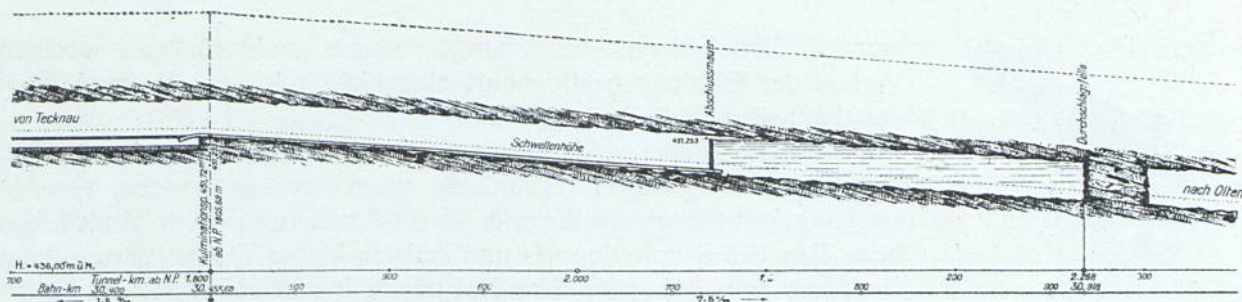


Abb. 55. Scheitelpunkt und Durchschlagstelle.

Grund des damaligen Standes ein Bauprogramm aufgestellt, in welchem der voraussichtliche Durchschlag bei 5600 ab Südportal auf 1. Juli 1914 in Aussicht gestellt war, unter der Voraussetzung, dass es möglich sein werde, auf der Nordseite den Stollen noch etwa 700 m über den Kulminationspunkt hinaus vorzutreiben.

Es wurde dann bei 2040 eine elektrisch betriebene Zentrifugalpumpe mit Förderleitung bis hinauf nach 1800 m aufgestellt und der Vortrieb am 8. Februar 1914 wieder aufgenommen. Am 17. und 23. Februar zeigten sich kleine Quellen bei 2124, bzw. 2166 m. Im nächsten Monat traten neue Quellen auf, am 15. und 30. März bei 2253 und 2266, welche ziemlich ergibig waren, so dass die Pumpenanlage die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit annähernd erreichte. Man entschloss sich deshalb Ende März den Vortrieb der Nordseite bei 2268 m ab Nordportal endgültig einzustellen und die noch fehlenden 800 m Stollen lediglich von Süden her vorzutreiben.

Es wurde nun, wie aus Abb. 55 ersichtlich ist, bei 2070 m eine Abschlussmauer erstellt und an diese eine Förderleitung bis zum Kulminationspunkt angeschlossen. Der Raum zwischen derselben und der Stollenbrust füllte sich mit Wasser. Der Ertrag der eingeschlossenen Quellen wurde durch den statischen Wasserdruck bis zur Tunneldohle nach 1800 hinaufgedrückt, so dass die Pumpenanlage entbehrlich wurde.

Auf der Südseite wurde der Vortrieb soweit gefördert, dass der im Oktober 1913 aufgestellte Termin ziemlich gut innegehalten werden konnte.

Der Durchschlag erfolgte bei 5864,9 m ab Südportal am 10. Juli 1914, vormittags 10 Uhr 50 Minuten, 18 Monate vor dem Vertragstermin (13. Januar 1916).

Die Durchschlagstelle liegt im Haupttrogenstein. Die Abweichung der beiden Axen betrug seitlich 4,5 cm; in der Länge 1,20 m und in der Höhe 1,2 cm.

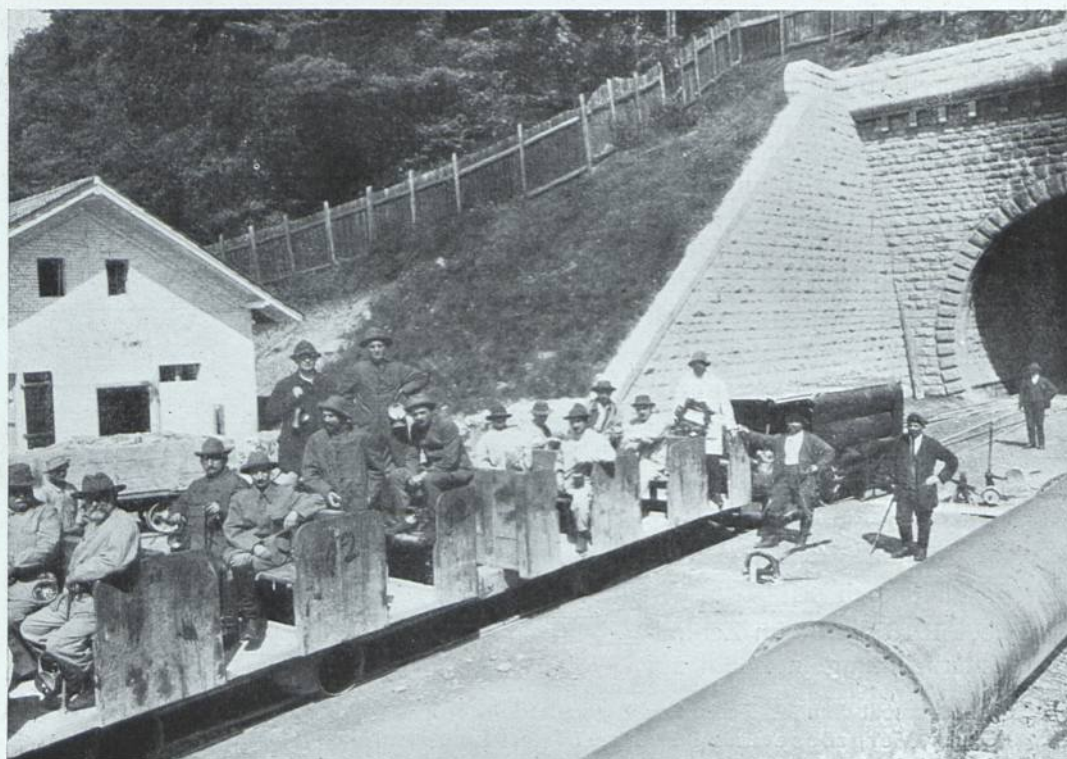


Abb. 56. Einfahrt zur Besichtigung der Durchschlagstelle. 11. VII. 14.

Theoretisch ist die Uebereinstimmung gut und praktisch vollkommen zu nennen.

Mit dem erfolgten Aufschluss des Gebirges gab es keine grossen Ueberraschungen mehr zu befürchten; die glückliche Vollendung der Arbeiten war in nächste Nähe gerückt; denn niemand ahnte damals, dass binnen kurzer Zeit welterschütternde Ereignisse die Vollendung des Tunnels in Frage stellen könnten.

Gross war die Freude über den Erfolg. Sie fand ihren beredten Ausdruck in einer am 18. Juli von der Unternehmung veranstalteten Durchschlagsfeier, deren gelungener Verlauf allen Teilnehmern in bester Erinnerung bleiben wird. Namentlich auch für den Ingenieur, der am Bau mitgewirkt hatte, dessen Tätigkeit sonst etwas Unpersönliches anhaftet, dessen Schaffen, Streben und Erinnerungen mehr an das Werk als an Menschen gebunden sind, bildete diese Feier einen



Abb. 57. Festplatz am Südportal am Morgen des 18. Juli 1914.

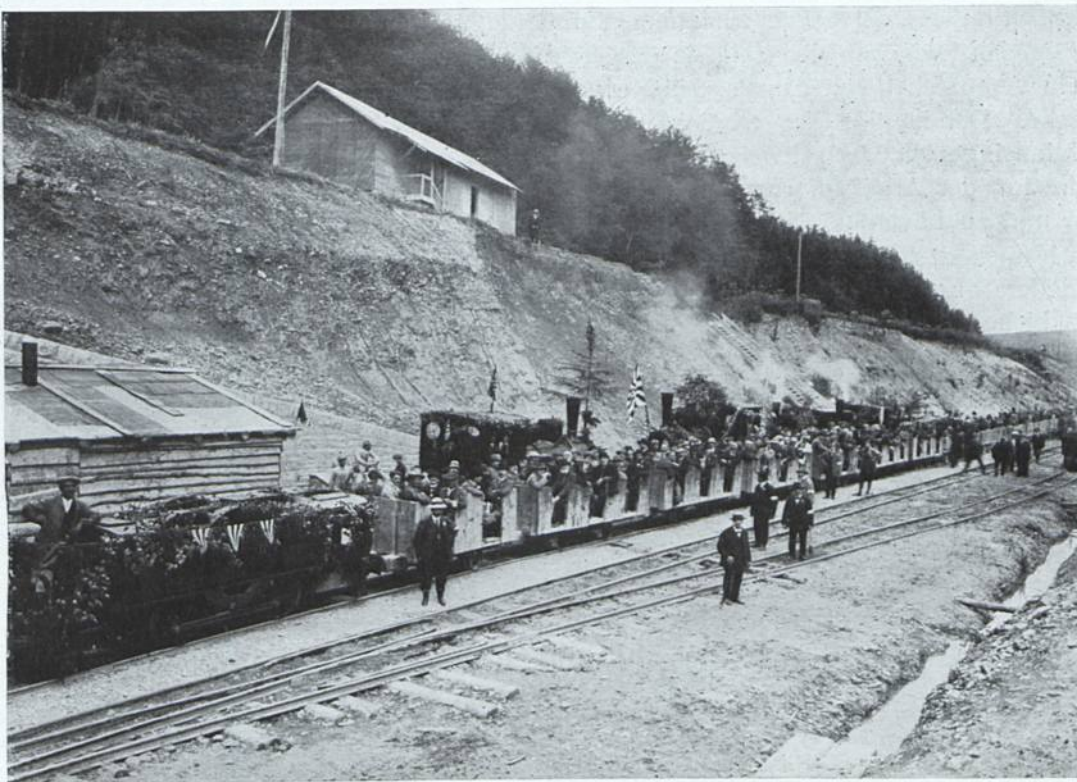


Abb. 58. Der Festzug vor der Rückfahrt von der Nordseite.

Glanzpunkt im Verlauf der Arbeiten, der es ihm einen Augenblick vergönnte, Mensch unter Menschen zu sein.

Wir wollen deshalb nicht unterlassen, der Durchschlagsfeier hier einige Zeilen zu widmen.

In der Zeit vom 10. bis 18. Juli wurden ohne besondere Störung der laufenden Arbeiten die Vorbereitungen zur Feier getroffen. Die Durchschlagstelle wurde geräumt, die Abschluss-

mauer abgebrochen und dem Wasser freier Ablauf nach Süden geöffnet. Draussen waren Mannschaften mit dem Aufräumen des Installationsplatzes beschäftigt. Am Morgen des 18. Juli bot die Baustelle, mit Tannenbäumchen, Flaggen und Girlanden geziert, in ihrem festlichen Gewande einen veränderten Anblick dar. Die Arbeit ruhte.

Prächtig prangten die beiden Tunnelportale, geschmückt mit den Farben schwarz-weiss-rot und dem eidgenössischen Kreuz im roten Feld sowie mit den Farben von Solothurn und Baselland. Sonntäglich angetan zogen die Arbeiter mit Musik und Fahnen auf. Herr Oberingenieur *Kolberg* als Leiter hielt eine Ansprache an die Arbeiter, worin er ihnen den Dank der Unternehmung für treue Dienstleistung, Ausdauer und Tatkraft aussprach, und übergab ihnen die Erinnerungsmedaille. Unterdessen hatten sich auch die Festteilnehmer eingefunden. Nach einer Erfrischung im Festbuffet fuhren die Teilnehmer, wohl 600 an der Zahl, auf bekränzten Wagen in den Tunnel hinein. Die Stollenstrecke wurde nachher zu Fuss durchlaufen.

An der Durchschlagstelle, wo aus einer mit Tannenzweigen geschmückten Quelle statt Tunnelwasser echter Waadtländerwein sprudelte, wurde Halt gemacht. Herr Kommerzienrat *Berger* und Herr *Kolberg* drückten an dieser bedeutungsvollen Stelle den Mitarbeitern ihren Dank aus.

Im Kulminationspunkt wurde der von der Nordseite bereitgehaltene Zug bestiegen. Am Nordportal wurden an die Arbeiter der Nordstrecke ebenfalls Medaillen verteilt. Dann fuhr der Festzug wieder zurück.

Während für die Aufseher und Vorarbeiter im Konzertsaal der Ersparniskasse der zweite Akt folgte, fanden sich die offiziellen Gäste um 5 Uhr im Aarhof zum Festbankett ein.

In Würdigung der grossen Bedeutung des Werkes, das nun einer raschen Vollendung entgegengeht, hatte die Unternehmung zahlreiche Einladungen ergehen lassen. Beim Bankett waren vertreten: die Oberbehörden der schweizerischen Bundesbahnen und des eidgenössischen Militär- und Eisenbahndepartements, die amtlichen Vertreter der Kantone Solothurn, Basel und Aargau und die Gemeindebehörden der an der neuen Hauensteinlinie liegenden Ortschaften; unter den Gästen waren die in der Schweiz beglaubigten Gesandten des Deutschen Reiches und Italiens, Vertreter technischer Hochschulen aus der Schweiz und aus Deutschland, der Vorstand der Julius Berger Tiefbau-Aktiengesellschaft aus Berlin, die Beamten der Unternehmung und der Bauleitung der schweizerischen Bundesbahnen, Vertreter der schweizerischen Industrie und Kaufmannschaft, die mit der Unternehmung in Verkehr standen, kurzum Mitarbeiter am Werk, 210 Gäste an der Zahl.

An der festlich geschmückten Tafel eröffnete Herr Kommerzienrat *Berger* den Reigen der Festreden. Er hiess die Gäste willkommen und dankte Ihnen für das Erscheinen; dann zog er einen Vergleich zwischen der Zeit, da der erste Spatenstich erfolgte und heute, und fragte sich, ob er sein Versprechen von damals, das Menschenmögliche zum Gelingen des Werkes beizutragen, erfüllt habe. Der heutige Tag erbrachte den Beweis dafür. Er dankte dem Oberingenieur und dem Sektionsingenieur der schweizerischen Bundesbahnen für sachkundigen Rat und insbesondere dem Direktor der Arbeiten, dem es gelungen sei, seine Beamten und Arbeiter zu treulichem Schaffen und zu höchstmöglichen Leistungen heranzuziehen.

Im Namen des Verwaltungsrates der schweizerischen Bundesbahnen dankte deren Präsident, Herr Ständerat *von Arx*, für die Einladung und benutzte den Anlass, um der Unternehmung zu ihren bisherigen Leistungen zu gratulieren. Im Verlauf seiner Rede bezeugte Herr *von Arx*, dass die Unternehmung das in sie gesetzte Vertrauen gerechtfertigt habe.

Der Bericht würde zu lang, wollte man auf die vielen trefflichen, mit Humor gewürzten Reden eintreten, in denen die Freude über das Gelingen des Werkes zum Ausdruck kam.

Jeder Teilnehmer erhielt eine silberne Erinnerungsmedaille. Es waren auch ein paar goldene darunter. Auch ohne diese hätte die prächtig verlaufene Feier bei allen Teilnehmern die angenehmste Erinnerung hinterlassen.

5. Arbeiterzahl und Lohnverhältnisse.

a) Arbeiterzahl.

Tabelle X enthält aus einer Zusammenstellung der Monatsberichte sämtliche Arbeitskräfte, die im Tunnel, im Freien und auf der offenen Strecke von Sissach bis Olten von 1912 bis 1915 aufgewendet wurden. Zählt man dazu noch die ungefähr 8996 Arbeiterschichten für Vollendungsarbeiten im Jahr 1916, so erhalten wir die runde Zahl von **1,610,000** Tagschichten.

Auf den Tunnel entfallen	975,954	Tagschichten
und auf die Werkplätze	294,258	»
zusammen für Tunnelarbeiten	<u>1,270,212</u>	<u>Tagschichten</u>

Tabelle XIII.

Arbeitskräfte 1912—1915 im Tunnel und auf der offenen Linie.

1912 Monat	Tageschichten im Tunnel 8 Stunden im Freien 10 Stunden	Im Tunnel			Ausserhalb des Tunnels auf den Werkplätzen			Auf der offenen Strecke			Zusammen		
		Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total
Februar	Tageschichten, Gesamtzahl	254	—	254	973	—	973	839	629	1468	2066	629	2695
	Durchschnitt pro Tag	28	—	28	54	—	54	30	22	52	102	22	124
	Maximum » »	36	—	—	82	—	—	72	66	—	120	66	*
	Total s. Arbeitsbeginn	254			973			1468			2695		
März	Gesamtzahl	1930	—	1930	2177	—	2177	1122	2354	3476	5229	2354	7583
	Durchschnitt pro Tag	62	—	62	70	—	70	36	76	112	168	76	244
	Maximum » »	105	—	—	116	—	—	79	119	—	254	119	—
	Total s. Arbeitsbeginn	2184			3150			4944			10278		
April	Gesamtzahl	4021	—	4021	2505	—	2505	1399	2365	3764	7925	2365	10290
	Durchschnitt pro Tag	134	—	134	83	—	83	47	79	126	264	79	343
	Maximum » »	213	—	—	114	—	—	89	108	—	373	108	—
	Total s. Arbeitsbeginn	6205			5655			8708			20568		
Mai	Gesamtzahl	6425	—	6425	4769	—	4769	824	3197	4021	12018	3197	15215
	Durchschnitt pro Tag	207	—	207	154	—	154	27	103	130	388	103	491
	Maximum » »	320	—	—	233	—	—	59	131	—	548	131	—
	Total s. Arbeitsbeginn	12630			10424			12729			35783		
Juni	Gesamtzahl	8388	—	8388	6818	—	6818	59	3391	3450	15265	3391	18656
	Durchschnitt pro Tag	311	—	311	252	—	252	2	126	128	565	126	691
	Maximum » »	325	—	—	313	—	—	20	142	—	658	142	—
	Total s. Arbeitsbeginn	21018			17242			16179			54439		
Juli	Gesamtzahl	6211	—	6211	5183	—	5183	833	4362	5195	12227	4362	16589
	Durchschnitt pro Tag	200	—	200	167	—	167	27	141	168	394	141	535
	Maximum » »	388	—	—	357	—	—	51	197	—	767	197	—
	Total s. Arbeitsbeginn	27229			22425			21374			71028		
August	Gesamtzahl	70925	—	10925	7557	442	7999	1431	4775	6206	19913	5217	25130
	Durchschnitt pro Tag	353	—	353	243	14	257	46	154	200	642	168	810
	Maximum » »	465	—	—	324	28	—	64	203	—	753	225	—
	Total s. Arbeitsbeginn	38154			30424			27580			96158		
Sept.	Gesamtzahl	14975	1339	16314	5885	694	6579	1390	4629	6019	22250	6662	28912
	Durchschnitt pro Tag	499	44	543	196	23	219	46	154	200	721	221	942
	Maximum » »	663	59	—	243	41	—	69	193	—	931	282	—
	Total s. Arbeitsbeginn	54468			37003			33599			125070		
Oktober	Gesamtzahl	21313	1723	23036	7420	756	8176	1826	4539	6365	30559	7018	37577
	Durchschnitt pro Tag	687	56	743	240	24	264	59	146	205	928	226	1154
	Maximum » »	801	81	—	279	37	—	95	188	—	1161	293	—
	Total s. Arbeitsbeginn	77504			45179			39964			162647		
Novemb.	Gesamtzahl	21841	1426	23267	7909	678	8587	2355	5026	7381	32105	7130	39235
	Durchschnitt pro Tag	728	48	776	263	23	286	78	167	245	1069	238	1307
	Maximum » »	834	59	—	312	79	—	104	199	—	1211	306	—
	Total s. Arbeitsbeginn	100771			53766			47345			201882		
Dezemb.	Gesamtzahl	21494	285	21799	8496	762	9258	2759	5320	8079	32749	6367	39116
	Durchschnitt pro Tag	693	9	702	274	25	299	89	171	260	1056	205	1261
	Maximum » »	857	51	—	342	48	—	112	227	—	1318	307	—
	Total s. Arbeitsbeginn	122550			63024			55424			240998		

* Die Höchstzahl der Arbeiter tritt auf den verschiedenen Baustellen nicht gleichzeitig ein, daher fehlt die Endsumme.

1913 Monat	Tagschichten im Tunnel 8 Stunden im Freien 10 Stunden	Im Tunnel			Ausserhalb des Tunnels auf den Werkplätzen			Auf der offenen Strecke			Zusammen		
		Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total
Januar	Tagschichten, Gesamtzahl	24532	1528	20060	8856	861	9717	2217	5503	7720	35605	7892	43497
	Durchschnitt pro Tag	791	49	840	286	28	314	72	177	249	1149	254	1400
	Maximum » »	916	85	—	351	38	—	117	228	—	1353	314	—
	Total s. Arbeitsbeginn	148610			72741			63144			284495		
Februar	Gesamtzahl	22470	2167	24637	7749	706	8455	2010	5852	7862	32229	8725	40954
	Durchschnitt pro Tag	802	77	879	277	25	302	72	209	281	1151	311	1462
	Maximum » »	947	95	—	319	35	—	96	263	—	1335	387	—
	Total s. Arbeitsbeginn	173247			81196			71006			325449		
März	Gesamtzahl	24823	3851	28674	8202	1064	9266	1665	7016	8671	34680	11931	46611
	Durchschnitt pro Tag	800	124	924	264	34	298	53	226	279	1117	384	1501
	Maximum » »	950	182	—	316	51	—	70	310	—	1321	534	—
	Total s. Arbeitsbeginn	201921			90462			79677			372060		
April	Gesamtzahl	25440	6941	32381	6891	1557	8448	1796	8289	10085	34127	16787	50914
	Durchschnitt pro Tag	848	231	1079	230	52	282	60	276	336	1138	559	1697
	Maximum » »	982	296	—	254	66	—	78	354	—	1304	702	—
	Total s. Arbeitsbeginn	234302			98910			89762			432974		
Mai	Gesamtzahl	26641	8985	35626	7082	1932	9014	864	9322	10186	34587	20239	54826
	Durchschnitt pro Tag	860	290	1150	228	62	290	28	301	329	1116	653	1769
	Maximum » »	1068	406	—	287	79	—	58	394	—	1337	872	—
	Total s. Arbeitsbeginn	269928			107924			99948			477800		
Juni	Gesamtzahl	28262	12190	40452	7632	2337	9969	239	10308	10547	36133	24835	60968
	Durchschnitt pro Tag	942	406	—	254	78	—	8	343	—	1204	827	—
	Maximum » »	1052	528	—	296	89	—	23	443	—	1343	1015	—
	Total s. Arbeitsbeginn	310380			117893			110495			358768		
Juli	Gesamtzahl	28305	15718	44023	8449	2909	11358	—	10755	10755	36754	29382	66136
	Durchschnitt pro Tag	913	507	1420	272	94	366	—	347	347	1185	948	2133
	Maximum » »	1022	542	—	299	108	—	—	410	—	1317	1054	—
	Total s. Arbeitsbeginn	354403			129251			121250			604904		
August	Gesamtzahl	27583	17180	44763	7631	3287	10918	—	9780	9780	35214	3024	65461
	Durchschnitt pro Tag	890	554	1444	246	106	252	—	316	316	1136	976	2112
	Maximum » »	1032	612	—	278	123	—	—	415	—	1302	1097	—
	Total s. Arbeitsbeginn	399166			140169			131030			670365		
Sept.	Gesamtzahl	27548	17049	44597	7470	3647	11117	—	8695	8695	35018	29391	64409
	Durchschnitt pro Tag	918	568	1486	249	121	370	—	290	290	1167	977	2144
	Maximum » »	1094	691	—	292	134	—	—	358	—	1386	1160	—
	Total s. Arbeitsbeginn	443763			151286			139725			734774		
Oktober	Gesamtzahl	32914	19086	52000	7732	3918	11650	144	8858	9002	40790	31862	72652
	Durchschnitt pro Tag	1062	616	1678	249	126	375	12	286	398	1329	1028	2357
	Maximum » »	1208	670	—	320	136	—	18	346	—	1496	1158	—
	Total s. Arbeitsbeginn	495763			162936			148727			807426		
Novemb.	Gesamtzahl	32208	14944	47152	7559	1637	9176	314	9137	9451	40081	25718	65799
	Durchschnitt pro Tag	1073	498	1571	252	55	307	10	304	314	1335	857	2292
	Maximum » »	1199	—	—	288	—	—	21	390	—	1497	1142	—
	Total s. Arbeitsbeginn	542915			172132			158178			873225		
Dezemb.	Gesamtzahl	26427	14782	41209	6331	1525	7856	87	9571	9658	32845	25878	58723
	Durchschnitt pro Tag	852	477	1329	204	49	253	3	309	312	1059	835	1894
	Maximum » »	1093	592	—	262	62	—	8	402	—	1348	1034	—
	Total s. Arbeitsbeginn	584124			179988			167836			931948		

1914 Monat	Tageschichten im Tunnel 8 Stunden im Freien 10 Stunden	Im Tunnel			Ausserhalb des Tunnels auf den Werkplätzen			Auf der offenen Strecke			Zusammen		
		Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total
Januar	Tageschichten, Gesamtzahl	30387	14985	45372	7611	1366	8977	13	9167	9180	38011	25518	63529
	Durchschnitt pro Tag	980	483	1463	246	44	290	—	296	295	1226	823	2049
	Maximum » »	1095	588	—	284	54	—	—	377	—	1370	1005	—
	Total s. Arbeitsbeginn	629496			188965			177016			995477		
Februar	Gesamtzahl	25370	14402	39772	7415	2133	9548	—	8394	8394	32785	24929	57714
	Durchschnitt pro Tag	906	514	1420	265	76	341	—	300	300	1171	890	2061
	Maximum » »	1086	693	—	311	92	—	—	346	—	1383	1126	—
	Total s. Arbeitsbeginn	669268			198513			185410			1053191		
März	Gesamtzahl	31247	11034	42281	8133	1384	9517	—	8843	8843	39380	21261	60641
	Durchschnitt pro Tag	1008	356	1364	262	44	306	—	285	285	1270	685	1955
	Maximum » »	1087	495	—	302	87	—	—	562	—	1400	877	—
	Total s. Arbeitsbeginn	711549			208030			194253			1113832		
April	Gesamtzahl	26550	10908	37458	6779	1074	7853	—	9455	9455	33329	21437	54766
	Durchschnitt pro Tag	885	363	1248	226	36	262	—	315	315	1111	714	1825
	Maximum » »	1101	445	—	287	42	—	—	393	—	1369	868	—
	Total s. Arbeitsbeginn	749007			215883			203708			1168598		
Mai	Gesamtzahl	27101	10072	37173	6720	1170	7890	—	9541	9541	33821	20783	54604
	Durchschnitt pro Tag	874	325	1199	217	38	255	—	308	308	1091	671	1762
	Maximum » »	1067	398	—	259	46	—	—	382	—	1400	877	—
	Total s. Arbeitsbeginn	786180			223773			213249			1223202		
Juni	Gesamtzahl	27973	10777	38750	7124	1224	8348	—	8204	8204	35099	20205	55302
	Durchschnitt pro Tag	932	359	1291	238	41	279	—	273	273	1170	673	1843
	Maximum » »	1093	421	—	281	50	—	—	379	—	1352	827	—
	Total s. Arbeitsbeginn	824930			232121			221453			1278504		
Juli	Gesamtzahl	26427	8774	35201	7136	1129	8265	—	8112	8112	33563	18015	51578
	Durchschnitt pro Tag	852	283	1135	230	36	266	—	261	261	1082	319	1401
	Maximum » »	1030	400	—	274	46	—	—	399	—	1318	753	—
	Total s. Arbeitsbeginn	860131			240386			229565			1330082		
August	Gesamtzahl	9621	3836	13457	3953	439	4392	—	2138	2138	13574	6413	19987
	Durchschnitt pro Tag	310	123	443	128	15	143	—	69	69	438	207	645
	Maximum » »	965	309	—	255	45	—	—	382	—	1221	735	—
	Total s. Arbeitsbeginn	873588			244778			231703			1350069		
Sept.	Gesamtzahl	8255	2360	10615	3536	156	3692	—	2549	2549	11791	5065	16856
	Durchschnitt pro Tag	275	78	353	118	5	123	—	85	85	393	168	561
	Maximum » »	418	141	—	165	6	171	—	120	—	485	272	—
	Total s. Arbeitsbeginn	884203			248470			234252			1366925		
Oktober	Gesamtzahl	10791	1101	11892	4292	18	4310	—	5335	5335	15083	6454	21537
	Durchschnitt pro Tag	348	36	384	139	—	139	—	172	172	487	208	695
	Maximum » »	480	91	—	174	6	—	—	243	—	654	340	—
	Total s. Arbeitsbeginn	896095			252780			239587			1388462		
Novemb.	Gesamtzahl	13724	694	14418	4101	—	4101	—	7406	7406	17825	8100	25925
	Durchschnitt pro Tag	457	23	480	137	—	137	—	247	247	594	270	864
	Maximum » »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Total s. Arbeitsbeginn	910513			256881			246993			1414387		
Dezemb.	Gesamtzahl	13979	501	14480	4279	—	4279	—	7078	7078	18258	7599	25857
	Durchschnitt pro Tag	451	16	467	138	—	138	—	228	228	589	244	833
	Maximum » »	589	32	—	183	—	—	—	344	—	772	376	—
	Total s. Arbeitsbeginn	924993			261160			254071			1440224		

1915 Monat	Tagschichten im Tunnel 8 Stunden im Freien 10 Stunden	Im Tunnel			Ausserhalb des Tunnels auf den Werkplätzen			Auf der offenen Strecke			Zusammen		
		Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total	Süd	Nord	Total
Januar	Tagschichten, Gesamtzahl	12639	847	13486	4648	—	4648	—	4681	4681	17287	5528	22815
	Durchschnitt pro Tag	407	27	434	150	—	150	—	151	151	557	178	735
	Maximum » »	579	53	—	210	—	—	—	229	—	765	282	—
	Total s. Arbeitsbeginn	938479			265808			258752			1463039		
Februar	Gesamtzahl	10894	980	11874	5787	—	5787	—	4445	4445	16681	5425	22106
	Durchschnitt pro Tag	389	35	424	207	—	207	—	159	—	596	194	790
	Maximum » »	495	52	—	255	—	—	—	214	—	745	253	—
	Total s. Arbeitsbeginn	950353			271595			263197			1485145		
März	Gesamtzahl	9242	465	9707	5304	—	5304	—	5838	5838	14546	5838	20849
	Durchschnitt pro Tag	308	133	441	177	—	177	—	195	195	485	209	694
	Maximum » »	320	140	—	200	—	—	—	206	—	520	346	—
	Total s. Arbeitsbeginn	960060			276899			269035			1505994		
April	Gesamtzahl	3314	—	3314	3215	—	3215	Oberb. 1352	5922	7274	7881	5922	13803
	Durchschnitt pro Tag	110	—	110	107	—	107	45	197	242	217	197	414
	Maximum » »	262	—	—	168	—	—	80	258	—	430	258	—
	Total s. Arbeitsbeginn	963374			280114			276309			1519797		
Mai	Gesamtzahl	923	—	923	2310	—	2310	Oberb. 2015	6011	8026	5248	6011	11259
	Durchschnitt pro Tag	30	—	30	75	—	75	65	194	259	170	194	364
	Maximum » »	78	—	—	104	—	—	104	260	—	182	364	—
	Total s. Arbeitsbeginn	964297			282424			284335			1531056		
Juni	Gesamtzahl	1063	—	1063	1595	—	1595	Oberb. 4136	4921	9057	6794	4921	11715
	Durchschnitt pro Tag	35	—	35	53	—	53	138	164	302	226	164	390
	Maximum » »	85	—	—	68	—	—	209	202	—	362	202	—
	Total s. Arbeitsbeginn	965360			284019			293392			1542771		
Juli	Gesamtzahl	1009	—	1009	1847	—	1847	Oberb. 5170	5083	10253	8026	5083	13109
	Durchschnitt pro Tag	32	—	32	60	—	60	167	164	331	259	164	423
	Maximum » »	77	—	—	72	—	—	202	205	—	344	205	—
	Total s. Arbeitsbeginn	966369			285866			303645			1555880		
August	Gesamtzahl	665	—	665	1292	—	1292	Oberb. 4241	4911	6152	6198	4911	11109
	Durchschnitt pro Tag	21	—	21	42	—	42	137	158	295	200	158	358
	Maximum » »	33	—	—	69	—	—	189	198	—	292	199	—
	Total s. Arbeitsbeginn	967034			287158			312797			1566989		
Sept.	Gesamtzahl	2215	—	2215	1794	—	1794	Oberb. 2326	3969	6295	6335	3969	10304
	Durchschnitt pro Tag	74	—	74	60	—	60	77	132	209	201	132	333
	Maximum » »	115	—	—	82	—	—	205	178	—	400	178	—
	Total s. Arbeitsbeginn	969249			288952			319092			1577293		
Oktober	Gesamtzahl	3097	—	3097	2167	—	2167	Oberb. 1625	2985	4610	6889	2985	9874
	Durchschnitt pro Tag	100	—	100	70	—	70	52	96	148	222	96	318
	Maximum » »	124	—	—	79	—	—	90	192	—	293	192	—
	Total s. Arbeitsbeginn	972346			291119			323702			1587167		
Novemb.	Gesamtzahl	2136	—	2136	1883	—	1883	Oberb. 1730	1941	3671	5749	1941	7690
	Durchschnitt pro Tag	71	—	71	63	—	63	58	64	122	192	64	356
	Maximum » »	105	—	—	19	—	—	95	113	—	279	113	—
	Total s. Arbeitsbeginn	974482			293002			327373			1594857		
Dezemb.	Gesamtzahl	1472	—	1472	1256	—	1256	Oberb. 1447	1972	3419	4175	1972	6147
	Durchschnitt pro Tag	48	—	48	40	—	48	47	63	110	135	63	198
	Maximum » »	83	—	—	61	—	—	82	90	—	224	90	—
	Total s. Arbeitsbeginn	975954			294258			330792			1601004		

Das gibt auf 1 lfm Tunnel:

a) für Ausbruch, Transport im Tunnel, Mauerung und Nebenarbeiten rund	120	Tagschichten
b) für Maschinenhallen, Werkstätten, Steinbrecher- und Betonmischanlagen, Kippe, Rangierdienst etc. rund	36	»
insgesamt	<u>156</u>	<u>Tagschichten</u>

Von Interesse ist ein Vergleich der Menschenkraft mit der verwendeten Maschinenkraft. Für letztere liegen keine durchlaufenden Aufzeichnungen vor. Statt mit Mittelwerten zu operieren, greifen wir den Monat Juli 1913 auf der Südseite heraus:

Mittlere Arbeiterzahl im Tunnel: 913. Auf einmal, d. h. in einer Schicht waren im Tunnel 300 Arbeiter tätig. Für die mechanische Bohrung und die Ventilation wurden aufgewendet: zirka 600 PS.*) (die anderen 500 PS. dienten dem Transport, der Beleuchtung, Pumpstation etc.), also kommen auf 1 Arbeiter im Tunnel zirka 2 PS.

Dies erklärt besser als alles andere die kurze Bauzeit.

b) *Arbeitslöhne.*

An Löhnen wurden gezahlt:

1. Aussenarbeit:	für 1 Schachtmeister	70 Rp. per Stunde
	(bezw. Vorarbeiter)	
	1 Erdarbeiter	45 » » »
	1 Maschinisten	65 » » »
	1 Maurer	65 » » »
	1 Jungen	35 » » »
2. Im Tunnel und Schacht:	für 1 Vorarbeiter (Capo) . .	Fr. 6.75—7.20 per 8 stünd. Schicht
	1 Mineur	» 6.10 »
	1 Maurer	» 6.70 »
	1 Schlepper	» 5.10 »
	1 Jung-Schlepper	» 3.80 »
	1 Maschinisten	» 6.70 »
	(bezw. Lokomotivführer)	

An Löhnen wurde einschliesslich der offenen Strecke Los I und Los IIa, die Total-Lohnsumme von rund Fr. 8,520,000. — ausbezahlt.

c) *Unfälle.*

In der Zeit von Februar 1912 bis Ende 1915 kamen 4826 Unfälle zur Anzeige. Von den rund 1,610,000 Arbeiterschichten entfallen auf das Los II b Sissach-Gelterkinden rund 670,000; verbleiben für unsere Untersuchung 1,543,000. In bezug auf diese Zahl ergeben sich 3,13% Unfälle; davon waren 4778 leichte und 36 schwere Unfälle, von den letzteren 12 mit tödlichem Ausgang. Es entfallen auf den Aussendienst 3, auf den Schacht 1 und auf den Tunnel 8 Tote; das macht 1 Toten auf 1 km Tunnel.

Dank der Verbesserungen im Tunnelbaubetrieb und der Anwendung von Sicherheitssprengstoffen ist die Zahl der tödlichen Unfälle im Tunnelbau stetig zurückgegangen. Am Gotthard kamen auf 1 Kilometer 12, am Simplon 4, am Lötschberg 2 tödliche Unfälle.

Die etwas hohe Zahl von 4826 Unfallsanzeigen rührt zum grossen Teil daher, dass für die Dauer der Heilung dem Arbeiter der volle Lohn ausbezahlt wird. Das ist schon gleichbedeutend mit einer Ueberversicherung, die dazu reizt, ganz unbedeutende Verletzungen zur Anzeige zu bringen, aus denen man früher keinen Fall machte; es kam auch vor, dass die Heilung absichtlich verzögert wurde. Die Arbeiter bezahlten an die Unfallkasse 4% von ihrem Lohn. Von der Total-Lohnsumme von rund Fr. 8,520,000. — wurden 10% Prämien an eine Versicherungsgesellschaft d. h. rund Fr. 852,000. — bezahlt.

d) *Krankenkasse.*

Jeder Arbeiter bezahlte an die Krankenkasse 1% von seinem Lohn und hatte dafür im Krankheitsfalle während der Zeitdauer bis zu 90 Tagen Anspruch auf folgende Leistungen:

1. Den unentgeltlichen Transport in ein Spital oder an einen anderen Verpflegungsort.
2. Die kostenfreie Behandlung durch den Arzt.
3. Die unentgeltliche Verabreichung der Arzneien und sonstigen Heilmittel.
4. Die unentgeltliche Verpflegung, d. h. freie Spitalverpflegung und Fr. 1. — pro Tag oder Fr. 1.50, wenn er sich zu Hause selbst verpflegte, ausser der kostenfreien ärztlichen Behandlung und den Arzneien.

*) Leistung an der Motorenwelle; Verlust für Leitung und Umsatz eingeschlossen.



Abb. 59. Grabdenkmal auf dem Friedhof von Trimbach für die beim Bau der neuen Hauensteinlinie verunglückten Arbeiter.

Während der $4\frac{1}{2}$ Jahre des Bestehens der Krankenkasse von 1912 bis Mitte 1916 wurden verausgabt:

Im Jahre 1912	Fr. 18,346.89
» » 1913	» 46,824.50
» » 1914	» 46,572.50
» » 1915	» 22,724.45
» » 1916	» 2,277.40
	<u>Total Fr. 136,745.74</u>

Dazu leistete die Unternehmung einen Zuschuss von Fr. 12,753.88 oder 9,4 %.

6. Die Keuperstrecken.

Eine besondere Eigentümlichkeit im Hauensteintunnel, wie der Juratunnels überhaupt, ist das Vorkommen von sogenanntem schwelldem Gebirge, in welchem stellenweise starke Druckerscheinungen auftreten; doch sind diese ganz anders geartet als diejenigen, die der Gebirgsdruck sonst zeitigt. Um den Unterschied von jenen klar hervorzuheben, soll zunächst auf den Gebirgsdruck im allgemeinen eingetreten werden.

Aus den Beobachtungen im Berg- und Tunnelbau wissen wir, dass an den Wänden von Hohlräumen, die im Gebirge ausgebrochen werden, in der Regel und normaler Weise keine Druckerscheinungen auftreten, indem Kohäsion und innere Reibung den Einfluss der Schwerlast abhalten und sukzessive auf das Gebirge um den Hohlraum herum übertragen, so dass an der Oberfläche keine oder nur schwache Spannungen auftreten. Das schliesst jedoch in den meisten Fällen die Notwendigkeit eines sicheren Einbaues und nachfolgender Mauerwerksverkleidung nicht aus, um Ablösungen und Nachbrüche des Gesteins zu verhindern, und zwar soll schon den Anfängen gewehrt werden; denn die Nachbrüche greifen mit der Zeit um sich, wo eine gut anschliessende provisorische oder definitive Auskleidung fehlt. Wenn solche hinter dem Mauerwerk noch entstehen können, so äussert sich ihre Keilwirkung hauptsächlich an den Widerlagern. Statische Untersuchungen des Tunnelmauerwerks zeigen, dass die Lage der Drucklinie für die verschiedenen Belastungsfälle, bzw. für die eintretenden Beanspruchungen in den Widerlagern grösseren Schwankungen unterworfen ist als im Gewölbe; deshalb sind jene stärker auszubilden als dieses. Wenn erst die Widerlager ausweichen, so versagt auch das Gewölbe, wie dies übrigens bei jeder Gewölbekonstruktion der Fall ist.

Der eigentliche Gebirgsdruck, der im Tunnel grössere Komplexe ergreift, und bei geringmächtiger Ueberlagerung, im erdigen oder verwitterten Gebirge, namentlich in der Nähe der Portale auftritt, ist dem Erddruck verwandt; auf ihn lässt sich die Erddrucktheorie gut anwenden.

Im Innern von Gebirgstunneln zeigen sich neben standfesten Strecken ausnahmsweise kürzere oder längere Strecken, die unter Gebirgsdruck stehen, dem weder mit der Erddrucktheorie, noch mit der Beschaffenheit des Materials, noch mit einer Erklärung durch den Ueberlagerungsdruck beizukommen ist.

Meistens äussert er sich durch Ausquetschungen oder Bergschläge, die u. E. in sehr vielen Fällen nur dadurch zu erklären sind, dass grössere Komplexe durch den Eingriff in ihrem labilen Gleichgewicht gestört werden, weil sie sozusagen «hohl liegen» und nun eine Keilwirkung ausüben oder laterale Spannungen hervorrufen, ähnlich wie wir sie aus der Statik an den verschiedenen Trägerformen kennen; nur treten sie nicht so rein und übersichtlich auf, so dass es oft schwer wird, ihren Zusammenhang zu ergründen. Was für eine andere Erklärung gäbe es im Hinblick auf das Ausbleiben des Gebirgsdruckes in sonst gleichen oder doch sehr ähnlichen benachbarten Strecken?

Um derartige Druckerscheinungen handelt es sich jedoch beim schwellenden Gebirge nicht.

Wir kennen verschiedene Ursachen, welche eine Schwellung, eine Blähung des Gesteins hervorrufen können. In den meisten Fällen ist die Ursache in der Wasseraufnahme zu suchen und eben weil das Wasser im Tunnel dem tiefsten Punkte, der Sohle, folgt, so tritt häufiger als man früher annahm, ein Auftreiben der Sohle ein. Besonders mergelige Gesteinsarten, wie Opalinuston, Sowerbyischichten, die Mergel des Tertiär u. a. m. werden davon betroffen. Periodische Nivellements der Sohle sind deshalb notwendig. Diese Art Wasseraufnahme ist vorzugsweise ein physikalischer Vorgang, der mit dem Eintritt der Sättigung aufhört. Es kommt aber dabei wahrscheinlich noch etwas anderes in Betracht, das durch die Beobachtung von Dr. W. Petrascheck, beschrieben in einem Aufsatz «Ueber einige für die Tiefbohrtechnik wichtigen Eigenschaften von Tongestein», Separatabdruck aus der Oesterreichischen Zeitung für Berg- und Hüttenwesen 1914 Nr. 8, eine besondere Aufklärung erfährt, nämlich auf die in manchen Tongesteinen enthaltenen *Kolloide*, die bei Wasseraufnahme eine lang andauernde Schwellung, bei welcher der Sättigungsgrad nicht so schnell erreicht wird, hervorbringen. Es wurde beobachtet, dass in gewissen Tongesteinen infolge der Schwellung des Materials sich die Bohrlöcher wieder schlossen. Wir verweisen auf den Aufsatz selbst und ziehen daraus nur einige Schlüsse, die sich in bezug auf den Tunnelbau ergeben.

Es empfiehlt sich in jedem Fall, das vorkommende Tongestein auf seine Plastizität und Dehnung bei Wasseraufnahme zu prüfen und seine besonderen Eigenschaften festzustellen. Liegt schwellendes Tongestein vor, so ist für eine dauernde Fernhaltung des Wassers von der Tunnelsohle zu sorgen. Wenn dies nicht leicht auf andere Weise zu erreichen ist, so ist dieselbe durch ein Sohlengewölbe mit vollkommen dichtem Wasserkanal zu schützen.

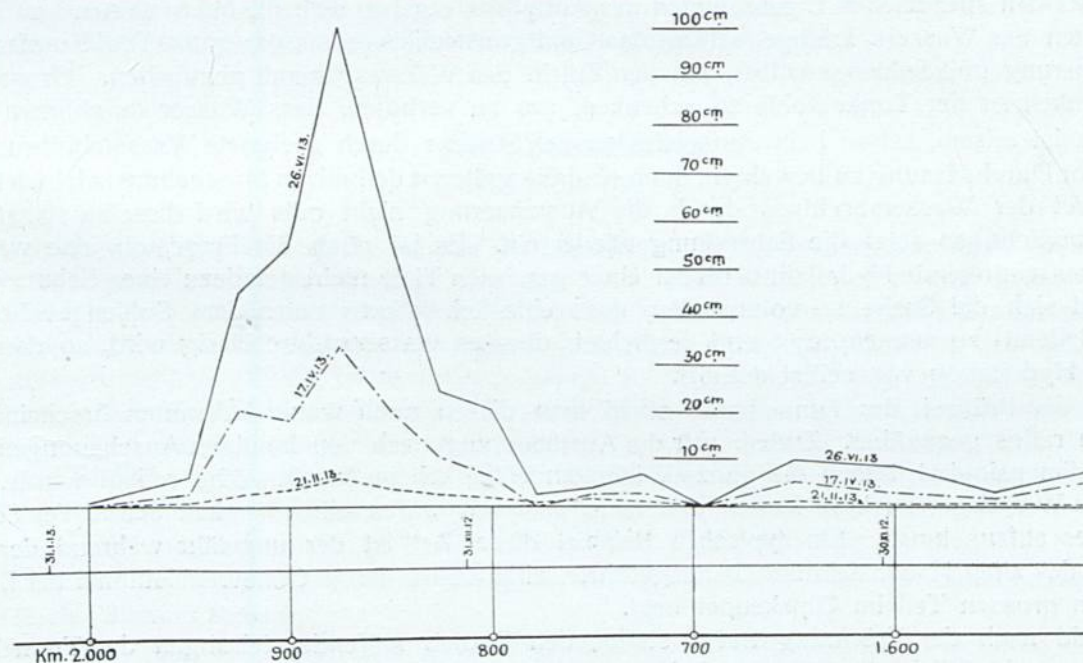


Abb. 60. Auftrieb der Sohle des Stollens in der ersten Keuperstrecke.

Es gibt mitunter auch salzhaltige Mergel mit hygroskopischen Eigenschaften, die die Feuchtigkeit aus der Luft anziehen. Meistens bemerkt man jedoch an den Stollenwänden Schwundrisse, weil die Ventilationsluft die Gebirgsfeuchtigkeit aufnimmt und abführt.

Eine andere Blähung, die allerdings im Hauensteintunnel nicht beobachtet wurde, tritt bei blosser Luftzutritt ein, indem der Sauerstoff der Luft auf gewisse Bestandteile wie z. B. Schwefelkies oder fein zerteilte Kohle eine oxydierende Wirkung ausübt.

Die Art der Schwellung des Gesteins, welche uns beim Bau des Hauensteintunnels am meisten zu schaffen machte, beruht auf der *Hydratation* des Anhydrits, der sich bei Wasseraufnahme in Gips verwandelt unter einer starken Vergrößerung seines ursprünglichen Volumens. Anhydrit ist wasserfreier, schwefelsaurer Kalk CaSO_4 . Er hat ein mittleres spezifisches Gewicht von 3,2. Infolge von Wasseraufnahme verwandelt er sich in Gips $\text{CaSO}_4 + 2(\text{H}_2\text{O})$. Reiner schwefelsaurer Kalk nimmt bei diesem Vorgang 20,9% seines Gewichtes an Kristallwasser auf; wenn trotz der Stoffaufnahme der Gips ein geringeres spezifisches Gewicht aufweist, so ist das nur bei einer Volumenvermehrung möglich. In der Tat beträgt sie nach *Tschermak* bei vollständiger Umwandlung von Anhydrit in Gips 60%.

Bei reinem, dichtem Anhydrit ist jedoch die Affinität zum Wasser nicht sehr gross. Eine Blähung tritt nicht oder nur langsam ein. Selbst bei längerem Lagern im Wasser zeigten Probestücke nur eine schwache Veränderung der Oberfläche. (Bulletin de la Société Géologique de France 1910, page 440).

Wenn jedoch die Hydratation einmal eingeleitet ist, so schreitet sie progressiv weiter.

Anhydrit in feiner Verteilung im Mergel zeigt eine starke Neigung zur Schwellung; denn er bietet dem Wasser eine grosse Oberfläche dar, und die Kapillarität des Mergels führt sogleich wieder Wasser heran, sowie ein Teil desselben chemisch gebunden wird; überhaupt begünstigt er die Ausbreitung des Wassers. Bei km 1,870 ab Südportal hob sich die Sohle des Stollens innerhalb einer Frist von wenigen Wochen um einen Meter (Abb. 60).

Wenn die Wasserinfiltration (Durchfeuchtung) anhält und das Material am Ausweichen verhindert ist, so wird der Druck unüberwindlich gross. Der Druck setzt sich aus drei Komponenten zusammen, diese sind:

1. die kapillare Schwellung des Mergels,
2. die Zunahme des Volumens durch die Hydratation,
3. der Wachstumsdruck infolge der Bildung von Gipskristallen.

An vielen Stellen der Anhydritstrecken (Gipskeuper und Anhydritgruppe der mittleren Muschelkalkformation) war später der Mergel von Gipskristallen durchsetzt, die früher nicht vorhanden waren. Auf freien Flächen zwischen Spalten bildeten sich feine Kristallnadeln. Die Nadelform weist auf einen Nachschub des Wassers infolge der Kapillarität des Mergels hin. Das ist sehr wichtig; darum wurde der Vorgang im Bilde festgehalten (Abb. 61).

Beim Auffahren des Stollens, sowie auch beim Ausweiten des Tunnelprofils erwies sich das Gebirge in den Anhydritpartien ziemlich standfest. Nur an denjenigen Stellen, die mit tropfbarem Wasser in Berührung kamen, traten Schwellungen mit Druckerscheinungen auf, einem lokalisierten Geschwür vergleichbar, das auch sogleich wieder verheilte, sobald die Wasserzufuhr aufhörte. Allerdings geht die auf Hydratation beruhende Schwellung nicht wieder zurück.

Aus den spezifischen Eigenschaften des Anhydrits ergeben sich die Massnahmen von selbst: Fernhalten des Wassers, kräftige, satt an das Gebirge anschliessende, das ganze Profil umfassende Ausmauerung (mit Sohlengewölbe), um den Zutritt des Wassers überall abzuhalten. Grosse Aufmerksamkeit ist der Tunneldohle zu schenken, um zu verhüten, dass Wasser durchfiltern kann.

Es ist ratsam, schon beim Aufschliessen des Stollens durch geeignete Wasserabführung die Sohle vor Durchnässung zu bewahren, doch sind die späteren definitiven Massnahmen viel wichtiger; denn hält der Wasserabschluss durch die Ausmauerung nicht oder wird dieselbe selbst nach Jahren undicht, so setzt die Schwellung wieder ein. Es ist noch die Frage, ob eine während des Baues eintretende Hydratation bis zu einer gewissen Tiefe nicht geradezu einen Schutz bildet. Man hat sich die Sache so vorzustellen, dass eine Schwellung unter dem Sohlengewölbe das Material derart zusammenpresst und verdichtet, dass es wasserundurchlässig wird, so dass eine weitere Hydratation von selbst aufhört.

In der Frühzeit des Tunnelbaues stand man diesen noch wenig bekannten Erscheinungen ziemlich ratlos gegenüber. Zudem war die Ausmauerung nach den heutigen Anschauungen nicht richtig dimensioniert, indem die ganze Widerstandsfähigkeit in das Gewölbe verlegt wurde, während die Widerlager zu kurz kamen und nicht imstande waren, einen starken Schub des Sohlengewölbes aufzunehmen. Ein typisches Beispiel dieser Art ist der ungefähr während der Bauperiode des alten Hauensteintunnels ausgeführte, zirka 600 m lange Genevreuilletunnel bei Belfort, der zum grossen Teil im Gipskeuper liegt.

Bald nach der Eröffnung traten starke, den Betrieb störende Hebungen der Tunnelsohle auf. Ein nachträglich eingezogenes Sohlengewölbe hatte zur Folge, dass die Widerlager brachen.

Das Firstgewölbe war 80 cm stark und die Widerlager 50 cm. (Heutzutage würde man wohl die Dimensionen vertauschen.) Man konstruiere sich einmal ein solches Profil und versuche in dieses ein Sohlengewölbe einzuzichnen.

Im alten Hauensteintunnel stellten sich ebenfalls kurz nach der Betriebseröffnung Deformationen der Mauerung ein. Auch das nachträgliche Einziehen eines Sohlengewölbes im Jahr 1865 konnte keine definitive Ruhe schaffen, da unter dem Betongewölbe, wie die im Jahre 1876 ausgeführten Untersuchungen ergaben, Wasser zirkulierte.

