



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300016

Felsensprengungen unter Wasser

Donaustrasse, Steiner-Elisenstr. Thür

Felsensprengungen im Rhein zwischen
Bingen und St. Goar

Herrn Dr. H. H. H.



x
1417

Die
Felsensprengungen unter Wasser

in der
Donaustrecke „Stenka-Eisernes Thor“

mit einer Schlussbetrachtung über die

Felsensprengungen im Rhein zwischen
Bingen und St. Goar

von

Georg Rupčić,

Ingenieur, Mitglied des ungarischen Landes-Baurathes,
Ritter mehrerer Orden.

Mit 6 Tafeln und 16 in den Text eingedruckten Abbildungen.

F. Nr. 21 393



Braunschweig,
Friedr. Vieweg und Sohn.

1897.

5.40
430

x
1417

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

1131150

Akc. Nr. 2080/49

V o r w o r t.

Wohl Jeder, der den heutigen culturellen Fortschritten nicht fremd gegenübersteht, hat in den letzten Jahren von den Regulierungsarbeiten an den unteren Donaukatarakten gehört. In den technischen Kreisen verfolgte man dieselben mit gespannter Aufmerksamkeit und erkannte bald, welch' grosse Aufgabe die Bauunternehmung zu lösen hatte.

In zahlreichen Vorträgen, Fachzeitschriften und Zeitungsartikeln besprach man mit theilweise grosser Sachkenntniss diese Regulierungsarbeiten; der zuweilen ganz aussergewöhnlichen Schwierigkeiten, die sich dem Fortschreiten derselben entgegenstellten, wurde aber nirgends gedacht. Der Grund hierfür ist wohl darin zu suchen, dass das Interesse der die Regulierungsarbeiten besuchenden Fachleute mehr auf den allgemeinen Gang und die Art und Weise der Arbeiten gerichtet war, ihnen auch die Zeit fehlte, tiefer in die mannigfachen, jedoch überaus wichtigen Einzelheiten derselben einzudringen.

Wie nun die Erfahrungen erlangt wurden, die allein die verhältnissmässig rasche Ausführung der vertragsmässig übernommenen Arbeiten ermöglichten, und wie die Hilfsmittel entstanden und endgültig für ihre besonderen Zwecke ausgebildet wurden, soll hier kurz dargestellt werden.

Inzwischen brachte die Kölnische Zeitung vom 31. Mai 1896 in ihrer zweiten Beilage zur Sonntags-Ausgabe unter Benutzung von „Glaser's Annalen“ 1893 und einem Hefte der „Zeitschrift für Bauwesen“ folgenden Artikel über die Felsensprengungen im Rhein zwischen Bingen und St. Goar:

„Die neuzeitlichen Hilfsmittel der Technik haben, wie auf so vielen anderen Gebieten, so auch in der Erschliessung der Wasser-

strassen grossartige Erfolge gezeitigt, sei es auf dem Wege der Durchquerung weiter Länderstrecken durch Canäle, sei es durch Beseitigung der Schifffahrtshindernisse in den natürlichen Wasserstrassen. Auch die Geschichte der Verbesserung der Fahrrinne des schönsten deutschen Stromes, des Rheines, ist zugleich eine Geschichte der Verbesserung der technischen Hilfsmittel für derartige Arbeiten; zahlreiche Verbesserungen dieser Art haben von hier ihren Ausgang genommen; eigenartig und selbständig ist die Entwicklung auch solcher technischen Mittel gewesen, die von aussen herzugetragen wurden.

Ursprünglich waren die Felsenriffe des Bingerloches die von den Rheinschiffen meist gefürchteten Hindernisse, bis in den Jahren 1830 bis 1832 unter der Leitung des Wasserbau-Inspectors van den Bergh dicht unterhalb Bingen eine 70 m breite Fahrrinne durch jene Felsenriffe ausgesprengt wurde. Wenngleich bei niedrigem Wasserstande die tiefgehenden Rheinschiffe hier immer noch keine genügend tiefe Fahrrinne vorfanden, so war doch der Schrecken des Schiffers nunmehr die Felsenstrecke St. Goar-Bingen. Hier fand er nicht nur bei niedrigem Wasserstande noch weniger Fahrwasser vor, als im Bingerloch, sondern es mahnten ihn auch die allenthalben im Rheinstrombette hochanstehenden, zum Theil aus dem Wasser hervorragenden Felsen dauernd zur grössten Vorsicht. Erst wenn er bei der Thalfahrt vom jetzigen Niederwalddenkmal her den vielbesungenen Loreleifelsen und die unmittelbar bei St. Goar unterhalb der Lorelei gelegenen Riffe ohne Schaden passirt hatte, konnte er wieder aufathmen. Schon gegen Ende der dreissiger Jahre wurden daher die Sprengarbeiten von Neuem aufgenommen und allmählich auf die ganze Stromstrecke zwischen Bingen und St. Goar ausgedehnt. Bis zum Jahre 1866 war hierbei auch die hessische Regierung betheilig, seither sind die Felsenspreng- und Räumungsarbeiten von der preussischen Regierung allein fortgeführt worden. Die lange Dauer der Arbeiten ist einerseits in dem grossen Umfange und der Schwierigkeit derselben bei reissender Strömung und inmitten eines lebhaften Schifffahrtbetriebes begründet, sodann aber hat man mit dem Fortschritt der Sprengungen das Ziel immer weiter gesteckt. Zunächst wurde nur erstrebt, die der Schifffahrt am meisten hinderlichen Felsköpfe zwei Fuss unter Bingerlochsohle abzu-

sprengen, ohne die auf Bingerlochsohle liegenden Kuppen vorläufig zu berühren; die nach dem Oberrhein fahrenden Schiffe wurden thatsächlich doch nur dem jeweiligen Wasserstande im Bingerloch entsprechend beladen. Später wurde dann durch Herstellung eines zweiten tieferen Fahrwassers an der Mäusethurm-Insel die Umgehung des Bingerloches für tiefer gehende Schiffe ermöglicht, und da gleichzeitig beabsichtigt wurde, das fast durchgängig auf Bingerlochsohle liegende Fahrwasser im Rheingau zu vertiefen, so wurde auf der Versammlung der Techniker der Rheinuferstaaten 1874 auch für die Arbeiten in der Stromstrecke Bingen-St. Goar die Herstellung einer grösseren Wassertiefe, und zwar von 2 m zwischen Bingen und Caub und von 2,5 m auf der Strecke Caub-St. Goar bei einem niedrigsten Wasserstande von 1,24 m am preussischen Binger Pegel als erreichbar und erstrebenswerth bezeichnet. An der Erreichung dieses Zieles wird jetzt noch gearbeitet.

Der Arbeitsvorgang war in grossen Zügen in frühester Zeit derselbe wie heute. Es sind zunächst Bohrlöcher zur Aufnahme des Sprengmaterials herzustellen, das ist der schwierigste und zeitraubendste Theil aller Arbeiten, dann folgt das Sprengen, dazu dient Pulver oder Dynamit. Die abgesprengten Felstrümmer wurden anfangs mit Rechen oder Handbaggern gehoben; der geringe Erfolg und die grossen Kosten führten dann seit 1860 zur Verwendung von Taucherschächten; ausserdem werden seit dem Jahre 1886 Excavatoren zur Förderung der gesprengten Felsen erfolgreich benutzt; das sind Greifbagger, deren schwere Greifer mit scharf gezackten Rändern durch das eigene Gewicht sich beim Fallen in die Felstrümmer eingraben und dann beim Aufziehen von selbst zusammenschliessen und in dem Hohlraum zwischen sich die Trümmer mit heraufbringen. Die Bohrarbeit wurde ursprünglich mit Hand-Schlagbohrern geleistet. Soweit es die Schifffahrt gestattete, brach man dabei die Gewalt der Strömung oberhalb der Arbeitsstelle durch versenkte hölzerne Kasten. Anfangs der 50er Jahre machte man dann die Bohrer schwerer und schwerer und kam so zu den leistungsfähigeren Stampf- und Fallbohrern, die in der sogenannten Handbohrmaschine, an einem Wippbaume frei schwebend aufgehängt, ebenso wie bei der bekannten Handramme in rascher Aufeinanderfolge

kräftige Stöße gegen den Felsen ausführten. Ein solcher Bohrer wog $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Centner. Noch heute ist diese einfache Einrichtung mit Vortheil anzuwenden, wo die Felsmassen zu gering sind, um die Beschaffung theurer Maschinenbohrer lohnend erscheinen zu lassen.

Aber selbst mit diesem verbesserten Hilfsmittel rückten die Bohrarbeiten zu langsam vor; wo, wie in der Nähe von Caub, das Gestein zerklüftet und sehr schräg geschichtet war, trafen die Bohrlöcher nicht selten in eine Felsspalte; bei der Sprengung öffneten sich dann nur diese Felsspalten, die festen Felsmassen aber blieben in scharfen Spitzen stehen. Da gerade an dieser Stelle bei Caub, im sogenannten wilden Gefähr, grossartige Felsensprengarbeiten erforderlich waren, ausserdem fast durchgehends weicher Thonschiefer anstand, so kam der damalige Strombaudirector, Geh. Regierungsrath Nobiling, auf den Gedanken, die Felsen durch schwere, mit meisselartigen Schürfen versehene Rammklötze abzuspalten. Das sollte sich in der Ausführung wie bei der Kunstramme gestalten, bei der ein schwerer Rammbar auf eine gewisse Höhe angehoben wird und dann, frei in Führungen fallend, auf einen Pfahlkopf — hier also direct auf den abzuspriegenden Felsen — niedersaust. Dieser Gedanke, der leider bei den Sprengungen im Rhein vorerst nicht in nennenswerthem Umfange durchgeführt wurde, ist in späterer Zeit von dem englischen Ingenieur Lobnitz aufgenommen worden; die Anwendung der Lobnitz'schen Felsenbrecher im Suezcanal, in England und Schottland, besonders aber bei den Sprengarbeiten in der Donau am Eisernen Thore hat die Vortrefflichkeit der Nobiling'schen Idee ins rechte Licht gerückt. In ihrem Ursprung deutsch, sind die Felsenbrecher auch in ihrer neuesten praktischen Ausgestaltung das Werk deutscher Ingenieure; sie sind nämlich in der Form, in der sie bei den Sprengungen am Eisernen Thore zuguterletzt verwandt wurden, von dem Maschinenfabrikanten Luther in Braunschweig erbaut. Dieser verwandte einen Meissel, der gegen 8 m lang und 8000 kg schwer war. Nach diesem Vorbilde soll jetzt ein Felsenbrecher für den Rhein beschafft werden, dessen Tragschiff 60 m lang und 12 m breit ist. Statt der Kunstramme wurden auf Nobiling's eigene Anregung 1859 Schwartzkopff'sche Dampfschlagbohrmaschinen beschafft und

zu deren Aufstellung ein schwimmendes, aus zwei mit einander verbundenen Tragschiffen bestehendes Gerüst erbaut. An dem Gerüst hing zwischen den Tragschiffen eine Arbeitsplattform mit Schienengeleise, auf dem sechs Wagen beliebig verschoben werden konnten, die jeder eine Dampfbohrmaschine trugen. Da die Bohrmaschinen auf den Wagen selbst auch hin- und hergeschoben werden konnten, so konnten die Bohrer auf dem durch die Arbeitsplattform umschriebenen Raume beliebig vertheilt werden, wie es eben die Lage der Felsen erforderte. Sollte gebohrt werden, so wurde die Arbeitsplattform auf sogenannte Schorbäume gestützt, die im Strombette aufstanden. Dadurch wurde sie von den Tragschiffen, also auch von deren Bewegungen durch Wellenschlag frei und gestattete eine gesicherte Arbeit der Bohrer, gleichsam wie von einem im Strombette stehenden Tische aus. Auch die Tragschiffe wurden übrigens abgesteift. Die Leistungen des Dampfbohrapparates waren so geringe, dass sich der damalige bauleitende Beamte, Wasserbau-Inspector Hipp, bald zu der Aenderung veranlasst sah, an Stelle der selbstthätigen Steuerung eine Handsteuerung zu setzen und den Bohrer wieder als Fallbohrer wirken zu lassen unter Beibehaltung des Dampfes zum Heben des Bohrers. Hipp's Bohrmaschine bot das Besterreichbare, sie ist der Typus der noch heute im Gebrauche befindlichen Stossbohrmaschinen für alle möglichen anderen Zwecke und fand bei den Sprengungen im Rhein bis in die achtziger Jahre hinein Anwendung. In der Zeit vom 1. April 1876 bis 31. März 1883 war der Apparat durchschnittlich jährlich an 85 Arbeitstagen in Betrieb, an 66 Sonn- und Feiertagen ruhte die Arbeit, an 106 Tagen störten Eisgang und Hochwasser, an 93 Tagen bannten Reparaturen den Bohrapparat in den Hafen. Bei Hochwasser hätte man wohl arbeiten können, allein, da dann die Bohrer zwischen Fels und Bohrmaschine eine Länge von $3\frac{1}{2}$ bis 4 m hatten, so erzitterten sie unter der starken Strömung trotz 7 bis 8 cm Stärke so sehr, dass ihre Schlagwirkung auf das Gestein zu schwach wurde. An den Arbeitstagen schrumpfte mit zunehmendem Schiffsverkehr die freie Arbeitszeit mehr und mehr zusammen. Da meistens in der Hauptfahrinne oder in deren nächster Nähe zu sprengen war, so mussten die Bohrapparate bei Annäherung von Schleppzügen oder grösseren Flössen aus

dem Wege gefahren werden. Das Wiederauffinden der halbfertigen Bohrlöcher war mühsam und zeitraubend; an manchen Stellen hatten dann Sand und Kies die Höhlungen gefüllt und mussten erneut zermalmt werden. Oft aber und namentlich bei sehr festen Gesteinsarten, wie z. B. im Bingerloch, mussten zur Herstellung eines einzigen Bohrloches 10 bis 12 neue Bohrer eingesetzt werden, so schnell wurden die Stahlkronen der Stampfbohrer stumpf. An diesem Maassstabe gemessen erscheint es immer noch eine glänzende Leistung, wenn von 1876 bis 1883 mit dem Dampfbohrapparate und zwei Handbohrmaschinen, Wippbohrern der oben beschriebenen Art, zusammen 10 217 Bohrlöcher mit einer Gesamtbohrtiefe von 1 516 281 cm niedergetrieben wurden; je 1 cm Bohrloch kostete etwa 13 Pf. Man hielt nun Umschau, ob anderweitig bessere Hilfsmittel zu Gebote ständen, und beschaffte versuchsweise Bohrapparate nach dem System der Pennsylvania Diamond Drill Co. Auch diese Bohrapparate wurden auf einem Gerüste zwischen zwei Tragschiffen aufgestellt, wie oben beschrieben. Als Bohrer dienten hier Hohlcyliner aus Stahl, deren ringförmige Stirnfläche mit sechs bis acht schwarzen Diamanten, sogenannten Carbonaten, besetzt war. Eine solche Bohrkronen kostete 600 bis 800 Mark; sie wurde in das Bohrgestänge eingeschraubt, das von einer eigenartigen Dampfmaschine in schnelle Drehung — minutlich 400 bis 500 Umdrehungen — versetzt wurde und so angeordnet war, dass auch beliebig schräg gebohrt werden konnte; ausserdem konnte das Gestänge durch Wasserdruck nach Belieben auf das Gestein niedergepresst oder von demselben abgehoben werden. Da die Bohrkronen hohl war, blieb im Bohrloch, das etwa 56 mm Durchmesser hatte, ein cylindrischer Gesteinskörper stehen; der sogenannte Bohrschmand wurde aus dem ringförmigen Hohlraume durch einen kräftigen Wasserstrahl ausgespült. Die Tragschiffe mit diesen neuen Bohrvorrichtungen wurden der englischen Gesellschaft Beaumont, Jones u. Co. zur Verfügung gestellt, die für eine runde Summe übernommen hatte, eine Felsgruppe nach dem ihr patentirten Verfahren zu bohren und zu sprengen. Bei Ausführung dieser Arbeiten ergab sich als wesentlichster Vorzug der Diamantbohrer, dass sie auch bei Hochwasser arbeiten konnten, sowie dass das Arbeitsgerüst wegen einer eigenartigen pendelnden Aufhängung

der Bohrraparate nicht auf Pfählen im Strombette festgestellt zu werden brauchte, wodurch bei den häufigen Unterbrechungen der Arbeit wegen des regen Schiff- und Flossverkehrs viel Zeit gespart wurde. Im harten Gestein schliff sich aber die stählerne Fassung der Diamanten rasch ab, die Diamanten brachen dann aus und machten so die Bohrarbeit sehr kostspielig. Von der Beibehaltung des Verfahrens wurde deshalb und wegen zu hoher Forderungen der Engländer abgesehen.

Bis dahin war nur Pulver in Büchsen von 2 bis 3 kg als Sprengmittel benutzt worden, die Zündschnur wurde so lang gemacht, dass vom Anzünden bis zur Explosion etwa zwei Minuten vergingen, in dieser Zeit trieb der Bohrrapparat 40 bis 50 m stromab, allwo er gegen die Wirkungen der Explosion gesichert war. Schiessbaumwolle, die man anfangs der achtziger Jahre auf sachverständigen Rath einfach auf die zu beseitigenden Felsen gelegt hatte, warf bei der Explosion zwar eine riesige Menge Wasser auf, that aber den Felsen keinen Schaden; die Hoffnung, so die Bohrarbeiten zu umgehen, wurde also im wahrsten Sinne des Wortes zu Wasser. Die Engländer hatten statt des Pulvers Dynamit geladen und auf elektrischem Wege mit einer kleinen Dynamomaschine entzündet.

Der Verwendung von Taucherschächten zum Abräumen der gesprengten Felstrümmer wurde bereits gedacht. Im Jahre 1887 führten Berathungen zwischen dem Ministerialcommissar für die Rhein-Regulierungsarbeiten, dem Rheinstrombaudirector Berring und den bauleitenden Beamten zu einem Versuche, in der Taucherglocke Bohrmaschinen für Druckluftbetrieb anzubringen und so die Felsen gewissermaassen im Trocknen anzugreifen. Dieser Versuch gelang so vortrefflich, dass alsbald die drei vorhandenen Taucherschächte mit je zwei Bohrmaschinen ausgerüstet und zwei weitere grössere Taucherschächte mit je sechs Bohrmaschinen gebaut wurden. Um diese Neubauten haben sich die Gutehoffnungshütte zu Oberhausen und der Maschinenfabrikant Hanner in Duisburg verdient gemacht.

Mittelst dieser Schächte wird heutzutage die Bohrarbeit in der Felsenstrecke des Rheins ausschliesslich ausgeführt. Des neuesten Taucherschachtes Einrichtung ist folgende: Das Taucherschiff trägt in der Mitte das Gerüst, in welchem über einer

Aussparung im Schiffskörper die schwere eiserne Taucherglocke hängt. Die Taucherglocke ist einer grossen Selterswasserflasche ohne Boden mit langgerecktem Halse vergleichbar, die, statt mit einem Pfropfen, durch Aufsetzen eines Gefässes ähnlich dem Flaschenbauch oben abgeschlossen ist. Das obere Gefäss dient zur Aufnahme der geförderten Felstrümmer; im Glockenhalse befinden sich ein Einsteigeschacht und zwei Förderschächte. Der untere weite Glockentheil dient als Arbeitsraum und setzt sich beim Nachlassen der Ketten, mit denen die Glocke im Gerüst hängt, mit seinen Rändern auf das felsige Strombett auf. Ob schon die Glocke das ansehnliche Gewicht von 84 000 kg hat, steht sie bei reissender Strömung für die Bohrarbeit nicht sicher genug; sie wird deshalb noch mit einem Theile des Schiffsgewichtes belastet, indem das Schiff gleichsam an den Aufhängeketten der auf dem Flussboden aufstehenden Glocke aufgehängt wird. Dies geschieht durch Aufwinden der Ketten auf Windetrommeln. Nunmehr wird von einer Luftcompressionspumpe, zu deren Antrieb eine 100 pferdige Dampfmaschine auf dem Tragschiffe aufgestellt ist, gepresste Luft in die Glocke gedrückt und so das Wasser, das ursprünglich im Inneren der Glocke ebenso hoch steht, wie aussen, aus der Glocke verdrängt. Der mit dem Wasserstande wechselnde Luftdruck im Inneren der Glocke ist nie höher als $\frac{7}{10}$ Atmosphären über dem äusseren Luftdruck. Durch den Einsteigeschacht im Glockenhalse können die Arbeiter einsteigen und nun nahezu im Trocknen — denn nur auf dem unregelmässigen Felsboden steht noch etwas Wasser — die Bohrapparate an den richtigen Stellen ansetzen und demnächst durch Zulassung von Pressluft in Thätigkeit setzen. Die Bohrapparate sind zu diesem Zwecke im Inneren des unteren Glockenraumes bequem verstellbar angeordnet; sie führen bei etwa 180 mm Hub in der Minute gegen 300 Stösse aus. Die Bohrer werden durch Anstauchen aus 26 mm Rundstahl mit kreuzförmiger Schneide hergestellt; der Verbrauch an Bohrern ist bei dem festen Quarzit des Rheins ein ausserordentlich grosser. Es ist vorgekommen, dass bei Herstellung von 1 m Bohrlochlänge 94 Stück Bohrer verbraucht wurden. Zur Bedienung der sechs Bohrmaschinen in der Glocke sind neun Mann erforderlich, die unter dem genannten Luftdruck acht Stunden ohne längere Arbeitspausen arbeiten, so dass

bei 24stündigem Betriebe 27 Mann die Bohrarbeit leisten. Die Bohrlöcher werden ungefähr 1 m unter Normalsohle getrieben; gesprengt wird mit der stärksten Dynamitsorte, von der auf 1 m Bohrlochtiefe 1 kg kommt. In der von der Glocke überdeckten Fläche von 25 qm sind in der Regel 14 bis 17 Bohrlöcher zu setzen. Das Dynamit wird in kleinen Patronen in die Bohrlöcher geworfen und mit einem hölzernen Ladestock zusammengepresst, sodann kommt eine Patrone mit elektrischem Zünder darauf und endlich wird der Rest des Bohrloches mit gutem Sandbesatze ausgefüllt. In jeden elektrischen Zünder sind zwei Leitungsdrähte eingeführt, die im Zündhütchen durch einen kleinen Zwischenraum getrennt sind. Diese Leitungsdrähte werden von Bohrloch zu Bohrloch mit einander verbunden und endlich die äusseren 80 bis 90 m langen Leitungsdrähte unter der Taucherglocke und dem Schiffsboden durchgezogen, aussenbords hochgenommen und an der Elektrisirmaschine befestigt. Der Taucherschacht fährt mit Hülfe seiner Dampfwinden 40 bis 50 m weit von dem Sprengfelde weg, ein Fingerdruck schliesst den elektrischen Strom, der in sämtlichen Zündhütchen die Lücken funkenbildend überspringt und so das Dynamit sämtlicher Bohrlöcher auf einmal zur Entzündung bringt. Sofort nach der Sprengung fährt der Schacht nach dem Sprengfelde zurück, man senkt die Glocke und überzeugt sich in derselben durch den Augenschein von dem Erfolge der Sprengung; grössere Felststücke werden mit Hämmern zertrümmert und Gesteinstrümmer, die so hoch liegen, dass sie die Schifffahrt gefährden könnten, sofort durch den Taucherschacht abgeräumt; sodann beginnt seitwärts vom gesprengten Felde die Bohrarbeit aufs Neue. Die Bohrleistungen der Taucherschächte sind sehr gute: mit sechs Bohrmaschinen werden täglich gegen 110 m Bohrlochlänge hergestellt. Von 2100 m Bohrlochlänge im Durchschnitt der Jahre 1876 bis 1883 mit Dampfbohrapparat hob sich die Leistung auf 3000 m Bohrlochlänge im Jahre 1890 und weiter auf 28 700 m in den ersten $\frac{3}{4}$ Jahren von 1894, nachdem die drei kleinen Taucherschächte 1890 und die beiden grossen 1892 und 1893 in Betrieb gesetzt waren. Dabei ist nie mit mehr als drei Schächten gleichzeitig gearbeitet worden, wobei diese auch zeitweise zur Förderung zu dienen hatten. In den Förderschächten, welche neben dem Einsteigeschacht durch

den Glockenhals führen, bewegen sich Fahrstühle, welche durch zwei im oberen Glockenraume aufgestellte Luftdruckmaschinen angetrieben werden. Wenn die gefüllten Fördergefässe im oberen Arbeitsraume angekommen sind, kippen sie selbstthätig um und entleeren ihren Inhalt in Materialschleusen, durch welche das geförderte Gestein aus der Pressluft der Glocke in die Aussenluft übergeführt wird. Diese Schleusen haben die bei Luftdruckgründungen gebräuchlichen Formen. Wenn nicht das Gestein zu hoch aufgethürmt ist oder in zu geringen Mengen an der einzelnen Stelle liegt, empfiehlt es sich, von der Förderung mit den Schächten abzusehen, vielmehr später im Zusammenhange grössere Stromstrecken mit Baggern von den Trümmern zu befreien. Neben den Greifbaggern wird man hierzu auf Grund besonderer Versuche demnächst auch kräftige Eimerbagger heranziehen. Die Taucherschächte sind in ihrer Leistung den Dampfbohrapparaten, wie wir sie kennen lernten, erheblich überlegen; ihr Hauptvorteil besteht in der Leichtigkeit der Wiederaufsuchung der inmitten der Bohrarbeit verlassenen Bohrlöcher, dieser Vortheil wird um so mehr ausgenutzt, je mehr ein reger Schiffsverkehr das häufige Ausweichen der Bohrschiffe bedingt, und bekanntlich ist der Rhein, was die Binnenschifffahrt betrifft, einer der verkehrreichsten Flüsse der Welt. Die Einstellung der Taucherschächte auf eine bestimmte Stelle im Strombette erfolgt in einfachster Weise nach Marken, die am Ufer abgesteckt sind; die Tiefe, bis zu welcher gesprengt werden muss, wird nach den Ablesungen des Wasserstandes an den zahlreichen am Ufer angebrachten Baupegeln bestimmt.

