

DER BAU
DES
SONNSTEIN-TUNNELS

MIT RÜCKSICHT AUF DIE
VERWENDUNG VON GESTEINS-BOHRMASCHINEN SYSTEM BRANDT.

VON

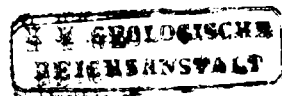
PROFESSOR RUD. RITTER VON GRIMBURG.

MIT 15 HOLZSCHNITTEN UND 7 TAFELN.

SEPARAT-ABDRUCK AUS DER ZEITSCHRIFT DES ÖSTERR. INGENIEUR- & ARCHITEKTEN-VEREINS. JAHRGANG 1878. 1. HEFT.

WIEN 1878.

DRUCK UND VERLAG VON R. v. WALDHEIM.



Vorbemerkungen. Die Bahn von Steinach im Ennsthale über Aussee, Ischl, Gmunden, Ried nach Scheerding am Inn sammt Flügelbahnen, die sogenannte Salzkammergut-Bahn, ist eine Theilstrecke der Kronprinz Rudolfbahn.

Die Salzkammergut-Bahn ist vorwiegend Gebirgsbahn und überschreitet mehrere hochgelegene Wasserscheiden; in manchen Partien findet sich für den Ingenieur eine seltene Fülle schwieriger Aufgaben auf kurze Strecken zusammengedrängt.

So zwischen Ebensee und Traunkirchen, wo die Bahn in die steilen Kalk- und Dolomitgehänge des linken Traunsee-Ufers gelegt ist.

Noch vor wenigen Decennien war die Verbindung von Ischl mit Gmunden zwischen den genannten Orten ausschliesslich auf den Wasserweg beschränkt; seither traten Dampfboote an die Stelle primitiver Ruderschiffe, eine Kunststrasse hat die Ufer des Traunsee's aufgeschlossen und eine Locomotivbahn ist eben dem Verkehre übergeben worden, so dass heute an dem Austausch von Salz und Kohle und an einer regen Fremdenbewegung alle Verkehrsmittel der fortgeschrittenen Technik concurriren.

Der Bau der Salzkammergut-Bahn wurde von der Bauunternehmung Carl Freiherr von Schwarz in den Bauperioden 1876 und 1877 durchgeführt.

Die Trace war durch ein von der Staatsbehörde und der Kronprinz Rudolfbahn ausgearbeitetes General-Project im Allgemeinen festgelegt.

Nach diesem Projecte sollte der Sonnstein, Blatt 1, Fig. 3, einfache Linie, zum grössten Theile in offener Bahn umfahren, und es sollte nur in der nördlichen Partie ein Tunnel von circa 730 Meter Länge eingeleisig hergestellt werden.

Es war jedoch zu befürchten, dass an den steilen Abhängen des Sonnsteins, dessen schütterer Waldbestand vor Jahren überdies durch verheerende Brände gelichtet worden war, in dem Bereiche vielfacher Geröll- und Lavinegänge die offene Bahn sowohl in ihrem Bestande als auch in der Sicherheit des Betriebes gefährdet wäre; ein Bedenken, welches durch die Erfahrungen an der Reichsstrasse am Fusse des Sonnsteins, die an jener Stelle mehrfach mit Schutzdächern versehen werden musste, bekräftigt wurde.

In Folge dessen entschloss sich die Bauunternehmung, die gänzliche Durchfahrung des Sonnsteins in einem einzigen Tunnel von circa 1430 Meter Länge zu beantragen, Blatt 1, Fig. 3, doppelte Linie, welchem Antrage auch von Seite der Staatsbehörde und der Kronprinz Rudolfbahn die Zustimmung erteilt wurde.

Diese definitive Trace ist eine Gerade, an welche sich am Tunnel-Eingange ein kurzer Bogen von 250 Meter Radius anschliesst. Der Tunnel liegt gegen Traunkirchen im Gefälle 1 : 400, gegen Ebensee in einem Gefälle 1 : 80, welches sich ununterbrochen bis in die Thalsole von Ebensee fortsetzt.

Die kurze Bauzeit machte es unerlässlich, für den Tunnel nebst dem Ein- und Ausgange noch andere Angriffspunkte zu gewinnen, und es wurde zu diesem Zwecke die Anlage von zwei Seitenstollen beschlossen, von welchen nebenbei auch in Zukunft eine wirksame Förderung der Ventilation erwartet werden konnte.

Blatt 1, Seitenstollen I und II.

Es sei hier gestattet, über die Vorarbeiten einige Bemerkungen einzuflechten.

Absteckung der Tunnelachse. Zur Zeit der ersten Tunnel-Aussteckung, Anfangs März 1876, war der Sonnstein wegen des hohen Schnee's nicht zugänglich, es konnte daher eine directe Uebertragung der Eingangs-Tangente auf die Ausgangsseite des Tunnels nicht stattfinden.

Aus diesem Grunde wurde eine indirecte Uebertragung mit Hilfe eines Polygonalzuges auf der Reichsstrasse, welche eine sehr genaue Messung der Polygonseiten und Winkel zuliess, Blatt 2, Fig. 1, vorgenommen.

Im April wurde es möglich, am Sonnsteinrücken den Achsenschnitt von Ebensee her zu fixiren. Es konnte sodann von dem Standpuncte des Theodoliten am Sonnstein auf den Balkon eines Wohnhauses in Traunkirchen die Verlängerung der Tunnelachse übertragen und von jenem Puncte aus am Maderkogel ein Achspunkt ermittelt werden, von wo eine directe Visur zum Tunnel-Ausgang gerichtet werden konnte. Blatt 2, Fig. 2.

Obwohl diese letzte Visur mit der an das Polygon angeschlossenen Tunnelachse sehr gut übereinstimmte, so wurde doch eine weitere directe Controle vorgenommen. Nachdem aus der Generalstabkarte sich ergab, dass in der nach beiden Richtungen circa je um eine Meile verlängerten Tunnel-Geraden am Seeberge oberhalb Ebensee einerseits, und am Grünberge bei Gmunden andererseits solche Höhenpunkte zu finden seien, dass von diesen beiden Bergen über den Sonnstein hinüber gesehen werden konnte, so wurden vom Sonnsteinrücken aus auf diesen beiden Bergen die genauen Achspunkte bestimmt. Blatt 2, Fig. 2 und 3. Die Visur vom Grünberg über den Sonnstein zum Seeberg ergab eine vollständige Gerade, und da zugleich von diesen beiden Puncten die früheren Fixpunkte im Thale bei Ebensee, sowie am Maderkogel als richtig controlirt werden konnten, so war die richtige Aussteckung der Tunnel-Geraden als gesichert anzusehen.

Es haben sich auch in der That die Durchschläge sämmtlicher Stollen als vollständig übereinstimmend ergeben.

Gesteins-Verhältnisse. Die geologischen Verhältnisse der den Central-Alpen vorgelagerten nördlichen Zone jüngerer Gesteine sind im Salzkammergute seit Langem genau erforscht. Zum Theile ist dies die natürliche Folge der bergmännischen Aufschlüsse in den Salinen des Salzkammer-

gutes, zum Theile ist dies jedoch den wissenschaftlichen Forschungen zu danken, welche in Folge des grossen Reichthumes an charakteristischen Petrefacten mit Vorliebe jenem Gebiete sich zugewendet haben.

Es konnte also über die allgemeine Beschaffenheit der im Sonnstein-Tunnel zu erwartenden Gesteine kein Zweifel herrschen, und man konnte mit Bestimmtheit darauf rechnen, nur Kalke, Dolomite, Mergel etc. aus den Formationen zwischen Trias und Kreide bei der Durchfahrung des Sonnsteins anzutreffen. Gesteine der Urgebirge und Eruptiv-Gesteine waren ohne alle Frage ganz ausgeschlossen.

Diese Voraussetzungen wurden auch durch die Aufschlüsse in den Probegruben und angeschlagenen Stollen bestätigt.

Für die bautechnischen Zwecke sind aber derlei allgemeine geologische Erkenntnisse allein nicht massgebend, und auch am Sonnstein haben innerhalb eines kleinen Gebietes die Gesteine einer und derselben Formationsschicht oft eine sehr verschiedene Beschaffenheit in Bezug auf die Eignung als Bausteine und in ihrem Verhalten gegen das Sprengen und Bohren gezeigt.

Auf Grund sorgfältiger, von dem Ingenieur Herrn Carl Wagner im Sonnsteingebiete gepflogenen geologischen Erhebungen, lässt sich in Uebereinstimmung mit den während des Baues erfolgten Aufdeckungen im Tunnel und in den Seitenstollen das auf Blatt 1, Fig. 1, skizzirte geologische Profil entwerfen.

Am südlichen Eingange, im Seitenstollen I, am Eingange des Seitenstollens II und im Innern des Tunnels wurden Dolomite *a*, *a* von wechselnder Härte und Sprödigkeit angetroffen, welche der rhätischen Formation angehören.

In diese Dolomite eingelagert und im Hangenden durch eine weiche, dunkelgefärbte Kalkmergelschicht *b* scharf getrennt, erscheint ein weisser, sehr zäher dolomitischer Kalk *c*, in welchem keine Versteinerungen vorgefunden wurden und dessen genauere Classification daher noch aushaftet.

An diese Gesteine der rhätischen Formation schliessen sich zwei Glieder der Lias *d* und *e* an, welche von einem wenig festen Kalke *f* der oberen Jura überdeckt sind.

Die Schicht *d* ist von dichten, grauen oder rothen, dünngeschichteten, sehr hornsteinreichen Kalken gebildet, in welchen nur Belemniten besser erhalten, Steinkerne von Ammoniten meist nur in unbestimmbaren Exemplaren vorgefunden wurden.

Die Schicht *e* ist aus einem sandig kalkigen, grünlich-grauen Mergelschiefer zusammengesetzt, und gehört, nach den zahlreich vorkommenden Cephalopoden zu schliessen, zur untersten Lage des braunen Jura.

Die am Tunnel-Ausgange angedeutete Falte ist der Anfang von wiederkehrenden Knickungen und Faltungen, wie sie durch die nächstfolgenden Tunnels und Einschnitte aufgedeckt worden sind, Erscheinungen, welche bekanntlich dem Zusammenschieben horizontaler Gesteinsablagerungen bei dem Emporheben der Alpen zugeschrieben werden*).

*) Eingehende geologische Aufschlüsse über die gesammte Salzkammergut-Bahn von Herrn Bergrath H. Wolf finden sich in den Verhandlungen der geologischen Reichsanstalt Nr. 15, Sitzung vom 20. November 1877.

Bauarbeiten. Im März 1876 wurden die Seitenstollen, im April die Richtstollen an beiden Tunnel-Mündungen angeschlagen:

Die Richtstollen im Tunnel wurden als Sohlenstollen getrieben.

Das Aufbrechen am First in entsprechenden Entfernungen zur Eröffnung von Firststollen, der Ausbruch des ganzen Profils, die Zimmerung und die Ausmauerung wurden in der bei dem Sohlenstollenbetriebe üblichen Weise vorgenommen.

Figur 1.

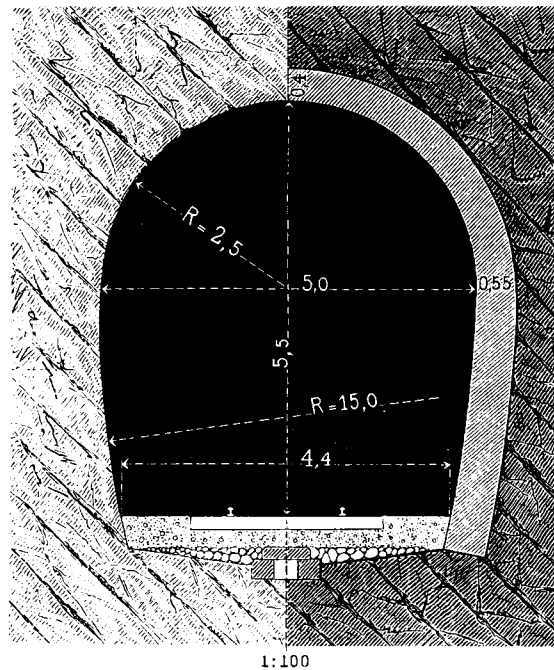
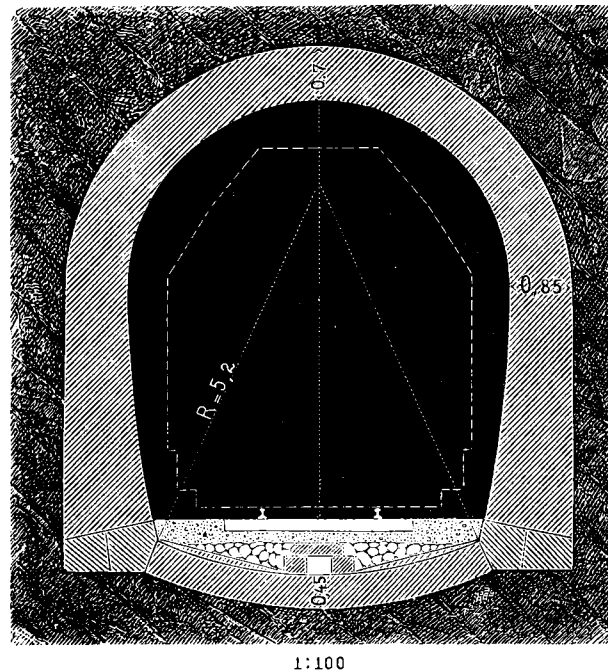


Fig. 1 stellt links das normale Felsenprofil in festem Kalke, rechts das Verkleidungsprofil im gewöhnlichen Dolomit, und Fig. 2 das normale Profil vor, welches in dem

Figur 2.



weichen Dolomite am Tunnel-Eingange, sowie im Mergelschiefer und Jurakalk am Tunnel-Ausgange zur Anwendung kam.