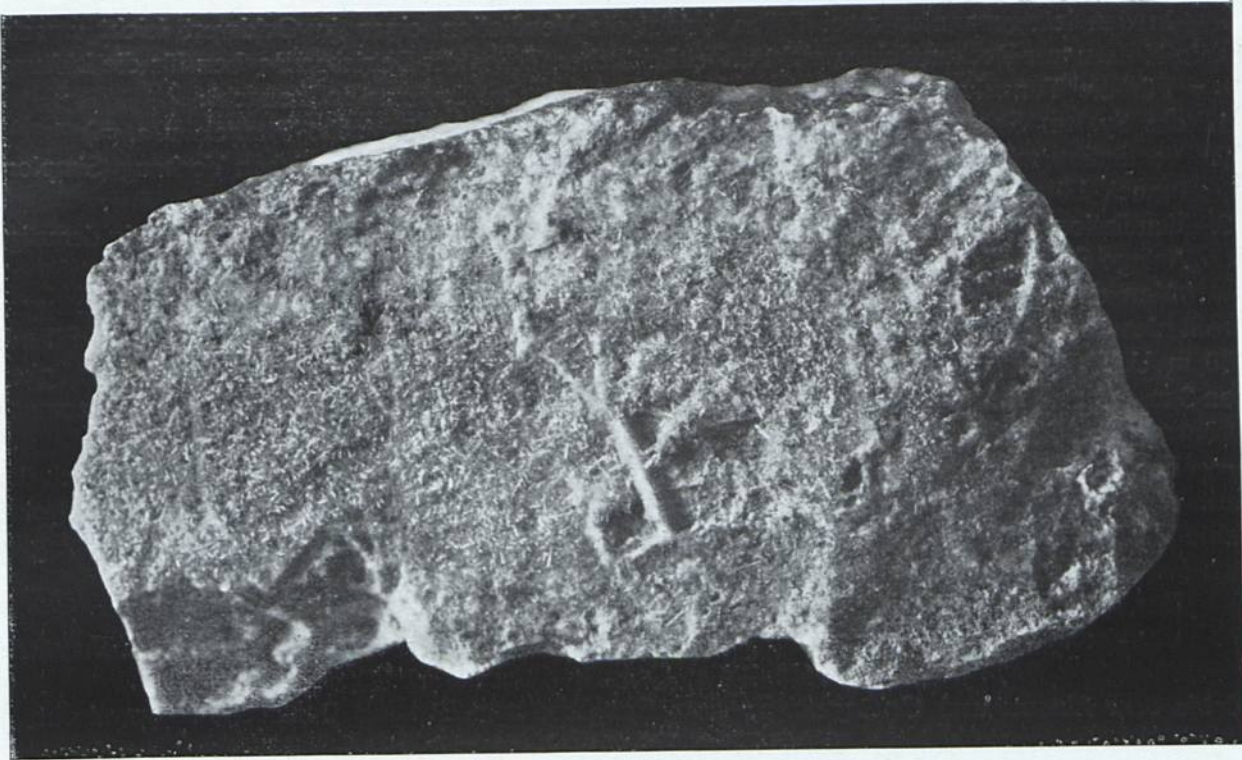


Abb. 61. Ein Stück Gipskeuper mit Gipskristallnadeln.

Im Juni 1889 erschien in der Deutschen Bauzeitung ein Aufsatz: Ueber die Ausführung von Tunnels in pressbaren und blähenden Gebirgsarten von Kauffmann. Darin wird das Erstellen eines Sohlengewölbes im blähenden Gebirge verworfen, weil es doch nicht widerstehe, und es wird eine trockene Füllung (Polster) hinter dem Mauerwerk verlangt, damit sich das Gebirge ausdehnen könne.

Bemerkenswert an dem Aufsatz ist übrigens, dass Anhydrit gar nicht erwähnt wird.

Den vorerwähnten Ideen entsprechend wurde zur Probe im Hauensteintunnel vorgegangen. Das Experiment hatte natürlich keinen Erfolg; denn die Sohlengewölbe mussten nachträglich doch eingezogen werden, und das Polster wurde durch Zementeinspritzungen verdichtet und verfestigt, also in seiner Grundeigenschaft verändert.

Im Hauensteintunnel haben die in vier Strecken vorkommenden Anhydritpartien eine Gesamtlänge von 1 km, wie aus dem geologischen Profil ersichtlich ist.

7. Der Schachtbau.

Tafel 29—32.

Der in normalen Zeiten starke Verkehr der Linie Basel-Olten erfordert besondere Massnahmen und Vorkehrungen zur Lufterneuerung; dies ergab die Notwendigkeit einer künstlichen Lüftung des 8134 m langen Hauensteintunnels; denn jede natürliche Lüftung ist unbeständig, ganz von den meteorologischen Verhältnissen abhängig; zudem haben die im Tunnel verkehrenden Züge einen grossen Einfluss auf die Luftströmung: Züge in derselben Richtung verstärken sie, Züge in entgegengesetzter Richtung heben sie auf oder kehren den Luftzug vorübergehend um. Die Luft strömt also bei starkem Verkehr zeitweise hin und her, so dass sich der Gehalt an Rauchgasen und Abdampf gegen die Tunnelmitte hin verdichtet. Darum wurde im Hauensteintunnel eine künstliche Lüftung vorgesehen, die allerdings bis jetzt noch nicht fertig ausgebaut worden ist. Die Zwecke, denen eine künstliche Ventilation dient, sind folgende:

1. Erhaltung der Sichtbarkeit der Lichtsignale der Blockstation und der Einfahrtsignale, hier z. B. der Station Tecknau.
2. Die Erneuerung der durch Rauchgase und Abdampf verdorbenen Luft, wodurch sonst die Gesundheit des Personals, das den Streckendienst im Tunnel ausübt, gefährdet werden kann.
3. Die Konservierung des Oberbaues; nach *Lanzin* hat die künstliche Lüftung überall eine Verbesserung der Adhäsionsverhältnisse bewirkt. Dadurch erhöht sie in gewissem Sinne die Leistungsfähigkeit des Betriebes.
4. Desgleichen begünstigt die künstliche Ventilation die Erhaltung des Mauerwerks. Das ist wichtig. Der kohlen saure Kalk im Mörtel verwandelt sich durch die Einwirkung der schwefeligen Säure der Rauchgase in Gips. Dieser chemische Vorgang wird noch durch die Wärme und den grossen Feuchtigkeitsgehalt der Luft gefördert.

In den letztgenannten zwei Fällen bringt die Ventilation einen in Geldwert leicht umsetzbaren Nutzen zur Deckung eines nicht unbeträchtlichen Teiles der Betriebsausgaben für die Lüftung.

Für die Tunnelventilation kommen hauptsächlich drei Systeme in Betracht:

1. das System *Saccardo* (Gotthard-, Tauertunnel, viele oberitalienische Tunnels u. a. m.)
2. Ventilation mit Abschluss eines oder beider Portale mit einem beweglichen Vorhang (Simplontunnel, Lötschberg- und Grenchenbergtunnel).
3. Ventilation mit Saugschacht ungefähr in der Mitte des Tunnels. (Eine gutwirkende derartige Anlage findet sich im Severntunnel in England und ist bei Cochem im Bau.)

Man entschied sich beim Hauensteintunnel für das letztgenannte System, weil das Längenprofil des Berges dafür sehr günstig ist. Bei km 32,241 fand sich eine geeignete Stelle mit nur 130 m Ueberlagerung. Die der Anlage zu Grunde gelegte, mit einer normalen Geschwindigkeit von 3 m per Sekunde zu fördernde Luftmenge im Tunnel beträgt 132 cbm per Sekunde; demnach strömen beim Schacht in der Sekunde $2 \times 132 = 264$ cbm Luft zusammen.

Erfahrungsgemäss soll bei Luftförderung durch Röhren und Kanäle die Geschwindigkeit der Luft 10 m per Sekunde nicht oder nicht wesentlich überschreiten. Man gab dem Schacht eine lichte Weite von 5,60 m. Dem entspricht ein freier Querschnitt von 24,63 qm und daraus ergibt sich im Schacht eine normale Geschwindigkeit der Luft von 10,7 m per Sekunde.

Der Kraftverbrauch für die Ventilation wird auf 120 bis 150 PS. berechnet.

Das geologische Profil war für den Schachtbau nicht ungünstig. Es folgten von oben nach unten:

0 bis 16 m *Quartär (Aluvium)*:

0 bis 8 m *Humus* und *Gehängelehm*; dann *Bachkies*, zum Teil mit Gehängelehm vermischt.

16 bis 72 m *Tertiär (Obermiocän)*:

16 bis 43 m braune *Mergel* zum Teil etwas sandig; bis 32 m eingeschwemmte Schneckenschalen,

43 bis 50 m ziemlich harte, teils dichte, teils porös-zellige, tonige *Süsswasserkalke* mit Schnecken,

50 bis 52 m graue tonige *Mergel*,

52 bis 54 m mergliger *Süsswasserkalk* mit Schnecken,

54 bis 72 m vorwiegend bunte (rote und grünliche) *Mergel*, zum Teil etwas sandig oder konglomeratisch; bis 59,5 m eine *Nagelfluh*überlagerung; dann wieder rote *Mergel* mit vereinzelt kleinen Geröllen; zu unterst rote, merglige *Konglomerate*,

72 bis 130 m *Jura*:

72 bis 110 m *Effingerschichten* (graue, zähe *Mergel* und *Mergelkalke*)

110 bis 112 m *Birmensdorferschichten* (gelblichgrauer, dichter *Kalkstein* und feinsandige graue *Mergel*)

112 bis 128 m *Callovien* (*Tone* mit eisenoolithischen Einlagerungen)

128 bis 130 m *Callovien* und *Hauptrogenstein* (gebankter, feinkörniger oolithischer *Kalkstein*) nebeneinander

} *Malm*
(ob. Jura)

} *Dogger*
(mittl. Jura)

Im untern Teil wird der Schacht von einer Verwerfung (Keilgraben von 4250 bis 4540) durchquert, so dass südlich *Callovien* und nördlich *Hauptrogenstein* auftritt. (Siehe Buxtorf «Prognosen und Befunde etc.» Seite 197.)

Kleinere Quellen fanden sich in 16,43 und 48 m Tiefe.

Das Projekt (Tafel 29).

Der Schacht mit kreisrundem Querschnitt wurde, das Tunnelprofil tangierend, auf der östlichen Tunnelseite abgeteuft. Die Stärke der normalen Ausmauerung aus Stampfbeton beträgt 0,35 m. Beim Anschluss an den Tunnel (Schachtstuhl) ist die Mauerung bis auf 12 m Höhe 0,60 m stark. Der schiefe Einlauf vom Tunnelgewölbe aus wird von einem 0,60 m starken Betongewölbe gebildet. Ausserdem waren am Schachtmund und im Schacht selbst Entlastungsringe vorgesehen. Es kamen deren mehrere von 20 bis 30 m Höhe, im Grunde jeder Mauerwerkszone, zur Ausführung.

Die Ausführung (Tafel 30—32).

Mit dem Aushub des Schachtes wurde im Oktober 1913 begonnen. Das theoretische Ausbruchprofil hatte einen Durchmesser von 6,30 m und eine Querschnittsfläche von 30,2 qm. Als Einbau dienten 15 cm hohe eiserne Ringe aus U-Eisen in Abständen von 2 bis 2,5 m, hinter denen die Steckbretter (Pfähle) von 8 cm Stärke eingetrieben und verkeilt wurden (Abb. 62). In der ersten Zeit wurde das Material durch eine mit Dampf betriebene Bauwinde hochgezogen. Später wurde ein mechanischer Aufzug eingerichtet, wie er in Bergwerken üblich ist (Tafel 30).

Nachdem auf diese Weise der Schacht auf 20 m abgeteuft worden war, wurde mit der Ausmauerung und mit der Vorbereitung zur Erstellung der mechanischen Fördereinrichtung begonnen. Am Schachtmunde wurde ein 1 m breiter, 15 m hoher Ring mit Eiseneinlage und 2 quergelegten I-Balken von 20 cm Höhe als Hängebank ausgeführt und bei 20 m wurde ein mit Eisenträgern im Gebirge verankerter Entlastungsring hergestellt, der mit Rundeisen an die Hängebank aufgehängt wurde, um den Zusammenhang der ersten Mauerwerkszone von 20 m Höhe zu sichern.

Zur Verschalung der Betonierung dienten Blechringe, die mit einer Gitterkonstruktion verstärkt waren (Abb. 63). Ein solcher Ring besteht aus 5 zusammengeschraubten Bogenstücken. Zu gleicher Zeit wurde alle 4 m eine Balkenlage eingemauert, zur Aufnahme der vertikalen Führungshölzer für zwei Fördergestelle. Auf diesen Balkenlagen, die miteinander durch eine Treppe verbunden wurden, konnte nach Bedürfnis ein Bretterboden gelegt werden. Zum Betrieb der Förderanlage diente ein Elektromotor, der die Kraft durch Riemenantrieb auf die Fördermaschine übertrug. Diese bestand aus einer Seiltrommel von 1 m Durchmesser, mit einem Seil mit zwei Enden, an denen die Fördergestelle hingen, dermassen, dass sich beim Drehen der Seiltrommel das eine Ende auf-, das andere abwickelte, so dass das eine Fördergestell aufstieg, während sich das andere senkte. Die Triebrolle, neben der sich beidseitig eine Leerlaufrolle befand, wirkte auf ein Schneckengetriebe, welches die Seiltrommel in Drehung versetzte. Da die Seiltrommel abwechselnd nach rechts und nach links drehte, waren zwei Riemen, davon der eine gekreuzt, vorhanden.

Die Dazwischenschaltung eines Schneckengetriebes geschah aus Sicherheitsgründen, weil dieses der Drehung, wenn der Antrieb von der Trommel ausgeht, so viel Widerstand entgegensetzt, dass es zugleich die Stelle einer Sicherheitsbremse einnimmt. Als weitere Sicherung war an den Fördergestellen eine sogenannte Fangeinrichtung angebracht, welche sich im Falle eines Seilbruches selbsttätig einstellte. Ausserdem bestand eine Vorrichtung, die ebenfalls selbsttätig den Treibriemen auf die Leerlaufrolle aufrückte, sobald der Fahrstuhl oben anlangte.

Die Fördereinrichtung stammte aus dem von Roll'schen Eisenwerk in der Klus. Sie hat während des Schachtbaues anstandslos gearbeitet.

Ende Januar 1914 wurde die Abteufung wieder aufgenommen. Die Bohrung im Fels geschah mittels drei pneumatischen Bohrhämmern. Ausser der Druckluftleitung waren eine Rohrleitung zur Förderung des Betonmaterials, ein Rohr für die Wasserhaltung und ein elektrisches Kabel zur Lieferung von Kraft und Licht in den Schacht eingebaut.

In der Fortsetzung der Abteufung wurden die Balken der Zwischenboden in den Fels eingelassen. Nach der Vollendung des Schachtes wurden die Balkenden herausgenommen und die Hohlräume zugemauert.

Das Wasser wurde anfänglich in einem Sumpf im Grunde der Abteufung gesammelt und mit Kübeln in die eisernen Förderwagen geschöpft.

Später wurde bei 50 m ein Wasserkasten aufgestellt, in welchem das Wasser gesammelt und daraus mit Unterbrechung mittels einer elektrisch betriebenen Kreiselpumpe hinaufgefördert wurde.

Im März 1914 wurde damit begonnen, den Schachtausbau auch von unten zu betreiben. Bei 4540 m ab Südportal, 7,60 m seitlich der Tunnelaxe, wurde ein Richtungsschacht von quadratischem Querschnitt $1,80 \times 1,80$ m aufgebrochen. Im Mai 1914 traf die Abteufung von oben bei 74 m mit dem Richtungsschacht von

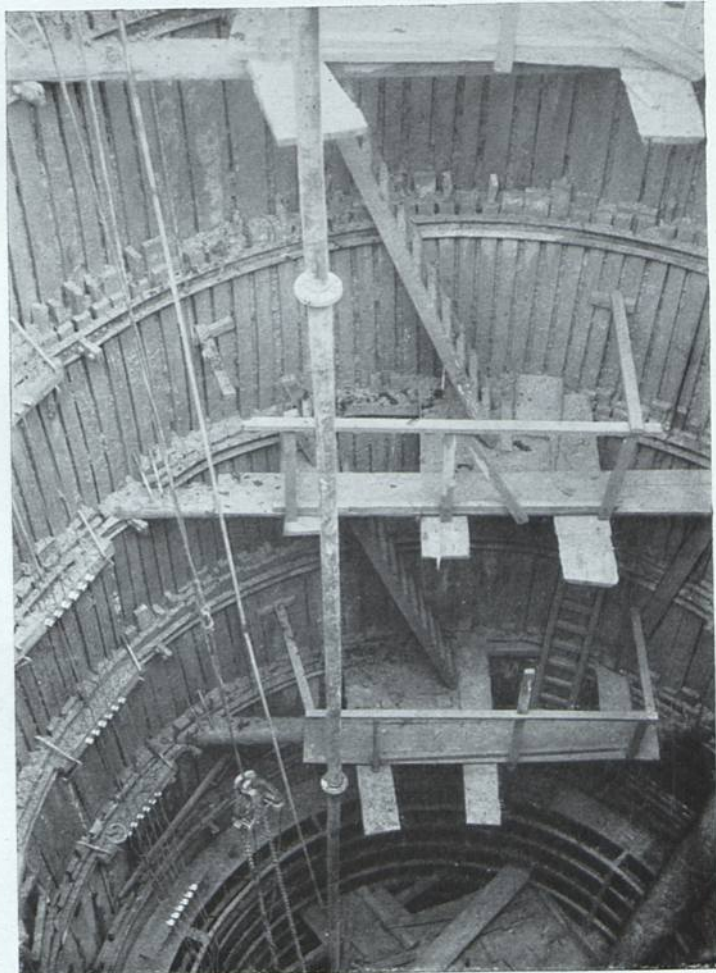


Abb. 62. Einbau des Schachtes.

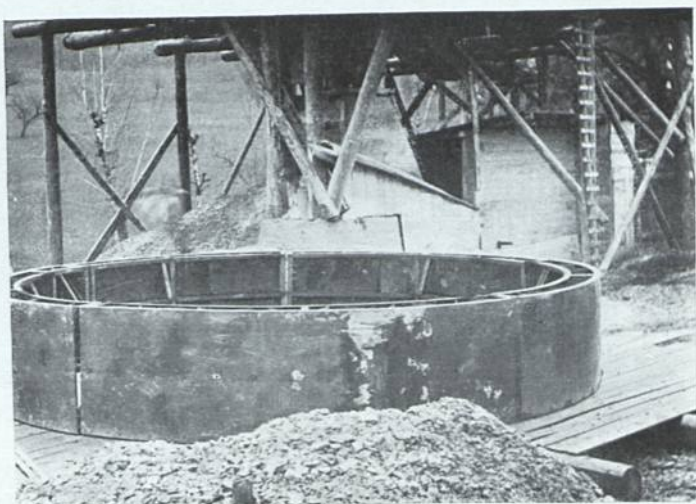


Abb. 63. Verschalungsring (Lehrtrommel).

unten zusammen. Die Uebereinstimmung war eine gute. Nun wurde der Schacht ausgeweitet und von da ab das Material durch den Tunnel befördert, so dass der Aufzug beinahe ausschliesslich der Ausmauerung zur Verfügung stand.

Das Betonmaterial, im Steinbrecher beim Schacht gebrochener Muschelkalk, stammte aus dem Wisener Steinbruch, der mit der Baustelle durch eine Dienstbahn verbunden war. Nach Vollendung des Schachtes diente dieser eine Zeit lang zur Förderung von gebrochenem Muschelkalk für Betonmaterial und Bahnschotter im Tunnel.

Die Erstellung des Schachtes von 133,50 m bis zur Tunnelsohle wurde am 25. September 1913 an die Tunnelbauunternehmung um Fr. 160,000.— vergeben. Dazu kamen noch rund Fr. 5000.— für Verstärkungen und Extraarbeiten, so dass 1 m Schacht, den Schachtstuhl inbegriffen, auf Fr. 1240.— zu stehen kommt.

Die Einrichtung einer Ventilationsanlage über dem Schacht wurde einstweilen verschoben.

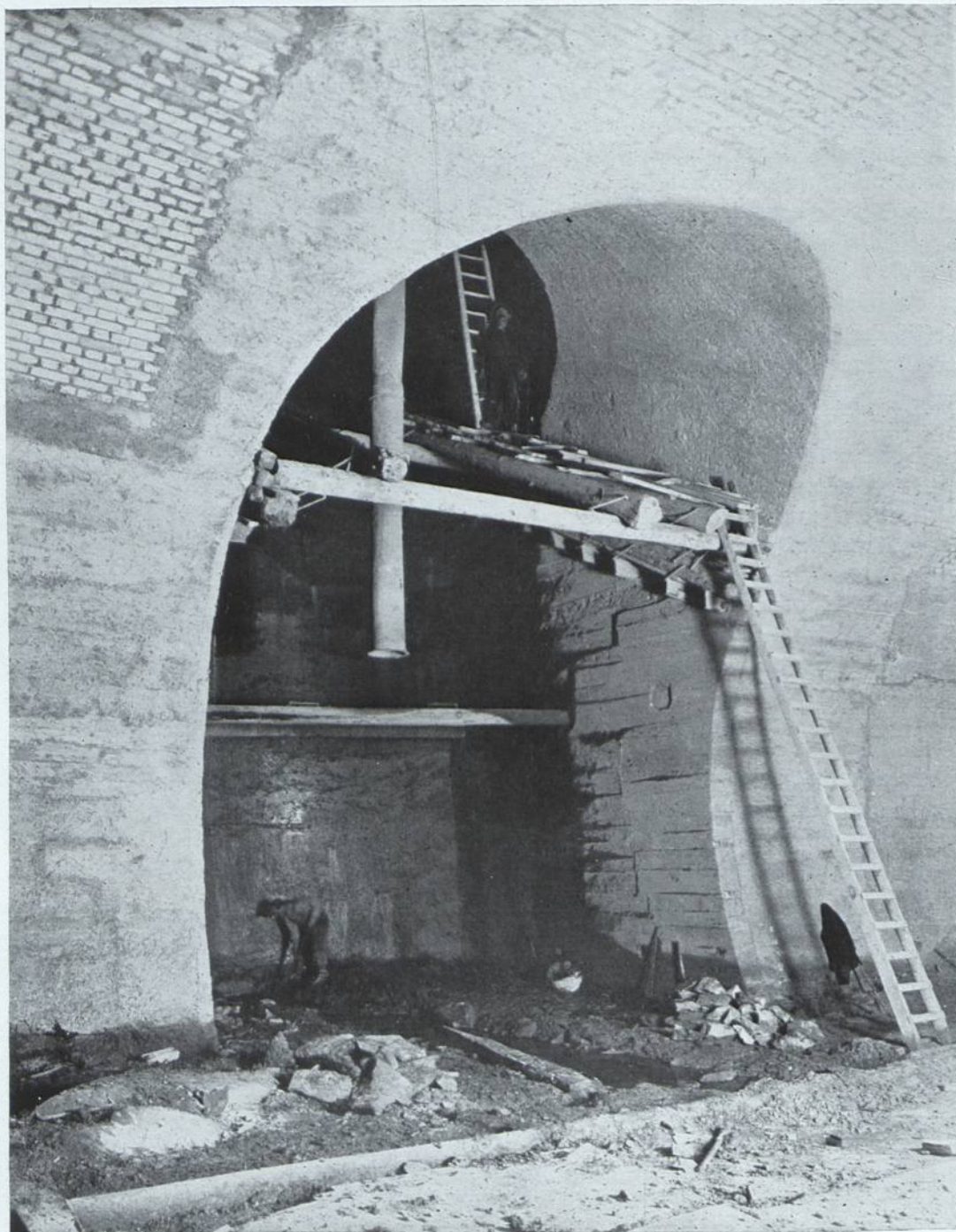


Abb. 64. Schachteinlauf, 4540 m ab Südportal.
Tunnelmauerung: Widerlager aus Stampfbeton, Gewölbe aus Zementkunststeinen.

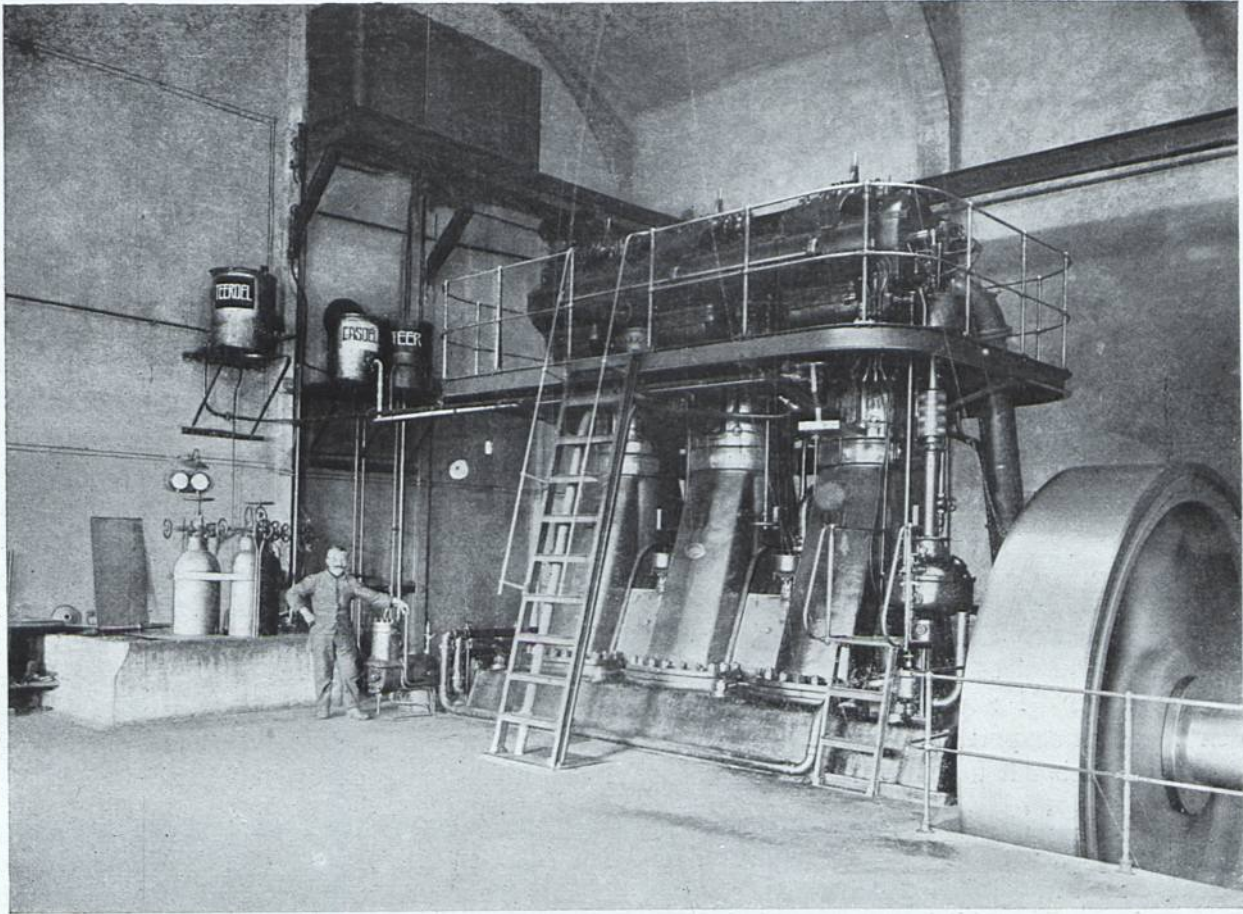


Abb. 65. Dieselmotor für den Betrieb mit Teer eingerichtet.

8. Die Vollendung.

Der unerwartete Kriegsausbruch und die Mobilisation in der Schweiz hatten ganz ausserordentliche Verhältnisse zur Folge, welche die Vollendung der Arbeiten sowohl im Tunnel, als auch auf der offenen Linie in hohem Masse erschwerten; dies veranlasst uns, der Vollendung mit einigen Worten zu gedenken. Es traten folgende Schwierigkeiten auf:

1. Plötzlicher Wegzug der Arbeiter.
2. Beschränkung der Bauausgaben auf ein gewisses Minimum.
3. Verminderung der Zahl der Ingenieure und anderer Beamten, sowohl der Bauleitung als auch der Unternehmung.
4. Schwierigkeiten in der Beschaffung der zum Bau notwendigen Materialien, ebenso Verteuerung des Lebensunterhaltes der Arbeiter.
5. Schwierigkeiten in der Beschaffung des Oberbaumaterials und der elektrischen Einrichtungen. Zu dieser Aufzählung ist im einzelnen zu bemerken:

ad. 1. Am 30. Juli 1914 waren im Tunnel und auf der offenen Linie von Sissach bis Olten 2306 Arbeiter beschäftigt. In den ersten Tagen vom Monat August zogen viele italienische Arbeiter, die von zu Hause einberufen worden waren, weg. Andere kehrten aus Besorgnis in ihre Heimat zurück.

1914	Südseite			Nordseite			Zusammen		
	30. VII.	8. VIII.	4. IX.	30. VII.	8. VIII.	4. IX.	30. VII.	8. VIII.	4. IX.
Im Tunnel	1300	211	286	309	108	111	1609	319	397
auf den Werkplätzen	253	111	133	45	30	6	298	141	274
im Schacht	31	—	12	49	—	31	80	—	92
Summe Tunnel . . .	1584	322	431	403	138	148	1987	460	763
Offene Linie I . . .	—	—	—	129	—	—			
» » IIa	—	—	—	38	9	17			
» » IIb	—	—	—	92	6	19			
							319	15	36
TOTAL	—	—	—	—	—	—	2306	475	799

Der Tiefstand der Arbeiterzahl wurde schon am 8. August erreicht. An diesem Tage arbeiteten 475 Mann. Nach und nach trat eine gewisse Beruhigung ein; so finden wir am 4. September bereits wieder 799 Arbeiter tätig.

Bis zur Vollendung der Hauptarbeiten blieb es dann aber mehr oder weniger bei dieser Anzahl. Als Italien in den Kriegszustand eintrat, wurden die Arbeiterverhältnisse auf der offenen Linie ganz schwierig, und nur unter Zuziehung einer grösseren Anzahl Streckenarbeiter der Bahnverwaltung war es möglich, die neue Linie am 8. Januar 1916 dem Betrieb zu übergeben.

Der Stand der Arbeiterzahl an den drei verschiedenen Tagen, 30. Juli, 8. August und 4. September 1914 ist zum Vergleich in vorstehender Tabelle zusammengestellt.

ad. 2. Unter dem ersten Eindruck der Ereignisse und in der Gewissheit einer starken Abnahme der Einnahmen der S.B.B., sowie eines Anwachsens der Ausgaben im Staatshaushalt, dachte man einen Augenblick an die gänzliche Einstellung der Bauarbeiten im Hauensteintunnel, nach Ausführung gewisser Sicherungsarbeiten, die der Schliessung vorausgehen sollten.

Man sah aber bald ein, dass das angewendete Baukapital schon einen hohen Betrag erreicht hatte und so bald als möglich einen gewissen Nutzen bringen sollte, selbst wenn er unter demjenigen normaler Verhältnisse blieb. Ausserdem wären gewisse Verwicklungen in der Abrechnung unvermeidlich gewesen. Man beschloss deshalb das angefangene Werk zu vollenden, allerdings unter möglichster Einschränkung der monatlichen Bauausgaben. Die Unternehmung ihrerseits machte geltend, dass der Baubetrieb in einem gewissen Umfang aufrecht erhalten werden müsse, sonst würden die allgemeinen Unkosten und die Ausgaben für den maschinellen Betrieb und den Materialtransport im Verhältnis zu den Leistungen zu gross. So fand sich der Ausweg, den Baubetrieb mit ungefähr 700 Arbeiter bis zur Vollendung aufrecht zu erhalten.

ad. 3. Infolge der Verminderung der Leistungen wurde das Beamtenpersonal der Bauleitung und der Unternehmung eingeschränkt. Ausserdem wurde eine Anzahl von Ingenieuren und Beamten zum Militärdienst einberufen, so dass die Baubureaus verödeten und an die Arbeitskraft der wenigen, die verblieben, grosse Anforderungen gestellt wurden.

ad. 4. In erster Linie wurden die Sprengmittel unter militärische Kontrolle gestellt und deren Herausgabe beschränkt; Metalle, Kohlen und Oel stiegen mächtig im Preis und waren kaum mehr aufzutreiben. Allein schon ihre Beschaffung stellte hohe Anforderungen an die Umsicht und Tatkraft der Unternehmung, die den festen Willen hatte, die Bauarbeiten allen Schwierigkeiten zum Trotz zu vollenden. Als zum Betrieb der Dieselmotoren kein Rohöl mehr zu haben war, versuchte man es mit Teeröl und als auch dieses knapp wurde, richtete die Oberleitung der Tunnelbauunternehmung zusammen mit *Gebrüder Sulzer* den Betrieb der Dieselmotoren mit Steinkohlenteer ein.

Dazu ist zu bemerken, dass nur Teer aus sogenannten Vertikalretorten die erforderliche Dünflüssigkeit hatte und dass jeweils beim Anlassen und Abstellen der Dieselmotoren dieselben kurze Zeit mit Teeröl betrieben werden mussten (Abb. 65). Dies wurde durch eine Umschaltung in der Zuleitung des Brennstoffes bewirkt; beim Anlassen der Motoren, bevor dieselben erhitzt waren, war Teer nicht verwendbar, auch konnte man den Betrieb mit Teer nicht abstellen, weil sich sonst die Brennstoffzuleitung verschlammte hätte.

Auch die Lebensmittel stiegen rasch im Preise, wodurch Schwierigkeiten in den Lohnansätzen der Arbeiter eintraten.

ad. 5. Für die Bahnverwaltung selbst ergaben sich gewisse Erschwerungen in der Beschaffung des Oberbaumaterials, der elektrischen Kabel und dergleichen. Es war vorgesehen, sämtliche Gleise der Linie Sissach-Olten, nicht bloss im Tunnel, sondern auch auf der offenen Linie mit Holzschwellen zu verlegen. Die Beschaffung von Teeröl zur Imprägnierung der Holzschwellen wurde nahezu unmöglich. Es wurden deshalb einige Kilometer Gleise auf eisernen Schwellen verlegt. Jede derartige Abweichung vom Bauprogramm bedeutete mindestens einen Zeitverlust.

Da seit dem Durchschlag freier Durchgang nach der Nordseite geschaffen und daselbst nur wenig zu tun übrig geblieben war, so wurden, auch unter Berücksichtigung der geringen Arbeiterzahl, von Ende August ab sämtliche Tunnelarbeiten nur noch von der Südseite aus besorgt.

Ein Blick auf Tabelle XI «Monatsfortschritte der Ausweitung und Ausmauerung» zeigt eine der Arbeiterzahl entsprechende Abnahme der Leistungen. Einzelne Arbeitsgattungen weisen noch beträchtliche Zahlen auf, da ein Diagrammteil des Profils nach dem andern in Wegfall kam.

Ende Oktober war die eigentliche Sohlstollenerweiterung ganz durchgeführt, so dass von nun an die Materialzüge vom Südportal nach der Nordseite frei verkehren konnten.

Die Mineure und Schlepper, die in der Ausweitung frei wurden, wurden an der Tunnel-dohle, bei der zum Schluss grosse Fortschritte erzielt wurden, beschäftigt.

Die stufenweise Vollendung geht aus nachstehender Zusammenstellung hervor:

Ende Oktober 1914	Vollendung	der Sohlstellenerweiterung
Ende Januar 1915	»	des Firststollens
Anfang März	»	der Ausweitung
Mitte März	»	der Widerlager
10. April	»	des Gewölbes
2. Mai	»	der Tunneldohle

und damit Vollendung der laufenden Tunnelarbeiten.

Bis 30. November 1915: Räumungsarbeiten, Legen des Oberbaues, nachträgliches Einziehen von Sohlengewölben in den Keuperstrecken.

Der Mangel an Arbeitern machte sich namentlich auf der offenen Strecke geltend. Dadurch, dass die Arbeit durch militärische Verfügung im August 1914 unterbrochen wurde, ging der schöne Herbst fast ganz verloren, und es blieben für das Jahr 1915 die meisten Nacharbeiten übrig, mit denen man sonst im Vorjahr so ziemlich fertig geworden wäre, ein Umstand, der wiederum das Einbringen des Bahnschotters und das Legen des Oberbaues verzögerte. Wegen Arbeitermangel war es nachher unmöglich, dringende Arbeiten zu beschleunigen und zu erledigen.

Am 20. Dezember war die Vorkollaudation, wobei noch mehrere, für die Eröffnung fehlende Ergänzungsarbeiten festgestellt wurden.

Am 5. Januar fand die Kollaudation der Linie durch das Eidg. Post-, Telegraphen- und Eisenbahndepartement statt. Am 8. Januar 1916 wurde die neue Eisenbahnlinie mit dem Tunnel dem Betrieb übergeben, immer noch über 1 Jahr früher als im Programm vorgesehen war.

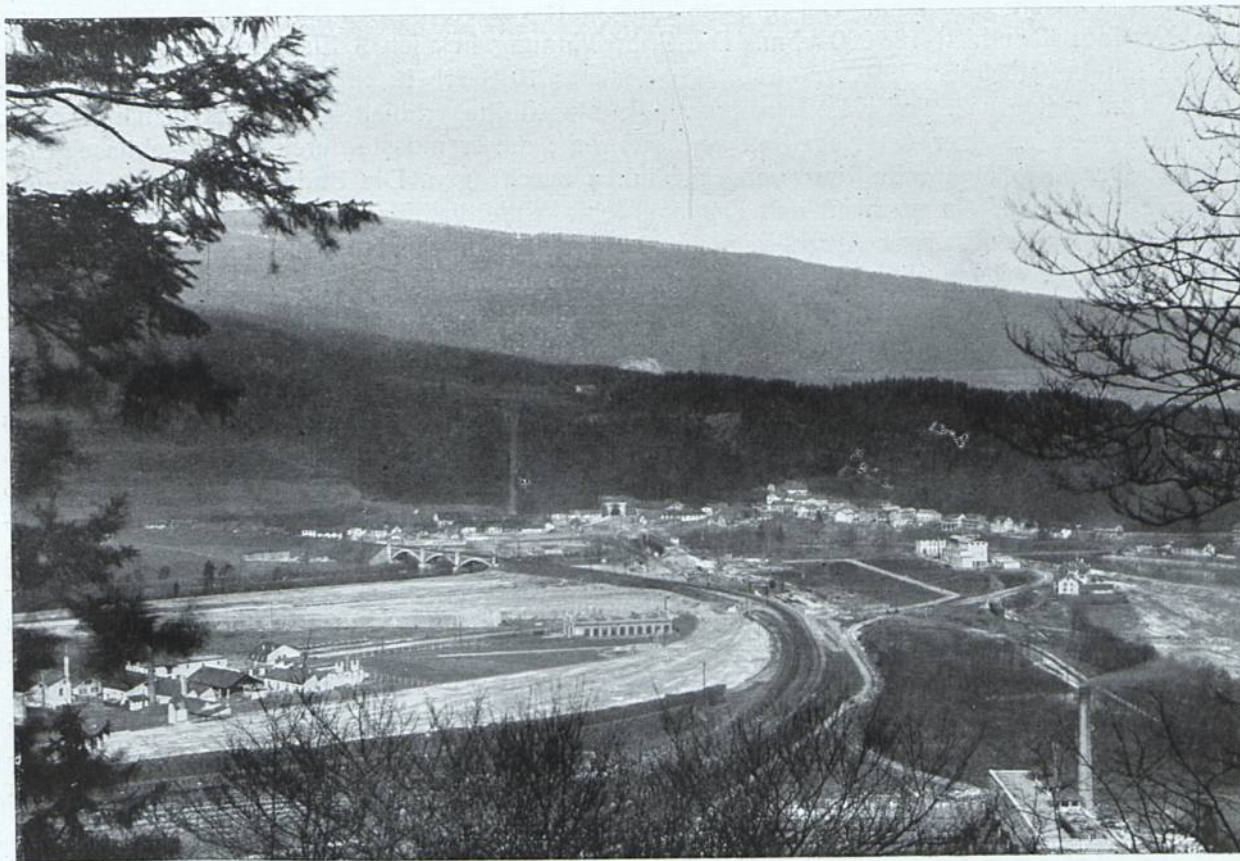


Abb. 66. Ansicht der Südseite zu Anfang des Jahres 1915.
Einnüpfung in das Bahnhofgebiet Olten, links die Deponien im Bereich des zukünftigen Werkstättenareals;
rechts ist der obere Teil der Aarekorrektio n sichtbar.

V. Kurze Angaben über die offene Linie.

Vorliegende Denkschrift ist in erster Linie dem Hauensteintunnel gewidmet. Der Bau der offenen Linie wird wegen Raummangel nur kurz behandelt. Wir begnügen uns mit einer mehr andeutungsweisen Erwähnung der wichtigsten Objekte und Vorkommnisse und verweisen im übrigen auf Abschnitt III, B, 2.

Die *Expropriation* wurde vom Rechtsbureau des Kreises II in Basel durchgeführt. Die überwiegende Anzahl der Fälle wurde durch die eidgenössische Schätzungskommission geregelt; denn eine freihändige Erwerbung von Grund und Rechten war in den meisten Fällen nicht möglich.

Erdarbeiten und Mauern.

Die gesamte Erdbewegung betrug 450 000 cbm, die sich, abgesehen von verschiedenen Wegverlegungen und Bahngräben, auf 6 Einschnitte verteilten. Auf die Südseite mit einem kurzen Voreinschnitt entfielen 9000 cbm. Der grösste Einschnitt der Nordseite, nämlich der Voreinschnitt beim Nordportal enthielt 184 000 cbm. Die Erdgewinnung in allen 5 Einschnitten der Nordseite erfolgte mit Löffelbagger (Abb. 67—69). Im Sommer 1913 arbeiteten in den verschiedenen Einschnitten zu gleicher Zeit vier Löffelbagger. Die Einschnitte enthielten meistens Gehängeschutt, der stellenweise zu einer Art Nagelfluh verhärtet war; dieser musste durch Sprengschüsse gelöst werden. Der Staffeleinschnitt war von Liasbänken durchzogen. Die Bodenart verlangte sowohl in den Einschnitten, als auch an den Dämmen eine anderthalbfüssige Böschung. Die mittlere Tagesleistung in 10stündiger Arbeit betrug 400 bis 500 cbm, die Höchstleistung 700 cbm. Die gewonnene Erde reichte auf Grundlage einer Massenberechnung aus zum Anschütten der 5 bis 6 m hohen Dämme. Das Material aus den Einschnitten eignete sich im allgemeinen gut zur Dammschüttung, mit Ausnahme eines in dem Einschnitt bei Böckten aufgeschlossenen Komplexes, der von einem früheren Bergsturz herrührte.

Er enthielt viel lehmiges Material, hauptsächlich verwitterten Opalinuston. In der daraus entnommenen Dammschüttung zwischen der Ergolz und Böckten, km 22,850—23,000, traten starke Senkungen auf, weil das Material mit einer normalen Böschung nicht standhielt. Durch starke Böschungsfüsse aus Trockenmauerwerk, Abflachen der Böschung und Befestigung mit Anpflanzungen kam der Damm zur Ruhe. Diese Arbeiten wurden zum grössten Teil gleich nach der Betriebseröffnung durchgeführt. Infolgedessen musste die Strecke Sissach-Gelterkinden eine Zeitlang eingleisig befahren werden.



Abb. 67. Baggerarbeiten im Staffeleinschnitt bei Gelterkinden.

Da in der Vollendung der beiden dazwischen liegenden Einschnitte von Gelterkinden eine Verspätung eintrat, mussten zu genanntem Zwecke ca. 35 000 cbm aus der Deponie wiedergewonnen werden.

An Mauerungsarbeiten sind hauptsächlich die als Futtermauern ausgebildeten Flügel der Tunnelportale und eine Stützmauer km 24 $\frac{300}{340}$ zu erwähnen; die Ausführung der letzteren war erforderlich, um die Abtragung eines Wohnhauses zu vermeiden.



Abb. 68 und Abb. 69.

Baggerarbeiten im Kircheneinschnitt bei Gelterkinden.



Brücken und Durchlässe.

Tafel 33—38.

Ueber verwendete Materialien ist kurz zu bemerken: Zementröhren, dickwandig, von 0,30 bis 0,80 m Durchmesser; Fundamentbeton, Mischung 1:4:8; das Aufgehende aus häutigem Bruchsteinmauerwerk § 13 oder aus Beton, Mischung 1:2:5; wo Gewölbe aus Beton hergestellt wurden, wurde die Mischung verstärkt auf 1:2:3. Beton wurde sehr häufig angewendet, da

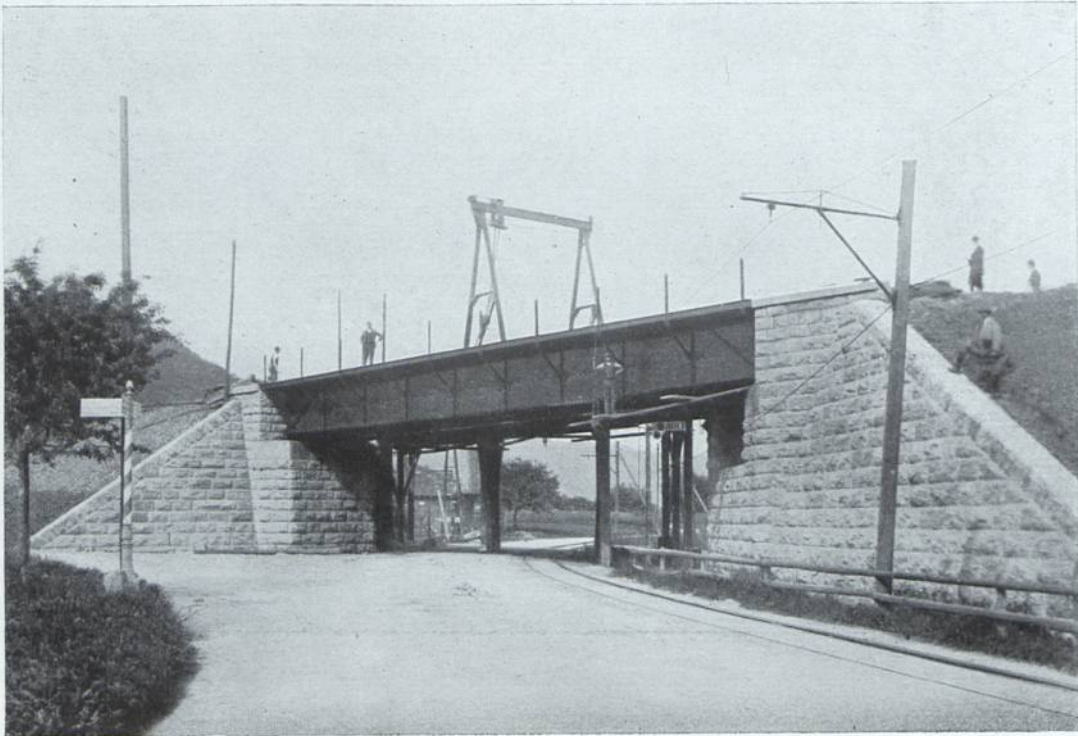


Abb. 70. Strassenunterführung km 22,528, ausgeführt durch W. & J. Rapp in Basel.

gute, lagerhafte Bausteine von weit her bezogen werden mussten. Das sichtbare Mauerwerk aus Beton wurde mit sogenanntem Vorsatzbeton verkleidet, der mit dem Stockhammer bearbeitet wurde, um dem Betonmauerwerk ein besseres Aussehen zu geben. Die Rückwand der Widerlager erhielt einen Anstrich aus Asphalt emulsion, um das Eindringen der Feuchtigkeit zu verhindern.

Für den Entwurf der Bauwerke, wie für die Linienführung überhaupt war die Vorschrift wegleitend, Niveauübergänge zu vermeiden; daher im flachen Gelände die 3 bis 6 m hohen Dämme. Die lichte Höhe der Durchfahrten für Feldwege beträgt 4 bis 4,20 m und für die Kantonsstrasse 4,5 bis 5 m. Wo die Höhe ausreichte, wurden für die Strassen- und Bachunterführungen Halbkreisgewölbe angewendet; wo mit der Konstruktionshöhe gespart werden musste, kamen eiserne, breitflanschige Γ -träger mit Betonfüllung (1:2:3) zur Anwendung, mit Ausnahme der schiefen, 16,7 m weiten (Stützenweite 22,4 m) Strassenunterführung zwischen Sissach und Böckten, km 22,528, welche mit zwei getrennten Blechträgerbrücken von 1,80 m Höhe versehen wurde (Abb. 70).

Strassenunterführungen kamen auf der Nordseite drei und auf der Südseite zwei vor, nebst einer grösseren Anzahl Unterführungen von Feldwegen. Strassen bzw. Wegüberführungen sind drei vorhanden: eine bei km 22,071, 7 m breit mit eisernen Trägern und Betonfüllung und zwei bei km 24,440 und km 25,114, 4,20 m breit mit flachem Gewölbe und Sparbögen im Ueberbau.

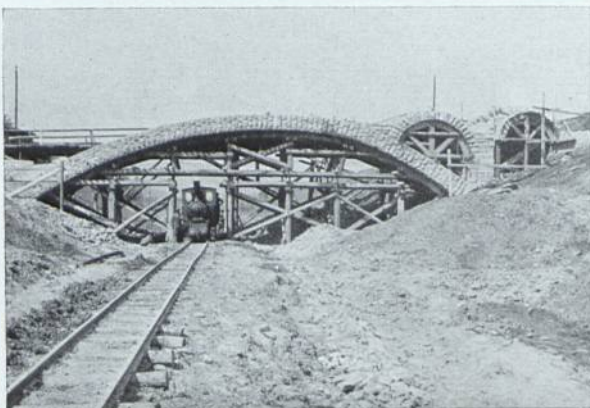


Abb. 71. Gewölbte Wegüberführung, km 24,444, über den Staffeleinschnitt.



Abb. 72.

Kleinere Wasserläufe wurden in Zementröhren von 0,45 bis 0,80 m Lichtweite durchgeleitet. Durchmesser unter 0,45 m kamen nur ausserhalb des Bahnkörpers zur Anwendung. Im ganzen wurden 85 Bauwerke erstellt, davon

52 Zementröhren, einschl. Böschungsrinnen,
16 gewölbte Unter- bzw. Ueberführungen,
14 Bauwerke mit Eisenträgern und Betonfüllung,

3 grössere Objekte, nämlich die vorhin genannte Strassenunterführung bei km 22,528 (Abb. 70), der Viadukt bei Gelterkinden und die Aarebrücke. Dazu geben wir als Muster ohne eingehende Beschreibung folgende Pläne:

Tafel 36: enthaltend die Anlage verschiedener Zementröhren.

- » 37: Gewölbte Wegunterführung bei km 22,812, Lichtweite 4,20 m, ganz aus Beton mit gestockten Ansichtsflächen.
- » 38: Gewölbte Wegunterführung, 4,20 m breit, km 25,114, mit flachem Bogen. Das Gewölbe sowohl als das übrige Mauerwerk wurden aus Vorsatzsteinen in Muschelkalk mit Hinterbetonierung ausgeführt; Kosten Fr. 16,500. —.
- » 35: Viadukt Gelterkinden km 24,779—24,928,70, Länge 161 m, ungefähr 10 m hoch mit 13 Gewölben von 6 m, einem Gewölbe von 10 m und zwei Oeffnungen von 12 m mit Eisenträgern und Betonfüllung. Das Mauerwerk besteht aus Vorsatzsteinen in Muschelkalk mit Hinterbetonierung. Dasselbe enthält ungefähr: 900 cbm Fundamentbeton, 3000 cbm aufgehendes Mauerwerk, 800 cbm Gewölbemauerwerk. Die Kosten belaufen sich auf rund Fr. 200,000. —.
- » 33: Aarebrücke km 36,970,70—37,137,20, schiefe Brücke, 30° zur Stromrichtung geneigt mit 3 Oeffnungen von 38, 44 und 38 m.

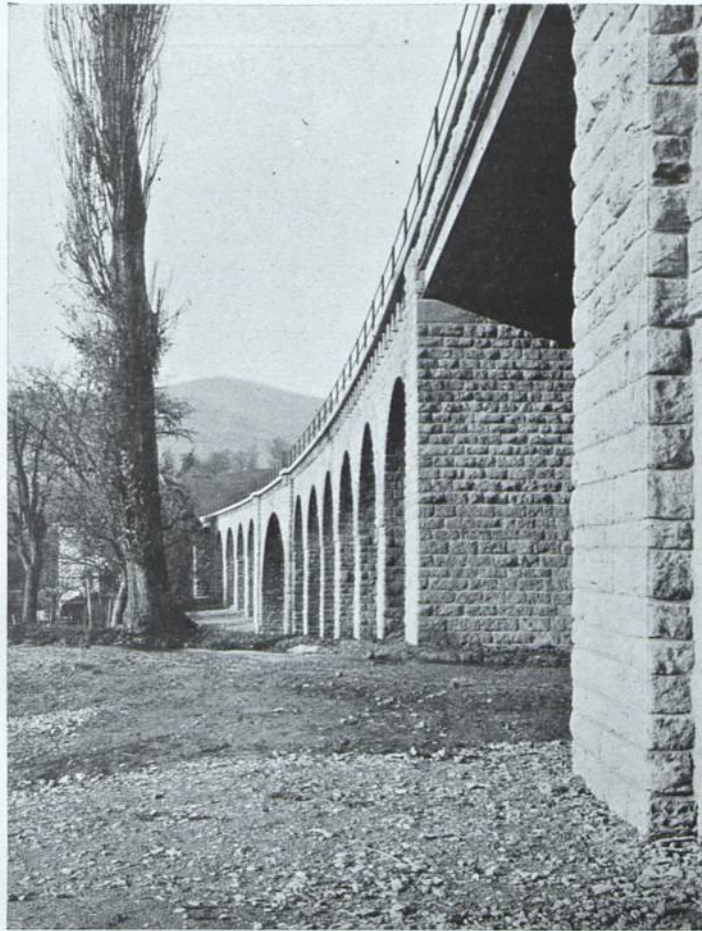


Abb. 73. Viadukt Gelterkinden.

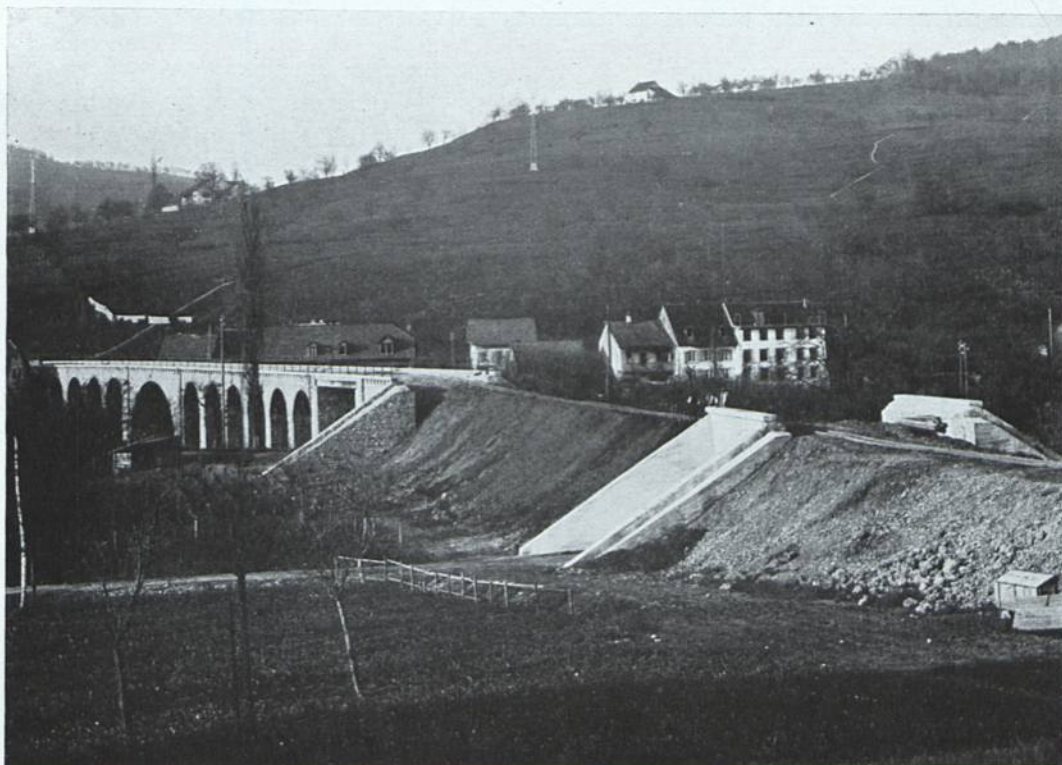


Abb. 74. Viadukt Gelterkinden mit der südlich folgenden Wegunterführung km 25,001.