Den vorstehenden Mittheilungen liegen Veröffentlichungen zu Grunde, welche, mit zahlreichen technischen Einzelheiten ausgestattet, von den bei diesen Arbeiten betheiligten gewesen und noch betheiligten Baubeamten, Eisenbahnbauinspector Schwanebeck und Regierungsbaumeister Unger in „Glaser's Annalen“ 1893 und einem der letzten Hefte der „Zeitschrift für Bauwesen“, bewirkt wurden. Nach der letzteren Quelle sind bis jetzt gegen 130 000 cbm Felsen abgesprengt, während mindestens 70 000 cbm noch zu sprengen sind. Die Felsensprengungen im Rheinstrome gehören daher, abgesehen von den ganz aussergewöhnlichen technischen Schwierigkeiten, die in Folge der eigenartigen Verhältnisse dabei

zu überwinden sind, auch mit Rücksicht auf die zu bewältigenden Massen zu den bedeutendsten Arbeiten dieser Art, die bisher ausgeführt worden sind.“

Wenn der Fachmann, welcher mit der Ausführung derartiger Arbeiten vertraut ist und Erfahrungen gesammelt hat, die kritische Sonde an die dem Laien gewiss gross erscheinenden Leistungsziffern anlegt, so muss er zu dem Resultate kommen, dass die Leistung in Bezug auf den Zeitaufwand, insbesondere auch in Hinsicht auf die ausserordentlich theuren und wenig zweckmässigen maschinellen Hilfsmittel nur eine ganz geringe genannt werden kann.

Man wird dies leicht erkennen, wenn man die am Rhein erzielten Leistungen denen gegenüber stellt, welche die General-Bauunternehmung der Donau-Katarakten-Regulirung bei den Sprengungen der Felsen unter Wasser erzielt hat.

Eine solche Gegenüberstellung der beiden Arbeiten ist, nebst einigen Bemerkungen über die zur Entfernung der Felsen aus dem Rheinbette bisher angewandten Methode, meiner kleinen Arbeit als Schluss angefügt, wobei dem unbefangenen Leser mit aller Wahrscheinlichkeit die Frage entschlüpfen wird: „Weshalb ist man am Rhein noch nicht so weit wie an der Donau?“

Der Verfasser.

Arbeitsmaschinen und Arbeitsweise bei Ausführung der Stromregulirung an den Donau- katarakten und am Eisernen Thore.

Entwurf, Erwägungen und Vorversuche über die Ausführbarkeit der Arbeiten.

Im Jahre 1889/90 wurde der Entwurf für die Donauregulirung festgestellt, nachdem man sich darüber schlüssig geworden war, was geschehen müsse, um die Stromschnellen in der unteren Donau schiffbar zu machen. Dabei blieb die Frage unerörtert, wie das zu geschehen hätte, wie die Felsensprengungen unter Wasser auszuführen sein würden. Es ist natürlich, dass diese hochinteressante Frage die ganze technische Welt lebhaft beschäftigte, zumal ein von der ungarischen Regierung ausgeschriebener Wettbewerb dazu besonders anregte. Es schien Mode geworden zu sein, Maschinen zum Sprengen oder Zerstören von Felsen unter Wasser zu erfinden und darauf Patente zu erwerben.

Wenn nun der Wettbewerb auch nicht den beabsichtigten Erfolg hatte, so sind durch ihn doch eine Menge guter und werthbarer Ideen zu Tage gefördert worden. Dass die Vorschläge für den gegebenen Fall unverwendbar blieben, hatte seinen Grund darin, dass die Erfinder nicht mit den Stromverhältnissen der Donau gerechnet hatten, sie nicht genügend kannten und so ihr System den thatsächlichen Verhältnissen nicht anzupassen vermochten. —

Zu jener Zeit wurden die Versuche mit der Lauer'schen Oberflächensprengmethode, über welche Oberst J. Lauer in seinem Ende 1891 herausgegebenen Buche „Methode zur Zerstörung von Felsen in Flüssen mittelst aufgelegter Sprengladungen“ (Wien 1892, Verlag von Spielhagen & Schurig) ausführliche Mittheilungen macht, wiederholt. Gleichzeitig wurden auch mit einem nach dem Plane der eines guten Rufes sich erfreuenden

ungarischen Ingenieure Könyves-Tòth-Thunhart gebauten Felsenzertrümmerer Versuche ausgeführt.

Der Erfolg des Wettbewerbes ist seiner Zeit in der Presse vielfach besprochen worden, weshalb von einem näheren Eingehen auf denselben Abstand genommen wird *). — Auf die Lauer'sche und die Könyves-Tòth-Thunhart'sche Methode wird später noch zurückgegriffen werden.

Thatsache ist es, dass der Minister de Baross bei seinem scharfen Blick und klaren Verständniss für technische Dinge weder durch den Erfolg des Wettbewerbes, noch durch die angestellten Versuche die Durchführbarkeit der geplanten Arbeiten für gesichert hielt und sich deshalb dazu entschloss, die Ausführung aller Arbeiten Unternehmern zu übertragen, deren Aufgabe es sein würde, auch für die zweckmässigen Methoden und Einrichtungen zu sorgen, mit welchen die Felsen unter Wasser sich mit Sicherheit entfernen lassen.

So ist die Lösung dieser zwar schwierigen, aber um so verdienstvolleren technischen Aufgabe: wie und mit welchen Mitteln die Regulirung der Stromschnellen in der unteren Donau durchzuführen sein würde, in die Hände des Herrn Hugo Luther, Inhaber der Firma G. Luther in Braunschweig, und der Discotogesellschaft in Berlin gelegt worden **).

Herr Hugo Luther ist Maschineningenieur, war demnach, abgesehen von seiner hohen Begabung für die ihm gestellte Aufgabe, von Beruf der rechte Mann. Denn bei der Prüfung der verschiedenen Methoden zur Felsenentfernung unter Wasser hatte man allerseits die Ueberzeugung gewonnen, dass nicht der Wasserbautechniker, sondern allein der Maschineningenieur berufen und im Stande sein würde, alle die Schwierigkeiten zu bewältigen, welche bei Ausführung der Arbeiten zu erwarten sind.

Der Ausführung der Arbeiten musste selbstredend ein eingehendes Studium der örtlichen Verhältnisse vorangehen. Hierbei

*) Diejenigen, die sich eingehender darüber unterrichten wollen, seien auf das Buch von Johann Lauer, k. u. k. Oberst der Geniewaffe, „Zerstörung von Felsen in Flüssen. Ein Beitrag zur Kenntniss der verschiedenen Felszerstörungsmethoden, sowie die hierzu verwendbaren Spreng- und Zündmittel“. Mit 35 Textabbildungen und 16 lithographirten Tafeln. Wien, Spielhagen & Schurig, 1892, verwiesen.

***) Beide verbanden sich für diesen Zweck unter der Firma „General-Bauunternehmung der Donaukatarakten-Regulirung“, deren Sitz sie nach Orsowa verlegten.

wurde es den Unternehmern bald genug klar, dass mit keiner der bekannten Methoden zur Beseitigung der Felsen aus dem Donaubbett allein die Arbeit ausführbar sein würde. Die Gesteinsarten und ihre Lagerungsverhältnisse waren so verschieden, dass es nicht möglich erschien, auf alle die gleiche Arbeitsmethode mit Erfolg anzuwenden. Nach diesen Erwägungen kamen die Unternehmer zu dem Entschlusse, sich mehrerer Methoden zum Entfernen der Felsen unter Wasser zu bedienen.

Aus der Voraufnahme des Strombettes ging es klar hervor, dass auf einzelnen Stellen 1 bis 2 m dicke Schichten zu entfernen waren, während man es auf lang ausgedehnten Flächen nur mit einzelnen Felsenspitzen, im Uebrigen aber mit einer nur 10 bis 20 cm dicken Schicht zu thun hatte. Mit Rücksicht auf die Gesteinsart und die Dicke der abzutragenden Schicht waren die Unternehmer von vornherein der Ansicht, die dünneren Schichten mittelst mechanischer Kraft abzubrechen, die dicken dagegen durch Sprengung zu zerkleinern.

Von diesem Grundsatz — der sich als rother Faden durch die ganzen nachherigen Arbeiten hindurchzieht — geleitet, hielten es dieselben für nothwendig, zunächst die bei dem oben erwähnten Wettbewerb in Vorschlag gebrachten Methoden, sodann die versuchsweise bereits durchgeführten Felsensprengungen in anderen Strombetten eingehend zu studiren. Ausserdem sandten die Unternehmer einen ihrer Ingenieure nach Suez, einen anderen nach Buffalo (Nordamerika), um die dortigen ähnlichen Arbeiten eingehend kennen zu lernen. Sie zogen ferner einen Ingenieur, der am Panamacanal thätig gewesen war, in ihren Dienst und sorgten dafür, dass die Erfahrungen aus den gleichartigen, wenn auch minder umfangreichen Arbeiten im Rheinströme ihnen zur Verfügung standen.

Es ist begreiflich, dass alle diese Vorarbeiten viele Zeit und Kosten forderten. Monate gingen darüber hin, bevor die Ingenieure von ihren Entsendungen zurückkehrten und das gesammte Material durchgearbeitet war. Die Zwischenzeit verwendete man zu mehrfachen, dem Zwecke nützlichen Versuchen.

Lauer's Sprengmethode.

Die damals vom Oberst Lauer ausgeführten Sprengversuche erregten überall so grosses Aufsehen, dass eine Prüfung seiner vielversprechenden Methode für die Unternehmer selbstverständlich

war. Das Wesen derselben besteht darin, dass der Sprengstoff in geeigneter Weise unmittelbar auf den Felsen gelegt und gesprengt wird, ohne ein Bohrloch herzustellen. Hierbei wird angenommen, dass der Sprengstoff, obgleich er einfach auf der Oberfläche des Felsens zur Explosion gebracht wird, dennoch einen bedeutenden Theil desselben zu Schotter zertrümmert, den das Wasser fortschwemmt. Dieses Verfahren soll so lange wiederholt werden, bis die gewünschte Tiefe erreicht ist.

Wenn diese Annahmen zutreffen, so würde dieses Verfahren vor allen Sprengmethoden, die eines Bohrloches bedürfen, seiner Billigkeit wegen den Vorzug verdienen. Denn gegenüber den aus der Herstellung der Bohrlöcher erwachsenden Kosten spielt der Mehrverbrauch an Dynamit kaum eine Rolle. In diesem Sinne war der Erfinder ein begeisterter Fürsprecher seines Systems. Es klingt das auch alles so einfach und glaubhaft, dass es wohl begreiflich ist, wie er selbst in maassgebenden Kreisen so viele Anhänger finden konnte. Es war daher selbstredend, dass die Unternehmer mit einer angeblich verbesserten Methode Versuche anstellten. Die Verbesserung bestand darin, dass das Dynamit zur Steigerung seiner Sprengwirkung mit einer Glocke aus Gusseisen bedeckt wurde. Welchen Nutzen diese Glocke in Wirklichkeit hatte, ist nicht erwiesen, aber es darf wohl angenommen werden, dass sie nichts schadete.

Als Sprengstoff wurde Gigantik verwendet, welcher, von seinen schlechten Eigenschaften abgesehen, ohne Zweifel eine grössere Sprengkraft besitzt, als Dynamit.

Die Versuche wurden in folgender Weise durchgeführt: Zwischen zwei fest verbundenen Schiffen wurde eine 10 m breite und 10 m lange Bühne hergestellt, von welcher aus 100 qm Grundfläche des Stromes sondirt, dann die mit Sprengstoff gefüllten Glocken versenkt und elektrisch entzündet wurden. Nach der Sprengung fand eine sorgfältige Sondirung der Sprengfläche statt. Dieser Vorgang wurde an derselben Stelle mehrmals wiederholt. Das Ergebniss war folgendes:

Nach der ersten Sprengung konnte ein guter Erfolg festgestellt werden, nach der zweiten war derselbe schon bedeutend geringer und von den noch folgenden drei Sprengungen liess sich überhaupt kein Erfolg nachweisen.

Aus den graphisch genau aufgetragenen Messungen ging es klar hervor, dass der Schutt von der ersten Sprengung auf gewachsenem Fels vom Strome nicht fortgeschwemmt worden war,

er diene dann den folgenden Sprengungen gewissermaassen als elastisches Kissen, welches allerdings immer mehr zerkleinert und von einer Stelle zur anderen geschoben wurde, das aber auch jede Wirkung auf den festen Fels darunter verhinderte.

Die Versuche brachten auch die Ueberzeugung, dass Dynamit- oder Gigantikladungen, auf Felsenspitzen zur Explosion gebracht, stets gute Wirkung haben, auf eingebetteten Stein aber ohne Erfolg bleiben.

Aus allen angestellten Versuchen gewann man ferner die Ueberzeugung, dass die Lauer'sche Methode zwar bei Entfernung einzelner Felsenspitzen von guter Wirkung, zur Zerstörung ausgedehnter Felsenbänke aber unbrauchbar sei. Nach diesen Erfahrungen wäre es zwecklos gewesen, die Versuche mit aufliegenden Sprengstoffladungen mit irgendwelchen Variationen fortzusetzen. Die Unternehmer wendeten sich deshalb denjenigen Methoden zu, welche die Versetzung des Sprengstoffes in Bohrlöchern zur Grundlage haben.

Die Sprengwirkung in Bohrlöchern.

In Amerika werden die Bohrlöcher einzeln abgefeuert, wogegen man hier zu Lande eine grössere Anzahl auf einer Fläche angebrachte Bohrminen mit einem Male abzufeuern pflegt. Michael Könyves-Tòth geht noch weiter, er wünscht, in der ganzen Breite des Canals in Schachbrettform angebrachte Minen in grosser Zahl auf einmal zu sprengen, damit diese sich in ihrer Wirkung gegenseitig unterstützen.

Auf den ersten Blick könne man glauben, dass Michael Könyves-Tòth Recht hat, man wurde aber zweifelhaft bei der Frage, weshalb die Amerikaner es umgekehrt machen.

Sehen wir uns die Sache etwas näher an:

Der Fortschritt der amerikanischen Arbeit ist folgender: Die Bohrlöcher liegen stets in gerader Linie. *a* (Fig. 1 u. 2) ist das Bohrloch, *abcd* der Theil, den das Bohrloch aufbrechen soll. In Folge dieser Anordnung ist vor jedem Bohrloche an zwei Seiten freie Wand, *bc* und *cd*. Die Sprengwirkung kann daher nur nach diesen beiden Richtungen sich äussern, so dass die ganze Sprengkraft zum Losreissen des Würfels *abcd* vom Mutterfels verwendet wird. Es soll dieses System die „Sprengung von freier Wand“ genannt werden.

Ebenso wird es in jedem vernünftig betriebenen Steinbruch gemacht. Man sucht eine möglichst steile Wand herzustellen und treibt die Bohrlöcher parallel derselben in entsprechendem Abstände (x) in den Stein. Nach der Grösse des Abstandes x , der Tiefe des Bohrloches und der Härte des Steins wird erfahrungs-

Fig. 1. Grundriss.

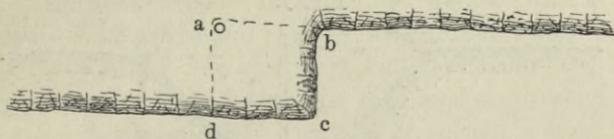
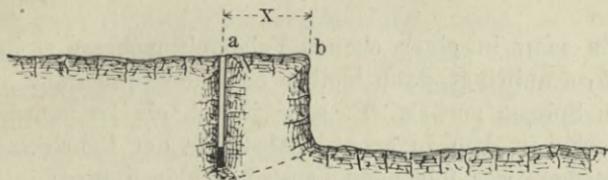
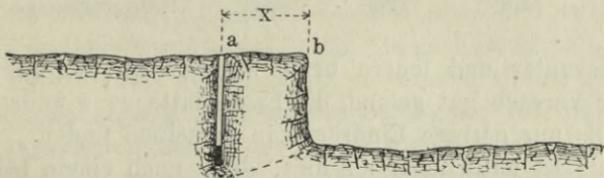


Fig. 2. Längenschnitt.



gemäss die Dynamitmenge bemessen, die zum Absprengen der Steinwand vom Mutterfelsenerforderlich ist. Nach dem Absprengen sieht man häufig das halbe Bohrloch in der stehen gebliebenen Felswand. Es ist Beweis dafür, dass von der Kraft des Dynamits sehr wenig auf das Zersprengen des hinter dem Bohrloch befindlichen, sich weit hinziehenden Felsens vergedet

Fig. 3.



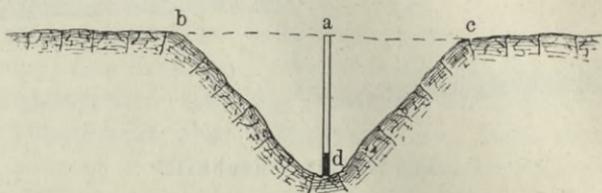
wurde, sondern dass die ganze Kraft sich gegen die loszusprengende Vorwand geltend machte.

Sehen wir nun, was geschieht, wenn man in einer sich eben hinziehenden Felsbank ein steil angebrachtes Bohrloch abfeuert. Die Dynamitladung ist im Stande, einen Trichter auszusprengen, dessen Durchmesser bc , dessen Tiefe ad ist, sie muss ihn aber aus dem massiven Felsen so zu sagen herausreissen,

wogegen es bei der vorerwähnten Anordnung nur eine Ecke abzubrechen hat.

Wenn wir beide Sprengarten auf dasselbe Gestein anwenden, so kommen wir zu der Erfahrung, dass mit der gleichen Sprengstoffmenge nach der ersten Art zwei- bis dreimal soviel Gestein abgesprengt wird, als nach der zweiten.

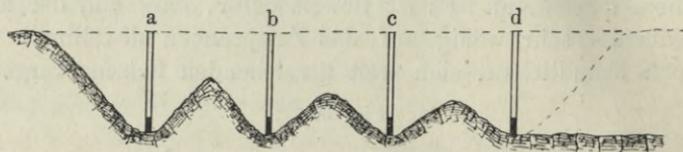
Fig. 4.



Wenn man in einer ebenen Felsbank mehrere steile Bohrlöcher *abcd* anbringt, dann bleiben nach der Sprengung zwischen denselben Spitzen zurück. Es wäre jedoch ein Irrthum, die Ursache hierfür in dem zu grossen Abstände der Bohrlöcher unter sich zu suchen, was folgender Versuch erklären wird:

Feuert man auf einer Eisenplatte so viel Dynamit ab, dass dieselbe gerade noch durchschlagen wird. Legen wir nun auf eine gleiche Eisenplatte ebensoviele Dynamit und die gleiche

Fig. 5.



Menge darunter und feuern beide zugleich ab, so werden wir, wenn der Versuch gut gelang, die Eisenplatte ganz unbeschädigt, andernfalls nur geringe Eindrücke in derselben finden.

Nichts ist natürlicher als dies, denn nach einem bekannten Gesetze der Mechanik müssen sich zwei gleiche gegen einander wirkende Kräfte aufheben, können sich aber niemals unterstützen. Hieraus erklärt sich in einfachster Weise das Stehenbleiben der Steinkegel zwischen den Bohrlöchern.

Bezeichnend für die Empfindlichkeit des Dynamits gegen zwischenfallende Gegenstände ist folgender Versuch: Legt man auf eine Eisenplatte ein Baumblatt und auf dieses ein wenig Dynamit, so ist nach der Explosion die Form des Blattes auf der

Eisenplatte klar zu erkennen. Um das Blatt herum ist durch die Flamme des Dynamits das Eisen geschmolzen, unter dem Blatte aber nicht.

Aus den obigen und vielen anderen Versuchen, deren Beschreibung von dem eigentlichen Thema zu weit ablenken würde, haben die Unternehmer den Schluss gezogen, dass nur von freier Wand gesprengt werden darf und dass alle Sprengarten grundsätzlich vermieden werden müssen, bei welchen die Bohrlöcher gruppenweise auf grösseren Flächen angeordnet sind.

