Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91/92 (1928)
Heft: 14

Artikel: Technisches und Rechtliches vom Bau des Sulgenbachstollens in Bern
Autor: Andreae, C.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-42477

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

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

In der Periode der offenen Bauart pflegte der Konstrukteur sein Gefühl für die Beanspruchung des Materials durch verschiedene Oberflächenbehandlung der Teile zu manifestieren: bewegte Teile wurden glänzend poliert, und damit als hart, straff, energisch charakterisiert, im Gegensatz zu den in matten Deckfarben gestrichenen ruhenden Teilen, die dadurch stumpf, träge, vergleichsweise weicher erscheinen.

Geschlossene Gehäuse, die mehrere radial ungleiche Rotoren oder Kolben einschliessen, bieten Gelegenheit, das Vielfältige in eine wohlproportionierte Einheit zusammenzufassen, wobei eine geschickte Gehäuse-Architektur darauf ausgehen wird, den gegebenen Gegensatz von „Drang und Zwang" ihrerseits zu unterstreichen und herauszuarbeiten, wobei auch das rhythmische Geräusch bewegter Teile im Eindruck auf den Beschauer mitwirkt. War die Wirkung offen gebauter Maschinen mehr eine reiche, interessant-komplizierte, auch farbig lebhafte, infolge des Gefunkels blinkender Getriebeteile, so eignet den modernen, geschlossenen Typen ein mehr ernster, wuchtiger Ausdruck, der durch ruhige Randverstärkungen, Rippen usw. diskret und bewusst gestützt wird.

DIE SCHÖNHEIT VON HEBEZEUGEN, FAHR- UND FLUGZEUGEN.

Diese Konstruktionen sind „Maschinen" in einem erweiterten Sinn, denn ihre Formgebung ist weniger Sache des Maschineningenieurs, als des Statikers, Wagen- und Flugzeugbauers, wobei freilich die Maschine die innere Richtung angibt. Im Verhältnis der Gesamt-Konstruktion solcher uneigentlicher Maschinen zu den eigentlichen, in ihnen wirksamen Maschinen (Motoren usw.) scheint sich nun der selbe Uebergang vom „nu" zum „habillé" zu vollziehen, den wir an den Maschinen allein beobachtet haben. Bei modernen Hebezeugen, Fahr- und Flugzeugen treten der Motor und das Getriebe äusserlich meist gar nicht mehr in Erscheinung, sie vermitteln den durch seine Paradoxie interessanten und verblüffenden Eindruck eines Bewegten ohne Bewegungsursache, der die Phantasie des Beschauers aufs stärkste erregt. Was sich in der äusseren Form als Gegensatz von „Drang und Zwang" ausspricht, betrifft nicht mehr die Gegensätzlichkeit der Teile innerhalb der Maschine, sondern das Verhältnis des bewegten Ganzen zur Umwelt, also beispielsweise des Fahrzeugs zum Fahrwiderstand, die ganze Motor-Maschine ist zu einem blossen Organ geworden, das man einkapselt. Auch hier, wie bei den eigentlichen Maschinen tritt also eine irrationale, ästhetische Komponente neben der rational technischen Komponente formbildend auf.

Es würde uns freuen, wenn eine grössere Zahl von Lesern durch diese Ausführungen angeregt würden, dem bisher theoretisch kaum bearbeiteten Gebiet der „Aesthetik im Maschinenbau" ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden; sie ist in einer Zeit, die man gelegentlich wohl geradezu das „Zeitalter der Maschine" genannt hat, mindestens ebensowichtig wie Betrachtungen über künstlerische Fragen auf anderen Gebieten.

Technisches und Rechtliches vom Bau des Sulgenbachstollens in Bern.

Von Prof. C. ANDREAE, Ingenieur.

(Schluss von Seite 159.)

Nach Beendigung dieses ersten Prozesses begann die Unternehmung, die unterdessen die Vorbereitungen für die neue Vortriebsart bereits getroffen hatte, die Durchörterung von Süden her.

Der Hallinger'sche „Schild" ist ein Blechrohr (im vorliegenden Fall 24 mm stark), das durch hydraulische Druckpressen über die fertige Verkleidung weg vorwärtsgetrieben wird. Der Schild besteht aus drei Teilen: der Schneide, dem Raum, in dem die Pressen gelagert sind, und dem Schildschwanz. Die Abmessungen des hier verwendeten Schildes sind aus Abb. 9 ersichtlich. Unter dessen Schutze wird das Betonmauerwerk in Ringen von je 1,25 m Länge ausgeführt.