Bau der Aarebrücke.

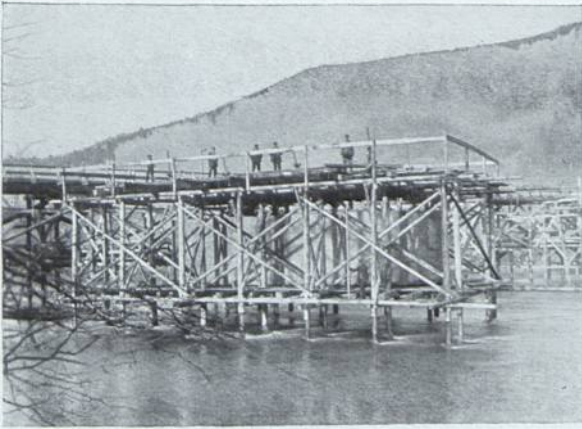


Abb. 75. Gerüst für die Fundierung.

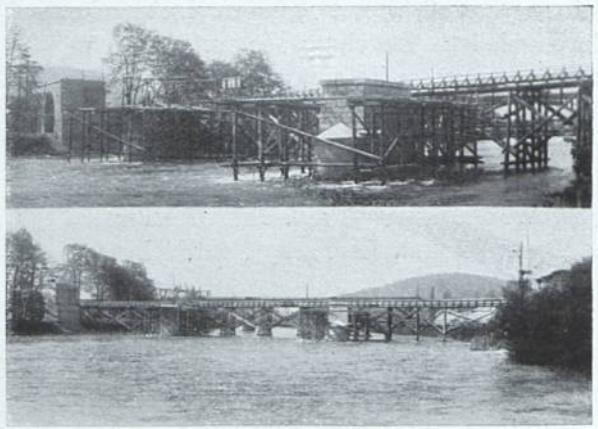


Abb. 76. Bau eines Strompfeilers der Aarebrücke.

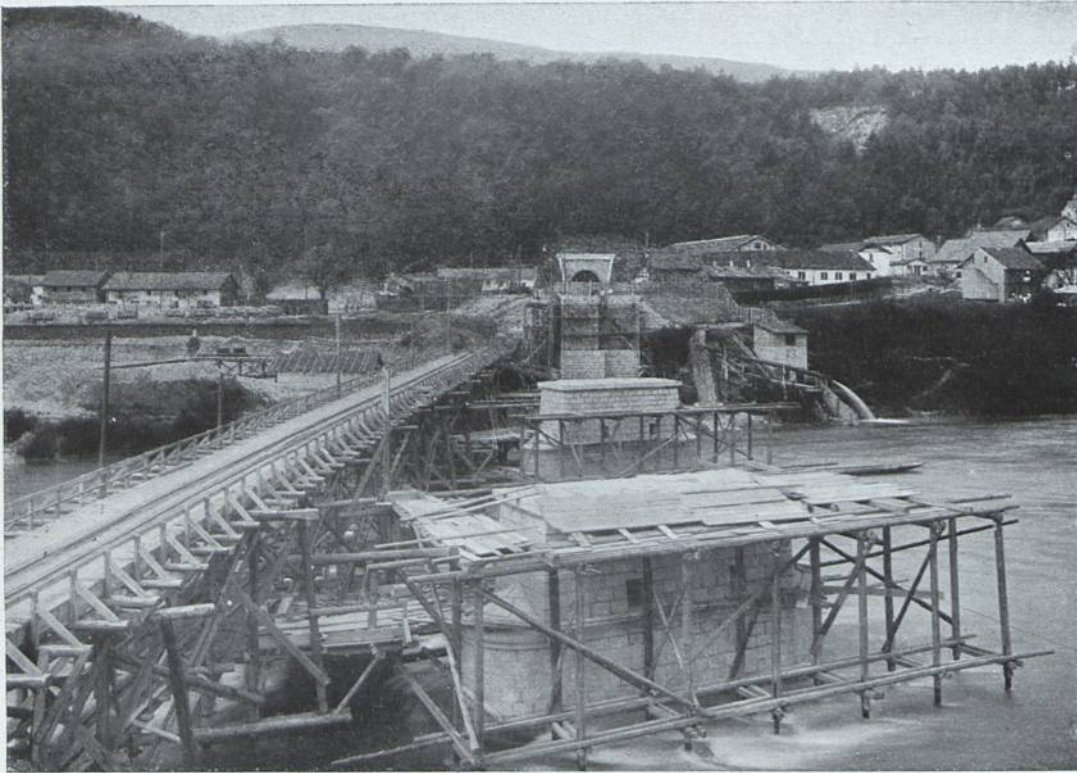


Abb. 77.
Aufbau der
Pfeiler und
Widerlager
der
Aarebrücke.

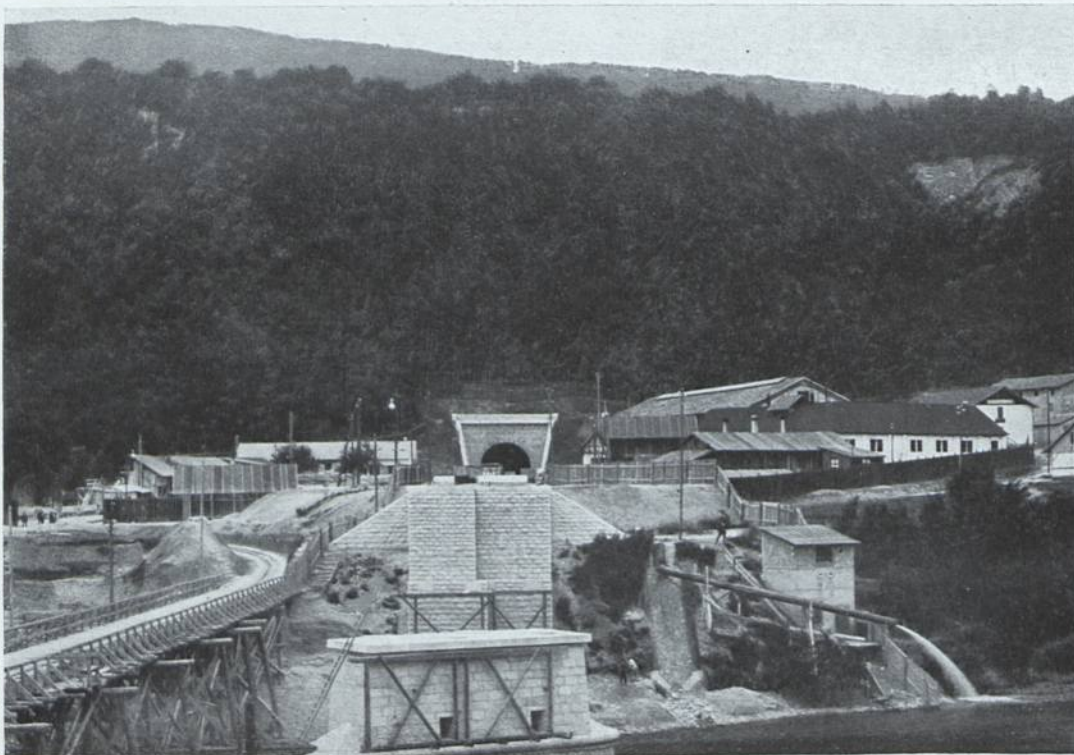


Abb. 78.
Linkes
Widerlager
und Pfeiler I.

Der Unterbau wurde im Auftrag der Unternehmung Julius Berger durch Ingenieur Dr. Lüscher in Aarau in Unterakkord ausgeführt (Tafel 34 und Abb. 75—78). Er besteht aus zwei mit Anschlussgewölben versehenen Landpfeilern und zwei pneumatisch fundierten Strompfeilern. Das Eigengewicht der eisernen Senkkästen beläuft sich auf je 23 t. Nach dem Absenken wurden diese mit Beton ausgefüllt. Das aufgehende Mauerwerk der Pfeiler besteht aus Vorsatzmauerwerk

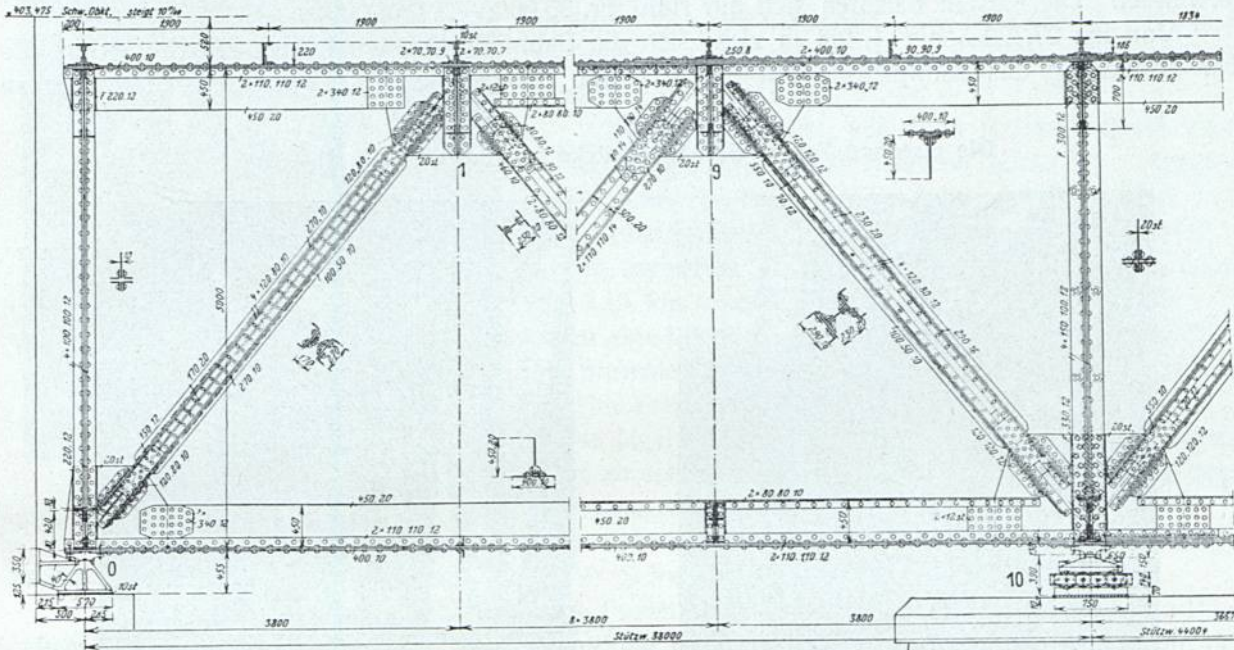


Abb. 79. Hauptträger mit festem Lager sowie mit beweglichem Lager bei den Mittelpfeilern.

(Schichtenmauerwerk § 14) mit Hinterfüllung aus Beton, Mischung 1:2:5 und hat eine Bekrönung aus Granitquadern.

Das eiserne Tragwerk wurde von *Buss & Co.* in Basel aufgestellt zum Preis von Fr. 433.50 per Tonne (Abb. 79—86). Es sind zwei getrennte Brücken von 5 m Höhe und 120 m Länge, die als kontinuierliche Fachwerkträger mit \perp förmigen Gurtungen ausgebildet wurden. Wir verweisen auf die Abbildungen und auf eine Publikation von Dipl.-Ing. *Bühler* in der Zeitschrift «Der Eisenbau», Jahrg. 5 No. 6 Juni 1914, S. 202. Das Gewicht der Eisenkonstruktion beträgt 560 t und die Gesamtkosten der Brücke belaufen sich auf rund Fr. 600,000.—, nämlich:

Unterbau	Fr. 322,000.—
Eisernes Tragwerk	» 243,000.—
Brückenbelag, Anstrich, Oberbau und allgemeine Unkosten	» 35,000.—

Fluss- und Uferbauten.

Tafel 39.

Die Aufzählung der Fluss- und Uferbauten, beim Nordportal beginnend, folgt der Richtung der Wasserläufe talabwärts.

Der Eibach verlief ursprünglich, mehrere Windungen beschreibend, auf dem Gebiet der Station Tecknau. Er musste deshalb durch einen 395 m langen, geradlinigen Durchstich auf das Gelände links der Bahnlinie verlegt werden. Die verlassene Bachstrecke hatte eine Länge von 480 m mit einem starken, unregelmässigen Gefälle, im Durchschnitt 16 ‰.

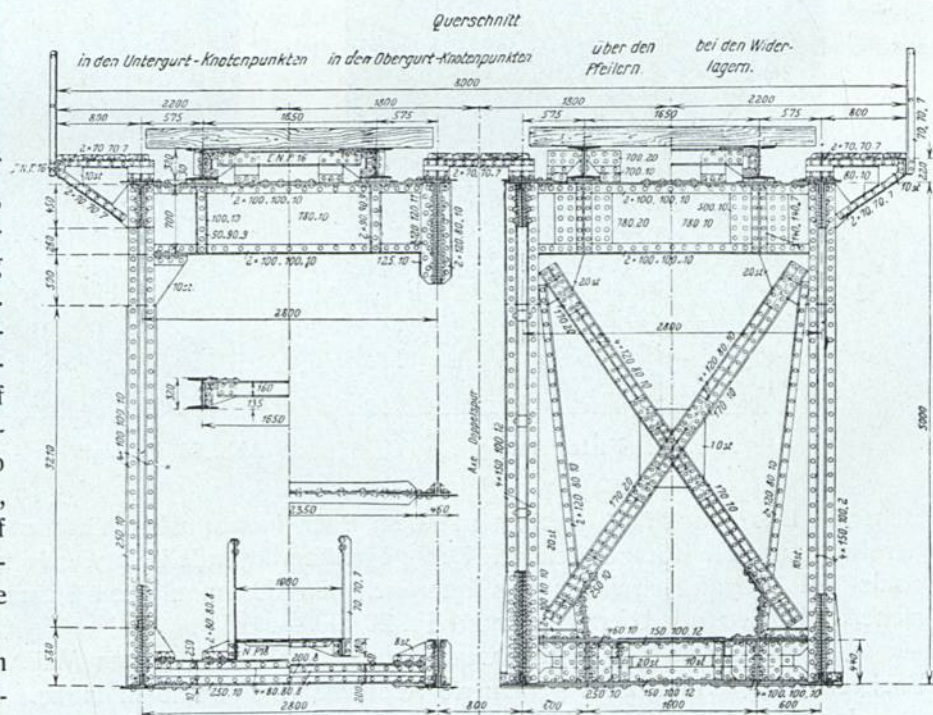


Abb. 80. Querschnitte.

In die Bachverlegung wurden vier gemauerte Abstürze, drei von 1,50 m und einer von 1,30 m Höhe eingebaut; dazwischen hat die neue Bachsohle ein Gefälle von 5‰. Die Bachkorrektur ist vollständig gelungen, doch hätte man bei dem lockern Boden das Gefälle besser etwas geringer nehmen sollen. Das weitere ist aus Tafel 39 ersichtlich. Das ausgehobene Material wurde zu einem Schutzdamm zwischen Eibach und der tiefliegenden Station Tecknau verwendet. Die Kosten belaufen sich auf rund Fr. 35,000.—.

Von km 27,323,50 bis +464 m zieht sich die Bahnlinie hart am linken Eibachufer hin. Es war notwendig, das Bahnplanum auf 140 m Länge durch eine zirka 3 m hohe Ufermauer zu

Die eisernen Träger der Aarebrücke im Aufbau (Abb. 81—86).



Abb. 81. Seitenansicht.



Abb. 82. Revisionssteg.

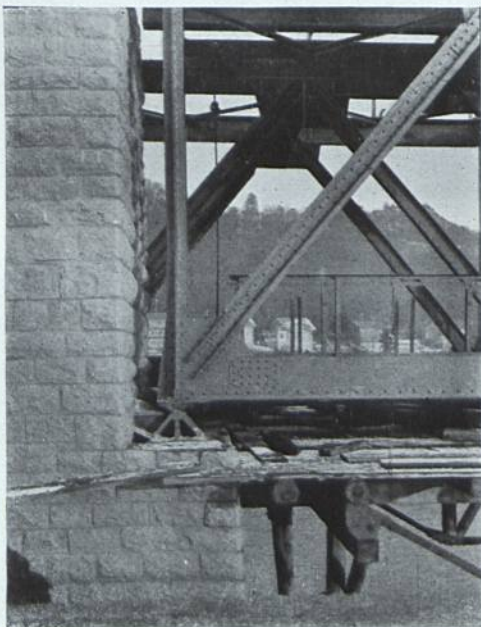


Abb. 83. Festes Auflager.

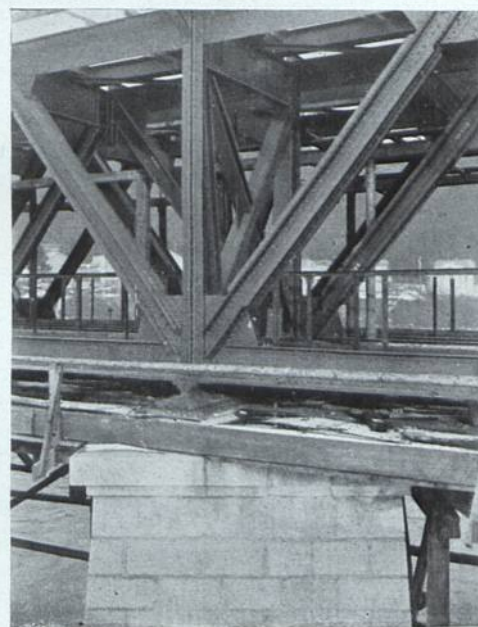


Abb. 84. Bewegliches Lager über einem Pfeiler.

sichern. Das Tracé fällt daselbst mit dem Bach in normalem Gefälle von 10,5‰ (Steigung in der Richtung der Kilometrierung). Das gegenüberliegende Ufer wurde normalisiert und die Bachsohle mit 5 Grundschwelen aus quer gelegten 30 cm starken Stämmen mit Steinpackung gesichert. Kosten der Ufermauer rund Fr. 20,000.—.

Bei km 26,975 bis 27,100 wurde der Eibach ein zweites Mal verlegt. Die 125 m lange Bachverlegung erhielt zwei gemauerte Abstürze von je 1,20 m Höhe. Kosten Fr. 16,000.—.

Im Anschluss an das Widerlager I des Viaduktes Gelterkinden (Tafel 35) musste die Ergolz auf 50 m Länge verlegt werden.

Oberbau.

Stationspläne Gelterkinden und Tecknau Tafel 41 u. 42.

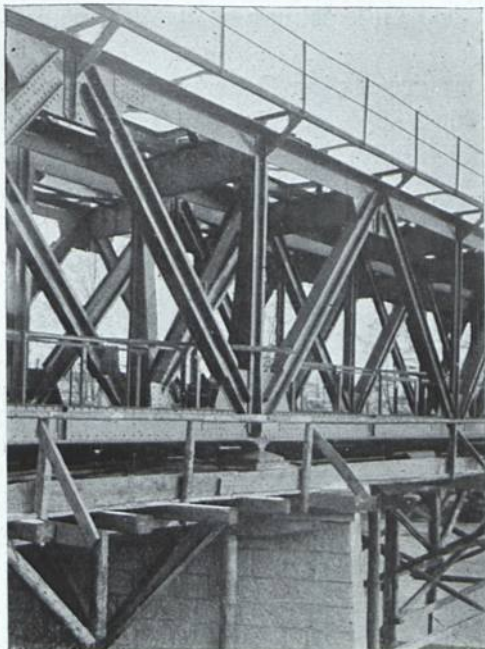


Abb. 85. Seitenansicht.

Im durchgehenden Hauptgleise wurden auf der offenen Strecke Schienen Type S. B. B. I. mit einem Gewicht von 45,93 kg pro lfm Schiene und im Tunnel Type S. B. B. II mit einem Gewicht von 48,85 kg pro lfm Schiene verwendet. Die normale Länge der Schienen der offenen Linie beträgt 12 m, im Tunnel 15 m.

Ursprünglich waren, wie oben schon bemerkt wurde, für das Hauptgleis überall hölzerne Schwellen vorgesehen. Es trat aber bei Kriegsbeginn bald ein Mangel an Teeröl für die Imprägnierung ein; infolgedessen sah man sich veranlasst, zwischen Sissach und Gelterkinden auf eine Strecke von 2,15 km eiserne Schwellen zu verwenden. Dieselben haben eine Länge von 2,70 m und ein Gewicht von 72,5 kg. Die normalen Holzschwellen von 25 × 15 cm Querschnitt sind im Freien 2,70 m und im Tunnel 2,50 m lang. Die Stösse lagern auf Doppelschwellen, was, aus der ruhigen Fahrt zu schliessen, eine wesentliche Verbesserung gegenüber dem schwebenden Stoss bedeutet.

Verlegt wurden in der offenen Strecke auf einen Stoss von 12 m 18 Schwellen, die Doppelschwellen doppelt gezählt und im Tunnel 21 Schwellen auf 15 m.

Aus Sparsamkeitsrücksichten kamen im Freien neben der Hartholzschwelle (Eiche und Buche) auch Schwellen aus Föhrenholz zur Anwendung, und zwar 8 Stück auf den Stoss von 12 m. Dieselben wurden gegen die Mitte des Stosses hin verteilt.

Die Schienen sind auf den eisernen Schwellen mittelst Hakenbolzen und Klemmplatten und auf den Holzschwellen mittelst keilförmigen Unterlagsplatten und Schwellenschrauben befestigt, und zwar können gemäss den Normalien für die beiden Schientypen die gleichen Befestigungsmittel verwendet werden. Für die normalen Schienenverbindungen wurden statt doppelten Federungen zum grossen Teil einfache und doppelte Spannplatten verwendet.

Das Jahr der Legung, die Art der Imprägnierung und die Herkunft der Holzschwelle sind durch Markierungsnägel auf jeder Schwelle festgelegt.

In den Nebengleisen auf den Stationen wurde fast ausschliesslich mittelgutes Material Type S. B. B. V. von 35,95 kg Gewicht pro lfm Schiene verwendet. Dieselben haben eiserne Schwellen von 65,72 kg Gewicht, 2,50 m Länge und schwebenden Stoss. Nur vor den Bahnsteigen, wo über dem Gleise I (Güterschuppengleis) eingestiegen werden muss und wo die Nebengleise infolgedessen auf Schienenhöhe eingeschottet sind, liegen sie auf Holzschwellen.

Auf der Station Gelterkinden wurde ein Nebengleis, welches Spezialzwecken dient und deshalb nur wenig gebraucht wird, noch mit Oberbaumaterial der ehemaligen schweizerischen Zentralbahn erstellt. Die Schienen sind hier mittels Keilen, Krampen und Schlusstücken auf den eisernen Schwellen befestigt.

Auf der Station Gelterkinden liegen 4 einfache Weichen Type S. B. B. V und 8 Weichen Type S. B. B. I, und zwar 4 einfache, 2 halb-englische und 2 englische. Auf der Station Tecknau sind 4 einfache Weichen Type S. B. B. V und 7 Weichen Type S. B. B. I, und zwar 4 einfache, 2 halb-englische und 1 englische.

Sämtliche von Zügen befahrene Weichen haben das Kreuzungsverhältnis 1:9, während die übrigen, soweit sie nicht in der gleichen

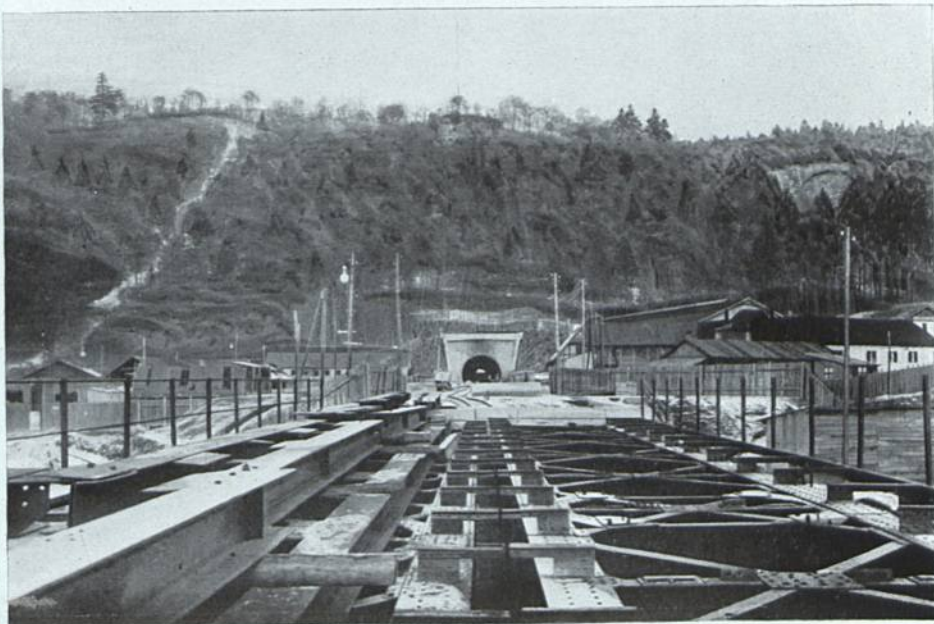


Abb. 86. Draufsicht vor dem Aufbringen der Fahrbahnträger.

Weichenstrasse liegen, nämlich die Verbindungsweichen mit dem Güterschuppen, das Kreuzungsverhältnis 1:8 haben.

Das Legen des Oberbaues von km 21,400 bis 24,350 mit der Station Gelterkinden war vergeben an die Unternehmung *W. & J. Rapp*, Basel, und von km 24,350 bis 37,430 mit der Station Tecknau und dem Tunnel an die Unternehmung *Julius Berger*, Berlin. Die nötigen Umänderungen auf den Anschlussstationen Sissach und Olten führten die schweizerischen Bundesbahnen in eigener Regie aus.

In bezug auf die verschiedenen Lieferanten verweisen wir auf Abschnitt VIII. Das Schienenmaterial der Hauptgleise ist nachstehend tabellarisch zusammengestellt (Tabelle XIV).

Tabelle XIV.

Ort der Verwendung	Fabrikat		Schienenhöhe	Fussbreite	Schienen-		Gewicht p. m Schiene	Gleislänge
					Länge	Stückzahl		
			mm	mm	m	Stück	kg	m
Basistunnel	Röchling	S. B. B. II	149	125	15,00	1244	48,85	9330
Basistunnel	Stumm	»	»	»	15,00	924	»	6930
Offene Linie einschl. Hauptgleise der Stationen	Düdelingen	S. B. B. I	145	125	12,00	2	»	12
					12,00	2070	45,93	12420
					11,95	390	»	2330
					15,00	75	»	563
					14,95	5	»	38

VI. Signale und Stellwerke.

a) Elektrische Einrichtungen im Hauenstein-Basistunnel.

Am Fusse des linken Widerlagers, in der Fahrriichtung Olten-Tecknau, liegen, zirka 40 cm tief in Sand gebettet und durch armierte Betonplatten geschützt, verschiedene Erdkabel, stellenweise 7 nebeneinander, deren Leitungen teils den Sicherungseinrichtungen des Tunnels, teils dem durchgehenden telegraphischen und telephonischen Verkehr dienen. Zu den erstgenannten gehören die elektrisch beleuchteten Kilometerlaternen, die abwechselnd am rechten und linken Widerlager angebracht sind, und zwar in der Weise, dass sie auf jeder Seite in Abständen von 2 km

Stationsgebäude (Abb. 87—90).



Abb. 87. Station Gelterkinden.

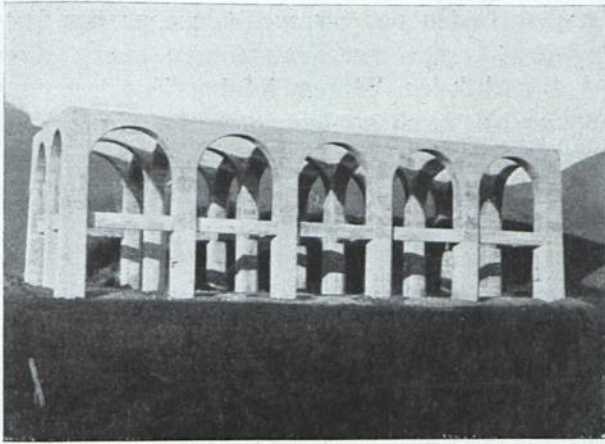


Abb. 88. Vertiefte Fundamente und Güterschuppen, Aufnahms- und Abortgebäude.

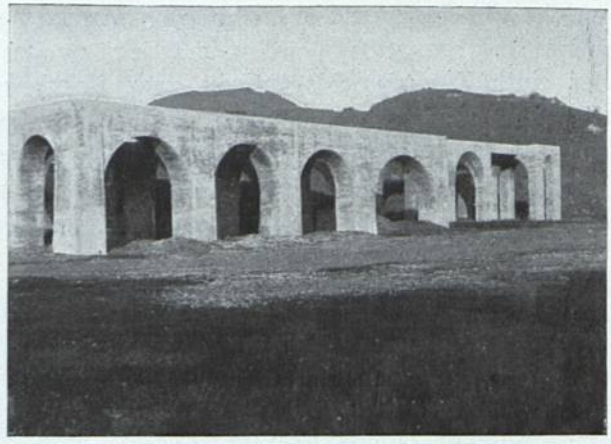


Abb. 89.

aufeinanderfolgen, ferner die in den Kilometerkammern und der Kammer bei der Blockstation aufgestellten Telephone und Läutewerke. Diese beiden dem Strecken- und Fahrpersonal zugänglichen Einrichtungen ermöglichen den telephonischen Verkehr zwischen den Kammern und den Stationen Olten und Tecknau sowie den Empfang und die Abgabe der Läutewerksignale. Die Läutewerke sind Einschlagwecker mit Bronzeschalen von 40 cm Durchmesser; das Werk besteht aus einer luftdicht abgeschlossenen Magnetspule mit Anker, auf dem der Glockenhammer sitzt; es braucht nicht aufgezogen zu werden.

Für die weiteren Sicherungen des Zugverkehrs im Tunnel ist der Streckenblock erstellt. Die 9,803 km lange Strecke Olten-Tannwald-Tecknau ist durch Blocksignale im Tunnel für beide Fahrrichtungen in zwei Blockstrecken geteilt. Der Standort dieser Signale, wie auch des Einfahr-signalen der Station Tecknau ist aus der Darstellung auf Tafel 42 ersichtlich.

Die Blocksignale im Tunnel werden von dem im Stellwerk Olten-Tannwald aufgestellten Streckenblockapparat aus bedient.

Die Signale im Tunnel bestehen aus elektrischen Lichtern, die aus einer Anzahl Glühlampen gebildet werden. Die Glühlampen befinden sich in wasserdichten Laternen; sie sind hinter Gläsern in zwei Gruppen übereinander angeordnet (Abb. 91 u. 92).

Dadurch, dass bald die eine bald die andere Gruppe brennt, entstehen die vorschriftsmässigen Signale. Das Ein- und Ausschalten der Gruppen wird durch Stromschalter bewirkt, die mit dem Blockwerk der Streckenblockstation und demjenigen der Blockendstation Tecknau in der für die Signalhebel vorgesehenen Abhängigkeit stehen; Akkumulatorenbatterien in Olten und Tecknau liefern den für die Blocksignale und das Einfahrsignal der Station Tecknau nötigen Strom.

Für die Bergfahrt ist durch einen automatischen Achsenzähler in Verbindung mit Sperren und an den Schienen angebrachten Stromschliessern die Sicherheit geschaffen, dass die Sperren,

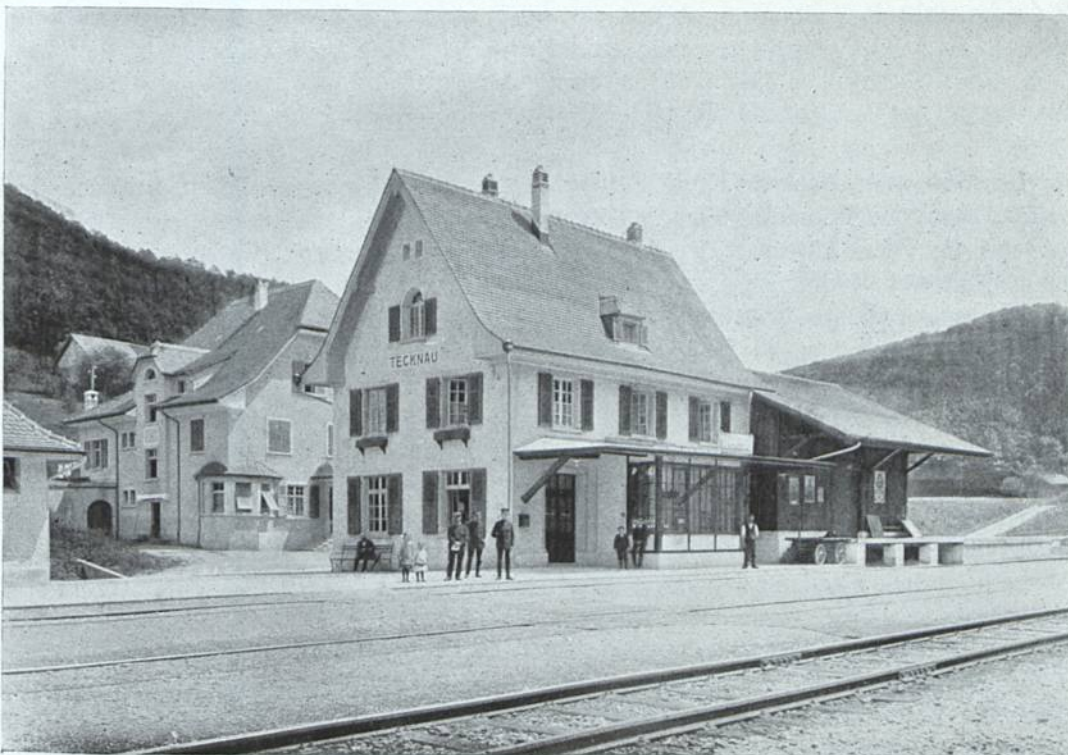


Abb. 90. Station Tecknau.

welche die Freigabe der ersten Blockstrecke bestimmten Tasten des Streckenblockapparates festhalten, erst ausgelöst werden, d. h. ein zweiter Zug dem ersten erst dann folgen kann, wenn der erste Zug das Blocksignal ganz überfahren hat und keine Wagen infolge Zugstrennung entlaufen oder zurückgeblieben sind. Dieser Zweck wird dadurch erreicht, dass die Zugsachsen bei der Ausfahrt des Zuges im Tannwald und sodann unmittelbar nach dem Blocksignal im Tunnel ein Zählwerk (Achsenzähler) in Bewegung setzen, das die obengenannten Sperren erst auslöst, wenn beide Male gleichviel Achsen gezählt werden.

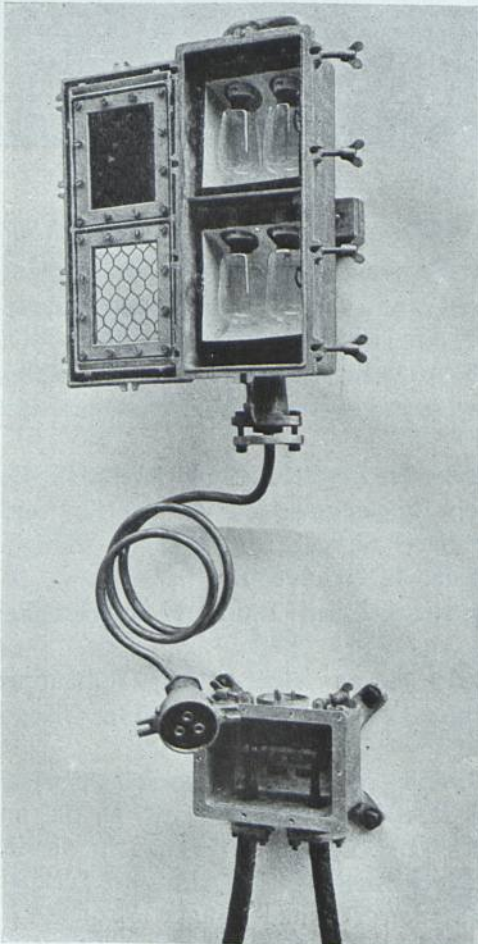


Abb. 91. Signallaternen.

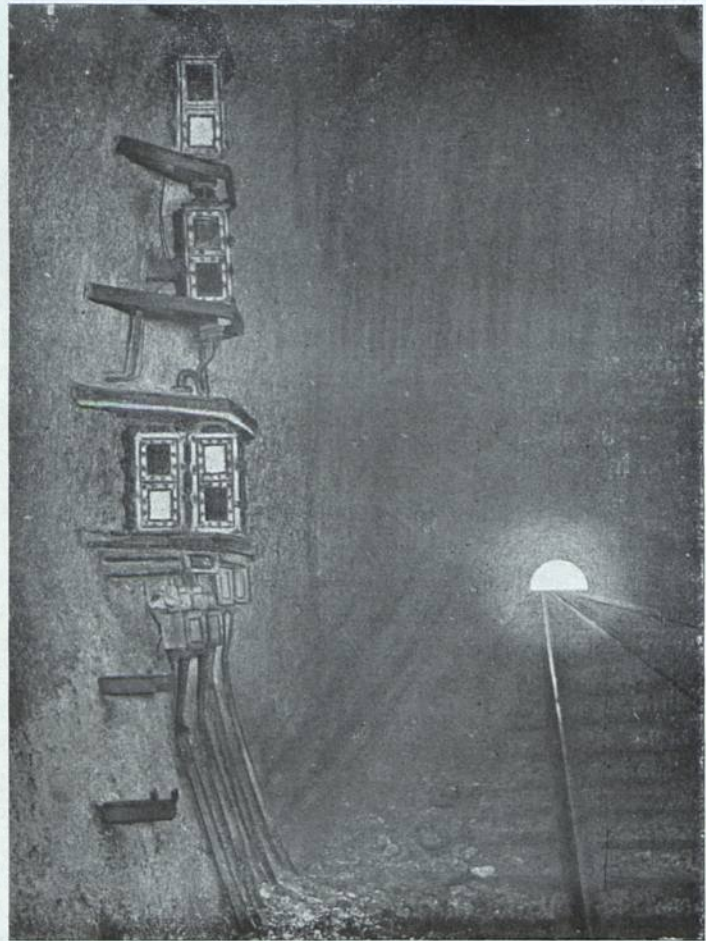


Abb. 92. Einfahrtssignal der Station Tecknau mit Ablenkung und Durchfahrtsignal.

b) Stellwerksanlagen.

Auf den Stationen Tecknau und Gelterkinden, als Zwischenstationen der neuen Strecke Sissach-Olten, sind Weichen- und Signalstellwerksanlagen in Verbindung mit dem Streckenblock erstellt, welche die Fernbedienung der Weichen und deren Verriegelung in Abhängigkeit mit den Signalen für bestimmte Fahrstrassen ermöglichen, sowie eine geregelte Zugfolge sichern.

Die Fernbedienung der Weichen auf der Station Tecknau erfolgt mittels Gestängeleitungen, auf der Station Gelterkinden mit Doppeldrahtzug.

Die Signale beider Stationen, soweit dieselben nicht im Tunnel angebracht sind, werden mit Drahtzug bedient. Zur Deckung der beiden Stationen, wie sie auf Tafel 43 mit Verschluss Tabellen und Stellwerkskizzen dargestellt sind, sind in einem Abstand von 300 bzw. 400 m von den Endweichen, links vom Gleis, Einfahrtsemaphore mit je zwei Flügeln aufgestellt, welche mit Vorsignalen (Klappscheiben) in einer Entfernung von 400 m durch Drahtzug gekuppelt sind. Die Ausfahrt der Züge wird durch zweiflügelige Semaphore geregelt, während die Durchfahrt der die Station ohne Aufenthalt passierenden Züge durch die bei den Einfahrtssignalen aufgestellten Durchfahrtsignale (Klappscheiben) signalisiert wird.

Sämtliche im Freien stehenden Signale zeigen bei Tage, bzw. bei Nacht die im Reglement über den Signaldienst auf den schweizerischen Normalbahnen festgesetzten Signalbilder und sind nachts elektrisch beleuchtet. Das Ein- und Durchfahrtsignal, sowie die gruppenweise angeordneten Vorsignale im nördlichen Tunneleinlauf bestehen aus links vom Auffahrtgleise aufgehängten elektrisch beleuchteten Signallaternen, welche die nachstehend angegebenen Signalbilder darstellen:

Das Einfahrtsignal zeigt in Haltstellung ein rotes Licht,
» » » » Fahrstellung » grünes Licht,
» Durchfahrtsignal » » Haltstellung zwei diagonal angeordnete grüne Lichter,
» » » » Fahrstellung » » » weisse »
Die Vorsignale zeigen » Haltstellung drei grüne Lichter in Abständen von je 5 m;
diesen vorgelagert sind weitere drei grüne
Lichter in Abständen von je 5 m.

Diese Vorsignale » » Fahrstellung drei bzw. sechs weisse Lichter.

Die jeweilige Stellung der Einfahrtsignale, sowie die Farbe der Signalbilder für die Tunnel-
signale werden dem Abfertigungsbeamten mittelst elektrischen Rückmeldern angezeigt. Spitzbe-
fahrene Weichen werden durch in den Signaldrahtzug eingebaute Kontrollverriegelung festgelegt,
bei den spitzbefahrenen Endweichen sind Fühlschienen angebracht, um das Umstellen unter dar-
überfahrenden Zügen oder Fahrzeugen zu verunmöglichen. Sämtliche Weichen sind mit auf-
schneidbaren Spitzenverschlüssen und Signallaternen ausgerüstet. Bei den einfachen und halb-
englischen Weichen sind drehbare Weichenlaternen verwendet, während an den englischen Weichen
die sogen. bayrische, feststehende Weichenlaterne angebracht ist.

Die Stellwerke beider Stationen sind in Schutzhütten auf dem Perron neben dem Stations-
gebäude aufgestellt und enthalten entsprechend den Verschlussstabellen die erforderlichen Weichen-
Signal- und Fahrstrassenhebel. Letztere stehen mit sämtlichen Weichen und Signalstellhebeln,
sowie mit den elektrischen Streckenblockfeldern in mechanischer Abhängigkeit. Beide Stellwerke
sind mit Belegschildern für die einzelnen Hauptgeleise, sowie mit Wiederholungs- und Unter-
wegssperren für die Ein- und Ausfahrtsignalhebel versehen und für die vereinfachte Fahrstrassen-
reihenfolge eingerichtet.

Zum Zweck einer geregelten Zugfolge stehen beide Stellwerke mit je einem vierfelderigen
Streckenblockapparat in mechanischer und elektrischer Abhängigkeit, welcher folgende Bedingun-
gen erfüllt:

Die Einfahrtsignale mit den gekuppelten Vorsignalen können nur auf freie Fahrt gestellt
werden, wenn vorher die elektrische Vormeldung von den benachbarten Stationen eingetroffen
ist, die Weichen für die betreffende Fahrstrasse eingestellt sind und der zugehörige Fahrstrassen-
hebel in die Fahrstellung gebracht ist.

Ein Ausfahrtsignalhebel kann jederzeit auf Fahrt gestellt werden, sofern die Einfahrt aus
entgegengesetzter Richtung nicht vorgemeldet bzw. freigegeben ist.

Die Ausfahrtsignale sind mit mechanischen Rückstellvorrichtungen versehen und werden vom
Zug auf «Halt» gestellt. Eine Vormeldung an die benachbarte Station kann erst dann erfolgen,
wenn der Ausfahrtsignalhebel nach Abfahrt des Zuges vorher in die Normalstellung gebracht ist.

Für die Durchfahrt eines Zuges ohne Halt in der Station kann der Durchfahrtsignalhebel
erst nach erfolgter Vormeldung für die Einfahrt, Richtigstellung der vom Zuge berührten Weichen,
Fahrstellung der zugehörigen Ein- und Ausfahrstrassen und Signalhebel gestellt werden.

Die Stellwerksanlage auf der Station Tecknau wurde von der *schweizerischen Stellwerk-
fabrik Wallisellen*, diejenige auf der Station Gelterkinden von der Firma *Jüdel A.-G.*, Braunschweig,
ausgeführt. Die Erstellung der Sicherungseinrichtungen inklusive Schutzhütten für die Zentral-
apparate, elektrische Beleuchtungseinrichtungen für die Signale, elektrische Streckenapparate, Rück-
meldung der Signale auf die Stationen exklusive Lieferung der Kabel und deren Verlegung hat
folgende Kosten verursacht:

Für die Anlage Tecknau Fr. 49,000.—

» » » Gelterkinden » 55,000.—

Die Einführung der neuen Hauensteinlinie in die Bahnhöfe Sissach und Olten ist durch
Umänderung der Gleisanlagen und der bestehenden Stellwerkeinrichtungen den neuen Verhält-
nissen angepasst und entsprechend gesichert worden.

VII. Kosten.

A. Einheitspreise.

Wir geben im Auszug die Preise der wichtigsten Arbeitsgattungen aus der Preisliste.

Erdarbeiten.

Für die vorbereitenden Arbeiten gemäss « Bes. Best. u. Erdarb. » (§ 3) wurde die Pauschalsumme bezahlt	Los I Fr. 9500.—	Los II a Fr. 750.—	Los II b Fr. 2250.—
Erdgewinnung per cbm	» 0.40	» 0.70	» 0.70
Mittlerer Transportzuschlag	» 0.835	» 0.42	» 0.42
Zuschlag für Fels per cbm	» 1.90	» 2.—	» 2.—

Tunnel.

Mit Ausnahme der Portale, Nischen, Kammern, Putzschächte und Gewölbeabdeckung wurde der Tunnel nach Einheitspreisen per lfm Tunnelröhre bezahlt, entsprechend verschiedenen abgestuften Tunneltypen, deren Anwendung von der Bauleitung bestimmt wurde. Die Preisliste enthält Preise für Typen mit Widerlager

- a) aus häuptiongem Bruchsteinmauerwerk, § 13
- b) aus Spitzsteinmauerwerk, § 14
- c) aus Beton, § 8, Mischung 1:2:5

und mit Gewölben

- a) aus Naturstein, § 13/17
- b) aus Naturstein, § 14/17
- c) aus Kunststein

und ähnliche Unterschiede für Sohlengewölbe. Durch Kombination der verschiedenen Mauerwerksarten entstanden eine Reihe von Unterabteilungen der verschiedenen Profiltypen mit verhältnismässig geringen Preisunterschieden.

Wir führen der Einfachheit halber nur die Preise mit Widerlagermauerwerk aus Beton und mit Gewölbe § 13/17 an:

Profil 1	Ohne Mauerung	Fr. 1630.—
» 1 ^a	» »	» 1610.—
» 1 ^b	Nur Gewölbe 0,30 m stark	» 1730.—
» 2 ^a	Gew. 0,40 m stark, Widerl. § 8, Gew. § 13 (ohne Sohlengew.)	» 1830.—
» 2 ^b	Mit Sohlenabdeckung 0,15 m stark, Zuschlag	» 40.—
» 3 ^a	Gewölbe 0,50 m stark, ohne Sohlengewölbe	» 2210.—
» 3 ^b	» 0,50 » » mit § 13/17	» 2770.—
» 4 ^a	» 0,65 » » ohne »	» 2990.—
» 4 ^b	» 0,65 » » mit » § 13/17	» 3330.—
» 5 ^a	» 0,80 » » » » § 13/17	» 4000.—
» 5 ^b	» 0,80 » » mit verstärktem Sohlengewölbe	» 4150.—
» 6	» 0,90 » » § 13/17, mit Sohlengew. § 13/17	» 5780.—
Entwässerung über dem Tunnelgewölbe per qm		» 29.50

Einige Preise für Mehr- und Minderarbeiten:

Mehrausbruch einschliesslich Transport per cbm	» 30.—
Widerlagermauerwerk § 13	» 39.20
Widerlagermauerwerk aus Beton	» 34.30
Gewölbemauerwerk § 13/17	» 53.90

Brücken und Durchlässe.

	Los I	Los II a	Los II b
Aushub einschliesslich Transport per cbm	Fr. 4.80	Fr. 5.—	Fr. 2—4.—
Fundamentbeton 1:3:7	» 22.60	» 25.—	» 18.—
Aufgehendes Betonmauerwerk, Mischung 1:2:5	» 25.60	» 26.—	» 24.—
Häuptiongem Bruchsteinmauerwerk § 13 in hydr. Kalk	» 27.50	» 28.—	» 27.—
Spitzsteinmauerwerk § 14	» 39.40	» 40.—	» —.—
Schichtenmauerwerk § 15	» 44.20	» —.—	» —.—
Quadermauerwerk aus Granit	» 148.—	» 150.—	» 140.—
Gewölbemauerwerk § 13/17 in hydr. Kalk	» 39.40	» 45.—	» 40.—

B. Voranschläge und Baukosten.

<i>Tunnel</i> , 8134 m lang.	Voranschläge Fr.	Baukosten Fr.
Voranschlag vom Dezember 1912	18,563,000.—	
Abrechnung mit Julius Berger, einschliesslich Fr. 192,000.— Prämien für frühere Vollendung		19,569,497.—
Zahlung der S. B. B. für Unfälle		56,952.—
Verschiedene Ergänzungs- und Rekonstruktionsarbeiten		264,700.—
Summe		<u>19,891,149.—</u>
Kosten per Meter Tunnel		<u>2,445.—</u>

Neue Hauensteinlinie, einschliesslich Tunnel- und Luftschacht)* (Baulänge 16,2 km)

Organisation und Verwaltung	1,050,000.—	475,490.—
Verzinsung des Baukapitals	1,520,000.—	1,847,598.—
Erwerb von Grund und Rechten	640,000.—	728,648.—
Unterbau:	Voranschläge Fr.	Ausführung Fr.
Erdarbeiten und Mauern	740,000.—	863,511.—
Tunnel	18,563,000.—	19,891,149.—
Luftschacht	170,000.—	172,200.—
Brücken und Durchlässe	1,339,000.—	1,377,789.—
Beschotterung der Gleise	379,000.—	319,568.—
Strassenbauten	141,000.—	128,431.—
Fluss- und Uferbauten	86,000.—	95,871.—
Summe Unterbau	21,422,000.—	22,848,519.—
Oberbau	1,400,000.—	1,379,736.—
Hochbau und mechanische Einrichtungen	180,000.—	204,823.—
Telegraph, Signale, Sicherungsanlagen	300,000.—	576,639.—
Mobiliar und Geräte	10,000.—	9,768.—
Total	<u>26,522,000.—</u>	<u>28,071,221.—</u>
Durchschnittliche Kosten per Kilometer, rund		1,733,000.—



VIII. Unternehmer und Lieferanten.

Unterbau.

Julius Berger, Tiefbau A.-G., Berlin	Baulos I mit dem Hauensteintunnel. Baulos II ^a Gelterkinden.
W. & J. Rapp, Bauunternehmung, Basel	Baulos II ^b Sissach-Gelterkinden.
Dr. Lüscher, Aarau	In Unterakkord: Unterbau der Aarebrücke.
Alb. Buss & Co. A.-G., Basel	Eiserne Tragwerke der Aarebrücke.
Vereinigte Konstruktionswerkstätten Nidau- Döttingen A.-G.	{ Eiserne Tragwerke der Strassenunterführung km 22,528.
Gebrüder Singeisen, Liestal	Eiserne Brückenträger und Geländer.
Emil Gerster & Co., Gelterkinden	Eiserne Brückenträger und Geländer.
O. Marzohl, Malermeister, Olten	Anstrich sämtl. eiserner Brücken und Geländer.

Oberbau.

Röchling'sche Eisen- und Stahlwerke Völklingen	Schienen und eiserne Schwellen.
Gebrüder Stumm, Neunkirchen	Schienen und eiserne Schwellen.
De Wendel, Hayningen	Schienen.
Eisenhütten Aktienverein, Düsseldorf	Schienen.
von Roll'sche Eisenwerke Solothurn	Befestigungsmittel.

*) Baukosten noch nicht vollständig abgeschlossen.

- Werkstätten der S. B. B. Zusammenstellung der Weichen.
 Imprägnierungsanstalten Zofingen, Glovelier,
 Sargans und Mülhausen Holzschwellen.
 Julius Berger, Berlin Legen des Oberbaues km 24,350—37,430.
 W. & J. Rapp, Basel Legen des Oberbaues km 21,4—24,350.

Hochbau und mechanische Einrichtungen.

- K. & E. Bohny, Baugeschäft, Sissach Die Gebäude der Station Gelterkinden.
 E. Gerber, Zimmermeister, Gelterkinden Zimmerarbeiten des Güterschuppens Gelterkinden.
 J. Herzog & Sohn, Gelterkinden Stationsgebäude Tecknau.
 Franz Menotti, Baumeister, Olten Wärterhaus beim Südportal.
 R. Schaub, Gelterkinden Wärterhaus beim Nordportal.
 Ateliers de Constructions mécanique Vevey Drehkran der Station Tecknau.
 Gesellschaft der von Roll'schen Eisenwerke,
 Giesserei, Bern Drehkran der Station Gelterkinden.
 J. Ammann & Co., Wagenfabrik, Ermatingen Brückenwage in der Station Gelterkinden.
 Jean Studer, Wagenfabrik, Olten Brückenwage in der Station Tecknau.

Telegraph, Signale und Sicherungsanlagen.

- Hasler A.-G., Bern, und Th. Frey, Luzern Telegraphen-, Telephon- u. elektr. Signalapparate.
 Kabelfabriken Cortaillod, Cossonay und Brugg Kabelleitungen im Tunnel.
 Maschinenfabrik Oerlikon Umformeranlage in Tecknau.
 Apparatenfabrik von F. Merker & Co. in Baden (und von Hermann Bucher in Emmenbrücke) Die elektrisch beleuchteten Kilometerlaternen im Tunnel.
 Schweizerische Stellwerkfabrik Wallisellen Stellwerkanlage der Station Tecknau.
 Jüdel A.-G., Braunschweig Stellwerkanlage der Station Gelterkinden.
 Hans Gerster, Gelterkinden Eiserne Geländer.
 Ferdinand von Arx Söhne, Olten Einfriedigung mit Holzpfeilen und Drähten.
 Grossmann, Bauunternehmung, Brienz Einfriedigung mit Drähten und Halblatten.

Verzeichnis der Lieferanten für den Bau des Hauensteintunnels.