Von diesem aus den vorstehenden Versuchen und Betrachtungen gewonnenen Grundsatz muss man ausgehen, wenn die verschiedenen Arbeitsmethoden verglichen werden sollen. Würde man sich auf einen Vergleich der Arbeitsmaschinen und des Bohrgeräths beschränken und die Arbeitsleistung, d. i. die Menge des abgesprengten Gesteins, unberücksichtigt lassen, so käme man zu einem ganz falschen Urtheil. Vergleicht man z. B. die auf dem Rheine im Betriebe befindlichen Taucherglocken mit dem Bohrschiffe bei Buffalo, um zu entscheiden, welche Methode zur Durchführung einer neuen Arbeit zu wählen sei, so ist es wahrscheinlich, dass der so schön ausgeführten und technisch so vollkommenen Taucherglocke der Vorzug gegeben würde.

Man darf sich aber nicht durch die schöne Construction einer Maschine bei Beurtheilung ihrer Zweckmässigkeit täuschen lassen. Maassgebend bleibt immer der Grundgedanke, welche Construction die grösste Raummenge Felsen in gegebener Zeit auszusprengen im Stande ist. Aus diesem Grunde haben die Unternehmer, obgleich das am Rheine verwendete System auf einer weitaus höheren Stufe der technischen Entwicklung stand, als andere Methoden, dasselbe dennoch abgelehnt, weil es auf irriger Grundlage beruht, und hatten diesen Entschluss nach Vollendung ihrer grossen Aufgabe nicht zu bereuen. Ihnen konnte nur eine Methode nützen, die auf der Sprengung von freier Wand beruht, keine Sprengung in der Fläche, wie die rheinische. Letztere mag zur Beseitigung einzelner oder Gruppen von Felsspitzen zweckmässig sein, und hätte in diesem Sinne als Aushülssystem nützen können, Aufgabe der Unternehmer war es aber in erster Linie, ausgedehnte Felsenbänke aufzubrechen.

Hiermit wären wir mit unserer Darstellung bis zu dem Standpunkte der Vorversuche gelangt, auf dem festgestellt war, dass die Bohrlöcher reihenweise anzulegen und von freier Wand zu sprengen sind; nunmehr hatte man zu ermitteln, welches Bohr-

schiffsystem das zweckmässigste sei. Es waren zwei Systeme zu prüfen, von denen das eine mit Drehbohrern, das andere mit Schlag- oder Stossbohrern arbeitete.

Das französische Bohrschiff mit Drehbohrern.

Das von den Unternehmern versuchte Schiff war von den französischen Ingenieuren Fontana und Tedesco construiert, und soll ein solches Bohrschiff im Panamacanal thätig gewesen sein. Vorweg soll bemerkt werden, dass sich die Beschreibung dieses Schiffes auf das Nothwendigste beschränken soll, weil dasselbe für die Regulierungsarbeiten in der Donau nicht zu gebrauchen war.

Im Wesentlichen besteht die Einrichtung des Bohrschiffes darin, dass zwischen zwei verbundenen Schiffen ein Wagen auf Schienen läuft, der vier Drehbohrmaschinen trägt. Am Ende der hohlen Bohrstange, in der sogenannten Bohrkrone, sind Diamanten eingelassen. Dieser Theil der Bohrstange besteht aus einem Stahlcylinder von 50 mm äusserem und 40 mm innerem Durchmesser, in welchem die Diamanten abwechselnd an der inneren und äusseren Seite und schliesslich am ringförmigen Ende des Cylinders angebracht waren. Die Bohrstange, oder besser gesagt das Bohrrohr, erhielt durch eine Maschine 800 bis 1000 Umdrehungen in der Minute um seine Längsachse. Während der Drehung wurde sie senkrecht auf den Felsen herabgelassen, bei dessen Berührung die Diamanten ihr Bohrwerk begannen. Der stehen gebliebene cylindrische Kern brach mit der Zeit aus und wurde mit dem Bohrer herausgehoben. So entstand ein Bohrloch von 50 mm Durchmesser. Eine kleine Maschine von 4 bis 6 Pferdekraften trieb vier solcher Bohrer. Der Kessel besass eine Heizfläche von 16 qm, so dass ein Bohrer mit wenig Kraft und Ausgaben arbeitet. Diese in Aussicht gestellte billige Arbeit hat uns zum Versuch mit diesem Bohrschiff veranlasst, der uns schliesslich sehr theuer zu stehen kam.

Die Drehbohrer arbeiten zweifellos billig und schön, nur hängt ihre Verwendbarkeit zu sehr von den Ortsverhältnissen ab. Wenn zu Untersuchungszwecken ein tiefes Loch zu bohren wäre, so wird zugegeben, dass ein Diamantbohrer das beste Werkzeug dazu wäre. Aber es ist erforderlich, dass der Bohrer vollkommen senkrecht eingestellt und in dieser Stellung während der Arbeit genau

erhalten wird, weil sonst bei der grossen Drehgeschwindigkeit alles in kürzester Zeit zu Grunde gehen muss.

Bei den Regulierungsarbeiten waren nur 2 bis 2,5 m tiefe Löcher zu bohren, so dass oft Bohrlöcher anzufangen waren, was bei der Böschung und unebenen Oberfläche des Felsens immer umständlich war. Die vielen wiederholten Einstellungen sind beinahe unmöglich. So hatte man bald eingesehen, dass die Diamantbohrer für Herstellung von Bohrlöchern in tiefem Wasser mit so reissender Strömung wie die der Donau unbrauchbar waren. Das Aufgeben dieses Bohrsystems wurde deshalb nicht schwer, zumal die Unternehmer inzwischen mit einem Bohrschiffe, das mit Schlagbohrern arbeitete, so befriedigende Ergebnisse erzielt hatten, dass sie hoffen durften, in ihm ein zweckmässiges Werkzeug gefunden zu haben, mit dem dauernd weitergearbeitet werden konnte.

Vor näherem Eingehen auf dieses Schiff, mit dessen Inbetriebnahme die wirkliche Sprengarbeit begann, muss noch einer wichtigen Vorarbeit gedacht werden, die der planmässigen Arbeit der Donauregulierung zur Grundlage diente. Das war die Aufmessung des Strombettes in seinen Höhenverhältnissen an den Arbeitsplätzen und die Herstellung entsprechender Höhengschichtenkarten, die so zu sagen als Werkzeichnungen für die Arbeiten zu dienen hatten. Zu diesen Aufmessungen diente

das Sondirschiff (Tafel I).

Dieses Schiff besteht aus zwei Fahrzeugen, die in etwa 11 m Abstand parallel neben einander überbrückt sind. Diese Brücke trägt drei Längsgeleise, auf denen zwei Sondirwagen laufen, welche durch je eine an den Stirnseiten der Geleise laufenden Schiebebühne, je nach Erforderniss, von einem Längsgeleise auf ein anderes Längsgeleis übergesetzt werden können. Die Sondirwagen tragen mit je 1 m Abstand an ihren Ecken je vier eiserne Sondirrohren von 210 mm Durchmesser, die äusserlich mit einer Maasseintheilung in Decimetern versehen sind. Jedes Rohr kann mittelst Handwindevorrichtung und Drahtseil gehoben und mittelst Bremse heruntergelassen werden. Am Sondirwagengestell ist zum Ablesen des Tiefenmaasses an den Sondirrohren je ein Nonius angebracht, welcher nach der Tauchung des Schiffes und dem Pegelstande eingestellt wird. Lässt man nun die vier Sondirstangen eines Wagens bis zur Flusssohle hinunter, so hat man

von 4 qm Grundfläche des Flussbettes je einen Punkt nivellirt, d. h. seine Höhenlage bestimmt. Der Wagen rückt dann auf dem Schienengeleise um 2 m weiter zu einer neuen Messung. Da die Brücke 10 m breit und 20 m lang ist, wird in jeder Schiffsstellung eine Fläche von 200 qm der Flusssohle aufgemessen.

Das Sonderschiff ist stromaufwärts an langer Kette verankert und hat nach beiden Seiten gleichfalls Anker an langen Ketten ausgeworfen, mittelst deren es seitlich Schwenkungen ausführt, um neue Stellungen zu nehmen. Auf ähnliche Weise waren zuerst in 100 m Abstand Querprofile der Donau aufgenommen, nach welchen dann die Specialaufnahmen eingepasst wurden. Auf Grund dieser Aufnahmen werden dann die Grundpläne angefertigt, aus welchen man bis auf 1 cm genau die Mächtigkeit der zu entfernenden Felsschichten entnehmen kann. Nach diesen Grundplänen werden Uebersichtspläne zur Feststellung des Arbeitsplanes hergestellt. Zur leichteren Uebersicht sind in den Plänen die zu beseitigenden Felsschichten nach ihrer verschiedenen Dicke mit verschiedenen Farben bezeichnet. Für die weniger mächtigen Schichten als 0,5 m werden die Kutter oder Felsenbrecher, für die mächtigeren die Bohrschiffe angewendet.

Damit die Arbeitsschiffe planmässige Stellungen nehmen können, sind am einen Ufer Basislinien ausgesteckt, durch welche die Lage der durch die Grundaufmessung gewonnenen Querprofile bezeichnet wird. Stellt man in den Endpunkten eines solchen Profils am Ufer zwei Signalstangen hinter einander, d. h. rechtwinklig zum Flusslaufe auf, so kann sich das Arbeitsschiff nach denselben einstellen. Die Längsrichtung wird in ähnlicher Art festgestellt. Zur Nachtzeit sind die Signale mit Lampen versehen. Für den Aufenthalt der Ingenieure, des Schiffsführers und der Bedienungsmannschaft ist das Schiff mit Cabinen, sowie mit einer Küche versehen.

Das Bohrschiff IV (Tafel II).

Dieses zweckmässige Bohrschiff besteht aus einem 15 m breiten und 45 m langen Schiffskörper, dessen Bug spitz zuläuft, dessen Heck abgestumpft ist. Im ersten Drittel des Schiffes ist ein Dampfkessel von 50 bis 60 qm Heizfläche mit allem Zubehör aufgestellt. Ganz vorn sind die Dampfwinden für das Einholen der Haupt- und Seitenketten beim Stellungswechsel angebracht. In der Mitte des Schiffes ist eine Schmiede- und Schlosserwerk-

statt eingerichtet, in welcher die Bohrer angefertigt werden. An diese schliesst sich nach hinten das Maschinenhaus an, in welchem eine Worthington-Pumpe zur Erzeugung von 12 Atm. Wasserdruck, eine vierpferdige Westinghouse- und Dynamomaschine aufgestellt sind.

Am äussersten hinteren Ende des Schiffes sind vier von einander unabhängig arbeitende Bohrmaschinen angebracht, auf welche wir noch zurückkommen.

Um das Schiff dem schädlichen Einfluss der Bewegungen des wogenden Wassers zu entziehen, lässt es sich auf Füsse stellen. Zu diesem Zweck sind vier je 14 m lange, 40×40 cm dicke Balken aus Tannenholz derart zwischen Führungen gefasst, dass sie bis auf den Grund herabgelassen werden können, um mittelst Handwinden das Schiff an ihnen zu heben.

Ausserdem ist das Schiff mit Wohnräumen und Küche versehen, so dass die aus 34 Personen bestehende Mannschaft sich beständig auf demselben aufhalten kann.

Um das Bohrschiff in Thätigkeit zu setzen, wird es zunächst mittelst einer 150 bis 200 m langen starken (25 mm) Kette vor Anker gelegt; dann werden seitlich in etwa 150 m Entfernung je zwei Laviranker ausgeworfen, so dass das Schiff mit einer (unter Umständen auch zwei) Hauptkette und vier Seitenketten feste Lage erhält, nachdem es nach den Signalen an den beiden Ufern mit Hilfe der Ketten eingestellt worden ist. Bei der starken Strömung der Donau ist erfahrungsgemäss eine untere Kette entbehrlich.

Nach dieser Einstellung wird es auf seine vier Füsse gestellt. Diese werden zunächst hinuntergelassen und mit Hilfe je einer Kette, deren eines Ende am Schiffskörper befestigt, deren anderes Ende über eine Leitrolle auf dem Kopfe des Fusses wieder zum Schiffe hinunter unter eine andere Leitrolle auf dem Schiffsdeck fort zur Welle der Dampfwinde geführt ist, wird nun das Schiff durch Aufwinden der vier Ketten um etwa 10 cm gehoben. Das Bohrschiff ist also kein schwimmendes Fahrzeug mehr, sondern ein auf seinen eigenen Füessen im Wasser stehender Körper, der sich selbst trägt und nicht vom Wasser (wenigstens mit seinem ganzen Gewicht nicht) getragen wird. Dadurch ist das Schiff den bewegenden Einwirkungen des Wassers entzogen und erreicht worden, dass die Bohrer ohne Schwankungen gleichmässige, cylindrische Löcher herstellen. Bei schwankendem Schiffe würde viel nutzbare Kraft in überflüssiger Bohrarbeit verloren gehen.

Die Bohrlöcher werden von den vier Bohrmaschinen auf einer geraden Linie von 16 m Länge in Abständen von 1,6 bis 2 m unter einander senkrecht hergestellt.

Wenn die in einer Schiffsstellung erbohrte Gruppe von acht bis zehn Bohrlöchern mit Sprengladung und Zünder versehen und deren Leitungsdrähte auf dem Schiffe entsprechend gruppiert sind, dann werden die Füsse vermittelt Dampfwinde wieder angehoben, und wird das stehende Fahrzeug dadurch wieder in ein schwimmendes verwandelt. Nach dem Lüften der Seitenketten lässt man nun das Schiff an der Hauptkette um 60 bis 100 m vorwärts gehen, von wo die acht bis zehn Minen auf elektrischem Wege mit einem Male gesprengt werden. Darauf geht das Schiff bis auf 2 bis 3 m von seiner vorigen Stellung zurück und beginnt die Arbeit in der beschriebenen Reihenfolge von Neuem.

Die Schiffe der Unternehmung arbeiten Tag und Nacht, in der Dunkelheit bei elektrischer Beleuchtung, und sind deshalb mit doppeltem Personal ausgerüstet. Täglich, also in 24 Stunden, wird dreimal gesprengt.

Nach dieser allgemeinen Schilderung des Bohrschiffes und des Arbeitsganges soll auf die Einzelheiten übergegangen werden.

Das Bohrgestell.

Jedes Bohrgestell ist aus einer Anzahl 16/16 cm dicker, gegenseitig versteifter Balken rahmenartig zusammengesetzt. Zwei mit eisernen Führungen versehene Balken stehen senkrecht und parallel zu einander, zwischen denen ein Kreuzkopf seine Führung hat. Zwei andere Balken halten jene aus einander und die beiden letzten verbinden die senkrechten Balken oben und unten als Kopf- und Fusschwelle. Diese beiden Schwellen tragen je zwei Räder, auf denen das ganze Gestell, wie eine Schiebethür, um 2 m nach rechts und links verschiebbar ist. Mit den vier in einer Richtung stehenden Bohrgestellen können daher Bohrlöcher auf einer Länge von $2 \times 2 \times 4 = 16$ m an beliebigen Punkten hergestellt werden.

Oberhalb des Gestelles befindet sich ein 2,5 m langer hydraulischer Hubzylinder, an dessen Kolbenstange mittelst des geführten Kreuzkopfes eine Patent-Stossbohrmaschine befestigt ist. Der Wasserdruckzylinder steht durch eine Rohrleitung, in welche ein Dreiweghahn eingeschaltet ist, mit der Druckpumpe in Verbindung.

In Rücksicht auf die Verschiebbarkeit des Bohrgestelles besteht die Leitung zum Theil aus Gummischlauch.

Die Druckpumpe erzeugt beständig einen Arbeitswasserdruck von 12 Atm., so dass jederzeit mit Hilfe des Dreiweghahnes folgende Manipulationen ausgeführt werden können:

Eintritt des Wassers unter den Kolben und Heben desselben;

freier Austritt des Wassers aus dem Cylinder und Senkung des Kolbens mit der Bohrmaschine durch eigenes Gewicht um 2,5 m;

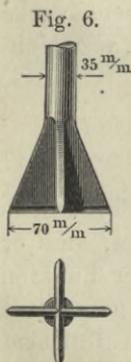
allmähliches Senken des Kolbens mit der Bohrmaschine während des Bohrens durch langsamen Austritt des Wassers aus dem Cylinder.

Die Bohrmaschinen werden aus dem gemeinsamen Dampfkessel direct mit Dampf versorgt. Auch hier besteht ein Theil der Rohrleitung, um den Bewegungen des Bohrgestelles folgen zu können, aus Gummischlauch.

Die Bohrmaschine besteht im Wesentlichen aus einem Dampfcylinder mit selbstthätiger Steuerung, dessen Kolbenstange in den Bohrer ausläuft.

Die Bohrstange besteht aus einem 4 bis 10 m langem Rundeisen von 35 bis 40 mm Durchmesser, an dessen unterem Ende ein Stahlstück angeschweisst ist, das in eine kreuzförmige Bohrkrone ausläuft. Der Bohrer arbeitet mit 15 bis 25 cm Hubhöhe des Dampfkolbens;

letzterer ist mit einer schraubenförmigen Führung versehen, welche den Bohrer bei jedem Hub um 45° dreht, wie es der Arbeiter macht, der mit der Hand ein Loch in den Felsen bohrt.

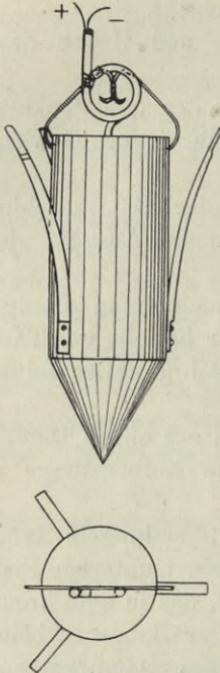


Die Erfahrung lehrte, dass ein Schutz der Bohrstangen gegen den starken Druck der Wasserströmung, der bei grossen Wassertiefen die Bohrstangen bedeutend aus der Senkrechten ablenkt und in Schwingungen versetzt, unentbehrlich ist. Zu diesem Zweck ist jedes Bohrgestell mit einem 12 bis 14 m langen Bohrführungsfuss in Gitterform ausgerüstet, der in Fussspitzen endet, die ihm festen Halt auf der Flusssohle geben, auf welche er mittelst Handkettenwinde hinabgelassen wird. Dieser feststehende Bohrfuss soll nur einem Eisenrohr zur Führung dienen, welches die Bohrstange als Schutzhülse umgiebt. Es wird bis auf den Grund niedergelassen, so dass der Bohrer ohne jede Schwingung

arbeiten kann.

in ruhigem Wasser arbeitet. Ist das Bohrloch fertig, so wird der Bohrer heraufgehoben und das Bohrloch mittelst Gummischlauch und Druckwasser ausgespült, worauf der Sprengstoff durch das

Fig. 7.



Rohr in das Bohrloch eingebracht und mit einer Holzstange festgestampft wird. Die Dynamitladung beträgt 0,75 kg auf den Kubikmeter abzusprengenden Felsen. Auf die Ladung wird die Zündpatrone gesetzt, die aus 0,5 kg Dynamit in cylindrischer Blechbüchse besteht. Sie ist ausserhalb mit drei Stahldrahtfedern (s. Fig. 7) versehen, welche ein Herausrutschen der Patrone aus dem Bohrloch verhindern. In ihrem oberen Theil ist der elektrische Zünder untergebracht, von welchem die gut isolirten Zündleitungen zum Schiffe führen. Damit sie ins Freie gelangen können, ist das Eisenrohr der Länge nach so breit geschlitzt, dass die Leitungsdrähte durch den Schlitz hindurchgehen.

Jeder Bohrrapparat ist eine selbständige, von den Nachbarapparaten unabhängig arbeitende Maschine, die in jeder Schiffsstellung drei bis vier Löcher bohrt, zu welchem Zwecke die Bohrgestelle, wie schon gesagt, verschiebbar sind.

Der Schiffskörper.

Der Rumpf des Bohrschiffes soll nicht nur die erforderliche Schwimmfähigkeit, sondern auch die Festigkeit besitzen, dass er unbeschadet sein Gewicht trägt, wenn er nur an vier Punkten unterstützt ist. Darauf muss bei seinem Bau Rücksicht genommen werden. Für seine Schwimmfähigkeit genügt es, den 18/20 cm starken Rippen (Spanten) 60 bis 75 cm Auseinanderstellung zu geben; die auf ihnen befestigten Seiten- und Bodenbretter sind 75 mm dick. Ausserdem geben ihm zehn Längsspannten die nöthige Längsversteifung.

Alle diese Vorkehrungen genügen aber nicht, dem Schiffsrumpfe die Festigkeit zu geben, deren er bedarf, damit die Bohrmaschinen ruhig, wie auf festem Grunde arbeiten, wenn das Schiff auf seinen vier Füßen ruht. Die hierzu erforderliche Ver-

steifung wird durch sechs Längs- und neun Quergitterträger bewirkt, welche mit den vier Stützpunkten und den Rippen des Schiffes fest verbunden sind.

Der Zünder.

Ein guter Zünder ist eins der wichtigsten Erfordernisse für den gesicherten Fortgang der Sprengarbeiten. Mag auch das Einstellen des Schiffes, das Herstellen der Bohrlöcher und der Sprengstoff grosse Kosten verursachen, wenn der Zünder nicht gut ist, sind Kosten und Mühe vergebens aufgewendet.

Ausser diesem Verluste kann ein schlechter Zünder noch zu verhängnissvollen Folgen führen, wenn geladene Minen ungesprengt zurückbleiben. Das Entfernen solcher Minen ist stets mit grosser Gefahr verbunden und hat den Unternehmern mehrmals nicht nur bedeutenden Schaden an Material verursacht, sondern sogar Opfer an Menschenleben gefordert. Deshalb muss man mit der Herstellung und Verwendung der Zünder auf das Allerpeinlichste — pedantisch vorsichtig sein.

Die Unternehmer haben zwei Zünderarten benutzt:

- a) Funkenzünder,
- b) Glühzünder.

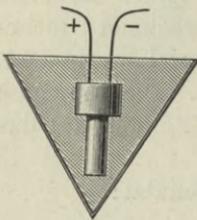
Beide Zünder sind mit 2 g Knallquecksilber gefüllt. In jeden Zünder führen zwei gut isolirte Kupferdrähte, zwischen deren Enden im Funkenzünder ein Abstand von etwa 0,1 mm bleibt. In den Glühzündern ist zwischen die Enden der Kupferdrähte ein kurzer Platindraht eingeschaltet. Bei den Funkenzündern gleicht sich der elektrische Strom durch Ueberspringen eines Funkens über die Lücke der Drahtenden aus, wobei der die letzteren umhüllende Knallsatz entzündet wird. Beim Glühzünder wird der Platindraht glühend und bewirkt dadurch die Entzündung des Satzes. Diese kurze Charakterisirung wird genügen, da die Einrichtung der Zünder im Allgemeinen als bekannt vorausgesetzt werden darf.