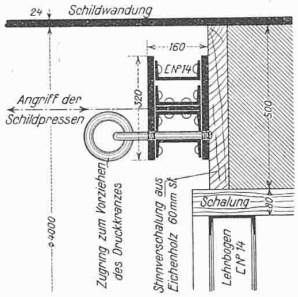
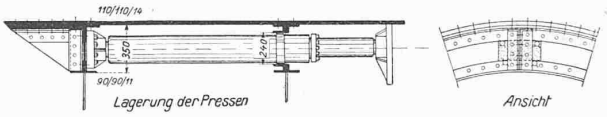


Abb. 10. Druckkranz des Schildes. Masstab 1 : 20.

Das Charakteristische am System Hallinger besteht darin, dass die Vortriebpressen nicht, wie bei andern Systemen, auf eine Metallverkleidung oder auf die Lehrbögen, sondern vermittelst eines Druckkranzes (Abb. 10) auf den frischen Beton drükken. Im vorliegenden Falle waren es zehn Pressen mit einem Kolbendurchmesser von 150 mm und einem Wasserdruck von 400 bis 600 at, was



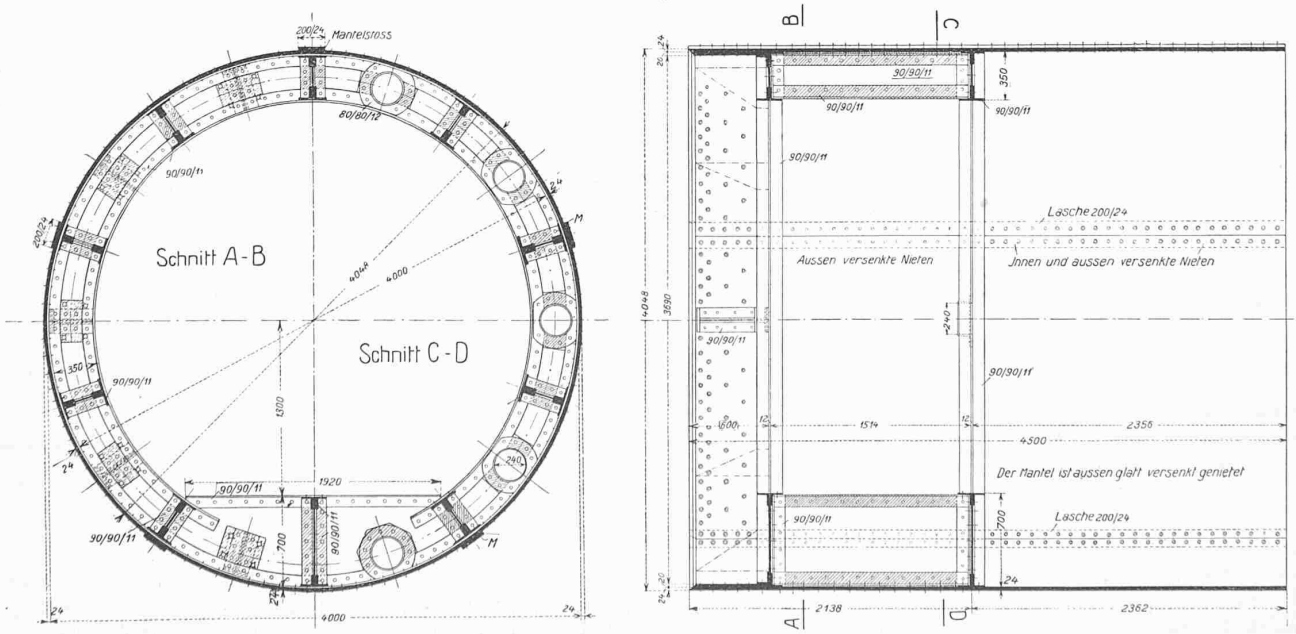


Abb. 9. Quer- und Längsschnitt des in der Druckpartie des Sulgenbachstollens verwendeten Vortriebschildes System Hallinger. — Masstab 1 : 50.