Die Widerlager wurden aus Bruchsteinmauerwerk hergestellt, wozu das Ausbruchmateriale des Tunnels nicht

verwendet werden konnte. Sowohl die Bruchsteine für die Widerlager, als auch die Hausteine für das Gewölbe und die Sohlengurten mussten sämtlich ausserhalb des Tunnels erzeugt und zum grössten Theile aus entfernten Brüchen über den See zugeführt werden.

Zum Mörtel wurde ausschliesslich hydraulischer Kalk und Cement verwendet.

Der Tunnel musste in der ganzen Länge gewölbt werden, mit Ausnahme von circa 300 Meter im festen dolomitischen Kalke, welche theilweise oder ganz ungewölbt bleiben konnten.

Der Seitenstollen I wurde in allen Phasen des Baues ausschliesslich zur Herausförderung des Ausbruchmaterials benützt, welches am Stolleneingange über ein einfaches Sturzgerüst in den See geschüttet wurde.

Dasselbe war bei dem Seitenstollen II so lange der Fall, bis die Tunnelachse erreicht war. Blatt 4, Fig. 2. Von da ab bis zum Durchschlag gegen Ebensee diente dieser Stollen zur Abfuhr des gesammten beiderseitigen Ausbruches aus dem Tunnel und zur Zufuhr der Wölbesteine und sonstigen Baumaterialien. Es musste daher später an der Stollenmündung ein grösseres Absturzgerüste und ein Aufzug hergestellt werden. Blatt 5, Fig. 1 bis 3.

Aehnliche Anlagen waren am Ein- und Ausgange des Tunnels ausgeführt.

Stollenfortschritt. Angesichts der bedeutenden Länge des Sonnstein-Tunnels musste das Bauprogramm für diesen Tunnel sehr sorgfältig in Uebereinstimmung mit dem Vollendungstermine des ganzen Bahnbauwes gebracht werden. Die täglichen Fortschritte in den Richtstollen und den beiden Seitenstollen, welche bei vierschichtigem Betriebe im Anfange durchwegs mehr als 1 Meter betrugten, bewegten sich auch in der ersten Bauperiode vollkommen innerhalb der Grenzen des Bauprogrammes. Ja der Fortschritt im Richtstollen an der Ausgangsseite des Tunnels war nach dem Anfahren des Mergelschiefers ein so befriedigender, dass man sich veranlasst sah, die Richtung des zweiten Seitenstollens von der Ausgangsseite abzulenken.

Als aber nach Durchfahung der Dolomitschichte in diesem Seitenstollen der zähe dolomitische Kalk, und insbesondere als im Tunnel an der Ausgangsseite plötzlich der feste quarzreiche Kalk unter sehr starkem Wasserandränge angetroffen wurde, ging an diesen Orten der Fortschritt rapid zurück, so dass mit Handbohrung trotz forcirtem Betriebe oft nicht mehr als 0.6 Meter, ja mitunter sogar nur 0.4 Meter täglicher Stollenfortschritt erreicht werden konnte.

Zu Anfang des Jahres 1877 nahmen diese Verhältnisse einen geradezu acuten Charakter an, und der vielfache unvorhergesehene Wechsel in den zu durchfahrenden Gesteinsarten machte jede Berechnung illusorisch.

Auf Blatt 3, Fig. 2, ist der Stand des Stollenfortschrittes im Tunnel und in den Seitenstollen am 21. Jänner 1877 dargestellt.

Es waren zu jener Zeit in der mittleren massgebenden Strecke des Tunnels noch 629 Meter zu durchfahren und der zweite Seitenstollen war vor Ort noch 136 Meter von der Tunnelachse entfernt.

Die aufzuwendende mechanische Arbeit nimmt bei solchen Bohrern mit der Bohrlochweite so rasch zu, dass in der gewöhnlichen Praxis die Grenzen des Bohrloch-Calibers von circa 25—35^{mm} von selbst gegeben sind.

Es wäre nutzlos, bei Stossbohrern die Frage der Wirkung von namhaft grösseren Bohrlöchern zu discutiren, und die Verwendung von Percussions-Maschinen im Stollenbetriebe führt von selbst auf das System, die Stollenbrust mit einer grossen Anzahl, wenn auch schwacher Minen abzusprengen.

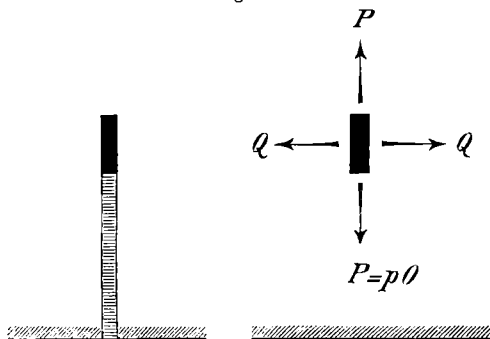
Der Kernbohrer der Brandt'schen Maschine gestattet, ja bedingt beinahe ein grösseres Caliber; bei der bisherigen Ausführung betrug dieses zwischen 40 und 100^{mm}, ohne principielle Grenze nach oben.

Die Leichtigkeit, mit verhältnissmässig wenig mehr Aufwand an mechanischer Leistung grosse Bohrlöcher herzustellen, bringt es mit sich, dass bei der Wahl des Bohrloch-Calibers in erster Linie die Sprengwirkung massgebend ist, und es ist eigentlich die wichtige und complicirte Frage des Bohrloch-Calibers durch die Brandt'sche Bohrmaschine neu angeregt worden.

In dem Bohrloche wird, namentlich mit Rücksicht auf die brisante Wirkung des Dynamites, der Zusammenhang des Felsens durch den Besatz wieder vollständig hergestellt, so dass die Sprengladung als im Innern des Felsens eingeschlossen zu betrachten ist.

Die bei dem Abschiessen entwickelten Gase üben, ein Bohrloch senkrecht zur freien Wand, Fig. 3, vorausgesetzt,

Figur 3.



seitliche Pressungen aus, welche sich gegenseitig aufheben und ein blosses Zerdrücken des Gesteins zur Wirkung haben. Die Abtrennung des Sprengkörpers wird durch die freie Kraft P eingeleitet, welche dem Gasdrucke auf die Bodenfläche O des Bohrloches gleich ist; also bei der spezifischen Initialspannung der Gase p

$$P = p \cdot O.$$

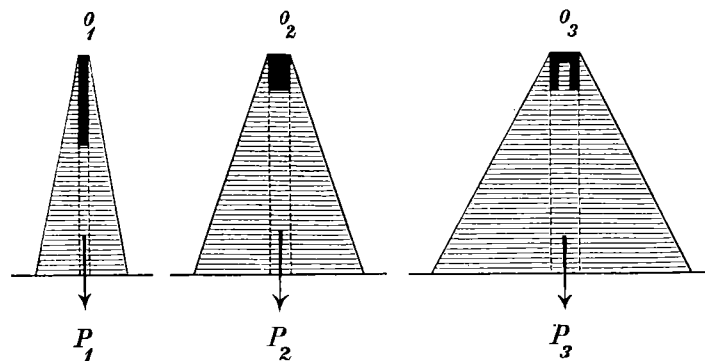
Es steht daher zu erwarten, dass die Sprengwirkung einer und derselben Dynamitmenge bei den drei verschiedenen Ladungen, Fig. 4, mit der Bohrlochweite in einem rapiden Verhältnisse zunimmt.

Wenn auch selbstverständlich die schliessliche Sprengwirkung auch von der eigentlich verrichteten mechanischen Leistung, also von der totalen Expansionsarbeit der Gase u. s. w. abhängig sein muss, so kann doch der gesteigerte Effect der grossen Initialspannung bei grossen Bohrlöchern nicht ganz paralysirt werden.

Versuche, welche Herr Brandt zur Feststellung der günstigsten Bohrloch-Caliber angestellt hat, haben obige Anschauung in überraschender Weise bestätigt.

Für die Wahl grosser Bohrlöcher war auch ein anderer Umstand massgebend. Die Construction der Brandt'schen Bohrmaschine in dem damaligen Stadium war darauf berechnet, dass nur mit einer Maschine vor Ort gebohrt werde.

Figur 4.



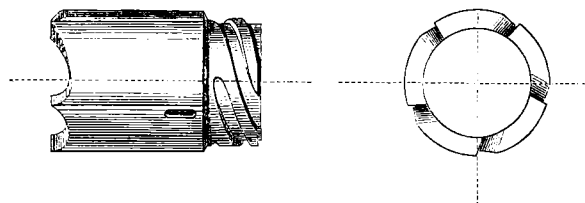
Obwohl sicherlich principiell kein Anstand besteht, mehrere Bohrmaschinen zugleich auf einem gemeinschaftlichen Gestelle wirken zu lassen, so konnte damals an eine so radicale Umwälzung der bestehenden Constructionen schon aus Mangel an Zeit nicht gedacht werden. Die gebotene Verwendung von bloss einer Bohrmaschine vor Ort führt aber zu dem Bestreben, mit der möglichst geringen Anzahl Minen die Stollenbrust abzusprengen, ein Verfahren, welches von den üblichen Principien bei Anwendung von Percussions-Maschinen wesentlich abweicht und die nothwendige Anwendung möglichst grosser Bohrlöcher zur Folge hat.

Aus diesen Gründen wurde das Bohrloch-Caliber, welches bisher 40^{mm} betrug, für die Sonnstein-Maschinen von vorneherein mit 80^{mm} festgestellt und es wurden geringere Caliber nur für Vergleichsbohrungen in Aussicht genommen.

Die Bohrmaschine. Nachdem an einer anderen Stelle unserer Zeitschrift von einem hervorragenden Fachmanne bereits sehr treffende allgemeine Bemerkungen über das Princip der Brandt'schen Bohrmaschine gebracht wurden *) und seither auch in einer besonderen Publication **) eine vollständige Sammlung aller Constructions-Zeichnungen der für den Sonnstein gehäuteten Bohrmaschinen erschienen ist, so können wir uns hier auf solche Erörterungen beschränken, welche von allgemeinem wissenschaftlichen Interesse oder für den Zusammenhang der gegenwärtigen Mittheilungen unerlässlich sind.

Das eigentliche Werkzeug der Brandt'schen Bohrmaschine ist ein Kernbohrer aus Stahl, Fig. 5.

Figur 5.



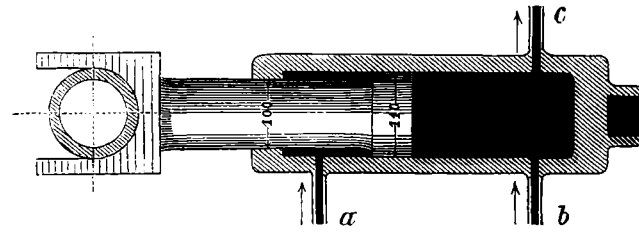
*) „Die Brandt'sche Gesteins-Bohrmaschine.“ Mittheilung von Ober-Ingenieur Franz Ržiha. Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines vom 8. September 1877, Nr. 36.

**) „Brandt's hydraulische Gesteins-Bohrmaschine“, von A. Riedler. Wien 1877, bei Lehmann & Wentzel.

In der Regel hatte das Druckwasser bei den Arbeiten am Sonstein unmittelbar an der Bohrmaschine eine Spannung von circa 75 Atmosphären.

Der Vorschub-Mechanismus. Das Princip der Einrichtung ist aus der schematischen Skizze Fig. 7 ersichtlich.

Figur 7.



Das Vor- und Zurtückschieben des Bohrkopfes beruht auf der Wirkung eines Differenzkolbens.

Die rückwärtige Cylinderseite ist ununterbrochen mit der Druckwasserleitung a in Verbindung. Lässt man in die vordere Cylinderseite bei b Druckwasser eintreten und sperrt den Abfluss c ab, so wird der Bohrkopf mit einem Drucke, entsprechend der Differenz der Kolbenflächen, vorgeschoben.

