

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw. ....

3154

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297595

x  
1.523



# Felssprengungen unter Wasser

bei den

## Regulierungs-Arbeiten

in der

## Donau zwischen Moldova und Turn-Severin.

Von

JOHANN VON LAUER,

k. u. k. Generalmajor d. R.

Mit 36 Holzschnitten, 5 Tafeln und 5 Beilagen.

*F. Nr. 23495*



WIEN 1900

SPIELHAGEN & SCHURICH  
VERLAGSBUCHHANDLUNG

I. KUMPFASSE 7.

*Gy 40  
33.*

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 3154

K. u k. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Akc. Nr. \_\_\_\_\_

2889/49

## Vorwort.

---

Im Anfange des Jahres 1892 habe ich im gleichen Verlage zwei Arbeiten unter den Titeln: „Methode zur Zerstörung von Felsen in Flüssen mittels aufgelgter Sprengladungen“ und „Zerstörung von Felsen in Flüssen“ der Öffentlichkeit übergeben.

In der ersten Arbeit schilderte ich die Entstehung der „Fels-Sprengmethode mittels aufgelegter Sprengladungen“, beschrieb die mit derselben vorgenommenen Versuche und besprach schliesslich die Vor- und Nachtheile dieser Methode, wodurch dem Fachmanne ein gründliches Eingehen in diese höchst einfache submarine Sprengmethode, sowie die Beurtheilung ihrer Anwendbarkeit unter verschiedenen Verhältnissen ermöglicht werden sollte. Auch hoffte ich damit diesen Zweig der Sprengtechnik wesentlich zu fördern.

Zur zweiten Arbeit veranlasste mich das damals bestandene grosse Interesse, welches der in Ausführung begriffenen Aussprengung eines Schiffahrtsweges durch die Stromschnellen der unteren Donau allgemein entgegengebracht wurde. — Mit diesem Buche wollte ich die in Frage stehende Angelegenheit fördern, und habe daher zuerst von den „älteren Sprengmethoden zur Zerstörung von Felsen in Flüssen“ die bis 1889 bekannten und versuchten Sprengsysteme in kurzen Umrissen dem Wesen nach besprochen und bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit und Anwendbarkeit verglichen; sodann jene „Neueren Sprengmethoden zur Zerstörung von Felsen in Flüssen“ den Fachkreisen mitgetheilt, welche infolge der von k. ung. Handelsministerium im Jahre 1889 veranlassten Offertausschreibung für Sprengmethoden zur Durchführung der Sprengungen in den Stromschnellen der unteren Donau, für diese Arbeiten vorgeschlagen wurden; und schliesslich jene „Zündmittel und Sprengpräparate“, welche bei submarinen Sprengungen in Anwendung kommen, näher beleuchtet, sowie die Anwendbarkeit, die Vorzüge und Nachtheile einzelner derselben kurz erörtert.

Durch diese Arbeit hatte ich den berufenen Fachkreisen das ganze geistige Material über diesen speciellen Zweig der Technik in Kürze vorgeführt, um irrige Ansichten zu klären, den einzuschlagenden Weg — wie damals noch unbrauchbare, aber lebensfähige Vorschläge nutzbar gemacht werden könnten — leichter zu finden oder durch Combination guter Theile der einzelnen Methoden einen neuen Arbeitsvorgang zu ergründen, endlich auf die Mängel der verschiedenen Arbeitsweisen aufmerksam zu machen, weil hiedurch die Auffindung der Mittel zu deren Abhilfe gefördert wird.

Zu jener Zeit (im Anfange des Jahres 1892) schritt man bereits an die Ausführung der Projecte für die Regulierung der Stromschnellen in der unteren Donau, doch entschied man sich nicht für jene Fels-Sprengmethode mit aufgelegten Ladungen, welche der bezüglichen Kostenberechnung zugrunde lag, sondern es sollten eingehende Erprobungen für die endgiltige Wahl der anzuwendenden Arbeitsmethode bestimmend sein.

Damals erlaubte ich mir im Vorworte zur zweiten Arbeit, meine Ansicht darüber, ob diese Versuche von Erfolg begleitet sein werden, wie folgt, auszusprechen: „Ob dies durch die weiteren Versuche erzielt werden wird, mag dahingestellt bleiben; jedenfalls darf man aber hoffen, dass bei Bewältigung der gestellten imponierenden Aufgabe auch dieser Zweig des Sprengwesens — die submarinen Fels-sprengungen — aus dem bisherigen Dunkel gerückt und in greifbarere zugänglichere Formen gebracht werden wird“.

Die Regulierungsarbeiten in der unteren Donau sind nun seit dem Jahre 1898 beendet, über die hiebei gemachten Erfahrungen und erzielten Resultate wurde jedoch nur wenig veröffentlicht; insbesondere fehlen Publicationen, welche Klarheit über die Durchführung des schwierigsten Theiles der Arbeiten — die Fels-sprengungen unter Wasser — gebracht, oder diese doch eingehend beschrieben hätten; trotzdem habe ich auch das Wenige, was darin über Sprengwesen enthalten ist, mit Freuden begrüsst, wengleich meine oben ausgesprochene Hoffnung zum nur geringen Theile in Erfüllung ging.

Die erste nennenswerte Mittheilung über die durchgeführten Regulierungsarbeiten in der unteren Donau erschien im Jahre 1895 in der „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure“ von Professor Hans Arnold. Sie enthält sehr wertvolle Angaben über die zur Anwendung gekommenen Arbeitsmaschinen und Arbeitsschiffe, auch ist der sprengtechnische Theil dieser Abhandlung ziemlich

ausführlich behandelt, doch das hierüber Veröffentlichte nicht hinreichend aufgeklärt und einwandfrei.

Die nächste sehr umfangreiche Arbeit wurde anlässlich der ungarischen Millenniumsfeier im Jahre 1896 vom k. ung. Sectionsrath Béla von Gonda unter dem Titel: „Die Regulierung des Eisernen Thores und der Katarakte der unteren Donau“ herausgegeben. Es ist dies ein höchst wertvolles, sehr schön ausgestattetes mühevolltes Werk, in welchem man nach jeder Richtung hin über die Arbeiten in den Stromschnellen der unteren Donau Aufschluss erhält; doch konnten die Details — da dieses Buch für einen grossen Leserkreis bestimmt war — nicht so ausführlich gebracht werden, wie dies für ein eingehendes Studium einzelner Arbeiten erwünscht gewesen wäre; — seiner Bestimmung aber, über die Regulierung des Eisernen Thores und der Katarakte der unteren Donau vom Anfange an bis zur endlichen Vollendung, allgemeine Kenntniss zu verbreiten, entspricht es in ausgezeichnetster Masse.

Das letzte Druckwerk, welches im Jahre 1897 erschien, hat den Ingenieur Georg Rupčić zum Verfasser. Schon wie der Titel: „Die Felssprengungen unter Wasser in der Donau-Strecke Sztenka — Eisernes Thor“ andeutet, bespricht es hauptsächlich die submarinen Sprengarbeiten, theilt die Gründe mit, welche zur Annahme zweier Arbeitsmethoden führten und erörtert, wie die Bauunternehmung die Felsbeseitigungsarbeiten mit jeder Arbeitsmethode durchführte, ferner mit welchen grossen Schwierigkeiten sie hiebei zu kämpfen hatte. Durch diese Publication, welche zwar manche irrige Ansicht über das Spreng- und Zündwesen enthält, und auch Vieles (insbesondere die Sprengmethoden der Rheinregulierung) nicht genügend sachlich beurtheilt, ist es dem Fachmanne doch möglich, sich über Arbeitsleistung und Anwendbarkeit der beiden angenommenen Arbeitsmethoden ein richtiges Urtheil zu bilden und diese mit anderen Vorgangsweisen zu vergleichen. Leider fehlen auch in dieser Abhandlung alle Daten über erwachsene Auslagen für die einzelnen Arbeits- und Hilfsschiffe, als auch jene für die Zerstörung und Entfernung eines Cubikmeter Felsens unter Wasser, so dass man sich über die Gesamtkosten der Arbeiten nicht orientieren kann.

Aus allen diesen drei Publicationen erfährt man, dass die Felssprengmethode mit aufgelegten Ladungen bei den Regulierungsarbeiten in der unteren Donau nicht angewendet wurde, weil sie keine genügende Garantie bot, dass mit derselben

die dort zu beseitigenden Felsmassen während der in Aussicht genommenen Bauzeit von sechs Jahren ausgesprengt werden konnten; Ingenieur G. Rupčić spricht sich sogar dahin aus, dass die genannte Sprengmethode zur Zerstörung ausgedehnter Felsbänke überhaupt unbrauchbar sei.

Dieses noch vor Inangriffnahme der Regulierungsarbeiten gefällte abfällige Urtheil über eine submarine Fels-Sprengmethode, die von angesehenen Fachleuten als eine vorzügliche Arbeitsmethode erkannt und zu wiederholtenmalen erprobt und angewendet wurde, bestimmte mich, die durchgeführten Felssprengarbeiten in den Stromschnellen der unteren Donau eingehend zu studieren, um die tatsächlich erzielten Arbeitsleistungen zu ermitteln.

Das Ergebnis meiner Untersuchungen war, dass, wenn auch die Felssprengungen in den Stromschnellen der unteren Donau mittels der amerikanischen Fels-Sprengmethode (System E. E. Gilbert) und der englischen Fels-Brechmethode (System H. Ch. Lobnitz) innerhalb acht Jahren bewältigt wurden, dies doch nur mit grosser Gefahr für die Arbeitenden, mit bedeutenden Schwierigkeiten und mit unverhältnismässig grossen Kosten zu erreichen möglich war.

Ob das gleiche Arbeitsergebnis auf sicherere, leichtere und billigere Art in kürzerer Arbeitszeit mit Anwendung der von mir vorgeschlagenen Fels-Sprengmethode möglich gewesen wäre, überlasse ich dem Urtheile der Fachgenossen.

Ich habe diese Überzeugung stets gehabt und bin durch meine oben bezeichneten, neuerlichen Untersuchungen und Erhebungen in dieser Überzeugung nur bestärkt worden.

Wenn nun auch Felssprengungen in so ausgedehntem Ausmasse wie in der unteren Donau nicht sobald vorkommen werden, so glaube ich dessenungeachtet diese Arbeit, welche diesen speciellen Zweig der Sprengtechnik in eingehender Weise bespricht, der Öffentlichkeit nicht vorenthalten zu sollen.

Hiebei gehe ich von dem Grundsatz aus, dass man abweichende Anschauungen und Überzeugungen gelten lassen muss, denn die Individualität hat ihre Berechtigung. Theoretische Grundsätze dürfen aber nicht willkürlich umgestossen werden.

Wien, im Jänner 1900.

Der Verfasser.

# Inhalt.

	Seite
Einleitung der Regulierungsarbeiten in der Donau zwischen Moldova und Turn-Severin . . . . .	1
Beabsichtigte Durchführung der Felssprengungen im freien Strome in Staatsregie . . . . .	9
Durchführung der Felssprengungen im freien Strome im Unter- nehmungswege . . . . .	20
I. Amerikanische Fels-Sprengmethode (System Gilbert) . . . . .	25
Arbeitsvorgang . . . . .	25
Durchführung der Felssprengungen unter Wasser . . . . .	43
<i>a)</i> Herstellen der Bohrlöcher . . . . .	43
<i>b)</i> Laden der Bohrlöcher . . . . .	47
<i>c)</i> Zünden der Bohrlochladungen . . . . .	53
<i>α)</i> Zündapparate . . . . .	53
<i>β)</i> Leitungen . . . . .	53
<i>γ)</i> Zünder . . . . .	55
<i>δ)</i> Zündungsanlagen . . . . .	56
<i>d)</i> Entfernen des Sprenggutes . . . . .	65
Arbeitsleitung . . . . .	67
Gestehungskosten . . . . .	69
II. Englische Fels-Brechmethode (System Lobnitz) . . . . .	69
Arbeitsvorgang . . . . .	69
Erfahrungsdaten . . . . .	70
Durchführung der Felszertrümmerung unter Wasser . . . . .	72
<i>a)</i> Brechschiffe . . . . .	73
<i>b)</i> Zertrümmern des Felsgrundes . . . . .	75
<i>c)</i> Entfernen des Trümmergesteins . . . . .	76
Arbeitsleistung . . . . .	76
Gestehungskosten . . . . .	78
Durchführung der Regulierungsarbeiten . . . . .	79
Besprechung der österreichischen Fels-Sprengmethode . . . . .	88
III. Österreichische Fels-Sprengmethode (System Lauer) . . . . .	90
Arbeitsvorgang . . . . .	91
Sprengapparat . . . . .	93
Erfahrungsdaten . . . . .	93
Schlussbetrachtung . . . . .	102
Resumé . . . . .	108

## Benützte Quellen.

Die Regulierung der Donau-Katarakte zwischen Sztenka und dem Eisernen Thor. Von Professor Hans Arnold. — Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 4. 6. 8. und 10. Heft. Jahrgang 1895.

Die Regulierung des Eisernen Thores und der Katarakte in der unteren Donau. Von k. ung. Sectionsrath Béla von Gonda. — Budapest, 1896.

Die Felssprengungen unter Wasser in der Donaustrecke Sztenka—Eisernes Thor. Von Ingenieur Georg Rupčić. — Braunschweig, 1897.

Die Regulierungsarbeiten an der unteren Donau und deren Resultate. Vortrag des k. ung. Ministerialrathes Ernst von Wallandt, gehalten in der Vollversammlung des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines in Wien, am 3. April 1897.

---

## Druckfehler-Berichtigung.

Seite	3,	6.	Zeile	von	oben	soll	heissen	„war“	statt	„waren“.
„	6,	15.	„	„	„	„	„	„werde“	statt	„werden“.
„	18,	16.	„	„	unten	„	„	„kamen“	statt	„komme“.
„	24,	8.	„	„	„	„	„	„Jucz“	statt	„Júc“.
„	28.	10.	„	„	oben	„	„	„das“	statt	„des“.

---

# Einleitung

## der Regulierungsarbeiten in der Donau

zwischen

### Moldova und Turn-Severin.

Die in der Donau zwischen Moldova und Turn-Severin bestehenden Stromschnellen waren eine fortwährende Gefahr für die Schifffahrt und verhinderten auch ihre, den Handelsinteressen entsprechende Entwicklung.

Die in den Jahren 1889 bis 1898 durchgeführten Regulierungsarbeiten bezweckten nun die Beseitigung dieser Hindernisse, welche durch Felsen gebildet werden, die das Flussbett an mehreren Stellen durchqueren.

Über die Art der Regulierung dieser unter dem Namen: Sztenka, Kozla-Dojke, Izlas-Tachtalia, Jucz und Eisernes Thor bekannten Stromschnellen, welche den Verkehr in einer Strecke von 33 km je nach den verschiedenen Wasserständen erschwerten, gefährdeten oder selbst unmöglich machten, wurden sechs ausführliche Elaborate von ausgezeichneten Hydrotechnikern verfasst.<sup>1)</sup>

Das erste derselben hat — über Anregung des Grafen Széchenyi — der Ingenieur Paul Vásárhelyi im Jahre 1834 ausgearbeitet; es behandelt die Regulierung sämtlicher genannten fünf Stromschnellen.

Verfasser der übrigen Projecte waren:

der amerikanische Ingenieur Mac Alpine, über Veranlassung des Generaldirectors der Dampfschiffahrts-Gesellschaft Martin Ritter von Cassian und einiger seiner Freunde im Jahre 1871;

---

<sup>1)</sup> Ausführlich beschrieben in dem vom Donau-Vereine herausgegebenen Werke: »Actenstücke zur Regulierung der Stromschnellen der Donau zwischen Moldova und Turn-Severin«. — Wien, 1880.

die internationale, aus österreichischen, ungarischen und türkischen Technikern zusammengesetzte Commission über Auftrag der k. und k. österreichisch-ungarischen und der kaiserlich türkischen Regierung im Jahre 1874; und

endlich eine Commission auswärtiger Experten über Wunsch der k. ung. Regierung im Jahre 1879.