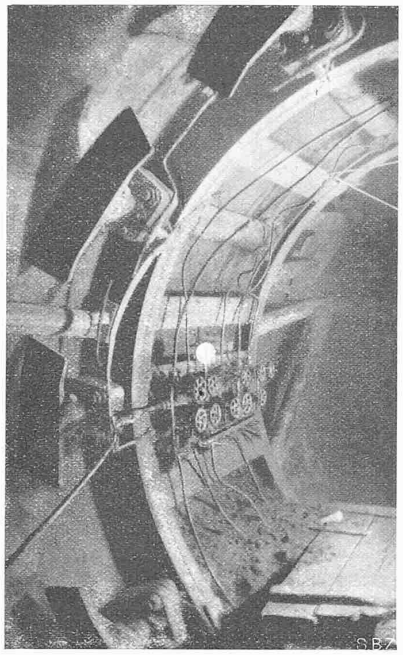


Abb. 11. Innenansicht des Schildes, gegen die Brust.

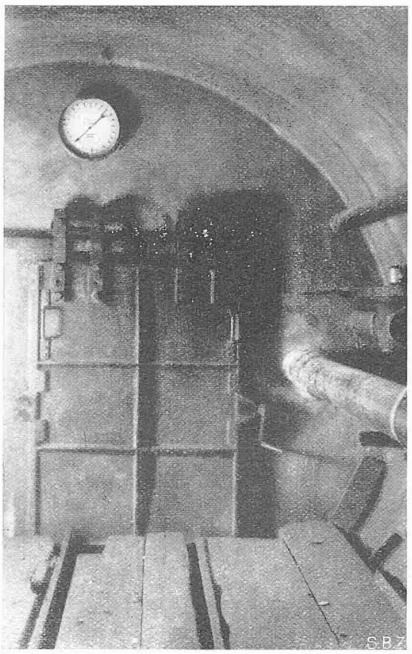


Abb. 19. Schiebetor der Schleusenkammer.

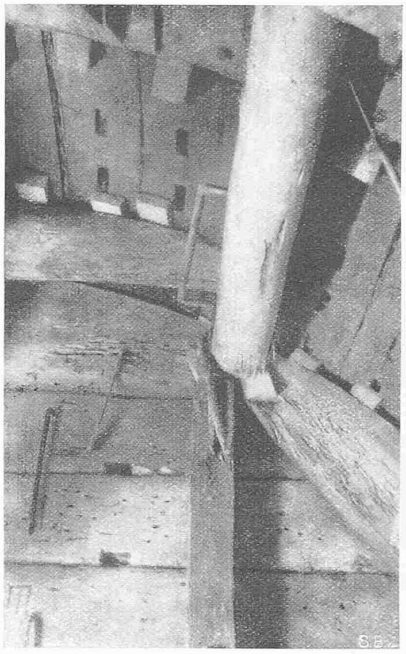


Abb 14. Brustvorzug u. Vortriebsmesser im Scheitel.

einen Gesamtdruck von 700 bis 1050 t ergibt. Durch diesen Druck wird der Beton gestaucht (etwa 10 bis 12 cm) und hinter dem vorgehenden Schild an das Gebirge angepresst [1]). Die Pressen besitzen jede eine besondere Druckleitung mit besonderem Schieber zur Steuerung des Schildes (Abb. 9). Bei sehr gebrächem, bezw. schwimmendem Gebirge muss die Brust dicht verzogen (Abb. 12, 13 und 14) und zur Verhütung von zu starken Luftentweichungen mit Lehm gedichtet werden, besonders wenn hoher Luftdruck zur Verdrängung des Wassers notwendig wird.

Eine Hauptschwierigkeit, die sich bei Anwendung von Druckluft bei horizontalem Vortrieb ergibt, im Gegensatz

[1]) Eine ausführliche Beschreibung befindet sich im Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Band Tunnelbau, 4. Aufl. — Vgl. auch Wiesmann: Der Bau des Sulgenbachstollen in Bern. „Hoch- und Tiefbau", 1926 (Sonderdruck) und Randzio: Schildvortrieb mit Pressluft beim Bau des Sulgenbachstollens in Bern. „Beton und Eisen" vom 20. Juni 1926.