Wird b abgesperrt und c geöffnet, so bewegt sich der Bohrkopf mit einem Drucke, entsprechend der rückwärtigen äusseren Ringfläche des Kolbens, zurück; wird endlich b und c abgesperrt, bleibt der Bohrkopf stehen.

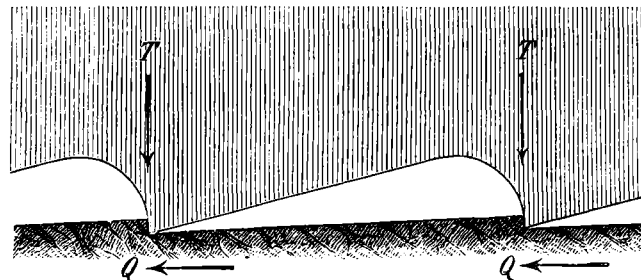
Die wirksamen Kolbenflächen sind $O = 79$ und $O_1 = 16 \text{ cm}^2$, entsprechend den massgebenden Kolbendurchmessern von $D = 110$ und $D_1 = 100 \text{ mm}$.

Bei einer wirksamen Spannung des Druckwassers von 75 Atmosphären findet demnach das Vorschieben mit einer Kraft von $p \cdot O = 6000$ Kilogr. statt, welche durch das Gestänge auf den Bohrer übertragen wird.

Bei dem 80 mm Bohrer vertheilt sich diese Pressung auf fünf Schneidekanten von 10 mm Länge, so dass die Schneidekanten, Fig. 8, mit einem Drucke T von je 1200 Kilogr. oder von 120 Kilogr. per Millimeter Kantenlänge gegen das Gestein gepresst werden.

Für das Zurückziehen des Bohrkopfes steht eine Kraft von $p \cdot O_1 = 1240$ Kilogr. zur Verfügung, so dass man die Hin- und Herbewegung des Vorschub-Mechanismus vollkommen in der Hand hat.

Figur 8.



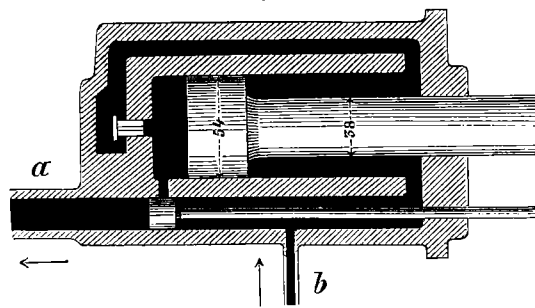
Der Wasserverbrauch des Vorschub-Mechanismus ist ein verschwindend kleiner und auch die verbrauchte mechanische Arbeit unbedeutend, kaum $\frac{1}{20}$ Pferdekraft.

Die Detail-Construction des Vorschub-Mechanismus ist aus Blatt 7, Fig. 8 bis 11, ersichtlich. Es ist zu bemerken, dass der Steuerkolben vollkommen entlastet ist, so dass bei der

Umsteuerung mit Hilfe des Handhebels nur ein geringer Widerstand zu überwinden ist. Der Steuerkolben hat grosse Deckungen, welche ein sicheres Abschliessen möglich machen und eine gewisse Marge in der Stellung des Hebels für das Vorschieben, Zurückziehen und feststellen des Bohrkopfes gestatten.

Der Motor. Die schematische Skizze Fig. 9 soll das Princip der Hydromotoren veranschaulichen.

Figur 9.



Der Arbeitskolben ist ein Differenzkolben. Die Vorderseite des Cylinders ist ununterbrochen mit der Druckwasserleitung b in Verbindung.

Die Vertheilung des Druckwassers geschieht nur auf der rückwärtigen Cylinderseite mit Hilfe eines Steuerkolbens. Der Abfluss des verbrauchten Wassers findet bei a statt.

Die vordere Cylinderseite wird bei dem Hingange des Arbeitskolbens direct aus der Druckwasserleitung gefüllt.

Die Admission des Druckwassers auf der rückwärtigen Cylinderseite geschieht beim Rückgange des Kolbens zum Theile durch directes Zuströmen von frischem Druckwasser, zum Theile durch Zurückströmen des Druckwassers aus der vorderen Cylinderseite. Der Abfluss des verbrauchten Wassers findet während eines Doppelhubes nur einmal, nämlich beim Hingange des Arbeitskolbens statt.

Der Steuerkolben wird durch eine Gegenkurbel bewegt, die unter 90° gegen die Hauptkurbel gestellt ist. Ein Voreilen findet also nicht statt, und die Deckungen des Steuerkolbens schliessen den Canalspalt bei dem Hubwechsel des Arbeitskolbens vollkommen ab.

Hiedurch ist jeder Wasserverlust hintangehalten und der wirksame Hub des Treibkolbens ist nur um wenige Millimeter reducirt. Das gegen Ende des Kolbenhubes rückwärts eingeschlossene Wasser findet seinen Austritt durch ein kleines, selbstthätig wirkendes Ventil, welches die Communication mit der Druckwasserleitung vermittelt. Durch diese sinnreiche Einrichtung wird jeder Stoss bei dem Hubwechsel vermieden, und es sind alle die Schwierigkeiten, welche in Folge der Uncompressirbarkeit des Wassers bei dem raschen Gange solcher Apparate sonst unüberwindlich wären, mit einem Schlage beseitigt.

Der Kolbenhub der Hydromotoren beträgt $s = 60^{\text{mm}}$.

Die Kolbendurchmesser sind $D = 54$ und $D_1 = 38^{\text{mm}}$, die wirksame Kolbenfläche ist somit in jeder Richtung der Bewegung gleich, und zwar:

$$O = 11.45 \square^{\text{cm}}$$

Die beiden Hydromotoren arbeiten unter rechtem Winkel auf die gemeinsame Kurbel beziehungsweise Schneckenwelle.

Der Cylinder der Spannsäule ist aus Schmiedeisen, der Kolben aus Gusseisen hergestellt; ein besonderer Stellungerring verhindert das selbstthätige Zurückgehen der Säule beim Abstellen des Druckwassers, ein oben angebrachtes Ventil dient zum Auslassen der Luft. Blatt 7, Fig. 1 bis 3.

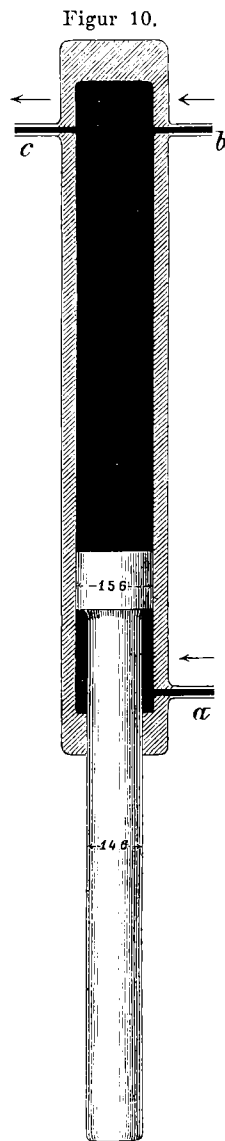
Das Gewicht der mit Wasser gefüllten Spannsäule beträgt cca. 140 Kilogr., jenes der eigentlichen Bohrmaschine cca. 120 Kilogr. und das Gewicht der gesamten Maschine sammt Gestänge betriebsfähig aufgestellt cca. 300 Kilogr.

Betriebsanlage. Die für den Betrieb der Bohrmaschinen am Sonnstein hergestellte Maschinenanlage kann insofern nicht als Muster angesehen werden, als wegen Mangel an Zeit und auch aus Ersparungsrücksichten, zum Nachtheile der einheitlichen Durchführung, vorhandene Maschinen-Modelle, Dampfkessel etc. benützt werden mussten; die allgemeine Disposition kann aber auch für eine Neuanlage zum Vorbilde dienen.

Am Eingange des für den Maschinenbetrieb bestimmten Seitenstollens, Blatt 4, wurde zwischen Reichsstrasse und See an geeigneter Stelle ein Plateau hergestellt, und auf diesem die Maschinenanlage für den Betrieb der Bohrmaschinen und für die Ventilation des Stollens vereinigt. Die Lage unmittelbar am See war für die Beschaffung des Wassers für die Bohrmaschinen und die Dampfkessel und für die Zufuhr des Brennmaterials zu Wasser ausserordentlich günstig.

Durch eine Circular-Pumpe wird das gesamte Betriebswasser aus dem See in ein Reservoir gehoben. Ein Paar directwirkende Dampfpumpen dienen zur Compression des Wassers, welches in einer engen Rohrleitung entlang der Stollensohle bis vor Ort geleitet wird. In die Druckwasserleitung ist als wesentlicher Bestandtheil ein Accumulator eingeschaltet. Ein Schleifstein dient zum Nachschleifen der Bohrer; eine Drehbank, Feilbank und eine Feldschmiede bilden die gesammte Reparatur-Werkstätte zum Instandhalten der Maschinen. Ein Paar Dampfkessel mit separater Dampfspeisepumpe und Vorwärmer liefern die Betriebskraft für die Druckpumpen; Circular-Pumpe, Ventilator, Drehbank und Schleifstein werden für sich durch eine Locomobile betrieben. Ein Material-Magazin und Canzleiräume bilden den Abschluss der gewiss einfachen Werkstätte, in welcher nebenbei auch kleine Reparaturen für das rollende Material auf der Strecke besorgt wurden.

Accumulator. Der Accumulator war ursprünglich so eingerichtet, dass die Belastung desselben durch den auf einen Gegenkolben wirkenden Kesseldampf hervorgebracht



wurde. Später wurde er, Fig. 11, in einen Gewichts-Accumulator umconstruirt, so dass die Belastung durch Zulegen oder Abnehmen von Gewichten, je nach dem erforderlichen Drucke des Betriebswassers, beliebig regulirt werden konnte. Eine Federbüchse, Fig. 15, Blatt 7, dient zur Abschwächung der Stösse bei dem Anhube.

Das Druckwasser tritt bei *a* in den Accumulator-Cylinder ununterbrochen ein. Wenn die Pumpen mehr Wasser zuführen als verbraucht wird, steigt der Accumulator-Kolben über die obere Stopfbüchse hinaus und lässt das Wasser durch ein Ueberfallrohr *b* in das Reservoir zurückfliessen.

Der Kolben hat $D = 60$ und $D_1 = 39^{\text{mm}}$ Durchmesser; die wirksame Druckfläche beträgt somit $O = 16.3 \text{ cm}^2$.

Die gewöhnliche Belastung inclus. Eigengewicht betrug cca. 1450 Kilogr., was einem specifischen Drucke von cca. 85 Atmosphären als durchschnittliche Betriebsspannung des Druckwassers entspricht. Ausnahmsweise wurde der Accumulator bis circa 100 Atmosphären und darüber belastet.

Der Kolbenhub beträgt 500^{mm} , die ganze vom Accumulator aufgenommene Wassermenge ist daher nur 0.8 Liter, also kaum hinreichend, um den Hydromotoren einer Bohrmaschine für bloß drei Umdrehungen das erforderliche Betriebswasser zu liefern.

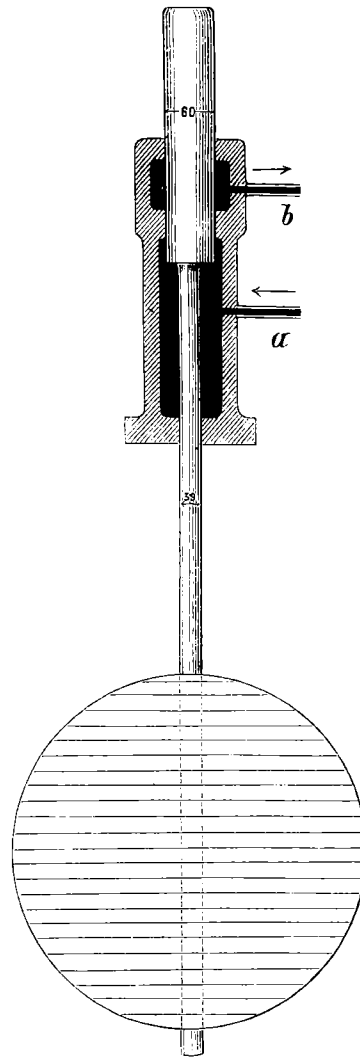
Es geht hieraus schon hervor, dass der Apparat nicht als Accumulator im gewöhnlichen Sinne functioniren kann; zur Ausgleichung und Limitirung des Druckes sind aber die Dimensionen vollkommen ausreichend.