Weiters wurden über die Regulierung des Eisernen Thores von Hofrath Gustav Wex im Jahre 1855 und vom Ministerial-Ingenieur Josef Meusbürger in den Jahren 1855 und 1856 eingehende Studien gemacht und die Resultate derselben in besonderen Gutachten dargelegt.

Mit der Durchführung der zur Beseitigung der Schifffahrtshindernisse beim Eisernen Thor und bei den Katarakten nothwendigen Arbeiten wurde durch Artikel LVII des Berliner Friedensvertrages vom 13. Juli 1878 Österreich-Ungarn beauftragt und hat die thatsächliche Ausführung der bezüglichen Regulierungsarbeiten die k. ung. Regierung übernommen.

Dementsprechend hat das k. ung. Ministerium für öffentliche Arbeiten und Communicationen im Jahre 1883 die vorhandenen Elaborate über die Regulierung der Stromschnellen, insbesondere jenes der internationalen technischen Commission vom Jahre 1874 einer Überprüfung unterziehen lassen, und schliesslich wurden die auf Grundlage aller Studien, Vorerhebungen u. dgl. vom damaligen k. ung. Landes-Bauinspector Ernst v. Wallandt vorgeschlagenen Regulierungsanträge angenommen.

Diese Anträge bezogen sich zumeist auf die Aussprengung von Canälen in den die Stromschnellen veranlassenden Felsbänken, weil hiedurch in erster Linie eine gefahrlose Schifffahrt durch die Katarakte zu erreichen war; diese Canäle sollten womöglich geradlinig geführt, mindestens 60·00 *m* an der Sohle breit und so tief gehalten werden, dass dieselben selbst bei niedrigstem Wasserstande noch die für den Schiffsverkehr nothwendige Wassertiefe von 2·00 *m* — bei mässigem Gefälle — aufweisen; hiebei war entweder die nothwendige Wassertiefe künstlich zu erreichen oder die Stromgeschwindigkeit zu mindern oder auch beides zu berücksichtigen. (Taf. I.)

Bei der Stromschnelle Sztenka bestand keine grosse Stromgeschwindigkeit (das Gefälle des kleinen Wassers betrug  $0\cdot391:1094 = 0\cdot000357$ ), jedoch war die Flusssohle zu hoch gelegen, weshalb durch die Felsbank — conform des Antrages der Commission vom Jahre

1874 — ein ungefähr 825·00 *m* langer, 60·00 *m* breiter Canal auf 2·00 *m* unter den Nullwasserstand frei im Strome auszusprengen beantragt wurde.

Ähnliche Verhältnisse fanden sich bei den Stromschnellen Kozla-Dojke vor, welche 14·8 *km* stromabwärts von Sztenka liegen. Es waren die Stromgeschwindigkeit bei kleinstem Wasserstande gleichfalls nicht bedeutend (der relative Fall betrug auf die Länge der Felsbank  $2·14:2300 = 0·00093$ ), und nur die Wassertiefe ungenügend, so dass hier die Aussprengung eines 2100·00 *m* langen, 60·00 *m* breiten offenen Canales bis auf 2·00 *m* unter Nullwasser in Vorschlag gebracht wurde, welcher nach dem Projecte der Commission vom Jahre 1879 längs des linken Ufers in möglichst gerader Linie führen sollte.

Die Stromschnellen Izlas-Tachtalia, 9·0 *km* stromabwärts von Dojke, bildeten mit der Einengung bei Greben und der sich von da bis unterhalb Szvinicza hinziehenden Felsbank eine ausgedehnte Gruppe von Schiffahrtshindernissen, zu deren Behebung ein einheitliches Project ausgearbeitet werden musste.

Bei den Stromschnellen Izlas-Tachtalia bestand zur Zeit des Niederwassers, trotz dem nicht unbedeutenden Gefälle, keine bedeutende Strömung (der relative Fall betrug auf die ganze Länge nur  $2·57:1900 = 0·00135$ ), weil der heftige Anprall des Wassers an den Felsklippen dieselbe wesentlich herabminderte; doch wuchs die Stromgeschwindigkeit beim Steigen des Wassers und wurde bei hohem Wasserstande örtlich reissend. Oberhalb der Grebenspitze lagen nur einzelne Felsspitzen ungefähr 1·00 bis 0·60 *m* unter dem Niederwasserspiegel, während man in der Nähe dieses Bergvorsprunges — stellenweise oberhalb des ganzen Felsgrundes bloß eine Wassertiefe von 1·20 *m* constatierte. Unterhalb der Grebenspitze bis abwärts des Dorfes Szvinicza war die Wassertiefe durchgehends nur sehr gering und erreichte bei dem kleinsten Wasserstande kaum 0·70 *m* im Mittel.

Die Grebenspitze endlich ragte vom rechten Ufer tief in den Strom hinein und verengte hiedurch das Bett auf 425·00 *m*, bei niedrigstem Wasserstande sogar auf 200·00 *m*, durch welche Verengung der Strom derart gestaut wurde, dass er in die stromabwärts anschliessende seichte Ausbreitung überstürzte.

Bei den Stromschnellen Izlas und Tachtalia waren somit geringe Tiefe bei kleineren und reissende Geschwindigkeit bei grösseren

Wasserständen; — beim Greben hingegen Verengung des Stromes und plötzliche Ausbreitung desselben unterhalb der Grebenspitze Hindernisse der Schifffahrt.

Als Abhilfe wurde die Abspregung eines grossen Theiles der Grebenspitze bis auf den Mittelwasserstand, sowie die Herstellung eines bei diesem Wasserstande überflutbaren 6200·00 *m* langen Staudammes, welcher ungefähr nach dem Vorschlage der Commission vom Jahre 1879 einwärts der Abspregung am Greben zu beginnen und mit steigender Krone bis zum Orte Milanowacz zu reichen hatte beabsichtigt. Durch diese Massnahmen sollten der bei Greben bestehende Wassersturz gemässigt, und die Donau stromabwärts desselben derart eingengt werden, dass die hiedurch veranlasste Stauung des Wassers bis zur Stromschnelle Izlas zurückwirken, um den — nach Antrag der Commission vom Jahre 1874 — durch die Felsbänke Izlas-Tachtalia zunächst des serbischen Ufers frei im Strome herzustellende 3500·00 *m* langen, 60·00 *m* breiten Canal auf weniger als 2·00 *m* unter dem bisherigen Nullwasser aussprengen zu müssen und überdies stromabwärts Greben bis unterhalb Szvinicza die zur gefahrlosen Schifffahrt nothwendige Wassertiefe zu erhalten.

Bei der Stromschnelle Jucz — die 11·0 *km* von der Felsbank Dojke entfernt liegt — bestanden zu grosse Seichte und zu grosses Gefälle bei geringem Wasserstande und waren sonach einerseits, die für die Zwecke der Schifffahrt erforderliche Wassertiefe herzustellen, andererseits das bei niedrigem Wasserstande ungleich vertheilte grosse Gefälle (der relative Fall wechselte hier zwischen 0·00163, 0·0024, 0·005596 und 0·00253) entsprechend zu mässigen.

Dies sollte in ähnlicher Weise wie bei den Stromschnellen Izlas-Tachtalia erreicht werden, u. zw. die Hebung des Wasserspiegels stromabwärts der Felsbank durch Herstellung eines 1600·00 *m* langen Staudammes, welcher oberhalb der Ausmündung des Porecska-Baches beginnen und bis zur nächsten stromabwärtigen Insel reichen sollte, ferner die Aussprengung eines nahe am linken Ufer geführten geradlinigen Canals von ungefähr 1000·00 *m* Länge, 60·00 *m* Breite und 2·00 *m* Tiefe unter dem Nullwasser.

Die letzte und grösste Stromschnelle, das sogenannte Eiserner Thor, liegt 3·0 *km* von der österreichisch-ungarischen Grenze entfernt. Bei dieser war einerseits durch die quer über den Strom ziehende Felsbank Prigrada mit ihren spitz hervorragenden Klippen, andererseits durch die durchwegs zu geringe Wassertiefe und starke

Strömung die Schifffahrt erschwert, gefährdet oder gänzlich verhindert, je nachdem hoher, mittlerer oder niederer Wasserstand eintrat. — Die Stromgeschwindigkeit war bei niederem und hohem Wasserstande sehr bedeutend und betrug bei kleinem Wasser der Höhenunterschied des Wasserspiegels ober- und unterhalb des Eisernen Thores ungefähr 4·00 *m* (der kleinste relative Fall war 5·20:2465 = 0·00219).

Die Beseitigung dieser Schifffahrtshindernisse hat man durch Herstellung eines vollkommen eingedämmten im stromaufwärtigen Theile etwas gekrümmten, dann geradlinig geführten, ungefähr 2200·00 *m* langen, 80·00 *m* breiten Canales von 2·00 *m* Tiefe unter den niedrigsten Wasserstand angestrebt, welcher nach dem Projecte der Commission vom Jahre 1874 (jedoch nicht so stark gekrümmt) am rechten — serbischen — Donauufer zur Ausführung beantragt wurde. Hiebei sollte auch erreicht werden, dass bei jedem Wasserstande der Ausgleich zwischen dem oberen und unteren Wasserspiegel unter den möglichst günstigsten, jedenfalls aber unter besseren Gefällsverhältnissen als in der früheren Schifffahrtslinie erfolgt.

Auf Grund der genannten, für die Durchführung acceptierten allgemeinen Entwürfe war die Menge der nothwendigen Felssprengungen unter Wasser, wie folgt, berechnet:

a) Felssprengungen im freien Strome.

Bei den Stromschnellen: Sztenka . . . . .	7.408·00 <i>m</i> <sup>3</sup> ,
Kozla-Dojke . . . . .	65.775·58 <i>m</i> <sup>3</sup> ,
Izlas-Tachtalia . . . . .	46.736·00 <i>m</i> <sup>3</sup> ,
Jucz . . . . .	31.773·40 <i>m</i> <sup>3</sup> ,
dann bei kleineren Felspartien . . . . .	10.000·00 <i>m</i> <sup>3</sup> ,
und bei der Stromschnelle Eisernes Thor . . . . .	15.169·00 <i>m</i> <sup>3</sup> ,
Zusammen . . . . .	<hr/> 176.861·98 <i>m</i> <sup>3</sup> .

b) Felssprengungen im ruhigen Wasser.

Bei der Stromschnelle Eisernes Thor . . . . .	247.316·00 <i>m</i> <sup>3</sup> .
---	------------------------------------

Um die Kosten für die Durchführung dieser submarinen Felssprengungen ermitteln zu können, hielt es das k. ung. Ministe-

rium für öffentliche Arbeiten und Communicationen für nothwendig, gelegentlich Überprüfung der über die Beseitigung der Schiffahrtshindernisse in der unteren Donau ausgearbeiteten Projecte, auch Versuchssprengungen an den unter Wasser aufragenden Felsbänken vornehmen zu lassen, um einen Anhaltspunkt zur Beurtheilung und eventuellen Berichtigung der von der internationalen Commission angenommenen Einheitspreise zu gewinnen.

Nachdem für die Vornahme dieser Versuche ein viel zu kurzer Termin zur Verfügung stand, um anderweitige Organe einzuschulen, so wurde das k. u. k. Reichs-Kriegsministerium um Beistellung eines entsprechenden Detachements der k. u. k. Genie-Truppe ersucht.

Diese Centralstelle entsendete vorerst mich nach Orsova, damit an Ort und Stelle mit dem damaligen Landes-Bauinspector E. v. Wallandt die Durchführungsart der geplanten Versuchssprengungen vereinbart werden, weil die Genie-Truppe mit den bezüglichen Hilfsmitteln zum Sprengen von Felsen unter Wasser nicht ausgerüstet war.

Es wurde beschlossen, die Sprengungen nach meiner Methode — welche ich in dem im December 1891 erschienenen Aufsätze „Zerstörung von Felsen in Flüssen“ als „Österreichische Fels-Sprengmethode“ bezeichnete — vorzunehmen.

Über die Kosten des Sprengens mit Bohrschüssen lagen ohnehin genügende Erfahrungsdaten vor, ausserdem hätten auch die ungünstigen Strömungs- und Wasserstandsverhältnisse der Donau zur Zeit der Versuche, behufs Anwendung dieser letzteren Methode in ihrem damaligen Stadium, die Beschaffung kostspieliger Arbeitsmaschinen nothwendig gemacht.

Es mussten sonach alle Massnahmen getroffen werden, um binnen 14 Tagen mit den Versuchen beginnen zu können.<sup>1)</sup>

Nach dem Ergebnisse dieser mit einem nur provisorisch hergerichteten Sprengschiffe durch sechs Tage durchgeführten Versuchen, wurde der Einheitspreis für 1·00 m<sup>3</sup> Felssprengung sammt gänzlicher Beseitigung des Sprenggutes mit 28·82 K für hartes, und mit 24·50 K für minder hartes Gestein berechnet.<sup>2)</sup>

---

<sup>1)</sup> Diese Versuche sind ausführlich beschrieben in meiner Publication: „Methode zur Zerstörung von Felsen in Flüssen mittels aufgelegter Sprengladungen“. — Wien, 1892.

<sup>2)</sup> In den Elaboraten aus den Jahren 1874 und 1879, bei deren Ausarbeitung den betreffenden Ingenieuren nur die älteren Sprengmethoden mittels Bohr-

Diese beiden Preise bildeten auch die Basis für die Kostenberechnungen der vom Landes-Bauinspector E. v. Wallandt über die Regulierungsarbeiten in der unteren Donau verfassten Elaborate, welche die k. ung. Regierung dem ungarischen Reichstage zur Genehmigung vorgelegt hat. Der Bericht über diese Sprengversuche bildete eine besondere Beilage der gesammten Vorlage.

Nach den Projecten des Sectionsrathes E. v. Wallandt waren in den Stromschnellen Sztenka und Jucz 39.181·40  $m^3$  harter Felsen, und in den Stromschnellen Kozla-Dojke und Izlas-Tachtalia, sowie in anderen kleineren Felspartien zusammen 122.511·58  $m^3$  weicher Felsen, also im ganzen 161.692·88  $m^3$  Stein unter Wasser zu beseitigen.<sup>1)</sup>

Die Gesamtkosten der geplanten Regulierungsarbeiten wurden wie folgt berechnet:

1. Canal durch die Felsbank Sztenka . . . . .	213.468·92 K
2. Canal durch die Felsbänke Kozla-Dojke . . . . .	1,772.508·12 „
3. Canal durch die Felsbänke Izlas-Tachtalia nebst Staudamm . . . . .	3,973.982·68 „
4. Canal durch die Felsbank Jucz nebst Staudamm	1,797.119·00 „
5. Eingedämmter Canal durch die Felsbank Prigrada „Eisernes Thor“ . . . . .	6,231.786·18 „
6. Beseitigung vereinzelter Felsen in dem mittleren Abschnitte . . . . .	224.980·00 „
	Kosten der Arbeit 14,233.844·90 K
7. Anfertigung der Pläne und Bauaufsicht . . . . .	710.692·24 „
8. Intercalarien . . . . .	2,241.680·54 „
9. Unvorhergesehene Auslagen . . . . .	813.782·32 „
	Summe 18,000.000·00 K

schüssen bekannt waren, wurde der Einheitspreis für 1·00  $m^3$  Felssprengung unter Wasser sammt Beseitigung des gesprengten Materiales mit 48 K angesetzt und hiebei auf die Härte des Gesteines keine Rücksicht genommen,

<sup>1)</sup> Die Kosten der Sprengung dieser Felsmengen würden sich bei Anwendung der älteren Sprengmethoden mit 7,761.265·04 K berechnet haben, während bei Anwendung des österreichischen Verfahrens hiezu, auf Grund der ermittelten Einheitspreise nebst eines 10%igen Zuschusses nur ungefähr (1,241.956·34 K + 3,301.417·54 K) = 4,543.373·88 K erforderlich gewesen wären, somit in letzterem Falle sich die Kosten um 3,217.889·16 K d. i. um 41·4% billiger gestellt hätten.