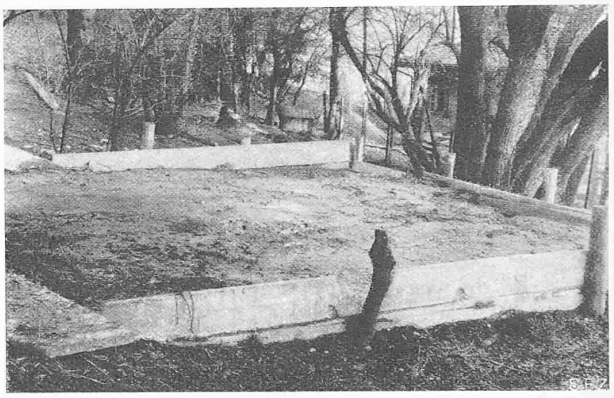


Abb. 16. Abdeckung von Quellen und Luftentweichungen.

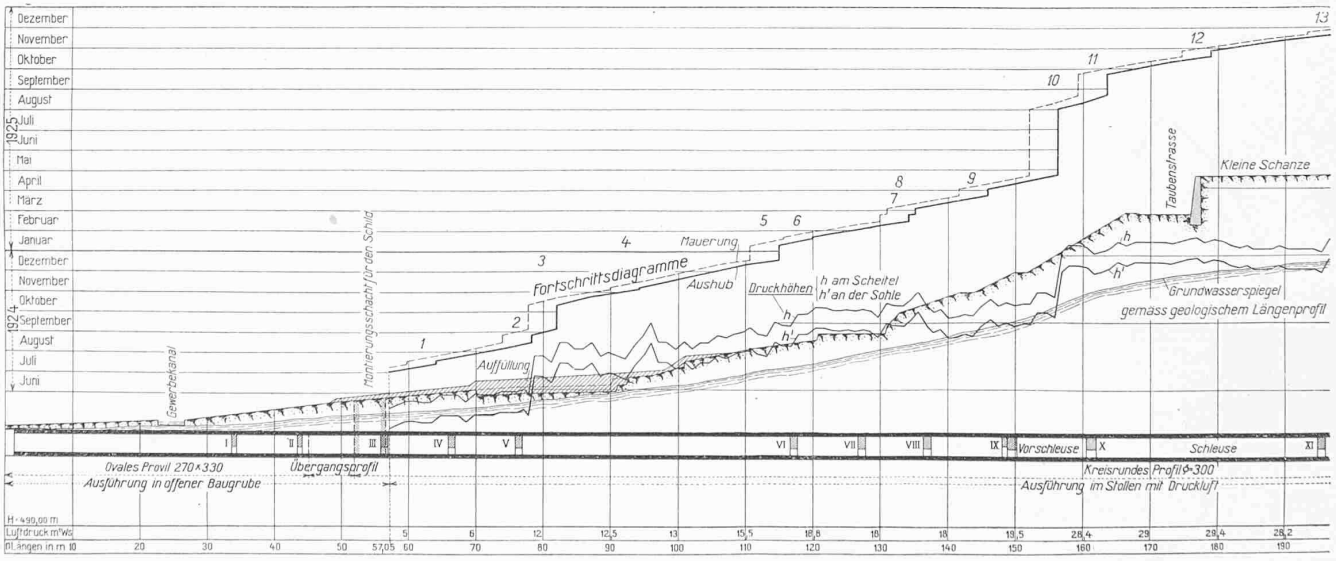


Abb. 17. Längenschnitt 1 : 1000 des Sulgenbachstollens mit Angabe des Arbeitsfortschritts, der Luftdrucke in der Arbeitskammer und der Verteilung der Schleusenkammern.

LEGENDE: 1 Streik; 2 Dichtungsarbeiten, Auffüllen; 3 Dichtungsarbeiten, Aufschüttung, Torkretieren von Hm. 0,52 bis Hm. 0,82; 4 Installation des Kompressors VII; 5 Erstellen der Schleusenmauern III und IV; 6 Installation des Kompressors II, Injektionen; 7 Erstellen der Schleusenmauern V und VI; 8 Installation des Kompressors VI; 9 Installation der Kompressoren VI und VII; 10 Installation von zwei getrennten Maschinengruppen; (Fortsetzung nebenan.)