Zünder für Unterwassersprengungen müssen vor allen Dingen vollkommen wasserdicht sein. Die im Handel vorkommenden Zünder können aber nicht als solche gelten. Die Unternehmer haben bei den in der That am besten isolirten und als vollkommen sicher bezeichneten Zündern 20 Proc. wasserdurchlässige gefunden, die nicht entzündbar waren. Es ist allerdings nicht zu verkennen, dass der Druck einer 10 m hohen Wassersäule und die Waschkraft des reissenden Wasserstromes, dem die Zünder

mehrere Stunden lang ausgesetzt sind, so hohe Anforderungen an ihren wasserdichten Abschluss stellen, dass dieselben auf die bisher gebräuchliche Weise nicht erfüllbar sind. Aber nach unzähligen Versuchen ist es den Unternehmern doch gelungen, den gewöhnlichen Zünder in sehr einfacher Weise vollkommen wasserdicht zu machen.

Aus Zinkblech wurde ein kleiner Trichter gemacht und seine Ränder gut verlöthet; dann setzte man den Zünder in den Trichter und füllte ihn mit einer geschmolzenen Mischung aus Talg und Kolophon, die den Zünder allseitig einschloss (s. Fig. 8). Um die Widerstandsfähigkeit dieser Zünder zu erproben, wurden dieselben zwei bis drei Monate lang in einem Gasrohre unter einer 10 m

Fig. 8.



hohen Wassersäule einem Dauerversuch ausgesetzt und dann tadellos, vollkommen wasserdicht und zündfähig gefunden.

Alle Zünder werden vor dem Gebrauch einer Probe unterworfen. Jeder einzelne Zünder wird in einen schwachen galvanischen Strom eingeschaltet. Beim Funkenzünder zeigt sich am Galvanometer kein Strom, wenn der Zünder gut, also die Lücke von mindestens 0,1 mm zwischen den Drahtenden vorhanden ist. Beim Glühzünder dagegen muss das Galvanometer einen Strom anzeigen; bleibt er aus, so ist der Platindraht zerrissen, dadurch der Stromlauf unterbrochen und der Zünder unbrauchbar.

Obgleich durch diese Prüfung die Leitungsfähigkeit aller Zünder festgestellt war, konnte sie doch nicht ausreichende Gewähr für die tadellose Beschaffenheit der Zündstofffüllung bieten, die in Folge Fertigungs- und sonstiger Fehler unentzündbar sein konnte. Um sich nun auch hierüber Gewissheit zu verschaffen, wurde ein gewisser Procentsatz jeder Zünderlieferung abgefeuert, wobei nicht mehr als ein Zünder vom Hundert versagen durfte. Bei grösserem Ausfall wurde die Lieferung nicht angenommen. Eine weitere Sicherheit für die Zündung der Mine verschaffte man sich durch Einsetzen von zwei Zündern in jedes Bohrloch.

Die elektrische Zündung.

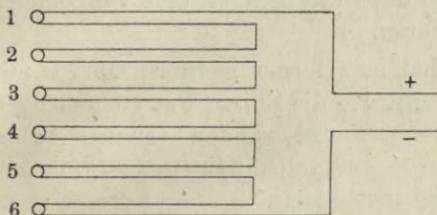
Die Zündungsart kann nach den Orts- und anderen Verhältnissen verschieden sein. In dem Donaubette werden die Bohrlöcher einzeln fertig gemacht, und bevor das Ladungs- (Bohr-)

rohr aufgehoben wird, muss die Zündpatrone eingebracht und die Zündleitung gebrauchsfähig sein. Von jedem Bohrloch führen 2×2 Leitungsdrähte zum Schiff.

Die Schaltung war zuerst so, wie die Skizze (Fig. 9) sie angiebt, eine Hintereinanderschaltung. Da es Funkenzünder waren, wurde die ganze Reihe mittelst Reibungselektrisirmaschine gesprengt. Diese Einrichtung hat viele Nachtheile.

Von jedem Bohrloch führten etwa 100 m lange Leitungen zum Schiff. Es wäre wohl möglich gewesen, die benachbarten

Fig. 9.



Bohrlöcher unter einander durch kurze Leitungen zu verbinden und nur aus den beiden Seitenbohrlöchern je eine lange Leitung zum Schiff einzurichten. Das schien aber zu gefährlich, weil die ganze Reihe Bohrlöcher nicht sprengfähig war, wenn die Leitung an

irgend einer Stelle beschädigt und dadurch unterbrochen wurde, was bei den schwierigen Arbeitsverhältnissen doch immer möglich war.

Bei einer Reihe von zehn Bohrlöchern hingen $10 \times 2 \times 100 = 2000$ m Leitung hinter dem Schiff in der Donau. Die vielen Leitungsdrähte verwickelten sich nicht selten derart, dass sie kaum zu entwirren waren; dabei konnten leicht unbeabsichtigt Verletzungen der Isolirung vorkommen. Da nun aber die Reibungselektricität mit sehr hoher Spannung durch die Leitung geht, so konnte auch die kleinste Beschädigung der Isolirung die Zündung unmöglich machen.

Bei der vorerwähnten Schaltungsweise bewirkte man nun die Zündung erst durch Einschaltung des einen der beiden Zünder jeden Bohrlochs; nach der Sprengung wurden dann die Leitungen der zweiten Zünder eingeschaltet und ist es doch mehrmals vorgekommen, dass ein Bohrloch erst dann gesprengt wurde, dessen Zünder also bei der ersten Sprengung versagt hatte. Diese Erscheinung hat zu weiteren eingehenden Versuchen veranlasst.

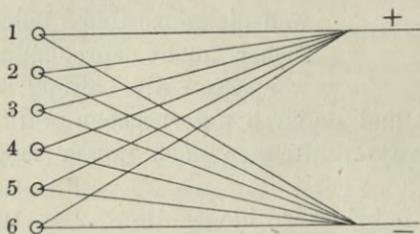
Längs des Ufers wurden 15 bis 20 Zünder nach obiger Art hinter einander geschaltet und dann gezündet. Darauf wurde jeder Zünder einzeln mit der Elektrisirmaschine verbunden und bei zehn Versuchen fünf bis sechs Nachschüsse beobachtet.

Durch viele sorgfältig durchgeführte Versuche wurde festgestellt, dass das Nacheinanderschalten mehrerer Bohrlöcher bei Unterwassersprengungen keine Gewähr für sichere Zündung bietet.

Die Zünder sind nicht alle gleich empfindlich. Die hoch gespannte Reibungselektricität gleicht sich aber dort, wo sie den kleinsten Widerstand findet, aus, was zur Folge haben kann, dass von acht bis zehn in einen Stromlauf eingeschalteten Zündern mehrere ausbleiben. Es braucht nicht näher nachgewiesen zu werden, welche Gefahr damit für die bei den Sprengungen beschäftigten Arbeiter verknüpft ist, es liegt zu nahe. Aber es rechtfertigt auch das Bemühen der Unternehmer, eine vollkommen sichere Sprengung herbeizuführen.

Im Laufe der Versuche hat man ferner mehrere Zünder mit einer strahlenförmigen Schaltung, wie die Skizze Fig. 10 andeutet, zu zünden versucht, aber vollständigen Misserfolg erzielt.

Fig. 10.



Die Reibungselektricität ist schwer theilbar, so dass ein elektrischer Ausgleich längs einzelner Leitungen eintreten kann. Bei dem obigen Versuch z. B. gingen der dritte, fünfte und sechste

Zünder los, die übrigen nicht; erst als man die Elektrisirmaschine nochmals in Thätigkeit setzte, folgten die übrigen Zünder. Diese Eigenschaft der Reibungselektricität war zwar bekannt, aber es war doch interessant, sie durch einen Versuch nachzuweisen.

Es haben sich also folgende Nachteile bei dieser Zündungsweise herausgestellt:

- a) die nothwendigen, übermässig langen Leitungen;
- b) die Eigenschaft der Reibungselektricität, sich schwer theilen zu lassen;
- c) ihre Neigung, sich bei dem kleinsten Widerstande auszugleichen;
- d) die Nothwendigkeit vollkommen tadellosen Zustandes der Leitungen, der in der Praxis kaum erreichbar ist.

Diese Umstände gaben die Veranlassung, ein anderes System zu versuchen.

Von jedem Bohrloch wurde nur ein isolirter Draht auf das Schiff geführt, von dem anderen Pol des Zünders ragte ein Stück blanken Kupferdrahtes ins Wasser. Für jedes Bohrloch wurde eine besondere Elektrisirmaschine aufgestellt. Alle Negativpole waren durch eine gemeinsame Leitung mit einer vom Schiff in das Wasser herabhängenden Kupferplatte verbunden. Die zehn Elektrisirmaschinen wurden durch eine gemeinsame Achse gedreht. Die Zündung geschah durch Andrücken eines einzigen Knopfes, weil alle Maschinen durch eine gemeinsame Druckluftleitung in Thätigkeit gesetzt wurden.

Die vom Ufer aus gemachten Versuche gelangen vortrefflich. Aber wie so häufig das bei der wirklichen Verwendung auf dem Arbeitsplatze misslingt, was bei den Versuchen gute Ergebnisse lieferte, so auch hier. Eine vorzeitige Explosion, ein Unglück folgte dem anderen, von den sechs Bohrschiffen blieb kaum eins übrig, da sie nach einander in die Luft flogen.

Die Unglücksfälle waren zwar theils auf zufällige Ursachen zurückzuführen, aber doch meist durch die Rückleitung in das Wasser hervorgerufen worden. Als man nun sorgfältige Beobachtungen anstellte, kam man darauf, dass der bei den Ingersollmaschinen ausblasende, gebrauchte Wasserdampf in Folge Reibung an der Ausströmöffnung eine solche Menge Elektrizität entwickelt, welche bei günstig zusammentreffenden Umständen die umgebende Luft so mit Elektrizität sättigen kann, dass sie in benachbarten Leitungen, die zu geladenen Minen führen, einen Strom von solcher Stärke hervorzurufen vermag, dass die Zündung erfolgt.

Auf die Elektrotechnikern mitgetheilten Besorgnisse stellten dieselben zwar fest, dass der ausströmende Wasserdampf Reibungselektrizität erzeugt, aber sie zweifelten daran, dass in der freien Luft auf der Donau, wo ein elektrischer Ausgleich nach allen Richtungen anzunehmen ist, auf dem Schiffe die elektrische Spannung auf solche Höhe steigen könne, dass sie eine Zündung durch die Leitungsdrähte zu bewirken im Stande sei.

Die Besorgniß liess sich aber dadurch nicht beschwichtigen, und um Gewissheit zu erlangen, betraten die Unternehmer selbst den Weg des Versuches und forderten fachwissenschaftlich gebildete Männer auf, gleichfalls Versuche anzustellen.

Herr Dr. Miesler, Beamter der Firma Siemens & Halske, übernahm die längere Beobachtung. In erster Linie sollten mit feinen Instrumenten die Spuren von Elektrizität in dem das Bohrschiff umgebenden Luftkreise festgestellt werden. Dazu aber

brauchte man nicht einmal in die Nähe der Bohrmaschinen zu gehen, man konnte schon in dem hintersten Winkel des Schiffes Elektrizität in der Luft nachweisen. In der Nähe der Bohrer genügten dazu die größten Instrumente. In finsternen Nächten, wenn man das elektrische Licht auslöschte, sprangen die elektrischen Funken auf den Haaren und den Händen der in der Nähe des ausblasenden Dampfes beschäftigten Arbeiter so herum wie Johanniskäfer.

Die Versuche wurden fortgesetzt, bis es gelang, durch den ausströmenden Dampf Zünder zur Explosion zu bringen. Damit war der volle Beweis erbracht. Aber nun galt es, das Uebel zu vermeiden.

Zunächst brachte man um den ausströmenden Dampf ein Drahtnetz an, welches die sich dort bildende Elektrizität ableiten sollte, was es aber nicht that.

Dann wurden die Leitungen der fertigen Bohrlöcher in das Wasser getaucht, weil man annahm, dass mit dem Eintauchen beider Pole ein langsamer Ausgleich der einwirkenden atmosphärischen Elektrizität stattfinden und so ein Ansammeln derselben in der Leitung verhindert werden müsse. Der Versuch hat zwar die Richtigkeit dieser Annahme bestätigt, aber es blieb noch immer zu befürchten, dass eine zufällig aus dem Wasser herausblickende Leitung die Ursache neuen Unheils werden könnte. Damit konnte nicht gedient sein, denn alle Versuche waren darauf gerichtet, eine durchaus zuverlässige und praktische Sicherung zu finden.

Endlich ist es dem Elektrotechniker der Unternehmung, Herrn Reverdy, gelungen, einen Sicherheitszünder herzustellen.

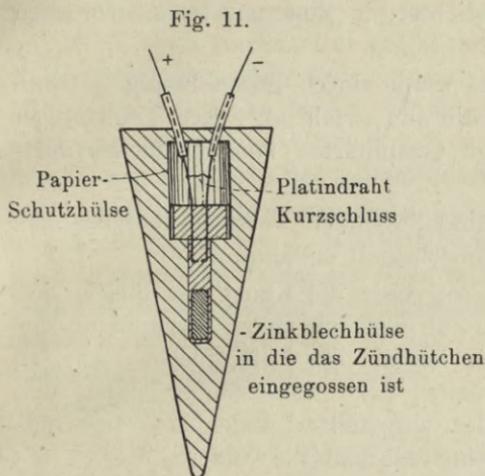
Der Reverdy'sche Sicherheitszünder.

Die beiden Leitungsdrähte der gewöhnlichen Funkenzünder werden, bevor der Zünder in den Cementkopf versenkt wird, (s. Skizze Fig. 11) durch einen dünnen Blei- oder Platindraht verbunden, der obere Theil mit einer Schutzrolle aus Papier umhüllt und nun der Zünder wie gewöhnlich eingeschmolzen.

Die erwähnte Metallverbindung bildet einen Kurzschluss, der jede Funkenbildung verhindert. Solche Zünder lassen sich aber mit der Reibungselektrirmaschine nicht entzünden, weil in Folge des Metallcontactes der in die Leitung geführte elektrische Strom

sich fortwährend ausgleicht und dadurch eine Funkenbildung so lange unmöglich macht, als noch die Drahtverbindung vorhanden ist.

Um einen solchen Zünder minder zündungsfähig zu machen, führte man von einer Dynamomaschine so viel Strom von niederer



Spannung in die Leitung, dass der dünne Draht ausschmilzt, worauf die Detonation in der alten Weise bewirkt werden kann. Diese Sicherheitszünder bieten zuverlässige Gewähr gegen vorzeitige Explosion.

Trotz dieser Sicherheit sind die Zünder nicht lange im Gebrauch geblieben, da das Bessere stets der Feind des Guten ist.

Die Benutzung der Zünder ist mit vielen Um-

ständlichkeiten verknüpft. 10 Proc. der aus der Fabrik anlangenden Zünder werden probeweise abgefeuert, die übrig gebliebenen werden einzeln mit dem Galvanometer auf die Güte der Leitung geprüft. Dann erst wird die Isolirung von den beiden Leitungsdrähten zur Anbringung des Kurzschlusses aus Blei- oder Platindraht entfernt. Nach dessen Herstellung wird die Papierschutzhülse angebracht und dann der Zünder eingeschmolzen. Nun wird der Zünder geprüft, ob er auch nicht unter Einwirkung einer Reibungselektrisirmaschine explodirt, und ist dann erst fertig zur Aufbewahrung. Unmittelbar vor dem Gebrauch wird nochmals mit dem Galvanometer geprüft, ob die Sicherheitsverbindung auch noch tadellos ist, erst dann wird der Zünder in das Bohrloch eingesetzt. Wenn alle Bohrlöcher fertig sind und das Bohrschiff auf die Sprengweite gebracht ist, werden erst die Sicherungen mit Hülfe der Dynamomaschine ausgeschmolzen. Hierauf wird das Galvanometer in die Leitung jedes Bohrlochs eingeschaltet, um festzustellen, ob die Sicherung auch wirklich weggeschmolzen ist — nach so viel Mühen erst werden die Minen gesprengt.

Die ausserordentliche Umständlichkeit dieses Verfahrens bei dem grossen Zünderbedarf in dem Arbeitsbetriebe rechtfertigt die

Befürchtung, dass die vielen kleinlichen Arbeiten nicht immer mit der peinlichen Gewissenhaftigkeit ausgeführt werden, von der die angestrebte Sicherheit abhängt. Darum ist es begreiflich, dass die Unternehmer die Versuche fortsetzten, ein einfacheres Verfahren ausfindig zu machen. Zu diesem Zweck wurde ein besonderes Versuchslaboratorium eingerichtet, in dem man ununterbrochen emsig arbeitete.

Die aufgewendete Mühe wurde durch guten Erfolg gelohnt. Auch hier bestätigte sich die alte Erfahrung, dass Erfindungen in ihrer Entwickelung vom Complicirten zum Einfachen fortschreiten.

Bevor aber zu dem abschliessenden Versuch übergegangen werden soll, sei noch ein Zwischenfall erwähnt.

Wie in J. Verne's Roman über die Kunst des Fluges sich die beiden Ideen bekämpfen, ob man mit einem Flugapparat, der leichter, oder der schwerer ist, als die Luft, fliegen muss, so kämpfte bei den Donauarbeiten der Funkenzünder gegen den Glühzünder. Ein Theil der angestellten Ingenieure trat entschieden für den ersteren ein, während die anderen Herren mit gleichem Eifer für den Glühzünder stritten.

Weil man die Glühzünder mit dem galvanischen Strom zu entzünden pflegt und die Handhabung der Batterien unbequemer ist, als die der Reibungselektromaschine, so entschied man sich seiner Zeit für die Funkenzünder und bemühte sich fortgesetzt um deren Verbesserung. Aber die oben geschilderten Schwierigkeiten haben schliesslich doch dazu gedrängt, Versuche mit Glühzündern und galvanischen Zündbatterien anzustellen.

Zehn Minen wurden mit Glühzündern versehen und hinter einander geschaltet, die beiden Endpole wurden in eine Batterie eingeschaltet und so alle Minen auf einmal abgefeuert. Mehrere Versuche haben gezeigt, dass noch einzelne Schüsse ausfielen. Ueber die Ursache waren die Meinungen verschieden. Am einfachsten wurde das Vorkommniss durch die Ansicht erklärt, dass die zum Glühen zu bringenden Platindrähte nicht gleich dick und nicht von gleicher Beschaffenheit waren; die Empfindlichkeit der Zünder war also verschieden, so dass einzelne Minen früher gesprengt wurden als die benachbarten, wodurch deren Leitungen beschädigt wurden und nicht mehr sprengfähig waren.

Diese und andere üble Erfahrungen, deren Schilderung hier zu weit führen würde, nöthigten zur weiteren Fortsetzung der

Versuche, aus denen schliesslich das heute noch im Gebrauch befindliche Verfahren hervorging. Es ist das folgende:

In jede Mine werden zwei Glühzünder eingesetzt und nach einander geschaltet, so dass aus jeder Mine eine zweitheilige isolirte Leitung zum Schiffe führt. Dort sind alle + und alle — Pole in je eine Strahlengruppe gefasst. Diese zwei Gruppen werden mit Hülfe eines starken Kupferdrahtes mit einer zur elektrischen Beleuchtung dienenden Dynamomaschine verbunden und so die Minen mit dieser abgefeuert. Diese einfache Methode hat sich im Gebrauch ausgezeichnet bewährt. Die vielen kleinlichen Arbeiten und die gegen unzarte Behandlung durch Arbeiterhand so empfindlichen Elektrisirmaschinen fielen fort. Diese Maschinen haben mit einem Strom von 12000 Volt Spannung gearbeitet, weshalb die Leitungen von tadelloser Güte sein mussten; die geringsten Isolirungsfehler machten sie unbrauchbar. Die Dynamomaschinen arbeiten nur mit 200 Volt, so dass auch etwas schadhafte Leitungen noch verwendbar bleiben.

Die Leitungen.

Zuerst wurde 0,8 und 1 mm dicker, mit Guttapercha isolirter Kupferdraht benutzt. Er war sehr spröde, nicht leicht und seine Isolirung scheuerte sich auf den Felsen leicht ab, so dass hier Nebenschluss entstand. Es musste deshalb bald zu biegsamem, besser isolirtem und zugfesterem Leitungsdraht übergegangen werden. Heute wird eine 7 mm dicke Kabelleitung mit einer Seele aus 7 bis 9 dünnen Kupferdrähten benutzt, die mit Gummi isolirt und mit 19 feinen Stahldrähten von grosser Zugfestigkeit umspinnen sind. Die äussere Hülle besteht aus einer mit isolirender und wasserdicht machender Masse getränkten Garnumspinnung. Dieses Kabel besitzt 150 kg Zugfestigkeit und ist dauerhaft im Gebrauch.

Als noch Funkenzünder verwendet und grosser Werth auf tadellose Beschaffenheit der Leitungen gelegt werden musste, wurden diese vor jedesmaligem Gebrauch in der Weise geprüft, dass man sie in ein Gefäss mit angesäuertem Wasser legte, den Draht mit einem galvanischen Element verband und einen Fernhörer einschaltete. Bei schadhafte Leitungen wurde ein Geräusch im Fernhörer vernommen, welches von der Nebenschliessung an der schadhafte Stelle herrührte. Heute sind solche Prüfungen nicht mehr nothwendig.

Der Sprengstoff.

Allen Sprengstoff liefert die Nobel'sche Dynamitfabrik in Pressburg. Das gelieferte Sprengmaterial ist ausgezeichnet, die Packung tadellos, die Lieferung pünktlich und der geschäftliche Verkehr mit der Fabrik der angenehmste.

Für die Unterwassersprengungen werden folgende Sprengstoffarten verwendet:

- a) Kieselgurdynamit Nr. I;
- b) Neudynamit oder Cellulosedynamit Nr. Ia;
- c) schwer frierbares Dynamit;
- d) Gelatinedynamit (Sprenggelatine).

Die ersten drei Sorten enthalten etwa 65 Proc. Nitroglycerin, der Gelatinedynamit 93 Proc. und 7 Proc. Schiessbaumwolle. Letzterer Sprengstoff ist ausgezeichnet und seine Wirkung etwa dreimal so gross, als die der anderen Dynamitsorten. Er entzündet sich aber so schwer, dass zu seiner Detonation eine Zündladung von Dynamit Nr. I verwendet werden muss. Schlag und Stoss oder benachbarte Sprengungen bringen ihn in den seltensten Fällen zur Explosion. Er wird deshalb meist in der Weise gemischt gebraucht, dass in die Bohrlöcher Dynamit- und Gelatinepatronen abwechselnd eingebracht werden, und um noch sicherer zu gehen, erhalten die Gelatinepatronen einen 10 mm dicken Dynamitkern. Letzterer besteht aus Kork-Kohlen-Dynamit, welcher sich zur Uebertragung der Detonation besonders gut eignet. Auf sichere Detonationszündung muss grosser Werth gelegt werden, weshalb die Zünder 2 g Ladung enthalten.