Es erschien sonach durch Annahme der österreichischen Fels-Sprengmethode zur Beseitigung der im Strome gelegenen Felsen die Durchführbarkeit der schon seit langer Zeit geplanten Regulierungsarbeiten in der unteren Donau mit im Verhältnis nicht allzu hohen materiellen Opfern und im entsprechenden Zeitraum gesichert.

Auch wurde im Jahre 1884 allgemein die Regulierung des Eisernen Thores und der anderen Donaukatarakte nur als eine hauptsächlich vom Sprengtechniker zu lösende Frage bezeichnet, wie ich dies schon im Jahre 1881 in meiner Arbeit:<sup>1)</sup> „Regulierung der Stromschnellen der Donau zwischen Moldova und Turn-Severin mit Rücksicht auf die neuere Fels-Sprengmethode unter Wasser“ ausgesprochen habe; denn nur die Sprengtechnik bot damals die einfachsten Mittel, um mit möglichst geringen Kosten die durch die Felsbänke beantragte Aussprenzung von Canälen rasch und verlässlich durchzuführen.

Dass auch in späteren Jahren keine billigere, bessere, allseitig verwendbare Methode zur Beseitigung von Felsen unter Wasser zur Verfügung stand als die Methode mittels aufgelegter Sprengladungen, geht aus dem weiteren Verlaufe dieser Besprechung hervor.

---

<sup>1)</sup> Veröffentlicht vom Donau-Vereine in dem Werke: „Beitrag zu den Actenstücken zur Regulierung der Stromschnellen der Donau zwischen Moldova und Turn-Severin“. — Wien, 1883.

# Beabsichtigte Durchführung

der

## Felssprengungen im freien Strome in Staatsregie.

Die k. ung. Regierung, mit der Durchführung der Arbeiten zur Beseitigung der Schiffahrtshindernisse in der unteren Donau beauftragt, übertrug dem Minister für öffentliche Arbeiten und Communicationen sowohl die factische Ausführung der Regulierungsarbeiten nach den genehmigten Projecten, als auch die seinerzeitige Erhaltung der bezüglichen Bauten.

Für diese Arbeiten wurde von der Gesetzgebung der Betrag von 18 Millionen Kronen bewilligt, und der Termin zur Behebung der vorbeschriebenen Schiffahrtshindernisse mit Ende des Jahres 1895 festgestellt.

Durch die Reorganisation des Ministeriums für öffentliche Arbeiten und Communicationen gelangten alle auf die Regulierung des Eisernen Thores und der anderen Katarakte bezugnehmenden Agenden an das k. ung. Handelsministerium.

Der Handelsminister G. v. Baross etablierte in Orsova die k. ung. technische Leitung für die Regulierung des Eisernen Thores an der unteren Donau und ernannte den Sectionsrath E. v. Wallandt zum Chef dieses Amtes und den Ministerial-Oberingenieur A. Hoszpotzky zu dessen Stellvertreter.

Anfänglich beabsichtigte der Handelsminister die bei den Regulierungsarbeiten vorkommenden Felssprengungen im freien Strome in eigener Regie mit Heranziehung der k. u. k. technischen Truppen durchzuführen, und alle übrigen Arbeiten im Offertwege an eine Bauunternehmung zu vergeben.

Zur Leitung der in eigener Regie zu bewirkenden Felssprengungen hatte der Handelsminister mich in Aussicht genommen und

dieserhalb beim k. u. k. Reichs-Kriegsminister meine Commandierung als Leiter der Sprengarbeiten erwirkt.

Obwohl die Anwendung der österreichischen Fels-Sprengmethode geplant war, so wurde dennoch ein Concours für Methoden und Sprengmittel vom Handelsministerium ausgeschrieben, um mit Rücksicht auf die schwierigen Felsbeseitigungsarbeiten unter Wasser für alle Fälle gesichert zu sein.

Zur Prüfung der einlangenden Offerte, dann zur Erprobung der vorzunehmenden Felssprengungsversuche war eine Commission bestimmt, welche aus folgenden Mitgliedern bestand: Sectionsrath Gustav Landau und technischer Rath Béla v. Gonda seitens des Handelsministeriums, Sectionsrath Ernst v. Wallandt und Ministerial-Oberingenieur Alois Hoszpotzky seitens der Bauleitung der Stromregulierung, Professor der Mechanik Desider Nagy seitens des Polytechnicums und Oberingenieur Aurel Wein seitens des ungarischen Ingenieur- und Architekten-Vereines.

Ferner wurde über Ersuchen der k. ung. Regierung vom k. u. k. Reichs-Kriegsministerium die Beistellung eines Detachements des Genie-Regimentes Nr. 2 verfügt, welches unter Commando des Oberlieutenants Oskar Neuhauser bei Erprobung der offerierten Spreng- und Zündmittel, sowie der Sprengmethoden die nothwendigen Arbeiten zu verrichten hatte.

Das Ergebnis der am 22. August 1889 stattgefundenen Offertverhandlung in Orsova war in Bezug auf Sprengmethoden kein zufriedenstellendes, weil von den auf Sprengmethoden lautenden Offerten nur eines den gestellten Bedingungen entsprach.<sup>1)</sup>

Es konnte daher von der Prüfungscommission nur diese von mir offerierte „Methode zur Zerstörung von Felsen in Flüssen mittels freiaufgelegter Sprengladungen“ einer eingehenden Erprobung unterzogen werden.<sup>2)</sup>

Am 5. September 1889 wurde in Gegenwart Sr. Excellenz des k. ung. Handelsministers G. v. Baross, Sr. Excellenz des k. ung.

---

<sup>1)</sup> Ausführlich beschrieben in meinem Aufsatz: „Zerstörung von Felsen in Flüssen. — Ein Beitrag zur Kenntnis der verschiedenen Felszerstörungsmethoden, sowie der hiezu verwendbaren Spreng- und Zündmittel“. — Wien, 1892. (Seite 42.)

<sup>2)</sup> Ausführlich beschrieben in meinem Aufsatz: „Methode zur Zerstörung von Felsen in Flüssen mittels aufgelegter Sprengladungen“. — Wien, 1892. (Seiten 25 und 44.)

Ministers des Innern Graf S. Teleky, des Präsidenten der österr.-ung. Staatseisenbahnen C. Hieronymi, der Obergespane V. Molnár und E. Jakabffy, dann des k. ung. Sectionsrathes J. v. Tichtl, des Dampfschiffahrts-Inspectors R. Rapaić, des Eisenbahn-Inspectors A. Barvić und der Commissionsmitglieder die Sprengmethode demonstriert und fand deren Einfachheit und Raschheit allgemeinen Beifall.

Die eigentlichen Sprengversuche begannen jedoch erst am 9. September, dauerten 16 Tage und wurden während  $65\frac{1}{2}$  Stunden ungefähr  $75\cdot92\text{ m}^3$  Felsen unter Wasser gesprengt.

Durch diese Versuche wurden alle in der Offerte angegebenen Daten über die Arbeitsleistung des Sprengapparates, über den Bedarf an Spreng- und Zündmittel, sowie über den Kostenpreis für  $1\cdot00\text{ m}^3$  Felssprengung unter Wasser neuerdings erhärtet. Die Commission berechnete sogar den Preis für  $1\cdot00\text{ m}^3$  gesprengten harten Felsens mit  $15\cdot27\text{ K}$  und sammt Entfernen des Sprenggutes mit  $21\cdot62\text{ K}$ , also um ungefähr  $25\%$  geringer als der im Jahre 1883 vom Sectionsrath E. v. Wallandt ermittelte Einheitspreis, welcher, wie schon erwähnt seiner Kostenberechnung zugrunde lag.

Für weichen Stein berechnete sich der Einheitspreis, auf Basis der gelegentlich der Sprengungen im Jahre 1883 gewonnenen Verhältniszahlen zwischen den Sprengkosten von hartem und weichem Stein, mit  $18\cdot38\text{ K}$ .<sup>1)</sup>

Durch die vorgenommenen Versuchssprengungen wurden zwar alle über die Leistungsfähigkeit der österreichischen Fels-Sprengmethode gemachten Angaben bestätigt, aber fand dessenungeachtet

<sup>1)</sup> Diese Einheitspreise würden sonach die Kosten der Felssprengungen im Donaustrome, beziehungsweise bei Aussprengung der Canäle in den Stromschnellen Sztenka, Kozla-Dojke, Izlas-Tachtalia und Jucz ungefähr mit  $847\cdot228\cdot60 + 2\cdot252\cdot007\cdot86 = 3\cdot099\cdot266\cdot46\text{ K}$ , somit gegenüber der mit  $4\cdot543\cdot374\cdot86\text{ K}$  veranschlagten Bausumme eine weitere Ersparnis von wenigstens  $1\cdot444\cdot108\cdot40\text{ K}$  ergeben haben. — Ich sage „wenigstens“, weil bei Anwendung der österreichischen Fels-Sprengmethode das Gestein durch die einzeln explodierenden Ladungen derart zermalmt wird, dass ein Theil des Sprenggutes durch die Explosion selbst weggeschleudert und vom Wasser weggetragen wird, während der andere Theil nur in Steinstücke von geringer Grösse zertheilt an der Sprengstelle verbleibt. Dieses Sprenggut kann mittels eines einfachen Baggers leicht gehoben werden, für welche Arbeit der in dem Voranschlage des Sectionsrathes E. v. Wallandt für  $1\cdot00\text{ m}^3$  gesprengten Felsens präliminierte Betrag von  $6\cdot35\text{ K}$  mehr als genügt hätte.

die Prüfungscommission diese Sprengmethode zur Durchführung der Canalausspaltungen im freien Strom nicht entsprechend.<sup>1)</sup>

Es wurde nun zur Erprobung des J. Thunhart'schen Brechsystems geschritten und weiters der technische Rath B. v. Gonda mit dem Oberingenieur A. Hoszpötzky an den Rhein entsendet, um dort die von der k. preuss. Rhein-Strombauverwaltung schon zu Anfang der Sechziger-Jahre zum Sprengen von Felsen unter Wasser angewendeten Methode mittels Taucherglocken, unter welchen die Bohrlöcher im Flussgrunde hergestellt, geladen und nach Abschwenken des die Taucherglocke tragenden, sogenannten Taucherschachtschiffes gezündet werden, an Ort und Stelle kennen zu lernen.

Auch wurde eine zweite Offertausschreibung<sup>2)</sup> auf Sprengmethoden eingeleitet, diesmal jedoch keine beschränkenden Forderungen an die Offerenten gestellt.

Obwohl keine Zeit zu kostspieligen Experimenten zur Verfügung stand, so liessen doch die ausserordentlichen Vortheile, welche sich ergeben hätten, wenn — bei gleichen Arbeitsleistungen — die Sprengkraft durch mechanische Kraft ersetzt werden könnte, die Durch-

---

<sup>1)</sup> Nach dem im Jahre 1896 vom Sectionsrath B. von Gonda herausgegebenen Werke: „Die Regulierung des Eisernen Thores und der Katarakte der unteren Donau“ soll die mit der Prüfung der eingelangten Offerte betraute Commission erklärt haben (Seite 130), „dass mit Rücksicht auf die Verhältnisse in der unteren Donau von sämmtlichen (am 22. August 1889) concurrirenden Fels-Beseitigungsmethoden der J. Thunhart'sche Plan der entsprechendste sei, und daher vorschlug, zur praktischen Erprobung dieses den meisten Erfolg versprechendsten Systemes ein zu Versuchen entsprechendes Schiff construieren und anfertigen zu lassen.“ — Dieser Antrag wurde am 5. September 1889 noch vor Erprobung der österreichischen Fels-Sprengmethode gutgeheissen.

Das Gutachten über letztere Arbeitsmethode wurde von der Prüfungscommission im Monate November 1889 dem Handelsminister eingesendet und hierüber am 2. December 1889 entschieden. Eine Veröffentlichung des Gutachtens unterblieb.

<sup>2)</sup> Diese Offertausschreibung war schon zur Zeit (am 5. September 1889) in Aussicht genommen, als die Prüfungscommission über die Resultate der ersten Offertverhandlung dem Handelsminister Bericht erstattete, doch wurde selbe erst am 5. December 1889 veröffentlicht.

führung eines Versuches in dieser Richtung lohnend erscheinen, da das Gelingen eines solchen auch alle Gefahren und Widerwärtigkeiten, welche bei Verwendung von Spreng- und sprengkräftigen Zündmitteln mit in Kauf genommen werden müssen, mit einemmale beseitigt gewesen wären.

Die Commission dürfte hauptsächlich deshalb die Erprobung des J. Thunhart'schen Felsbrechsystems<sup>1)</sup> beantragt haben.

Da es sich jedoch vorerst nur darum handelte, zu erheben, ob die angegebenen Wirkungen der Stahlmeissel thatsächlich zutreffen und ob nicht das Schiff selbst durch die fortwährenden Erschütterungen zu leiden habe, so wurde — um bedeutende Kosten zu ersparen, welche die Beschaffung des ganzen in Vorschlag gebrachten Bohrschiffes verursacht hätte — bestimmt, das Versuchsschiff<sup>2)</sup> analog dem in Offerte beschriebenen, jedoch ohne Führungspontons und nur so gross auszuführen, als nothwendig ist, um einen Caisson mit der Dampfanlage anordnen zu können.

Dieses Probeschiff, im October 1889 bestellt, langte am 18. April 1890 am Jucz-Katarakte ein.

Dessen Erprobung fand unter der Controle des Sectionsrathes E. v. Wallandt und des der k. ung. Bauleitung als Ingenieur zugetheilten Pionnier-Hauptmannes F. Herbert in Gegenwart des Ingenieurs J. Thunhart statt, doch mussten die Versuche wiederholt eingestellt werden, weil — wie dies Fachmänner voraussahen — der Apparat nicht vollkommen verlässlich functionierte und fortwährend Reparaturen erforderte.

So wurde gleich nach einhalbstündiger Arbeit die Verpackung eines Dampfrohres herausgeschlagen, da dasselbe von der Fabrik aus bloß mit gewöhnlichem Pappendeckel verpackt und Asbestverpackung in Orsova nicht gleich zu erhalten war.

Nach Behebung dieses Anstandes wurde zwar die Arbeit mit besserem Erfolge fortgesetzt, doch musste dieselbe bald wieder wegen Versagen der Umsteuerung des Dampfhammers unterbrochen werden. Dieser Übelstand war zwar auf keinen Constructionsfehler zurück-

---

<sup>1)</sup> Ausführlich beschrieben in meinem Aufsätze: „Zerstörung von Felsen in Flüssen“. — Wien, 1892. (Seite 57.)

<sup>2)</sup> Dieses Schiff hat die Maschinenfabrik der k. ung. Staats-Eisenbahnen nach den Angaben J. Thunhart's auf Kosten der k. ung. Regierung um den vereinbarten Preis von 70.000 K erbaut und wurden von letzterer auch die über 100.000 K betragenden Kosten des ganzen Versuches bestritten.

zuführen, sondern war lediglich in der Montage gelegen und wiederholte sich öfter.

Im weiteren Verlaufe der Arbeit zeigte sich, dass der Apparat etwas zu schwach construiert war.

Wegen kurzer Dauer der Probearbeit in dem sehr harten Serpentinegestein des Jucz-Kataraktes konnten die Arbeitsleistungen nicht genau erhoben werden, immerhin war es jedoch möglich, genügende Daten zu sammeln, welche den Einheitspreis für  $1\cdot00\ m^3$  Felsabbruch annähernd mit  $20\cdot90\ K$  zu berechnen gestatteten.