An der Bewegung des Accumulators kommt die leiseste Veränderung oder Störung in dem Gange der Bohrmaschinen im Stollen sofort in überraschender Anschaulichkeit zum Ausdrucke, so dass jedes andere Verständigungsmittel zwischen Bohrmaschine und Maschinenhaus vollkommen entbehrlich wird.

Druckpumpen. Das Druckwasser wird durch zwei doppelt wirkende Saug- und Druckpumpen geliefert. Das Charakteristische an den Pumpen besteht in grossen Ventilen mit geringem Hube, und weiten Durchgangs-Querschnitten. Blatt 7, Fig. 12 bis 14.

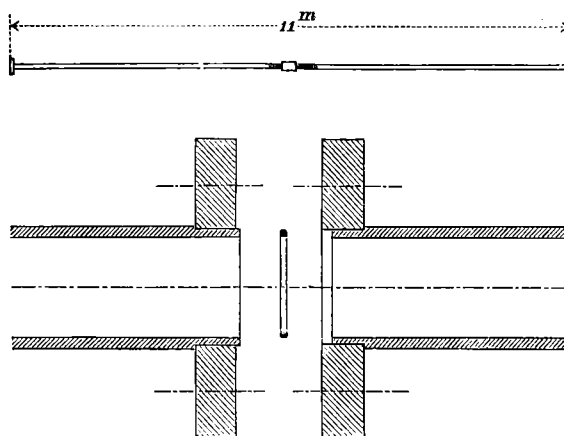
Der Kolben ist mittelst Lederscheiben gedichtet, welche während des Ganges von aussen angezogen werden können.

Figur 11.



In Entfernungen von je 100 zu 100 Meter waren in der Rohrleitung stopfbüchsenartige Dilations-Vorrichtungen und am Ende der Rohrleitung ein Sicherheitsventil eingeschaltet.

Figur 12.



Sowohl das Rohrmaterial als auch die altbewährte Rohrverbindung haben sich als mustergiltig erwiesen; obwohl lange Zeit in Folge einer rückständigen Schraubensendung in den Flantschen bloß zwei statt vier Schrauben eingezogen waren, hat die Druckwasserleitung eine über alle Erwartung vollkommene Dichtigkeit gezeigt und nie zu der geringsten Störung Veranlassung gegeben.

Ein sehr wichtiges Moment ist der Druckverlust in der Rohrleitung. Nach hydraulischen Grundsätzen berechnet sich derselbe zu

$$Z = (\zeta + \zeta_1 + \zeta_2 \dots) \frac{v^2}{2g},$$

wenn v die Geschwindigkeit des Wassers und ζ die einzelnen hydraulischen Widerstands-Coëfficienten bezeichnet.

Nach der gewöhnlichen Annahme sind diese Coëfficienten von der Länge und dem Durchmesser der Leitung, von dem Querschnittsverhältnisse bei Verengungen, von dem Ablenkungswinkel der Kniee u. s. w. abhängig, nicht aber vom Drucke in der Leitung. Der Druckverlust fällt demnach umso weniger in's Gewicht, je grösser der Druck ist, und es erscheint die Anwendung von sehr hohem Drucke, wenn auch die Annahme, dass die hydraulischen Widerstände von dem Drucke in der Leitung ganz unabhängig seien, für hohe Pressungen augenscheinlich nicht richtig ist, ausserordentlich vortheilhaft.

Die Rohrleitung am Sonnstein erreicht eine Länge von circa 600 Meter und die Geschwindigkeit des Wassers in der Leitung betrug 0.75 bis 1.0 Meter. Die Rechnung ergibt für diese Verhältnisse einen Druckverlust von wenigen Atmosphären, also eine gegen den Druck von 80 bis 100 Atmosphären verschwindende Ziffer.

In der That konnte durch Beobachtungen an Manometern während des Ganges der Bohrmaschinen, obwohl in Folge des Ansteigens der Rohrleitung allein schon ein Gefälle von 2.5 Atmosphären in Abschlag zu bringen ist, nicht mehr als 5 bis 10 Atmosphären Druckverlust constatirt werden.

Verlässliche Resultate, welche feinere wissenschaftliche Beobachtungen erfordert hätten, wurden nicht erzielt, weil geeignete Manometer für so hohe Pressungen nicht zur Verfügung waren, ein genaues Ablesen in Folge der heftigen

Oscillationen der Zeiger an den vorhandenen Manometern nicht möglich, und weil die ganze Aufmerksamkeit durch die täglichen Anforderungen des praktischen Dienstes in Anspruch genommen war.

Nutzeffect. Betrachtet man die ganze Bohrmaschinen-Anlage vom abstracten Standpuncte der blossen mechanischen Leistung, so kann man etwa annehmen:

den Wirkungsgrad der Dampfpumpen als solche zu 0·8,
den Wirkungsgrad der hydraulischen Kraft-
Transmission in Folge der Wasserverluste zu . 0·8,
und in Folge der Druckverluste zu 0·9,
den Wirkungsgrad der Bohrmaschine 0·7,
so dass der Gesamt-Wirkungsgrad zu

$$\eta = 0\cdot8 \times 0\cdot8 \times 0\cdot9 \times 0\cdot7 = 0\cdot4,$$

oder der Nutzeffect zu 40% der aufgewendeten mechanischen Arbeit bewerthet werden kann.

Wenn man berücksichtigt, dass durch je eine Bohrmaschine mindestens acht Pferdekkräfte auf den Bohrer übertragen, und bei dem Betriebe von zwei Bohrmaschinen im Maschinenhaus höchstens 40 Pferdekkräfte entwickelt werden konnten, so wird man auf das nämliche Resultat geführt.

Diese Ausnützung der mechanischen Arbeit ist aber im Vergleiche mit Percussions-Maschinen, welche mit comprimierter Luft arbeiten, eine ausserordentlich günstige. Es liegt hierin ein grosser Vorzug des Brandt'schen Bohrmaschinen-Systemes, weil das schliessliche praktische Resultat der Bohrarbeit im Grossen und Ganzen von der Menge mechanischer Arbeit abhängig ist, welche an der Angriffsstelle des Bohrers zur Wirkung gebracht wird.

Ventilation. Zur Ventilation des Stollens diente ein Ventilator von 750^{mm} Flügeldurchmesser.

Nachdem zur Zeit der Installation die Ansichten, ob es zweckmässig sei, die Ventilation durch Ansaugen der verdorbenen Luft oder durch Zuführung frischer Luft vor Ort zu bewirken, wie gewöhnlich sich schroff gegenüberstanden, so wurde vorsichtshalber der Ventilator derart eingerichtet, dass man durch blosses Umsetzen der Windleitung am Ventilator von dem einen Systeme zu dem anderen übergehen konnte.

In der ganzen ersten Periode der Maschinbohrung functionirte der Ventilator als Saugventilator.

Die Windleitung hatte 200^{mm} Durchmesser und war aus dünnen 6 Meter langen verbleiten Eisenblechrohren hergestellt, gerade nur so stark im Bleche, dass man darauf treten konnte, ohne die Rohre einzudrücken.

Die Verbindung geschah durch Ueberschubmuffen, Fig. 13, die von beiden Seiten mittelst Kautschukschnüren, Hanfstricken oder auch blos mit Lehm gedichtet waren.

Diese Art Windleitung hat sich in jeder Beziehung vorzüglich bewährt.

Auch die Ventilation hat im Seitenstollen, wo blos an der Stollenbrust Minen abgeschossen wurden, vollkommen entsprochen, und es ist das Saug-System zur vollen Geltung gelangt.

Die verdorbene Luft vor Ort wird bei diesem Systeme an der Stelle, wo sie sich entwickelt, rasch weggesaugt und

Die mittlere Bohrtiefe betrug circa 1·3 Meter; ausnahmsweise wurden im laufenden Betrieb auch Minen von 0·8 Meter bis 1·6 Meter Tiefe eingeschaltet.

Zur Ladung einer normalen Mine waren 3 Kilogr. bis 4 Kilogr. Dynamit erforderlich.

Zum Abschiessen wurden Zündschnüre verwendet und derart angeordnet, dass das Abgehen der Schüsse nacheinander, in der Mitte zuerst, erfolgte.

Zur Bedienung der Bohrmaschine sind ein Maschinist und ein bis zwei Handlanger erforderlich. Anfangs war die Bohrarbeit zu drei Schichten à 8 Stunden organisirt und es wurde normal in jeder Schicht je einmal, also dreimal binnen 24 Stunden abgeschossen.

Später stellte es sich als vortheilhafter heraus, für die Maschinisten zweischichtigen Dienst à 12 Stunden einzuführen, mit womöglich zweimaligem Abschiessen per Schicht, also viermal im Ganzen in 24 Stunden, was in Bezug auf den eigentlichen Dienst der Bohrmaschine einem vierschichtigen Betriebe gleichkommt.

Die Maschinisten hatten während ihrer Schicht auch das Instandhalten ihrer Maschine zu besorgen.

Die Arbeit beginnt mit dem Vortragen und Aufstellen der Spannsäule. Hierauf wird der Anschluss an die Druckwasserleitung bewerkstelligt und in die Spannsäule Druck gegeben. Dann wird die Bohrmaschine vorgetragen und in Position gebracht, die Gelenkrohrleitung angeschlossen, die Schläuche befestigt, Bohrer und Gestänge angesetzt, und das Bohren kann beginnen. Nach erfolgter Bohrung aller Minen erfolgt das Abrüsten und Abtransportiren der einzelnen Bestandtheile in umgekehrter Reihenfolge; hierauf wird geladen und abgefeuert.

Dann wird die Brust wie gewöhnlich mit Zuhilfenahme der Pike nachgenommen und abgeräumt und der Schutt so weit zurückgeworfen, dass für die Bohrmaschine neuerdings Platz gemacht ist. Meist bleibt die Rohrleitung unter dem Schutte vergraben und es unterliegt keinem Anstande, die Säule und Maschine über die Schutthaufen hinweg vor Ort zu tragen. Während des Bohrens wird hinter der Maschine die Abtransportirung des Sprengschutttes ungestört bewerkstelligt.

Nachdem die Maschinenbohrung eine gewisse Stabilität in dem Betriebe erlangt hatte, wurde ein förmlicher Stundenpass im Maschinenhause geführt. Diese Aufschreibungen geben über die eigentliche praktische Bohrzeit, sowie über die Dauer der übrigen Phasen der Stollenarbeit den besten Aufschluss.

Eine solche Tagesaufschreibung ist zum Beispiele:

Bohrzeit	Ladezeit	Schuttzeit	Minenzahl
2 St. 30 Min.	12 Min.	3 St. 10 Min.	4
3 " — "	15 "	3 " 10 "	5
3 " 30 "	15 "	2 " 30 "	4
2 " 30 "	10 "	2 " 45 "	3
11 St. 30 Min.	52 Min.	11 St. 35 Min.	16
23 St. 57 Min.			

Die Bohrzeit umfasst die ganze Zeit, während welcher die Druckpumpen im Gange sind, von dem Augenblicke an, wo in die vorbereitete Spannsäule Druck gegeben werden muss, bis zum Abrüsten derselben nach der Bohrschicht, mit inbegriffen 15 bis 20 Minuten, welche zum Uebertragen und Bereitmachen der Bohrmaschine nach Aufstellung der Säule erforderlich sind.

Die Schutzzeit begreift die eigentliche zum Zurückwerfen des abgeschossenen Materiales und zum Abräumen der Stollenbrust erforderliche Zeit, dann die Aufenthalte beim Aufstellen und Abräumen der Spannsäule und die Pause während der Ventilation in sich.

Summirt man die Arbeitszeiten für eine Periode von acht vollen Tagen, an welchen mit einer Maschine im Stollen gebohrt wurde, und an welchen keine durch die sonstigen Stollenarbeiten bedingten Störungen vorkamen, so ergibt sich für eine totale Arbeitszeit von $8 \times 24 = 192$ Stunden:

Totale Bohrzeit	86·2	Stunden
„ Ladezeit	7·2	„
„ Schutzzeit	94·1	„
Abgang in Folge Ungenauigkeit der Aufschreibungen	4·6	„
Summe	192	Stunden.

Während dieser Zeit wurden im Ganzen 138 Minen in 29 Bohrschichten gebohrt und zusammen 18·7 Meter Stollen in 29 Angriffen getrieben.

Zieht man aus der Gesamt-Arbeitsperiode das tägliche Mittel, so ergeben sich die folgenden Durchschnittswerthe:

Mittlere Bohrzeit	10·7	Stunden
„ Ladezeit	1·1	„
„ Schutzzeit	11·7	„
Abgang	0·5	„
Summe	24	Stunden.

Die mittlere Dauer einer Bohrschicht betrug drei Stunden, es wurden per Schicht 4·76, also zwischen vier und fünf Minen abgebohrt und per Angriff ein durchschnittlicher Stollenfortschritt von 0·65 Meter erzielt.