Es wäre in Bezug auf die Krafftentwicklung des Dynamits vortheilhaft, der Sprengladung Kugelgestalt zu geben und sie im Mittelpunkt zu entzünden. Bei den Riesenminen in Felsen über Wasser befolgen die Unternehmer auch möglichst diesen Grundsatz, aber bei Unterwassersprengungen nicht. Hierzu müsste man ein sehr weites Bohrloch machen, damit die Ladung am Boden Platz fände; andererseits würde dann der untere Theil des Felsens zu Staub zertrümmert und oben in grosse Stücke zerbrochen werden. Im Interesse leichten Baggerns ist es aber vortheilhafter, den ganzen Felsen gleichmässig in nicht zu grosse Stücke zu zerkleinern. Deshalb erhalten die Bohrlöcher 50 bis 60 mm Durchmesser und werden mindestens zwei Drittel mit Dynamit gefüllt.

Die Grösse und Lage der Bohrlöcher.

Es wurde bereits gesagt, dass die Bohrlöcher in einer geraden Linie liegen müssen; es fragt sich nun, in welchem Abstände unter einander und vom Rande der Vorwand sie anzulegen sind.

Die Theorie der Sprengung von freier Wand ist folgende:

Bezeichnen wir den Abstand der Bohrlöcher von einander mit t , die Dicke der Vorwand mit e , die Tiefe des Bohrloches mit m , so ist $t \cdot e \cdot m = k$, wenn k die Raummenge Felsen bezeichnet, die von der Sprengladung des Bohrlochs zerbrochen werden soll.

Zunächst wird also die Sprengladung, unter Berücksichtigung der Sprengkraft des verwendeten Dynamits, so gross sein müssen, dass sie die ihrer wartende Arbeit ausführen kann; sodann muss das Bohrloch eine solche Weite erhalten, dass jene Sprengladung in ihm Platz findet. Selbstredend muss auch die Festigkeit des Gesteins bei Bemessung der Sprengladung berücksichtigt werden, wozu die Erfahrung bei den Sprengungen Anhalt bietet.

Es wäre nun leicht, nach diesen Gesichtspunkten eine Formel aufzustellen; die Unternehmer sind aber den sichereren Weg der Praxis gegangen und sagen: wenn wir den Bohrlöchern unter einander 2 m, von der Kante der Vorwand 1 m Abstand geben und sie 1 m tiefer bohren, als die Canalsole liegen soll, so beträgt der Rauminhalt des abzusprengenden Gesteins vor dem Bohrloch $2 \times 2 \times 1 = 4$ cbm. Für den Cubikmeter haben wir 0,5 kg Dynamit verwendet, so dass die Sprengladung für das Bohrloch 2 kg, für den laufenden Meter Bohrloch 1 kg beträgt. Hierbei ist vorausgesetzt, dass bei freier Vorwand die ganze berechnete Raummenge ausgesprengt wird.

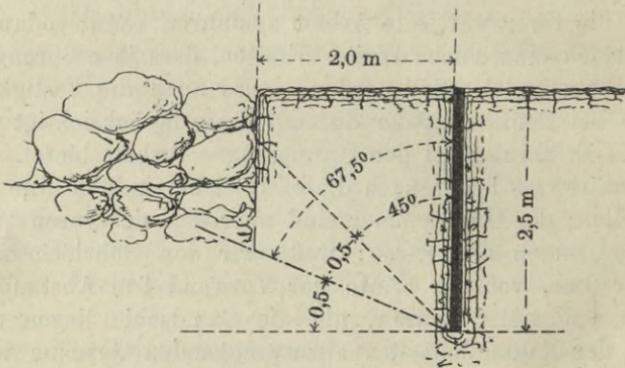
Muss das Bohrloch in Mitte einer Fläche angelegt werden, so wird der Sprengkegel an der Spitze einen Winkel von 90° haben. Mangels näherer Daten hat man in den Fällen, in denen die Vorwand nicht ganz frei war, wenn z. B. das Gestein von der vorhergegangenen Sprengung noch dort lag, angenommen, dass die Grenze des Sprengkegels zwischen beiden liegt, da, wo in der Skizze Fig. 12 (a. f. S.) die — — — Linie gezeichnet ist.

Die Sprengung muss im Allgemeinen so durchgeführt werden, dass bis auf 0,5 m unter die geplante Canalsole der Felsen aufgelockert wird, weil sonst das Baggern auf Schwierigkeiten stösst. Bei den Donauregulierungsarbeiten hat man die Erfahrung gemacht, dass bei freier Vorwand der Abstand der Bohrlöcher von der-

selben vergrößert werden konnte. Da dies von grossem Nutzen ist, so wurde ein Abstand von 2,5 m versucht, so dass auf ein Bohrloch $2 \times 2 \times 2,5 = 10$ cbm zu lockerndes Gestein kommen und das Bohrloch mit $10 \times 0,5 = 5$ kg Dynamit geladen werden muss. Auf den laufenden Meter Bohrloch kommen 2 kg. Bei ersterem Verfahren wurden mit einer Sprengung 15, bei letzterem 30 qm Canalsohle abgesprengt, wonach sich der Rauminhalt der Gesteinsmenge, je nach der Dicke der abgesprengten Schicht, errechnen lässt.

Dieser bedeutende Erfolg veranlasste deshalb, auf dem eingeschlagenen Versuchswege fortzuschreiten. Statt Dynamit wurde

Fig. 12.



Gelatine verwendet und die Dicke der Vorwand von 2 auf 3 m vergrößert. Auf ein Bohrloch kamen $3 \times 1,7 \times 2,5 = 12,75$ cbm, $12,75 \times 0,5 = 6,37$ kg Sprenggelatine.

Auf den laufenden Meter Bohrloch kommen 2,5 kg: Bei Sprenggelatine wurden auch die Sprengtrichter flacher. Bei 1 m Sprengschicht wurden aus einer Schiffsstellung nach diesem Verfahren $15 \times 3 \times 1 = 45$ cbm Gestein abgesprengt, woraus die grosse Bedeutung der Vorwanddicke klar hervorgeht.

Die Bemessung der Bohrlochweite ist sehr wichtig. Je grösser solche ist, um so stärkere Maschinen sind nothwendig, desto grösser ist der Dampfverbrauch und sind die Betriebskosten.

Mit der Wassertiefe muss auch die Dicke der Bohrstangen wachsen, um ihrem Vibriren vorzubeugen. Nach Würdigung aller dieser Umstände wurde der Durchmesser der Bohrstangen auf 35 bis 40 mm festgesetzt. Die Köpfe der Bohrer werden mit

60, 70 und 75 mm Durchmesser hergestellt. Mit dem grössten Bohrer wird das Bohrloch begonnen und mit den kleineren fortgesetzt.

Das Bohrschiff VII (Tafel III).

Im Vorstehenden ist erläutert worden, wie wichtig es ist, die Raummenge Gesteins, die in einer Sprengung gelockert wird, zu vergrössern. Eine Schiffsstellung kostet kaum mehr, ob 15, 30 oder 45 cbm gesprengt werden. Da bei den Sprengarbeiten aber von einer weiteren Vergrösserung der Vorwanddicke abgesehen werden musste, so blieb ein Fortschritt nur in der Verlängerung der Arbeitslinie erreichbar. Das Schiff über 15 m hinaus zu verbreitern, schien in Rücksicht auf die reissende Wasserströmung nicht rathsam. Es blieb also nur übrig, die Bohrmaschine an der Längsseite des Schiffes aufzustellen.

Nach diesen Erwägungen wurde das Bohrschiff VII gebaut.

Der Schiffskörper, gleichfalls aus Holz hergestellt, hat eine Länge von 60,0 m, eine Breite von 15,0 m, eine Höhe von 2,0 m und einen Tiefgang von circa 0,9 m. Zur Versteifung des Schiffskörpers sind drei Längs- und fünf Quersprengwerke angeordnet, die 4,0 m über Deck stehen, bis auf die Spanten hinunter reichen und mit diesen fest verbunden sind. An der rechten Schiffseite (Steuerbord) ist das Sprengwerk zu einem Gerüst ausgebildet, welches zur Führung der Bohrwagen, von denen weiter unten die Rede sein soll, dient.

Durch die Sprengwerke wird das Schiff in acht ober Deck liegende Räume von 4,0 m Höhe geteilt, die durch ein gemeinschaftliches, mit drei grossen Luftschächten versehenes Dach überdeckt sind und durch seitliche Fenster erleuchtet werden. Von diesen Räumen dienen die rechtsseitig gelegenen, unter Berücksichtigung des Schiffsgleichgewichtes, zu Wohnzwecken, während die linksseitig (Backbord) gelegenen enthalten: den Schiffskessel von 150 qm Heizfläche und 8 Atmosphären Ueberdruck mit allem Zubehör, die Kohlenbunker, zwei hydraulische Hochdruckdampfpumpen mit einer Leistung von je 300 Liter pro Minute und einem Arbeitsdrucke bis 75 Atmosphären, den Accumulator, die hydraulischen Motoren zum Heben und Senken der Schiffsfüsse, die Dampfmaschine mit der Dynamomaschine für die elektrische Beleuchtung, die Lenzpumpe, den Ventilator für die Schmiede und diese selber mit allem Zubehör und dem Eisenmagazin, sowie eine Badecabine. Ausserhalb der Sprengwerke befindet

sich auf dem Vorderdeck die Hauptankerwinde, die gleichzeitig die beiden vorderen Seitenankerketten bedient, auf dem Hinterdeck eine Dampfwinde für die beiden hinteren Seitenketten.

Wie das Bohrschiff IV, so ist auch Bohrschiff VII mit vier Stützfüssen versehen, die hier jedoch nicht aus Holz, sondern je aus einem geschweissten Eisenrohre von 11,0 m Länge und 400 mm Durchmesser hergestellt sind. Die unteren Enden derselben besitzen Stahlgusschuhe, in die eine starke Eichenholzsohle eingebettet ist. Jeder Schuh enthält in seinem Inneren eine Seilrolle, über welche ein Drahtseil geführt wird, welches mit seinem einen Ende auf Deck befestigt, dessen anderes Ende aber über die entsprechenden Flaschenzugmotoren zum Senken des Fusses geleitet ist. Um das Gewicht des Schiffes theilweise auf die vier auf der felsigen Flusssohle stehenden Füsse zu übertragen und dasselbe während des Bohrens unabhängig von den Bewegungen des Wassers zu machen, sind an jedem Fusse zwei hydraulische Druckcylinder angeordnet, deren Stempel auf zwei Sperrriegel wirken, die in entsprechende, an dem Fusse befestigte Zahnstangen eingreifen. Sobald Druckwasser über die Stempel tritt, werden die Cylinder und das mit ihnen in fester Verbindung stehende Schiff gehoben, da die erwähnten Sperrriegel in den an den Füßen befindlichen Zahnstangen ihren Stützpunkt finden. Die Anwendung hydraulischer Apparate zum Anheben des Schiffes hat die grossen Vorzüge, dass man die vier Füsse gleichzeitig und gleichmässig belasten kann; ferner, dass bei längerer Arbeitsdauer und in zwischen fallendem Wasser eine Ueberlastung der Füsse und Druckcylinder durch in der Rohrleitung eingeschaltete Sicherheitsventile vermieden und durch Signalvorrichtungen angezeigt wird.

An der rechten Seite des Fahrzeuges befinden sich in einer Arbeitslinie von 42,0 m Länge elf oben und unten durch Rollen und Zahnräder sicher geführte eiserne Bohrthürme von 17,0 m Höhe, die in der Richtung der Längsaxe des Schiffes mittelst geeigneter Drehvorrichtungen hin und her bewegt werden können. Am oberen Ende eines jeden Thurmes ist ein hydraulischer Cylinder von 7,0 m Hublänge und 100 mm lichtigem Durchmesser befestigt; in demselben bewegt sich ein Metallkolben, mit dessen Kolbenstange die sich zwischen Führungen auf und nieder bewegende Patent-Stossbohrmaschine direct axial befestigt ist. Durch Einführung von Druckwasser unter bzw. über den Kolben kann der gesammte Bohrapparat um 7,0 m gehoben oder gesenkt werden.

Dadurch, dass das Druckwasser, entgegengesetzt dem Bohrschiff IV, während der Arbeit oberhalb des Kolbens eingeführt ist, werden die schädlichen Reactionsstöße des Bohrmaschinen-cylinders aufgehoben.

Die Zuführung des Druckwassers in die Cylinder erfolgt durch schmiedeeiserne, gelenkig mit einander verbundene Röhren, die des Dampfes zu den Bohrmaschinen, wo erforderlich, durch Gummischläuche.

Sämmtliche Steuerhebel für die Hubcylinder, sowie alle Dampfabsperrentile für die Bohrmaschinen sind von einem vor den Bohrthürmen in Deckshöhe liegenden Podeste aus bequem zu handhaben.

Jede Bohrmaschine ist mit einem aus Holz und Eisen hergestellten Bohrfusse versehen, dessen unteres Ende mit Spitzen armirt ist. Der Zweck dieses Bohrfusses ist schon bei Bohrschiff IV eingehend besprochen worden. Durch Einschaltung eines Riegels kann der Fuss fest mit der Bohrmaschine verbunden und mit dieser nach Bedarf gehoben oder gesenkt werden.

Während bei den älteren Schiffen das gebrauchte Druckwasser unbenutzt abfließt, wird es hier nach dem Vorrathsbehälter zurückgeführt, so dass mit einem Zusatze von Glycerin auch bei einer Temperatur unter 0° gefahrlos gearbeitet werden kann. Der Auspuffdampf sämmtlicher Bohrmaschinen wird mittelst gemeinschaftlicher Rohrleitung in das Strombett geleitet, um die durch denselben verursachte starke und, wie bereits früher besprochen, sehr gefährliche elektrische Stromerzeugung zu vermindern.

Bei 42,0 m Arbeitslänge und einer Vorwand von 3,0 m, sowie einer Felsschicht von 1,0 m Stärke lassen sich bei einer Schiffsstellung $42 \times 3 \times 1 = 126$ cbm Gestein in einer Sprengung lockern.

Der Felsenbrecher (Tafel IV).

Es ist bereits erwähnt worden, dass die 0,5 m und weniger dicken Felsschichten, sowie die einzelnen Felsenspitzen mittelst des Felsenbrechers beseitigt wurden. Seine Wirkungsweise besteht darin, dass ein 10000, später 12000 kg schwerer Meißel mit Stahlschneide aus gewisser Höhe herunterfällt und vermöge seiner Fallkraft von dem gewachsenen Felsen Stücke abbricht. Dieses Abtrennen darf aber nicht regellos geschehen, sondern muss streng planmässig fortschreiten.

Auf zwei gekuppelten Schiffen oder auf einem entsprechend grossen Schiff ist ein 13 bis 14 m hohes Dreibeingerüst aufgestellt, auf dessen Spitze sich um eine wagerechte Axe eine Laufrolle von 1 m Durchmesser dreht. Ueber die Rolle läuft die Hebekette aus 45 mm dicken Schaken zur Trommel der Meisselwinde. Am anderen Ende der Kette hängt die 1500 kg schwere Glocke mit Greifklaue für das Erfassen des Meisselkopfes. Die Glocke ist so schwer, um durch ihr Gewicht die Kette herunterzuziehen und hierbei auch die Windetrommel zu drehen, die für diesen Zweck noch mit Bremse versehen ist. Sie sinkt so weit herab, bis die Greifklaue selbstthätig in den Bügel des Meissels einschnappt. Die Greifklaue ist mit einer Ausrückevorrichtung versehen, an deren Hebel ein Seil befestigt ist, welches auf die beabsichtigte Fallhöhe des Meissels abgebunden ist. Hat die Glocke den Meissel erfasst, so hebt ihn die Dampfwinde so hoch, bis das Seil den Hebel festhält, der die Ausrückevorrichtung aushebt, worauf der Meissel herunterfällt; während des Falles erhält er in dem Ausschnitt des Führungskreuzes seine Führung. Die Fallhöhe des Meissels beträgt, je nach Bedarf, bis 9 m. Ursprünglich machte der Meissel in drei Minuten zwei Schläge; in Folge eines späteren Umbaues kann er jetzt in zwei Minuten drei Schläge machen.

An die Stelle der Meisselwinde können auch andere maschinelle Vorrichtungen treten. Es giebt Felsenbrecher, welche den Meissel mittelst hydraulischen Stempels, andere, welche ihn mittelst Drahtseilflaschenzuges heben.

Die übrigen Einrichtungen des Felsenbrechers gleichen denen der Bohrschiffe. In der Mitte des Schiffes steht ein Kessel, der alle Dampfmaschinen speist. Vor dem Kessel ist die Lavirmaschine aufgestellt, die ein System von sechs Kettentrommeln betreibt, auf welchen die stromauf ausliegende Hauptkette, die stromab liegende Rückhaltkette, sowie je zwei Steuer- und Backbordketten Führung haben. Mit Hülfe dieser Ketten kann man das Schiff in einem rechtwinkligen Coordinatensystem bewegen und auf einen beliebigen Punkt einstellen. Eine Westinghouse- und eine Dynamomaschine vervollständigen die Ausrüstung des Maschinenhauses. Das Schiff hat doppelte Besatzung, so dass mit Schichtwechsel Tag und Nacht — bei elektrischer Beleuchtung — gearbeitet wird. Die Besatzung bleibt beständig auf dem Schiff, welches mit Schlafräumen und Küche versehen ist.

Bemerkenswerth ist das Führungskreuz, welches aus vier

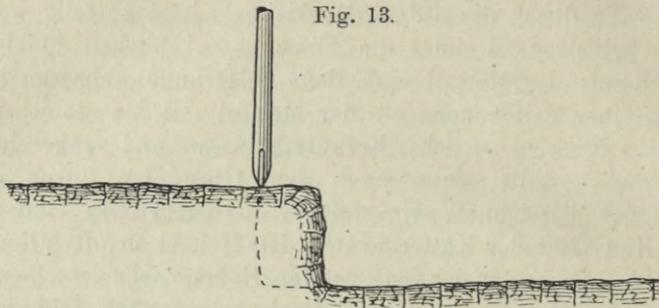
starken Rüsternkanthölzern derart zusammengesetzt ist, dass sie in der Mitte ein Viereck für die Meisselführung frei lassen. Hier ist es mit starken Winkeleisen beschlagen und durch Eisenbänder so fest zusammengehalten, dass keine Verschraubung nöthig ist, weil dieselbe durch die Stösse des Meissels bald rüttelig werden würde. Selbstredend muss die Führung erheblichen Spielraum lassen, damit der Meissel sich dem Felsgrunde anpassen kann.

Auf einer Seitenfläche ist der Meissel mit Maasseintheilung versehen. Er wird zunächst heruntergelassen und senkrecht auf den Grund gestellt, dann nach dem Grundplan durch einen Kreidestrich bezeichnet, wie weit er in den Felsen eindringen muss. Nun lässt der Kuttermeister den Meissel so oft fallen, bis der Kreidestrich unter der festgesetzten Höhenmarke verschwunden ist. In der Regel wird der Meissel beim ersten Schlage ein grosses Stück Felsen zertrümmern. Wiederholt man nun die Schläge auf derselben Stelle, so zeigt sich mit jedem Schlage eine geringere Wirkung, was sich einfach daraus erklärt, dass die losgebrochenen Felsstücke nach und nach weiter zerspalten und zermalmt werden, wodurch ein nachgiebiger Untergrund entsteht, der einen Theil der Fallkraft des Meissels aufbraucht und diesen aufhält, tiefer einzudringen, oder gar Felsstücke abzuspalten. Er wird dann zum Stossbohrer, der ein Loch macht. Ein Erfolg der Arbeit wird, wie oben bereits erwähnt, nur durch ein planmässiges Fortschreiten erzielt, wobei Felsstücke „von freier Wand“ losgebrochen werden. Es liegt ja auch auf der Hand, dass dies leichter ist, als aus der Mitte einer Felsfläche ein Stück herauszumeisseln. Beim Beginn der Arbeit stellt man sich deshalb zunächst eine senkrechte Wand her und bricht fortschreitend Stücke „von freier Wand“ ab. Die senkrechte Wand gewinnt man, wenn man sich z. B. zuerst an der linken Seite der Canalwand aufstellt und den Meissel mit der Schneide parallel der Stromrichtung aufhängt. Von Schlag zu Schlag rückt man nach rechts weiter, bis ein Graben quer durch das ganze Arbeitsfeld, die Breite der Canalsohle, fertig ist. Dann dreht man den Meissel um 90° , fährt 0,5 m stromauf und lavirt das Schiff parallel dem Graben und schlägt dabei mit dem Meissel den Grabenrand ab, s. Skizzen Fig. 13 und 14 (a. f. S.), so dass der Meissel stets von freier Wand arbeitet, je nach der Härte des Gesteins mit $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{4}$ m Vorgabe.

Könyves-Tòth-Thunhart hatten einen Felsenzertrümmerer construirt, dessen Meissel nach Art eines Dampfschlagwerks, nicht

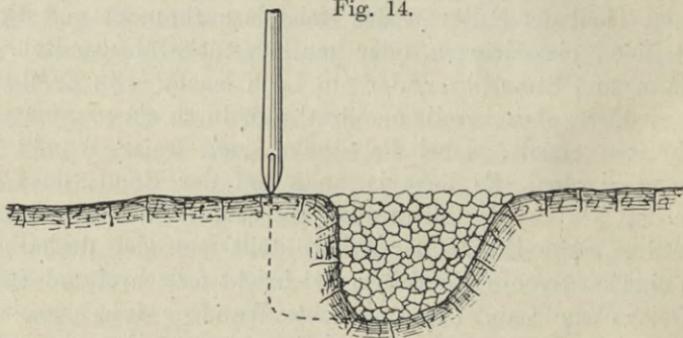
mit freiem Fall, arbeitete und eine Schneide in Kreuzform von 30 cm Durchmesser hatte (Fig. 15). Er ging mit Stopfbüchsenführung durch den dicken Boden eines caissonartigen Cylinders, in welchem das Dampfschlagwerk für den Kreuzbohrer aufgestellt

Fig. 13.



war. Nachdem der Cylinder mittelst zwei hydraulischer Stempel bis auf 20 bis 30 cm zum Felsgrunde herabgelassen war, begann das Schlagwerk seine Thätigkeit. Hatte der Kreuzbohrer mit verhältnissmässig kurzen und raschen Schlägen den Felsen zer-

Fig. 14.



trümmert, so war eine etwa 20 cm dicke Schotterschicht entstanden, die vom Wasser nicht fortgespült wurde und deshalb das

Fig. 15.



Weiterarbeiten nutzlos machte. Um tiefer einzudringen, hätte man diese Schicht erst fortbaggern müssen. Das Baggern so dünner Schichten macht aber viel Kosten und Schwierigkeiten.