Auch konnte constatirt werden, dass, wenn man auch mit dem kleinen Probeapparate nur dünne Felsschichten zerschlagen kann, es immerhin möglich sein dürfte, mit einem ähnlichen stärker construierten Apparate Felsen auf beträchtlichere Höhe zu zertrümmern.

Wenngleich sonach J. Thunhart's Idee auf einer gesunden Basis beruhte und dessen Methode, namentlich bei günstigen geologischen und geognostischen Verhältnissen (Schiefergestein, Kreideformation u. dgl.) Vortheile versprach, so ergaben die Versuche dennoch das vorherzusehende Resultat, dass eine vollkommen entsprechende Construction des Brechschiffes sich erst nach mehrfacher Umgestaltung auf Grund der gesammelten Erfahrungen ergeben dürfte.

Die Reise des technischen Rathes B. v. Gonda und des Oberingenieurs A. Hoszpotzky an den Rhein war von gutem Erfolge begleitet, weil dieselben dort nicht nur die deutsche, sondern auch die amerikanische Fels-Sprengmethode,<sup>1)</sup> wie selbe im St. Lorenzostrom oberhalb Montreal zur Beseitigung ausgedehnter Felspartien in Übung stand, kennen lernten; u. zw. erstere Methode durch Augenschein, letztere aus dem Berichte des damaligen Ingenieurs Regierungsbaumeisters R. Bassel, welchen dieser in seiner Eigenschaft als technischer Attaché bei der deutschen Gesandtschaft in den Vereinigten Staaten über diese Sprengmethode an seine Regierung einsandte.

Über beide Sprengmethoden erschien im März 1890 eine Abhandlung in dem ungarischen politechnischen Wochenblatt „Gazdasági Mérnök“.

---

<sup>1)</sup> Beide Sprengmethoden sind ausführlich beschrieben in meiner Publication: „Zerstörung von Felsen in Flüssen“. — Wien, 1892. (Seite 19 und 9.)

In derselben wurde die Anwendbarkeit der erwähnten Sprengmethoden bei den Regulierungsarbeiten in der unteren Donau als vortheilhaft bezeichnet.

Die beiden Herren stellten in dieser „Abhandlung über die Felsenbeseitigung im Rhein- und St. Lorenzostrome“ die Arbeitsleistung eines von der Firma Schaubach & Grämer in Coblenz um 108.000 K erbauten Taucherschachtschiffes zur Durchführung der deutschen Fels-Sprengmethode im reissenden Rhein mit  $10\cdot00 m^3$  Felssprengung pro Arbeitstag zu zehn Stunden und dem Einheitspreis für  $1\cdot00 m^3$  mit 17·90 K fest. Sie glaubten jedoch, dass bei kontinuierlicher Arbeit (Tag und Nacht) eine bessere Ausnützung der Arbeitsmaschinen, damit aber auch ein geringerer Einheitspreis zu erzielen sein dürfte, und berechneten letzteren unter dieser, sowie unter der Voraussetzung, dass die Arbeitsmannschaft nicht im Taglohn stehe sondern Jahresgehälte beziehe, mit 15·70 K. Eine Steigerung der Arbeitsleistung und auch geringeren Kostenaufwand erhofften sie, wenn in grösseren Taucherschächten<sup>1)</sup> mit zwei Bohrern gearbeitet werden würde.

Bezüglich Hebung des gesprengten Materiales sprachen sie die Meinung aus, dass bei den Arbeiten in der unteren Donau das Schuttmaterial um einen geringeren Preis als hiefür präliminiert wurde und auch billiger als am Rhein, wo mit einem um 36.000 K angeschafften Bagger täglich  $250\cdot00 m^3$  Trümmermaterial gehoben wurde, zu entfernen möglich sein wird.

Auch die Art und Weise, wie bei der Felssprengung im Rhein die Höhen und Mengen der abzusprengenden Felsen mittels besonders construirter Sondierschiffe constatirt wurden, befriedigte die genannten Herren, und haben sie den Arbeitsvorgang in der erwähnten Wochenschrift eingehend besprochen.

Über die amerikanische Fels-Sprengmethode berichteten die beiden Herren auf Grund der ausführlichen Relation des Ingenieurs R. Bassel.

Da nach derselben bei den Felssprengungen im St. Lorenzostrome anscheinend nahezu die gleichen Strom- und Grundverhältnisse wie in der unteren Donau zwischen Moldova und Turn-Severin bestanden, empfahlen sie die letzbezeichnete Arbeitsmethode für die Regulierungsarbeiten als brauchbar, umsomehr als insbesondere die

<sup>1)</sup> Ein Taucherschacht beherrschte bisher 9·00 bis 11·00  $m^2$  Flussgrund.

Neuerungen, welche bei den Arbeiten in Amerika Anwendung fanden, sowie die vielen Erfahrungen, welche dort gemacht wurden, eine vortheilhafte Verwertung versprochen.

Mit einem Bohrschiffe konnten täglich durchschnittlich 25, oft sogar 40 Bohrlöcher hergestellt und  $100\cdot00 m^3$  Felsen unter Wasser gesprengt werden.

Auch waren die erhobenen Einheitspreise äusserst niedrig. Es soll im St. Lorenzostrome  $1\cdot00 m^3$  Felsen um den Preis von  $13\cdot20$  bis  $16\cdot40 K$  zerstört und gehoben worden sein, wobei nach Ansicht des Ingenieurs R. Bassel der Unternehmer E. E. Gilbert noch 40% bis 50% Reingewinn hatte.

Mit diesen Ansichten der Herren Ingenieure über die Verwendbarkeit der beiden Fels-Sprengmethoden bei den geplanten Regulierungsarbeiten, konnte ich mich nicht befreunden.

Die deutsche Fels-Sprengmethode<sup>1)</sup> hat allerdings den grossen Vortheil, dass die Arbeiter im Taucherschachte den Flussgrund genau besehen, daher die Bohrlöcher je nach dessen Gestaltung richtig anordnen und geneigt bohren können, allein dessenungeachtet kommen selbst bei dieser Methode, wenn auch nur sehr selten, Versager von Bohrschüssen und dadurch, sowie auch durch ungünstige Wirkungen der Bohrschüsse das Stehenbleiben von Felsspitzen vor.

Es ist zwar bei dieser Sprengmethode besonders in dem maschinellen Theile der hiebei verwendeten Vorrichtungen ein Fortschritt gegen die frühere Sprengungsart, doch ist eine Nacharbeit zur Beseitigung der über das zu gewinnende Tiefenniveau hervorragenden, bei der ersten Absprengung stehen gebliebenen Felsspitzen noch immer nothwendig.

Hiezu kommt noch, dass diese Arbeitsmethode eine zu geringe Beherrschung des Flussgrundes hat und nicht bei allen grösseren Stromgeschwindigkeiten und Wassertiefen verwendbar ist.

Ogleich es wünschenswert wäre, dem Taucherschachte eine grössere Querschnittsfläche zu geben, so sprechen doch constructive Rücksichten dagegen, weil hiedurch ein bedeutender Widerstand im Strome eingestellt werden würde und man Gefahr liefe, das Sprengschiff nicht fixieren zu können.

Der verhältnismässig noch immer kleine Querschnitt des Taucherschachtes und die damit im Zusammenhange stehende geringe Beherr-

<sup>1)</sup> Siehe das Buch über „Zerstörung von Felsen in Flüssen“. — Wien, 1892. (Seiten 26 und 33).

schungsfähigkeit des Flussgrundes lässt diese Methode nur bei submarinen Felsprengungen von geringer Ausdehnung anwendbar erscheinen und dies nur, wenn Felsen von nicht zu unregelmässiger Oberfläche und nicht über 3·00 m Tiefe unter der Wasseroberfläche zu beseitigen sind.

Es ist daher erklärlich, dass diese submarine Fels-Sprengmethode im Rhein vortheilhafte Verwendung findet, doch für die analogen Arbeiten in der unteren Donau der dortigen Verhältnisse wegen unzureichend war.

Diese Ansicht scheint später auch an massgebender Stelle durchgedrungen zu sein, denn in dem Werke: „Die Regulierung des Eisernen Thores und der Katarakte der unteren Donau“ ist (Seite 131) bezüglich der Anwendbarkeit der deutschen Fels-Sprengmethode bei den Regulierungsarbeiten, entgegen der in der polytechnischen Wochenschrift entwickelten Ansicht, nunmehr ausgesprochen: „dass ein derartiges Verfahren zur Beseitigung so grosser Felsmassen, wie sie bei den Katarakten der unteren Donau nothwendig ist, durchaus nicht geeignet ist, u. zw. auch deshalb nicht, weil bei den dortigen ausserordentlichen Geschwindigkeiten und Wirbeln schon die Einstellung und das in Betriebhalten des Taucherschachtes selbst mit kaum zu bewältigenden Schwierigkeiten und unermesslichen Gefahren verbunden wäre“.

Die amerikanische Fels-Sprengmethode ist bei sehr grossen Stromgeschwindigkeiten und ganz beträchtlichen Wassertiefen anwendbar, und sind mit derselben auch sehr gute Arbeitsergebnisse erzielt worden, wenn — wie bei den Sprengungen im St. Lorenzo-Strome — compacte Felsen auf bedeutende Höhe abzusprengen waren.<sup>1)</sup>

Wo diese Verhältnisse aber nicht zutreffen, wird wegen der geringen Ausdehnung des beherrschten Flussgrundes im Vereine mit der Schwierigkeit eines Stellungswechsel des Bohrschiffes der Fortschritt wesentlich verzögert und die tägliche Leistungsfähigkeit sehr herabgemindert.

Namentlich bei karstartig zerklüftetem Gestein mit vorstehenden Felspitzen und dazwischen liegendem Gerölle erscheint die An-

<sup>1)</sup> Siehe das Buch über „Zerstörung von Felsen in Flüssen“. — Wien, 1892. Seite 34.)

wendbarkeit dieser Methode sehr in Frage gestellt, insbesondere wenn es sich nur um eine geringe Vertiefung des Strombettes handelt.

Mit Rücksicht auf die günstige Beurtheilung der beiden besprochenen Fels-Sprengmethoden durch die entsendeten Ingenieure wurde ein Taucherschachtschiff und ein Sondirschiff, wie solche am Rhein für die einschlägigen Arbeiten in Benützung standen, angeschafft und das Studium der amerikanischen Fels-Sprengmethode an Ort und Stelle durch Ingenieure verfügt.

Auch durch die zweite Offertausschreibung vom 5. December 1889 wurde keine Fels-Sprengmethode bekannt, welche bei den Canal-aussprengungen im offenen Strome vortheilhafte Verwendung versprochen hätte.

Keine der am 31. Jänner 1890 offerierten Methoden hatte eine praktische Anwendung aufzuweisen, mit Ausnahme jener, welche bei den Arbeiten im Panama-Canal von Fontan und Tedesco angewendet worden war.

Durch diese zweite Offertverhandlung hatte man sonach auch nicht viel mehr als bei der ersten erreicht, obwohl man brauchbarere Methoden, als zuerst offeriert wurden, zu erhalten hoffte.

Wer sich nur halbwegs mit dem Studium der Sprengtechnik, speciell mit der Art, Felsen unter Wasser zu zerstören, beschäftigte, konnte dieses Resultat vorhersehen, denn derlei Sprengungen kommen in grösserer Ausdehnung überhaupt nur sehr vereinzelt vor und wurden dieselben gegebenenfalls so hoch vergütet, dass die ökonomische Seite der anzuwendenden Methode nebensächlich war.

Über die diesmal offerierten Methoden zum Zerstören von Felsen unter Wasser wurde von der k. ung. Bauleitung in Orsova das Gutachten abgegeben, jedoch ebenfalls nicht veröffentlicht.

Nur die erwähnte von Fontan und Tedesco offerierte Fels-Sprengmethode soll gut beurtheilt worden sein, doch war auch diese für die Felssprengungen in der unteren Donau nicht geeignet, wie dies aus den Erfahrungen gefolgert werden konnte, welche mit der englischen Fels-Sprengmethode<sup>1)</sup> schon in den Jahren 1887 und 1888 bei den Felssprengungen im Rhein gemacht wurden.

<sup>1)</sup> Ausführlich beschrieben in meinem Werke: „Zerstörung von Felsen in Flüssen“. — Wien, 1892. (Seite 16).

Diese von J. Th. Jones und J. H. Wild in Leeds proponierte und durch die Ingenieure Beaumont und Jones in Anwendung gebrachte Fels-Sprengmethode verwendete frei aufgehängte, mit den Betriebsmaschinen belastete Drehbohrer, welche auf einem fahrbaren Gestelle aufmontiert waren.

Schon bei den Versuchen am Rhein bewährten sich die Drehbohrer nicht; die Diamanten der Bohrerkrone brachen infolge der Härte des Felsens allzuhäufig aus, Schotterlagen auf den Felsen erschwerten die Befestigungsart der Schutzrohre und der Rotationsbohrer, weshalb dieser Vorgang dort fallen gelassen werden musste.

Es war daher vor auszusehen, dass auch die im Principe gleiche, etwas anders ausgestaltete, von Fontan und Tedesco für die Regulierung der Donau offerierte Sprengmethode bei den bezüglichen Arbeiten, wo viel ungünstigere Strom- und Grundverhältnisse wie im Rhein bestanden, nicht anwendbar sein und jeder Versuch mit derselben nur Zeit- und Geldvergeudung mit sich bringen wird.

Nachdem nun alle Bestrebungen und Versuche, welche zu dem Zwecke unternommen wurden, um erforderlichenfalles eine oder die andere Arbeit in unmittelbarer Regie durchzuführen, zu keinen befriedigenden Resultaten führten, wurde die Durchführung der gesammten Arbeiten dem Unternehmungswege zugelenkt.

**Durchführung**  
der  
**Felssprengungen im freien Strome**  
im  
**Unternehmungswege.**

Das negative Resultat der Offertausschreibungen, u. zw. sowohl rücksichtlich des Angebotes von Sprengmethoden als auch mit Bezug auf Übernahme der Gesamtarbeiten veranlasste den k. ung. Handelsminister, in directe Verhandlungen mit Bauunternehmungen zu treten, welche zu dem schliesslichen Resultate führten, dass die gesammten Regulierungsarbeiten in der unteren Donau an die Generalunternehmung des Directions-Ingenieurs der Felső Torontaler Inundationsschutz - Gesellschaft Julius Hajdú in Verbindung mit dem bekannten Maschinenfabrikanten in Braunschweig Georg Luther und der Berliner Disconto-Gesellschaft übertragen wurde.

Die bezüglichen Vereinbarungen führten zum Vertragsabschlusse am 3. Mai und zu dessen Genehmigung am 22. Mai 1890.

Die Unternehmung verpflichtete sich, die projectierten Arbeiten um 15 Millionen Kronen (also mit einem Nachlasse von ungefähr  $16\frac{1}{2}\%$  gegen den Kostenvoranschlag) bis zum 31. December 1895 zu vollenden.

Sie organisierte sich, wie folgt: Zum leitenden Ingenieur wurde J. Hajdú, zum Obergeringieur G. Rupčić bestellt und ihnen die nöthige Zahl von Wasserbau- und Maschinenbau-Ingenieuren beigegeben.

Die Leitung der Maschinenangelegenheiten hatte sich das eine Mitglied der Unternehmung, Maschinenfabrikant H. Luther, selbst vorbehalten.

Die Übergabe der Arbeiten an die Bauunternehmung erfolgte am 16. und 17. Juni an Ort und Stelle, und mussten dieselben daher im Sinne der Baubedingnisse am 15. September 1890 beginnen.

Bevor Ingenieur J. Hajdú das Unternehmen gründete, bewarb er sich um Überlassung meiner Sprengmethode.