- Aerni-Leuch Bern Lichtpausen.
 U. Ammann Langenthal Steinbrecher, Sandmühlen.
 Ferd. von Arx Söhne Olten Holz, Installationsbauten.
 Robert Aebi & Co. Zürich Bremsberganlage.
 Altorfer, Lehmann & Co. Zofingen Heizungsanlagen.
 H. von Arx & Co. Zürich Karretten, Pickel und Kleingeräte.
 F. & H. Aeschbacher Olten Photographien.
 Allg. Elektrizitäts-Gesellschaft Basel Elektromotoren, elektrische Anlagen.
 A. Borsig Tegel, Berlin Niederdruckkompressoren, Hochdruckkompressorenanlage (Druckluft), 5 Tunnellokomotiven, Dampflokomotiven.
 von Baerle & Co. Münchenstein Putzwolle.
 Basler Lagerhausgesellschaft Basel Verfrachtung.
 Bareiss, Wieland & Co. A.-G. Zürich Maschinenöle.
 J. Brun & Co. Nebikon Eisenwaren, Hebewerkzeuge und Laufkran im Maschinenhaus der Südseite.
 Brack & Eich Aarau Oele und Fette.
 Gebr. Bernhard Wil Böschungssamen.
 Wilh. Brodtbeck & Co. Pratteln Zementröhren, Kanal- und Abdeckplatten.
 Elektrotechnische Werke Gurtellen Calcium-Carbid.
 Zementwarenfabrik Olten.
 Hunziker & Co. A.-G. Olten Kunststeine, Zementröhren, Kanalabdeckplatten.
 Fr. Christen Zürich Autoreifen.
 Zement- und Kalkwerke Liesberg Zement.
 Cueni Ignaz Röschenz Bruchsteine.
 Court & Bauer Köln Oele und Fette.
 Ed. Dorrenberg Söhne Ränderoth Bohr- und Werkzeugstahl.
 Z. Dosenbach & Co. Zürich Wasserstiefel.

Deutsche Compound & Rubber G. m. b. H.	Strassburg	Packungen.
Esch & Stein	Duisburg . .	Steinbrecher.
Filzfabrik Wyl	Wyl	Filze.
H. Fürst	Ludwigshafen	Oele und Fette.
Heinrich de Fries	Düsseldorf	Kranwinden und Flaschenzüge.
H. Flottmann & Co.	Saarbrücken	Bohrhämmer.
Gesellschaft der L. von Roll'schen Eisenwerke	Gerlafingen	{ Transmission Südseite, kompl. Schachtaufzug nebst Seiltrommel und Motor, Gusswaren.
Gebr. Himmelsbach	Freiburg i. Br.	Holz und Schwellen.
Höverler & Dieckhaus	Papenburg	Lagermetall.
Huguenin Frères & Co.	Le Locle . .	Erinnerungsmedaillen.
Imhof & Co.	Basel	Treibriemen.
Gebr. C. & E. Jeker	Büsserach	Pickel- und Schaufelstiele.
Alfred König	Olten	Oele und Fette.
Kabelwerke Brugg A.-G.	Brugg	Kabel.
L. Kohler-Grieder	Läufelfingen	Eisenwaren.
Kaiser & Co.	Bern	Bureauartikel.
Kofmehl Otto	Solothurn	Putzfäden.
Gebr. Leimgruber	Walterswil	Tunnelbauholz und Bruchsteine.
Loewe Bernhard	Basel	Oele.
F. Lange & Co.	Muttenz . . .	Oele und Fette.
L. Lindenberg G. m. b. H.	Köln a. Rh.	Asphaltfilzplatten.
Schweiz. Lokomotivfabrik	Winterthur	Lokomotivreparaturen, 1 Dieselmotor (Nordseite).
Fritz Marti A.-G.	Bern	Schienen, Schienennägel und Bolzen.
Moser & Schibli	Olten	Feuerfeste Steine und diverse Baumaterialien.
Menck & Hambrock	Altona	Löffelbagger.
Rud. Meyer A.-G.	Mülheim . . .	Bohrhämmer.
Motorenfabrik Oberursel	Oberursel . .	Benzinlokomotiven und Benzinmotoren.
R. Neddermann	Basel	Tunnelanzüge.
Joh. Emil Naef	Zürich	Tunnelanzüge.
Gebr. Röchling	Basel	Kohlen und Eisen.
Regli-Loretz & Walker	Wassen	Granitsteine.
Conr. Rein Söhne	Michelstadt	Kippwagen.
Société Suisse des Explosifs	Brig	Sprengstoffe.
Gebr. Sulzer	Winterthur	Dieselmotoren, Ventilatoren, Transmissionen, Pumpen und Motoren.
Sauer- und Wasserstoffwerke	Luzern	Sauerstoff.
Sauerstoffwerk	Lenzburg . . .	Sauerstoff.
Société des Carrières	Villeneuve . .	Werksteine und Bruchsteine.
Schweiz. Sprengstofffabrik	Reuchenette	Sprengstoffe.
« Cheddite »	Liestal	Sprengstoffe.
Scheurmann & Co.	Olten	Eisenwaren, Kleingeräte, Eisen etc.
Emil Scheller & Co.	Zürich	Oele, Fette und Treiböle.
Schäffer & Budenberg	Oerlikon . . .	Manometer.
C. Schäfer & Co.	Basel	Staufferbüchsen.
Schweiz. Metallurg. Gesellschaft	Basel	Bronzeabgüsse.
Schweiz. Schmirgelscheibenfabrik	Winterthur	Schmirgelscheiben.
Otto Stotz & Sohn	Olten	Drucksachen.
Thyssen & Co.	Mühlheim/Ruhr	Röhren für Hochdruck- u. Niederdruckleitungen.
Vacuum Oel A.-G.	Zürich	Oele und Fette.
Vestit Metall A.-G.	Zürich	Lagermetalle.
Internat. Verbandstofffabrik	Schaffhausen	Verbandstoffe.
Wolf, Nätter & Jacobi	Strassburg i. E.	Eiserne Kleiderschränke und Regale.
Wanner & Co.	Horgen	Lederriemen.
Westfalia	Gelsenkirchen	Bohrhämmer.
L. Wild	Muri	Eiserne Ventilations- u. Druckluftrohre für Hoch- und Niederdruck.
A. Wärtli	Aarau	Bureauartikel.
Arthur Weber	Olten	Oele und Fette.
Wittener Stahlformgiesserei	Witten a. Ruhr	Radsätze.
Wartmann, Valette & Cie.	Brugg & Genf	Eisenkonstruktion für das Maschinenhaus Nord- seite, Caissons.

Verzeichnis der hauptsächlichsten Lieferanten des Bauloses II^b

von W. & J. Rapp, Basel.

Basler Sandsteinfabrik	Pratteln	Bahnschotter.
Ernst Frey, Baumaterialien	Augst	»
Fr. Schär, Baumeister	Rheinfelden	»
Steinbruch A.-G.	Brislach	Hausteine für Kunstbauten.
A. Gamma	Gurtellen	Granit für Kunstbauten.
J. Regli	Wassen	» » »
Brodbeck, Portlandzementfabrik	Liestal	Portlandzement.
Basler Sandsteinfabrik	Pratteln	Mauersand, Beton- und Strassenkies.
J. Cueny	Röschenz	Steine für Chaussierung.
P. Kohler	Läufelfingen	» » »
Gebr. Handschin	Gelterkinden	» » »
Rieder	Rothenfluh	» » »
Grieder	Gelterkinden	» « »
E. Beuger	Thürnen	» » »
Eigene Lieferung		Pflastersteine.
P. Kohler	Läufelfingen	Schlagschotter für Strassen.
Gebr. Bernhard	Wil	Samen für Böschungen.
Basler Sandsteinfabrik	Pratteln	Zementröhren.
J. Cueny	Röschenz	Wurfsteine f. Rollierung u. Böschungspflästerung.
J. Suter	Itingen	Gerüstholz, Flecklinge etc.
J. Marti	Böckten	» » »
J. Wunderlin	Wallbach (Aarg.)	» » »
Forstverwaltung	Rheinfelden	Faschinen und Strauchwerk.
Menck & Hambrock	Altona-Hamburg)	Löffelbagger II.
Vertreter Fritz Marti A.-G.	Bern	
A. Suter & Cie.	Basel	Betriebskohlen.
van Baerle A.-G.	Münchenstein	Maschinenöle.
Elektra	Sissach-Gelterkinden	Elektrische Kraft für Baumaschinen und Installationen.
Elektra	Farnsburg	
Giesserei von Roll	Rondez	Gusswaren und Röhren.

IX. Die alte Hauensteinlinie.

Ihre jetzige Bestimmung, Rückblick.

Die alte Hauensteinlinie Sissach-Olten, die im Jahre 1858 eröffnet wurde, hat nun die Bewältigung des starken Verkehrs von Basel nach dem Gotthard und der Westschweiz, dem sie fast 60 Jahre lang diente, an die leistungsfähigere und leichter zu befahrende neue Hauensteinlinie abtreten müssen. Sie dient von jetzt ab nur noch als Lokalbahn; an ihr liegen die beiden Stationen Sommerau und Läufelfingen; letztere ist durch eine sehr leistungsfähige Gipsfabrik bekannt.

Die Vorspannlokomotiven beider Rampen verursachten früher in Läufelfingen, sowie in Sissach und Olten einen regen Betriebsdienst. In Olten ist dieser Ausfall weniger bemerkbar.

Es ist auf der alten Hauensteinlinie sehr still geworden, doch hat eigentlich die Gegend dadurch nichts eingebüsst; denn die vielen ohne Aufenthalt vorbeifahrenden Express- und Güterzüge brachten den Ortschaften doch nichts ein. Heute verkehren zwischen Sissach und Olten 7 Zugspare mit Anschlüssen an die durchgehenden Züge in Olten und in Sissach. Auch sind drei neue Haltestellen, Rümlingen, Buckten und Trimbach für den Personenverkehr errichtet worden, so dass in bezug auf bequemen Lokalverkehr die Anwohner der alten Linie nur gewonnen haben.

Vor 60 Jahren wäre der Bau eines Basistunnels von 8 Kilometern Länge aus technischen und noch viel mehr aus wirtschaftlichen Gründen kaum ausführbar gewesen. Ein Vergleich zwischen beiden Bauten zeigt recht deutlich, welch grosse Fortschritte der Tunnelbau in dieser Zeit gemacht hat.

		Hauensteintunnel	
		Alter	Neuer
Länge	m	2496	8134
Steigung	‰	26	7,5
Baubeginn	anno	1853	Februar 1912
Durchschlag	»	1857	Juli 1914
Bauzeit des Richtstollens	Monate ca.	50	29
Durchschnittliche Bauzeit für 1 km Richtstollen	» »	20	ca. 3½
Fertigstellung	anno	1858	1915
Bauzeit	Jahre: etwas über	5	nicht ganz 4
Durchschnittliche Bauzeit für 1 km Tunnel	» » »	2	» » 5 Mon.
Kosten per m Tunnel (Akkordpreis des alten Hauenstein Fr. 1700)	Fr.	1923	2445

Die Fortschritte sind zu verdanken einesteils den im Tunnelbau gesammelten Erfahrungen, andernteils den technischen Errungenschaften und Hilfsmitteln, über die man beim Bau des alten Tunnels noch nicht verfügte.

X. Der Bau des Hauenstein-Basistunnels auf den Fachausstellungen von Leipzig und Bern.

Die *Gesteinssammlung* (Abb. 94), umfassend alle typischen Felsarten, in der Reihenfolge, wie sie durchfahren wurden, sowie die hinterstellten geologischen *Spezialprofile* durch das Tunnelmassiv, versehen mit gesteintechnischen Erläuterungen und hydrographischen und geothermischen Eintragungen, im Verein mit den *technischen Plänen* und graphischen Darstellungen, sowie mit den *photographischen Aufnahmen* charakteristischer Betriebseinrichtungen und -Vorgänge, veranschaulichen aufs deutlichste die engen Beziehungen zwischen *Geologie* und *Tiefbautechnik* und können dem Beschauer einen guten Begriff davon geben, wie wichtig für den Tunnelingenieur die möglichst genaue Kenntnis der zu durchörternden Gebirgskomplexe in allen ihren wesentlichen gesteintechnischen Eigenschaften ist.

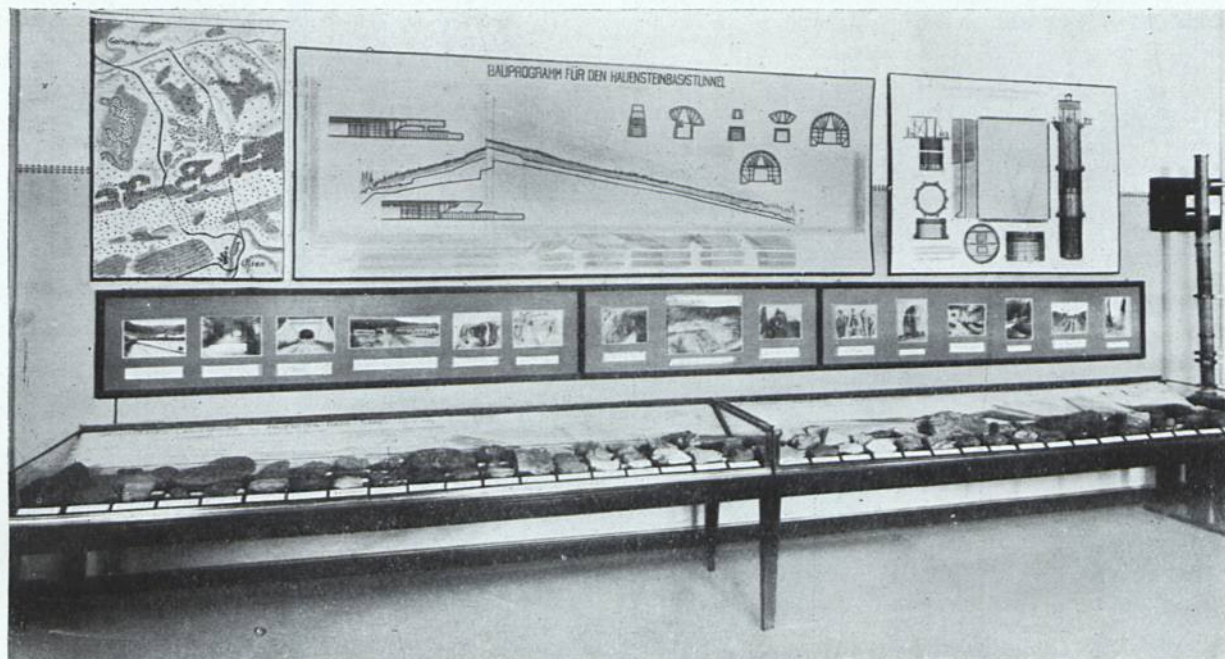


Abb. 94. Ein Teil der auf den Ausstellungen von Leipzig und Bern gezeigten Objekte.

Auf zwei grossen Ausstellungen, der *Internationalen Baufachausstellung zu Leipzig im Jahre 1913*, sowie auf der *Schweizerischen Landesausstellung zu Bern im Jahre 1914*, gab die Firma in graphischen Darstellungen und charakteristischen photographischen Abbildungen einen Ueberblick über den Bau des Hauenstein-Basistunnels und die dabei mit Erfolg angewandten Arbeitsmethoden. Auf der Berner Ausstellung wurde, ausser einigen Bohrhammertypen, noch eine vollständige Serie von Proben der durchfahrenen Gebirgsarten mit hinterlegtem geologischem Spezialprofil gezeigt.

Insbesondere durch diese gesteintechnische Zusammenstellung, im Verein mit den geologischen Querschnitten und den graphischen Plänen über den Arbeitsfortschritt beim Tunnelausbruch, konnte in anschaulicher Weise vor Augen geführt werden, wie wesentlich für den Tunnelbauer die genaue Kenntnis von der Struktur und der Beschaffenheit des zu durchörternden Gebirgsmassives ist.

In *Leipzig* wurden die Leistungen der Firma durch Verleihung der *goldenen Medaille der Stadt Leipzig* gewürdigt.

In *Bern* wurde der Firma für ihre Verdienste auf tunneltechnischem Gebiet die *silberne Medaille* zuerkannt.

XI. Schlusswort.

Jeder neue Tunnelbau trägt zur Vermehrung der Erfahrungen bei und bringt neue technische Fortschritte; so gewiss auch der Bau des Hauenstein-Basistunnels. Sie liegen in diesem Fall weniger in der Ueberwindung grosser Schwierigkeiten, als in einer beträchtlichen Abkürzung der Bauzeit, der durch ein wohldurchdachtes Arbeitsprogramm, durch die Anwendung aller modernen technischen Hilfsmittel im Baubetrieb, sowie durch zweckmässige Anordnungen auf wissenschaftlicher Grundlage erreicht wurde.

Förderlich für die erfolgreiche Durchführung des Werkes war auch das enge Zusammenarbeiten und das stets gute Einvernehmen mit der Bauleitung.

Die durchaus fortschrittliche Gesinnung der Tunnelbauunternehmung fand ihren Ausdruck vor allem in der Anpassung des Bohrsystems an die geologischen Verhältnisse: Es ist das erste Mal, dass bei einem längeren Tunnel der Richtstollen ausschliesslich mit Bohrhämmern erbohrt wurde. Der Erwähnung wert sind ferner: die vom Baubeginn an durchgeführte ökonomische und dennoch sehr wirksame Ventilation, die Verwendung schwerer Schienen für den Transport im Tunnel, die Ausführung der Widerlager aus Stampfbeton, der in Betonmischern ausserhalb des Tunnels hergestellt wurde, die Verwendung vorzüglicher Kunststeine in Normalformat für die Gewölbe, eine reichliche Versorgung mit Maschinenkraft: insgesamt 1600 PS, in beiden Kraftstationen der Süd- und Nordseite, starke, rauchlose Lokomotiven im Tunnel, zahlreiches, dem Tunnelbau angepasstes Rollmaterial.

Diese trefflichen Hilfsmittel, eingefügt in eine straffe Organisation und einen energischen Baubetrieb, zeitigten die rasche und glückliche Vollendung des Hauensteintunnels, dem diese Denkschrift gewidmet ist.

Olten, im Januar 1917.

E. Wiesmann.

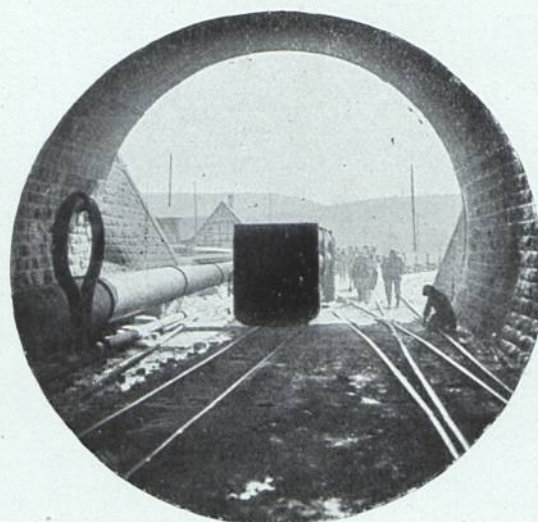
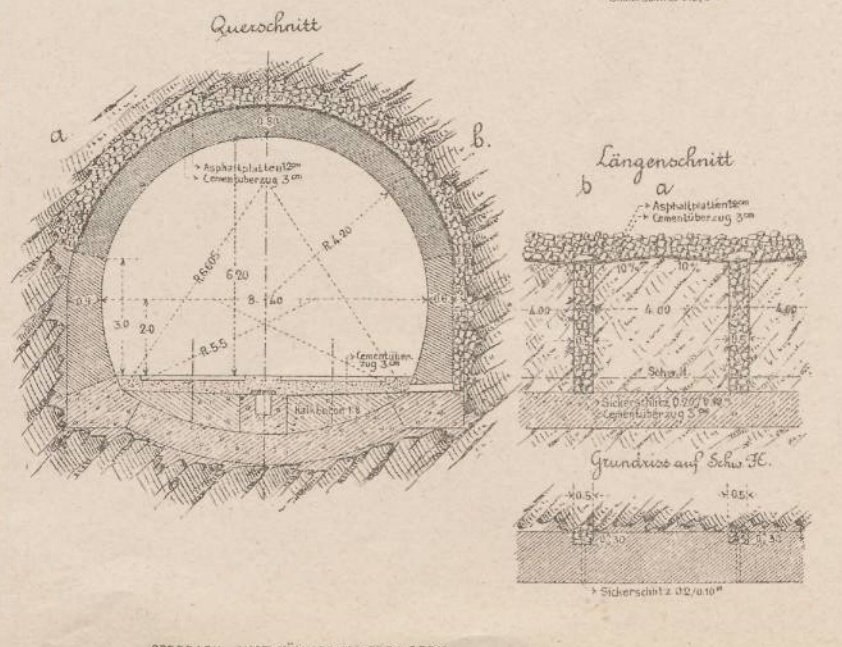
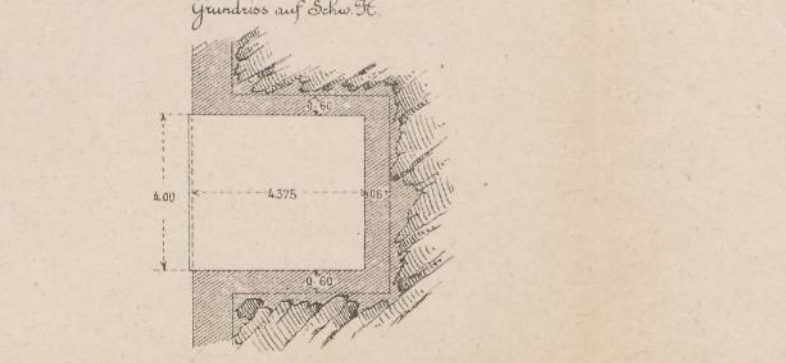
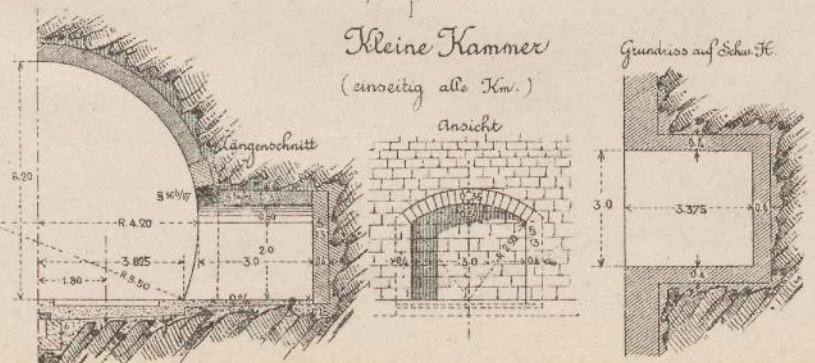
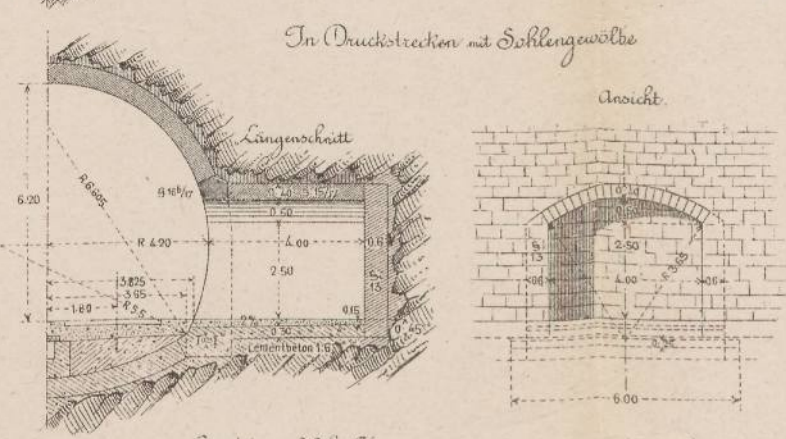
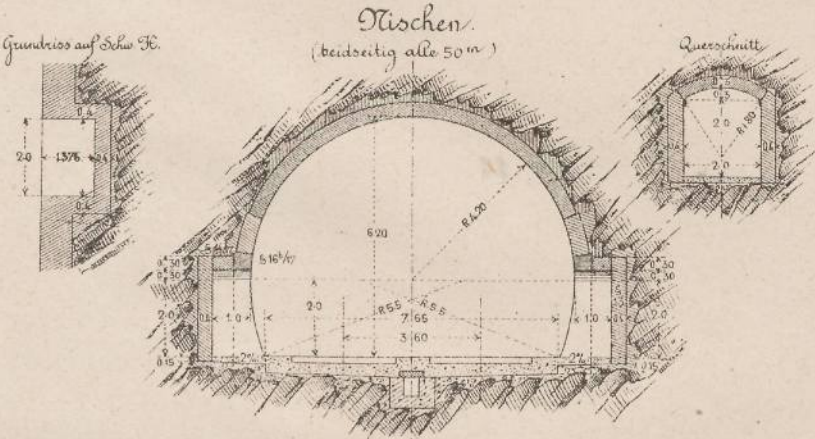
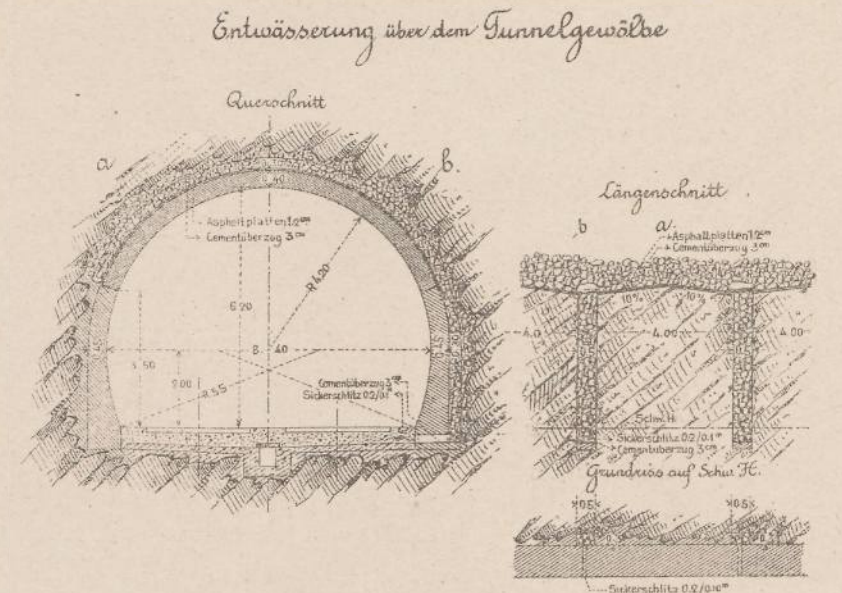
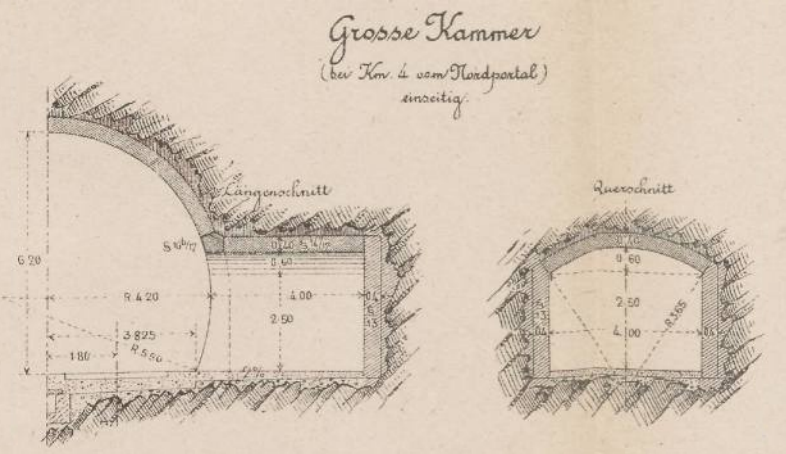
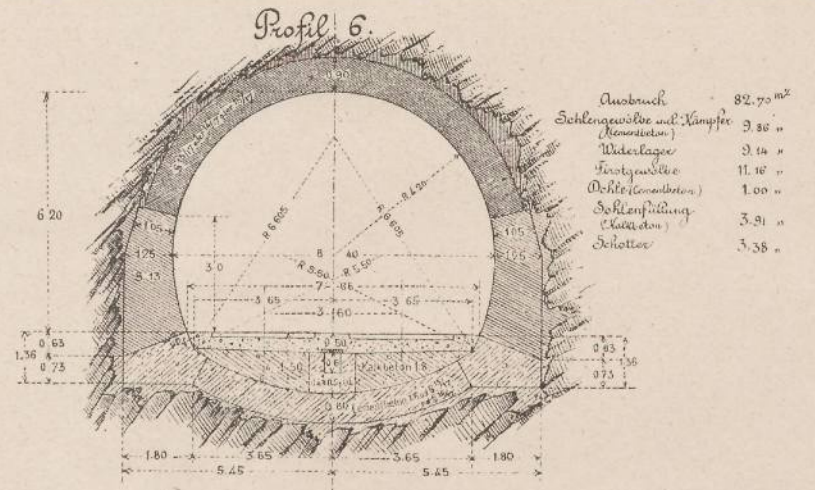
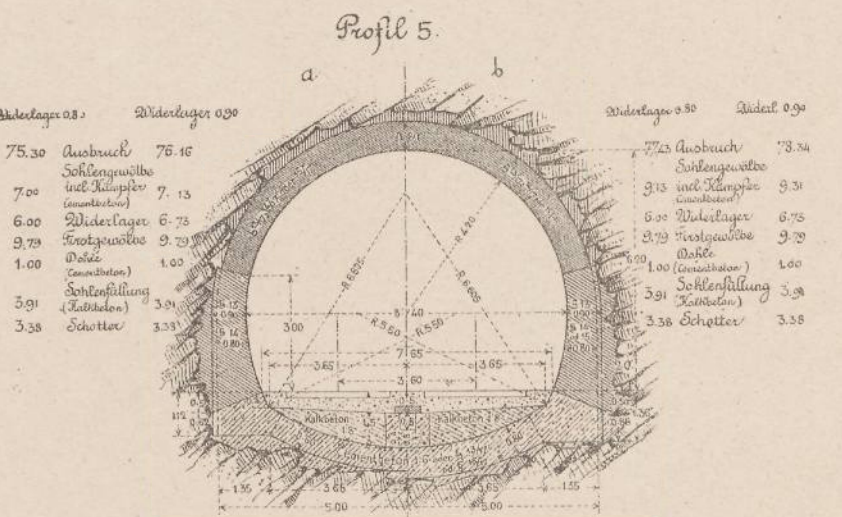
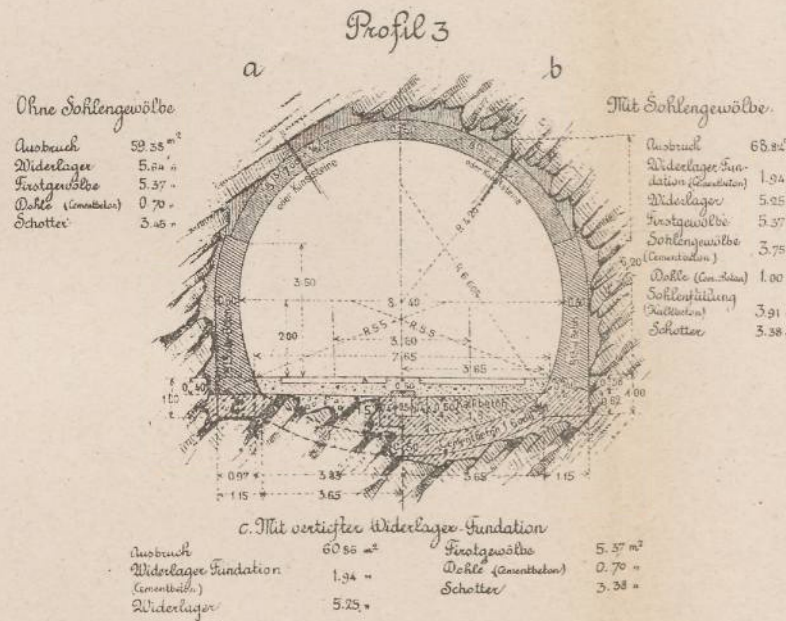
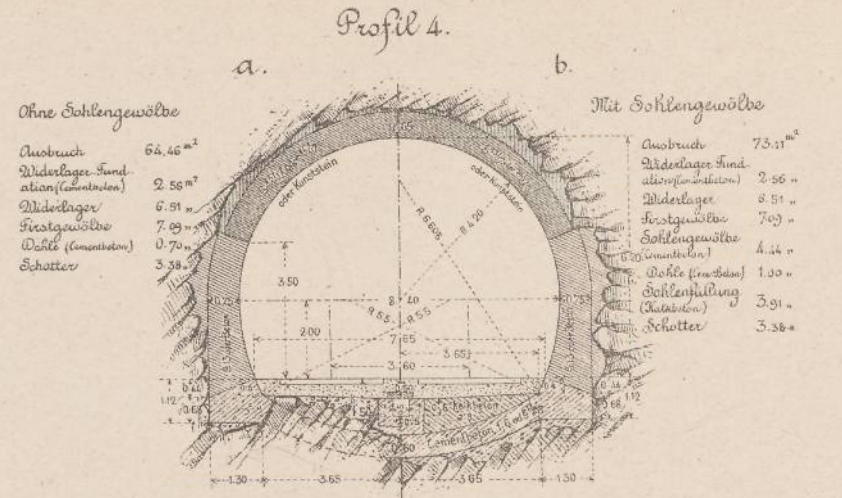
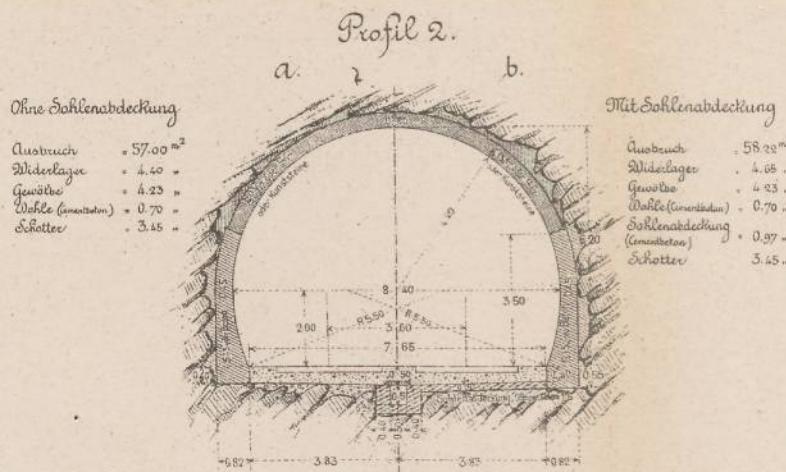
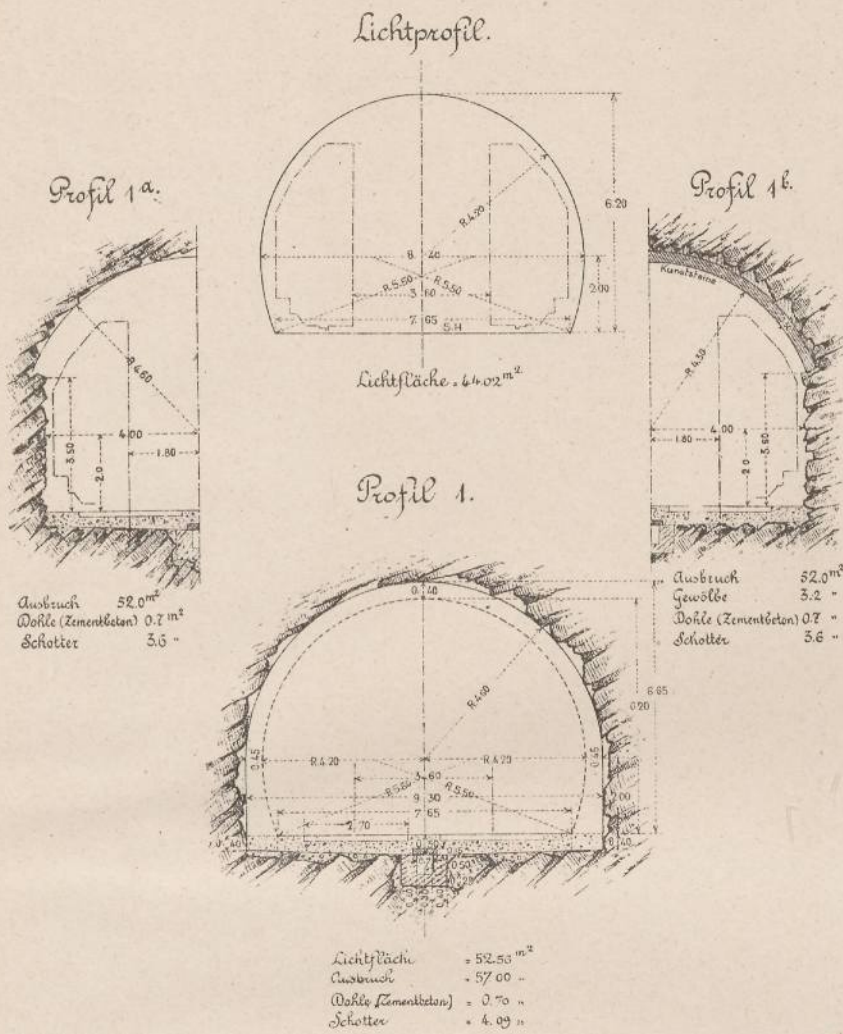


Abb. 95. Ausblick durch das Südportal.

Berichtigungen

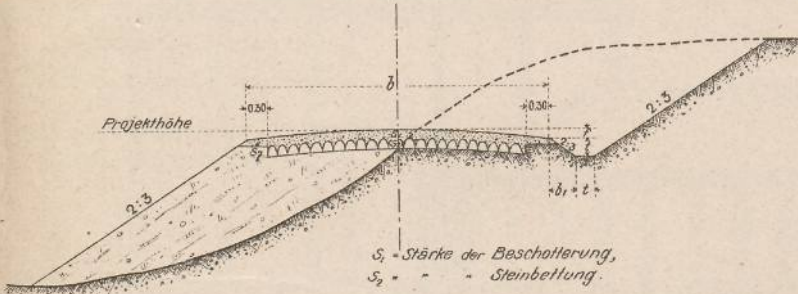
- Seite 3, Zeile 18 von unten: Lies «*der einen*» statt «*einer*».
- » 4, » 29 » » Hinter «*Mai*» ist «*1911*» einzufügen.
- » 4, » 24 » » Lies «*die... Strompfeiler*» statt «*den... Strompfeilern*».
- » 5, » 16 » oben: Lies «*würden*» statt «*wurden*».
- » 10, » 6 » unten: Lies «*durchörtert*» statt «*durchörtet*».
- » 11, » 8 » oben: Vor «*Anhydritgruppe*» ist «*die*» einzufügen.
- » 11, » 3 » unten: Lies «*verleiht*» statt «*verlieh*».
- » 13, Tabelle I, Rubrik «*Bemerkungen*», Zeile 23 von unten: Lies «*bei*» statt «*unter*».
- » 13, Zeile 21 von unten: Lies «*Einfallen*» statt «*Einfallend*».
- » 20, » 4 » oben: Lies «*Trägern*» statt «*Balken*».
- » 30, » 12 » » Lies «*mächtigen*» statt «*mächtige*».
- » 34/35, Tabelle IX, Bemerkungen zum Sohlstollenvortrieb:
Zeile 9 von oben: Lies «*eine*» statt «*um*».
» 11 » unten: Lies «*Eckschüsse*» statt «*Eckschüss*».
- Tabelle X, Rubrik «*Gesteinsbeschaffenheit*»:
Zeile 6 von unten: Lies «*Tunnelröhre*» statt «*Tunnelrohre*».
- » 38, Zeile 15 von unten: «*und*» fällt fort.
- » 42, Abbildung 38: Lies «*Arbeitertransport*» statt «*Arbeiterzug*».
- » 46/47, Schema des Arbeitsbetriebes, Rubrik «*Bemerkungen*»:
Zeile 15 von unten: Lies «*Maurerpartien*» statt «*Mauerpartien*».
- » 58, » 23 » » Lies «*des Hauensteintunnels*» statt «*im Hauensteintunnel*».
- » 62, » 20 » oben: Lies «*Alluvium*» statt «*Aluvium*».
- » 62, » 23 » » Lies «*bei*» statt «*bis*».
- » 62, » 28 » » Lies «*bei*» statt «*bis*».
- Lies «*Nagelfluheinlagerung*» statt «*Nagelfluhüberlagerung*».
- » 74, » 5 » » Vor «*Eibach*» ist «*dem*» einzufügen.
- » 78, » 1 » » Vor «*Freigabe*» ist «*zur*» einzufügen.
- » 78, » 17 » unten: Lies «*Abhängigkeit*» statt «*Abhängkeit*».
- » 82, » 19 » » «*(Druckluft)*» muss hinter «*Tunnellokomotiven*» stehen.
- » 86, » 21 » oben: Lies «*die*» statt «*der*».





Normalprofil
für
Landstrassen.

1:100



Normal Nr	b m	b ₁ m	t m	f m	S ₁ m	S ₂ m	F m ²	F ₁ m ²
1	3.00	0.375	0.25	0.11	0.10	0.15	0.850	0.3205
2	4.00	0.375	0.25	0.13	0.10	0.15	0.910	0.4216
3	4.20	0.375	0.25	0.14	0.10	0.15	0.940	0.4443
4	4.80	0.375	0.25	0.15	0.10	0.15	0.990	0.5045
5 ^a	5.00	0.375	0.25	0.16	0.10	0.15	1.000	0.5293
5 ^b	5.00	0.376	0.25	0.16	0.15	0.18	0.792	0.7839
5 ^c	5.00	0.375	0.25	0.16	0.12	0.20	0.880	0.6293
5 ^d	5.00	0.375	0.25	0.16	0.15	0.20	0.850	0.7859
6 ^a	6.00	0.375	0.25	0.18	0.15	0.18	0.972	0.9353
6 ^b	6.00	0.375	0.25	0.18	0.12	0.20	1.000	0.7507
6 ^c	6.00	0.375	0.25	0.18	0.15	0.20	1.000	0.9353
7	7.00	0.375	0.25	0.20	0.12	0.20	1.280	0.8720

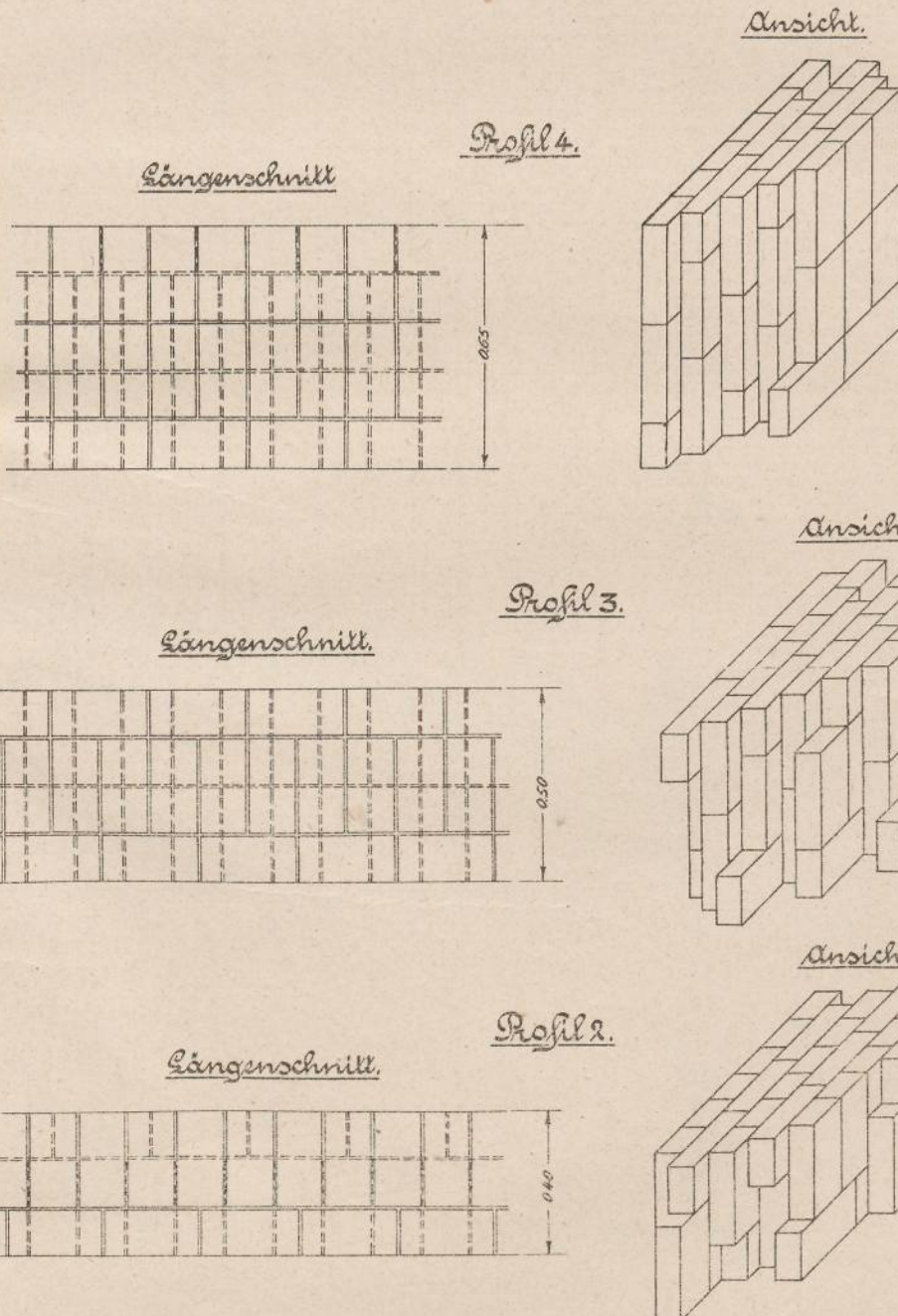
$$f = \frac{0.025 \cdot \delta^2}{\delta - 1}$$

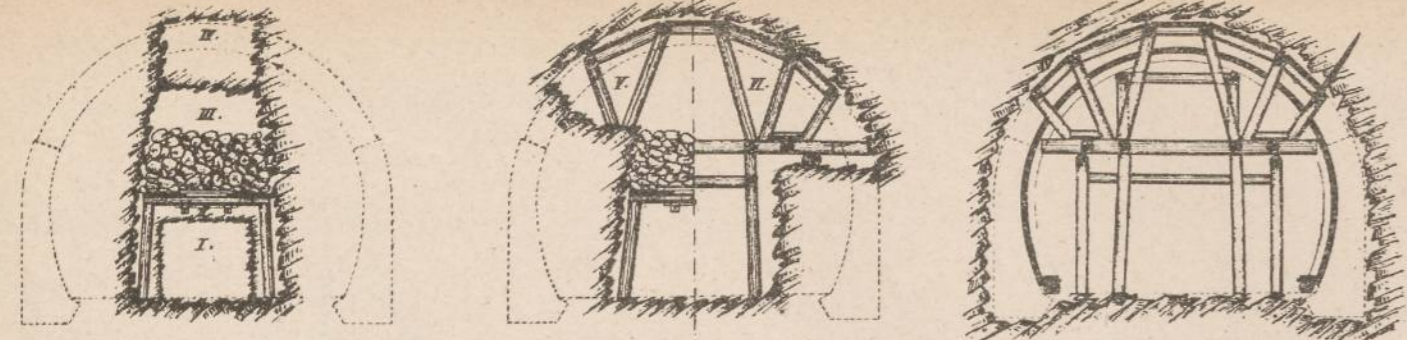
$$F = (\delta - 0.6) \cdot S_2 = \text{Querschnittsfläche des Steinbettes}$$

$$F_1 = \frac{2}{3} \delta f + \delta + \left[\delta + 2 \times \frac{2}{3} (s_1 - 0.02) \right] \times (s_1 - 0.02) - \frac{2}{3} (\delta - 0.6) (f - 0.02)$$

= Querschnittsfläche der Bekiesung

Hauensteinbasistunnel.
Details für die Mauerung im Geröllabschluss.

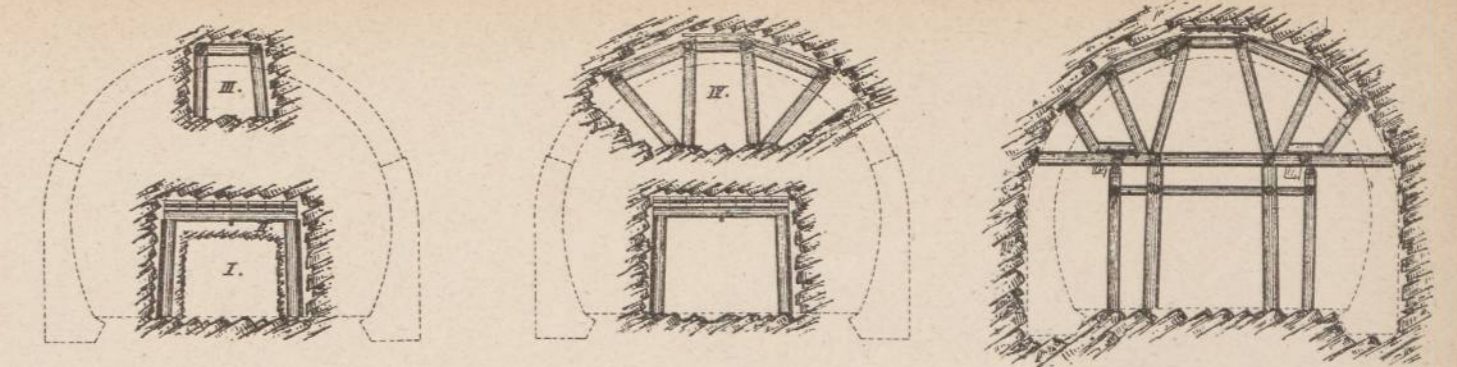




Ausbruch u. Einbau fertig, Lehrbögen aufgestellt.

Hauensteinbasistunnel. Länge 8135 m.

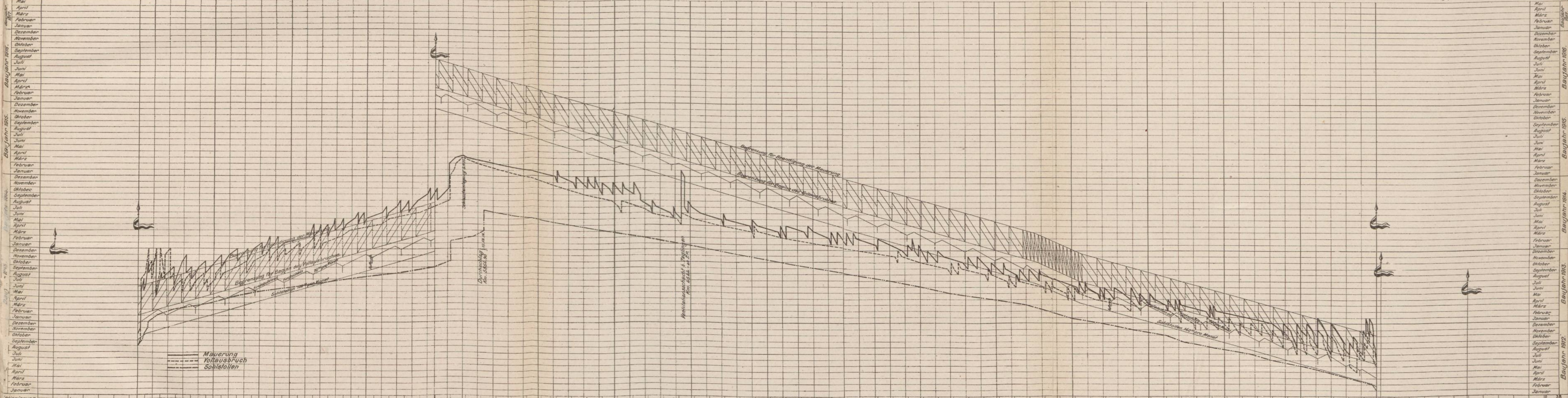
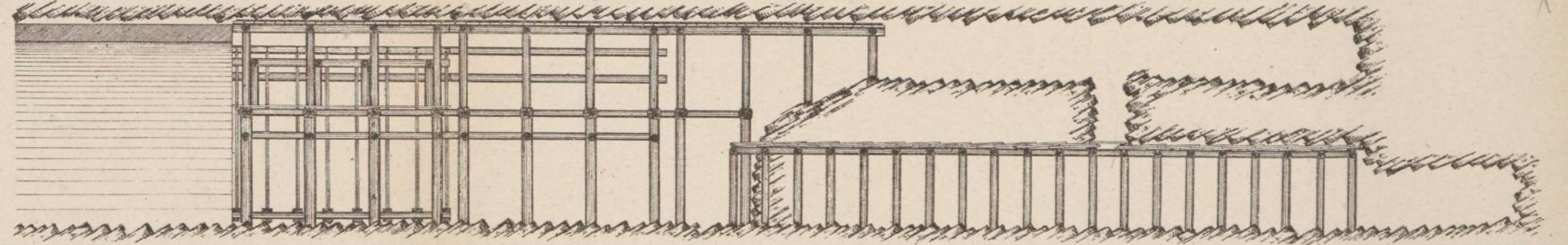
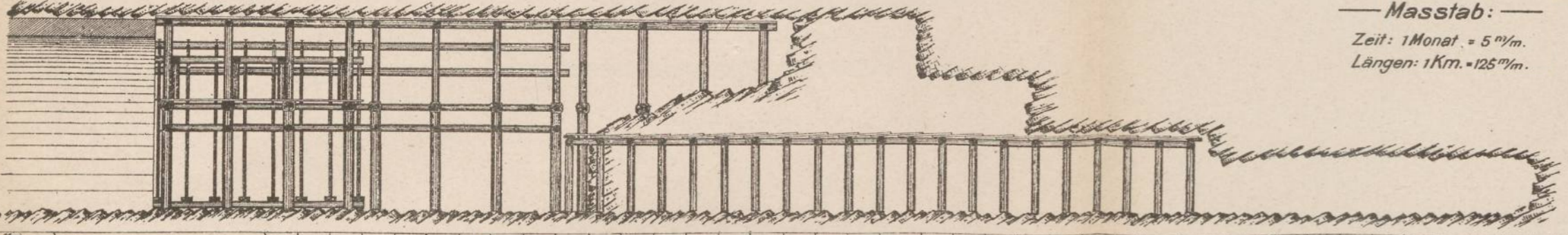
Bauprogramm und graphische Fortschrittstabellen.



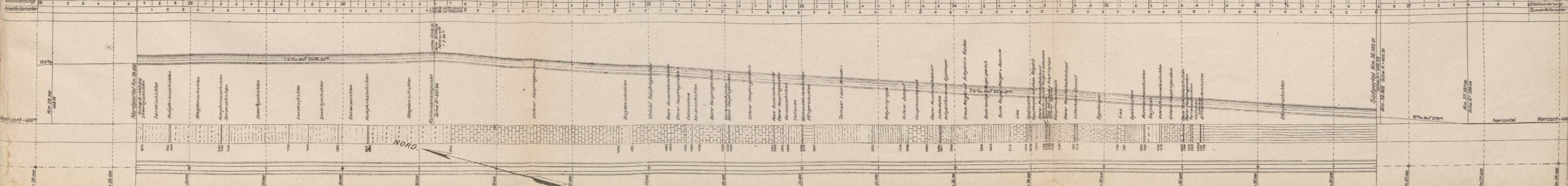
Bauvorgang beim Firststollenbetrieb — Oesterreichische Einbaumethode. M. = 1:200.

Bauvorgang beim Firstschlitzbetrieb — Oesterreichische Einbaumethode. M. = 1:200.

Masstab:
Zeit: 1 Monat = 5 mm.
Längen: 1 Km. = 125 mm.