Das Dampfschlagwerk ist ferner mit dem versenkbaren Cylinder auf einem Schiffe angebracht, so dass letzteres in gewisser Beziehung den Ambos des Dampfhammers bildet. Da es beweglich ist, so wird ein Theil der Dampfkraft in Schwingungen und Schwankungen

nutzlos verbraucht. Schliesslich ist auch die Arbeitskraft des Schlagwerkes, die 2 bis 3 Tonnen betragen haben soll, viel zu gering, um eine für die Praxis beachtenswerthe Wirkung hervorbringen zu können. Der bei den Donauarbeiten verwendete Meissel trifft den Felsen mit einer Fallkraft von 50 bis 70 Tonnen, zieht aber das Schiff nicht im geringsten in Mitleidenschaft, da er von dem Augenblick an, in dem ihn die Glocke fallen lässt, ein frei fallender Körper ist, der seine Fallkraft ohne jeden Abzug in Arbeit umsetzt.

Die ersten Meissel mussten die Unternehmer aus einem schottischen Eisenwerk beziehen, wo sie angeblich aus alten Hufeisen (?) zusammengeschweisst wurden. Diese Herstellungsweise mag Ursache gewesen sein, dass sie sehr bald — schon nach 80 bis 100 Schlägen — zerbrachen. Leider wollte es nicht gelingen, die zerbrochenen Meissel zusammenzuschweissen, aber wahrscheinlich würde ihre Gebrauchsdauer, selbst wenn die Schweissung gelungen wäre, wenig verlängert worden sein und die empfindlichen Betriebsstörungen kaum verkürzt haben. Um das Widerstandsvermögen der Meissel, die nicht so schnell zerbrachen, aufzufrischen, wurden sie nach 10000 Schlägen ausgeglüht, wozu ein besonderer Feldofen hergerichtet werden musste. Dieses kostspielige und den Betrieb störende Verfahren veranlasste die Unternehmer, von der Firma Friedr. Krupp in Essen Meissel zu beziehen, welche durch ihre ausgezeichnete Haltbarkeit in der That Befreiung aus einer Nothlage herbeiführten. Krupp hat die Blöcke aus weichem Martinstahl gegossen und dann unter dem Dampfhammer ausgeschmiedet. Der Meissel ist 9 bis 10 m lang und hat in der Mitte quadratischen Querschnitt von 40 cm Seitenlänge. Unten ist eine etwa 2,5 m lange Stahlschneide eingeschweisst.

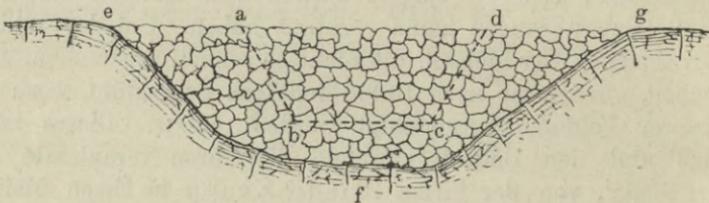
Die Unternehmung war durch Vertrag gezwungen, alle Materialien und Werkzeuge im Inlande, d. h. Ungarn, zu beschaffen, nur in Ausnahmefällen durfte sie mit jedesmaliger besonders vom Ministerium einzuholender Genehmigung Bestellungen im Auslande machen. Als sich daher die ungarische Staatsfabrik Diosgyör anbot, die Meissel anzufertigen, musste das Angebot angenommen werden. Die Probemeissel zerbrachen aber sehr bald. Die Fabrik hat zwar gutes Eisen, aber keine grossen Hämmer oder Schmiedepressen zum Bearbeiten so schwerer Werkstücke. Man stellte deshalb die Meissel durch Guss her und hat es in der That, wenngleich nach langen Versuchen, doch erreicht,

Stahlgussmeissel von ausgezeichneter Haltbarkeit, die in nicht zu hartem Material bis zu 250000 Schläge zulassen, liefern zu können.

Das Baggern.

Günstige Baggerergebnisse verlangen ein gewisses Zerbrechen des zu hebenden Gesteins und die sachgemässe Verwendung eines guten Baggers. Ein starker Paternosterbagger würde den Zweck wohl am besten erfüllen. Die Unternehmer haben nach ihren Erfahrungen die Baggerleiter 2 bis 3 m breiter und 0,5 m tiefer gestellt, als es der Querschnitt des herzustellenden Canals verlangt. Grundsätzlich lockerte man die Fläche *efg* in der Skizze Fig. 16, um das Profil *abcd* ausbaggern zu können. Jedes Sparen im Auflockern des Gesteins über das verlangte Maass hinaus rächt sich furchtbar beim Baggern.

Fig. 16.



Der Bagger „Vascapu“ (Tafel V) ist circa 45 m lang, 10 m breit, Mitschiffs 4 m hoch und ganz in Eisen hergestellt. Der Schiffskörper wird durch vier Hauptschottwände in fünf wasserdichte Abtheilungen getheilt, in denen sich rechts und links vom Baggerschlitz die Mannschaftsräume, nach der Mitte zu die Betriebsdampfmaschine für das Baggerwerk und die beiden Schrauben zur Fortbewegung des Schiffes, sowie die Dampfmaschine für den Antrieb der auf Deck aufgestellten Lavirwinde und der Baggerleiterhebwinde befindet. Der folgende Raum enthält Vorrathsmagazine und in dem letzten Raume ist der Dampfkessel mit Zubehör untergebracht. Auf dem Hinterdeck steht ferner eine kleine Dampfwinde zum Verholen der seitwärts liegenden Steinschiffe. Nahezu in der Mitte des Baggers erhebt sich das eiserne, circa 8 m hohe Hauptgerüst mit der oberen Haspelwelle, die durch Kettenräder vermittelt Gall'scher Gelenkkette durch Rädervorgelege von der Dampfmaschine betrieben wird. Die Lager der Leiterwelle sind auf einer Gleitführung oben am

Hauptgerüste verschiebbar. Die Leiter von 21 m Länge trägt die Eimarkette, die aus 22 bis 26 je mit drei starken Stahlzähnen armirten Eimern von je 170 Liter Inhalt besteht. Im Uebrigen ist die Baggereinrichtung die bekannte.

Im Allgemeinen soll man stromaufwärts baggern und reichlich Personal anstellen, das nach zwei bis drei Stunden die Arbeit wechselt.

Zum Heben einzelner grosser Blöcke besitzen die Unternehmer einen Pristmann-Elevator von grosser Stärke. Es werden Greifzähne von 5000 bis 6000 kg Gewicht angewendet, weil gefunden wurde, dass eine Sparsamkeit in dieser Richtung ihren Zweck verfehlt.

Die Leistungsfähigkeit des grossen Baggers beträgt 800 bis 1000 cbm pro Arbeitstag.

Das Universalschiff (Tafel VI).

Dieses Schiff hat den Zweck, zu prüfen, ob die Sohle der im Strombett hergestellten Canäle und Fahrstrassen überall die richtige Tiefe hat, und ob nirgend eine stehen gebliebene Felsspitze in das Fahrwasser hinaufragt, die entfernt werden muss. Ergiebt die Prüfung solche Mängel, dann soll das Schiff dieselben sofort beseitigen. Zur Ausführung aller dieser Aufgaben ist es mit Sondirvorrichtung, Fallmeissel und Greifbagger ausgerüstet und trägt daher seinen Namen mit Recht.

Das Schiff ist 40 m lang, 10 m breit und im hinteren Drittheil mit einem Schacht versehen, über welchem ein Dreibein für den Fallmeissel aufgestellt ist, der jedoch hier mittelst Universalwinde und Drahtseilflaschenzug gehoben wird. Der Meissel kann ausgehängt werden, um einen Greiferkorb einzuhängen, der das Gestein heraufholt, welches der Meissel losgebrochen hat.

Längs des Backbords sind die Peilrahmen angebracht, die sich um eine wagerechte Axe drehen und nach Bedarf so weit heruntergelassen werden können, bis wohin das Strom- oder Canalbett nach der Schifffahrtsordnung felserein sein soll. Im Uebrigen ist das Schiff mit Dampfkessel, elektrischem Licht, Lavirvorrichtung und den sonstigen Einrichtungen, wie alle anderen Arbeitsschiffe, ausgerüstet.

Das Universalschiff wird, wie die anderen Schiffe, verankert, so dass es quer über die ganze Fahrstrasse laviren kann. Nach-

dem die Peilrahmen auf die Normaltiefe der Fahrstrasse eingestellt sind, wird diese durchfahren; stossen die Peilrahmen mit ihrer Schwelle an ein Hinderniss, so drehen sie sich und zeigen damit den Fehler an, der sofort mit Fallmeissel und Greifbagger beseitigt wird.

Der Peilrahmen ist zuerst bei der Rheinstromregulirung angewendet worden; er war dort aus 25 mm-Gasröhren hergestellt und wurde mit der Hand bewegt. Für die Donauverhältnisse musste das Gasrohr durch 20/20 cm-Balken und die Handhabung durch maschinellen Betrieb ersetzt werden.

Wie alle anderen Arbeitsschiffe der Donauregulirung, so ist auch das Universalschiff in den Werkstätten der Firma G. Luther in Braunschweig unter Benutzung und weiterer Entwicklung und Anpassung an die Verhältnisse der Donau hier und dort aufgegriffener Ideen entstanden.

Schlussbetrachtungen.

Nachdem in Vorstehendem die Entwicklung der Arbeitsmittel und Arbeitsmethoden in flüchtigen Umrissen dargestellt worden sind, die bei den Felssprengungen im Donaustrom angewendet wurden und mit denen die Unternehmer in fünf bis sechs Jahren die Donaukatarakte schiffbar machten, wobei mehr als das Sechsfache geleistet wurde wie seither am Rhein, wird gewiss von vielen Lesern die natürliche Frage aufgeworfen: „Warum ist man denn am Rhein noch nicht so weit, als an der Donau?“ Die Rheinschiffahrt reicht genau so weit hinauf in die Geschichte, hatte und hat für den Verkehr die gleiche culturelle und wirthschaftliche Bedeutung, hatte mit ganz ähnlichen, nur minder gewaltigen und weniger schwer bezwingbaren Felsenhindernissen im Strombett zu kämpfen, wie die Schiffahrt auf der Donau! Ogleich man am Rhein seit Anfang dieses Jahrhunderts mit kurzen Unterbrechungen an der Beseitigung der Schiffahrtshindernisse arbeitet und viel, sehr viel Geld dafür aufgewendet hat, scheint heute das Ziel, das bereits vor Jahresfrist an der Donau erreicht wurde, für den Rhein in noch kaum absehbarer Ferne zu liegen. Worin liegt es, dass die minder grosse Arbeit am Rheinstrom der in der Donau so nachhinkt?

Zur Beantwortung dieser Frage sei auf den in der Vorrede wiedergegebenen Artikel der „Kölnischen Zeitung“ verwiesen, der einem Aufsätze des Regierungsbaumeisters Unger von der Königlichen Rheinstrom-Bauverwaltung und des Eisenbahn-Bauinspectors Schwanebeck in Glaser's Annalen und der Zeitschrift für Bauwesen entnommen ist und deshalb wohl von zweifelloser Autorität sein dürfte.

Die Entfernung der Felsen aus dem Rheinbett erfolgt, wie allgemein üblich, durch Sprengung und nachherige Ausbaggerung der Felstrümmer. Die hierfür aufgewendeten mechanischen Hilfsmittel lieferten aber zu geringe und deshalb sehr kostspielige Resultate, man entschloss sich also im Jahre 1866 zur Verwendung von Taucherschächten, die bis heute noch im Gebrauche sind. Es sind dies überaus sinnreiche Apparate, stetig verbessert durch die Erfahrungen, welche die staatlich angestellten Techniker im Laufe dreier Jahrzehnte bei den Sprengarbeiten im Rhein gesammelt hatten, und ein überaus glänzender Erfolg der Maschinenbaukunst, nur leider nicht dazu geschaffen, in der Hand des Privatunternehmers diesem zu einem geschäftlichen Erfolge zu verhelfen.

Die vortrefflichen Maschinen bohren allerdings Löcher, sprengen aber wenig Felsen. Seit, nehmen wir an, 20 bis 25 Jahren wird mit Taucherschiffen gearbeitet, die nach jeder Richtung verbessert worden sind, um ihre Arbeitsleistung, in laufenden Metern Bohrlöchern ausgedrückt, zu steigern. Die technische Welt ist mit den Nachrichten von der gesteigerten Leistungsfähigkeit der kostbaren Maschinen wiederholt überrascht worden, aber wie viel Cubikmeter jener Felsen, deren Beseitigung der Schifffahrt so sehr am Herzen lag, gesprengt wurden, und wie viel ein Cubikmeter davon gekostet hat — das hat Niemand erfahren. Es genügte die Angabe, dass 1 cm Bohrloch 13 Pfennig kostete.

Die leitenden Herren sind wahrscheinlich von der irrigen Ansicht ausgegangen, dass die Anzahl laufender Meter der ausgeführten Bohrlöcher im geraden Verhältniss zum Endergebniss der Arbeiten stehe, dass also mit ihr auch der Rauminhalt der ausgesprengten Felsmassen wachse. Die Herstellung der Bohrlöcher ist aber kein Zweck, sondern nur Mittel zum Zweck; denn die Aufgabe ist, Felsen auszusprengen. Bei der Beurtheilung einer Arbeitsmethode ist es also nicht die Frage, wie viel Meter Bohrloch eine Maschine in einem Tage fertigtstellt, sondern wie

viel Cubikmeter Felsen und zu welchem Kostenpreise durch Hülfe derselben ausgesprengt werden können. Man hat zu Zeiten im Rhein auf der 25 qm grossen Grundfläche, die von einer Taucherglocke bedeckt wird, Bohrlöcher in 0,7 m Entfernung von einander angebracht, so dass auf jedes Bohrloch eine Sprengfläche von circa 0,5 qm entfiel, wogegen an der Donau 5 qm Fläche kommen. Wenn nun die zu entfernende Felsenschicht 0,5 m dick wäre, so würden im ersteren Falle mit einem Bohrloch 0,25 cbm, im letzteren dagegen 2,55 cbm Felsen abgesprengt.

Aus diesen Betrachtungen ist ersichtlich, dass bei einer entsprechenden Anordnung mit einem Bohrloche das Zehnfache ausgesprengt werden kann und dass die bei der Rheinstromregulirung beschäftigten Herren bei Beurtheilung ihrer Maschinen nach den durch diese herstellbaren Bohrlochlängen in einem folgenschweren Irrthum befangen sind.

Der erwähnte Artikel ist zwar keine amtliche Bekanntmachung, aber seinem Ursprunge nach einer solchen gleich zu achten. Im Uebrigen macht er den Eindruck einer Rechtfertigung gegenüber dem Urtheil einer nicht genannten, aber anders denkenden Persönlichkeit. Der Verfasser des Artikels verwahrt sich indirect gegen alle jene Einwendungen, welche dem rheinischen Taucherschiffsystem vorgeworfen worden sind und die im Wesentlichen mit dem oben Gesagten übereinstimmen.

Des Weiteren konnte die General-Bauunternehmung der Donaukataraktregulirung mit besonderer Genugthuung aus dem Artikel der „Kölnischen Zeitung“ ersehen, dass die Erfahrungen am Rhein die ihrigen bestätigt haben. Man hat am Rhein nämlich gefunden, dass auch dann noch Felsspitzen zwischen den Bohrlöchern zurückbleiben, wenn letztere so nahe als möglich an einander gelegt werden. Zum Abschlagen derselben benutzte man eine Art Rammbar; da dieser Rammbar nach falschem Principe als Felsenzertrümmerer, nicht als Meissel zur Verwendung kam, so hat man mit demselben natürlich nur ungenügende Resultate erzielt.

Vor einigen Jahren besichtigten einige Herren von der Rheinregulirung die Sprengarbeiten am Eisernen Thore. Die dortige Bauunternehmung machte kein Geheimniss aus ihrer Arbeitsweise, gab denselben vielmehr jede erwünschte Auskunft über diese und die angewendeten Hilfsmittel, Arbeitsschiffe etc., führte die Herren an die wichtigsten Arbeitsstätten, so dass dieselben ein

vollständiges Bild der dortigen Arbeitsmethoden und ihrer Vorzüge gewinnen konnten.

Die Herren kamen mit der Ueberzeugung, dass das Taucherglockensystem das beste sei, und gingen trotz des Gesehenen, wie ich glaube, mit derselben Ueberzeugung wieder heim. Ist es doch schwer, nun auf einmal das als einen Irrthum zu bezeichnen, was man 25 Jahre hindurch als vortrefflich gepriesen hat. Aber die Welt schreitet vorwärts, und wer nicht zur rechten Zeit mitgeht, bleibt zurück. Nach reiflicher Ueberlegung mag dieser Gedanke wohl auch den betreffenden Herren gekommen sein, denn man fand es für gut, bei der Firma G. Luther, Maschinenfabrik in Braunschweig, einen Felsenbrecher, wie solche auf der Donau im Betriebe sind, anfertigen zu lassen. Es wurden ein Kuttermeister und ein Maschinist von der Donau an den Rhein geschickt, um die neue Maschine in den Betrieb einzuführen. Dem Vernehmen nach hat der Felsenbrecher, so lange die beiden Leute dort waren, unter deren Leitung nicht nur, vom maschinellen Gesichtspunkte aus betrachtet, gut, sondern auch mit durchaus befriedigender Wirkung im Losbrechen von Gestein gearbeitet. Man soll jedoch am Rhein der Ansicht sein, dass der Felsenbrecher für dortige Verhältnisse nichts taugt, dass die allein richtige Arbeitsmaschine der Taucherschacht sei, welche die tückischen Rheinfelsen zu bezwingen vermöge. Geologen behaupten zwar, dass der Quarz und Gneis, der in der Donau mit dem Felsenbrecher bezwungen wird, sehr viel härter sein soll, als der Rheinschiefer, und an der Donau ist man aus eigener Erfahrung der gleichen Ansicht, indessen, da man am Rhein der Meinung ist, dass der Felsenbrecher dem Rheinschiefer nicht beizukommen vermag, so wird sich die Sache wohl anders verhalten.

Hierauf ist man selbstredend nicht in der Lage, eine Antwort zu geben. Das technische Urtheil der Unternehmung über den Felsenbrecher, das sich auf mehrjährige, unter den denkbar schwierigsten, unter viel schwierigeren Verhältnissen gewonnene Erfahrungen stützt, als sie der Mittelrhein überhaupt zu bieten vermag, geht aus den vorstehenden Darstellungen zur Genüge hervor.

Auch über die Erfindung und den Entwicklungsgang des Felsenbrechers scheinen die Herren am Rhein anderer Ansicht zu sein, als der Verfasser. So viel bekannt ist, stammt die Idee des Felsenbrechers vom englischen Fabrikanten Lobnitz, der in

Steinbrüchen mit vier Tonnen schweren Fallmeisseln seine ersten Versuche machte. Als man später bei der Vertiefung des Suezcanals auf eine Conglomeratschicht stiess, die so fest war, dass selbst die stärksten Bagger sie nicht zu durchbrechen vermochten, da construirte Lobnitz einen grossen Bagger, auf welchem er noch zehn Fallmeissel von je vier Tonnen Eigengewicht in zwei Reihen anbrachte. Sie sollten die etwa 1 m dicke Conglomeratschicht so weit zerstückten, dass die Baggerbutten die Stücke heben konnten.

Von dort holte Herr H. Luther die Idee, aus welcher in weiterer Entwicklung die Felsenbrecher auf der Donau hervorgegangen sind, denn die „Derocheuse“, wie der Lobnitz'sche baggernde Steinbrecher genannt wurde, war kein Felsenbrecher im Sinne der Unternehmer, für diese also auch kein nachzuahmendes Vorbild; Herr Luther hat die Idee, zu der ihn der Lobnitz'sche Fallmeissel anregte, in seiner Weise ganz neu ausgestaltet.

Noch weniger aber war dazu die am Rheine früher schon (1855) im Gebrauche gewesene Felsenstampfe geeignet, und es ist kaum anzunehmen, dass der englische Ingenieur Lobnitz durch dieselbe zur Construction seiner Fallmeissel sollte angeregt worden sein, wie die Kölnische Zeitung in dem bereits erwähnten Artikel meint. Dem Verfasser ist die Nobiling'sche Construction, die in diesem Artikel als das Urbild des Luther'schen Felsenbrechers angesehen wird, nicht bekannt, aber wenn von derselben gesagt wird, es sei „ein mit meisselartigen Schärfen versehener Rammklotz“, der „wie der Rammbar auf den Pfahlkopf“, auf „den abzusprengenden Felsen niedersauste“, so steht dieser in der grundlegenden Idee, wie in seiner Gestalt und Gebrauchsweise, dem 1855 am Rheine bereits verwendeten Rammklotze mit „pyramidalen Erhöhungen“ auf der Rammfläche unstreitig näher, als dem Lobnitz'schen und gar dem Luther'schen Felsenbrecher. Dass aus jenen „Rammklotzen“ der Luther'sche Felsenbrecher auf dem Wege vom Rheine über England und den Suezkanal zur Donau hervorgegangen sein könnte, diese Ansicht würde beinahe derjenigen gleich sein, dass in der Stossbohrmaschine, die der Wasserbauinspector Hipp 1875/76 für die Verwendung auf dem Rheine construirte, die Grundidee für das Bohrschiff IV und schliesslich das grosse Luther'sche Bohrschiff VII hergegeben habe. Dann würde man die Geleisbahnen der alten Aegypter und Griechen

bei ihren Tempelbauten auch als die Urbilder unserer heutigen Eisenbahnen ansehen dürfen!

Das heutige Bohrschiffsystem verdanken die Unternehmer dem Ingenieur Gilbert, welcher zuerst sein Bohrschiff auf Füsse hob. Dies ist einer der Grundgedanken, und zwar der wesentlichste, weil hierdurch erst der Gebrauch des Bohrschiffes in reissendem Wasserstromen ermöglicht wurde. Dazu kommt die Sprengweise. Am Rheine hat man die Bohrlöcher auf der zu sprengenden Fläche zerstreut angelegt. In Folge dieser unrichtigen Anlage sind massenhaft Spitzen zwischen den Bohrlöchern stehen geblieben, die man mittelst der erwähnten eisernen Stampfen zu ebenen suchte. Uebrigens ist mit diesem regellosen Verfahren noch der Nachtheil verbunden, dass Fehlschüsse schwer bemerkbar bleiben. Die stehengebliebenen Spitzen können auch von ungesprengten Minen herrühren. Und dass Versager selbst bei der peinlichsten Prüfung der Zünder vorkommen können, ist oben nachgewiesen.

Allen den hier entwickelten Nebenumständen suchte man am Rheine durch Anwendung des Taucherschiffes entgegenzutreten, was ja auch in der That erreicht wurde. Das erklärt und rechtfertigt, an sich betrachtet, die Kosten und Mühen, die man aufgewendet hat, um das Taucherschiff zu der hohen Stufe technischer Entwicklung zu erheben, auf der es heute steht. Wenn man aber den auf diese Weise erreichten Fortschritt durch einen Vergleich der Erfolge des heutigen Taucherschiffes mit dem alten Bohrverfahren zu erweisen sucht, so ist das zwar auch wieder, an sich betrachtet, für diesen Vergleich zutreffend, aber doch unmöglich im Allgemeinen richtig. Denn ein solcher Vergleich verlangt das Gegenüberstellen der irgendwo in der Welt zu dem gleichen Zwecke, also zum Sprengen oder Beseitigen von Felsen unter Wasser angewendeten maschinellen Hilfsmittel bezüglich der von ihnen geleisteten Arbeit, aber, wie nochmals hervorgehoben werden muss, ausgedrückt in Cubikmetern abgesprengten Gesteins. Die Maschinen sind ebenso wenig Selbstzweck, wie die Bohrlöcher.