Es wurde vereinbart, vorerst mit Hilfe derselben 10.000  $m^3$  Felsen unter Wasser zu beseitigen und erst nach dem Ergebnisse dieser Sprengung entweder die Methode beizuhalten oder auf eine andere überzugehen.

Ich war überzeugt, erneuert constatirt zu sehen, dass die Sprengmethode mittels aufgelegter Ladungen vollkommen geeignet ist, selbst ausgedehnte Felspartien, wie sie in der unteren Donau vorkommen, rasch und billig zu beseitigen, ferner, dass keiner der bekannten anderen Arbeitsvorgänge den dortigen Strom- und Grundverhältnissen besser entsprechen konnte, da ich wiederholt Gelegenheit hatte, letztere an Ort und Stelle zu studieren und Sprengproben durchzuführen.

Hat mich doch in meiner Überzeugung auch das Urtheil hervorragender Fachmänner wie: R. v. Pischoff, J. Deutsch, W. Hellwag, S. Taussig, E. v. Wallandt und G. Wex bestärkt.

Ingenieur J. Hajdú hat nun auf Basis dieser Vereinbarung am 31. März 1890 das Offert eingebracht und für den Cubikmeter Felsprengung im freien Strome 33.00 *K*, im ruhigen Wasser (Eiserne Thor-Canal) 17.60 *K* gefordert, während in den Elaboraten hiefür 24.49 bis 28.82 *K*, beziehungsweise 27.00 *K* eingestellt waren. Bei dem späteren Übereinkommen mit der k. ung. Regierung wurden diese Einheitspreise mit 29.90 *K* für die Felssprengungen im freiem Strome und mit 17.00 *K* für jene im Eisernen Thor-Canal endgiltig festgestellt.

Anstatt sofort zur Erprobung der österreichischen Fels-Sprengmethode zu schreiten, liess sich Ingenieur J. Hajdú in Verhandlungen mit Persönlichkeiten ein, die Patente auf Sprengmittel und Sprengmethode besaßen und damit Wunderdinge zu verrichten hofften.

So wurden von dem Sprengmittel „Gigantic“, welches Baron Mikosch bei der Offertverhandlung am 22. August 1889 offerierte, ausserordentliche Wirkungen erwartet.

Gigantic war wie Hellhoffit und Szikla-tőro ein saurerer Explosivstoff, bestand demnach aus zwei Flüssigkeiten — hochconcentrierte Salpetersäure und Mono- oder Binitrobenzol — welche kurz vor ihrer Verwendung in der Nähe des Verbrauchsortes zusammengemengt werden mussten.

Wenngleich Gigantic dem Nitroglycerin-Präparaten an Kraft überlegen ist und bei unseren niedrigsten Temperaturen nicht gefriert, so haften demselben doch Übelstände an, welche dessen praktische Verwertbarkeit in Frage stellen. Da nämlich der Zutritt von Wasser das Gemenge sofort zersetzt und demselben die explosiblen Eigenschaften benimmt, so müssen die Ladungen gegen das Eindringen von Wasser sorgfältig geschützt und am besten in Bleihüllen verwahrt werden. Diese Hüllen müssen beträchtliche Wandstärken erhalten, weil die Wechselwirkung ein rasches Ausscheiden des Mononitrobenzols durch die Säure, dadurch deren Verdünnung und so wieder eine stärkere Wirkung auf das Blei zur Folge hat.

Es erübrigt sonach nichts anderes, als bei Anwendung von Gigantic die erzeugten Ladungen rasch nach Füllung der Bleihüllen zu verbrauchen, was bei bedeutendem Bedarf an Sprengladungen ein grosser Nachtheil ist.

Ebenso wurde der von Ivan Schlenker erdachten und von Baron Mikosch offerierten Sprengmethode mit Glockenminen<sup>1)</sup> Wunderkraft zugemuthet, obwohl dieselbe als Oberflächen-sprengung im vollsten Sinne des Wortes bezeichnet werden muss.

Hiebei wollten die Proponenten eine Art Verdämmung der frei und direct auf den Felsen aufgelegten Sprengladungen dadurch erreichen, dass sie letztere mit einem schweren Körper (einer Haube aus Stahl, Eisen oder sonstigem Material) überdeckten.

Später trat J. Schlenker mit Theodor Puskás in Verbindung, welcher letzterer auf eine Verbesserung der Schlenker'schen Methode ein Patent nahm.

Diese angebliche Verbesserung bestand in einer geänderten Form der Haube, ferner in einer kleinen Vorpatrone, welche an der Senkleine in gewisser berechneter (?) Distanz oberhalb der Glockenminen angebracht war, und gleichzeitig mit der am Felsen liegenden Sprengladung zur Wirkung kommend, die Haube an letztere andrücken und derart eine vollkommene Verdämmung bewirken sollte.

<sup>1)</sup> Ausführlich beschrieben in meinem Werke: „Zerstörung von Felsen in Flüssen“. — Wien, 1892. (Seite 84.)

Es unterliegt keinem Zweifel, dass verdämmte (bedeckte) Sprengladungen grössere Wirkungen erzielen als unverdämmte (unbedeckte), doch könnte die hier beabsichtigte Bedeckung nur im seichteren Wasser einen principiellen Vortheil bieten, da bei Sprengungen unter Wasser letzteres die Verdämmung bildet und die frei aufgelegte Ladung schon zur vollen Kraftentwicklung gelangt, wenn die über ihr ruhende Wassersäule eine ihrer Grösse entsprechende Höhe hat.

Erfahrungsgemäss bedarf eine 0.25 *kg* Dynamitladung 1.50 *m* und eine 0.50 *kg* Dynamitladung 2.00 *m* Wassershöhe, um voll zu wirken.

Beim Vorhandensein dieser Wassersäulen ist eine weitere Verdämmung (mit Sandsäcken, eisernen Hauben u. dgl.) überflüssig und verursacht eine solche Massnahme nur eine Vermehrung der Sprengkosten, die Anwendung eiserner Hauben überdies eine Gefährdung der Arbeiter<sup>1)</sup> durch herumgeschleuderte Sprengpartikel.

Weiters darf nicht unberücksichtigt bleiben, dass die Anlage so bedeckter Ladungen insbesondere wie sich dies der Erfinder dachte, durchaus keine einfache und leichte ist, endlich, dass so gestaltete Minenanlagen sich niemals zweckmässig an die zu zerstörenden Objecte anschmiegen lassen, daher nicht vollkräftig wirken.

Die Versuche, welche nunmehr mit Gigantic und mit Glockenminen durchgeführt wurden, nahmen die Zeit bis Mitte des Jahres 1891 in Anspruch und lieferten schliesslich das negative Resultat, welches nach obigen Erwägungen vorherzusehen war.

Meine Sprengungsmethode wurde von der Bauunternehmung keiner Erprobung unterzogen;<sup>2)</sup> — der Ausspruch des Ingenieurs G. Rupčić in seinem — die Felssprengungen in der unteren Donau behandelnden Werke:<sup>3)</sup> dass aus allen angestellten Versuchen

<sup>1)</sup> Am 13. Februar 1890 wurde nächst Hollenburg in der Donau ein Felblock mittels derlei Glockenminen gesprengt, wobei die kleinen eisernen Sprengpartikel über 150 Schritte im Umkreise flogen.

<sup>2)</sup> Ingenieur J. Hajdú währte die Gesteinskosten für 1.00 *m*<sup>3</sup> Felssprengung nach der österreichischen Arbeitsmethode mit 16.00 *K* zu hoch und hoffte (im Juni 1890), durch Combinierung derselben mit Gigantic-Glockenminen den Einheitspreis herabmindern zu können. Auch war er gleich anfangs bestrebt, für die Sprengarbeiten in der unteren Donau eine billigere Arbeitsmethode als die österreichische zu erwerben.

<sup>3)</sup> Die Felssprengungen unter Wasser in der Donaustrecke „Sztenka—Eisernes Thor“ mit einer Schlussbetrachtung über die Felssprengungen im Rhein zwischen Bingen und St. Goar. Von Georg Rupčić, Ingenieur. — Braunschweig, 1897. (Seiten 14 und 18.)

mandie Überzeugung gewann, dass die Lauer'sche Methode zwar zur Entfernung einzelner Felsspitzen von guter Wirkung, zur Zerstörung ausgedehnter Felsbänke aber unbrauchbar sei, kann sich daher nur auf die angestellten Versuche mit dem Mikosch-Schlenker-Puskás'schen Vorschlägen beziehen.

Da aber letztere die reine Oberflächensprengung bezwecken, die österreichische Fels-Sprengmethode dagegen mittels einzeln aufgelegten Ladungen eine Sprengung nach freier Wand durchführt, so kann eine Schlussfolgerung aus den Versuchsergebnissen der ersteren Methoden auf die Anwendbarkeit und Brauchbarkeit der letzteren gar nicht gezogen werden.

Auch seitens der Unternehmung wurden Organe zum Studium der verschiedenen in Gebrauch stehenden Fels-Sprengmethoden entsendet.

Ein Ingenieur reiste nach Amerika, um dortselbst die bei der Fels-Beseitigungsmethoden im St. Lorenzostrome angewendeten Felsbohr- und sonstigen Maschinen an Ort und Stelle zu studieren, ein zweiter Ingenieur hatte am Suez-Canal den dortselbst verwendeten Lobnitz'schen Felsbrecher kennen zu lernen und Ingenieur H. Luther selbst übernahm das Studium der Fels-Beseitigungsarbeiten am Rhein.

Für die Felssprengung im freien Strome glaubte man, nach den gesammelten Daten, die amerikanische Fels-Sprengmethode und die englische Fels-Brechmethode mit bestem Erfolg verwerten zu können; doch verursachte die Construction der Bohrmaschinen ja selbst die Wahl des Systems viele Schwierigkeiten.

Neben den Bohrschiffen amerikanischen Systems, welche mit Stossbohrern arbeiteten, liess die Unternehmung nach dem Plane der französischen Ingenieure Fontan und Todesco ein Bohrschiff mit Drehbohrer bauen und am Júc, also in sehr hartem Gestein, erproben.

Die bezüglichlichen Versuche fielen ungünstig aus, denn die schwachen Drehbohrer brachen gar bald im harten Felsgesteine, gleichgiltig ob sie Stahl- oder Diamantkronen hatten; und für die starke Wasserströmung erwies sich das ganze System als ungeeignet. Innerhalb dreitägiger Bohrarbeit sollen aus den Bohrerkrone schwarze Diamanten im Werte von ungefähr 30.000 K verloren gegangen sein.

Dieses Resultat hätte die Bauunternehmung wohl voraus sehen können, weil die k. preuss. Rhein-Strombauverwaltung bei den Regulierungsarbeiten am Rhein bei Bingen in den Jahren 1887 und 1888 eine ähnliche, nämlich die englische Fels-Sprengmethode anwendete, bei welcher gleichfalls Drehbohrer im Gebrauche standen und sich schon damals nicht bewährten, weshalb von der weiteren Anwendung derselben Umgang genommen werden musste.

Es kamen sonach nur mehr die amerikanische Fels-Sprengmethode von E. E. Gilbert und die englische Fels-Brechmethode von H. Ch. Lobnitz in Betracht, welche auch endgiltig für die Felsbeseitigungen in der unteren Donau acceptiert wurden.<sup>1)</sup>

### I. Amerikanische Fels-Sprengmethode.

Bevor die Details der durchgeführten Arbeiten besprochen werden, will ich die Principien dieser Methode etwas eingehender erörtern.

**Arbeitsvorgang.** — Sollen Felsen unter Wasser beseitigt werden, so unterliegt es gar keinem Zweifel, dass dies in einer solchen Weise geschehen müsse, welche das Entfernen des Sprenggutes auf eine rasche, leichte und billige Art gestattet.

Dies ist zu erreichen, wenn durch das Sprengen nur ein Schuttmaterial erhalten wird, welches mit gewöhnlichen einfachen Baggermaschinen gehoben werden kann.

Kleines baggerfähiges Sprenggut wird aber wieder nur durch einen entsprechenden Arbeitsvorgang und durch einen verhältnismässig grossen Aufwand an Sprengmittel gewonnen.

Durch den Arbeitsvorgang soll die Abtragung des Felsens nach thunlichst ebenen Flächen, also ohne Zurücklassung hervorragender Felsspitzen erfolgen und durch die Explosion des Sprengmittels das umgebende Gestein möglichst feinkörnig zertrümmert werden.

---

<sup>1)</sup> Während dieser Vorbereitungsperioden hat die Bauunternehmung die Landarbeiten bei Greben und am Eisernen Thor energisch eingeleitet und mit solchem Erfolge betrieben, dass es möglich war, am 18. September 1890 den Beginn der Regulierungsarbeiten in der unteren Donau durch eine besondere Festlichkeit zu begehen. Bei dieser Gelegenheit wurde eine grosse Erdmine gesprengt, deren Zündungsanlage ein Herr der Dynamit-Actiengesellschaft „Nobel“ ausgeführt hatte.

Bei Anwendung der Fels-Sprengmethode mittels Bohrschüssen bleiben aber immer Felsklippen zurück. Wenn daher das Mass der Abspregung bestimmt ist, so ist der Felsgrund beträchtlich tiefer zu zerstören, damit keine Felsspitzen über das zu erreichende Niveau hervorragten.

Wie tief dieses Tiefersprengen vorgenommen werden muss, richtet sich hauptsächlich nach der Anordnung der Bohrlochladungen neben- und hintereinander.

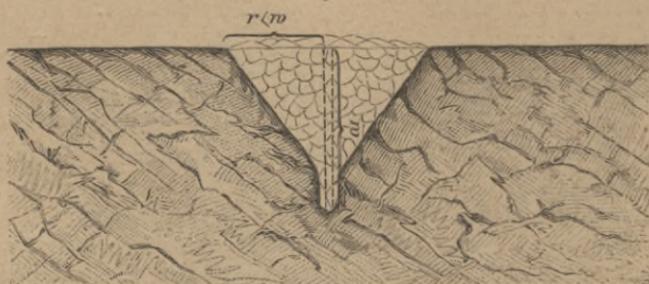
Bei Aussprengung von Gräben in Felsen mit glatter Oberfläche werden die Bohrlöcher zur Aufnahme der Sprengladungen, ebenso wie am Orte eines Stollens, mit Rücksicht auf die Gestaltung der Angriffsfläche am zweckmässigsten  $36^{\circ}$  bis  $50^{\circ}$  geneigt gegen die Grabensohle (beziehungsweise Stirnseite des Stollens) angeordnet, um die günstigsten und ökonomischsten Wirkungen der Bohrschüsse zu erzielen.

Eine solche Anlage der Bohrlöcher ist jedoch bei Aussprengung von Canälen unter Wasser nur unter Taucherglocken möglich und müssen insbesondere bei Herstellung der Bohrlöcher mittels Bohrmaschinen, die Löcher ohne Rücksicht auf die Configuration des Feldgrundes im verticaler Richtung nach abwärts hergestellt werden, weil mit den bisher construierten Bohrschiffen geneigte Bohrlöcher nicht ausführbar sind.

Dieser Umstand ist auch ein weiterer Nachtheil der Sprengmethode mittels Bohrschiffen, weil verticale Bohrschüsse nur zu oft ungenügende Wirkungen liefern.

Als Wirkung eines vertical angeordneten Bohrschusses im vollkommen verspannten Gestein ergeben sich wie bekannt die

Fig. 1.



in den Fig. 1, 2 und 3 dargestellten Trichterformen, bei welchen die Steilheit der Trichterwand von der Grösse der explodierten Ladung abhängt.

War die Ladung schwach, so fällt die Trichterwand sehr steil aus (Fig. 1), war sie so stark, dass Trichterhalbmesser resultieren, welche eben so gross als die Bohrlochtiefe sind (Fig. 2), dann war

Fig. 2.