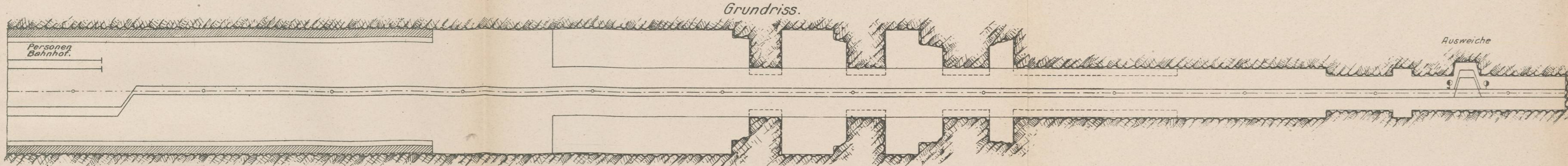
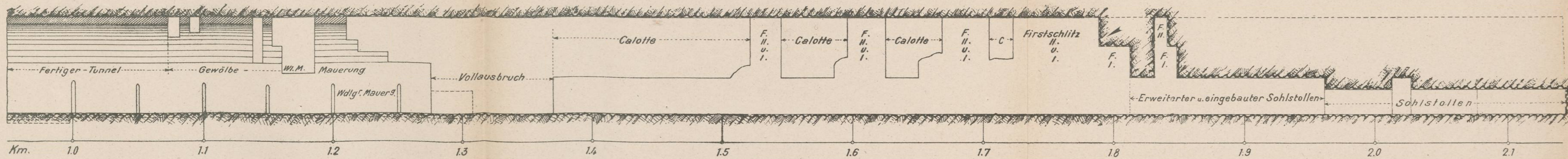


Mauerung
Folienbruch
Sohlbohlen

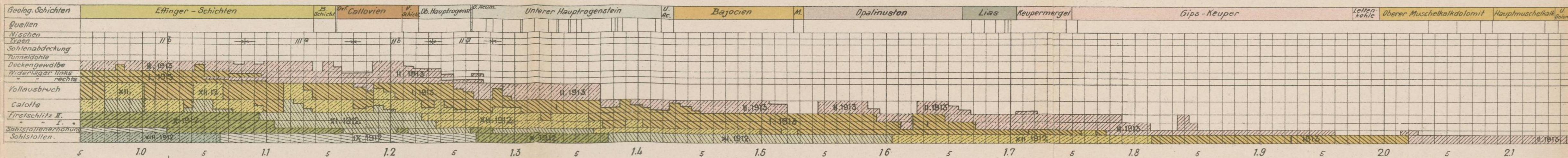


(Einbau und Rüstung sind nicht eingezeichnet.)

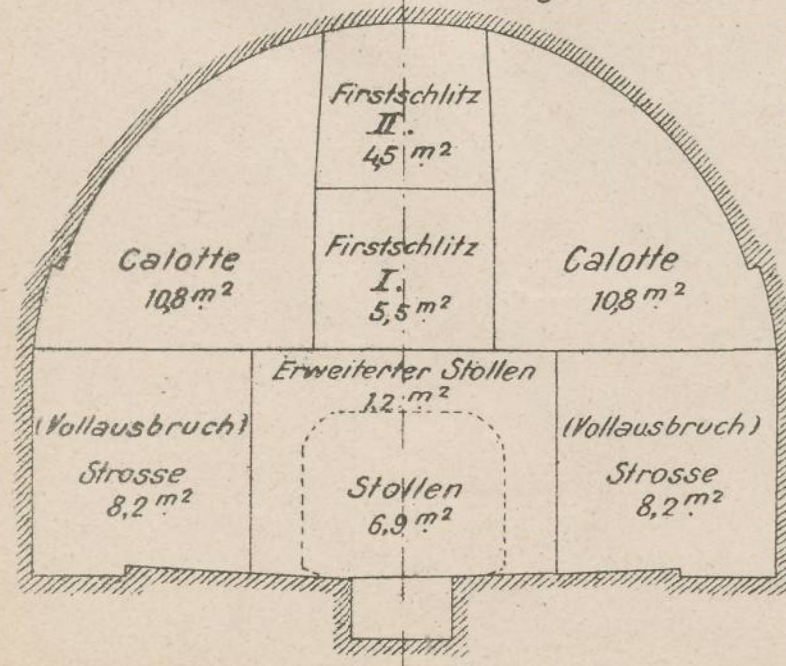
(Im Februar 1913 hauptsächlich Gewölbemauerung u. Calottenausbruch.)



Arbeitsfortschritt auf der Südseite Km 0.950-Km. 2.150.
Stand der Arbeit Ende Februar 1913.



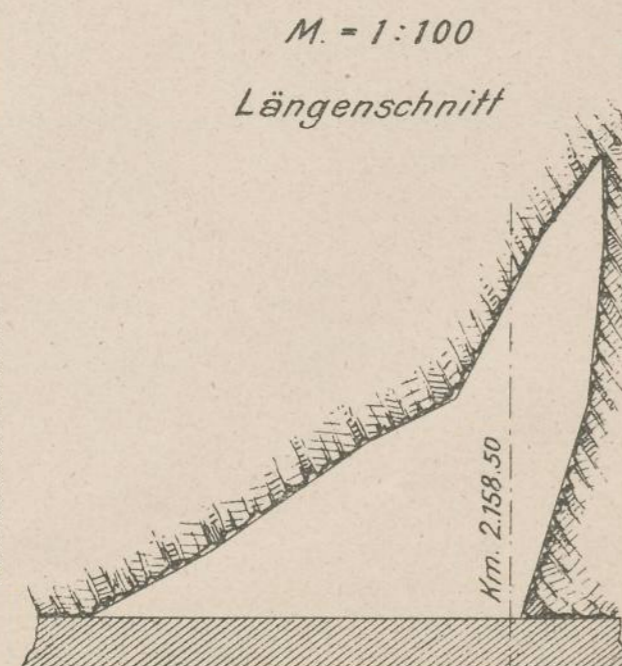
Mittleres Ausbruchdiagramm.



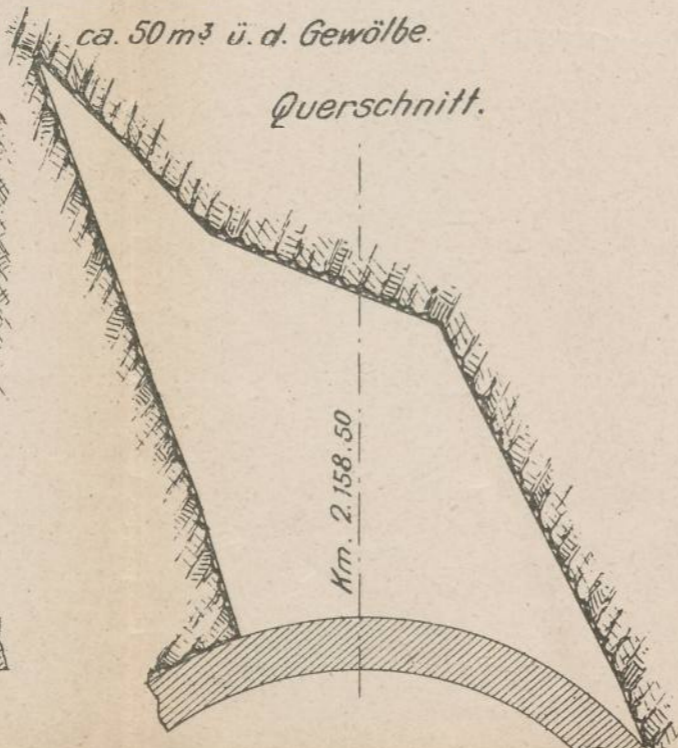
Gipsschlott bei Km. 2.156 ab Süd-Portal.

M. = 1:100

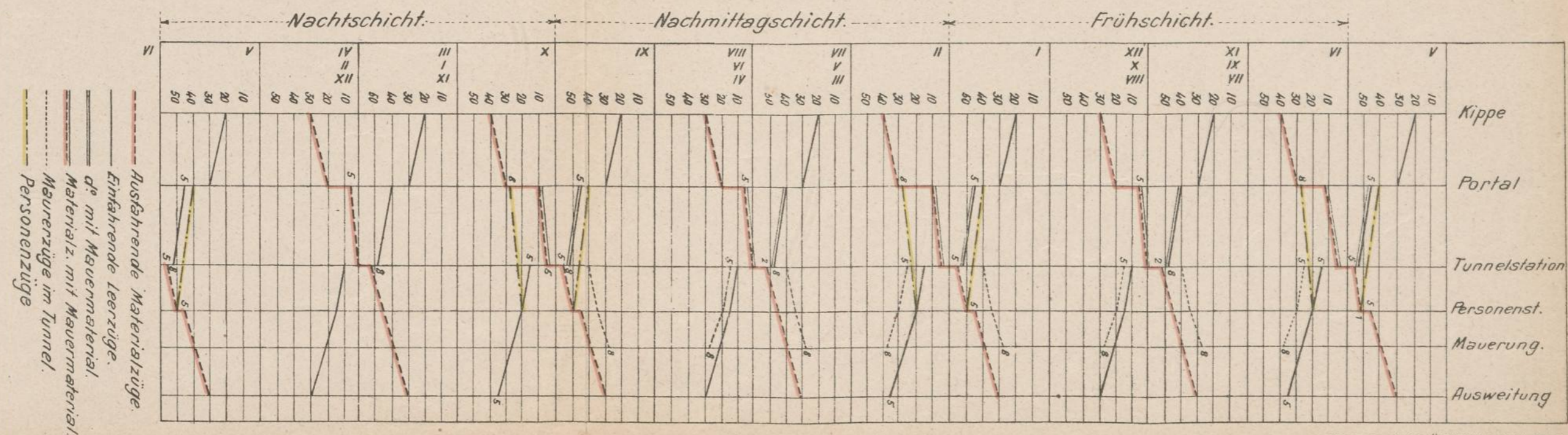
Längenschnitt



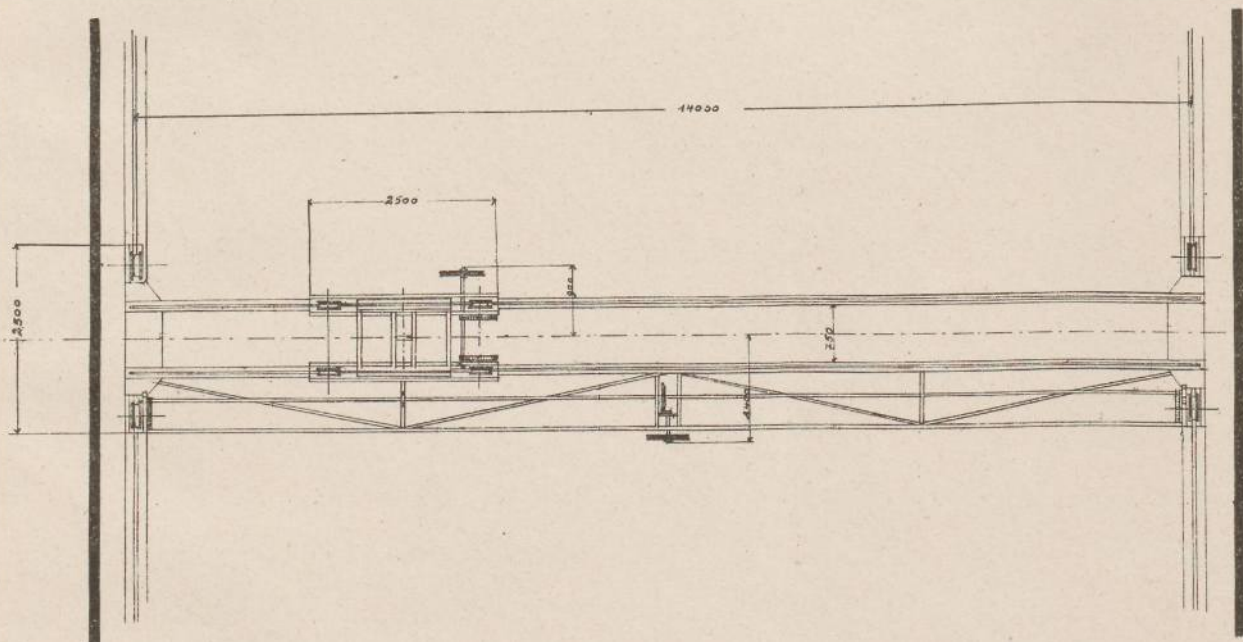
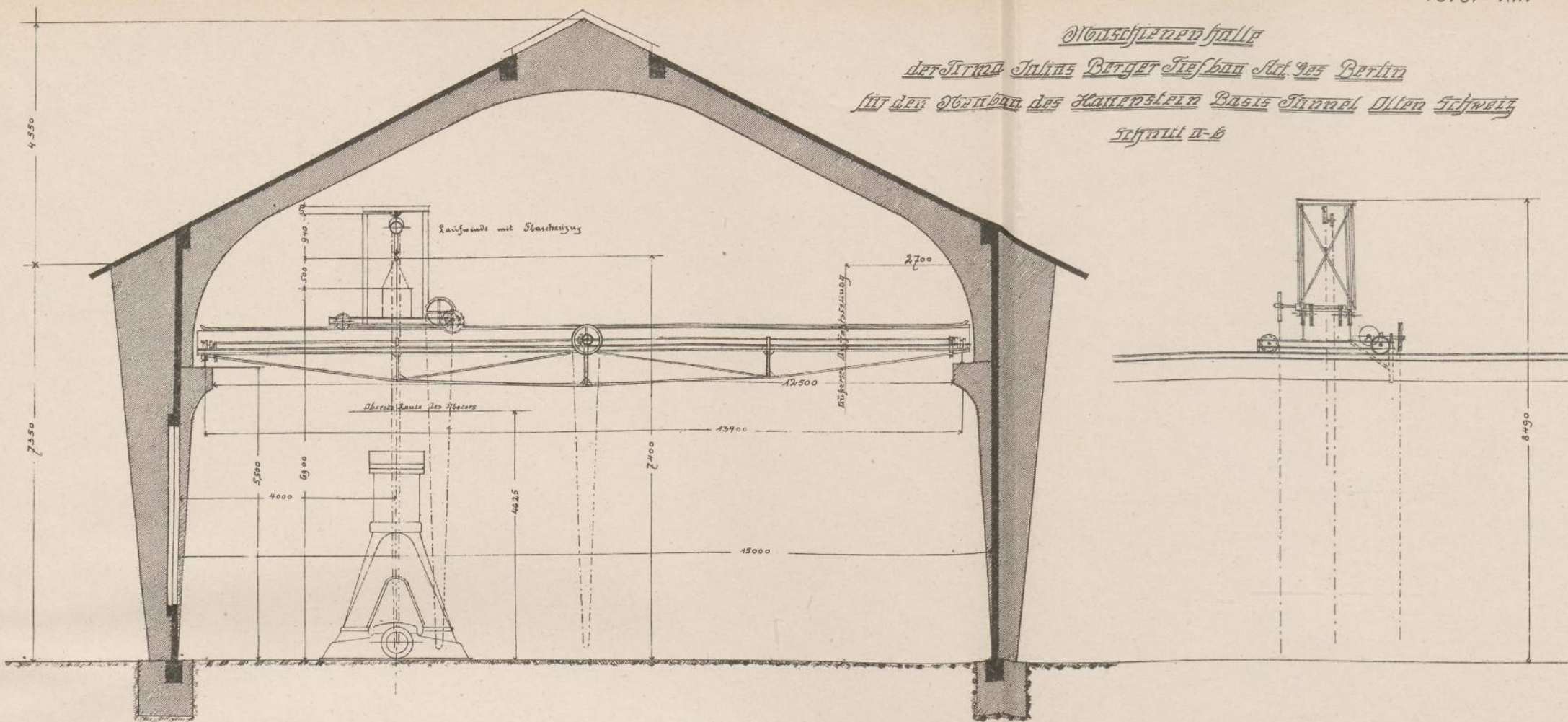
Querschnitt.



Graphischer Fahrplan Frühjahr 1914.



*Wasserschlepphalle
der Firma Julius Berger Tiefbau Akt. Ges. Berlin
für den Überbau des Hauptstollen Basis Tunnel Ulten Schweiz
Schnitt a-b*

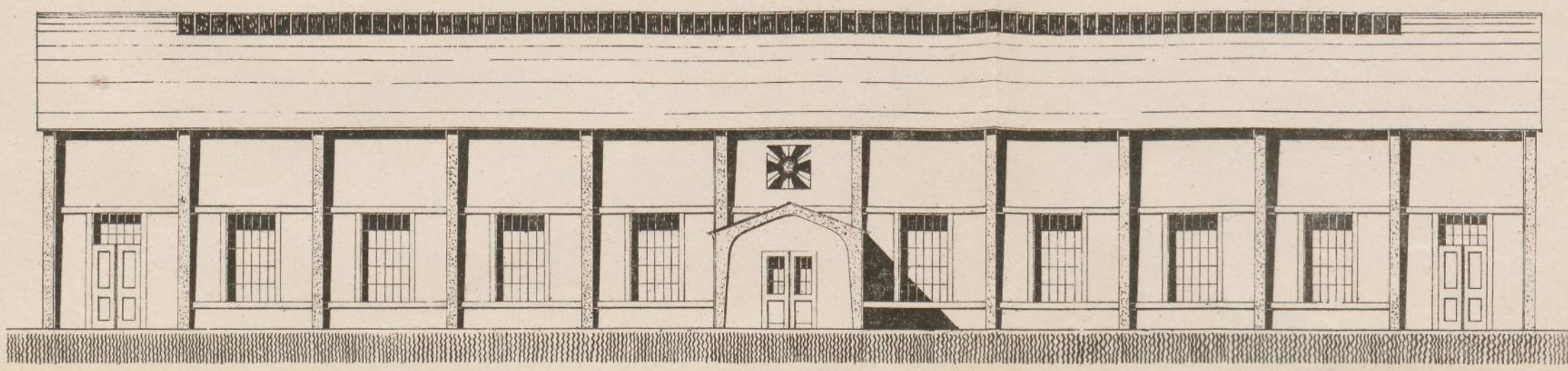


*Schnitt
durch das
Wasserschlepphaus
M = 1:100*

Gründungs im April 1912.

*Wasserschlepphalle
der Firma Julius Berger Tiefbau Akt. Ges. Berlin
für den Überbau des Hauptstollen Basis Tunnel Ulten*

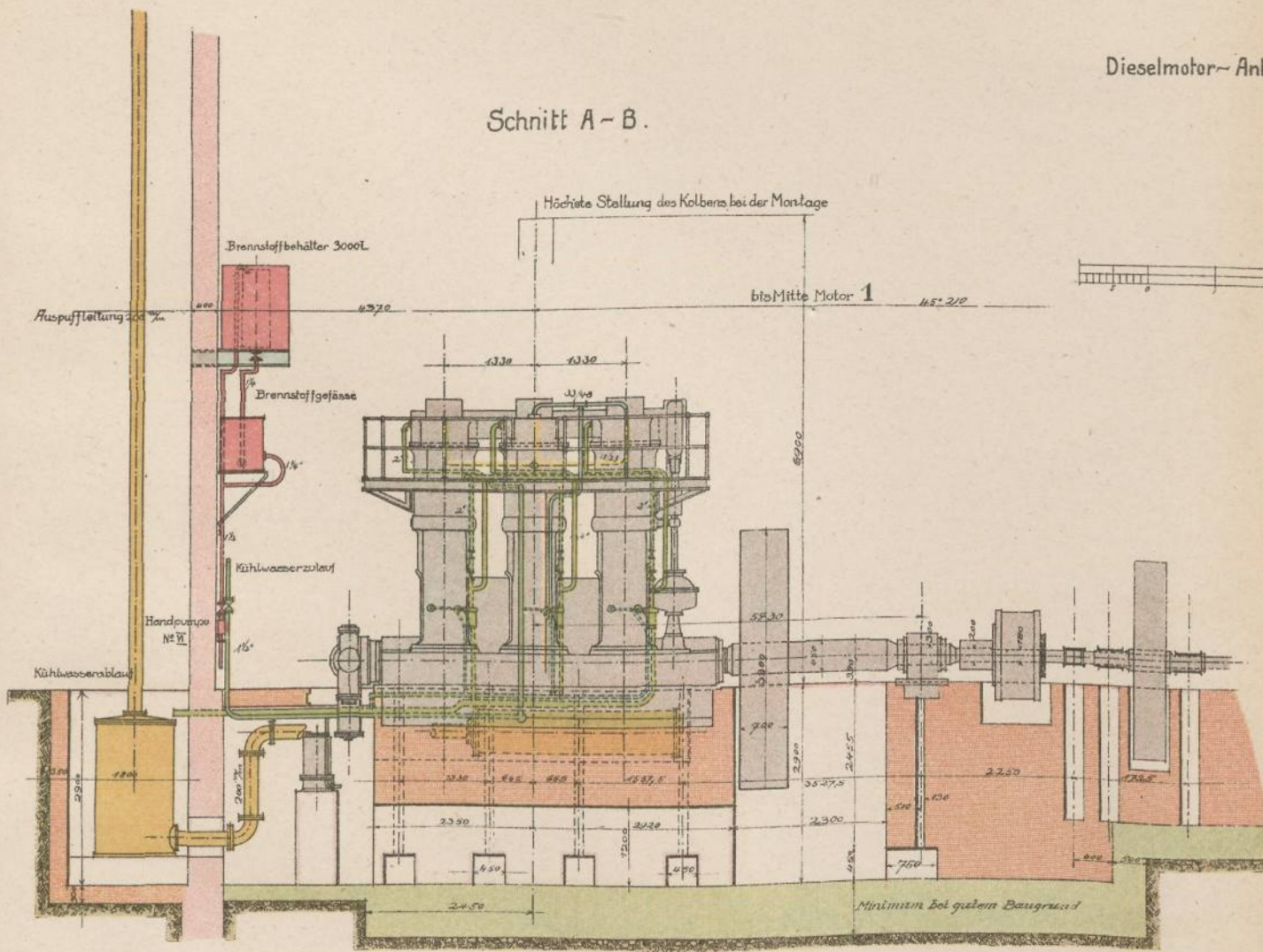
*Julius Berger
Tiefbauaktiengesellschaft
Berlin*



Herrn Julius Berger, Tiefbau Act-Ges. Berlin

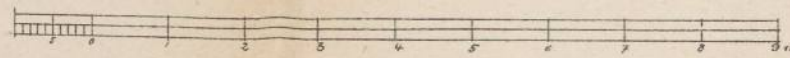
Dieselmotor-Anlage 3 D165 Cyl. N^o 1308/10 für Anlage Hauenstein-Basis-Tunnel

Schnitt A-B.



Süd-Portal Offen.

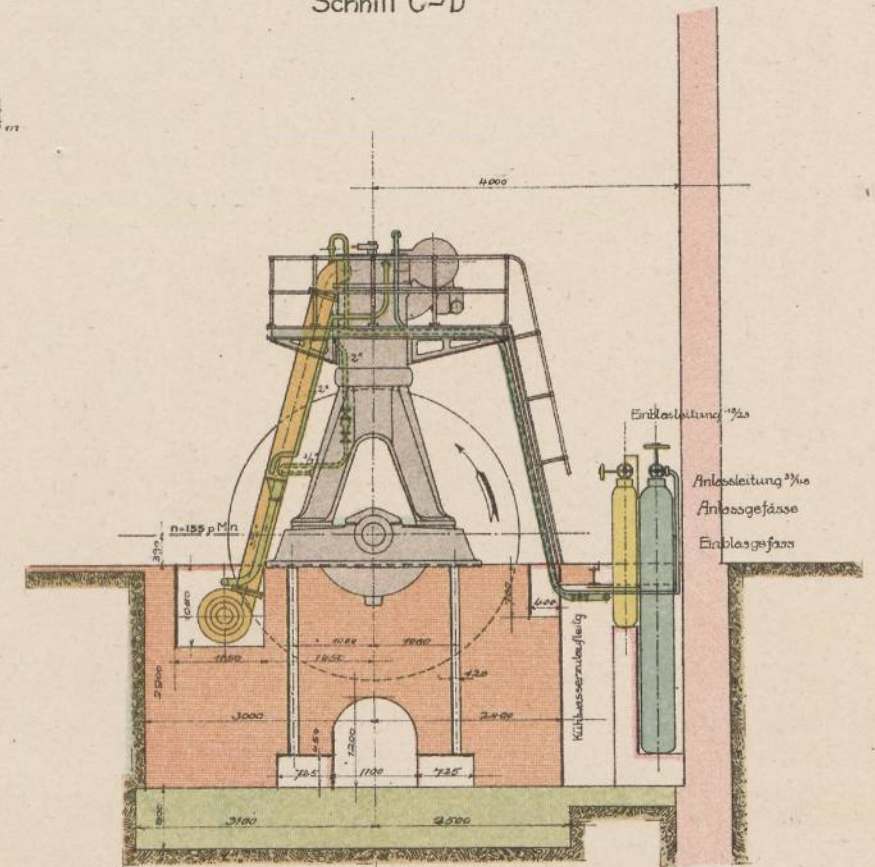
Masstab 1:100.



Leitungs-Legende

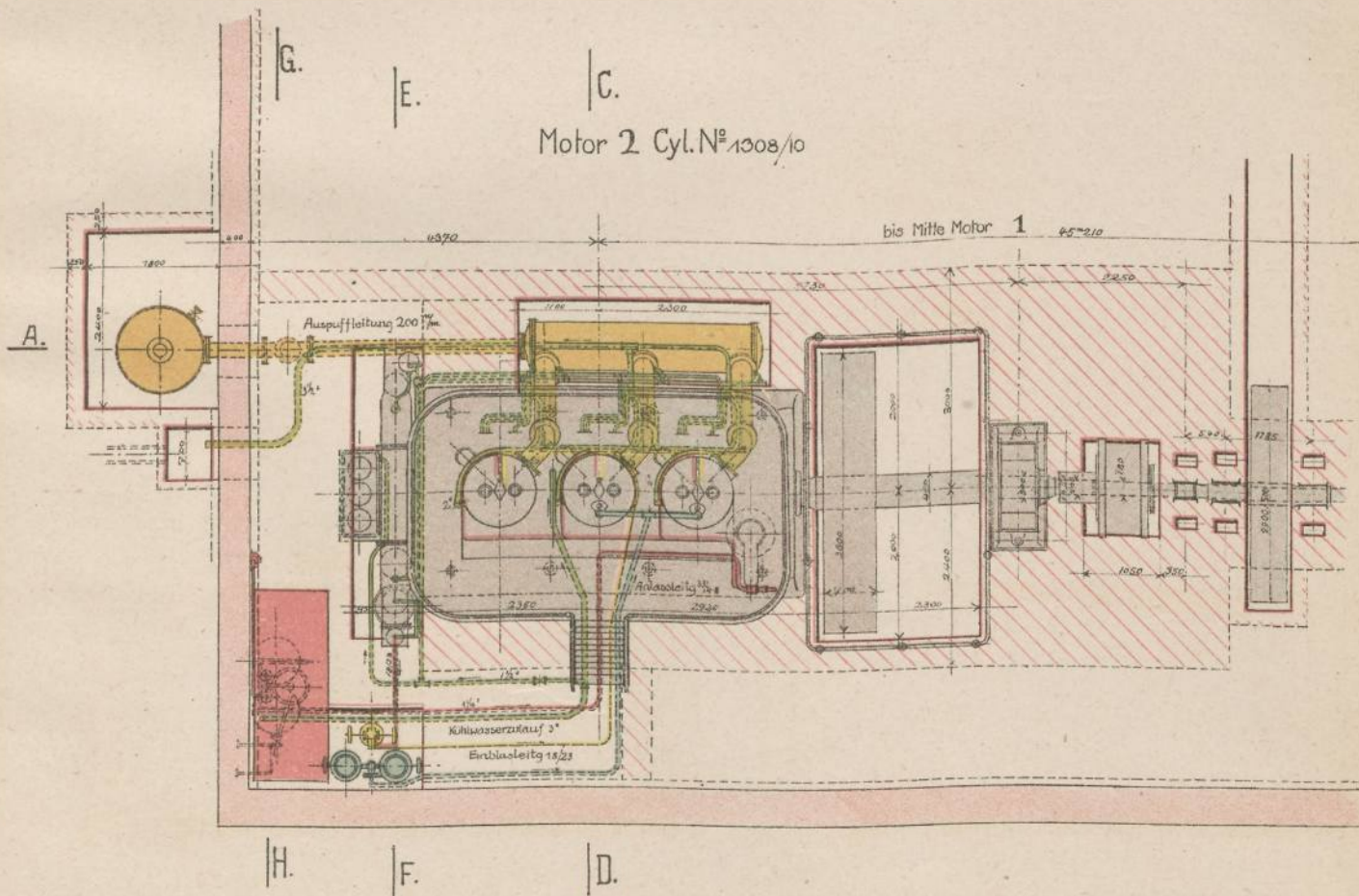
Brennstoff	Anlass
Einblas	Auspuff
Kühlwasserzulauf	Kühlwasserablauf
Luftdruck	Pressschmierung
Brennstoff-Überlauf	Entleerung

Schnitt C-D

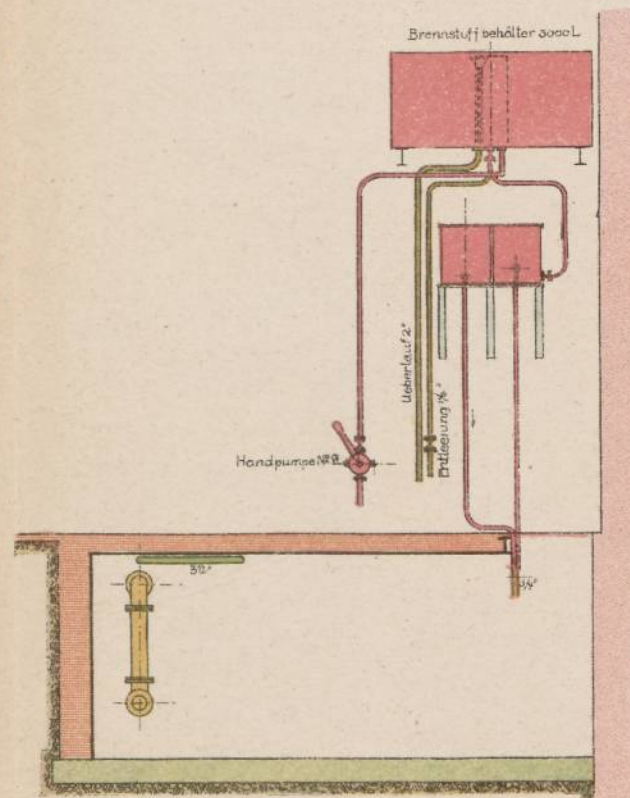


Schnitt C-D

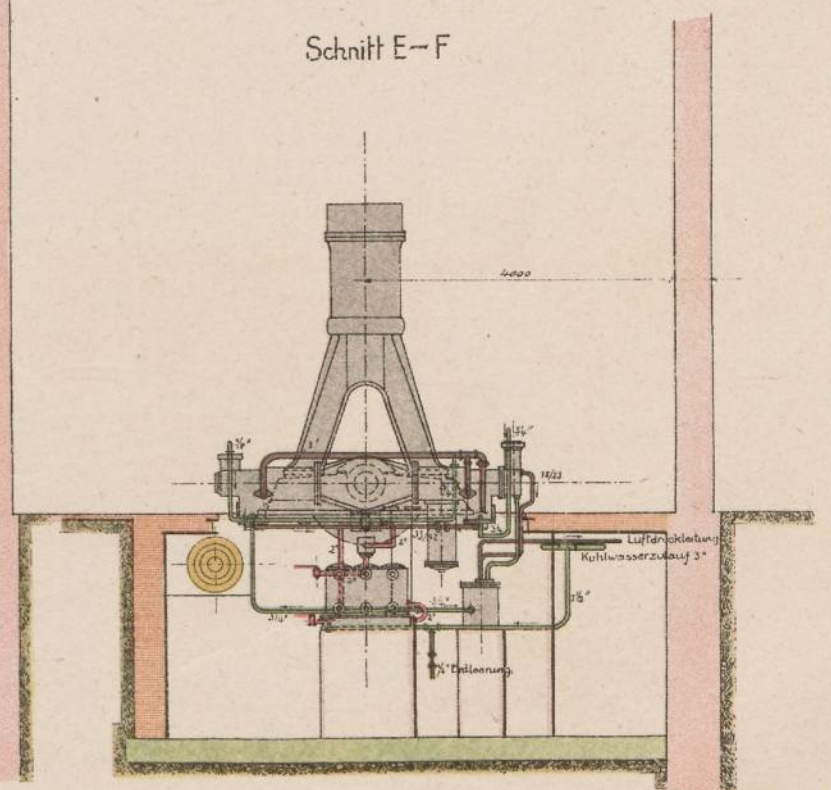
Motor 2 Cyl. N^o 1308/10

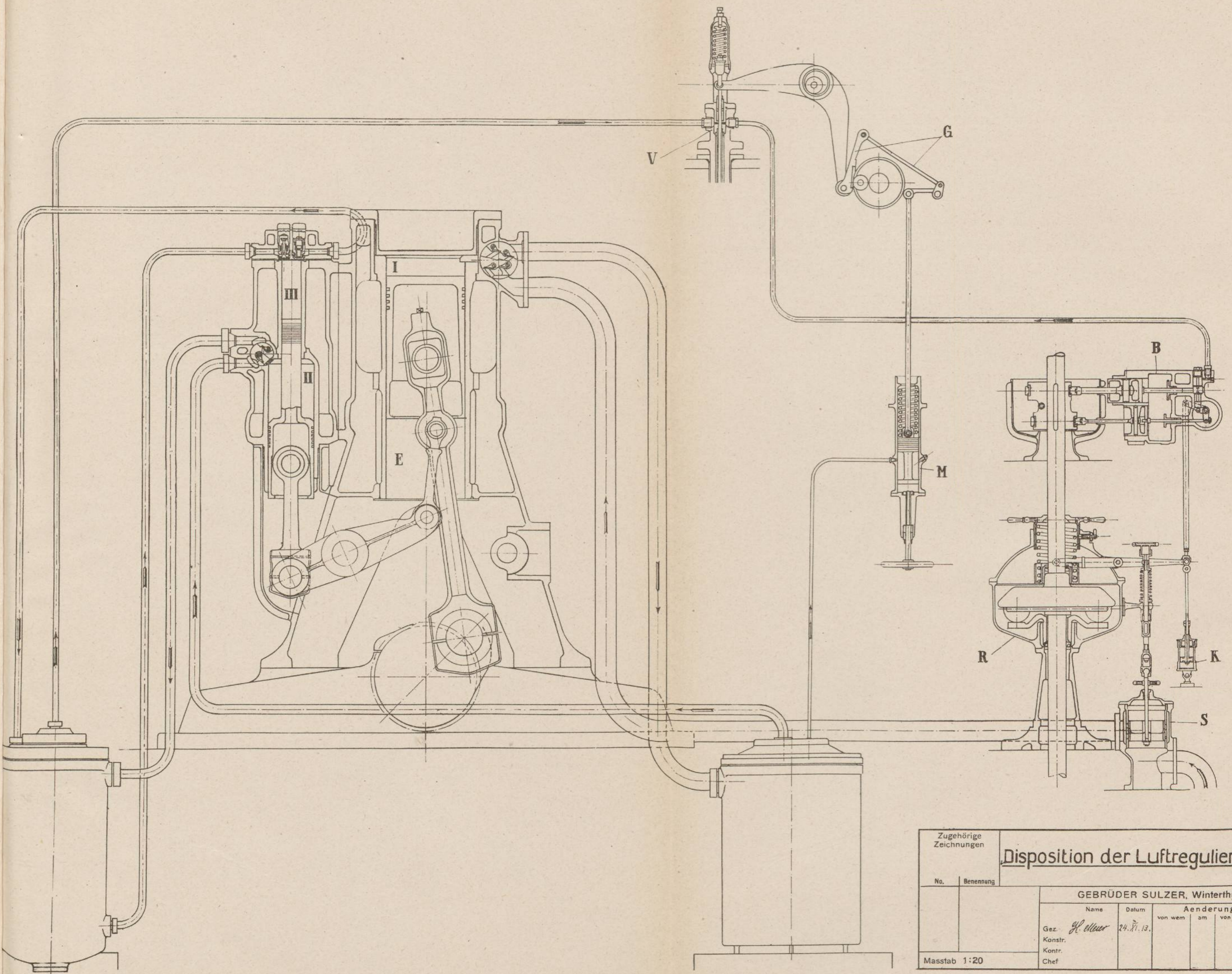


Schnitt G-H.

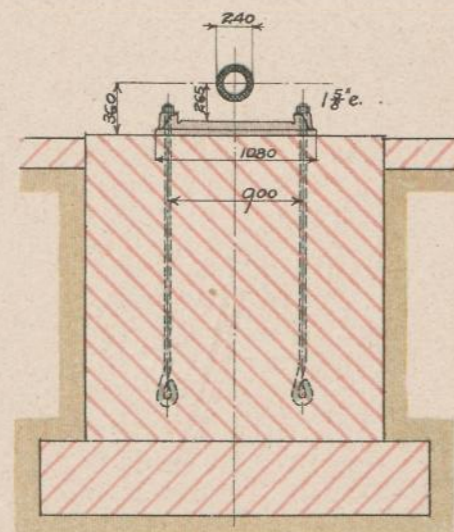
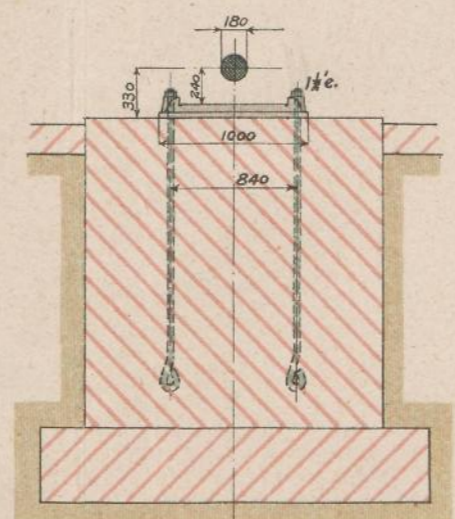
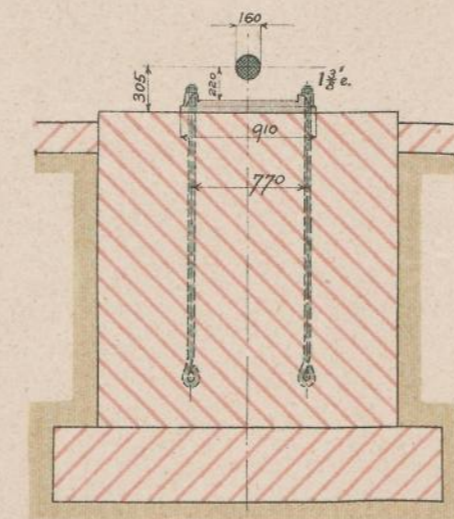
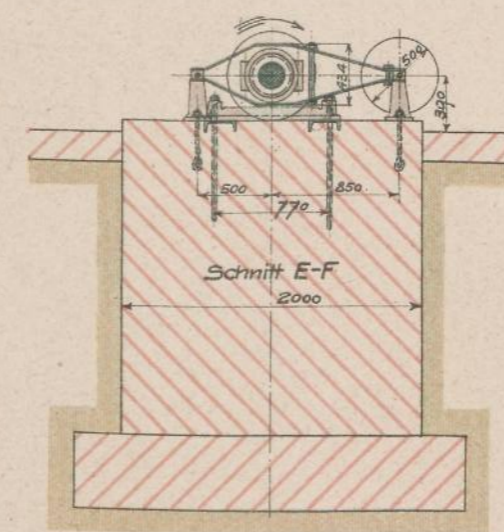
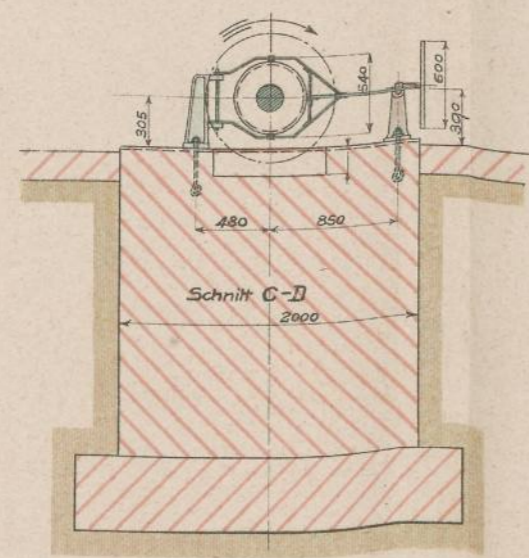
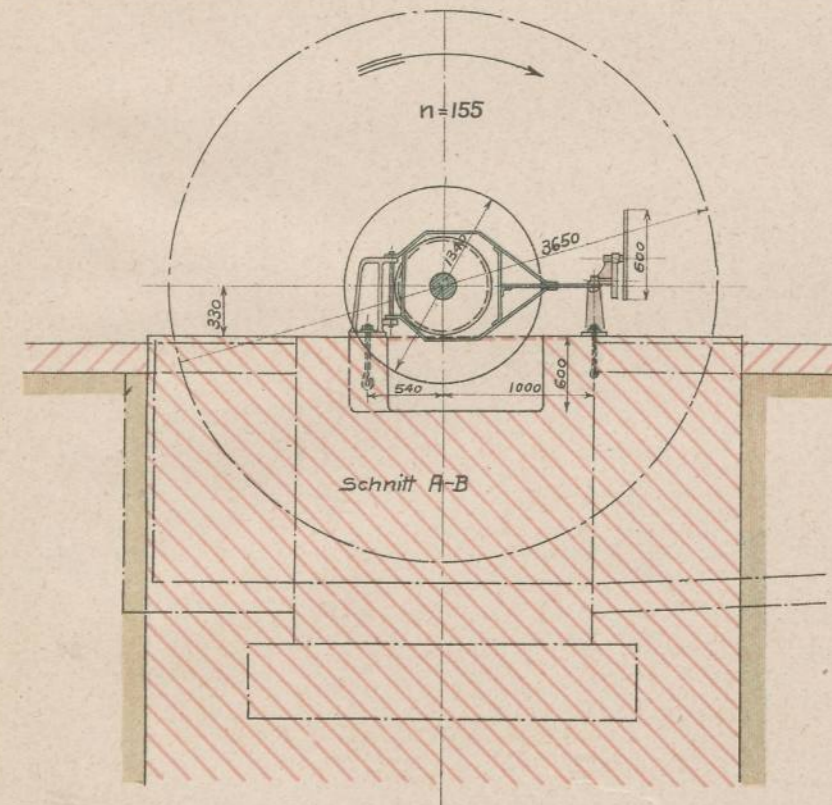
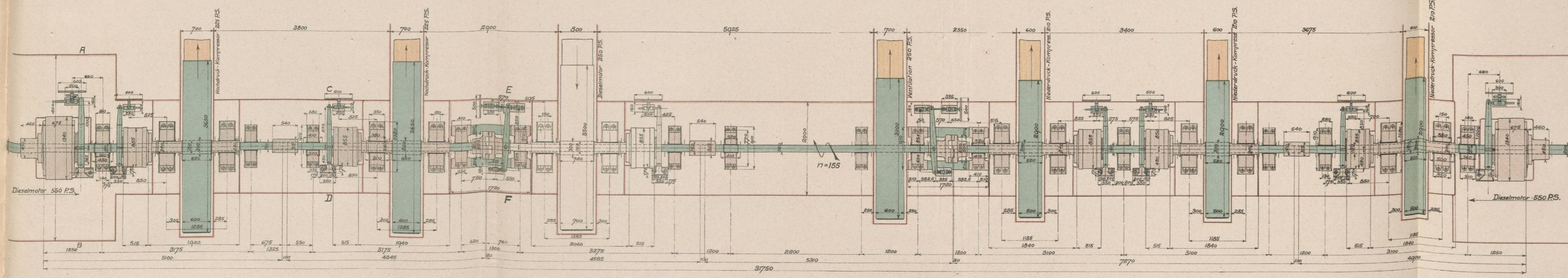


Schnitt E-F





Zugehörige Zeichnungen		Disposition der Luftregulierung.					
No.	Benennung						
GEBRÜDER SULZER, Winterthur							
		Name	Datum	Aenderungen			
				von wem	am	von wem	am
		Gez. <i>H. Müller</i>	24. VII. 13.				
		Konstr.					
		Kontr.					
		Chef					
Masstab 1:20							



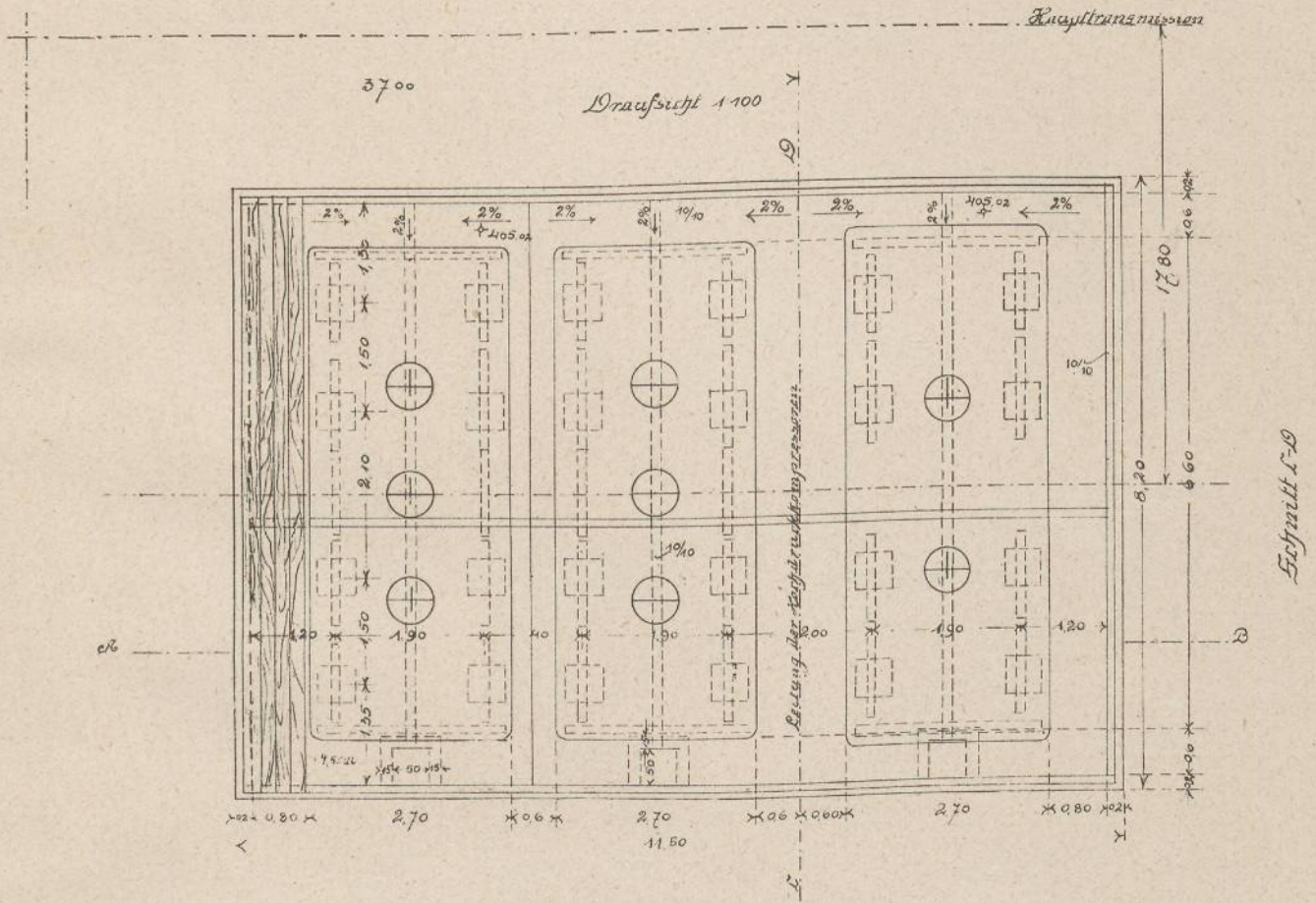
Herren Gebrüder Sulzer, Winterthur
 Transmission zur Bohranlage am Hauensteintunnel. - Südseite-Olten
 Masstab 1:50

Clus, 28. März 1912

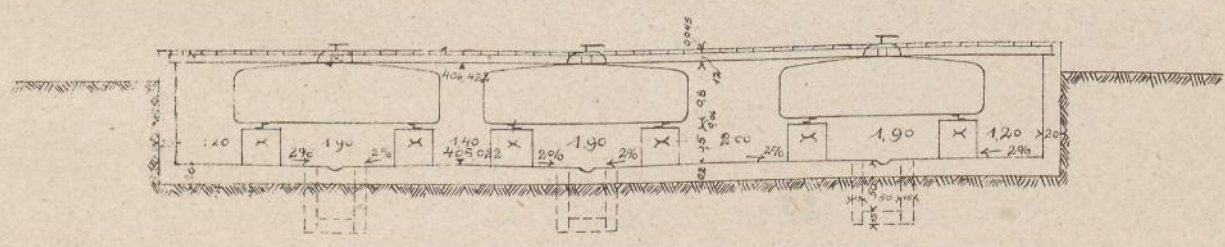
Schicht für die Delizprodukte

M = 1:100

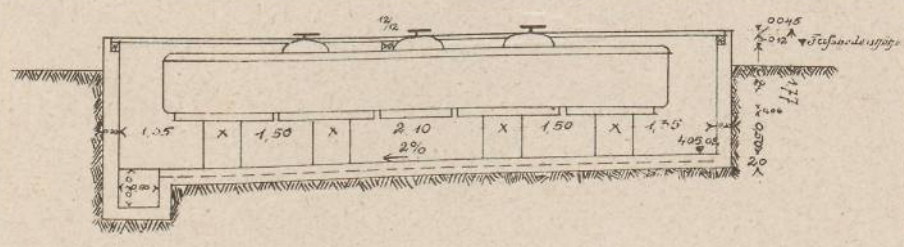
Friebach im Juni 1912.



Querschnitt A-B



Schnitt L-D



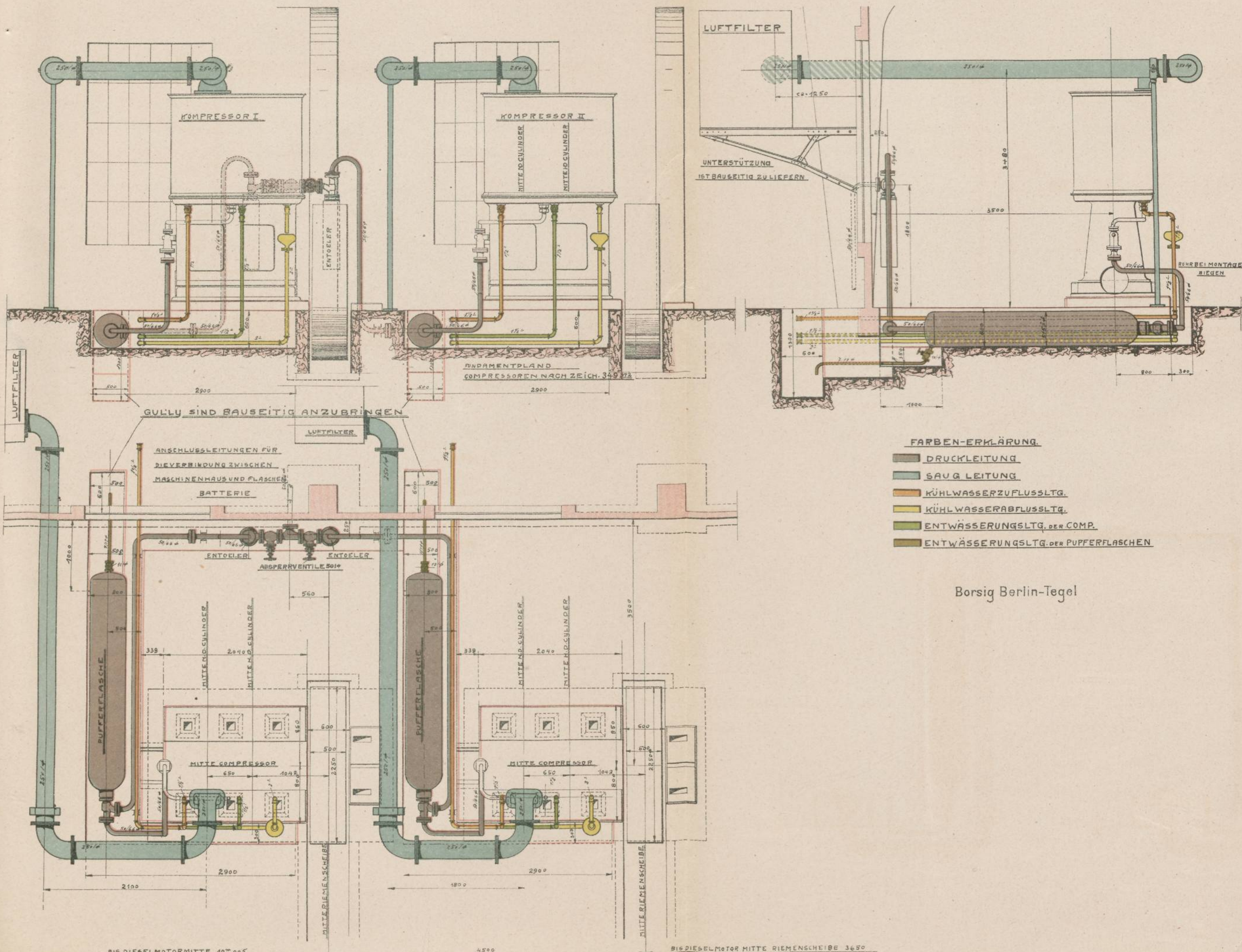
ROHRLEITUNGSPLAN

FÜR DIE

HOCHDRUCKKOMPRESSOREN VON 150 ATM. BETRIEBSDRUCK

HAUENSTEIN-TUNNEL

M. 1:50



BIS DIESELMOTORMITTE 107 005

4500

BIS DIESELMOTOR MITTE RIEMENSCHNUR 3650

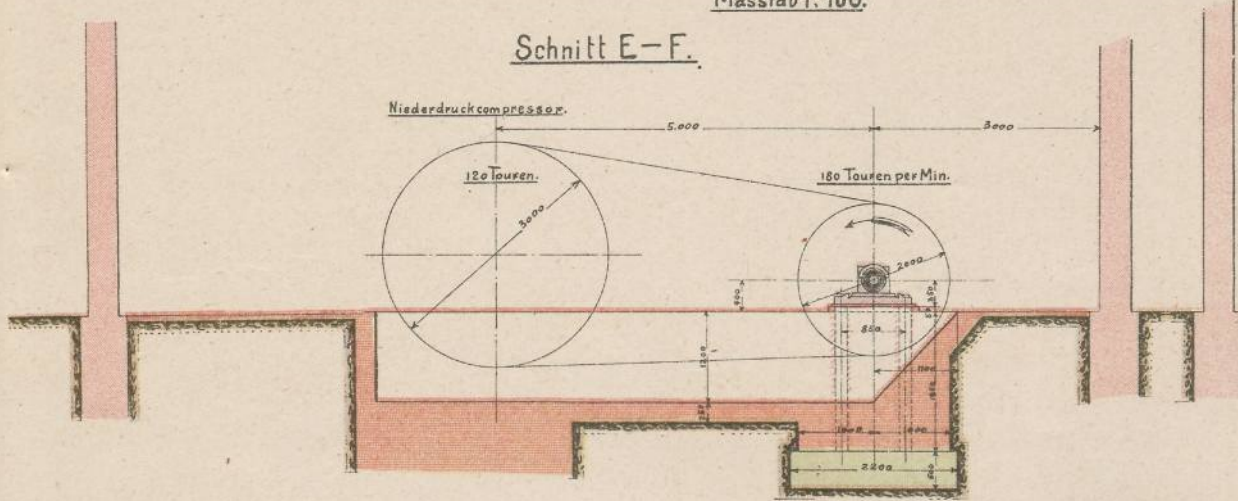
Schnitte zum Dispositionsplan № 321701 der Dieselmotoren- & Transmissions-Anlage

für Herrn Julius Berger, Tiefbau A.G., Berlin,

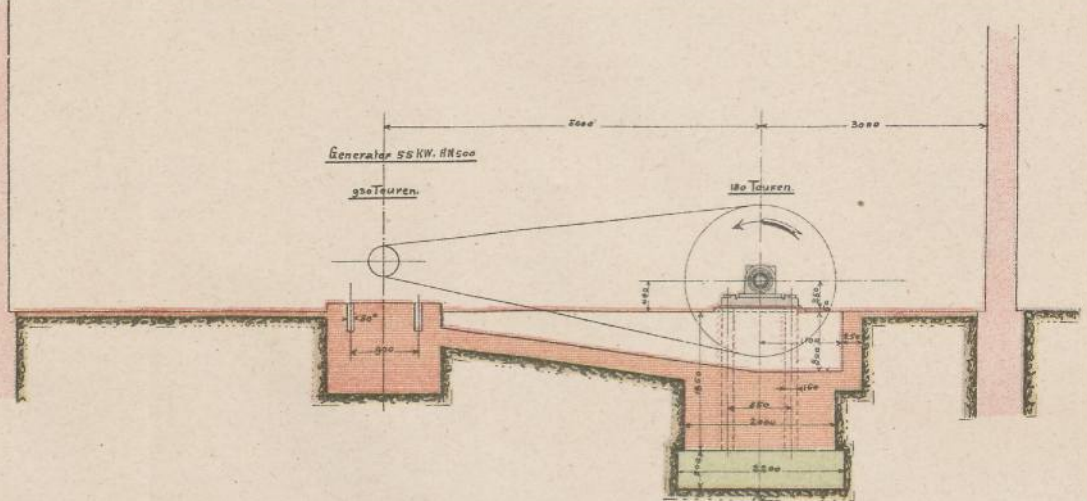
für Hauenslein-Basis-Tunnel, Nord-Portal, Sissach.