Nach dem Eintreffen des zweiten Seitenstollens in der Tunnelachse wurde der Richtstollen gegen Ebensee und jener gegen Traunkirchen mit je einer Bohrmaschine getrieben, und zwar wurde auf beiden Seiten zu gleicher Zeit gebohrt, geladen, abgeschossen und geschüttet. Die Druckpumpen waren also für beide Bohrmaschinen gleichzeitig in Anspruch genommen und die Arbeit war derart organisirt, dass oft beide Bohrmaschinen wie ein Schlag zugleich zu bohren begannen.

Die genannte Arbeitsperiode dauerte 54 Tage. Scheidet man von diesen im Ganzen 14 Tage aus, an welchen durch Kesselreinigen, Stolleneinbau, Richtunggeben, Geleislegen u. s. w. länger andauernde Unterbrechungen stattfanden und summirt man für die sohin verbliebenen 40 normalen Arbeitstage die Arbeitsperioden, so ergibt sich für eine Gesamt-Arbeitszeit von $40 \times 24 = 960$ Stunden:

Totale Bohrzeit	542·7	Stunden
„ Ladezeit	46·0	„
„ Schutzzeit	369·3	„
Abgang	2·0	„
Summe	960	Stunden.

So lange der zweite Seitenstollen die einzige Communication mit dem Tunnel in der mittleren Partie desselben bildete, musste die Förderung des Ausbruchmaterials sowohl, als auch die Zufuhr der gesammten Baumaterialien, sowie auch die Ventilation ausschliesslich durch diesen Stollen erfolgen.

Der Durchschlag gegen Ebensee hatte eine wesentliche Entlastung nach allen Richtungen zur Folge, indem von diesem Augenblicke an das im Gefälle gegen Ebensee liegende Geleise in dem grösstentheils fertigen Tunnel als zweite Communication benützt, eine zweckmässige Organisation der Zu- und Abfuhr eingeleitet werden, und eine ausgiebige natürliche Ventilation sich geltend machen konnte.

Dieser Durchschlag erfolgte aber am 29. Juni statt am 24. August, so dass die günstigeren Bauverhältnisse um 25 Tage früher eintraten, wodurch in den Bauarbeiten im ganzen Profil des Tunnels eine Beschleunigung bewirkt wurde, welche indirect ebenfalls zur Abkürzung des Vollendungstermines beigetragen hat.

Am 16. September 1877 fuhr die erste Locomotive durch den Sonnstein-Tunnel, am 23. October wurde die Bahn dem öffentlichen Verkehre übergeben, und es hatte demnach der gesammte Bau des Tunnels, vom Beginne der ersten Arbeiten am zweiten Seitenstollen Ende März 1876 bis zur Vollendung, eine Bauzeit von nicht ganz 19 Monaten erfordert.

Besondere Anwendungen. Versuchsweise wurden auch zwei Bohrmaschinen vor Ort gleichzeitig in Dienst gestellt. Das Resultat war aber minder günstig, weil die Maschinen, welche nicht für diesen Zweck construirt waren und das Bedienungspersonale sich gegenseitig im Wege stand. Auch war vieles Experimentiren durch die Dringlichkeit des unmittelbaren Resultates ausgeschlossen.

Bei dem Durchschlag des Stollens gegen Ebensee wurde ein Bohrloch von 3·8 Meter Tiefe anstandslos in zwei Stunden 30 Minuten abgebohrt. Bei dem Durchschlage gegen Traunkirchen betrug die Bohrlochtiefe sogar 4·8 Meter, nämlich überhaupt so viel als gerade brauchbares Gestänge vorhanden war. Dieses Bohrloch wurde in vier Stunden abgebohrt und es waren hiezu mit Ausnahme einer geringen Mehrbelastung des Accumulators um circa 200 Kilogr. keine besonderen Vorkehrungen nothwendig.

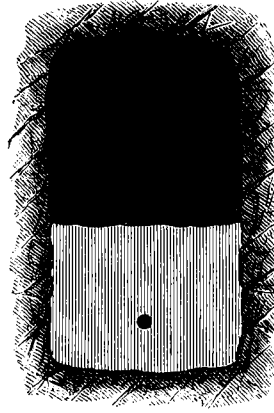
Eine vortheilhafte Anwendung fanden die Bohrmaschinen auch bei einzelnen Arbeiten des Vollaushruches. Die Richtstollen im Tunnel von dem zweiten Seitenstollen aus wurden zur Unterstützung der Schuttförderung und des Wasserablaufes mit stark ansteigender Sohle angelegt. Als die Stollen durchgeschlagen waren, musste demnach die Sohle bis auf das richtige Niveau nachgenommen werden. Dieses Schlitzten der Stollen geschah mit Hilfe der Bohrmaschinen.

Es wurde, Fig. 15, gewöhnlich ein Bohrloch in der Mitte angelegt und in der nächsten Schicht zwei Bohrlöcher, je 2 Meter tief. Bei dem jedesmaligen Abschiessen, ungefähr dreimal in 24 Stunden, wurde meist der Schlitz auf die ganze Tiefe von 2 Meter abgesprengt. Der Erfolg war so augenscheinlich, dass auf der einen Seite, nachdem die Maschinenbohrung dort schon eingestellt worden war, die Druck-

wasserleitung wieder eingelegt und die Bohrmaschine zu dem genannten Zwecke wieder in Benützung genommen wurde.

Für den eigentlichen Vollausbruch wurden die Bohrmaschinen nicht verwendet, weil hier der Handbetrieb vollkommen ausreichend war, um mit dem Richtstollen gleichen Schritt zu halten.

Figur 15.



Instandhaltung. Während die Reparaturen bei Percussions-Maschinen die partie honteuse des Betriebes bilden, spielt dieses Capitel bei dem Brandt'schen Bohrmaschinen-System eine untergeordnete Rolle.

Die Bohrer, welche zum Theile aus österreichischem, zum Theile aus schwedischem Stahl hergestellt waren, haben in den Gesteinen des Sonnsteins, obwohl mitunter selbst der Dolomit von solcher Härte war, dass er unter dem Meissel Funken gab, eine nur sehr geringe Abnützung erlitten, und das Nachschleifen der Bohrer war dementsprechend von ganz geringer Bedeutung.

Die grösste zulässige Abnützung bei den Bohrern beträgt circa 25^{mm}.

Von 150 Bohrern, welche überhaupt vorhanden waren, sind circa 100 bis auf die Hälfte der zulässigen Abnützung verbraucht worden, und nur bei einem Bohrer unter diesen erreichte die Abnützung volle 15^{mm}.

Selbstverständlich wird das Stumpfwerden und die Abnützung in härterem Gesteine, wie Gneis, Granit, Porphyry u. s. w. eine viel bedeutendere, und das Schärfen, sowie der Verbrauch an Bohrern wird eine wesentliche Post der Instandhaltung bilden.

Dies ist aber auch die einzige in dem Systeme begründete und unvermeidliche Reparatur.

Allerdings sind am Sonnstein zahlreiche Brüche der Bohrer an dem Gewinde, Brüche der Gestänge, Brüche an der Kurbelwelle der Hydromotoren und an den Kolben des Vorschub-Mechanismus vorgekommen, welche mitunter radicale Reparaturen erheischt haben; allein diese Beschädigungen lagen zum Theile in Mängeln der Construction, wie sie bei jeder neuen Maschine vorkommen und bei den folgenden Modellen leicht zu corrigiren sind, zum Theile in ungeeignetem Materiale oder in fehlerhafter Handhabung, wobei das wiederholte Probiren neuer Bestandtheile von veränderter Construction sicher eine ungewöhnliche Erschwerniss bildete.

Sind doch die empfindlichsten Störungen in der ersten Zeit des Betriebes durch das Bersten der an sich ganz untergeordneten Kautschukschläuche verursacht worden, bis es endlich gelang, brauchbare Schläuche zu beschaffen.

Nennenswerthe Beschädigungen an Bohrern waren in vielen Fällen durch zu hohen Druck verursacht, überhaupt erfordert die richtige Regulirung des Druckes, je nach dem Gesteine, die meiste Sachkenntniss und Erfahrung.

Bei weichem Gesteine geht die Bohrmaschine vollkommen geräuschlos, nur bei hartem Gestein ist ein charakteristisches Knirschen des Bohrers zu vernehmen.

Im Maschinenhause waren in zwölfstündigen Schichten beschäftigt:

2 ×	}	1 Maschinenwärter,
		2 Heizer,
		1 Schleifer,
		1 Kohlenträger,
		1 Handlanger.

Die Maschinisten an der Bohrmaschine hatten ebenfalls zwölfstündige Schichten.

Zur Zeit als nach zwei Seiten mit je einer Maschine gebohrt wurde, waren demnach 2 × 2 Maschinisten an den Bohrmaschinen im Dienste.

Zur Bedienung je einer Bohrmaschine waren weiter noch zwei Handlanger erforderlich, welche in achtstündigen Schichten Dienst machten, demnach für zwei Maschinen

2 × 2 × 3 Handlanger.

Im Ganzen bestand also das normale Personale für den Maschinendienst aus 30 Personen.

Zum Uebertragen der Bohrmaschine und Spannsäule wurden aushilfsweise noch einige Mann aus den sonstigen im Tunnel beschäftigten Arbeitern beigezogen.

Die Gesamt-Betriebskosten des blossen Maschinendienstes betragen in der Zeit vom 11. April bis 11. August, also für vier Monate:

1. Gehalte und Löhne	fl. 10.910.—
2. Kohlen	„ 6.270.—
3. Reparaturen an den Maschinen, Verbrauch an Bohrern, Gestängen und sonstigen Ersatzstücken	„ 3.800.—
4. Oel, Petroleum, Werg etc. und diverse Ausgaben	„ 1.620.—
Summe fl.	22.600.—

In diesen Kosten sind nicht enthalten die Kosten für Dynamit und Zündmaterial, Mineurarbeit für Laden und Nachbrechen des Stollens, für Abräumen und Förderung des Schuttes, Zimmerung etc., kurz alle diejenigen Arbeiten und Material-Beistellungen, welche bei dem Stollenbetriebe ausser dem Bohren der Minen an der Stollenbrust und der Ventilation noch zu erstellen sind.

Diese Kosten betragen für die nämliche Arbeitsperiode, mit Ausschluss eines Zeitraumes von zusammen 16 Tagen blossen Handbetriebes im zweiten Seitenstollen:

1. Löhne der Mineure, Schutter, Tagelöhner, Schmiede und Zimmerleute	fl. 10.750.—
2. Dynamit und Zündmaterial	„ 15.380.—
3. Verbrauch von Werkzeugen, dann Oel, Holz etc.	„ 4.170.—
Summe fl.	30.300.—

Die Leistung, für welche die angeführten Maschinenbohrungs- und Stollenbetriebskosten aufgewendet worden sind, beträgt 52·5 Currentmeter Stollen im zweiten Seitenstollen und 105 + 131 Currentmeter Richtstollen in der Tunnelachse, zusammen 288·5 oder rund 290 Meter Stollen von durchschnittlich 6·5 □ Meter Querschnitt.

Um die Gesamt-Erstellungskosten per Currentmeter Stollen zu ermitteln, muss berücksichtigt werden, dass von einer normalen Amortisation und Verzinsung des Anlage-Capitales im gewöhnlichen Sinne, wegen der kurzen Betriebs-

zeit und der geringen Ausnützung der Anlage hier eigentlich keine Rede sein kann. Nimmt man indess die Verhältnisse, wie sie bei diesem Baue vorliegen, so ergibt sich in dieser Beziehung:

Kosten der Maschinenanlage und Einrichtung fl. 38.700.—
Gegenwärtiger Werth derselben, durch Verkauf eines Theiles der Maschinen, Rohrleitungen und Material und Bewerthung der verbleibenden Bau- und Maschinen-Einrichtung ermittelt „ 14.500.—

Abschreibung fl. 24.200.—

Es entfallen demnach per Currentmeter Maschinenstollen an Erstellungskosten:

1. Abschreibung der Anlagekosten	fl. 83.50
2. Kosten der blossen Maschinenbohrung inclusive Ventilation	„ 78.—
3. Sonstiger Stollenbetrieb	„ 104.50
Summe fl.	266.—

oder wenn man den Gesamtausbruch von circa

6·5 × 290 = 1885 Kub.-Meter

zu Grunde legt, berechnen sich die Erstellungskosten per Kub.-Meter Stollenausbruch zu:

1. Abschreibung der Anlage	fl. 13.—
2. Kosten der blossen Maschinenbohrung inclusive Ventilation	„ 12.—
3. Sonstige Stollenbetriebskosten	„ 16.—
Summe fl.	41.—

In Betreff der Betriebskosten der Maschinenarbeit ist zu bemerken, dass im Allgemeinen die Verhältnisse wegen der vielen Unregelmässigkeiten bei der Einführung eines ganz neuen Maschinen-Systemes nicht günstig waren; andererseits muss hervorgehoben werden, dass während der halben Arbeitsperiode zwei Stollen zugleich getrieben wurden, wodurch die Kosten sich vermindern, weil viele Ausgaben sich auf die doppelte Stollenleistung vertheilen.