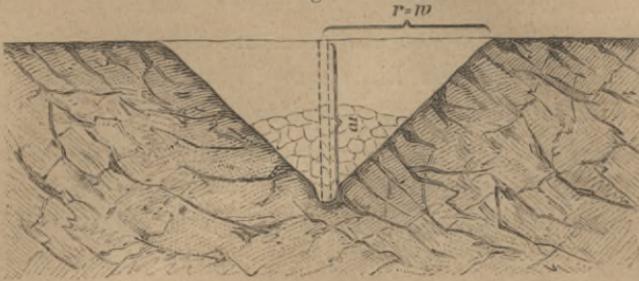
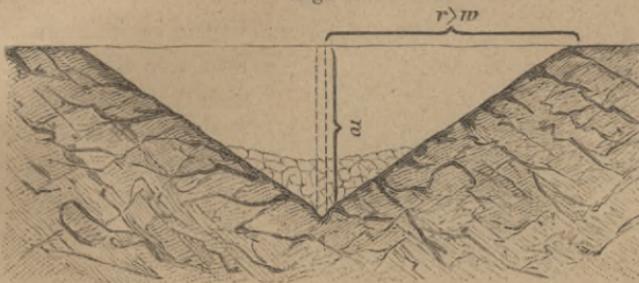


Fig. 3.

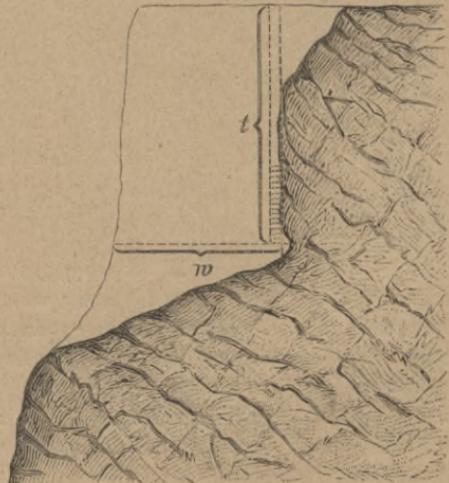


die Ladung richtig oder normal, und wenn die Trichterwand sehr flach, also der Trichterhalbmesser grösser als die Bohrlochtiefe ausfiel, so war die Ladung stark bemessen. (Fig. 3.)

Im ersten Falle erfolgt nur Auflockerung, im zweiten Falle Zerklüftung und Hebung und endlich im dritten Falle vollkommene Zerstörung und ein Hinausschleudern des gesprengten Materiales.

Die Wirkungen von Bohrschüssen, welche in einem,

Fig. 4.

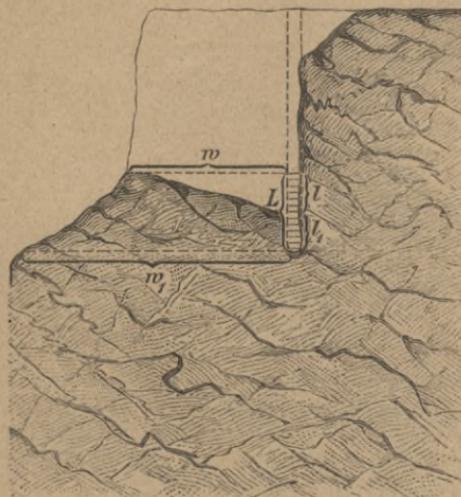


wenigstens nach einer Seite hin unverspannten Felsen angelegt werden, erreichen den grössten Nutzeffect, wie dies in Fig. 4 angedeutet ist. Beim Steinsprengen an Felsabhängen wird dieser Vorgang daher auch stets beachtet.

Noch bedeutender gestaltet sich der Nutzeffect, und um so ökonomischer wird das Sprengen, wenn mehrere Bohrschüsse in einer zur freien Wand parallelen Linie nebeneinander so angelegt werden, dass ihre Wirkungen ineinander greifen.

Bei einem solchen Arbeitsvorgange soll die Bohrlochtiefe ( $t$ ) des  $1\frac{1}{2}$  bis 2fache der Vorgabe ( $w$ ) — auch Widerstandslinie genannt — betragen, kann jedoch auch nur der Vorgabe

Fig. 5.



gleichgehalten werden, ohne hiedurch die Arbeit der Sprengladung zu beeinträchtigen; in keinem Falle aber darf der Ort des Bohrloches unterhalb des Fusses der Wand liegen, wie dies in Fig. 5 mit punktierten Linien angedeutet ist, weil in einem solchen Falle dem Theil  $l$  der Ladung  $L$  die Vorgabe  $w$ , dem Theil  $l_1$  dagegen die grössere Vorgabe  $w_1$  entspricht.

Die Ladung für hinter einer freien Wand angelegte Bohrlöcher wird nach der Formel<sup>1)</sup>

$$L = c s^3$$

berechnet, dabei bedeutet  $L$  die Menge des Sprengmittels in Kilo-

<sup>1)</sup> Hierüber bereits Mittheilung gemacht: 1875 in Mahler's Broschüre „Die moderne Sprengtechnik mit ihren wesentlichen Hilfsmitteln, Bohrmaschinen, Dynamit und elektrische Zündung“; dann in des Verfassers „Anleitung für die rationelle Verwendung der Nitroglycerinpulver: Dynamit, weisser Dynamit und Rhexit im Berg- und Eisenbahnbau, zur Steingewinnung, für submarine Sprengungen und für Culturzwecke; 1880 in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines durch die Abhandlung „Bestimmung der Dynamitladungen für Bohrschüsse an Felsabhängen“.

grammen,  $s$  deren Sprengungshalbmesser<sup>1)</sup> in Metern und  $c$  den Ladungscoefficienten, der für jede Gesteinsgattung mit der gewählten Sprengmittelsorte und mit Rücksicht auf den Zweck der Sprengung festgestellt werden muss.

Da der Sprengungshalbmesser  $s$  in der Regel nicht direct messbar ist, so wird gewöhnlich die Ladungsberechnung auf eine messbare Linie, auf die Vorgabe oder Widerstandslinie  $w$  bezogen.

Es ergeben sich dann, je nachdem der Trichterhalbmesser  $r$  ein Vielfaches der Widerstandslinie ist, folgende Ladungsgleichungen, und zwar:

für schwach geladene Minen mit  $n = \frac{r}{w} = 0.5$ ,

$$L = 1.40 c w^3,$$

für normal geladene Minen mit  $n = \frac{r}{w} = 1.0$ ,

$$L = 2.83 c w^3,$$

für stark geladene Minen mit  $n = \frac{r}{w} = 1.5$ ,

$$L = 5.85 c w^3,$$

und mit  $n = \frac{r}{w} = 2.0$ ,

$$L = 11.18 c w^3.$$

Erfahrungsgemäss soll bei Anwendung von brisantwirkenden Sprengmitteln die für eine Vorgabe berechnete Ladung höchstens die Hälfte der Bohrlochtiefe ausfüllen, damit der Besatz ( $v$ ) wenigstens der Ladungshöhe ( $h$ ) gleich hoch gemacht werden kann, und ist hienach der kleinste Durchmesser des Bohrloches zu ermitteln.

Immerhin ist zu trachten, die Ladung möglichst concentrirt in das Bohrloch einzubringen, also ihr eine geringere Höhe als die halbe Bohrlochtiefe zu geben, daher den Bohrlochdurchmesser dementsprechend zu vergrössern.

Die Entfernung ( $e$ ) der in einer Reihe nebeneinander herzustellenden Bohrlöcher beträgt, wenn es sich um die Gewinnung grosser

<sup>1)</sup> Dieser ist der Halbmesser der Sprengungssphäre, d. h. derjenigen den Explosionsort umgebende concentrische Welle, in welcher die radialen Pressungen eben noch genügend intensiv sind, um die Cohäsion des Mediums aufzuheben. — Bei Anwendung von brisantwirkenden Sprengmitteln, gleicht die Sprengungssphäre der Kugelform, möge die Ladung im begrenzten oder im unbegrenzten Mittel hinterlegt worden sein.

Werkstücke handelt, die  $1\frac{1}{2}$  bis 2fache Vorgabe ( $w$ ); soll aber Bruchsteinmaterial gewonnen werden, dann müssen die Bohrlöcher näher aneinander, selbst bis auf die einfache Vorgabe angeordnet werden, wodurch die Wirkungen der Bohrschüsse vollständig ineinander greifen.

Ein solcher Vorgang ist selbstverständlich bei Felssprengungen unter Wasser nicht genau durchführbar, weil selbst bei Vorhandensein einer freien Wand die Bohrlöcher stets bis unter den Fuss derselben hergestellt werden müssen, daher die Bohrschüsse nur ungünstig wirken können und überdies noch den Druck des Wassers gegen die freie Wand zu überwinden haben.

Bei Würdigung der geschilderten Wirkungen von Bohrschüssen im verspannten und unverspannten Gestein, kann die Forderung, möglichst leicht baggerfähiges Material zu erhalten, nur dann erfüllt werden, wenn die Bohrlöcher thunlichst nahe aneinander gerückt und stark geladen werden.

Dieser Vorgang, der nach theoretischen und praktischen Erwägungen der allein richtige ist, wurde auch bei den Felssprengungen im St. Lorenzostrome von Ingenieur E. E. Gilbert thunlichst beobachtet; der überhaupt bei seinen Arbeiten, den bei den Sprengmethoden mittels Bohrschüssen gemachten Erfahrungen, wie: Feststellen des Bohrschiffes, besonderen Schutz der Bohrer gegen Wasserdruck, Anwendung von Stossbohrern statt Drehbohrer, Tieferbohrung der Bohrlöcher u. dgl. entsprechend Rechnung getragen hat. Er bohrte hinter freier Wand mittels Ingersoll'schen Bohrmaschinen auf Entfernungen von 0.60 bis 0.80  $m$  neben- und hintereinander angeordnete Bohrlöcher 0.50  $m$  unterhalb der neuen Canalsohle und lud jedes Bohrloch mit circa 3.96  $kg$  Dynamit Nr. I (nämlich 1.133  $kg$  pro Meter Bohrlochtiefe).

Wird der Ladungcoefficient für das dortige ziemlich harte Gestein und für Dynamit Nr. I den bestehenden Ladungsscalen gemäss mit  $c = 0.25$  angenommen, so berechnet sich aus der Gleichung

$$L = c s^3$$

der Wert für den zugehörigen Sprengungshalbmesser

$$s = 2.51 m,$$

woraus für den Fall, wo die Vorgaben der Bohrlöcher  $w = 0.60 m$  betragen, sich die Trichterhalbmesser mit  $r = 2.44 m$ , und für den anderen Fall, wo die Vorgaben  $w = 0.80 m$  hatten, mit  $r = 2.38 m$  ergaben, d. h. die Bohrschüsse wirkten als sehr stark geladene, eigent-

lich als überladene Minen, weil  $r$  in beiden Fällen grösser als  $2w$  entfiel; und da zumeist 12 in drei Reihen angeordnete Bohrschüsse gleichzeitig abgethan wurden, so haben die Minenwirkungen derselben auch stark ineinander gegriffen, wodurch ein vollkommenes Zertrümmern des Felsens und damit der Vortheil erreicht war, dass eine grosse Menge des gesprengten Gesteins von der reissenden Strömung weiter stromabwärts abgelagert und die Baggerung wesentlich erleichtert wurde; ferner dass auch keine über das verlangte Niveau hinaufreichende Klippen stehen geblieben sind, deren nachträgliche Beseitigung sehr kostspielig gewesen wäre.

Überdies wurde das Abbruchmaterial vom Sprengorte möglichst rasch entfernt, um die nächste Sprengung wieder gegen eine halbwegs freie Wand bewirken zu können.

Dieser bei den Felssprengungen im St. Lorenzostrome beobachtete Arbeitsvorgang soll auch sehr ökonomisch gewesen sein und wird der Einheitspreis pro Cubikmeter Felssprengung unter Wasser mit nur 20·00 K angegeben.

Bei den Felssprengungen in der unteren Donau wurden jedoch weder die reichen Erfahrungen im Minenwesen, noch die von Ingenieur E. E. Gilbert befolgte Arbeitsmethode hinreichend gewürdigt.

Allerdings sind die hydrographischen und geognostischen Verhältnisse in der unteren Donau von denen im St. Lorenzostrome wesentlich verschieden.

Während es sich nämlich bei den Felssprengungen in Amerika um die Absprengung 3·00 *m* hoher compacter Felsmassen bei einer Stromgeschwindigkeit von 3·50 bis 4·00 *m* per Secunde und einer Wassertiefe bis zu 3·00 *m* über den Felsen handelte, betrug die Aussprengungstiefen durch die Felsbänke der unteren Donau nur an wenigen Stellen 1·00 bis 2·00 *m*, waren sonst aber bedeutend geringer, während der Wasserstand bis 5·00 *m* über den Felsen erreichte.

Es musste daher hier ein etwas abgeändeter Arbeitsvorgang festgestellt werden, um die Felssprengungen ökonomisch und sprengtechnisch richtig durchzuführen.

Ein solcher Arbeitsvorgang war nicht schwer auszuarbeiten, da hiefür hinreichenden Erfahrungen zur Verfügung standen.

Die Bauunternehmung benützte dieselben jedoch nicht und gieng den Weg der Versuche.

Sie hatte sich zwar von Haus für die Anwendung der amerikanischen Fels-Sprengmethode entschieden, erkannte aber noch rechtzeitig, dass sich dieselbe erst bei höheren Felsen mit gleichmässiger Oberfläche zweckentsprechend verwerthen lasse, bei geringeren Felshöhen, namentlich bei karstartig gestalteten Flussgrund aber noch zu einer anderen Arbeitsmethode Zuflucht genommen werden müsse.

Nach den erwähnten Publicationen des Ingenieurs G. Rupčić und nach der von Professor H. Arnold in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure veröffentlichten Abhandlung ist zu vermuthen, dass die Bauunternehmung vor einer Aufgabe stand, deren Lösung ihr, bei den mangelnden Fachkenntnissen und Erfahrungen eines Theiles des eigenen Personales schwer fiel.

Es wäre sonst auch nicht denkbar gewesen, dass auf fehlerhaft angewendete Gesetze der Mechanik<sup>1)</sup>, auf irrige Ansichten über Minenwirkungen<sup>2)</sup> und auf veralteten Ladungsberechnungen<sup>3)</sup> basirte

---

<sup>1)</sup> Nach der Broschüre des Ingenieurs G. Rupčić wird das Stehenbleiben der Steinkegel zwischen mehreren vertical angeordneten verdämmten Bohrschüssen (Seite 20) nicht aus den Wirkungen accollirter Minen, sondern merkwürdigerweise aus dem bekannten Gesetze der Mechanik abgeleitet, nach welchen zwei gleiche, gegeneinander wirkende Kräfte sich aufheben und niemals unterstützen können; wobei sich auf einen Versuch — eine Eisenplatte mit zwei freien einander gegenüberstehenden Dynamitladungen zu sprengen — bezogen wird, bei welchen kein Bruch, sondern nur eine Stauchung der Eisenplatte erfolgte. Die Unternehmer haben dieserhalb den Schluss gezogen, dass nur von freier Wand gesprengt werden darf; sprengten aber dessenungeachtet mit reihenweise angeordneten Bohrschüssen, zwischen welchen gleichfalls Steinkegel stehen bleiben. (Seite 22).

<sup>2)</sup> Nach den Mittheilungen des Ingenieur Rupčić wurde angenommen (Seite 39), dass alle Bohrschüsse, welche in der Mitte einer Fläche angelegt werden, Wurftrichter oder Spitzkegel erzeugen, die an ihren Spitzen Winkel von 90° aufweisen. Die Trichterwand eines solchen Spitzkegels ist sonach 45° gegen das verticale Bohrloch und gegen die Fläche hin geneigt. Hat der Bohrschuss gegen eine freie Wand hin zu wirken gehabt, und lag vor derselben noch das Gestein von der vorhergegangenen Sprengung, so glaubte man die Steigung der Trichterwand gegen das Bohrloch mit 67 $\frac{1}{2}$ ° annehmen zu dürfen. (Seite 40.) Beide Annahmen sind unrichtig, weil sie auf die Grösse der Bohrlochladung keine Rücksicht nehmen und doch hängt die Gestaltung des Trichters nur von dieser ab.