Wenn man sich die Mühe machen würde, die Arbeitsergebnisse der jetzigen Taucherschiffe mit denen der Bohrschiffe und Felsenbrecher an der unteren Donau zu vergleichen, so würde man sehen, wie weit man — nicht fortgeschritten, sondern zurückgeblieben ist.

Zum Schlusse seien noch einige Zahlen angeführt, denn Zahlen reden:

An der unteren Donau wurden folgende Felsmengen unter Wasser beseitigt:

Im Jahre . . . 1892	7 919 cbm
„ „ . . . 1893	63 549 „
„ „ . . . 1894	149 617 „
„ „ . . . 1895	148 842 „
bis Ende October 1896	209 739 „
	<hr/>
	Summa 579 666 cbm

Im Laufe der Jahre 1897 und 1898 sollen noch 138000 cbm Felsen aus dem Donaubett beseitigt werden, so dass dann im Ganzen 717666 cbm Felsen aus der Donau, und zwar unter Wasser, ausgehoben worden sind.

Nach den amtlichen Berichten wurden aus dem Rheinstrome folgende Felsenmassen beseitigt:

In den Jahren 1830 bis 1832	49 cbm
„ „ „ 1841 „ 1849	100 „
„ „ „ 1850 „ 1866	8 354 „
„ „ „ 1867 „ 1877	27 194 „
„ „ „ 1878 „ 1889	24 950 „
„ „ „ 1890 „ 1894	37 216 „
	<hr/>
	Summa 97 863 cbm

Wenn man die frühere Zeit als Versuchszeit ansieht und nur die Jahre von 1890 bis 1894, die Periode der höchsten Arbeitsleistung, ins Auge fasst, so kommt man zu folgendem Resultate:

Nach den amtlichen Berichten standen dem Rheinstrombau-
 amte fünf Taucherschachte zur Verfügung, von denen sich gleich-
 zeitig höchstens drei im Betriebe befanden. Nimmt man an, dass
 jedes der fünf Jahre 200 Arbeitstage hatte, so kommen als
 Arbeitsleistung auf den Tag und Taucherschacht $\frac{37216}{5 \cdot 3 \cdot 200} =$
 rund 12 cbm.

Legt man denselben Maassstab an die Arbeitsleistungen auf
 der Donau, wo durchschnittlich fünf Arbeitsschiffe sich im Be-
 triebe befanden, so erhält man $\frac{579666}{5 \cdot 5 \cdot 200} =$ rund 116 cbm als
 Tagesleistung für ein Arbeitsschiff; die Arbeitsleistung eines

Arbeitsschiffes auf der Donau ist daher zehnmal grösser, als die eines Taucherschiffes auf dem Rheinstrome gewesen.

Wenn man auf dem Rheine künftig mit der gleichen Schaffenskraft weiter arbeitet, wie bisher, so wird die Rheinstromregulierung, die nach dem amtlichen Berichte noch die Beseitigung von 130000 cbm Felsen fordert, in etwa 20 Jahren vollendet sein! Die Unternehmer haben an der unteren Donau in jedem der beiden Jahre 1894 und 1895 mehr geleistet, als in diesen 20 Jahren zusammen auf dem Rheine, unter der angenommenen Voraussetzung, geschafft werden wird. Im Jahre 1896 sind in neun Monaten aus der Donau $5\frac{1}{2}$ mal so viel Felsen aus dem Strome gehoben worden, wie am Rheine in fünf Jahren.

Diesen Zahlen wäre zunächst nichts mehr hinzuzufügen, weil sie für sich selbst sprechen. Sie liessen sich aber wohl noch von anderen Gesichtspunkten aus betrachten, unter denen sich, das kann schon im Voraus gesagt werden, die Arbeitsleistungen auf dem Rheinstrome in noch erheblich ungünstigerem Lichte zeigen würden. Verfasser möchte nur auf die Betrachtung vom wirtschaftlichen Standpunkte hindeuten.

Nachtrag.

Das von dem Verfasser in Vorstehendem von der Rheinstromregulirung skizzirte Bild ist einerseits durch den Eindruck entstanden, den derselbe durch die persönliche Besichtigung der Arbeiten zwischen Bingen und St. Goar gewann, andererseits durch die zwischen den diese Arbeiten leitenden Herren, gelegentlich deren Besuches in Orsova und ihm stattgefundenen Besprechungen, während die ziffernmässigen Daten, wie bereits gesagt, einer im Jahre 1896 erschienenen Broschüre des Herrn Regierungsbaumeisters Unger „Die Felsensprengungen im Rheinstrom zwischen Bingen und St. Goar“ entlehnt wurden.

Während der Drucklegung der vorstehenden Arbeit des Verfassers „Die Felsensprengungen unter Wasser in der Donau-strecke zwischen Stenka und dem Eisernen Thor“ hat der inzwischen zum Wasserbauinspector beförderte Herr Unger eine zweite Broschüre „Die Regulirung des Rheinstromes zwischen Bingen und St. Goar“*) erscheinen lassen, die Verfasser im Hinblick auf die seiner Arbeit angefügten Schlussbetrachtung einer näheren Kritik unterziehen zu müssen für nöthig hält.

Wenn zwei Arbeiten, in diesem Falle diejenigen in der Donau und im Rhein, treffend verglichen werden sollen, so ist es vor allen Dingen erforderlich an beide den gleichen Maassstab zu legen; es muss also im vorliegenden Falle die Cubatur, d. h. die Cubikmeterzahl des geförderten Felsmaterials auf gleicher Basis berechnet werden, um richtige Resultate zu erhalten. Auf der unteren Donau wurde die Anzahl der Cubikmeter, auf die sich Herr Wasserbauinspector Unger bezieht, nach Festcubikmetern vom Querprofil des Strombettes berechnet**); die Zahlen

*) Sonderabdruck aus der Zeitschrift für Bauwesen. Berlin 1897, Wilhelm Ernst & Sohn.

***) Die Zahlen selbst stimmen nur, insofern dieselben dem Vorproject entstammen, aber nicht mehr, wenn sie die wirklich geleistete Cubatur, also die Felsmengen ausdrücken sollen, die in Wirklichkeit ausgehoben worden sind; diese waren beträchtlich grösser.

indessen, die Herr Wasserbauinspector Unger mit Bezug auf die Rheinregulirung aufstellt, sind nicht nach Profil berechnete Festcubikmeter, sondern beziehen sich auf das geförderte Baggergut. Die Zahlen an und für sich sind also richtig, nur hat derselbe die Anzahl der Cubikmeter bei den Donauarbeiten mit einem um das $2\frac{1}{2}$ - bis 3fache kleineren Maasstabe behandelt wie die bei den Rheinarbeiten.

Die Sache verhält sich nämlich folgendermaassen:

Beispielsweise sei eine 25 cm starke Schicht wegzusprenge; bei dem Cubaturausweise der Generalbauunternehmung der Donaukateraktenregulirung, auf den sich Herr Wasserbauinspector Unger stützt, wurde diese nicht höher als eine 25 cm starke gewachsene Felspartie angenommen. Wie man aber aus der Broschüre des Wasserbauinspectors Unger und auch aus der vorliegenden Arbeit entnehmen kann, bohrt man, um jene 25 cm fortzusprenge, wenigstens 1 m tiefer, lockert also viermal so grosse Massen auf, als die Profilaufnahme angiebt. Rechnet man also das Baggergut, so erscheint in der Rechnung die zu entfernende 25 cm dicke Schicht plus dem entsprechenden Lockerungsverhältniss und plus dem Lockerungsverhältniss eines vierfachen Rauminhaltes (siehe S. 39).

Um Vorstehendes durch ein augenfälliges Beispiel zu erläutern, sei erwähnt, dass in Stenka 18030 cbm Felsen gesprengt werden mussten, aus dem Canale aber in Wirklichkeit 65 340 cbm Baggergut gehoben wurde, bis dieser die entsprechende Tiefe erreichte. Nach den an der Donau gemachten Erfahrungen beträgt der Unterschied zwischen Profilocubikmeter und Baggergut, je nach den örtlichen Verhältnissen, das $2\frac{1}{2}$ - bis 3fache.

Auch am Ende der Schlussbetrachtung des Verfassers ist die in der Donau geleistete Arbeit des besseren Vergleiches halber der Arbeit im Rhein in Cubikmetern Baggergut gegenübergestellt. Beide Arbeiten umfassen einen Zeitraum von fünf Jahren. Während jedoch aus dem Donaubette während dieses Zeitraumes 579 660 cbm gesprengter Fels entfernt wurden, betrug die Leistung am Rhein nach der eigenen Angabe des Herrn Wasserbauinspectors Unger nur 37 216 cbm. Es dürfte also bei Gegenüberstellung dieser beiden Leistungen, die sich ungefähr wie 1:15,56 verhalten, etwas sehr gewagt erscheinen, wenn Herr Unger (S. 11 des Sonderabdruckes) die Felsensprengungen im Rheinstrom bedeutender, als diejenigen in der Donau hinstellt.

Der Verfasser fühlt sich ferner veranlasst, Herrn Wasserbau-inspector Unger auf Widersprüche hinzuweisen, welche zwischen seinen beiden Veröffentlichungen von 1896 und 1897 bestehen.

In der Ausgabe von 1896 ist zu lesen, dass am Rhein von 1890 bis 1894 zusammen 37216 cbm gefördert wurden, dass ausserdem noch 30000 bis 35000 cbm gesprengter Stein zu baggern sei und schliesslich, dass die Gesamtmenge der bereits gesprengten und noch zu sprengenden Felsen nach damaliger Beurtheilung des Herrn Unger sich auf ungefähr 200000 cbm belaufen dürfte. — In der Veröffentlichung von 1897 heisst es, dass vom 1. April 1894 bis 30. September 1896 ca. 180000 cbm gesprengt worden seien. Wenn also von 1890 bis 1894 rund 37000 cbm gefördert wurden, so entfallen auf die Zeit vom 1. April 1895 bis 30. September 1896 rund 143000 cbm; das ergibt per Arbeitstag und Taucherschacht, angenommen wieder, dass von den fünf Taucherschächten drei beständig in Thätigkeit waren, ca. 130 cbm.

Es wird zugegeben werden müssen, dass zwischen beiden Berichten ein so greller Unterschied besteht, dass sich unwillkürlich der Gedanke aufdrängt, ob nicht wieder eine andere Auffassung der Arbeitsleistung Platz gegriffen habe. Oder wie erklärt Herr Unger das Räthsel, dass, wenn das Gesamtquantum 200000 cbm betrug, von dem bereits 130000 cbm bewältigt waren, im Jahre 1896 noch fast das Dreifache der restlichen Cubatur aus dem Rhein entfernt wurde???

Nach solchen Widersprüchen darf man es dem Verfasser nicht verargen, die Zahlen nicht einfach als richtige anzunehmen. Ausserdem macht sich die Frage geltend, „mit welchen Mitteln jene 180000 cbm in 14 Monaten gebaggert worden sind“? Der Priestmann-Excavator, den Verfasser am Rheine sah, ist kaum im Stande monatlich 2000 cbm zu schaffen; die obige Leistung entspricht aber einer monatlichen Förderung von 13000 cbm, ein Quantum, das nicht einmal der Bagger „Vascapu“ zu bewältigen vermag, gegenüber welchem der Rheinbagger als ein Nürnberger Spielzeug betrachtet werden kann.

Des Weiteren wird man zu folgendem Rechenexempel kommen: Wenn, wie die 1897er Broschüre besagt, jene 180000 cbm wirklich geleistet worden wären und die Kosten per Cubikmeter 10,35 Mark betragen, was hat dann der Cubikmeter gekostet als man 37216 cbm in dem Zeitraume 1890 bis 1894 förderte?

Ferner bleibt es ein Räthsel, dessen Lösung den Wasserbau-technikern von grösstem fachlichen Interesse sein würde, wie jene Taucherschächte, die in dem Zeitraume von 1890 bis 1894 pro Schacht und Tag 12 cbm leisteten, in der Periode 1895 bis 1896 mehr als das Zehnfache zu bewältigen vermochten, da doch angenommen werden muss, dass ihre Leistungsfähigkeit auch in den Vorjahren in staatlichem Interesse vollkommen ausgebeutet wurde.

Nur der eingeweihte Fachmann wird im Stande sein, den Weg zur Lösung dieses Räthsels aufzufinden. Der Verfasser glaubt nicht irre zu gehen, wenn er denselben in einer dem Zwecke entsprechenden geschickten Gruppierung gegebener Zahlen gefunden zu haben meint.

Wenn man sich nicht selbst täuschen will, so muss man das gesammte Anlagecapital mit der Cubatur der zu leistenden Arbeit dividiren; es wird sich dann der natürliche Antheil ergeben, mit welchem man jeden Cubikmeter à conto des gesammten Anlagecapitals belasten muss und ferner würden die Intercalarzinsen zu berücksichtigen sein. Der hieraus sich ergebende Betrag addirt zu der Summe, welche man erhält, wenn man die jährlichen Ausgaben durch die factische Jahresleistung dividirt, wird die thatsächlichen Kosten eines Cubikmeters ergeben.

Vom Privatmann als Unternehmer kann man selbstredend nicht erwarten, dass er sein in das Unternehmen gestecktes Anlagecapital bei der Berechnung der Kosten für den Cubikmeter aus dem Strombette beseitigten Gesteines unberücksichtigt lassen soll. Wenn der Staat da, wo er als Unternehmer auftritt und die Arbeit auf eigene Rechnung ausführt, diesen Standpunkt einnehmen will, so ist das seine Sache. Dann darf er aber auch die Kosten seiner Arbeit nicht mit denjenigen in Vergleich stellen, die dem Privatunternehmer aus der gleichen Arbeit erwachsen, weil er diesen damit in seiner Existenz schädigen, oder sich doch den Anschein geben würde, als ob er dieses beabsichtige, was er rechtlich nicht darf und volkswirthschaftlich nicht thun sollte.

Will man sich der Mühe unterziehen, nach Profilkubikmetern zu berechnen, welche Schiffahrtshindernisse im Rheinstrome wirklich beseitigt worden sind und diese Zahl als Cubatur annehmen, so ist Verfasser der Ansicht, dass ein Festcubikmeter im Rhein mindestens 90 Mark gekostet hat. Nimmt man dagegen als geleistete Arbeit das Baggergut an, so kann ein Cubikmeter ca. 30 Mark gekostet haben. Nach Meinung des Verfassers

ist deshalb jede andere Berechnung unrichtig und beruht auf Selbsttäuschung.

Auch der Königliche Eisenbahnbauinspector Herr Schwanebeck beziffert in seinem im „Verein Deutscher Maschinen-Ingenieure“ am 24. Januar 1893 gehaltenen Vortrage (vergl. „Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen“, Bd. 32, Heft 5, vom 1. März 1893) die Kosten eines Cubikmeters auf rund 30 Mark und ist damit der Wirklichkeit weit näher als Herr Wasserbauinspector Unger.

Auffällig bei der Preisberechnung desselben ist auch das Folgende: Herr Wasserbauinspector Unger weist in seiner Broschüre vom Jahre 1896 für 37 216 cbm 82 590,57 m Bohrlochlänge aus, was für 1 cbm ungefähr 2,22 m Bohrlochlänge ergibt. Da nach seinen eigenen Angaben auf 1 m Bohrlänge 1 kg Dynamit zu rechnen ist, so entfallen auf 1 cbm 2,22 kg Dynamit (Sprengelatine), was allein eine Ausgabe von rund 6 Mark für Sprengstoff bedeutet. Wo liegen nun die Kosten für die Arbeit, die nöthigen Zündpatronen, die Ausgaben für Kohle und sonstige Materialien, der Antheil an den gesammten Betriebsmitteln???

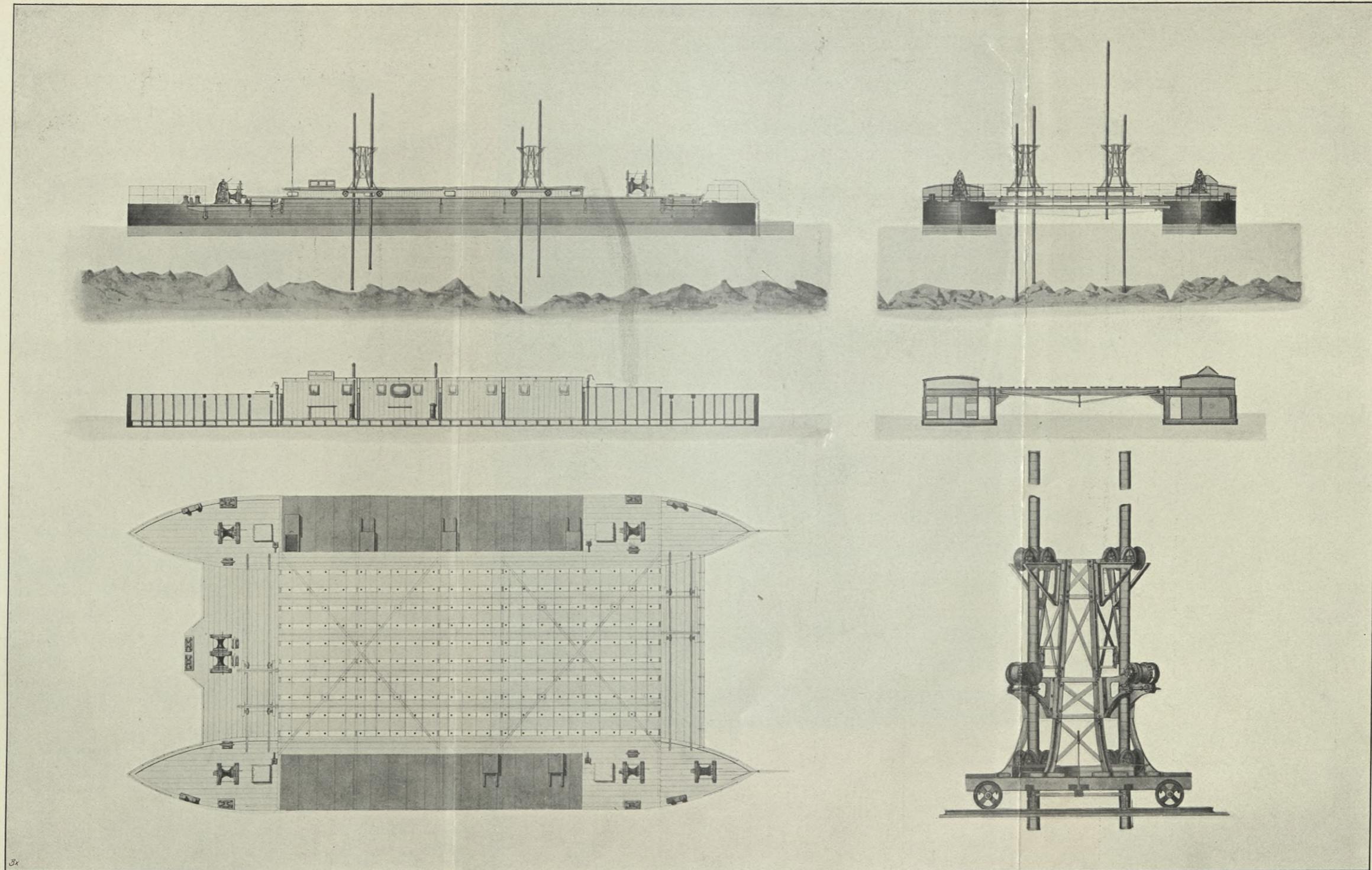
Auch die Auffassung, dass von den abgesprengten Spitzen viele Cubikmeter in die nebenliegenden Tiefen fallen und in Folge dessen mehr gesprengt wird, als das Baggergut aufweist, ist nicht richtig. In ähnlicher Hoffnung hat man sich auch bei den Donauarbeiten gewiegt, die Praxis hat jedoch etwas Anderes gelehrt. Um sich hierüber Klarheit zu verschaffen, möchte Verfasser empfehlen an Hand der Aufnahmen, welche von der Rheinstromregulirung vorhanden sind, nach Querprofilen genau die Cubatur zu berechnen, welche auf eine gewisse Stromstrecke entfällt und dann diese Strecke zu sprengen und zu baggern. Man wird dann bald zu der Ueberzeugung gelangen, dass das Baggergut das $2\frac{1}{2}$ - bis 3fache der planmässig nachgewiesenen Festcubikmeter beträgt.

Noch 20 Jahre wird man an der Rheinregulirung arbeiten und dann voraussichtlich noch kein ordentliches Fahrwasser aufweisen können. Bei dem jetzigen Gange der Arbeiten wird vielleicht eine Fahrwassertiefe von 1,2 m hergestellt sein, wogegen an der unteren Donau in 6 Jahren ein Fahrwasser von 2,5 m Tiefe geschaffen worden ist. Bei dem System, welches bei der Regulirung der unteren Donaukatarakte eingeführt wurde, weiss das Ministerium für öffentliche Arbeiten genau, dass in 6 Jahren eine bestimmte Summe ausgegeben wurde, um ein 2,5 m tiefes Fahrwasser zu

schaffen, dass die Regulirung überhaupt so und soviel Geld erforderte und dass eine bestimmte Anzahl Cubikmeter gebaggert wurde. Der Staat ist also im Stande genau zu berechnen, was der Cubikmeter gekostet hat. Verfasser gestattet sich, seiner Meinung Ausdruck zu geben, wenn er behauptet, dass die Berechnung der Selbstkosten per Cubikmeter aus dem Rheinstrom entfernten Gesteins seitens der Bauverwaltung eine irrthümliche ist, weil z. B. Verzinsung und Amortisation sämtlicher, ganz bedeutende Capitalien repräsentirenden mechanischen Hilfs- und Betriebsmittel unberücksichtigt geblieben sind. Die Berechnung giebt dem Staate folglich ein durchaus falsches Bild der Kosten. Einen richtigen Ueberblick über dieselben zu gewinnen, läge aber nicht nur im Interesse des Staates, sondern dürfte auch vom wirthschaftlichen Standpunkte aus und im Hinblick auf die Steuerzahler von Wichtigkeit sein.

Würde der preussische Staat seine Rechnung auf gleicher Grundlage aufstellen lassen, wie solche bei der Generalbauunternehmung für die Donaukataraktenregulirung massgebend war, so ist Verfasser überzeugt, dass das Resultat in Bezug auf die Freimachung des Verkehrs, d. h. der Schifffahrtstrasse im Rhein, weit ungünstiger ausfallen würde und dass ein wirklich geförderter Cubikmeter das Zwei- bis Dreifache von dem gekostet haben und kosten dürfte, was der ungarische Staat für die Entfernung der Verkehrshindernisse an der unteren Donau zahlte.