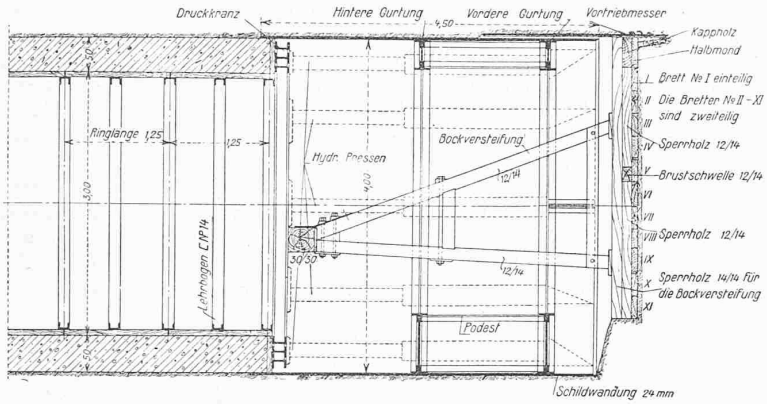


Abb. 12. Brustversteifung beim Vordrücken des Schildes. — Masstab 1 : 80.

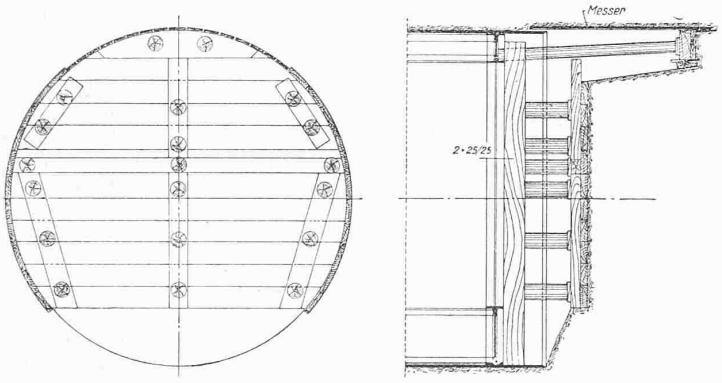


Abb. 13. Versteifung beim Vorziehen der Messer. — Masstab 1 : 80.

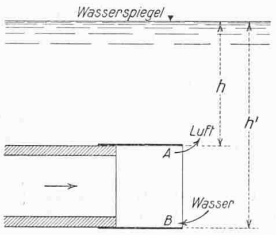


Abb. 15.

zur vertikalen Caisson-Absenkung, hat ihre Ursache darin, dass nicht auf der ganzen, offenen Arbeitsfläche der gleiche Wasserdruck herrscht. In A (Abb. 15) herrscht der Wasserdruck h, in B aber h'. Hält der Luftdruck in der Arbeitskammer dem Wasserdruck h das Gleichgewicht, so dringt das Wasser im untern Teil ein, entspricht er aber h', so strömt oben eine grosse Luftmenge aus. Sie sucht sich, Wasser und loses Gebirge mit sich reissend, Bahn nach oben, die Ueberlagerung wird dadurch beunruhigt und gelockert und es können grössere Ausbrüche stattfinden, wenn nicht an der Brust selber sorgfältig abgedichtet oder, was namentlich bei geringen Ueberlagerungshöhen notwendig werden kann, die Oberfläche belastet und gedichtet wird. Beides ist kostspielig und nicht immer sicher. Die Lufteintweichungen rufen auch Druckschwankungen hervor, die die ganze Sachlage noch verschlimmern.

Der Vortrieb von Süden her mit dem neuen Verfahren brachte neuerdings unliebsame Ueberraschungen. Das Gebirge war schlechter als man erwartete. Es bestand vielfach aus Schliesand. Anfänglich bot auch die Führung des Schildes Schwierigkeiten. Da das Wasser bis auf die Sohle verdrängt werden musste, entwich bei der geringen Anfangsüberlagerung (etwa 5 m über dem Scheitel) sehr viel Luft. An der Oberfläche traten Quellen mit heftiger Blasenbildung auf, die Geländeabdeckungen usw. notwendig machten (Abb. 16 und 17). Bald trat auch die eigentümliche Erscheinung auf, dass der im Vortrieb notwendige Ueberdruck einer höhern Wassersäule entsprach, als die ganze Ueberlagerung mass (Abb. 17). Bei Hm. 0,79 z. B. stieg der nötige Ueberdruck bei einer Ueberlagerung von nur 7,5 m über dem Scheitel (11,5 m über der Sohle) auf 12 m WS an. Diese Erscheinung hielt bis Hm. 1,35 an. Sie hatte sehr grosse Luftverluste und auch das Reissen des Gewölbescheitels auf etwa 30 m Länge zur Folge, was eine nachträgliche Innenarmierung mit 8 cm starkem Torkretverputz notwendig machte. Als dann das Gelände höher anstieg, blieb schliesslich die Druckhöhe tiefer als die Ueberlagerungshöhe, stieg aber immerhin weiter bis auf 3,2 at.