<sup>3)</sup> Mit Berücksichtigung der Härte des Gesteins wurde früher fehlerhafterweise die Sprengladung nach der Bohrlochtiefe, erst in neuerer Zeit richtig nach der Grösse der Vorgabe — niemals aber nach dieser und der Bohrlochtiefe bemessen. (Seite 19.)

Versuche zu einer Zeit, wo bereits energisch an die Arbeit hätte geschritten werden sollen, vorgenommen wurden, und dass die Unternehmung für die Felssprengungen unter Wasser erst eine Theorie — „Die Theorie der Sprengung von freier Wand“ — aufstellen wollte.

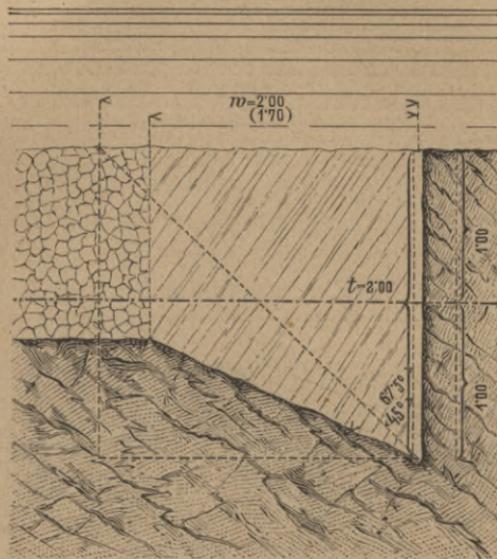
Also weder die schon vor mehr als 20 Jahren gewonnenen Erfahrungen für ein rationelles Felssprengen, noch die vom Ingenieur E. E. Gilbert mit seiner Fels-Sprengmethode erzielten Erfolge bestimmten die Bauunternehmer mit in Reihen angelegter Bohrschüsse von stromabwärts nach stromaufwärts zu sprengen, — nein, erst nach ihren eigenen Versuchen und Betrachtungen haben sie diesen bereits früher bewährten Arbeitsvorgang zwar acceptiert, — doch nicht richtig durchgeführt.

Ja selbst die ungünstigen Erfahrungen, welche schon vor Jahren bei den Felssprengungen im Rhein mit dem Drehbohrer gemacht wurden, blieben unberücksichtigt, bis kostspielige Versuche neuerdings dargethan haben, dass die Verwendung von Stossbohrern geboten erscheint.

Bei Feststellung des Arbeitsvorganges, der Grösse und Lage der Bohrlöcher<sup>1)</sup> gieng die Bauunternehmung nach den Mittheilungen des Professors H. Arnold von folgenden Annahmen aus:

1. Einzelne Bohrschüsse legen im gleichmässig verspannten Felsen gegen die Oberfläche hin rechtwinklige Minenrichter (Kegel), welche sich jedoch, wenn auch eine freie Gesteinswand (Fig. 6) vorhanden ist, dieser Wand zuneigen und zwar in dem Verhältnisse, in welchem Bohrlochtiefe zur Wandhöhe und Vorgabe stehen.

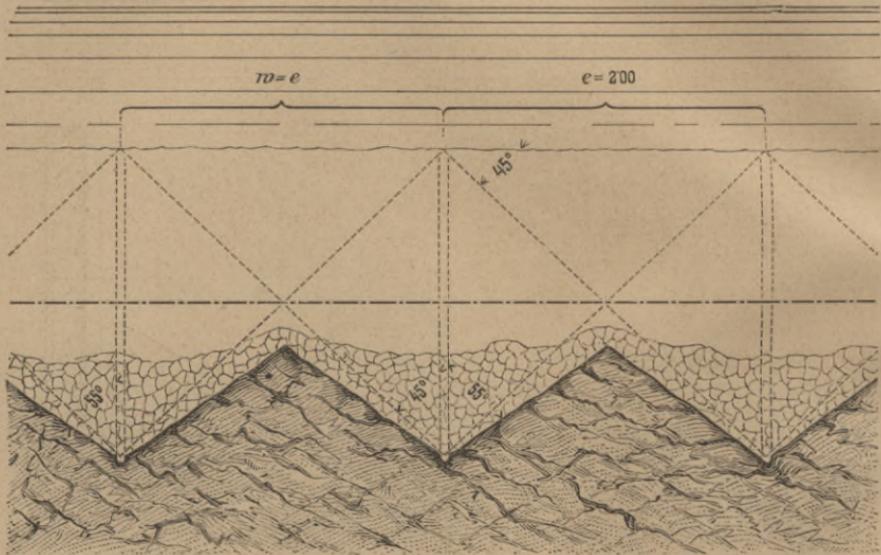
Fig. 6.



<sup>1)</sup> Diese Erwägungen sind in den genannten Publicationen nicht vollkommen sachgemäss besprochen, weshalb ich ihrer Beschreibung eine andere Fassung gab.

2. Werden mehrere nebeneinander liegende Bohrschüsse im verspannten Felsen gleichzeitig abgefeuert, so haben dieselben zunächst das Bestreben, gleichseitige Minentrichter zu bilden, und wenn letztere bei entsprechender Entfernung der Bohrlöcher ineinandergreifen, verflachen sie sich und die dazwischen stehenden Felskegel fallen niedriger aus. Wäre überdies eine freie Wand vorhanden (Reihensprengung von der freien Wand), so neigen sich die verflachten Minentrichter auch nach dieser Wand hin. (Fig. 6.)

Fig. 7.



Diese Voraussetzungen treffen jedoch bloß dann zu, wenn nur normal geladene (gleichseitige) Minen angewendet werden; auch ist die gehoffte Abflachung der Minentrichter noch immer sehr fraglich.

3. Die Sprengladung für ein Bohrloch muss so gross sein, um eine Felsmasse sprengen zu können, welche so hoch wie die Bohrlochtiefe ( $t$ ), so lang wie die Entfernung ( $e$ ) zweier Bohrlöcher einer Reihe und so breit wie die Vorgabe ( $w$ ) ist, d. h. die Raummenge ( $K$ ) des durch einen Bohrschuss zu beseitigenden Felsens ergibt sich nach der Gleichung

$$K = t \cdot e \cdot w.$$

Dies konnte bei den Felssprengungen nicht zutreffen, weil einerseits die Höhe der Absprengung geringer war, als die Tiefe ( $t$ ) des Bohr-

loches (Fig. 5), anderseits, weil auch Felskegel zwischen den einzelnen Bohrlöchern zurückbleiben, welche mit der Grösse der gegenseitigen Bohrlochabstände wachsen. (Fig. 7.)

4. Haben die Unternehmer nach den Mittheilungen des Ingenieurs G. Rupčić keine Ladungsformel aufgestellt, sondern den „sicheren Weg der Praxis“ betreten und für den Fall, als der Flussgrund auf 1.00 m (bis zur neuen Canalsohle) abgesprengt werden sollte, die Bohrlöcher mit einer Vorgabe von 1.00 m, auf 2.00 m voneinander entfernt, 2.00 m tief (also um 1.00 m tiefer als die Canalsohle) angelegt. Für den Cubikmeter zu sprengenden Felsens wurden 0.5 kg Dynamit Nr. I als Sprengladung angenommen, so dass letztere nach Obigem mit

$$L = 0.5 K = 0.5 \cdot 2.0 \cdot 2.0 \cdot 1.0 = 2.0 \text{ kg}$$

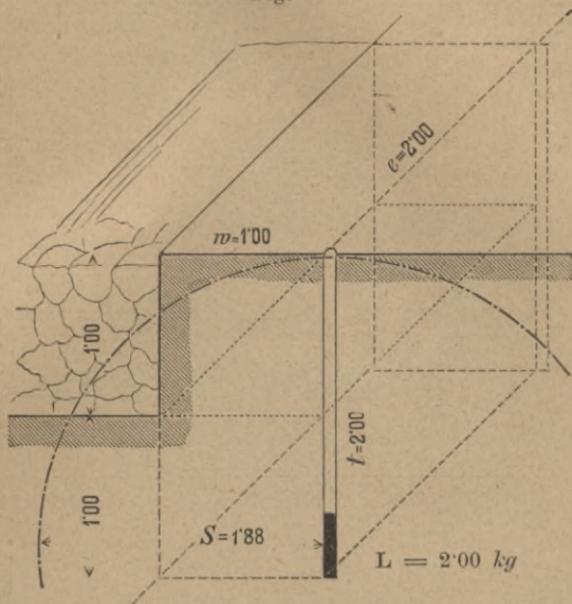
für das Bohrloch, also mit 1.0 kg Dynamit Nr. I für den laufenden Meter desselben entfiel, wobei vorausgesetzt war, dass bei freier Vorwand die ganze berechnete Raummenge ausgesprengt wird. (Fig. 8.)

Ausserdem wollte die Bauunternehmung erreichen, dass der Felsen stets bis auf 0.50 m unter die geplante Canalsohle aufgelockert werde, damit das Baggern auf keine Schwierigkeiten stösst.

Da es überdies von grossem Nutzen schien, wenn die Vorgaben  $\frac{1}{2}(w)$  der Bohrlöcher vergrössert werden könnten, so wurde ein weiterer Versuch, bei welchem der Felsen auch nur auf 1.00 m Höhe abzusprengen war, mit  $w = 2.00 \text{ m}$ ,  $e = 2.00 \text{ m}$  und  $t = 2.50 \text{ m}$  durchgeführt. Hiebei berechnete die Unternehmung die Bohrlochladung mit

$$L = 0.5 K = 0.50 \cdot 2.50 \cdot 2.00 \cdot 2.00 = 5.0 \text{ kg}$$

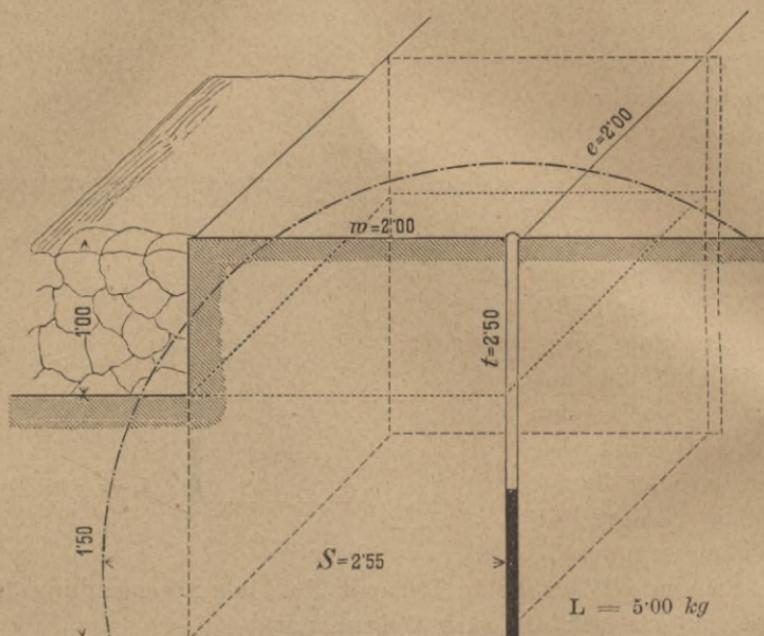
Fig. 8.



Dynamit Nr. I, also mit 2.0 kg für den laufenden Meter Bohrloch-tiefe. (Fig. 9.)

Durch diese Massnahme sollte eine doppelt so grosse Fläche des Flussgrundes aus einer Schiffsaufstellung abgesprengt werden.

Fig. 9.



Bei einem dritten Versuche wurde Sprenggelatine<sup>1)</sup> verwendet und bei  $w = 3.00$  m,  $e = 1.70$  m und  $t = 2.50$  m die Bohrloch-ladung mit

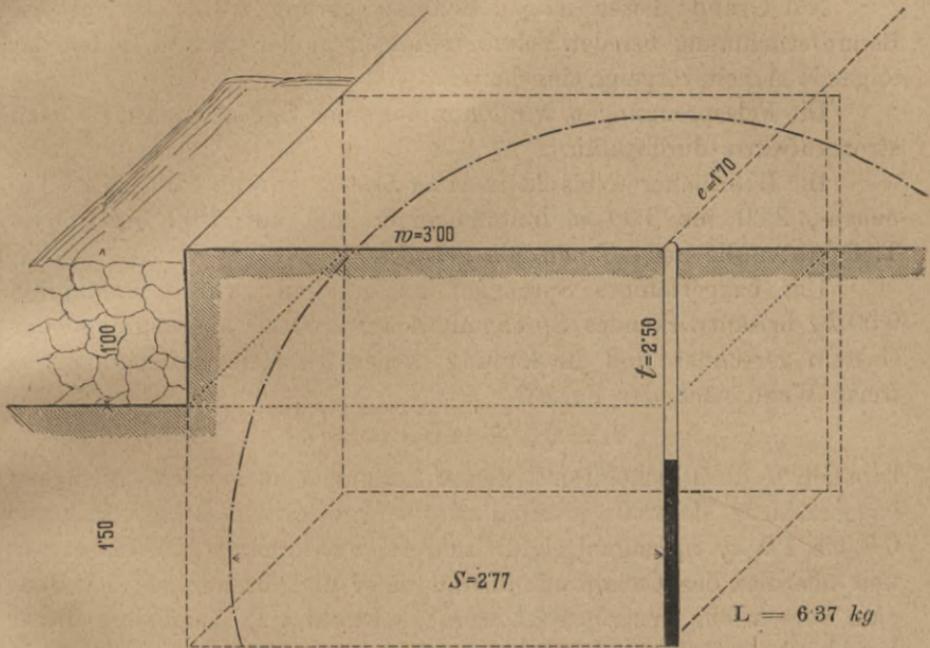
$$L = 0.5 \cdot 2.50 \cdot 1.70 \cdot 3.00 = 6.37 \text{ kg}$$

Sprenggelatine berechnet; es entfielen sonach auf den laufenden Meter Bohrloch-tiefe 2.12 kg dieses Sprengmittels. (Fig. 10.)

<sup>1)</sup> In dem Buche des Ingenieurs G. Rupčić ist angegeben, dass statt des Dynamits Gelatine verwendet wurde. Da die Bauunternehmung sowohl Gelatine-dynamit, als auch Sprenggelatine verbrauchte, so habe ich letzteres Sprengmittel als versucht angenommen, um Irrthümer zu vermeiden. Die Angabe, dass Sprenggelatine flachere Minentrichter als Dynamit Nr. I gibt (Seite 40), kann falsch verstanden werden, da die Grösse des Trichters von der Grösse der Ladung, nicht aber von dem Sprengmittel abhängig ist, und mit zwei verschiedenen Spreng-mitteln ganz gleiche Minentrichter erhalten werden können.

Welche Folgerungen die Unternehmung aus diesen Versuchen gezogen hat, wurde in keiner Publication über die Felsprengungen in der unteren Donau präzise ausgesprochen; doch scheint die Annahme zulässig, dass sie die gewünschte Sohlensprengung mit Sicherheit zu erreichen hoffte, wenn bei den Sprengungen

Fig. 10.



die Bohrlochtiefe ( $t$ ) und Bohrlochentfernung ( $e$ ) gleich der doppelten Tiefe des planmässig zu beseitigenden Felsens gemacht, und die Ladungen, wie oben angegeben, berechnet werden.