Schlussbemerkung. Wir haben uns in dem Laufe der gegenwärtigen Mittheilungen meist auf die einfache Darstellung von Thatsachen beschränkt, welche für den Fachmann von Interesse sein können.

Es sind übrigens die Ergebnisse am Sonnstein durchaus nicht als ein allgemeiner Maassstab für die Leistung des Brandt'schen Bohrmaschinen-Systemes anzusehen.

Das dort angewendete Bohrloch-Caliber von 80^{mm} war zwar für die durchbohrten Gesteine in der That kein Missgriff. Zwar haben wenige Proben, welche mit 60^{mm} Bohrlochern abgeführt wurden, in der unmittelbaren Sprengwirkung keine augenfällige Minderleistung nachgewiesen. Allein es hat sich andererseits herausgestellt, dass bei kleinerem Caliber, wenn Bohrer und Gestänge ausreichende Wandstärken haben sollen, das Spülwasser nicht in genügender Menge zum Bohrer gelangt, um das Bohrloch in solchem Gesteine wie Dolomit, vollkommen von dem Bohrmehl zu säubern. Auch haben in diesem Gesteine schwache Minen keine vortheilhafte Wirkung; die Erschütterung des Schusses pflanzt sich nicht weit in das Gestein fort, und es wird ausser dem unmittelbar abgeschossenen Materiale wenig durch Nachbruch gewonnen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass am Sonnstein eher eine Vergrösserung des Bohrloch-Calibers auf etwa 100^{mm} angezeigt gewesen wäre.

In härterem Felsen jedoch, wie Granit oder Porphy, wo einerseits die Bohrer sich nicht verreiben und das Bohrloch viel leichter zu spülen ist, andererseits erfahrungsgemäss der Zusammenhang des Gesteines durch den Schuss auf einen grösseren Umkreis zerstört wird, dürfte ein kleineres Caliber, etwa 60^{mm}, am geeignetsten sein.

Die Bohrmaschine selbst ist in ihrer Construction nahezu vollkommen zu nennen; es haben sich allerdings viele Veränderungen in einzelnen Details, Bohrern, Gestängen, Rohrverbindungen, Schläuchen etc. als wünschenswerth herausgestellt; diese sind aber nicht wesentlich und sind auch in den neuesten seither von Sulzer gebauten Maschinen bereits berücksichtigt.

Die Arbeitsweise am Sonnstein mit bloss einer Bohrmaschine vor Ort hat sicher viele Vortheile. Die Bohrmaschine kann anstandslos über den zurückgeworfenen Schutt hinweggetragen werden und es kann die Bohrung sofort wieder beginnen, ohne dass diese durch das Abtransportiren des Schuttes und das Nachbrechen des Stollens hinter der Arbeitsstelle irgendwie beeinträchtigt wird.

Allerdings ist nicht zu leugnen, dass am Sonnstein die Unterbrechung des Bohrens während des Zurückwerfens des Schuttes verhältnissmässig viel Zeit in Anspruch genommen hat, und durch andere Vorkehrungen zum Vortheil der Bohrzeit vielleicht hätte abgekürzt werden können.

Wenn auch die erzielten Stollenfortschritte aus diesem Grunde nicht das Maximum darstellen, welches mit der Bohrmaschine zu erreichen ist, so wird es doch, wenn es sich darum handelt, namhaft grössere Stollenfortschritte zu erzielen, gewiss nothwendig sein, mit mehreren Bohrmaschinen vor Ort an einem gemeinschaftlichen Gestelle zugleich zu arbeiten. Zu diesem Zwecke müssen selbstverständlich die Bohrmaschinen ganz anders construirt werden. Dann wird sich auch die Frage entscheiden lassen, welche Anwendung das Bohrmaschinen-System für den Vollaussbruch erfahren kann.

Die Kosten per Currentmeter mit Maschine erstellter Stollen am Sonnstein sind mit den gewöhnlichen Kosten des Handbetriebes füglich nicht zu vergleichen. Der Maschinenbetrieb ist stets eine Mehrausgabe, welche in der Verkürzung der Bauzeit ihre Compensation finden muss, und der Preis, der dafür bezahlt werden kann, wird je nach dem Werthe des Stollenfortschrittes in jedem einzelnen Falle ein sehr verschiedener sein.

Das Gesamtergebniss der Anwendung der Bohrmaschinen am Sonnstein mag vielleicht den Erwartungen nicht entsprechen, welche bei dem oberflächlichen Vergleiche mit anderen bekannten Leistungen des Maschinenbetriebes im grossen Massstabe hervorgerufen werden.

Unter den gegebenen Bedingungen war aber an die Brandt'sche Bohrmaschine eine besondere, in den Verhältnissen gelegene Aufgabe gestellt; diese ist von ihr mit vollem Erfolge gelöst worden.



Sonnstein-Berg

840^m

Maderkogel

Fig. 1.

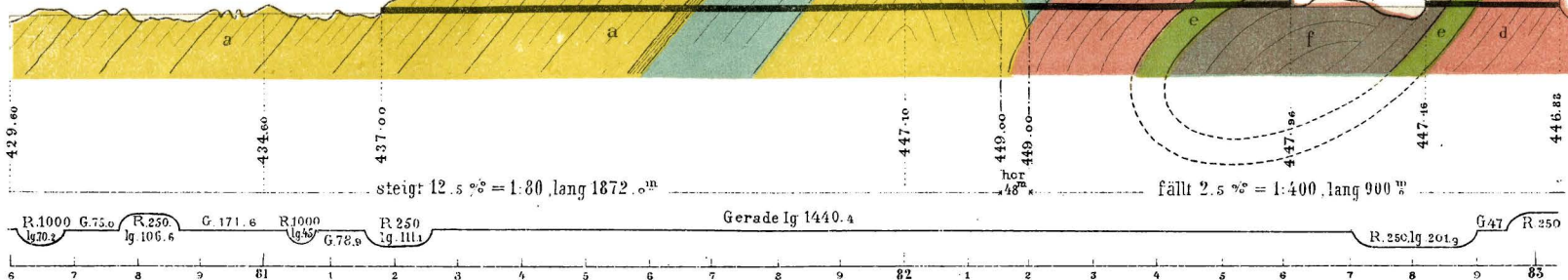
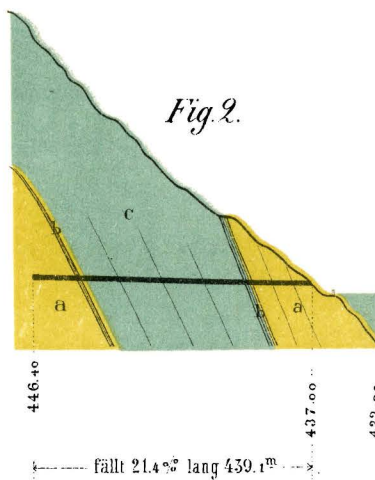
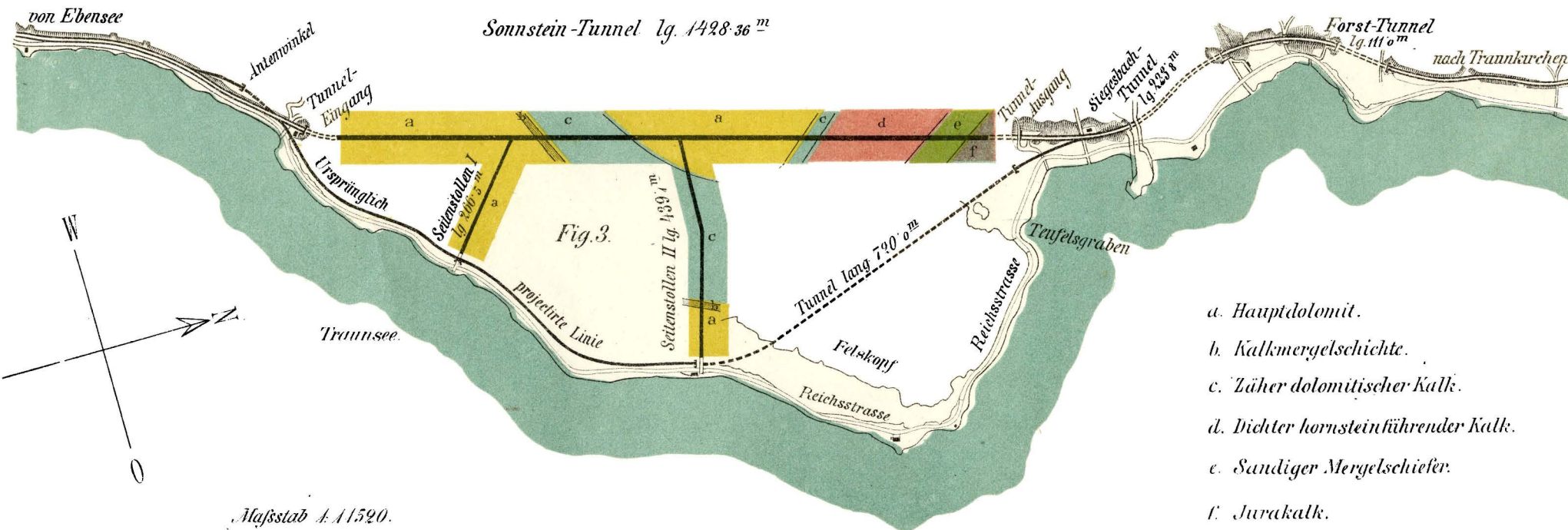


Fig. 2.



Seitenstollen II.

Sonnstein-Tunnel lg. 1428.36^m



- a. Hauptdolomit.
- b. Kalkmergelschichte.
- c. Zäher dolomitischer Kalk.
- d. Dichter hornsteinführender Kalk.
- e. Sandiger Mergelschiefer.
- f. Jurakalk.

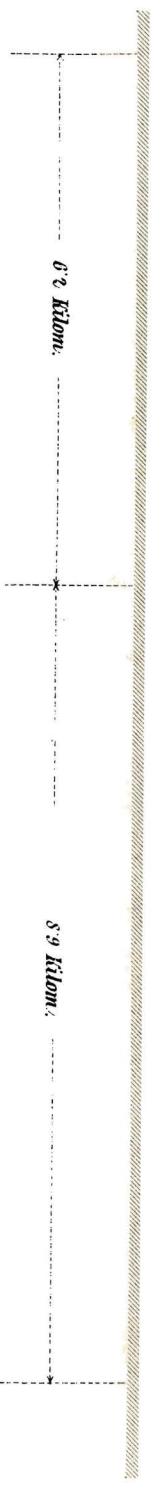
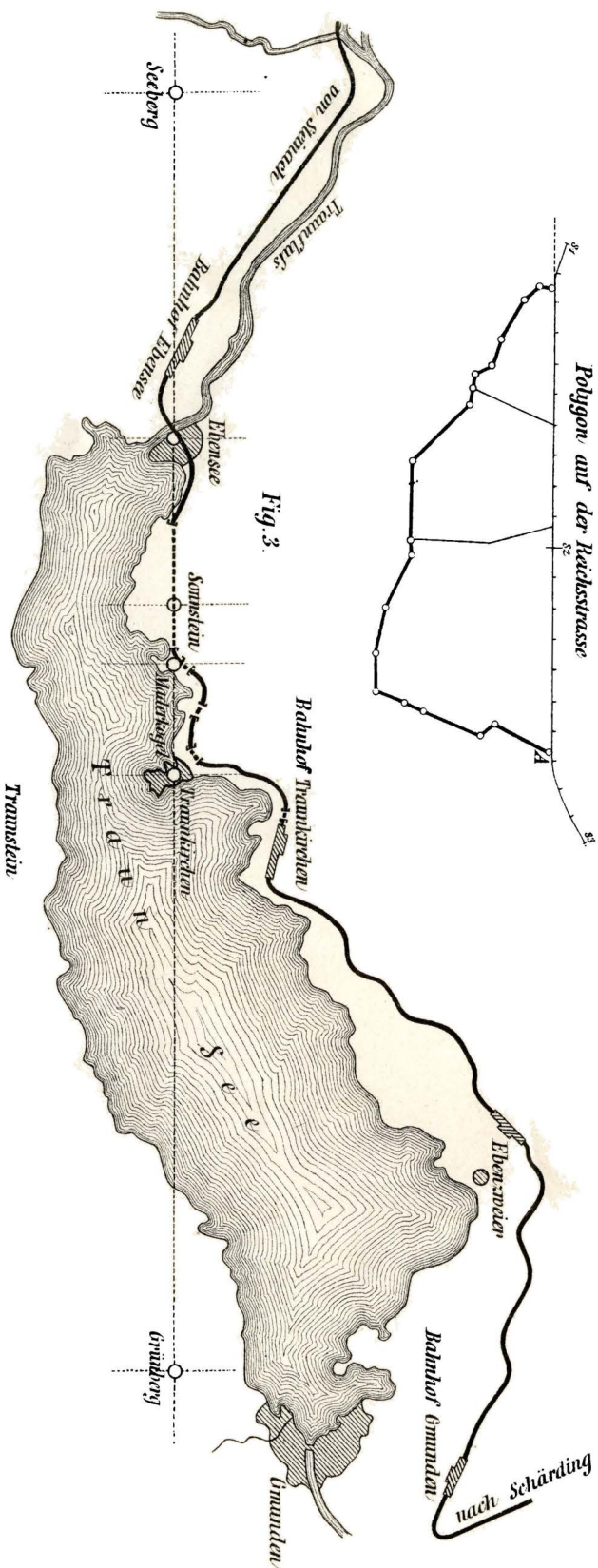
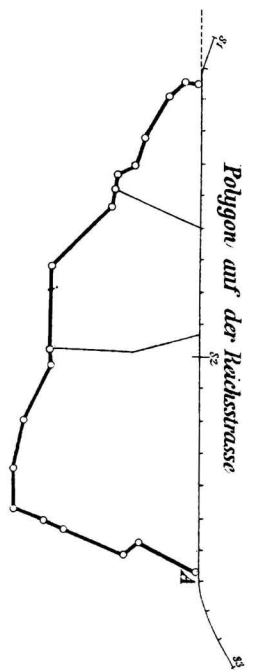


Fig. 1.