Maßstab 1:100.

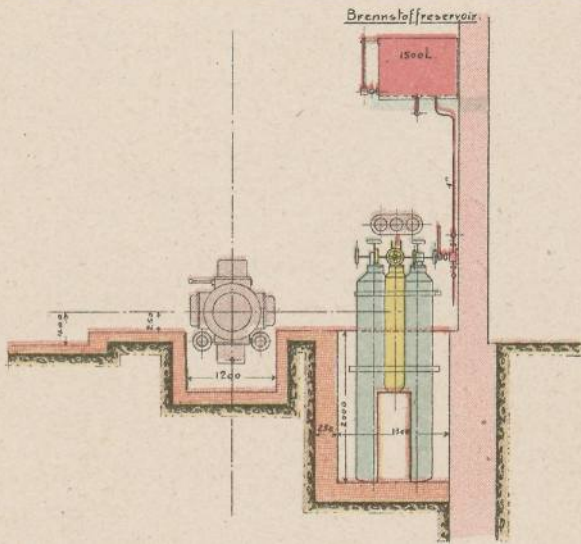
Schnitt E-F.



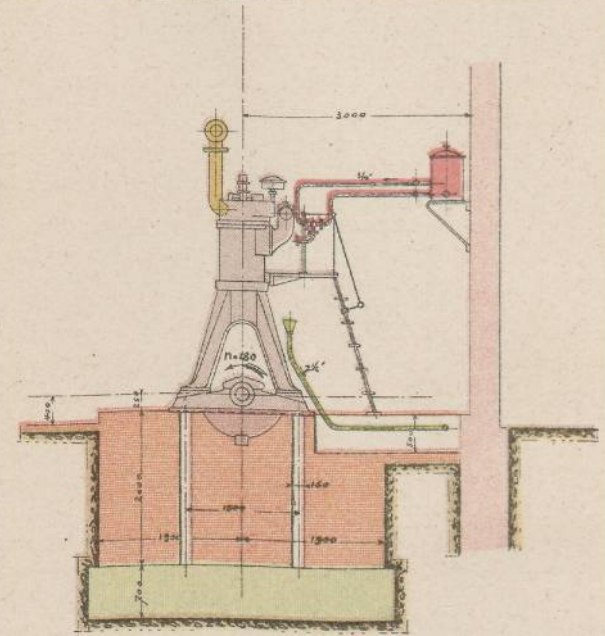
Schnitt G-H.



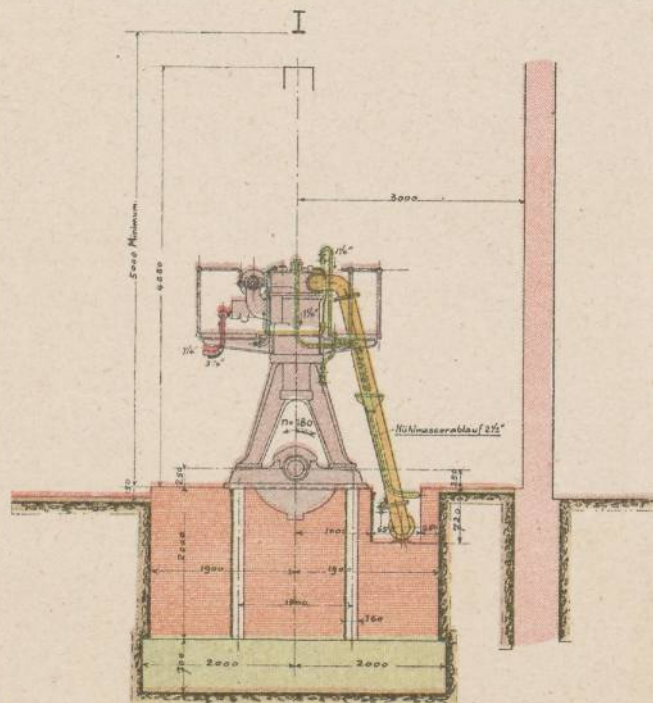
Schnitt N-O.



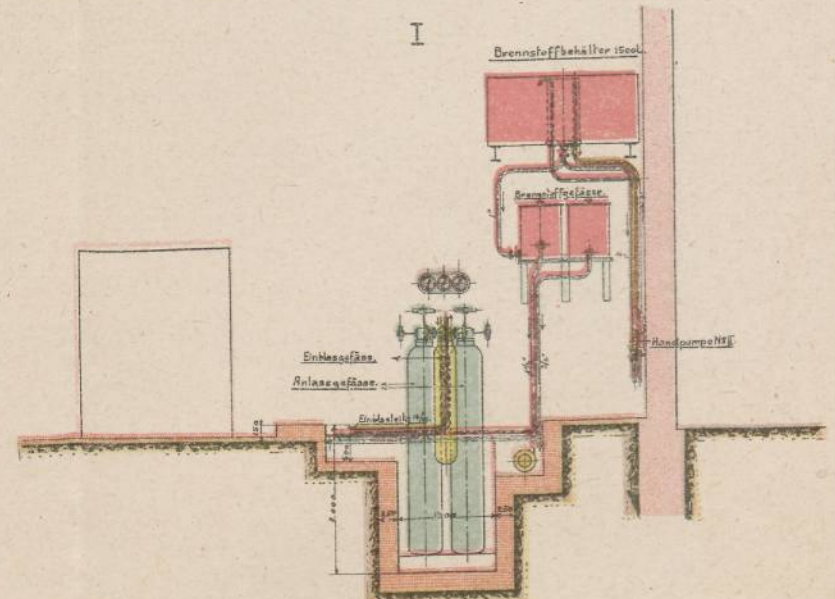
Schnitt C-D.

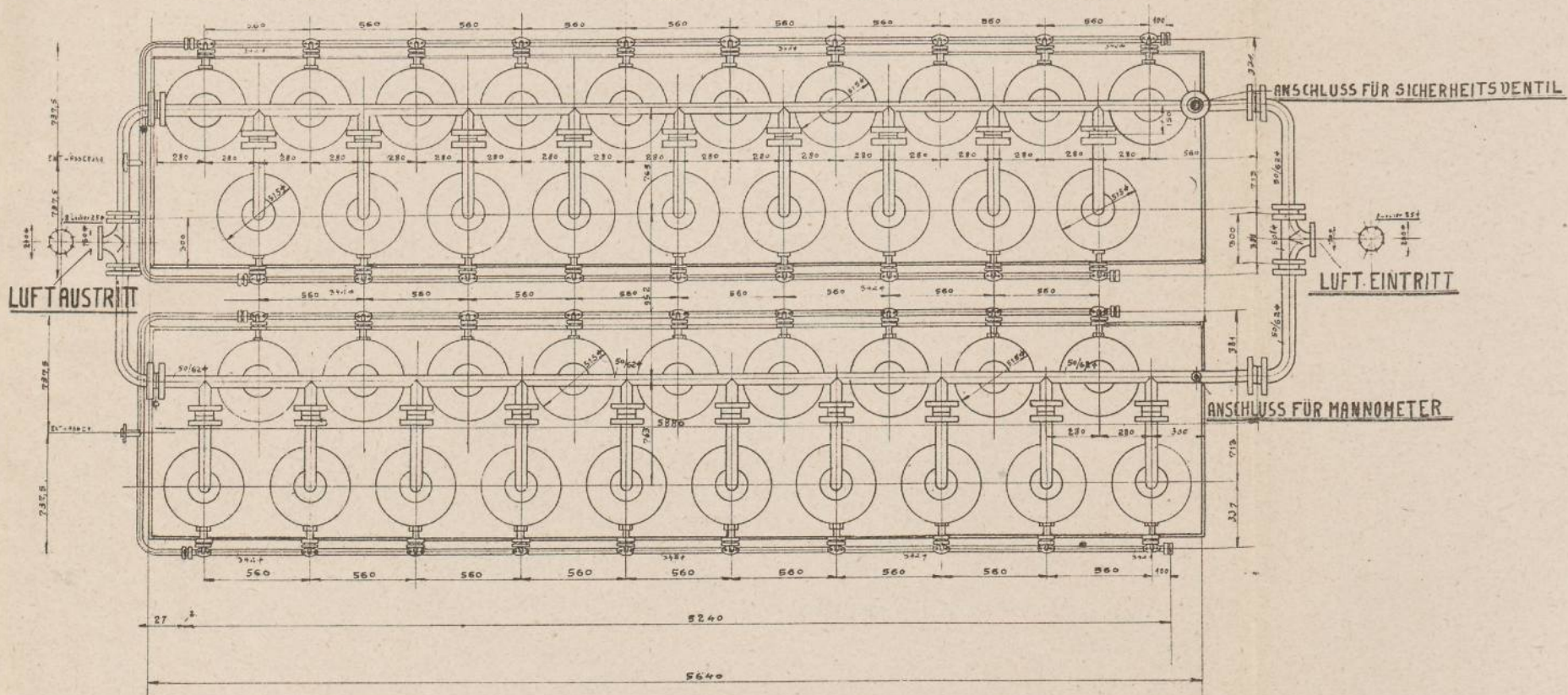
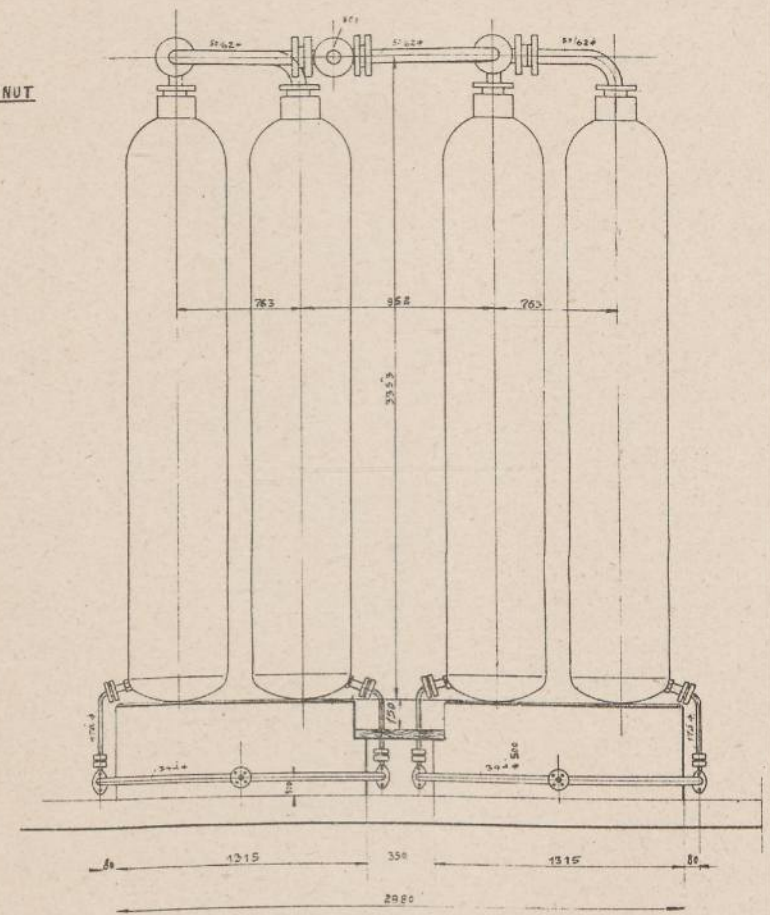
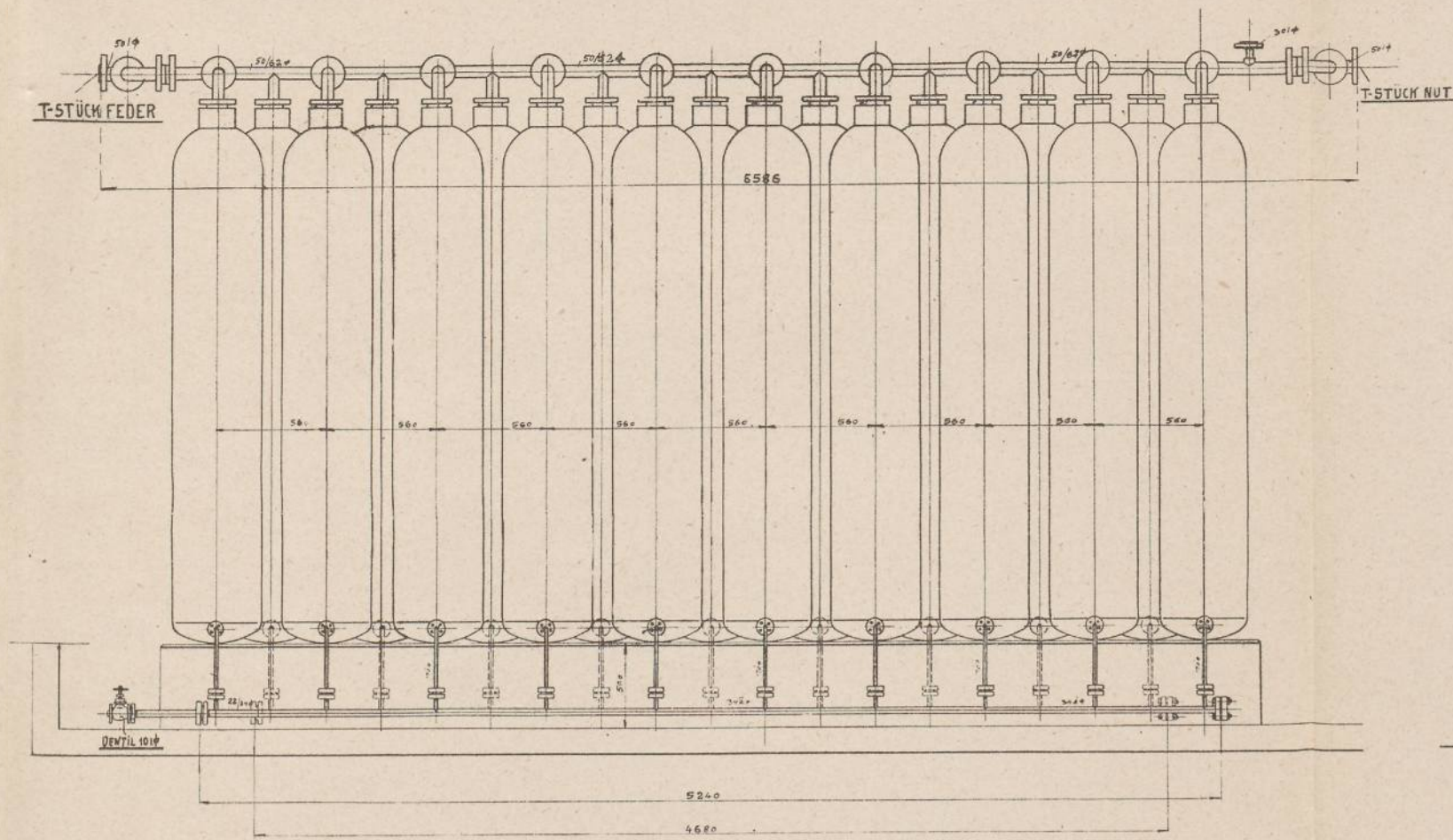


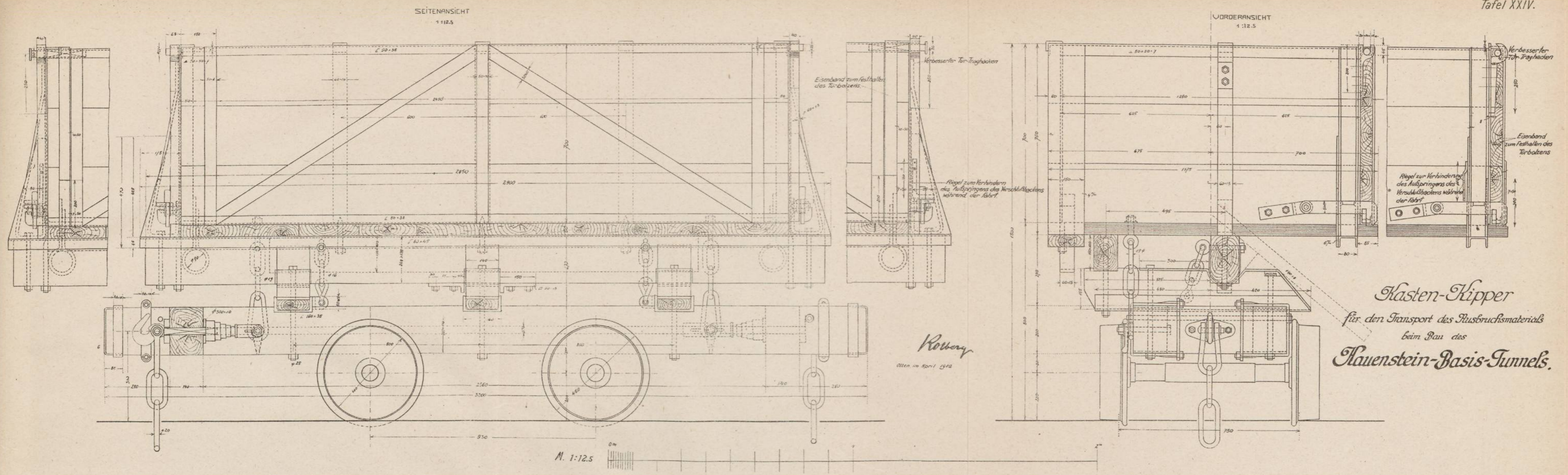
Schnitt J-K.



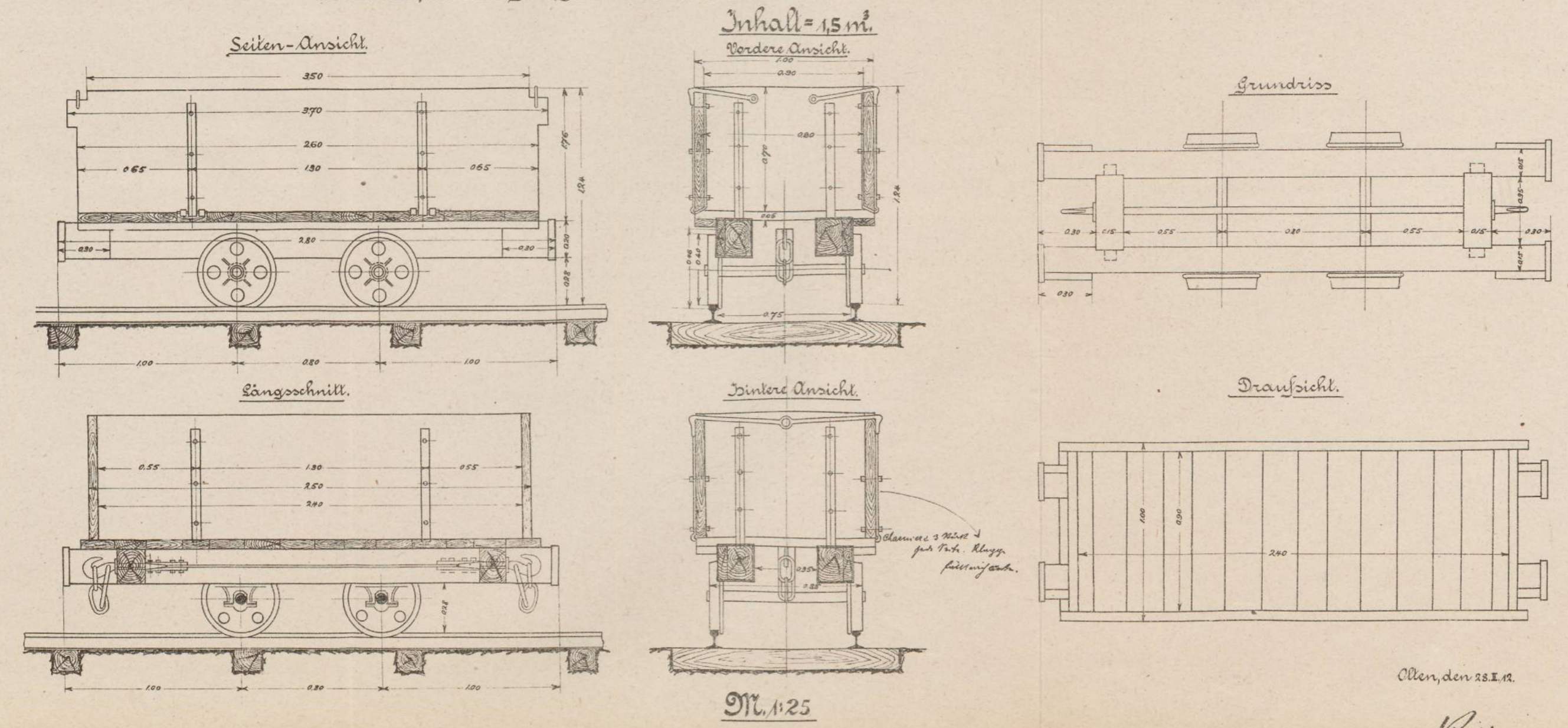
Schnitt L-M.

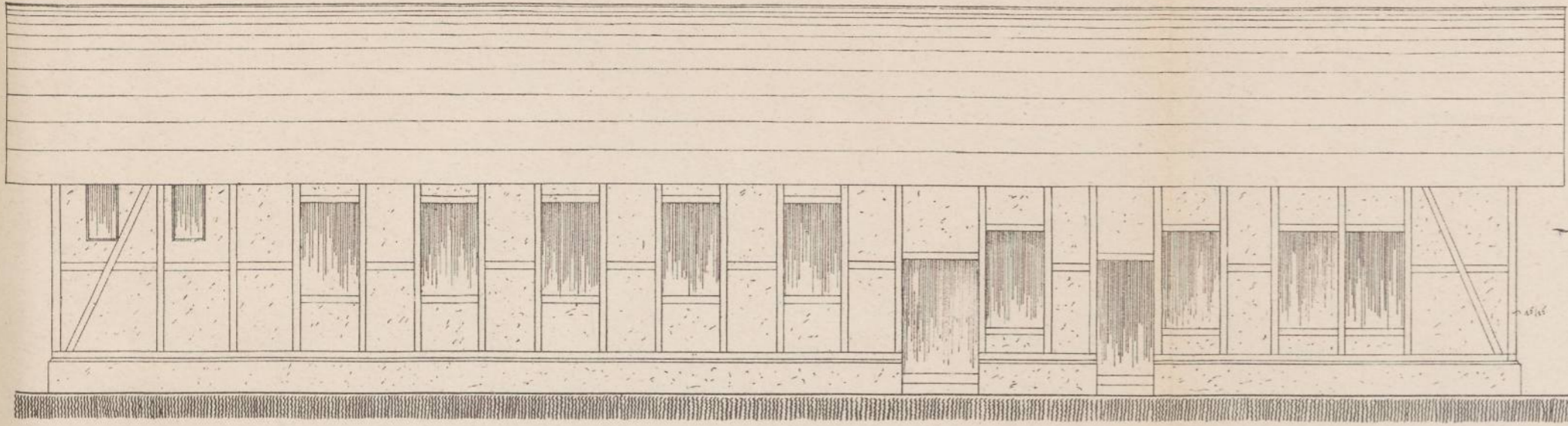






Transportwagen für Sohlstollenausbruch, Kauensteinbasistunnel.



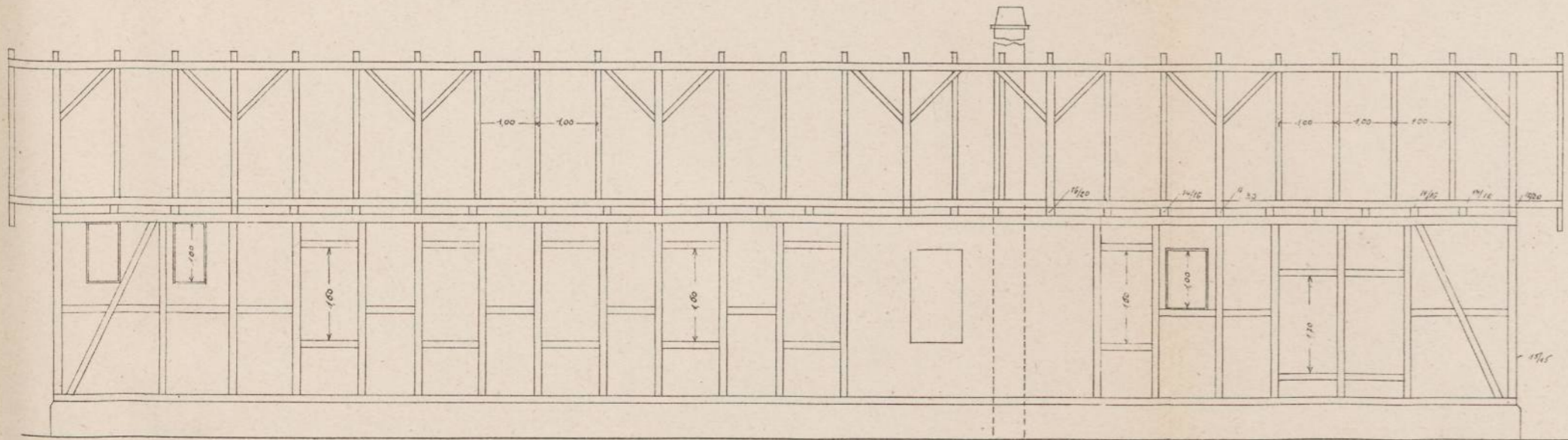


Schnitt

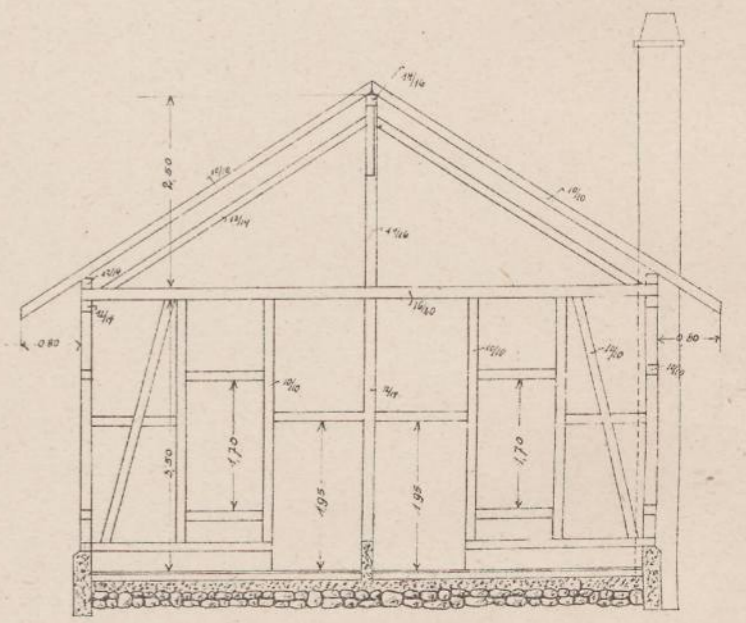
Bräu- und Waschküche
der Firma Julius Berger S. M. & Co.
für den Neubau des Brauereistempels

M = 1:100

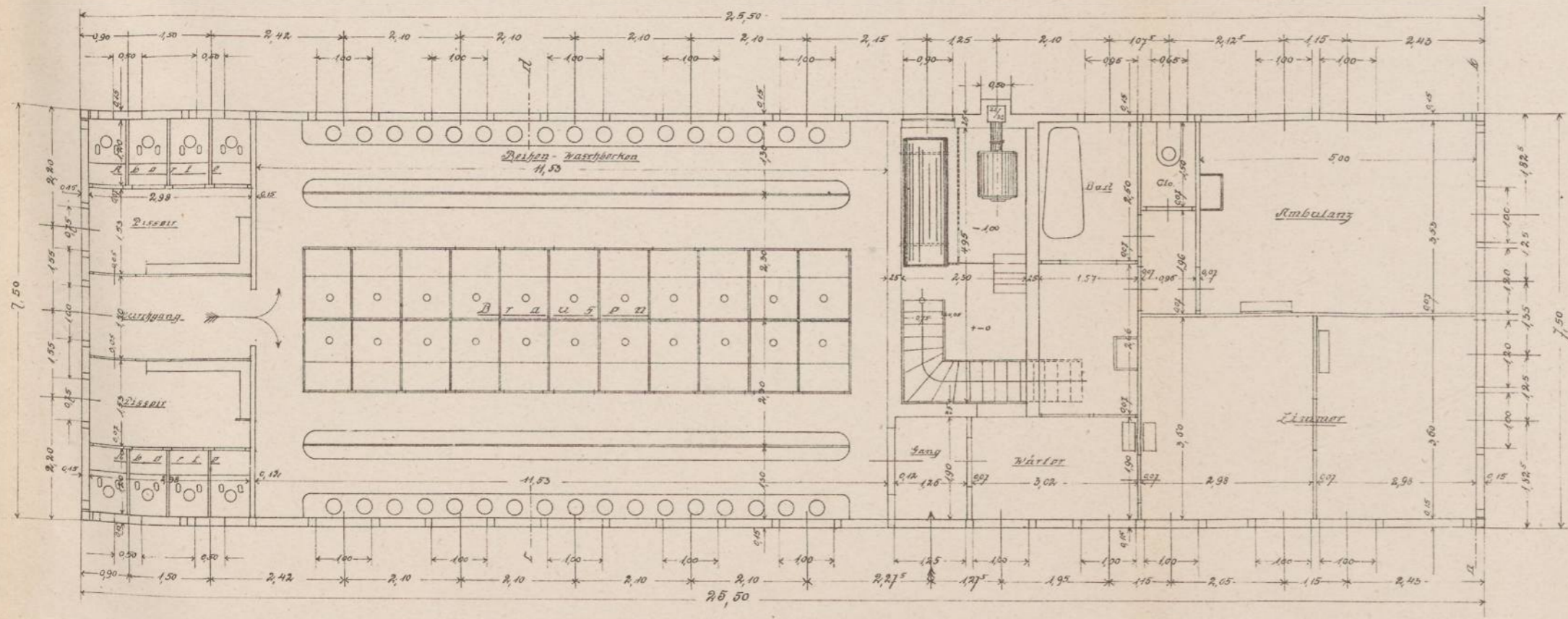
- Fachwerkswände
- Ziegelmwände
- Außenmauerwerk



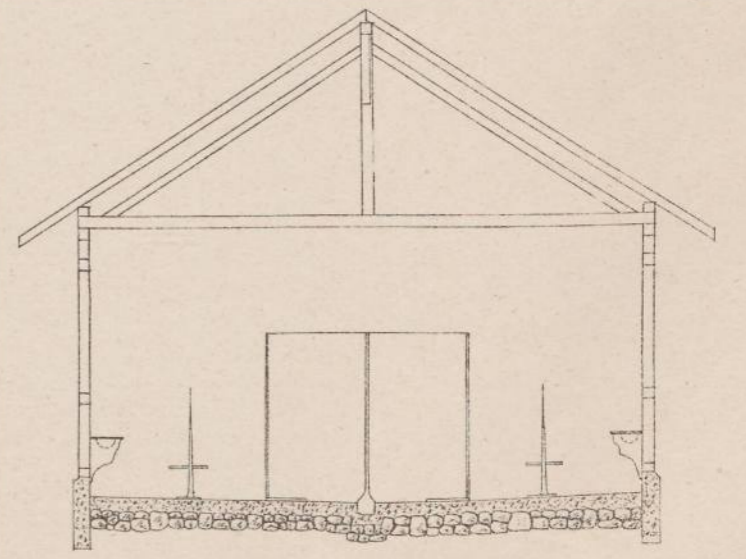
Längenschnitt



Schnitt II-II

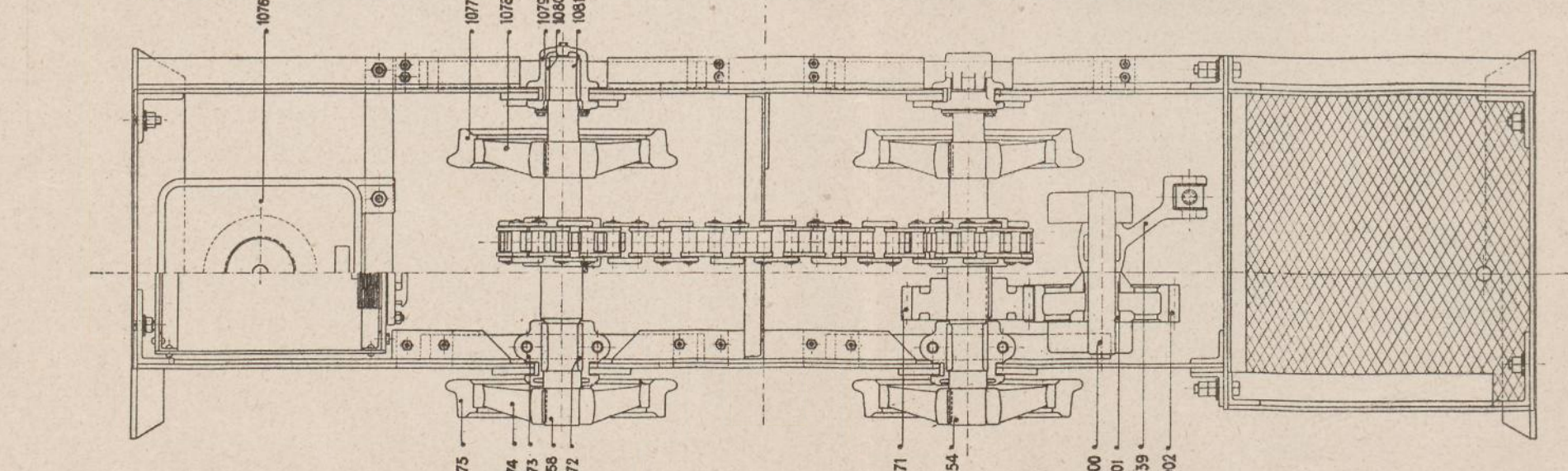
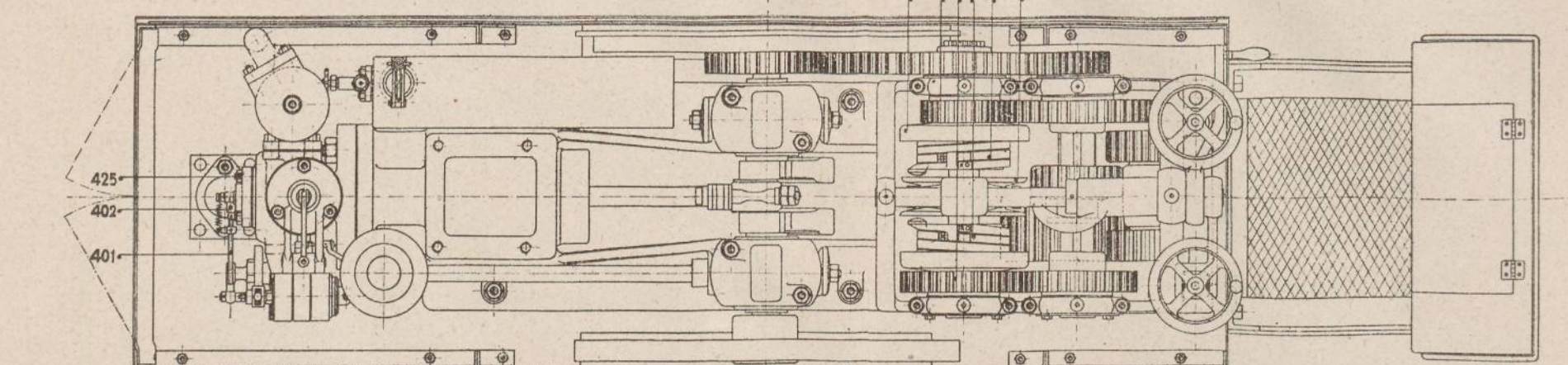
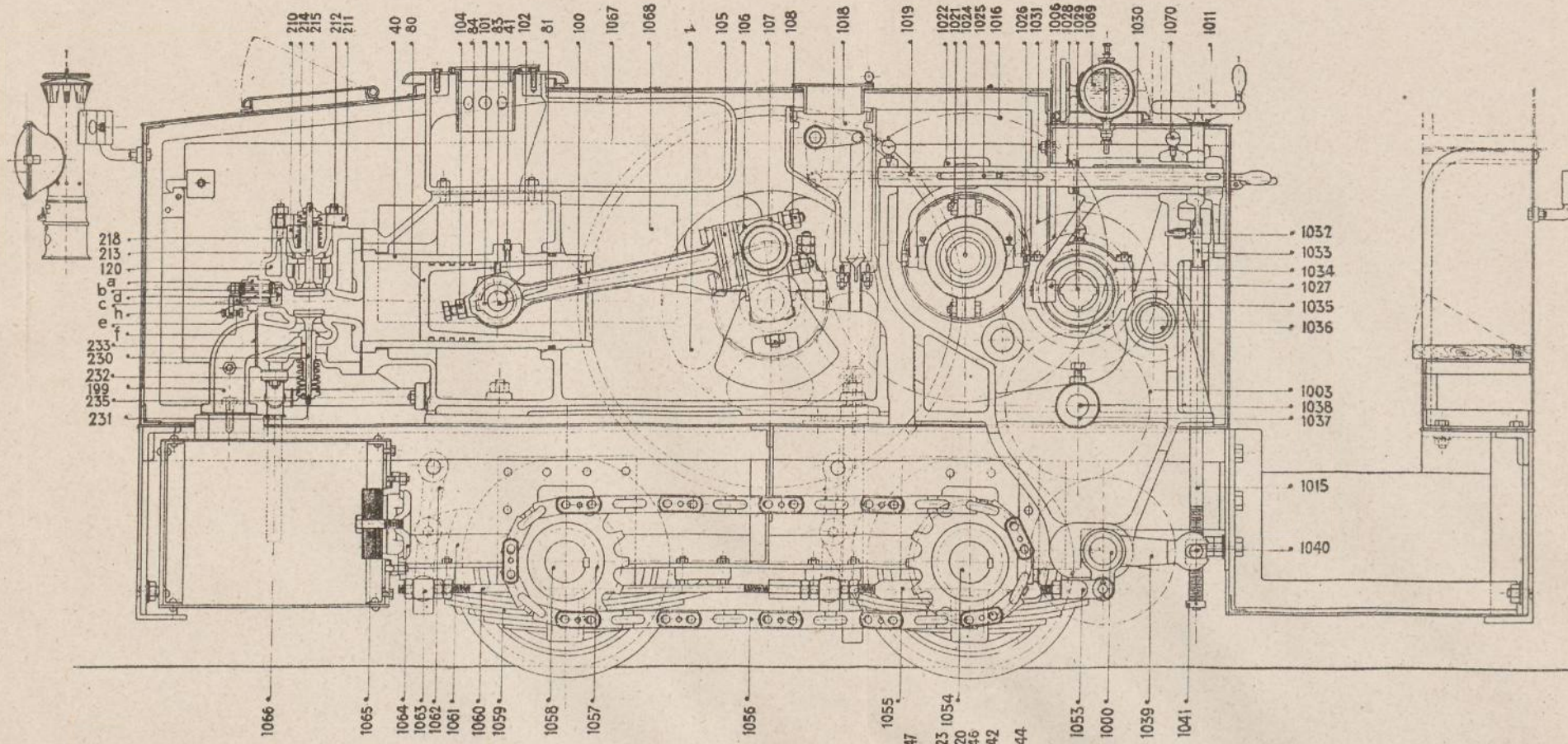


Grundriss

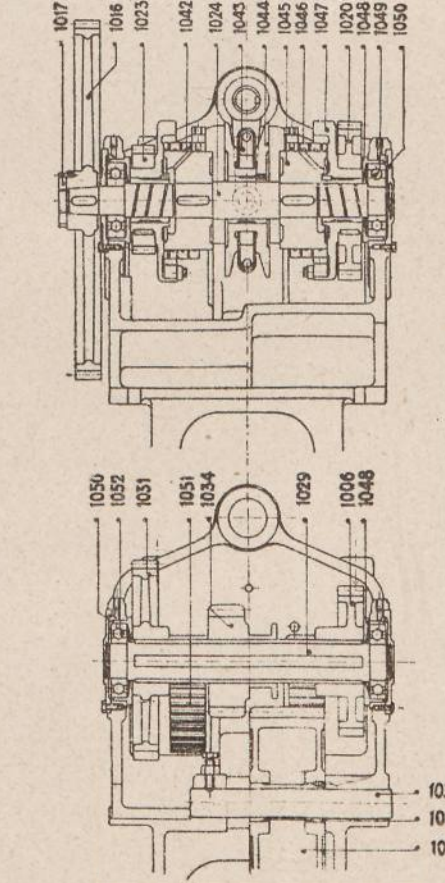
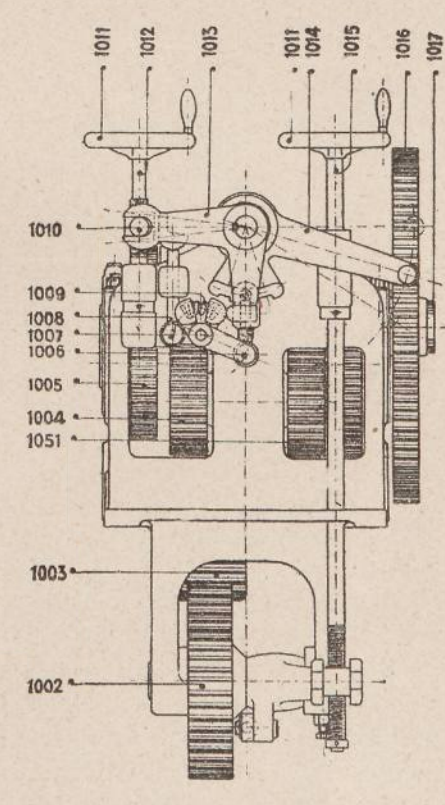
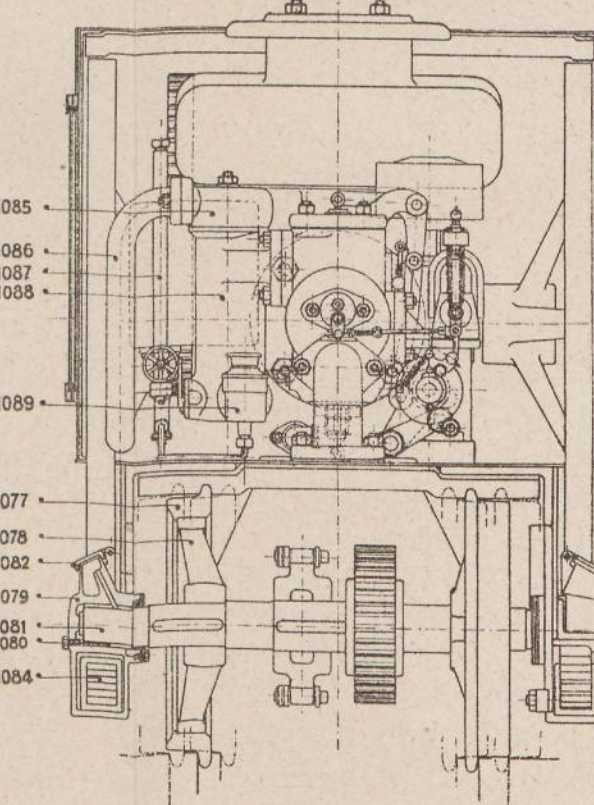
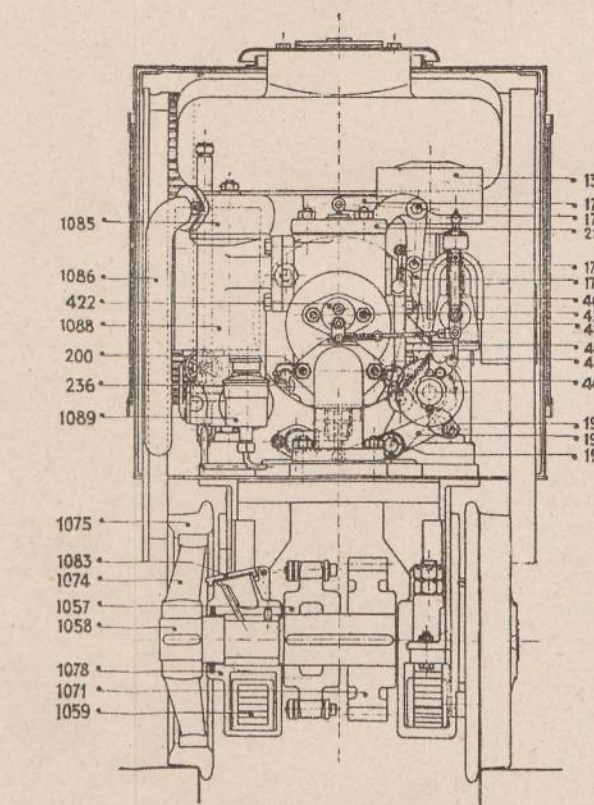


Schnitt I-I

Uten im Oktober 1912.

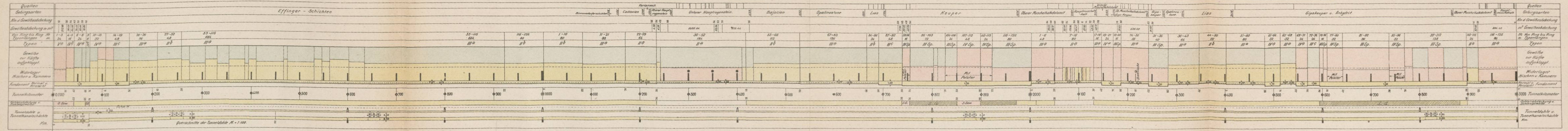


No. 1 Lagerbock	84 Kolbenringe	107 Kurbellagerdeckel	173 Unterer Einströmhebelbolzen	212 Kappenschrauben
40 Zylinder	100 Kurbelstange	108 Kurbellagerschraube	190 Ausströmhebel	213 Einströmventil
41 Gasstopfen	101 Hintere Kolbenlagerschale	120 Zylinderkopf	193 " bolzen	214 Ventilderteller
80 Kolben	102 Vordere "	130 Regulator, komplett	196 Rollenschieberbolzen	215 Einströmventilkeil
81 Kolbenbolzen	104 Kolbenlagerschraube	170 Oberer Einströmhebel	199 Auspuffkrümmer	218 Einströmventilfeder
83 Kolbenbolzenschmierrohr	105 Kompressionsstück	171 Unterer	210 Einströmventilgehäuse	230 Ausströmventil
	106 Kurbellager	172 Oberer Einströmhebelbolzen	211 Ventilgehäusekappe	231 " keil



No. 1000 III, Vorgelegewelle	Benennung
1001 III, "	nbüchse
1002 Zahnrad No. 10	
1003 " No. 9	
1004 " No. 8a	
1005 " No. 6	
1006 Vorderer Arretierhebel	
1007 Hinterer	
1008 Druckbolzen	
1009 Arretierhebelfeder	
1010 Kupplungsspindelmutter	
1011 Handrad mit Griff	
1012 Kupplungsspindel	
1013 Einrückhebel	
1014 Handhebel mit Griff	
1015 Bremsspindel	
1016 Zahnrad No. 2	
1017 Konusmutter	
1018 Sandkasten	
1019 Einrückwelle	
1020 Zahnrad No. 5	
1021 Schleifringsschraube	
1022 Kupplungshebel	
1023 Zahnrad No. 3	
1024 Reibungskupplungswelle	
1025 Nasenkeil	
1026 Schleifringzapfen	
1027 Schalradbolzen	
1028 Stelling mit Stift	
1029 I. Vorgelegewelle	
1030 Schalradhebel	
1031 Zahnrad No. 4	
1032 Arretierkörper mit Feder	
1033 Arretierbolzen mit Feder	
1034 Zahnrad No. 7	
1035 Zwischenraderbüchse	
1036 " welle	
1037 II. Vorgelegewelle	
1038 II. " welle	
1039 Bremshebel	
1040 Bremsspindelmutter	
1041 Stelling mit Stift	
1042 Kupplungsspirale, rechts	
1043 Schleifring	
1044 Einrückscheibe	
1045 Kupplungsmuffe	
1046 Kupplungsspirale, links	
1047 Kupplungsscheibe	
1048 Kugellagerbüchse	
1049 Kugellager No. 1	
1050 Verschlussdeckel	
1051 Zahnrad No. 8b	
1052 Kugellager No. 2	
1053 Bremsstangenauge	
1054 Hinterachse	
1055 Bremsstange	
1056 Treibkette	
1057 Kettenrad	
1058 Vorderachse	
1059 Achslagerfeder	
1060 Bremsstange	
1061 Bremsbacken	
1062 Hängeeisen	
1063 Traverse	
1064 Auspufftopfkappe	
1065 Auspufficherung	
1066 Auspufftopf (Blech)	
1067 Wasserbehälter	
1068 Brennstoffbehälter	
1069 Zentralschmierapparat	
1070 Helmöler	
1071 Zahnrad No. 11	
1072 Achslagerschale	
1073 Achslager, Innenl.	
1074 Radstern	
1075 Bandage	
1076 Auspufftopf (Guß)	
1077 Bandage	
1078 Radstern	
1079 Achslager, Außenl.	
1080 Achslagerbüchse	
1081 Vorderachse	
1082 Achslagerdeckel	
1083 " "	
1084 Achslagerfeder	
1085 Plattenschutzhalter	
1086 Luftansaugrohr	
1087 Standglasgehäuse	
1088 Karburatorgehäuse	
1089 Karburator, kompl.	

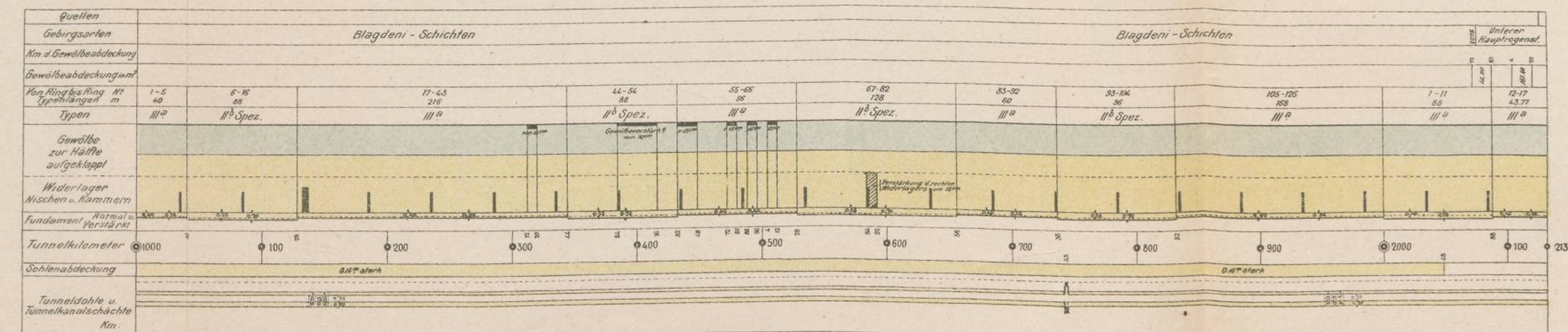
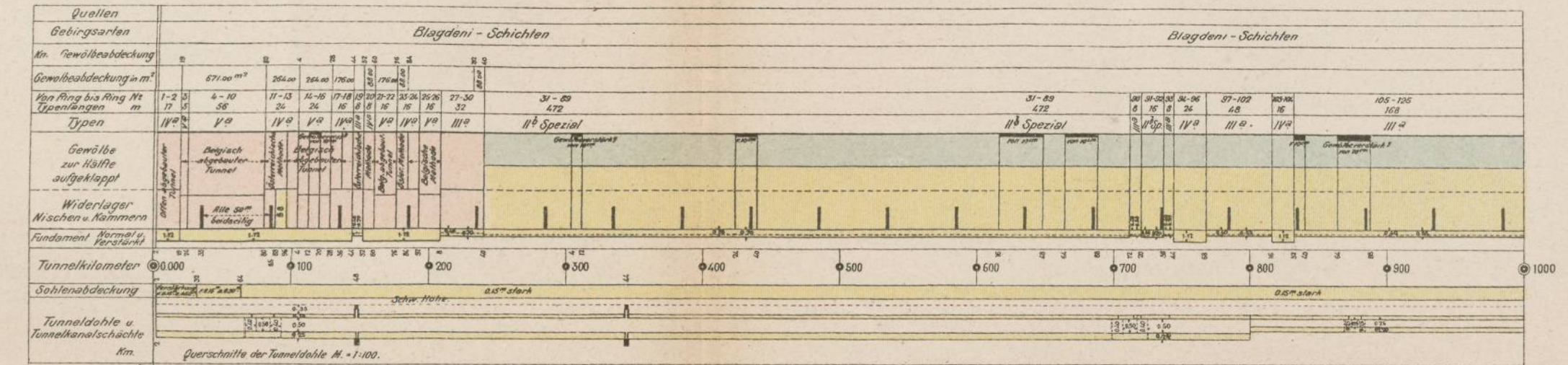
DISPOSITION.
UNIVERSAL-LOCOMOTIVE № MOD. 22. a
 MOTORENFABRIK OBERURSEL ACT. GES.
Z. № 8341.