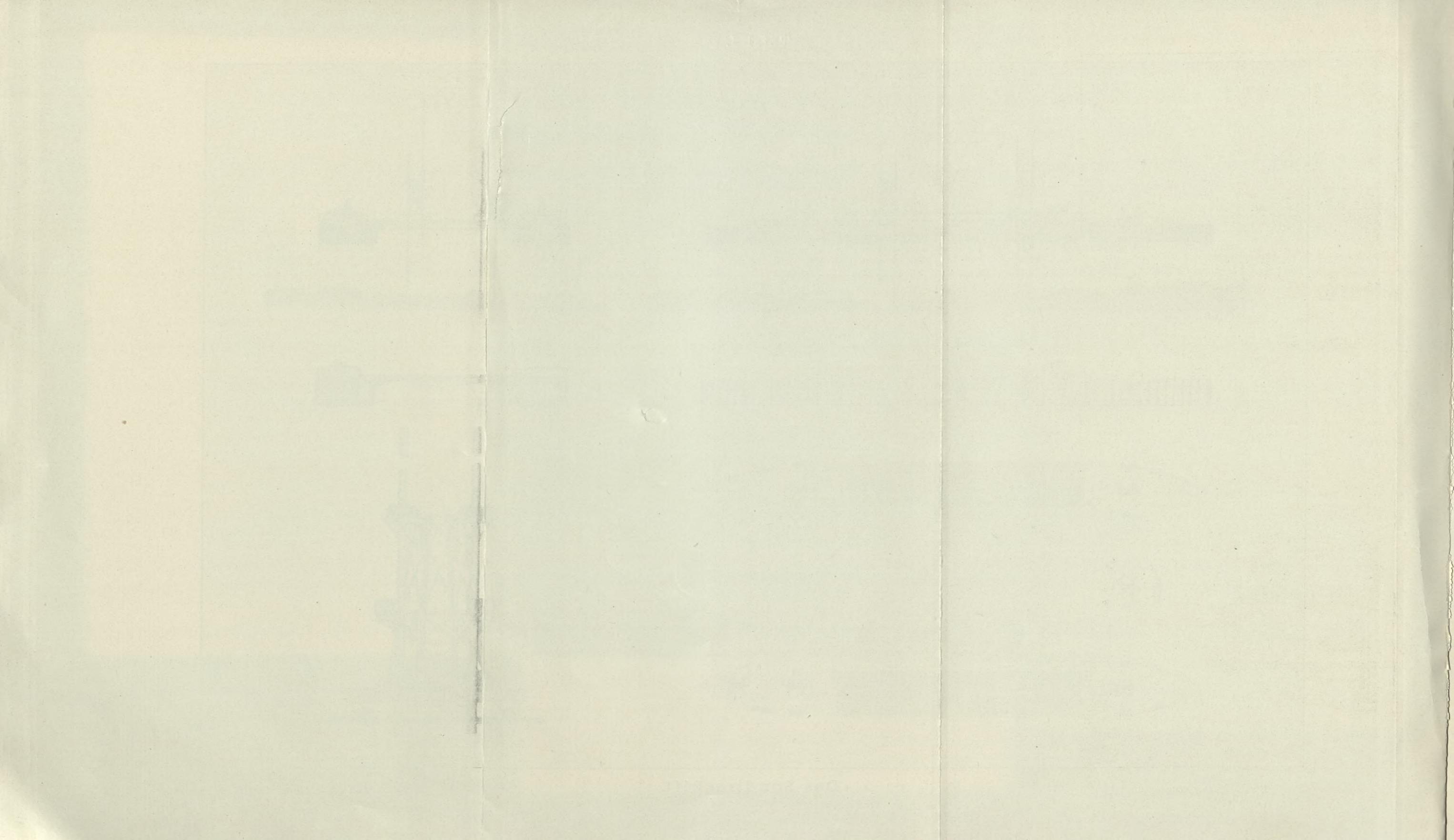
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA **Rupčić.**
KRAKÓW

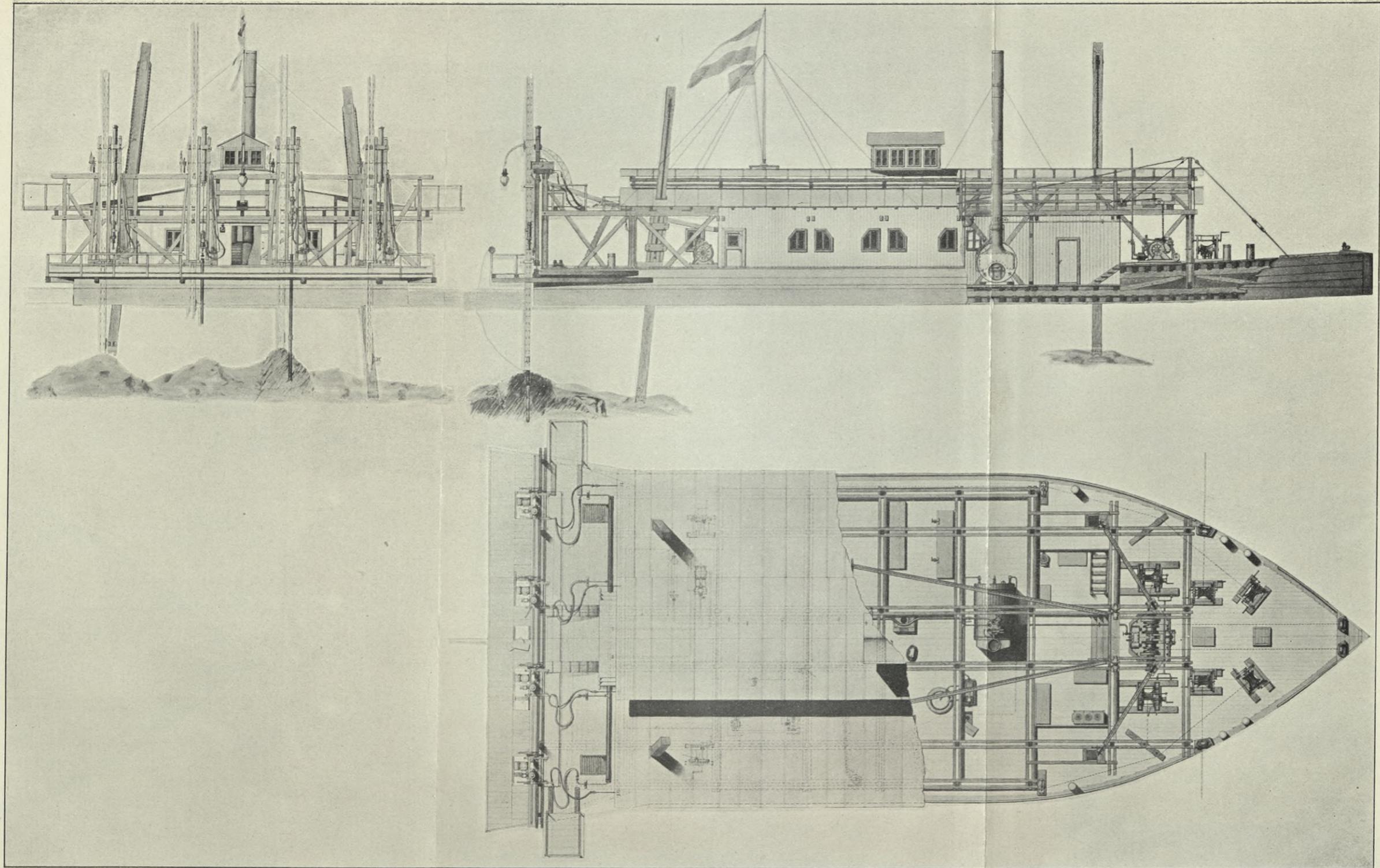


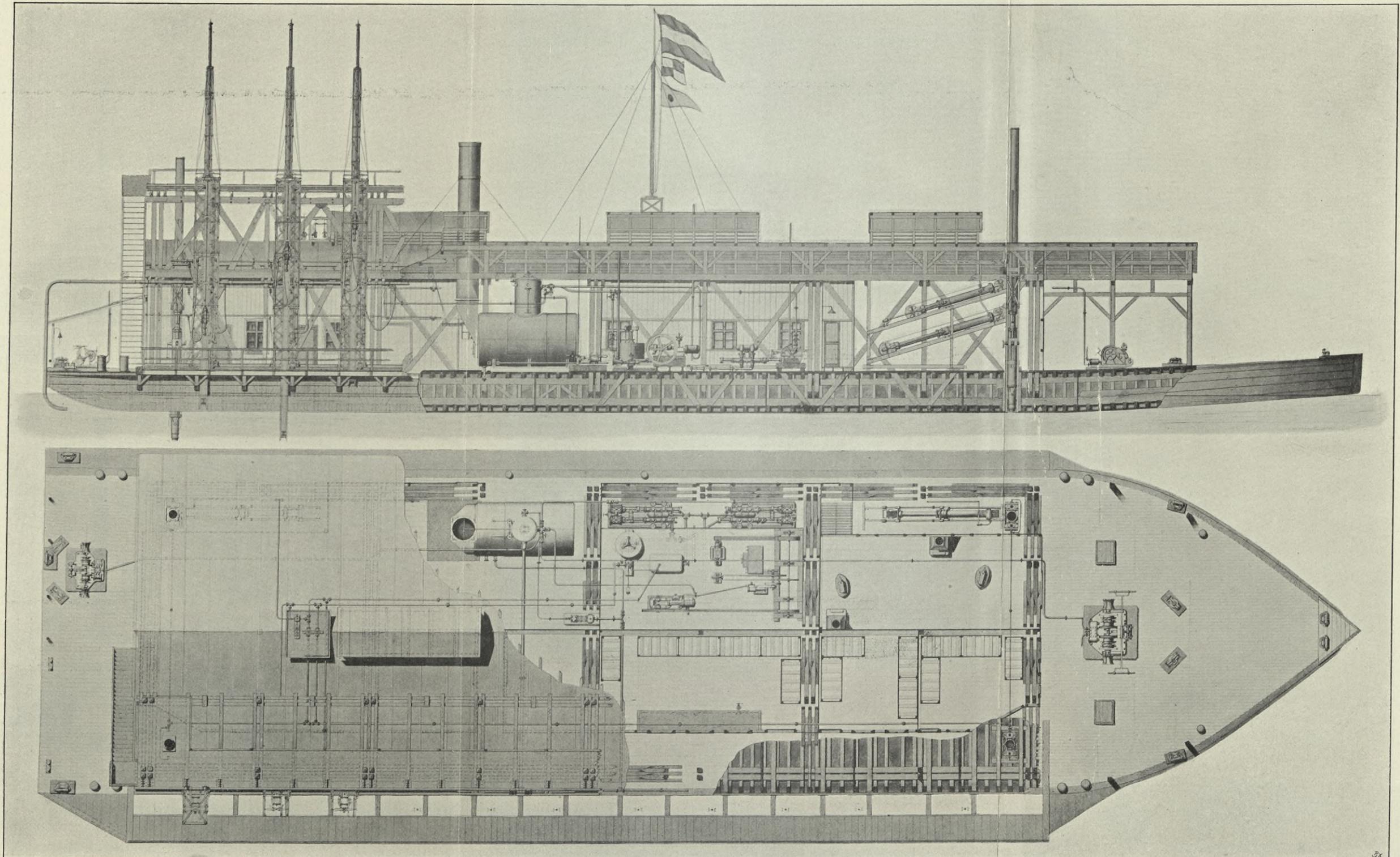
Rupčić, Felsensprengungen.

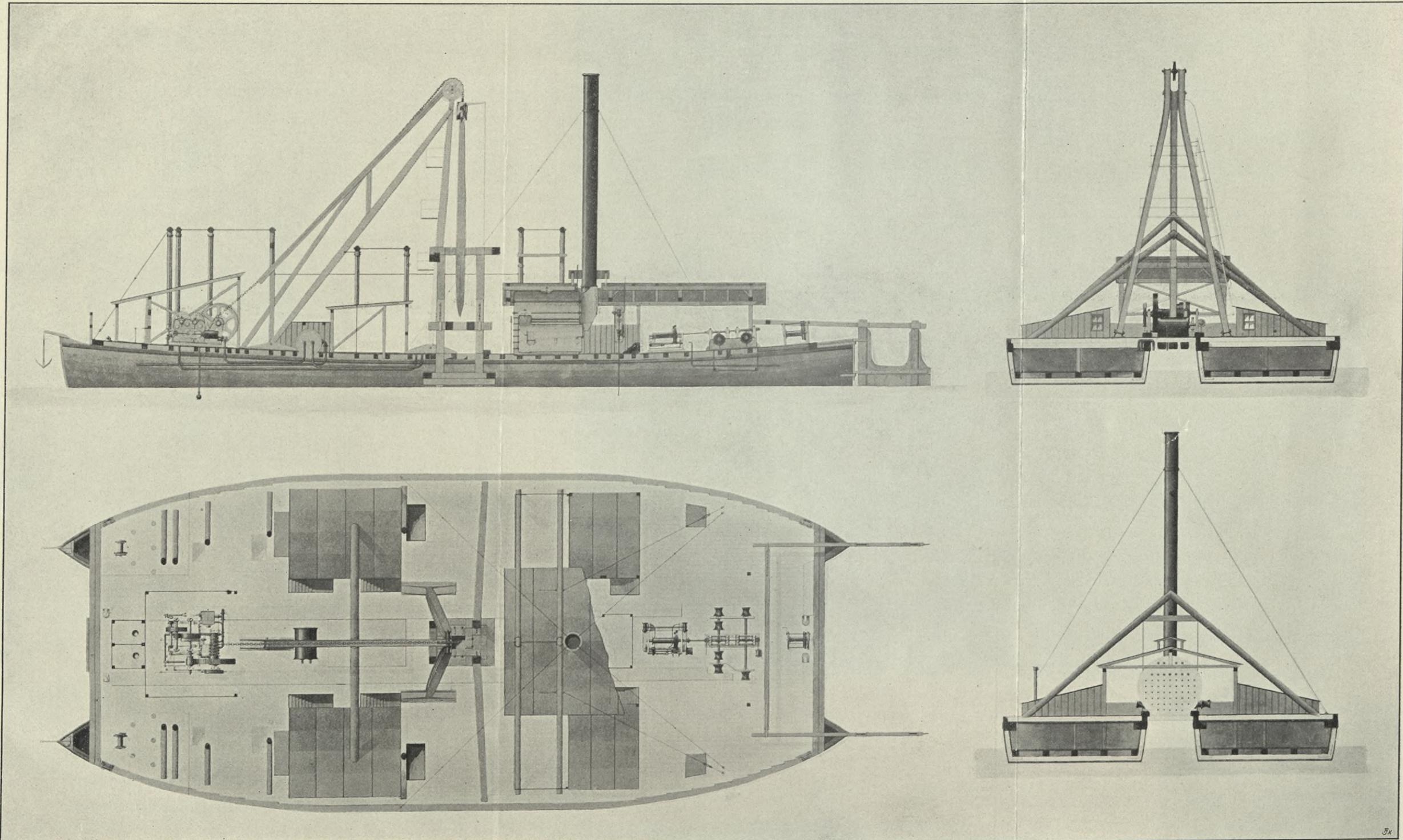
Das Sonderschiff.

Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.





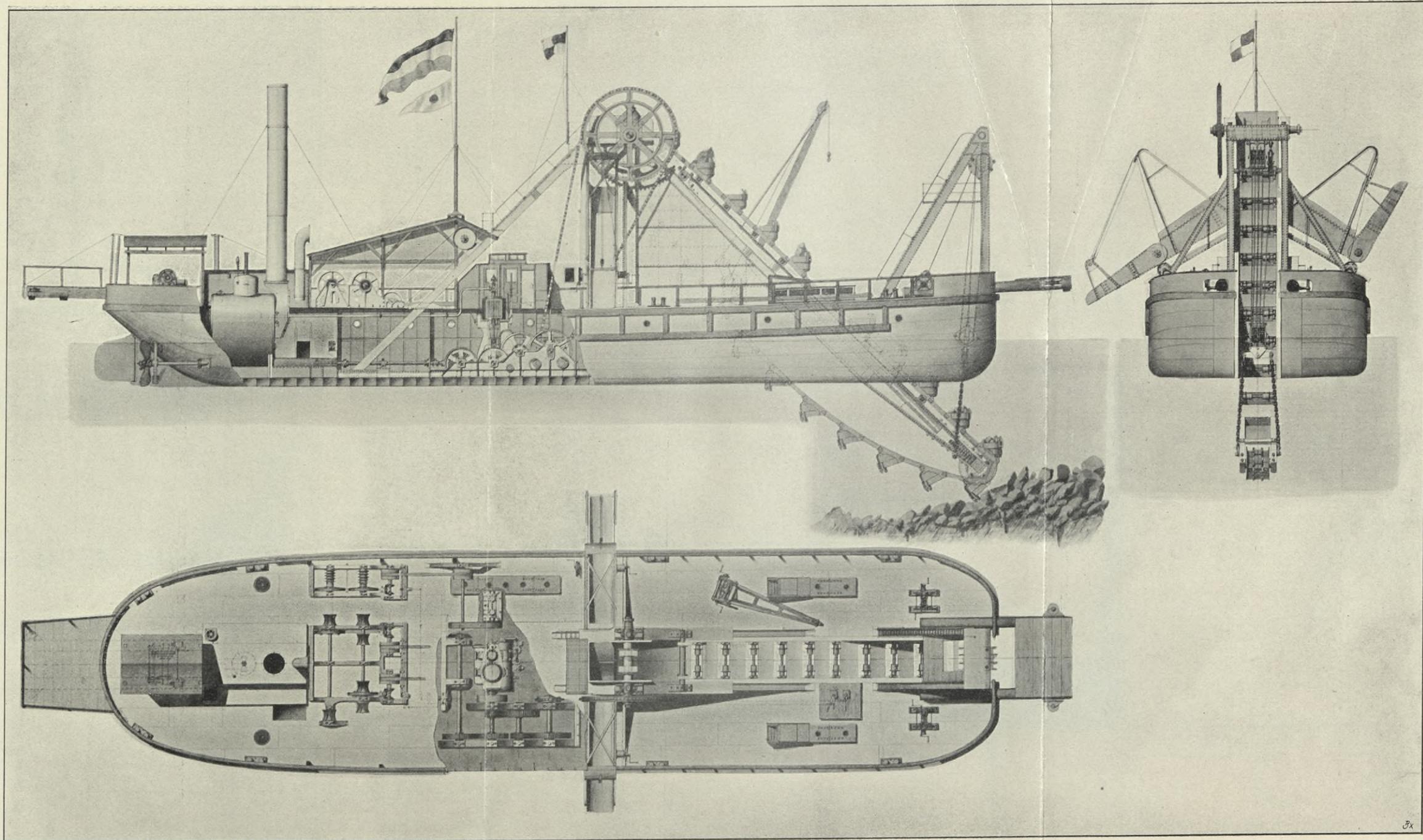




Rupčić, Felsensprengungen.

Der Felsenbrecher.

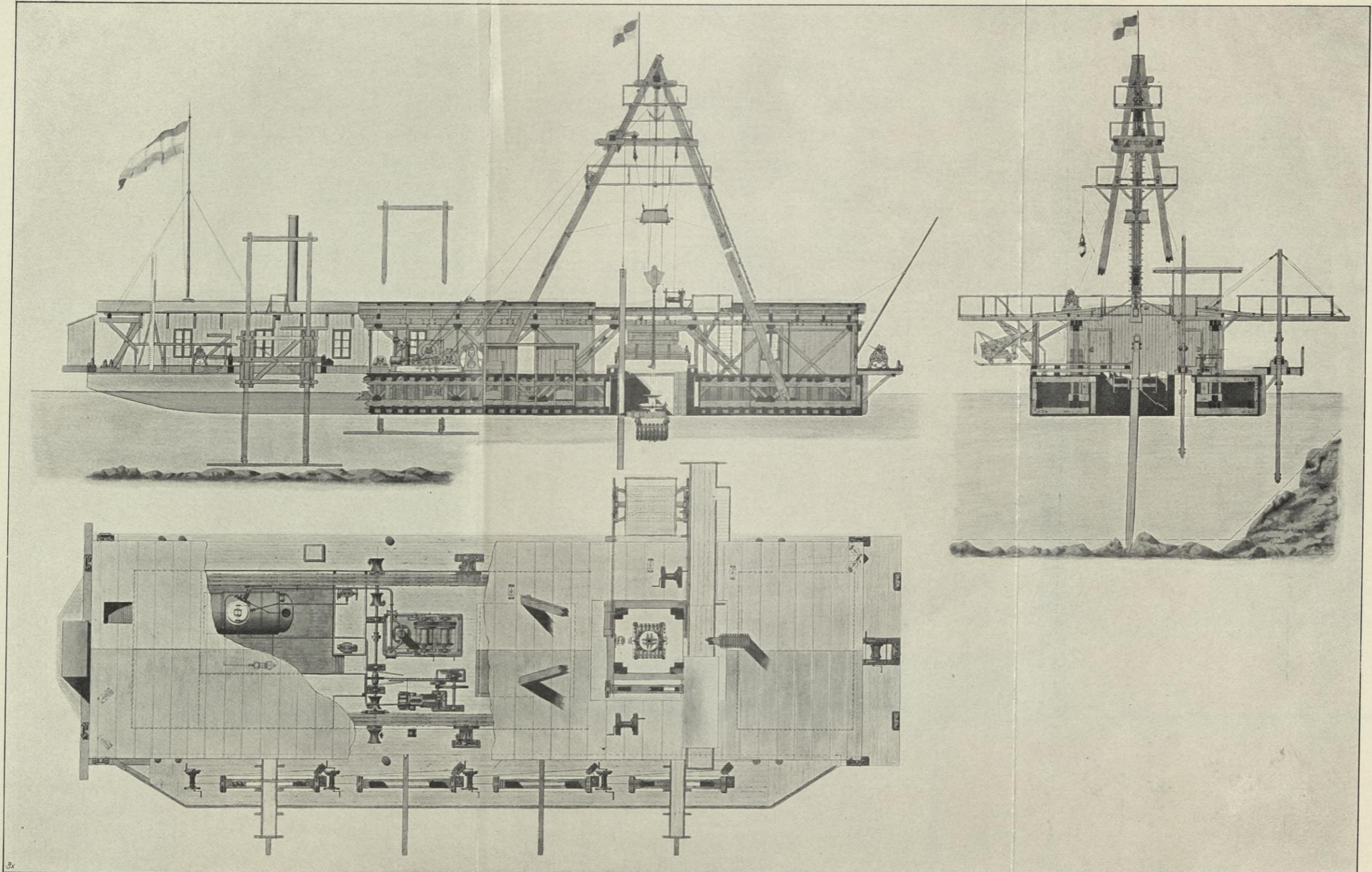
Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.



Rupčić, Felsensprengungen.

Der Bagger Vascapu.

Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.



Rupčić, Felsensprengungen.

Das Universalschiff.

Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31150

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300016