SONNSTEIN-TUNNEL.

Absteckung und Controlle der Tunnelachse.

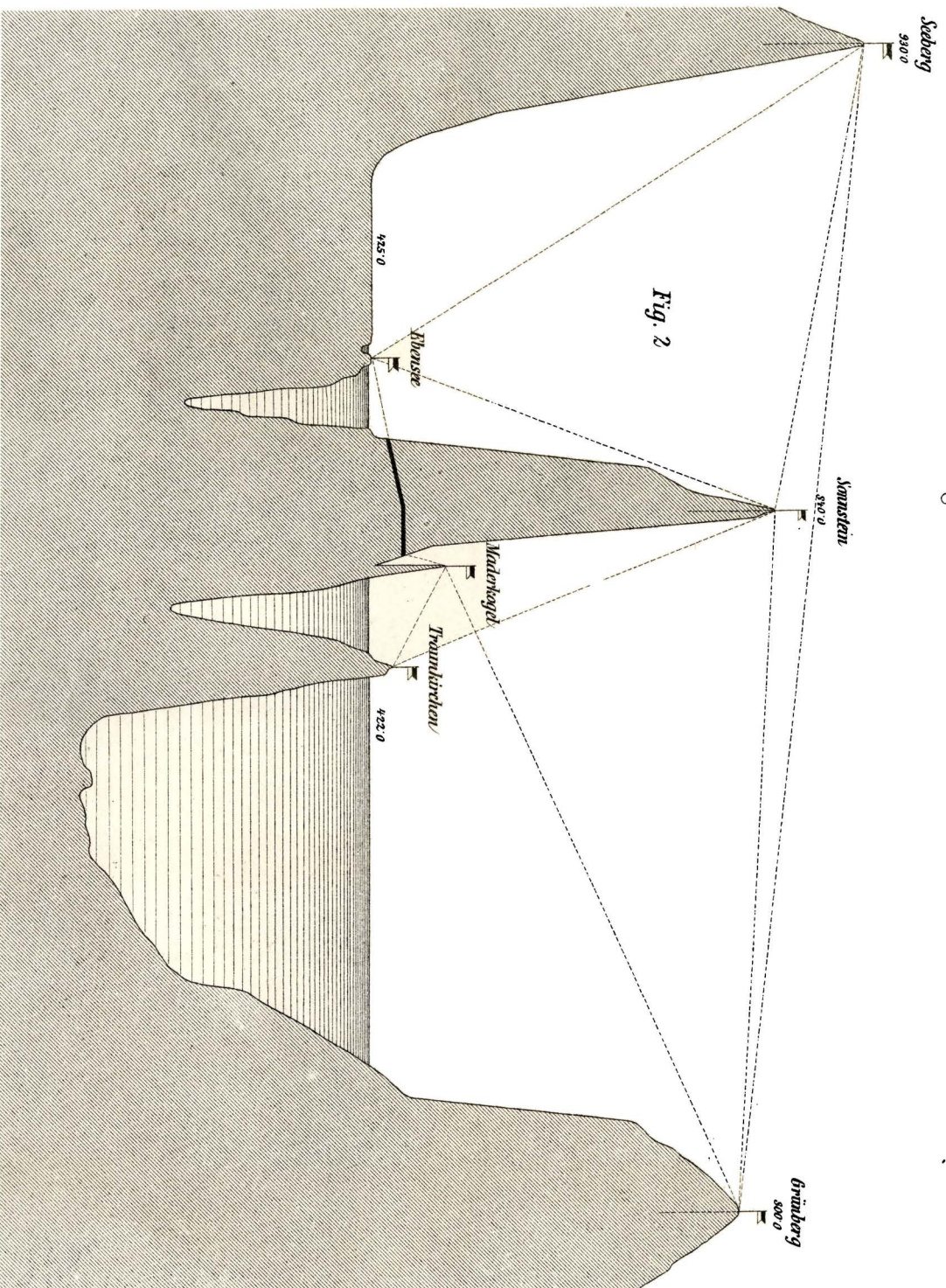
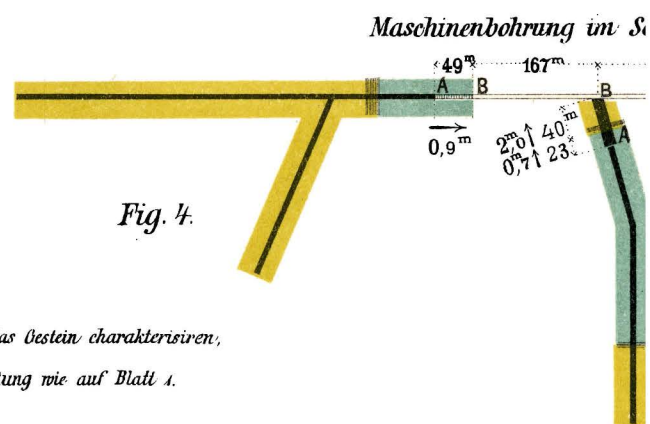
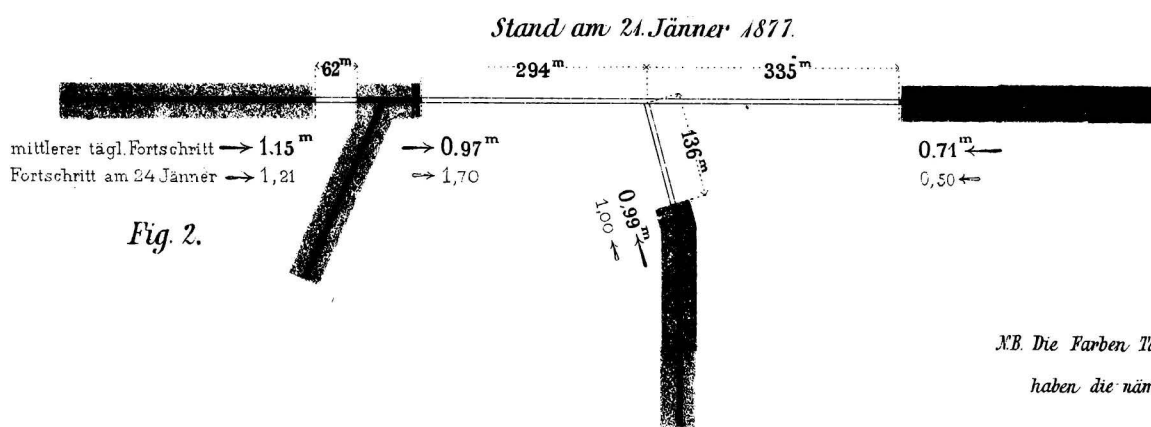
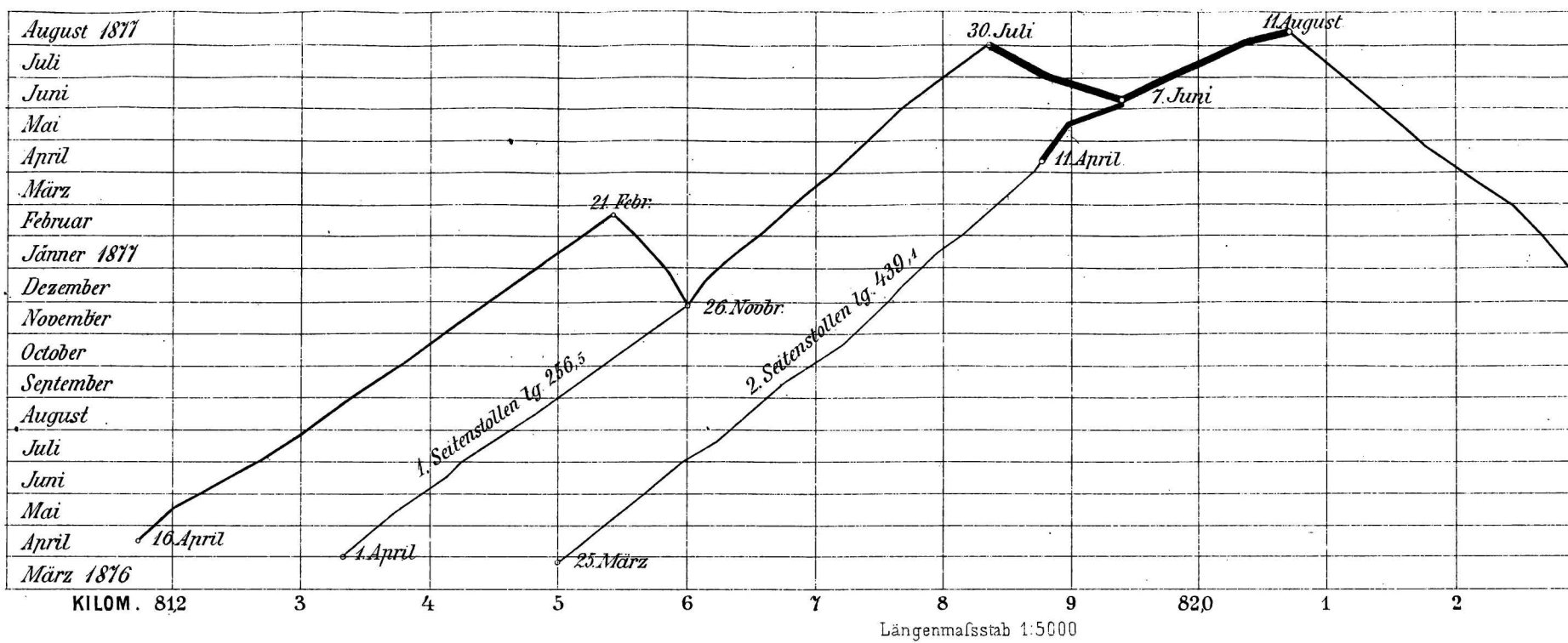
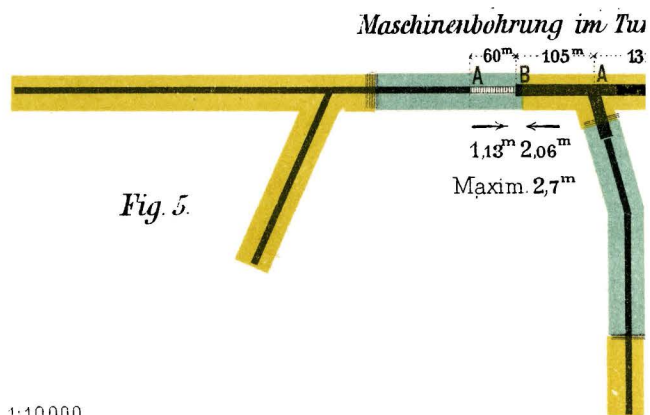
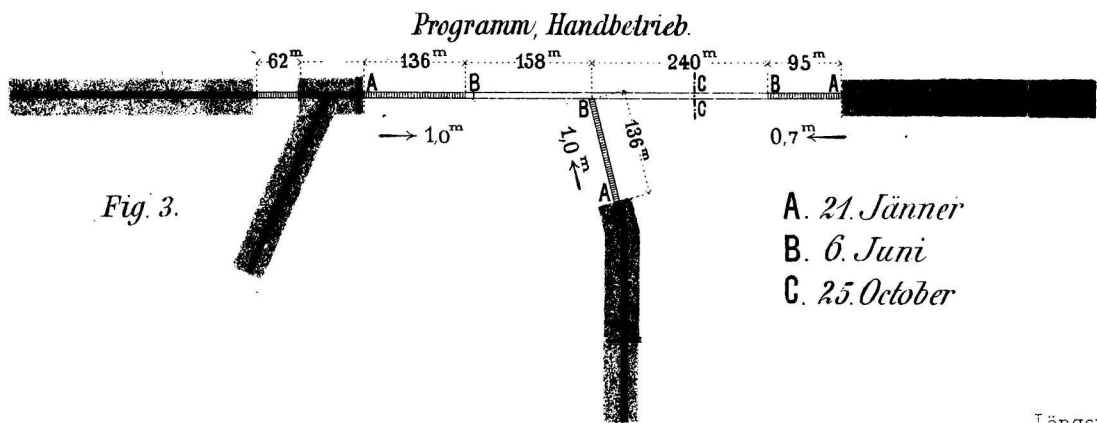