Unter der Voraussetzung eines Ueberdruckes von etwa 2 at war mit einem Luftbedarf (angesaugte atmosphärische Luft) von etwa 1000 m³/h = 16 bis 17 m³/min gerechnet worden. Mit der Steigerung des Luftdruckes und des Luftverbrauches wurden auch reichlicher bemessene Installationen erforderlich; die Zahl der Kompressoren-Einheiten wurde zunächst von drei auf acht erhöht. Diese Anlage hätte vielleicht genügt, wenn der Druck auf 2 bis 2,1 at geblieben wäre. Sie arbeitete aber unrationell, wie alle sukzessive, ohne nach von vornherein festgelegtem Plan ergänzten Einrichtungen. Zudem hatte man mit dem Durchschlag bis spätestens im November 1925 gerechnet. Die Unternehmung verfügte über zwei Kraftquellen, das städtische Elektrizitätswerk und die B. K. W. (bei solchen Arbeiten ist zur Sicherheit, d. h. um gegen Unterbrechungen mit ihren gefährlichen Folgen geschützt zu sein, stets eine Reservekraftquelle notwendig). Da die

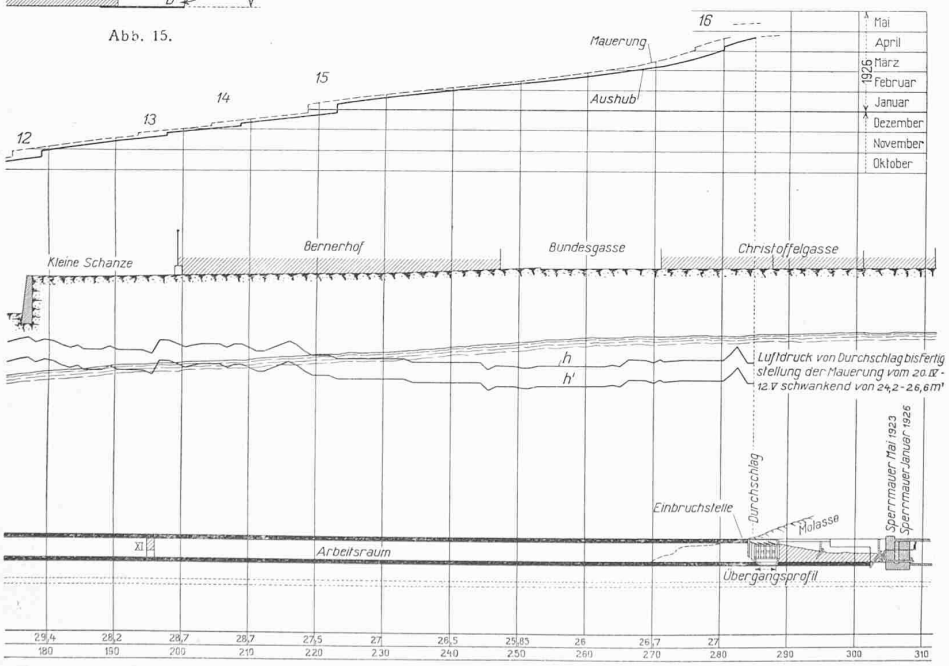


Abb. 18. Fortsetzung des Längenschnitts Abb. 17 bis zur Einbruchstelle. — Längen und Höhen 1 : 1000.

Fortsetzung der Legende: 11 Installation der Dieselanlage, neues Maschinenhaus; 12 Versetzen der Schleusenmauern; 13 Injektionen; 14 Erstellen eines Verstärkungsringes; 15 Erstellen der Schleusenmauer XI, Injektionen; 16 Ostern; Schlagen eines Sondierloches.