Hauenstein - Basis - Tunnel.
Darstellung des Mauerwerks der Südseite
— Km: 0.002 - Km: 6.002. —

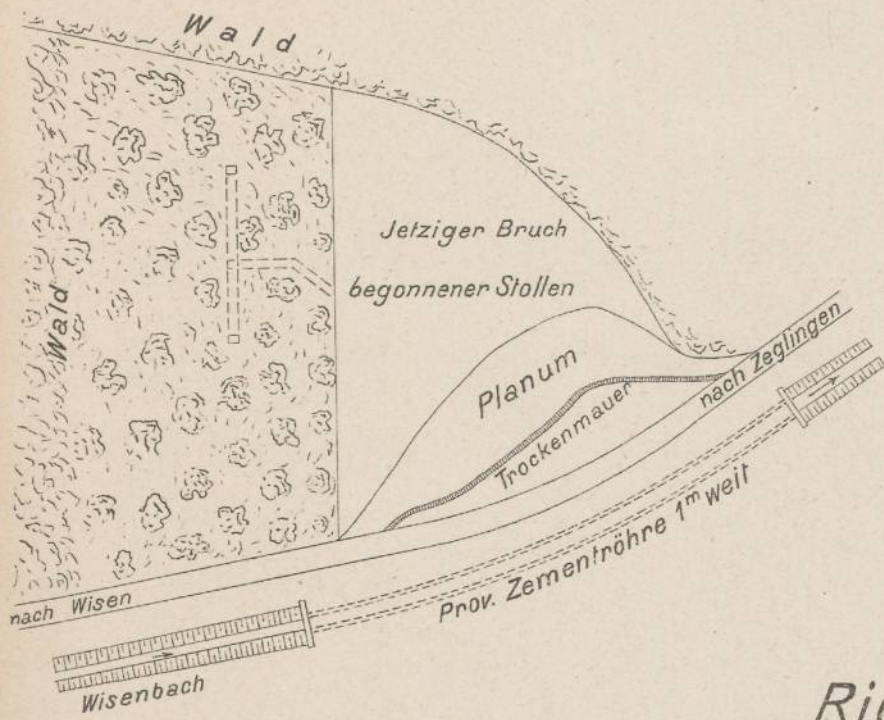


Hauenstein - Basis - Tunnel.
Darstellung des Mauerwerks der Nordseite
— Km: 0.002 - Km: 2.131.77. —



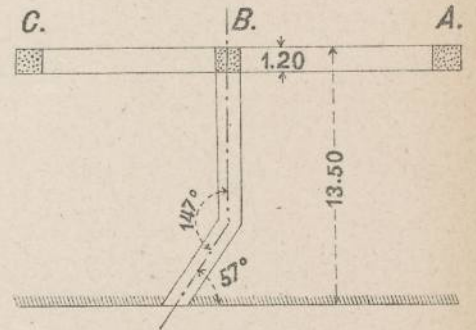
Situation.

1:1000



Grundriss.

1:400

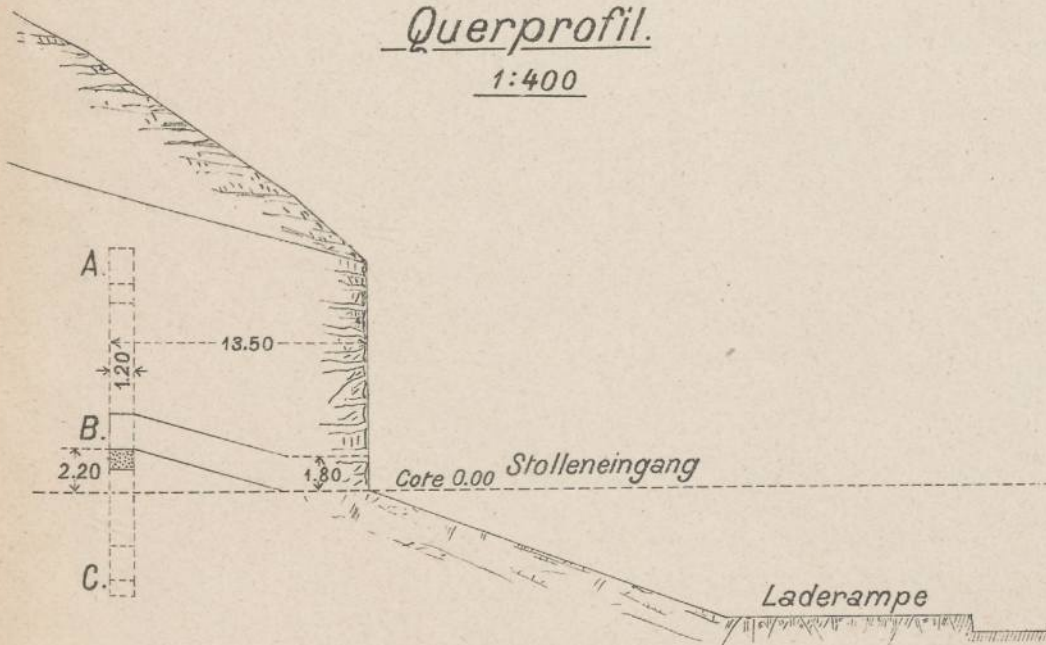


Riesenstein

im Steinbruch von Wisen.

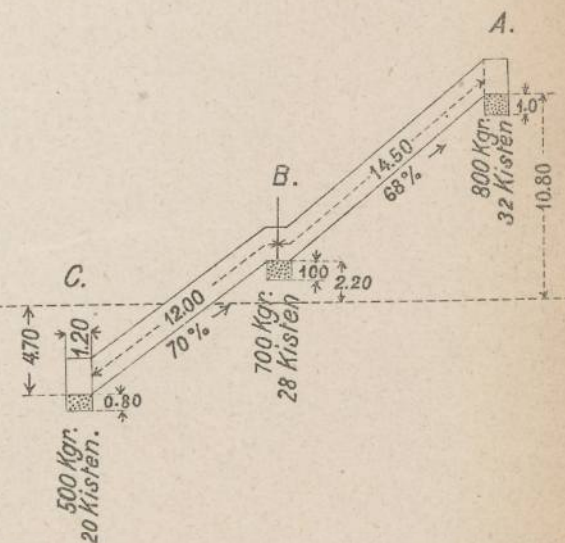
Querprofil.

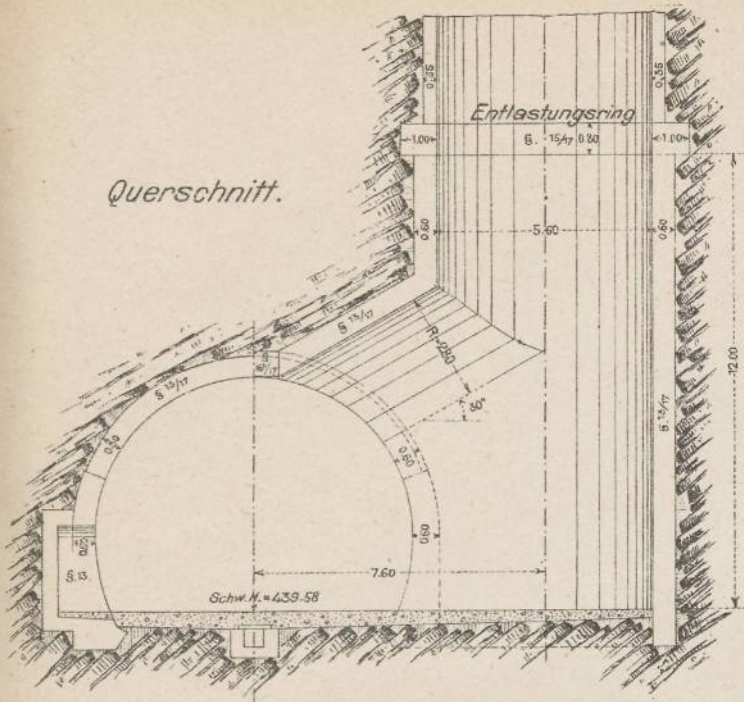
1:400



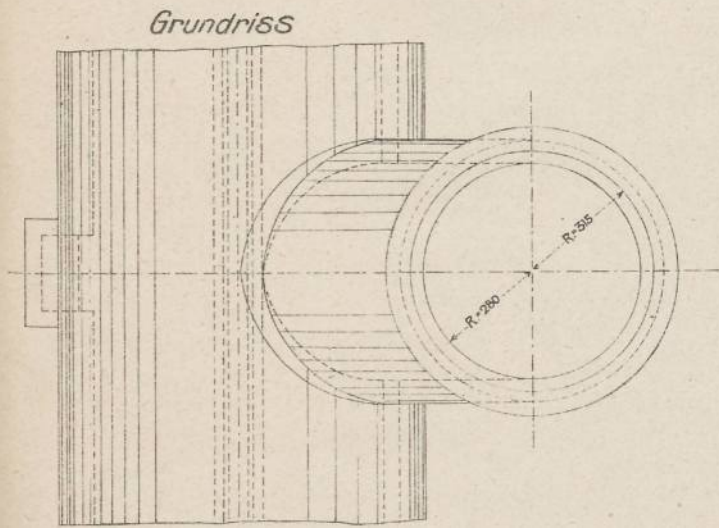
Profil
durch den Querstollen.

1:400

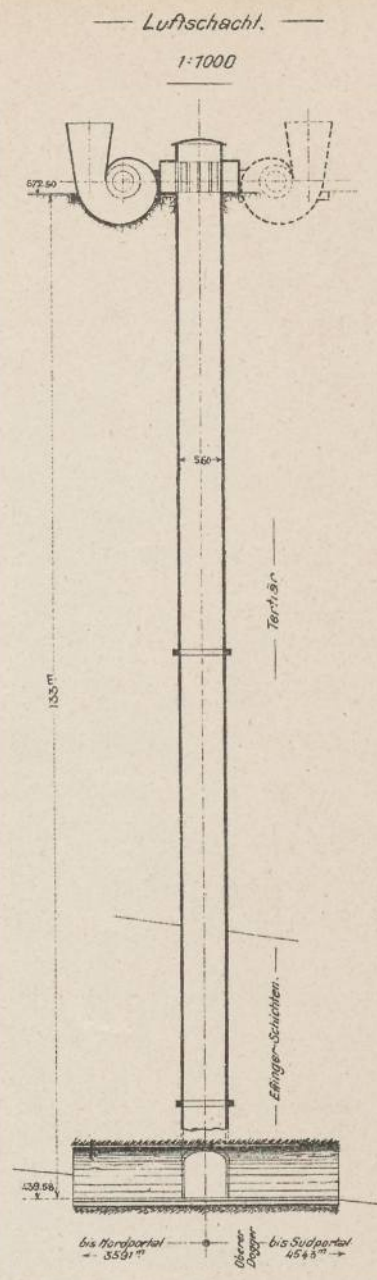




Querschnitt.



Grundriss

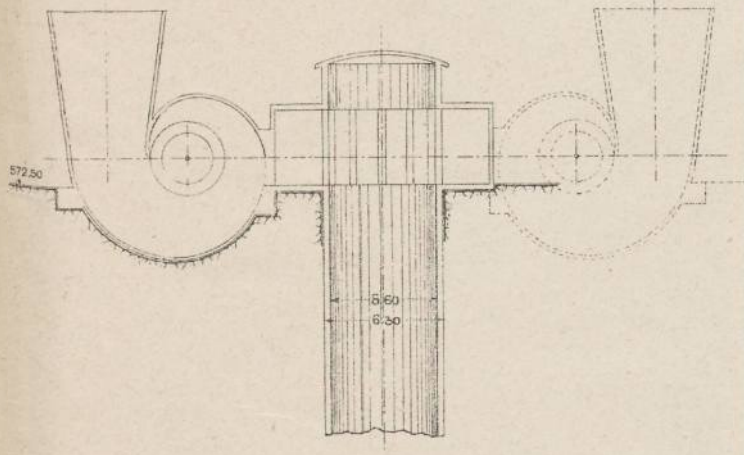


Luftschacht.

1:1000

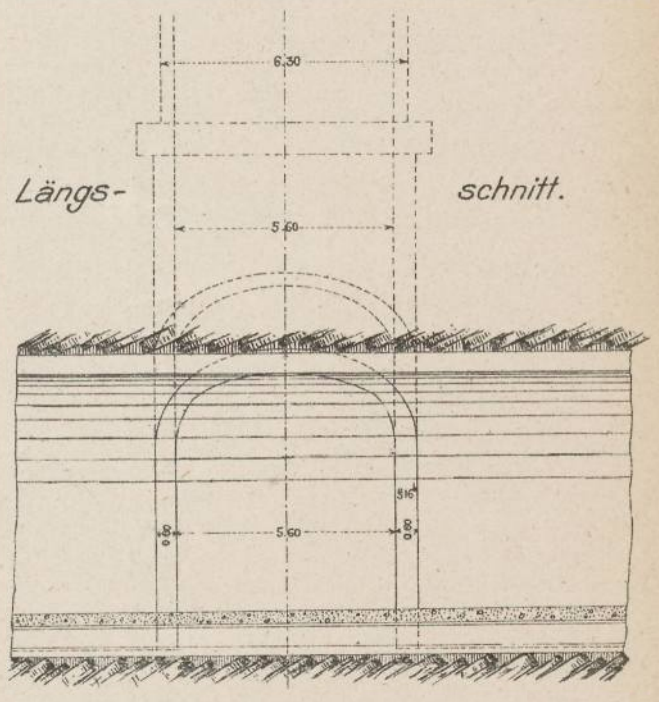
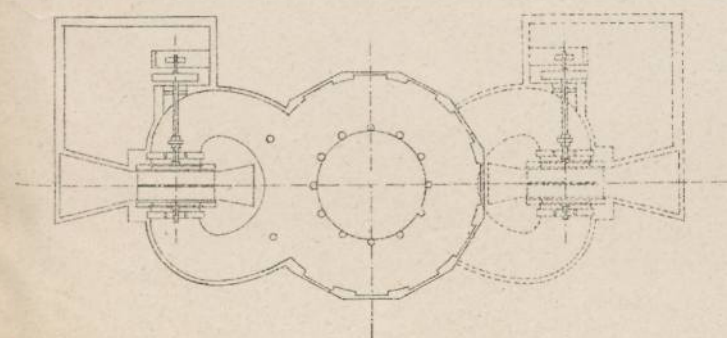
Vertikalschnitt.

1:400.



Horizontalschnitt.

1:400.



Längs-schnitt.

Schachtstuhl.

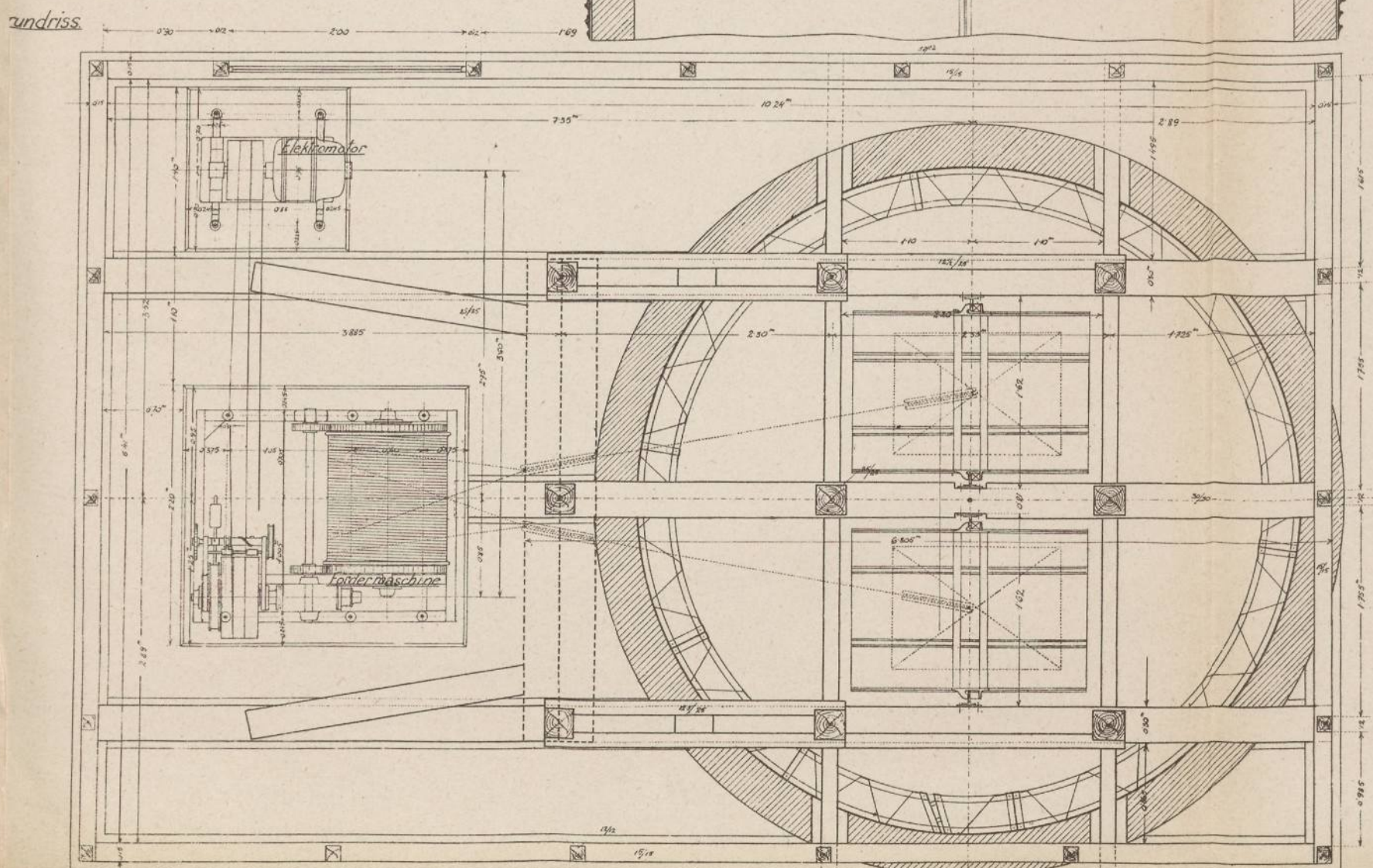
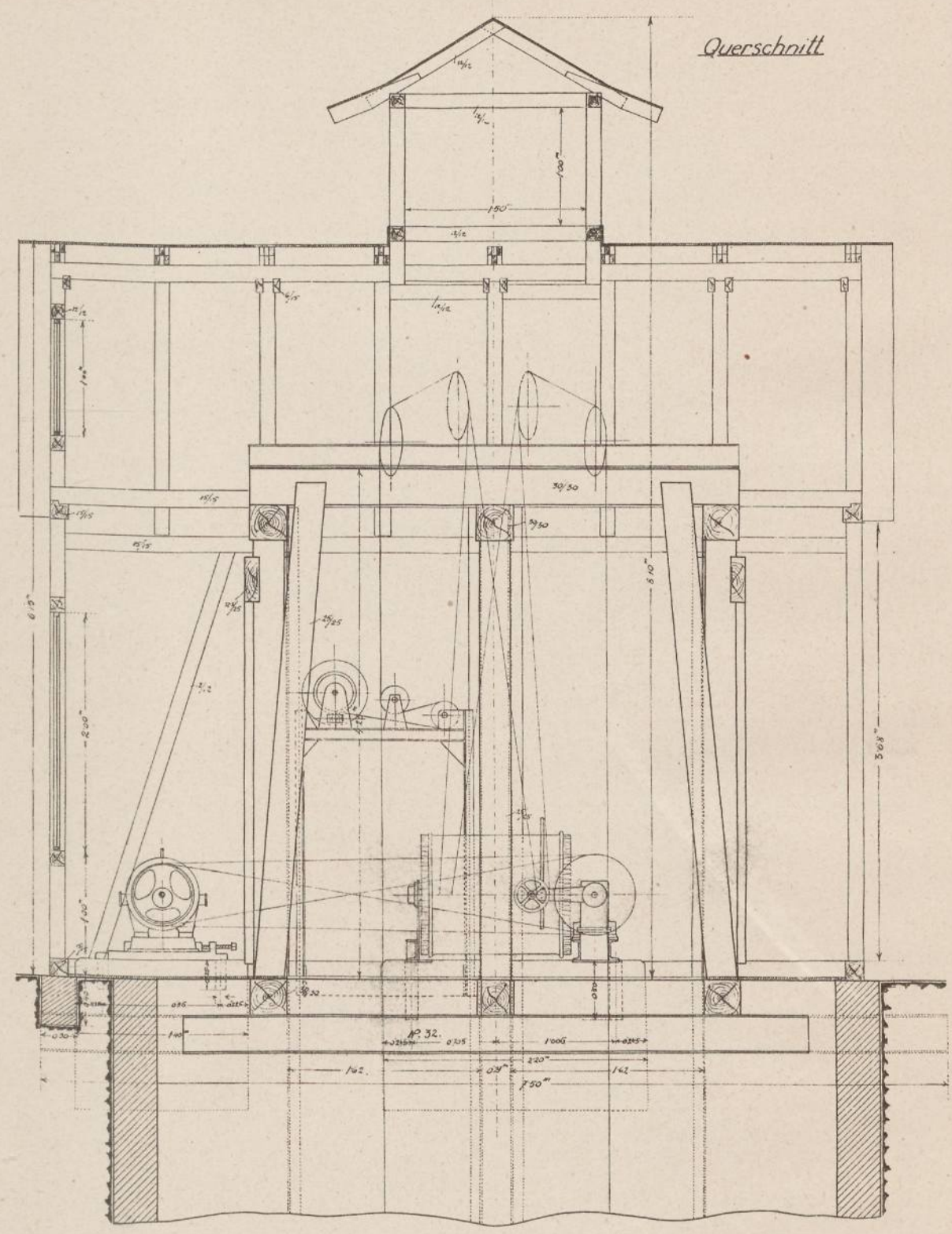
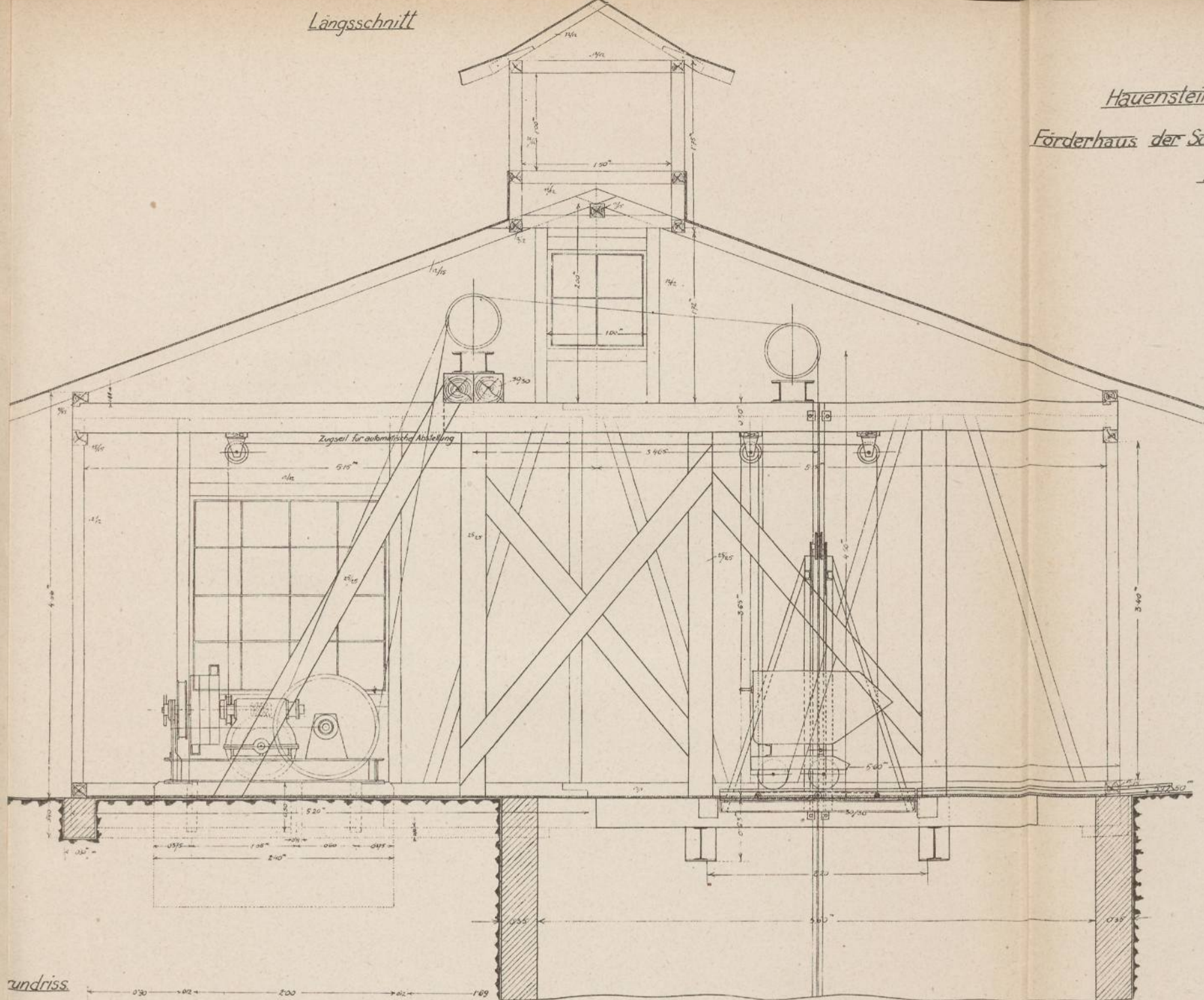
Betriebsventilation mit Saugschacht
für den
Neuen Hauensteintunnel.

Km. 32.241.00.

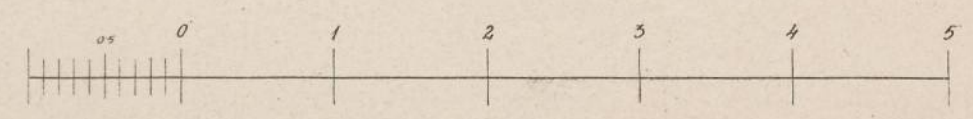
M. 1:200.

Entworfen von E. Viesmann, Ingenieur.

Hauenstein-Basistunnel.
Förderhaus der Schachtanlage bei Zeglingen
M. 1:50



Maßstab 1:50



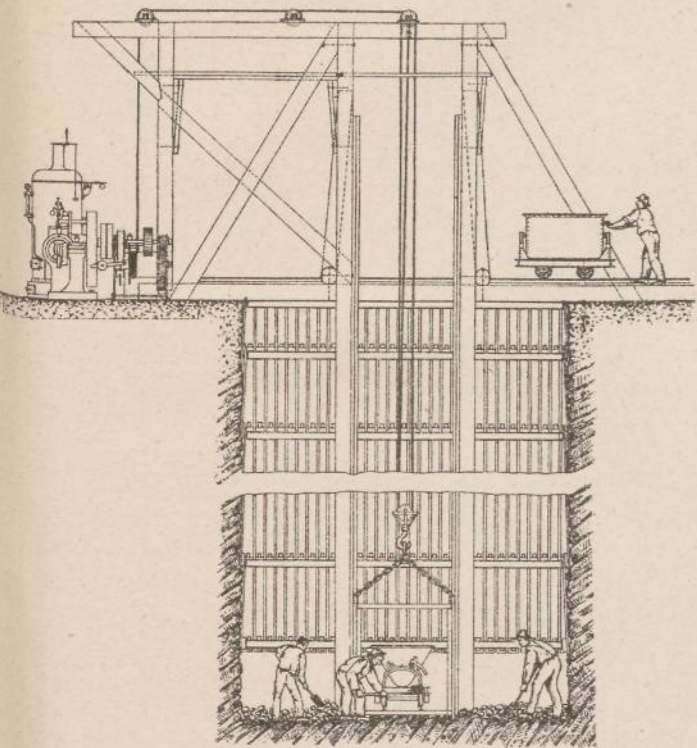
ENTLÜFTUNGSSCHACHT BEI KM. 4,544 AB SÜDPORTAL DES HAUENSTEINBASISTUNNELS.

Bauvorgang nach Fertigstellung der definitiven Förder- und Installationsanlage.

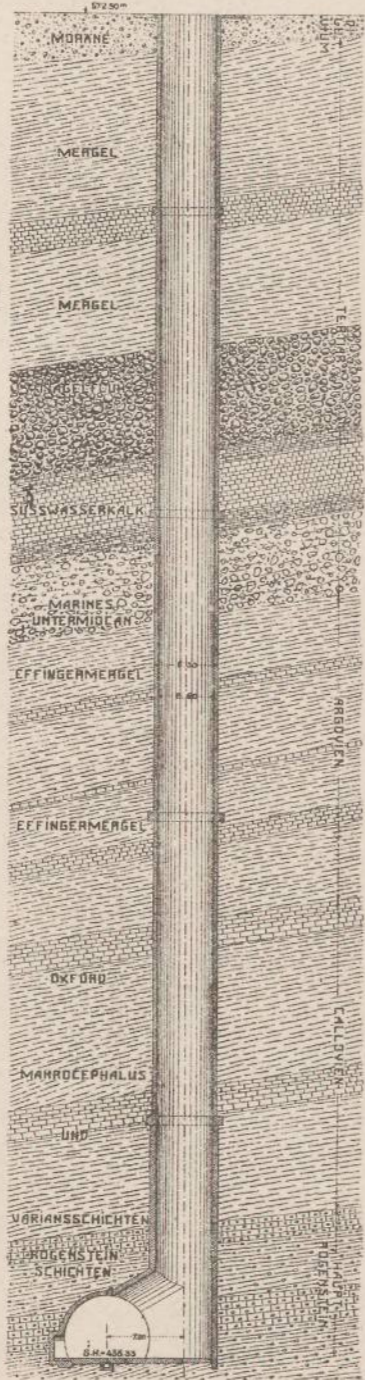
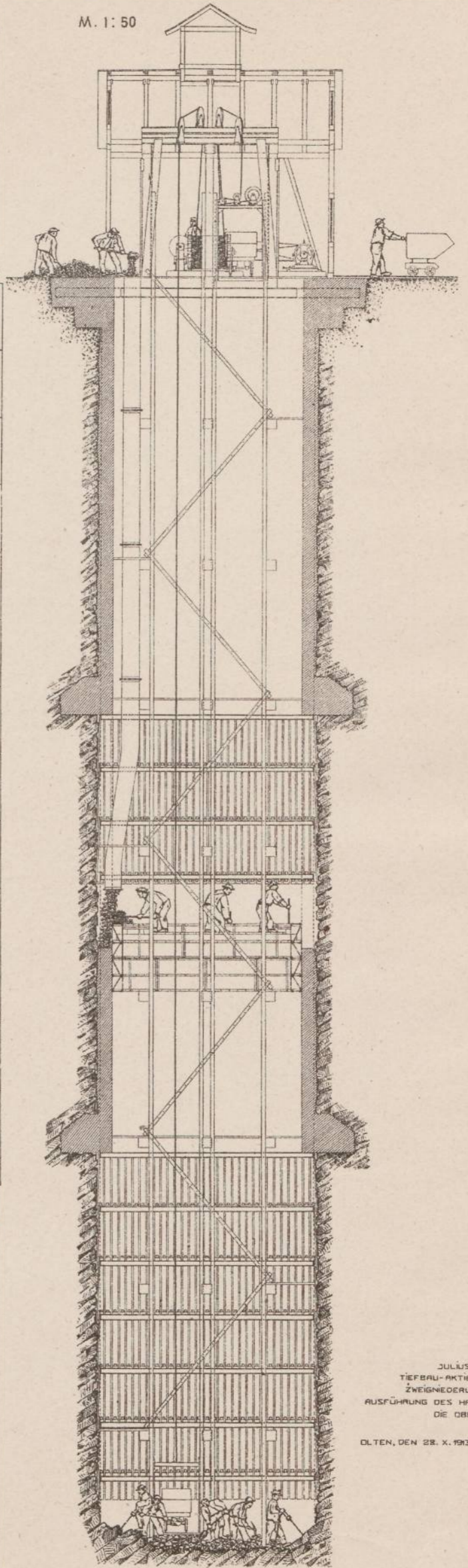
M. 1:50

GRAPHISCHES BAUPROGRAMM FÜR DEN LÜFTUNGSSCHACHT BEI ZEGLINGEN.

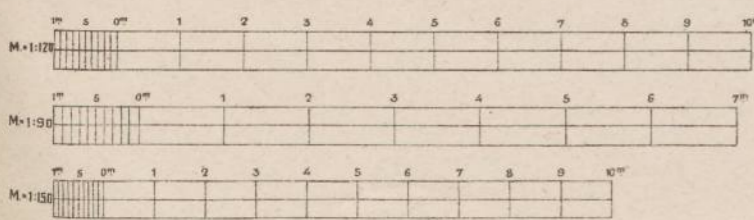
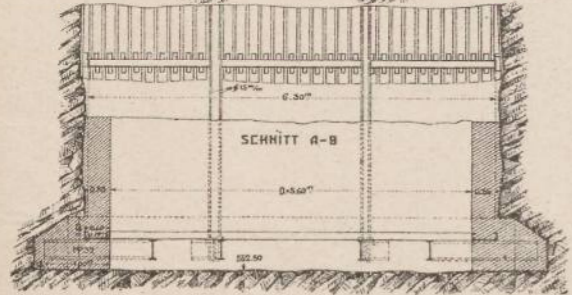
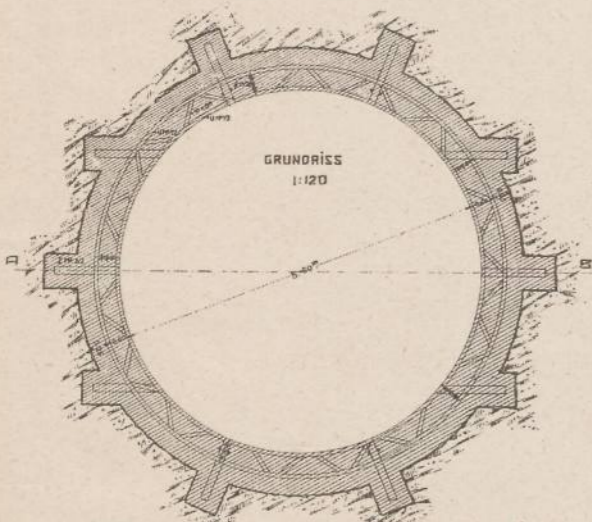
PROVISORISCHE FÖRDERANLAGE BIS ZUR TIEFE VON 20 M.
1:150



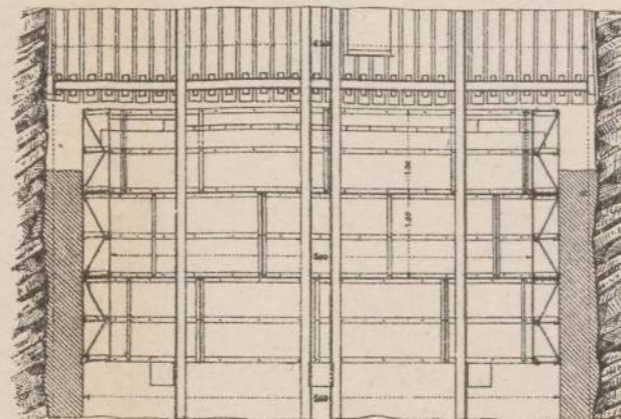
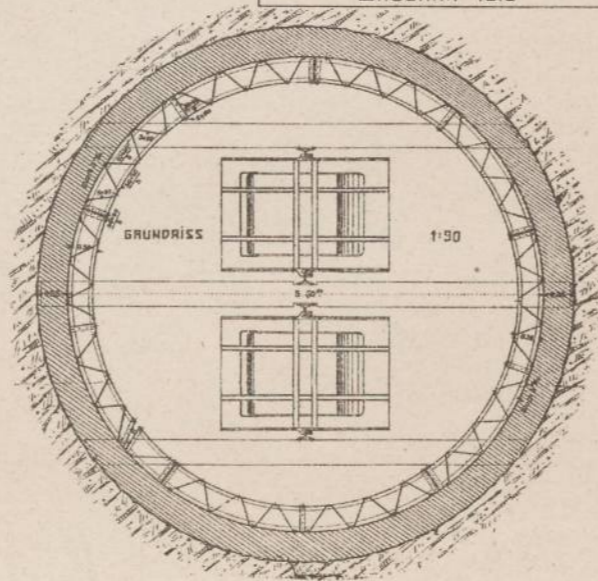
MASSSTÄBE: FÜR DIE TIEFE: 4% = 1 METER
FÜR DIE ZEIT: 2% = 1 TAG



ARMIERTER ENTLASTUNGSRING IN 20 M TIEFE FÜR DEN BEGINN DES
AUFBETONIERENS



ARBEITSVORGANG BEIM AUFBETONIEREN DES SCHACHTES
MIT HILFE DER EISERNEH LEHRKONSTRUKTION
SCHNITT 1:90

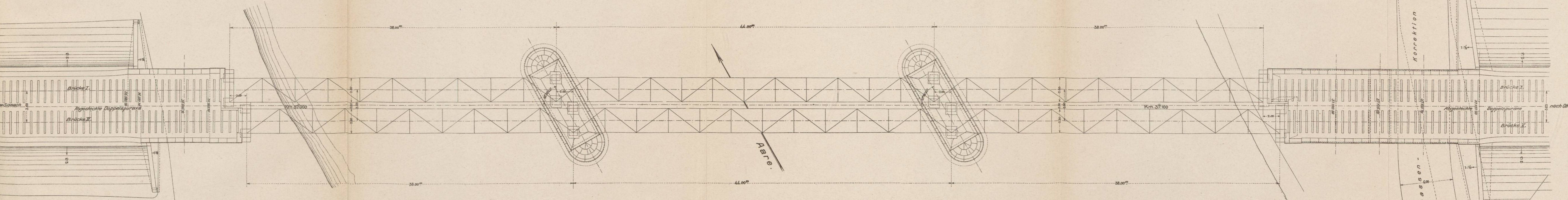
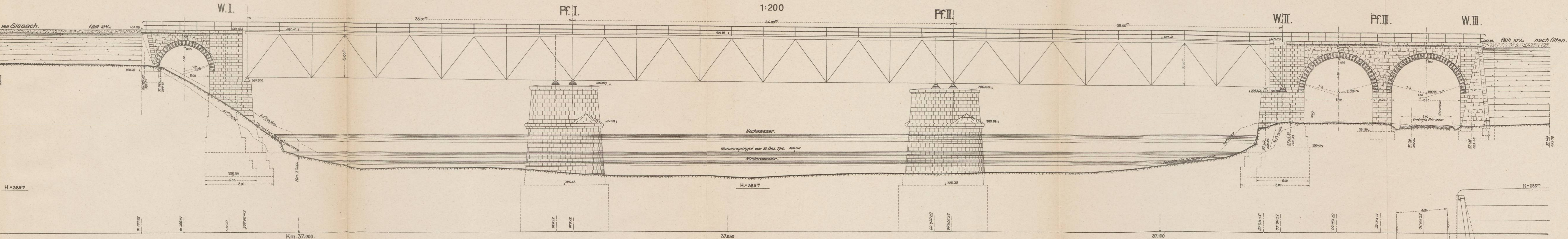


JULIUS BERGER
TIEFBAU-AKTIENGESELLSCHAFT
ZWEIGNIEDERLASSUNG OLZEN
AUSFÜHRUNG DES HAUENSTEINBASISTUNNELS
DIE OBERLEITUNG:
Wohlfarth
OLZEN, DEN 28. X. 1913.

Aare - Brücke bei Olten.

— Ansicht —
flussabwärts.

1:200



— Situation. —

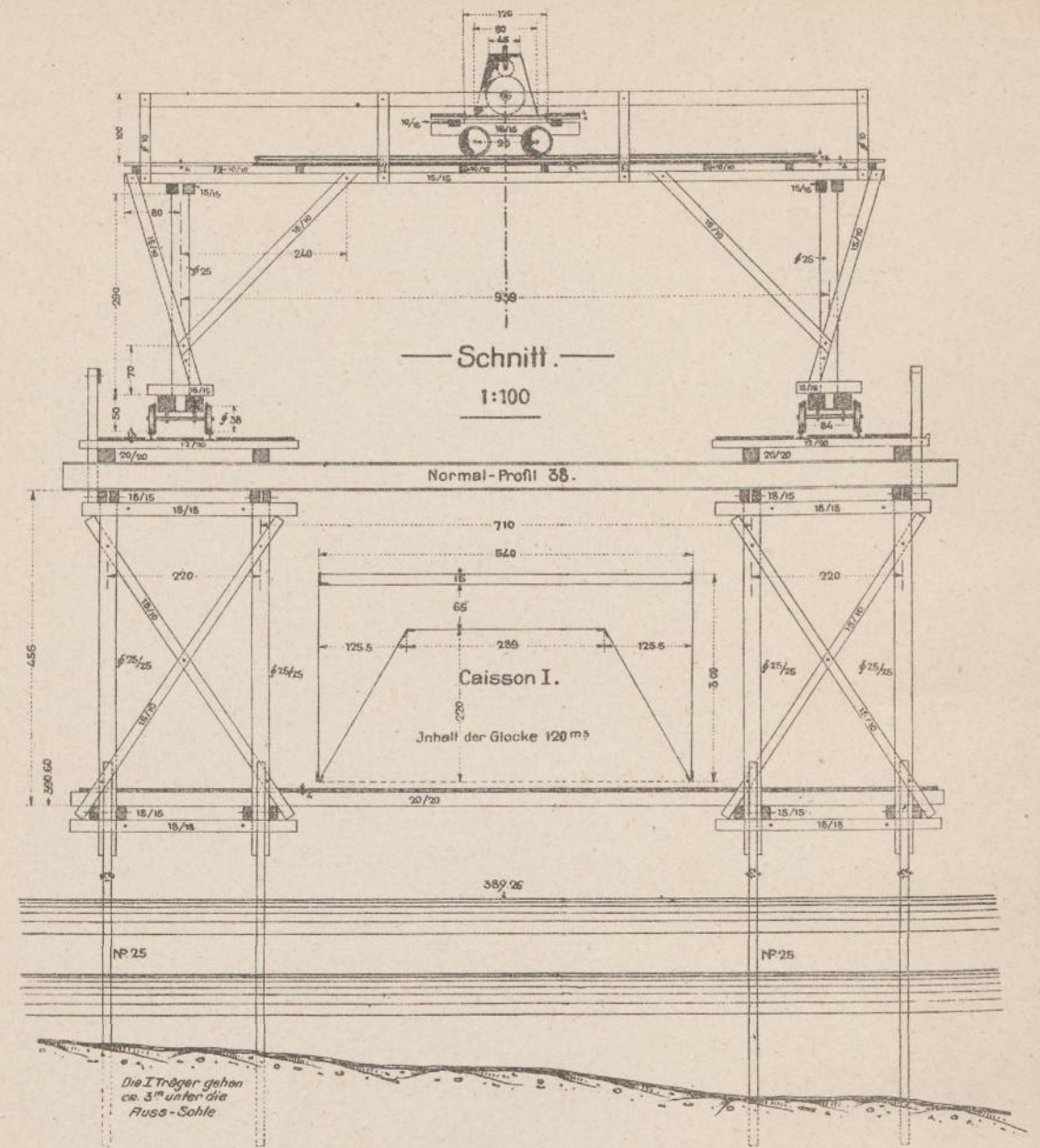
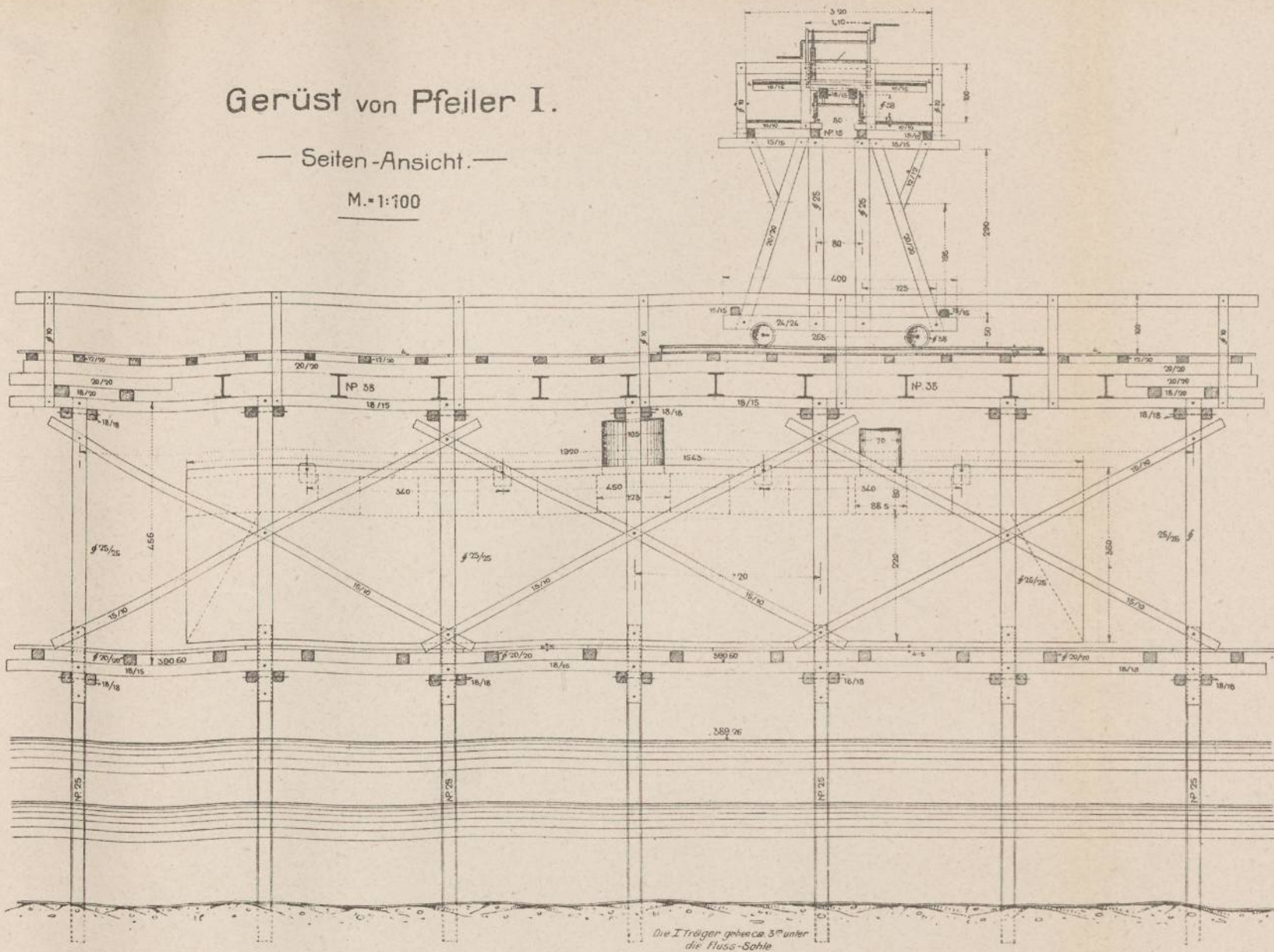
1:200

Km.36.979.70 - Km.37.137.20.

Gerüst von Pfeiler I.

— Seiten-Ansicht. —

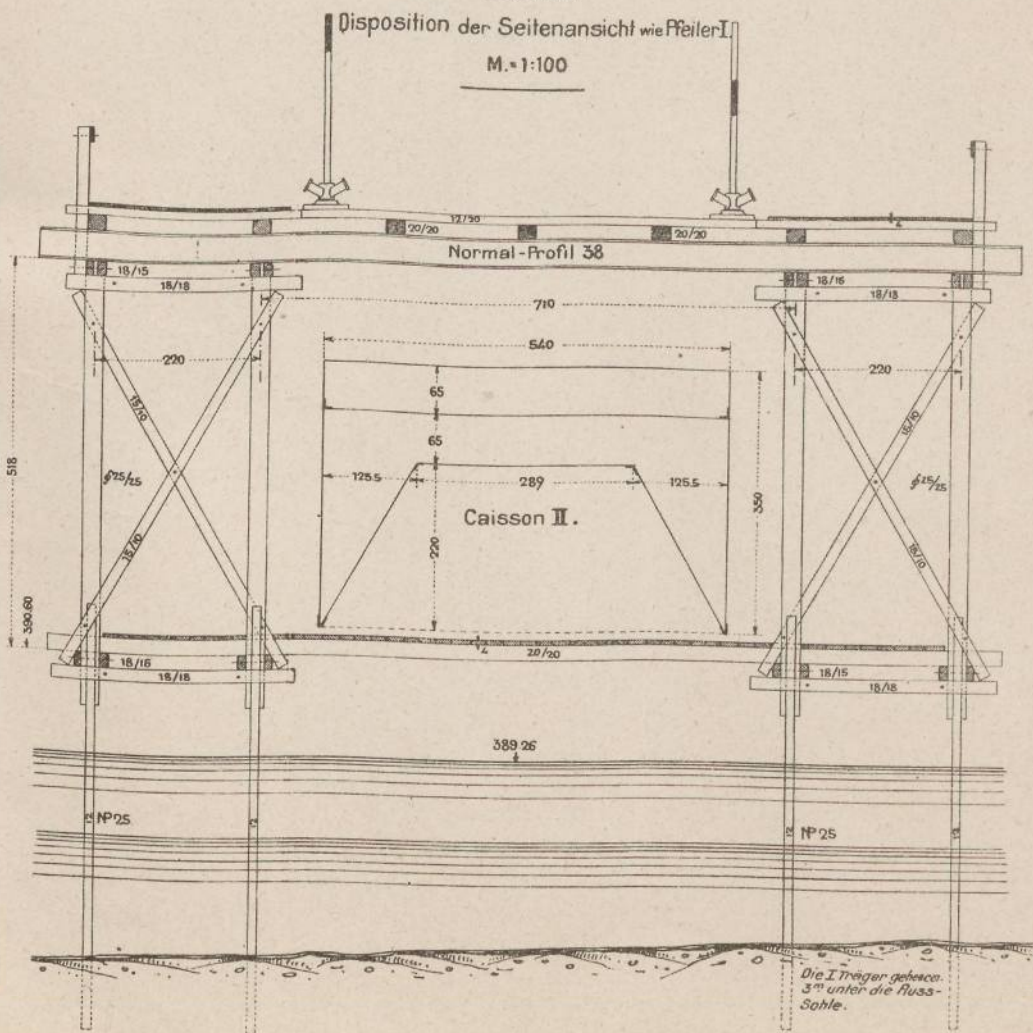
M. = 1:100



Gerüst von Pfeiler II.

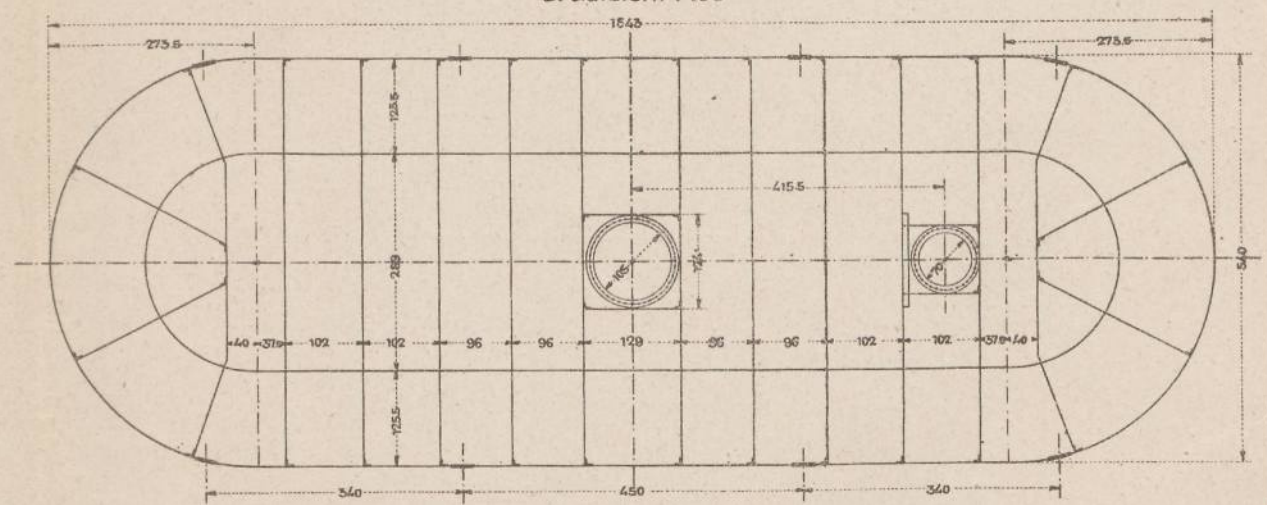
— Schnitt. —

M. = 1:100

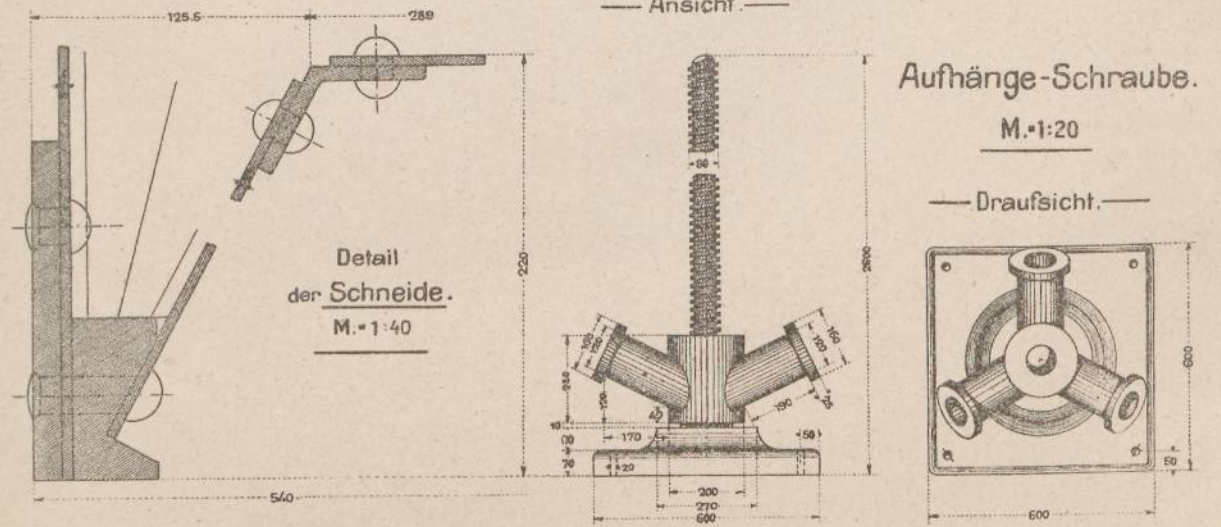


Caisson.