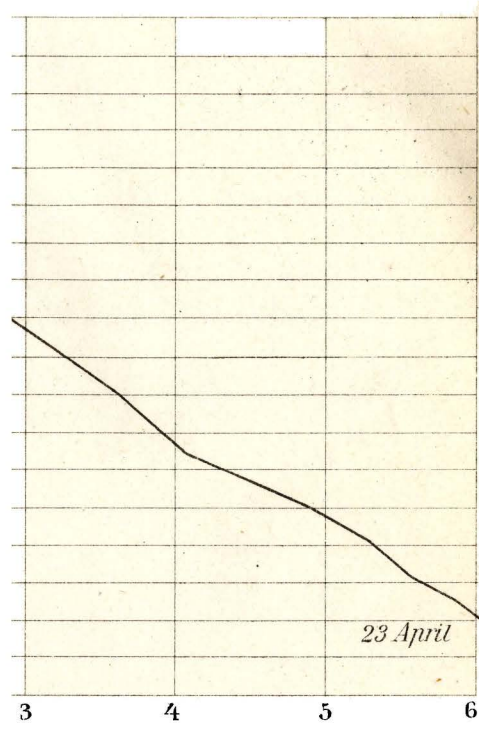
Fig. 1. Fortschritts-Diagramm der Richt- und Seitenstollen.



N.B. Die Farben Töne, welche das Gestein charakterisiren, haben die nämliche Bedeutung wie auf Blatt 1.



Längenmaßstab 1:10000.

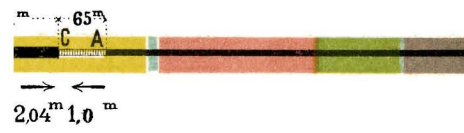


Stollen.

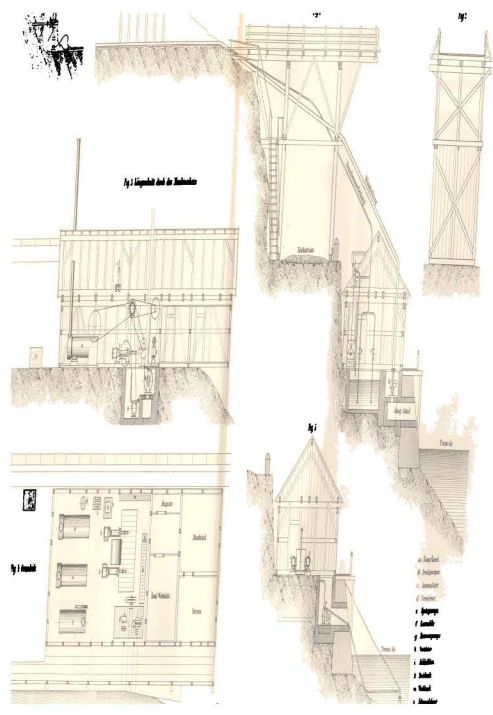


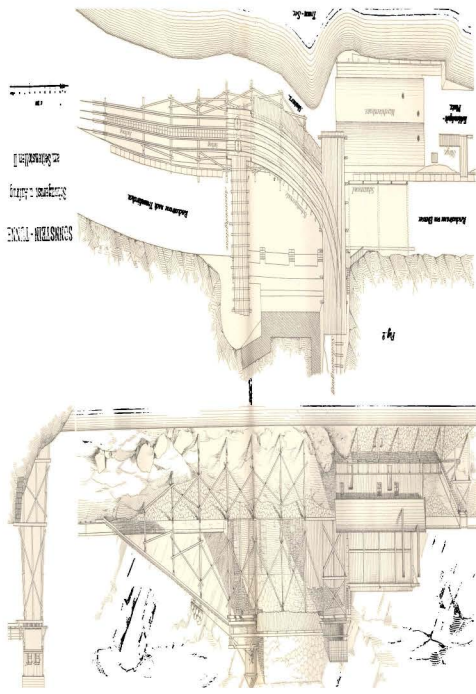
- A. 11. April
- B. 4. Juni

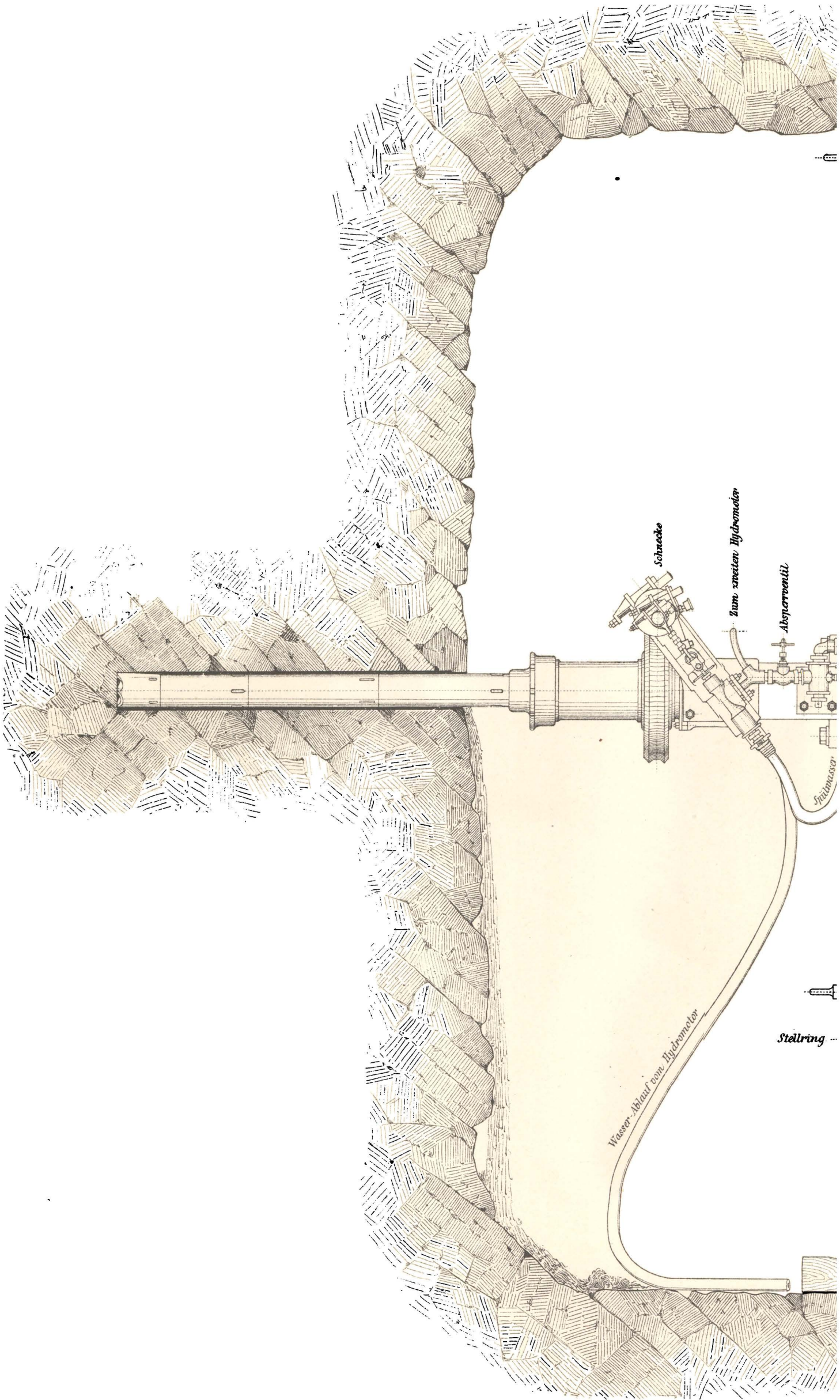
Stollen.

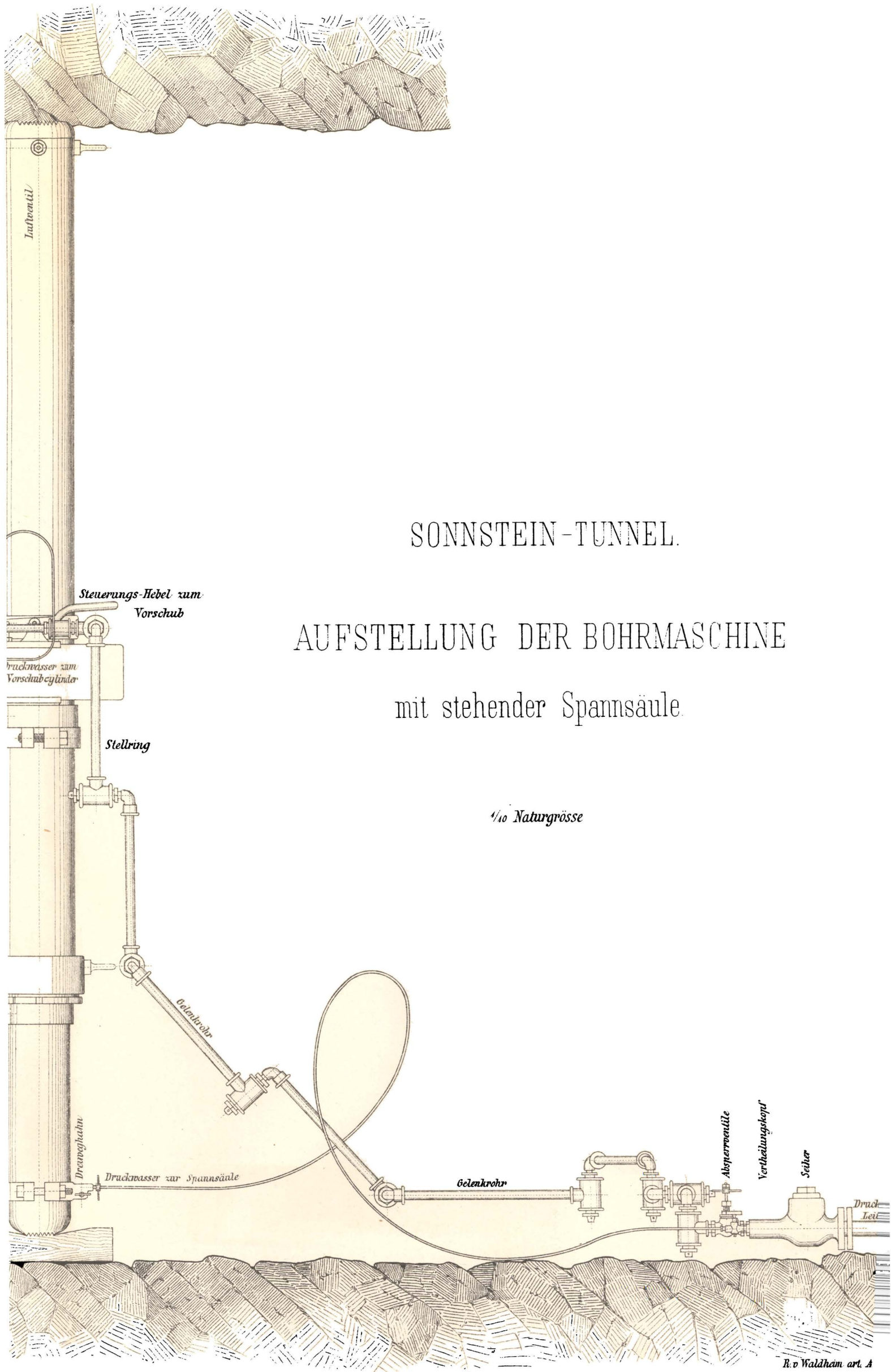


- A. 7. Juni
- B. 30. Juli
- C. 11. August









SONNSTEIN-TUNNEL.

AUFSTELLUNG DER BOHRMASCHINE

mit stehender Spannsäule.

$\frac{1}{10}$ Naturgrösse