B. K. W. für den Winter 1925/26 eine Stromlieferung nicht zusichern konnten, wurde im Sommer 1925 ein Dieselmotor mit zwei neuen Rotationskompressoren aufgestellt, wozu ein neues Maschinenhaus nötig war, das auch einen neuen Elektromotor erhielt. Während dieser Neuinstallierung blieb der Vortrieb eingestellt (Ziffer 10 in Abb. 17). Nach Wiederaufnahme des Betriebs im August 1925 ging dann die Arbeit ziemlich regelmässig vorwärts. Aber der Druck erreichte nun die schon erwähnte Höhe von 3,2 at. Dieser hohe Druck hatte ebenfalls erhebliche Mehrkosten zur Folge; er erforderte stets sorgfältige Abdichtung der Stollenbrust und verminderte namentlich die Leistungsfähigkeit der Arbeiter, deren Arbeitszeit auf vier Stunden herabgesetzt werden musste, gegenüber sechs Stunden in der ersten Strecke mit geringerem Druck. Die Ein- und Ausschleuszeiten wurden lang (20 bis 30 min für das Ein- und 60 bis 70 min für das Ausschleusen). Die Schleusen (Abb. 6 u. 19), durch 2 m starke, gemauerte Wände abgeschlossene Kammern in der fertigen Strecke, mussten stets wieder nach vorn verlegt werden (Abb. 17 und 18), da in längern Arbeitskammern der Druck schwer zu halten war. Zur Hebung der Leistungsfähigkeit der Schleusen, und um den Uebergang aus der atmosphärischen Luft in den hohen Druck und umgekehrt besser regulieren zu können, wurden die Schleusen zweistufig, d. h. als hintereinanderliegende Doppelschleusen erstellt, und zur Vermeidung von Druckschwankungen in der Arbeitskammer die Druckluft für die Schleusen nicht der Arbeitskammer, sondern mittels eigener, direkter Leitungen einem besondern Kompressor bezw. Windkessel entnommen. Bei dem hohen Drucke traten, besonders im Anfang, viele Fälle von Caissonkrankheit auf, zu deren Bekämpfung eine Krankenschleuse auf dem Installationsplatz aufgestellt wurde.

Die aufgezählten Schwierigkeiten hatten sehr oft auch ein langsames Fortschrittstempo zur Folge, wobei es öfters vorkam, dass der Beton bereits im Abbinden begriffen war, wenn der Schild wieder um eine Länge vorgepresst werden konnte. Besonders in der Kurve vor Hm. 2 kamen gelegentlich Verdrückungen und Beschädigungen der Verkleidung vor. Am 20. April 1926, um 14 h 50, erfolgte endlich der Durchschlag, für Bauleitung und Unternehmung ein längst ersehntes, willkommenes Ereignis.

Infolge der durch die aufgezählten Vorkommnisse auch gegenüber dem durch Schiedspruch festgesetzten Preis von 3515 Fr./m neuerdings erhöhten Selbstkosten sah sich die Unternehmung abermals genötigt, ein Schiedsgericht anzurufen. Durch Vereinbarung vom 8. September 1925 wurde ein solches wieder bestellt aus den Mitgliedern des ersten, zu denen noch mit Rücksicht auf die nicht ganz einfachen Rechtsfragen zwei weitere Juristen, die bernischen Oberrichter Feuz und Leuenberger, kamen. Es kann hier nicht auf Einzelheiten der Klage und ihrer Beantwortung, sowie des Urteils eingetreten werden; es soll nur kurz auf das Grundsätzliche und namentlich das für den Techniker Wichtige hingewiesen werden.

Auch das zweite Schiedsgericht stellte sich auf den Standpunkt, mit der gleichen Motivierung wie das erste, dass Art. 373 hier anwendbar und zwingendes Recht sei. Gegenüber der „Einrede der beurteilten Sache", die die Stadt begreiflicherweise erhob, entschied das Schiedsgericht, es habe auf die Klage einzutreten, sofern es sich um *neue* ausserordentliche Umstände handle, die bei Fällung des ersten Urteils objektiv nicht vorausgesehen werden konnten, dass aber solche, die zwar objektiv voraussehbar waren, aber nicht vorausgesehen wurden, nicht mehr berücksichtigt werden dürften, da die Parteien bei der Preisbestimmung nicht direkt beteiligt waren.[1]) Als *neue* ausserordentliche Umstände, die zur Zeit des ersten Verfahrens objektiv nicht vorauszusehen waren, wurden die Schwierigkeiten anerkannt, die mit dem abnormalen Ueberdruck in der Strecke mit geringer Ueberlagerung zusammenhingen, d. h. mit dem erwähnten Umstand, dass auf jener Strecke der Wasserdruck höher stieg, als einer Wassersäule von der Höhe der ganzen Ueberlagerung entsprach; dagegen wurde der hohe Druck, der in den letzten 100 m 3 at überschritt, zwar als unerwartet, aber nicht als objektiv ausgeschlossen betrachtet. Dass das Manometer in der Abschlussmauer bloss 1,8 at zeigte, was an der Sohle auf wenig über 2 at schliessen liess, musste davon herrühren, dass infolge Abfliessens von Wasser im fertigen Stollen ein Druckgefälle entstanden war.