— Draufsicht 1:100 —



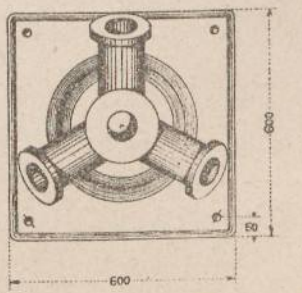
— Ansicht —



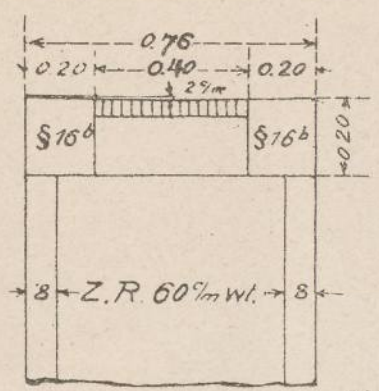
Aufhänge-Schraube.

M. = 1:20

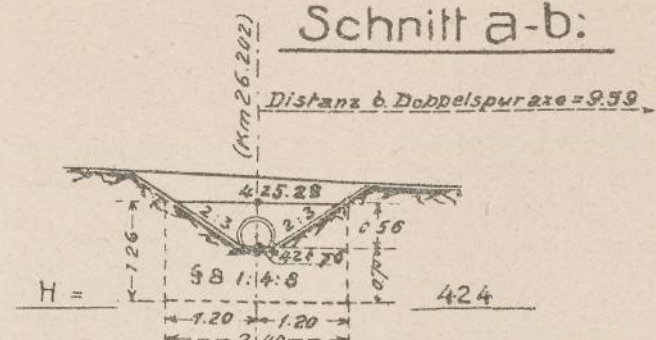
— Draufsicht. —



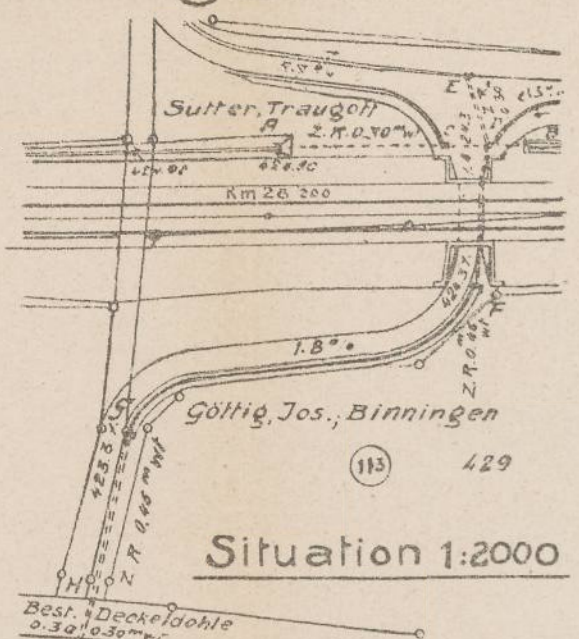
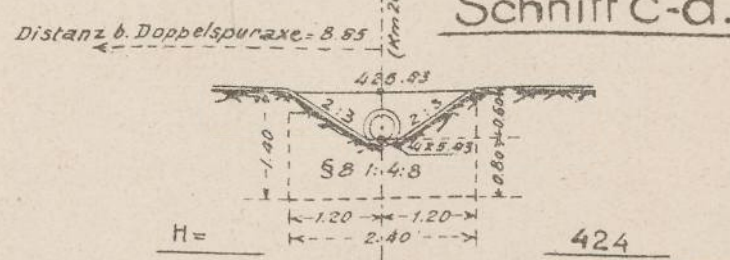
Schachtdeckel C.



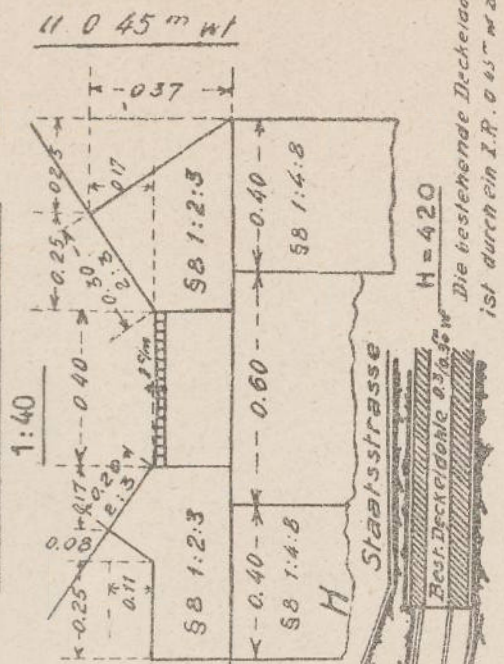
Schnitt a-b:



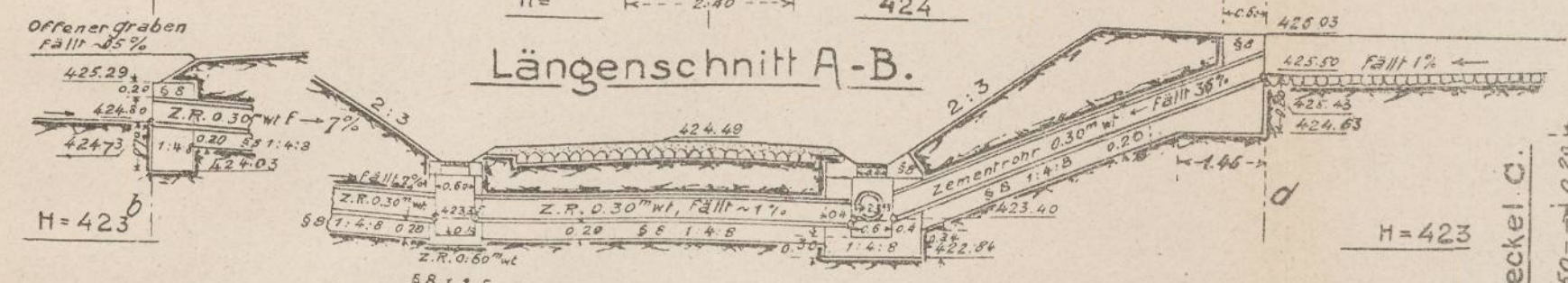
Schnitt c-d:



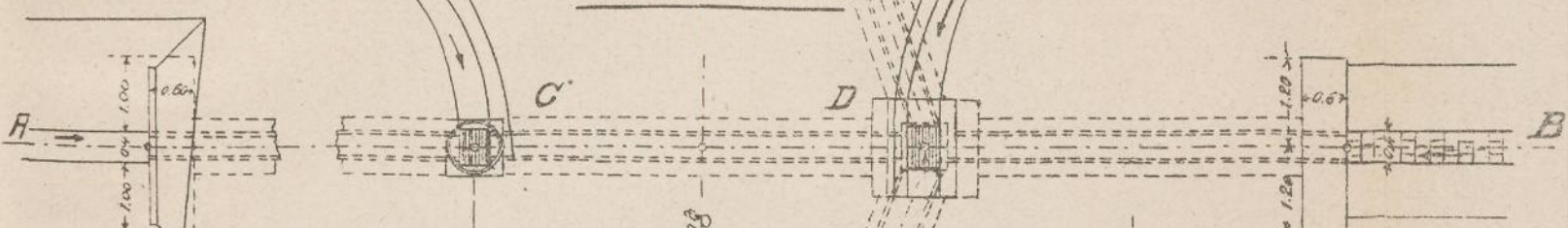
Schachtdeckel D.



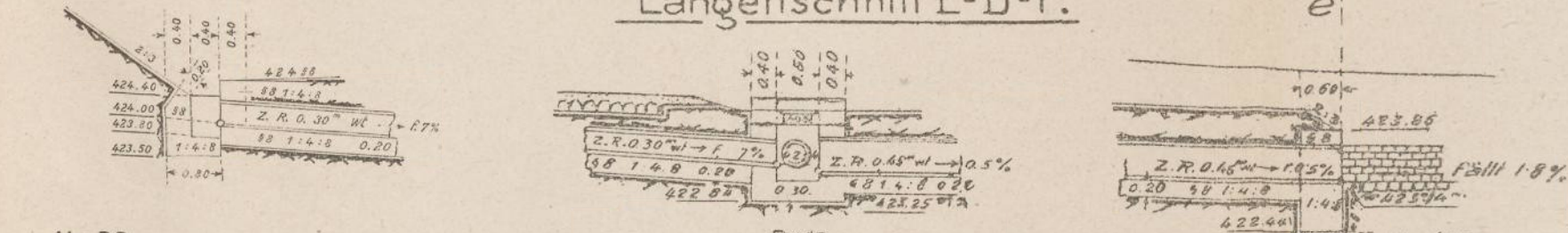
Längenschnitt A-B.



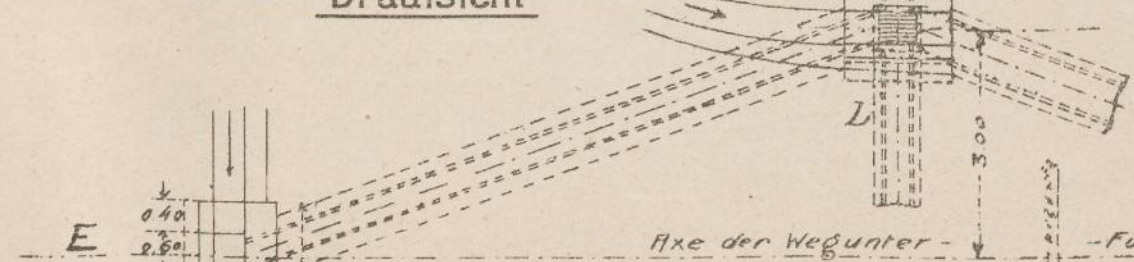
Draufsicht.



Längenschnitt E-D-F.



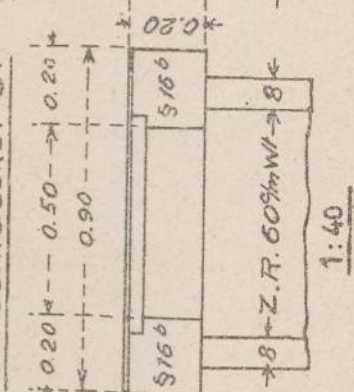
Draufsicht



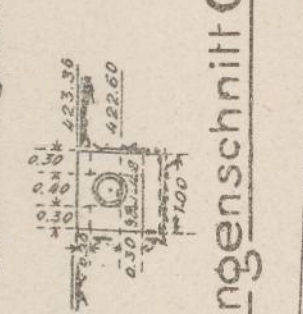
Schnitt e-f.



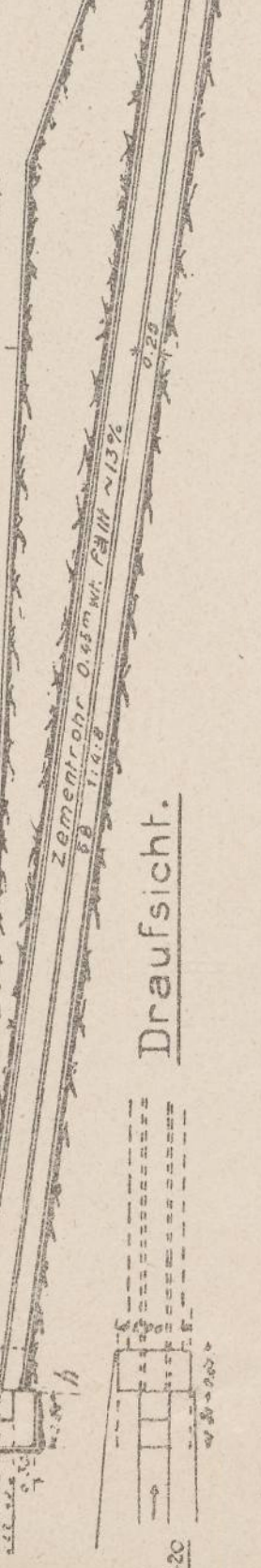
Schachtdeckel C.



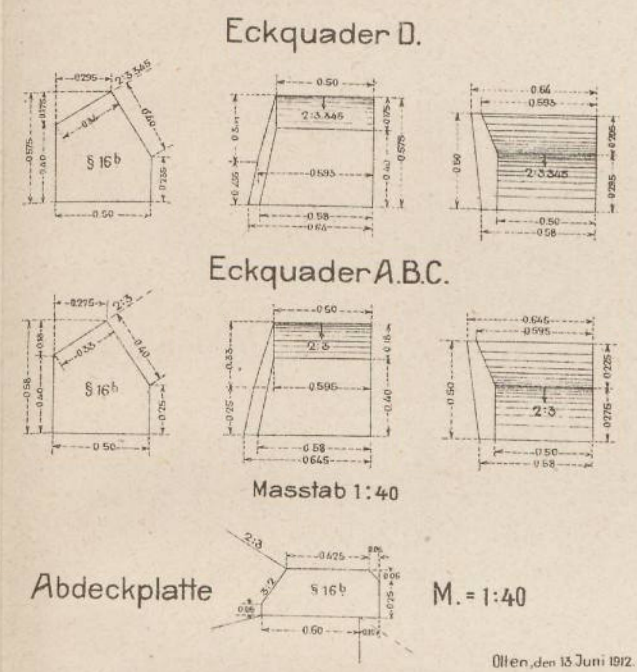
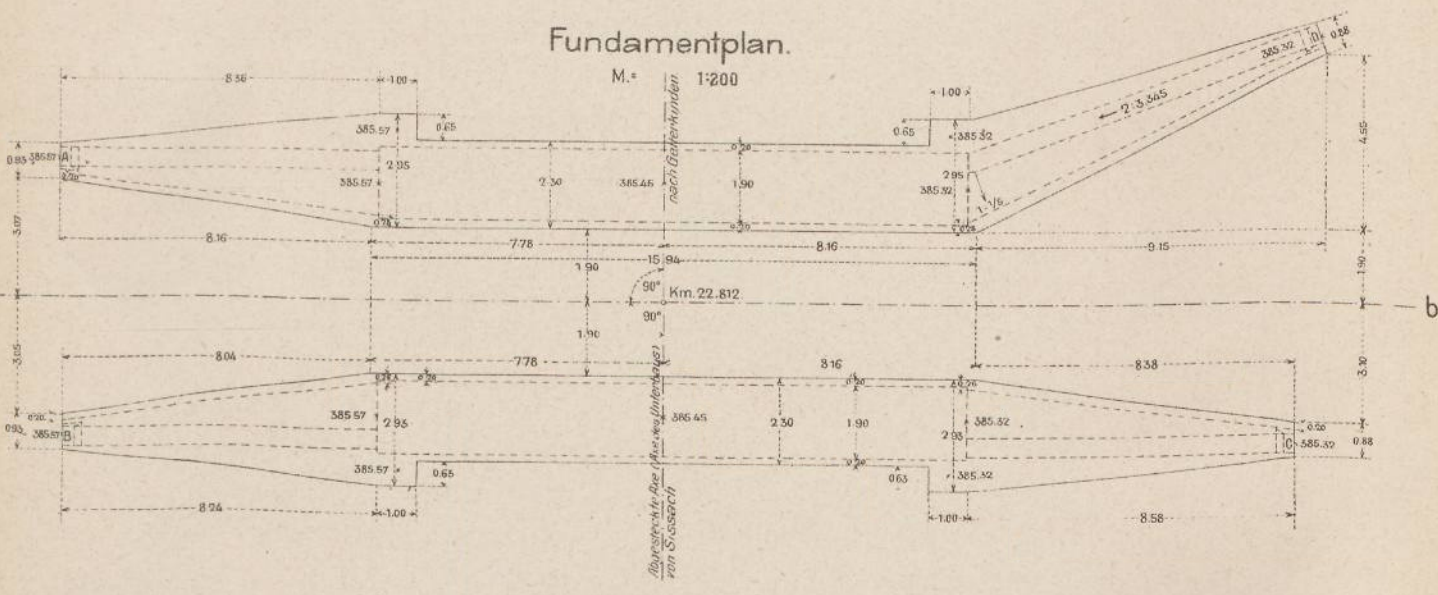
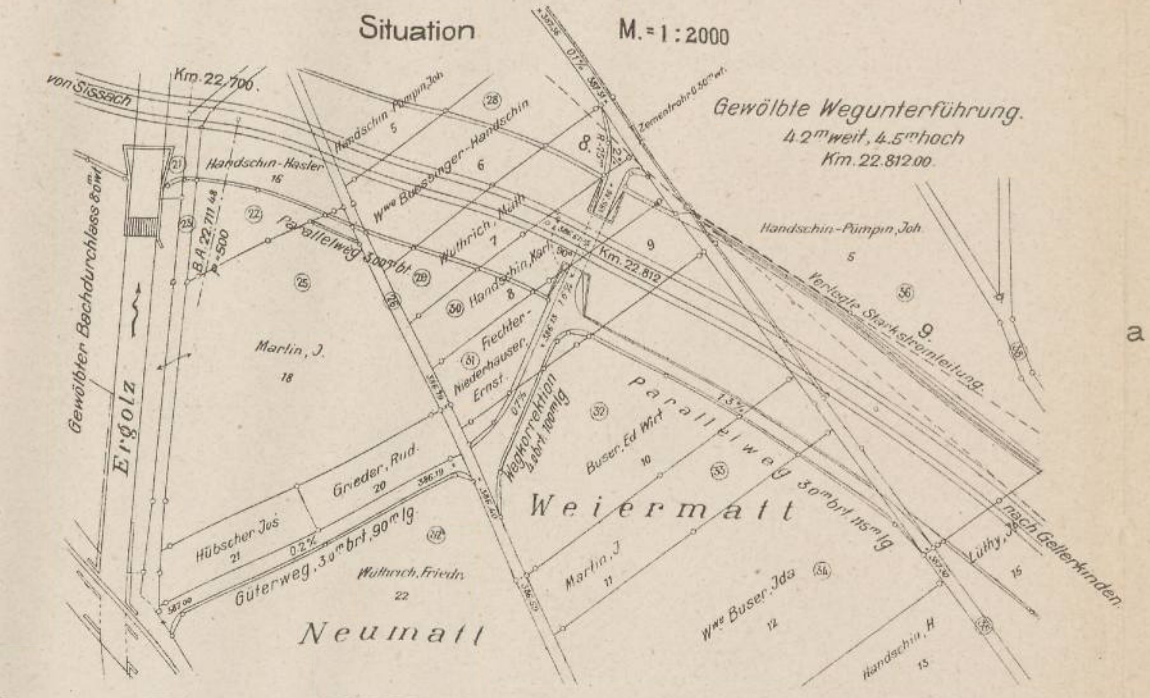
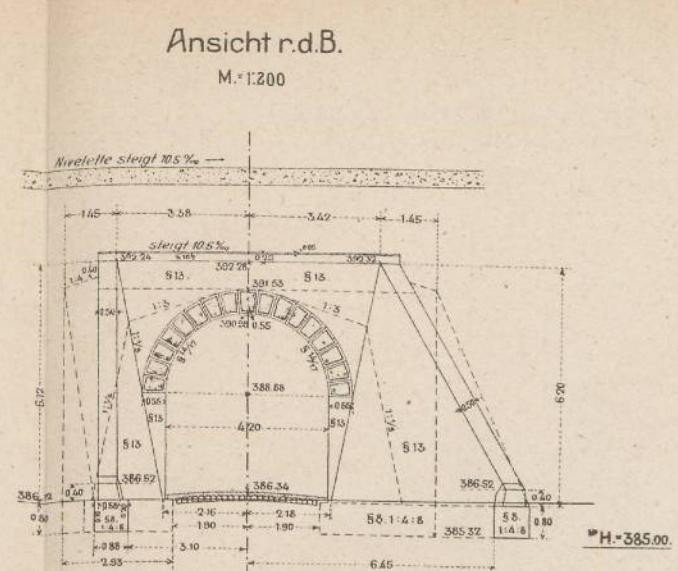
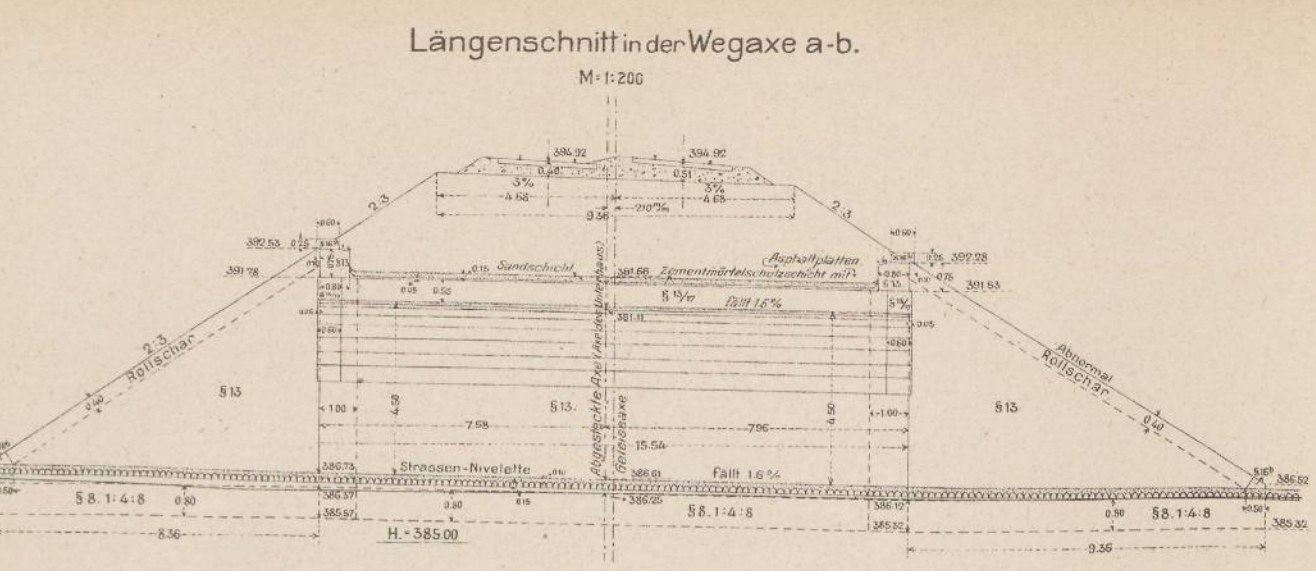
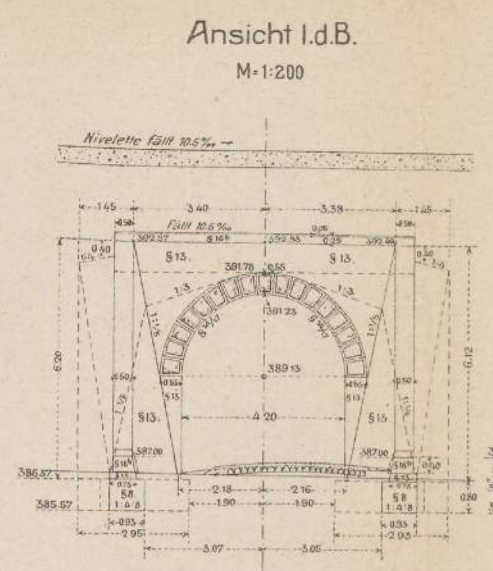
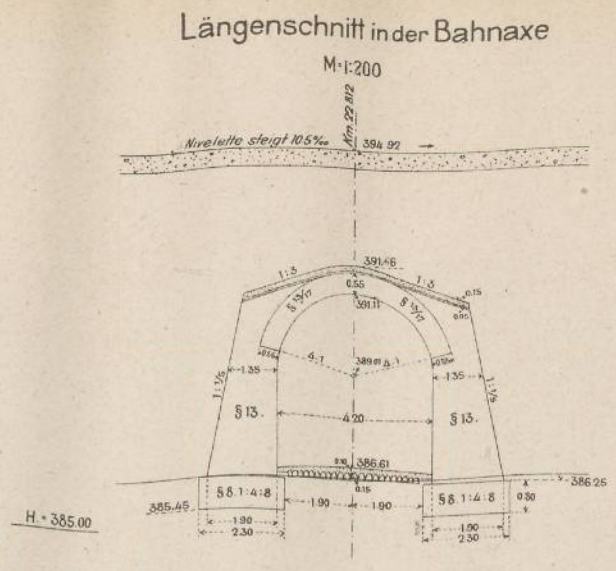
Schnitt g-h.



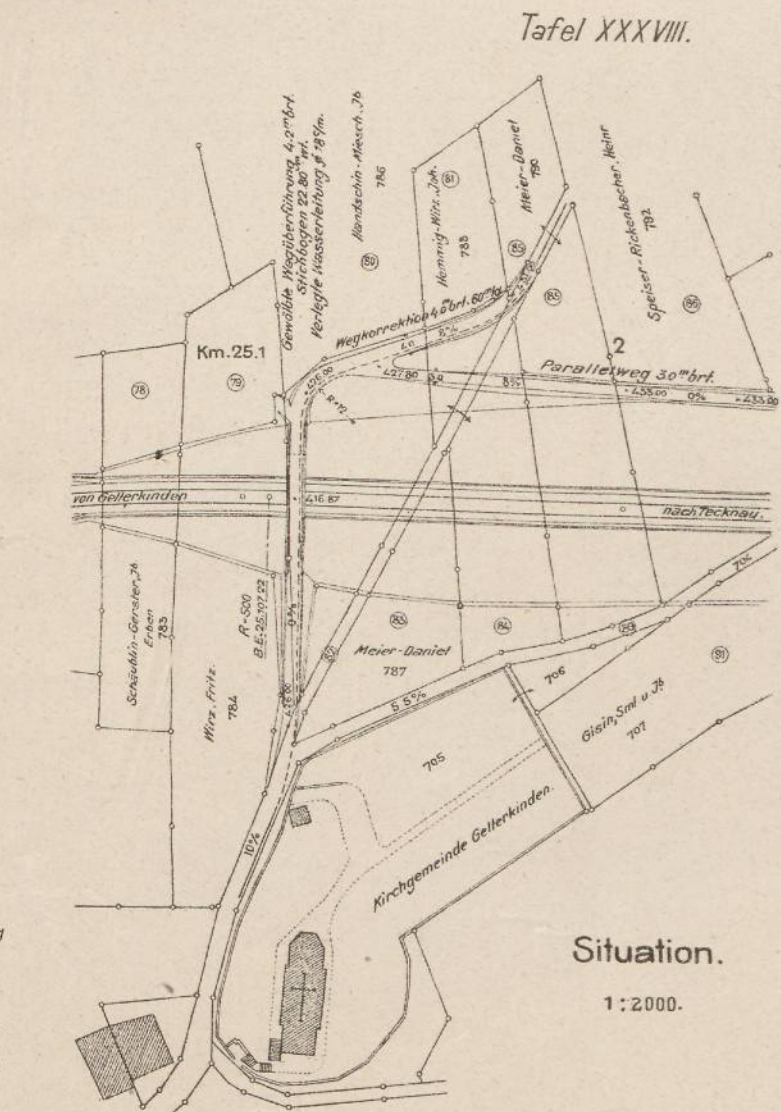
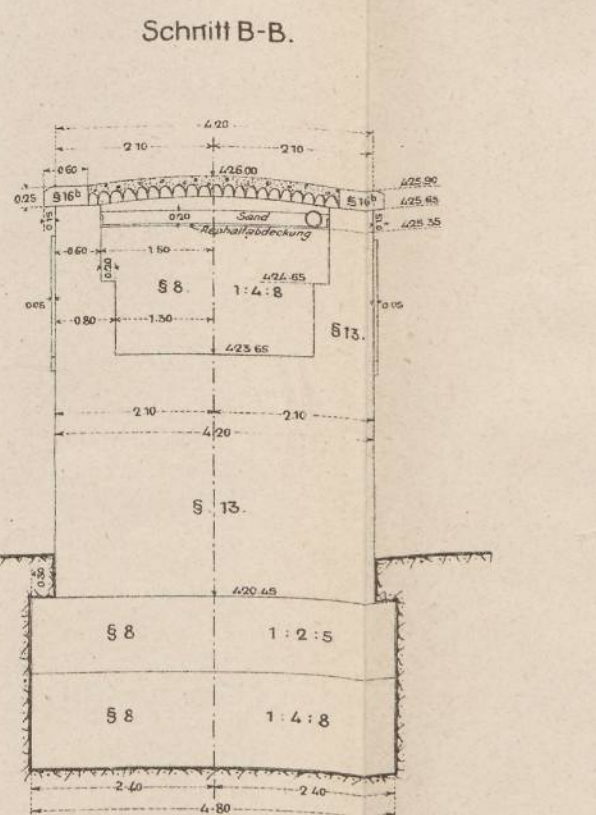
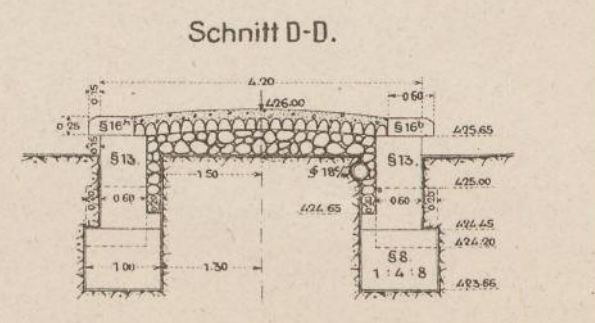
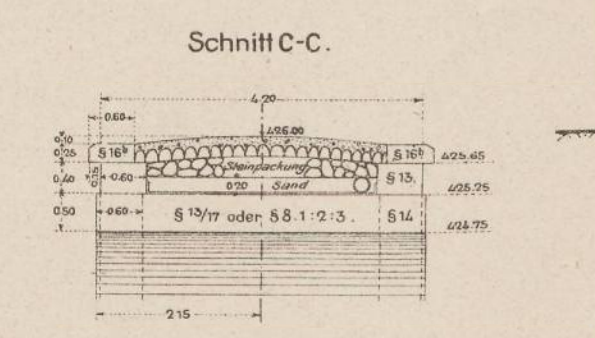
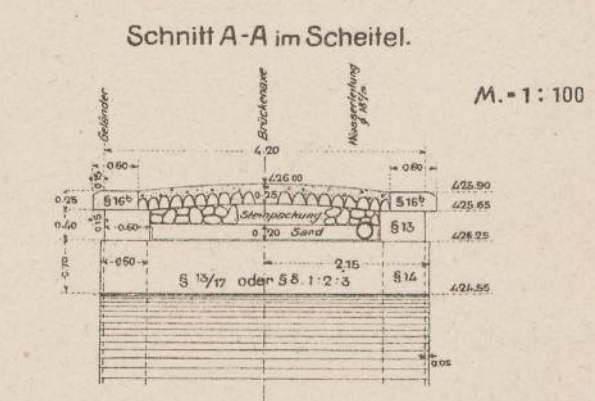
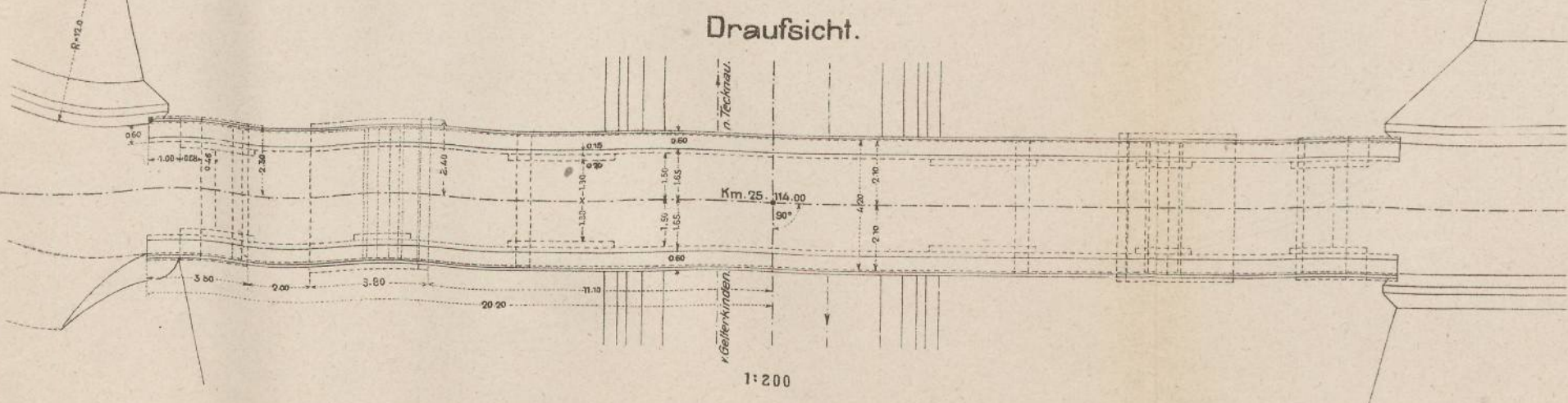
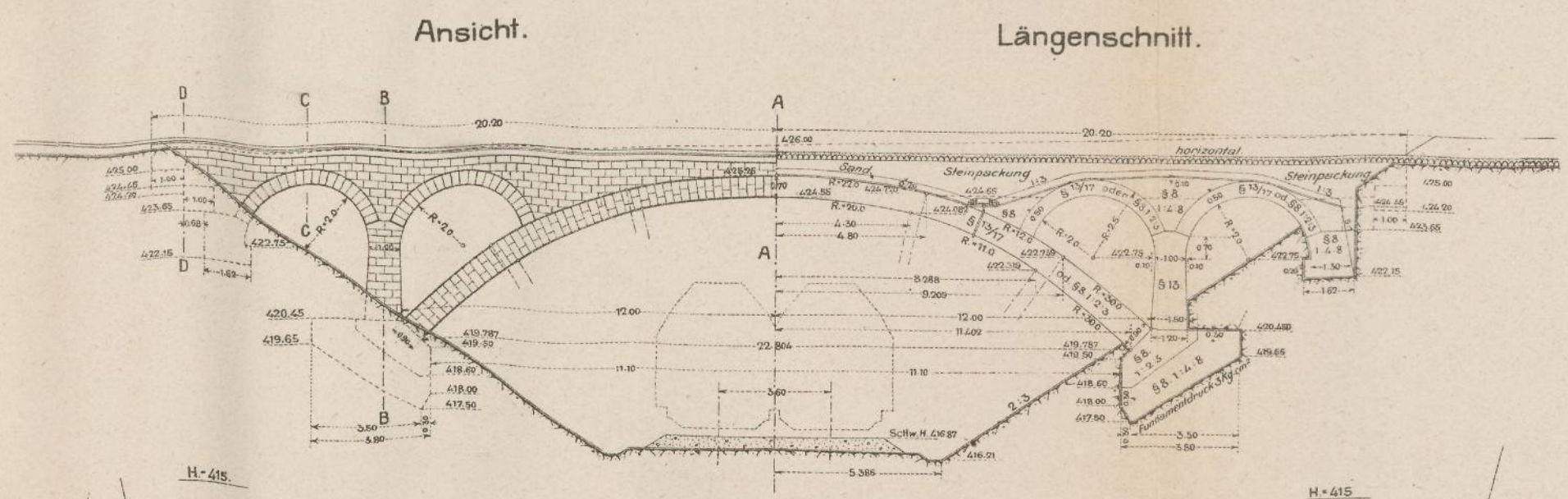
Längenschnitt G-H.



Draufsicht.



Ottens, den 15 Juni 1912

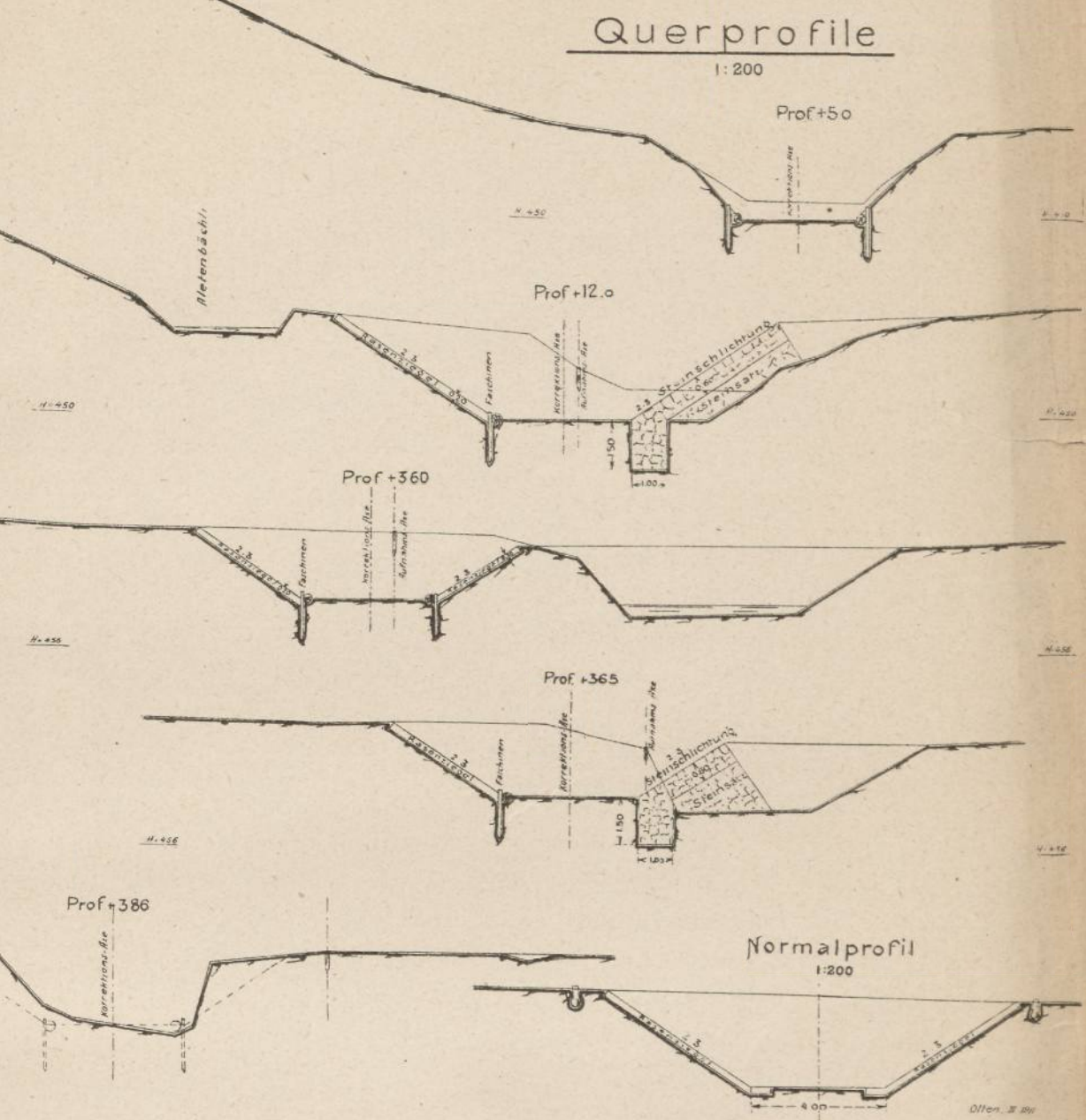
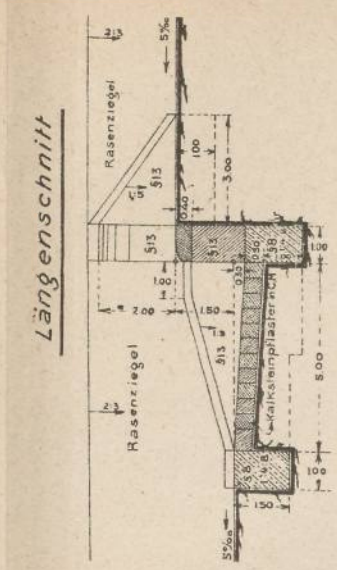
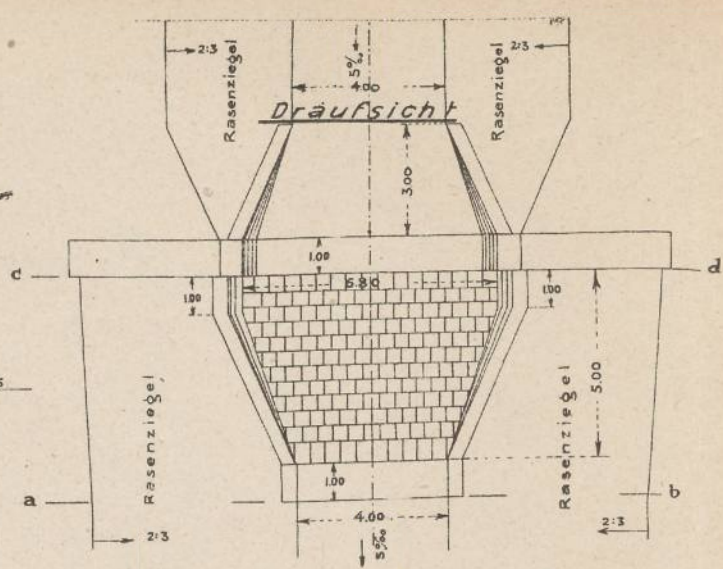
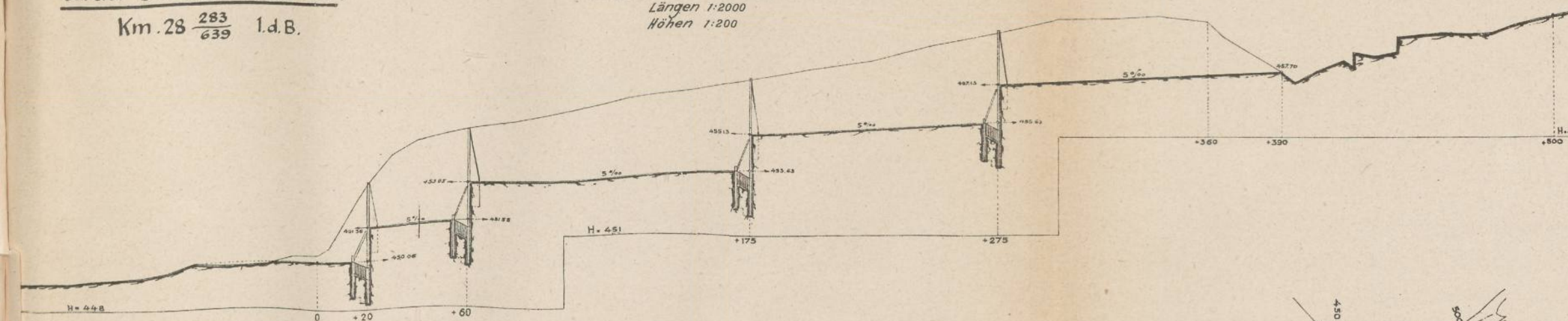


Korrektion des Eibaches bei der Station Tecknau.

Km. 28 ²⁸³/₆₃₉ l.d.B.

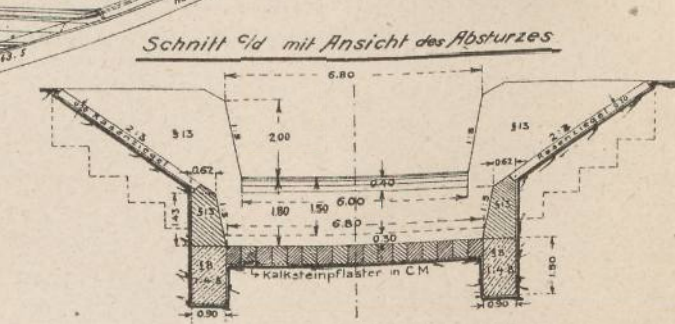
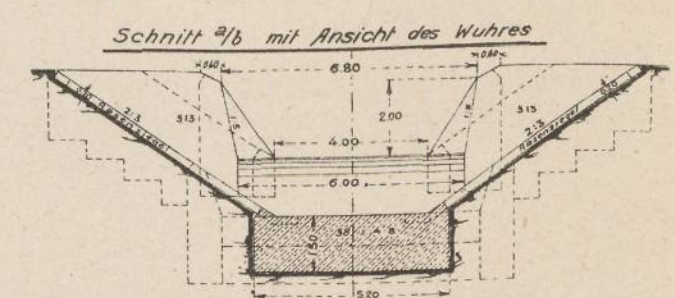
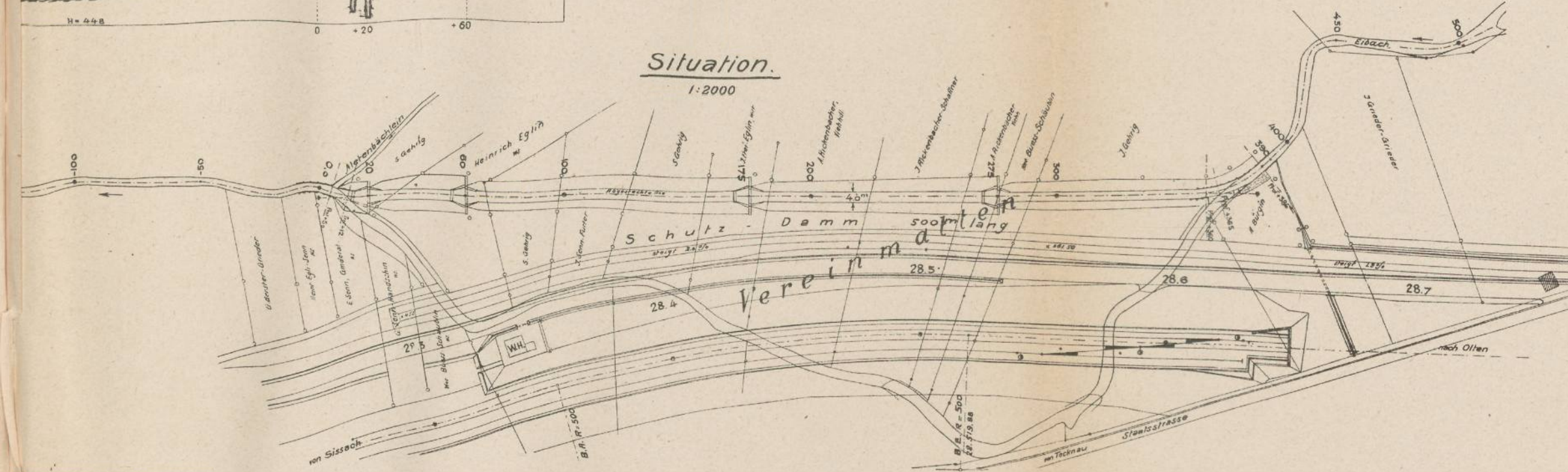
Längenprofil

Längen 1:2000
Höhen 1:200



Situation

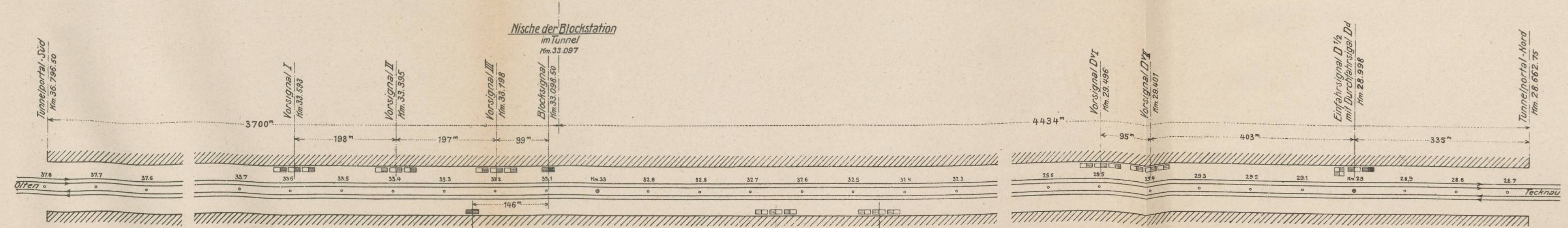
1:2000



Details der Wuhre

1:200

NEUE HAUENSTEINLINIE. Elektrische Lichtsignale im Tunnel.



Vorsignal
(2 oder 3 mal wiederholt)
Signal auf Halt.
(Einfahr- oder Blocksignal in Haltstellung)
Signal auf Fahrt.
(Einfahr- oder Blocksignal in Fahrtstellung)

Blocksignal
Signal auf Halt.
Signal auf Fahrt.

Einfahrsignal D^{1/2}
Signal auf Halt.
Signal auf Fahrt ohne Ablenkung.
Signal auf Fahrt mit Ablenkung.

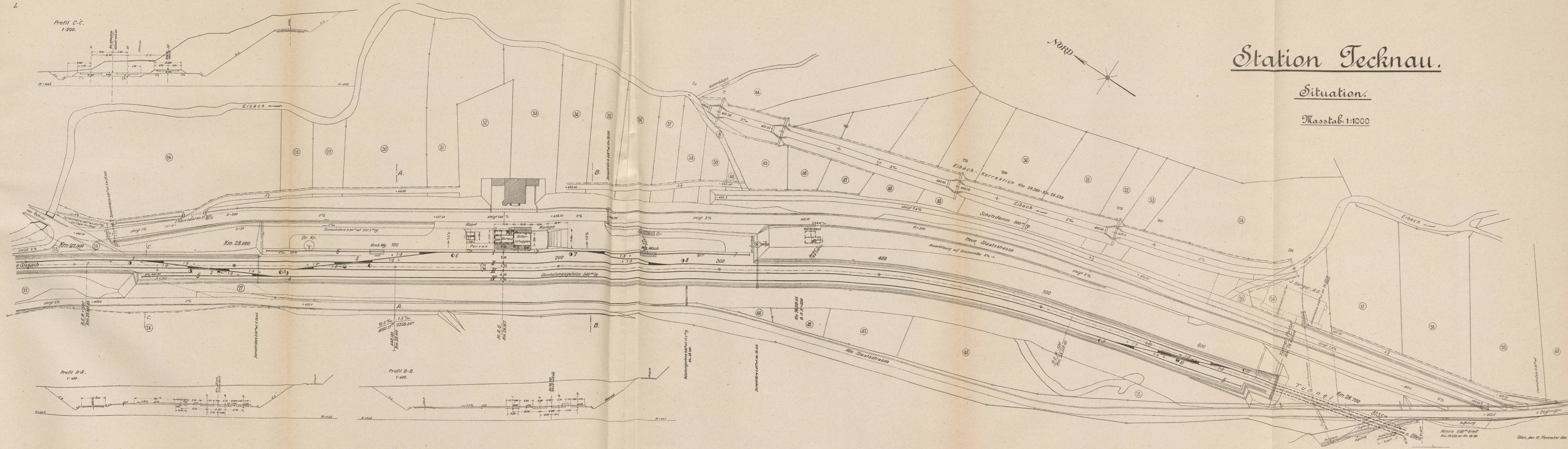
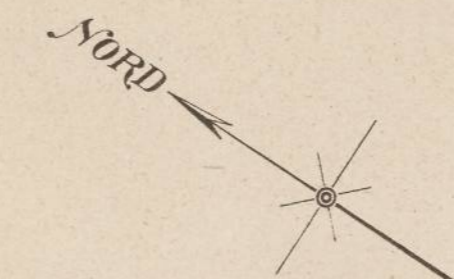
Durchfahrtsignal D^d
Signal auf Halt.
(Anhalten auf der Station oder Durchfahrt mit reduzierter Geschwindigkeit.)
Signal auf Fahrt.
(Durchfahrt frei)

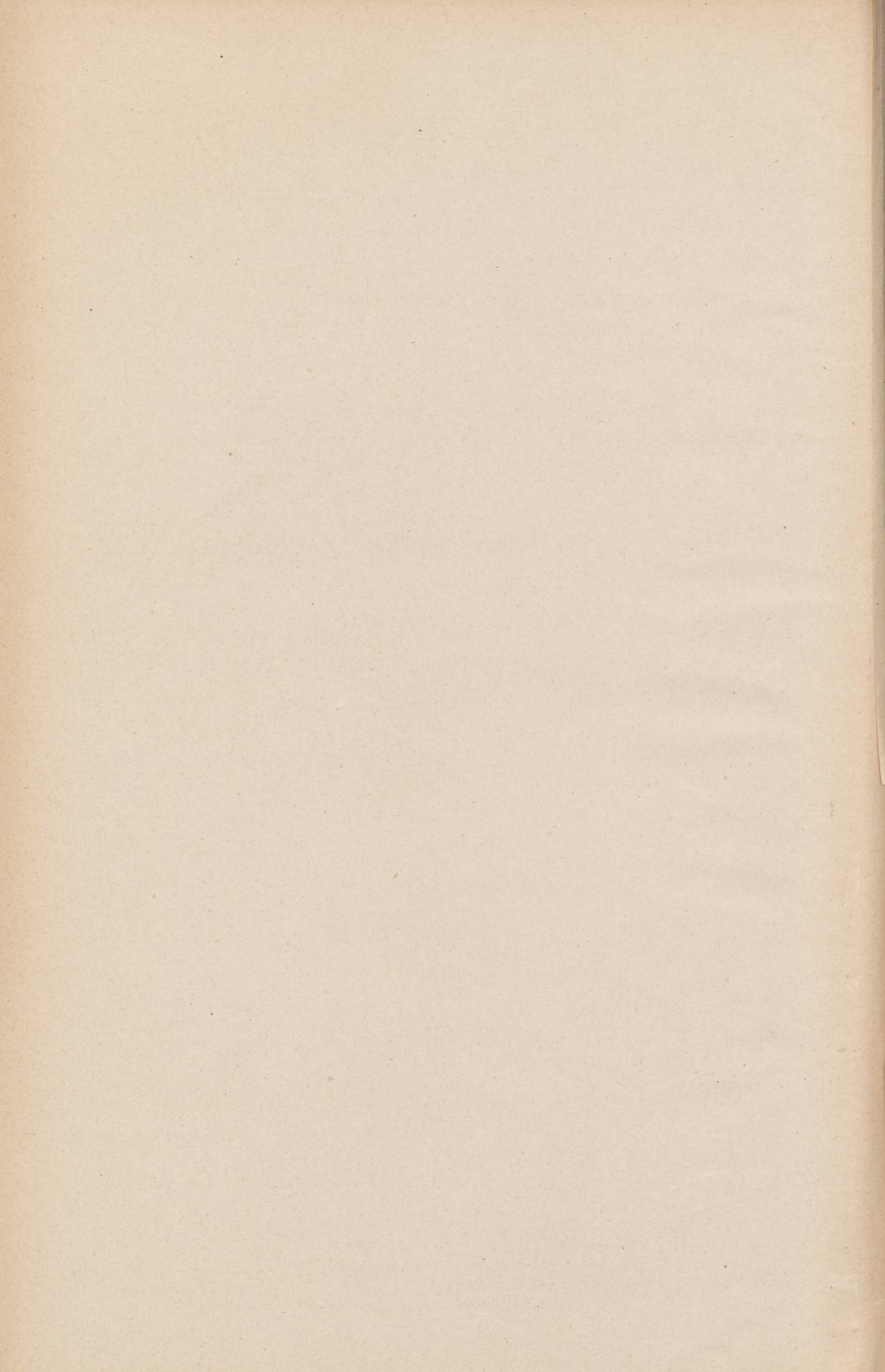
weiss.
grün.
rot.
unsichtbar.

Station Tecknau.

Situation.

Masstab: 1:1000







BIBLIOTEKA GŁÓWNA

354494/1