Es wurde anerkannt, dass der abnormale Druck in der ersten Partie die sofortige Einführung des Schildes notwendig gemacht hätte. Deshalb wurden dessen Kosten der Unternehmung zugesprochen und zwar für die ganze Länge der Südseite, da für die letzten 100 m eine Aenderung des Systems nicht mehr rationell und auch vorsichtshalber nicht statthaft gewesen wäre. Dagegen mussten die Mehrkosten wie Verkürzung der Arbeitszeit durch Ansteigen des Druckes auf über 3 at, abgelehnt werden. Unter Abzug einiger Mehrkosten infolge von Baufehlern, wie solche auf Baustellen wohl stets vorkommen, und solcher, die nicht auf neue, ausserordentliche Umstände zurückzuführen waren, sprach schliesslich das Schiedsgericht der Unternehmung einen Werklohn zu, der, auf die ganze mit Schild und Druckluft ausgeführte Strecke verteilt, den Preis für den Meter Stollen auf etwa 7000 Fr. erhöhte.

*

Die Geschichte dieses verhältnismässig kleinen Baues bietet dem Techniker viel Interessantes. Technisch dadurch, dass dabei auch einige Erfahrung im Schildbau mit Druckluft nach der Schweiz kam. Bis jetzt war in der Schweiz einzig der anfangs der 1890er Jahre erstellte Emmersbergtunnel bei Schaffhausen mit Druckluft erstellt worden, aber ohne Schild.[1]) Besondere Bedeutung haben aber für uns Ingenieure die rechtlichen Lehren, die er brachte. Wenn auch Schiedsgerichtsurteile nicht die Recht schaffende Bedeutung haben wie Urteile ordentlicher Gerichte, besonders des Bundesgerichtes, so haben doch namhafte Juristen, Mitglieder eines kantonalen Obergerichtes, dabei mitgewirkt, sodass man an den Urteilen, die durch die Feder des als Sekretär dabei beteiligten bernischen Obergerichtschreibers Dr. Stauffer auch der juristischen Literatur angehören, nicht achtlos vorübergehen wird.

Zum Schlusse sei hier noch der Beteiligten gedacht. Der Stadtverwaltung und ihren Ingenieuren, besonders auch der Unternehmung hat dieser Stollen schwere Stunden bereitet. Als Kollegen wünschen wir, dass das endliche Gelingen des Werkes ihnen Genugtuung verschaffen und die erworbenen Erfahrungen auch einigen Ersatz für ihre Sorgen und materiellen Enttäuschungen einbringen mögen.

[1]) Angesichts der Bedeutung der streng rechtlichen Auslegung des Art. 373 erhebt sich für die Ingenieure neuerdings die Frage, ob das O. R. in seinem Abschnitt über den Werkvertrag den Bedürfnissen des Tiefbaues wirklich ganz entspricht, oder ob es nicht allzusehr nur auf die viel normalern Verhältnisse des Hochbaues zugeschnitten ist, was bei einer künftigen Revision zu prüfen wäre.

[1]) Beschrieben von F. Hennings in „S. B. Z." Bd. 24, S. 67*, 75*, 171 (1894) und in Bd. 25, S. 135* (1895).

Die Fresken im Fraumünster-Durchgang in Zürich.

(Hierzu Tafeln 19 bis 22.)

Am 15. Februar d. J. sind diese neuen Wandgemälde, ein Werk von Paul Bodmer (Oetwil am See), mit einer knappen Ansprache von Herrn Stadtrat Dr. E. Klöti und längern historischen Ausführungen des Stadtpräsidenten Nägeli der Oeffentlichkeit übergeben worden. Ueber den Wettbewerb, aus dem die Bodmerschen Entwürfe unter 60 den Sieg davongetragen haben, im gleichen Rang mit Entwürfen von G. Baumberger, hat die „S. B. Z." in Band 80, Seite 76 (12. August 1922) mit Bildern ausführlich berichtet.

Die Wandgemälde schöpfen ihren Gegenstand aus der Gründungssage der Fraumünsterabtei: zwei Königstöchtern wird von einem geheimnisvollen Hirsch mit leuch-