Da der verflachte Spitzwinkel des Minentrichters mit  $55^\circ$  gegen die Lothrechte angenommen wurde (Fig. 7) und vorausgesetzt war, dass die höchste Felsklippe noch etwa  $0.20 \text{ m}$  unter die herzustellende Canalsole fällt, so hätten die Baggereimer das darüber befindliche Sprenggut noch leicht fassen und beseitigen können.

Nach Ansicht der Unternehmer wäre es sogar zulässig, mit den Bohrlöchern weiter auseinander zu rücken, wenn man dieselben entsprechend tiefer ausführt. „Zu grosse Bohrlochentfernungen“ — so heisst es in der Abhandlung des Professors

H. Arnold — „geben aber zu grosse Sprengstücke, welche schwer oder gar nicht baggerfähig sind, während zu kleine Entfernungen mit geringeren Bohrlochtiefen die Bohrarbeiten zu sehr vertheuern; — es ist demnach im allgemeinen billiger, die Bohrlöcher tiefer und in grösseren Entfernungen anzulegen, wenn zur baggerfähigen Zertrümmerung des Gesteins ein sehr brisantes Sprengmittel genommen wird.“<sup>1)</sup>

Auf Grund dieser irrigen Schlussfolgerung wurde seitens der Bauunternehmung bei den Felssprengungen in der unteren Donau der folgende Arbeitsvorgang eingehalten.

Die Felssprengungen wurden reihenweise von stromabwärts nach stromaufwärts durchgeführt.

Die Bohrlöcher 4 bis 22 in einer Reihe, wurden 1·60 bis 2·00 *m* neben-, 2·00 bis 3·00 *m* hintereinander und auf 1·00 bis 1·50 *m* Tiefe unter die neue Canalsole gebohrt.

Um baggerfähiges Sprenggut zu erhalten, wurde anfänglich 0·50 *kg* brisantwirkendes Sprengmittel auf 1·00 *m*<sup>3</sup> auszusprengendes Gestein gerechnet und die Ladung wegen der Reihensprengung von freier Wand nach der Formel

$$L = 0\cdot5 \quad K = 0\cdot5 \quad (t. e. w)$$

berechnet; doch scheint mit diesen Ladungen noch nicht genügend baggerfähiges Material erhalten worden zu sein, weil später sogar 0·8 bis 1·0 *kg* Sprengmittel für 1·00 *m*<sup>3</sup> Felssprengung veranschlagt und überdies das Canalprofil überall tiefer und breiter als der Bauplan vorschrieb, ausgesprengt wurde, obwohl eine Vergütung dieser Mehrleistung nicht in Aussicht stand.

Durch diese beiden Massnahmen sollte einestheils das Schleifen der Baggergefässe auf festem und zackigem Felsen und dadurch viele Reparaturen und Betriebsstörungen vermieden werden, andernteils aber die Gefässe unter und neben sich noch lose und verschiebbare Gesteinstrümmer vorfinden, welche das Baggergut leichter und besser fassen liessen.

---

<sup>1)</sup> Der Unterschied zwischen den Wirkungen verschiedener Sprengmittelsorten gleicher Nummer ist zumeist kein bedeutender. Ausschlaggebend für die Wahl der Sprengmittelsorte ist nebst der Gesteinsgattung deren Verwendungsweise, ob im Trockenen oder unter Wasser, ob bei niederen oder höheren Temperaturen.

Ein Vergleich des geschilderten Arbeitsvorganges mit den theoretisch aufgestellten Grundsätzen zeigt nun die grossen Widersprüche. Unstreitig war das Gestein am Jucz härter als der Felsen im St. Lorenzostrome, demnach hier für die Berechnung der Bohrlochladungen ein grösserer Werth des Ladungscoefficienten ( $c$ ) angenommen werden musste als bei den Arbeiten in Amerika.

Hätte der letztere mit  $c = 0.30$  entsprochen, so würden sich für die zugehörigen Sprengungshalbmesser ( $s$ ) folgende Trichterhalbmesser ( $r$ ) ergeben haben.

Bei dem ersten Versuche (Fig. 8)

für  $L = 2.00 \text{ kg}$ ,  $w = 1.00 \text{ m}$ ,  $c = 0.30$

$$L = c s^3 \quad s = \sqrt[3]{\frac{2.00}{0.30}} = 1.88 \text{ m}$$

$$\text{somit } r = \sqrt{s^2 - w^2} = 1.50 \text{ m} > w.$$

Bei dem zweiten Versuche (Fig. 9)

für  $L = 5.00 \text{ kg}$ ,  $w = 2.00 \text{ m}$ ,  $c = 0.30$

$$s = \sqrt[3]{\frac{5.00}{0.30}} = 2.55 \text{ m}$$

$$\text{somit } r = \sqrt{s^2 - w^2} = 1.58 \text{ m} < w.$$

Bei dem dritten Versuche (Fig. 10) endlich

für  $L = 6.37 \text{ kg}$ ,  $w = 3.00 \text{ m}$ ,  $c = 0.30$

$$s = \sqrt[3]{\frac{6.37}{0.30}} = 2.77 \text{ m} < w.$$

Die Minen waren sonach beim ersten Versuche etwas „starkgeladen“, beim zweiten „schwachgeladen“ und beim letzten sogar nur „Dampfminen“, welche das Gestein nur wenig zerklüften konnten.

Die Wirkungen bei diesen Versuchsminen waren ganz ungenügend, um leicht baggerfähiges Material zu erzeugen, weil die schwachen Ladungen viel zu tief unter der projectierten Canalsohle angelegt waren, deren grösste örtliche Wirkungen fielen daher unterhalb dieses Niveaus, ihre Sprengungssphären reichten auch kaum über letzteres hinauf und die Wirkung gegen die freie Wand war nur sehr beschränkt.

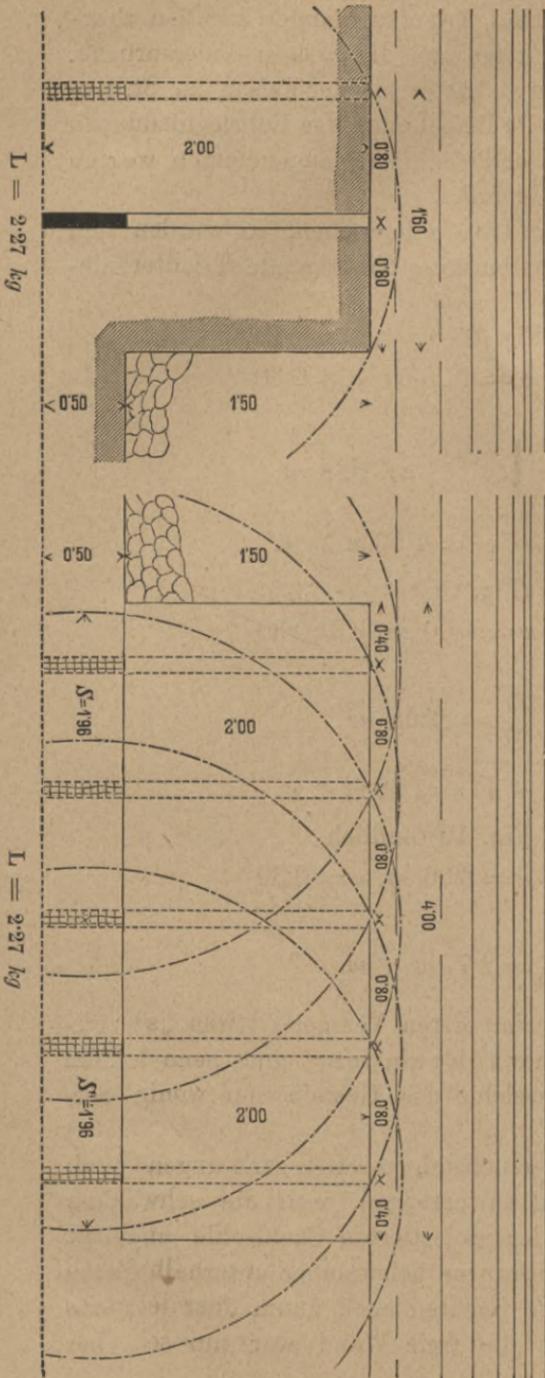


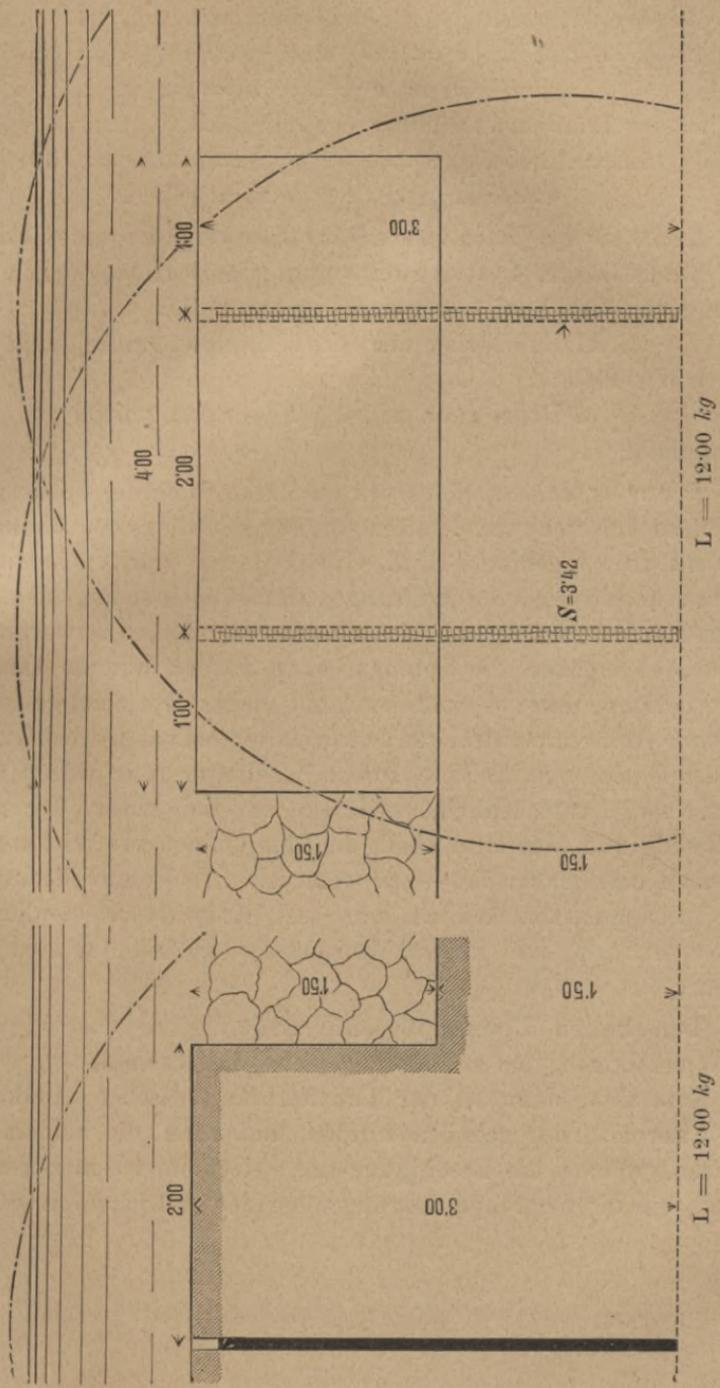
Fig. 11.

Selbst die bei den späteren Sprengungen angewendeten beträchtlich stärkeren Ladungen haben noch immer nicht hingereicht, um den Felsgrund derart zu zertrümmern, dass das erhaltene Sprenggut leicht gehoben werden konnte, weil, wie nachstehender Vergleich der amerikanischen Arbeitsmethode mit der von der Bauunternehmung eingehaltenen zeigt, erstere (Gilberts Vorgang) nicht genügend gewürdigt wurde.

In der Fig. 11 ist der bei den Felssprengungen im St. Lorenzostrome eingehaltene Arbeitsvorgang, u. zw. für den ungünstigeren Fall (Bohrlöcher  $0.80 \text{ m}$  neben- und hintereinander angeordnet) dargestellt; hingegen zeigt die Fig. 12 den Arbeitsvorgang, wie er bei den Felssprengungen in der unteren Donau im günstigeren Falle (Bohrlöcher  $2.00 \text{ m}$  neben- und hintereinander angeordnet) beobachtet wurde.

Gleiche Strom- und Grundverhältnisse, ferner in beiden Fällen eine  $1.50 \text{ m}$  hohe Felsabsprengung vorausgesetzt, ergeben für  $c = 0.30$  u. zw.:

Fig. 12.



Bei der Anordnung der Bohrlöcher nach Fig. 18

$$L = 2.27 \text{ kg}, w = 0.80 \text{ m}, e = 0.80 \text{ m}, c = 0.30$$

$$s = 1.96 \text{ m}, r = 1.79 \text{ m} = 2.2 \text{ w};$$

und bei der Bohrlochanordnung nach Fig. 19

$$L = 12.00 \text{ kg}, w = 2.00 \text{ m}, e = 2.00, c = 0.30$$

$$s = 3.42 \text{ m}, r = 2.77 \text{ m} = 1.38 \text{ w}.$$

Nach diesen Daten wären zur Absprengung eines Felsblockes von 4.00 m Länge, 4.00 m Breite und 1.50 m Höhe, sonach zur Entfernung von 24.00 m<sup>3</sup> Gestein, im ersten Falle:

23 Bohrlöcher mit 52.21 kg Sprengmittel und

im zweiten Falle:

4 Bohrlöcher mit 48.00 kg Sprengmittel

erforderlich.

Wenn es sich nun blos um die Zerklüftung des Felsens handeln würde, so erschiene der letztere Vorgang allerdings als ökonomischer; während aber Ingenieur E. E. Gilbert mit stark geladenen Bohrschüssen arbeitete, deren Wirkungen derart ineinandergriffen, dass eine genügende Zertrümmerung des Gesteins verlässlich erwartet werden konnte, so ergaben die Sprengarbeiten in der unteren Donau kein baggerfähiges Material und machten daher kostspielige und zeitraubende Abräumungsarbeiten nothwendig; denn selbst bei Anwendung von 1.0 kg Sprengmittel pro 1.00 m<sup>3</sup> Felssprengung waren die Minen — u. zw. hauptsächlich, weil sie zu tief unter der geplanten Canalsole und hier zum Theile als Dampfminen zur Wirkung kamen, wie oben erörtert wurde — zu schwach. Es konnte demnach auch das Sprenggut thatsächlich nur mit Aufgebot kolossaler Baggermaschinen und mit unverhältnismässig grossen Kosten entfernt werden.

Den besten Beweis für das unrichtige Sprengen gaben die vielen mächtigen, bis zu 5000 kg schweren Steinblöcke, welche im Jucz-Katarakte, dann in der Canalstrecke zwischen Adakaleh und dem Eisernen Thor gehoben wurden, und waren die kolossalen Geldsummen, welche die Beseitigung der Felsen im freien Strome erforderten, die directe Folge des ungenügenden Arbeitsvorganges.

Durchführung der Felssprengungen unter Wasser. — Von dem Augenblicke an, als sich die Bauunternehmung für die Zerstörung der Felsen unter Wasser mittels Bohrschüssen entschied, musste sie trachten, alle Mängel dieser Arbeitsmethode thunlichst abzuschwächen.

Sie hatte sowohl beim Herstellen der Bohrlöcher, als auch beim Laden, Besetzen und Zünden der Bohrlochladungen, endlich beim Entfernen des Sprenggutes mit Schwierigkeiten zu kämpfen, welche sich mit Zunahme der Wassertiefe und Stromgeschwindigkeit vervielfachten.

a) Herstellen der Bohrlöcher. — Die zur Anwendung in Aussicht genommene Methode, welche Ingenieur E. E. Gilbert bei den Felssprengungen im St. Lorenzostrome angewendet hat, musste zahlreiche Modificationen erfahren, um den schwierigen Strom- und Grundverhältnissen der Donau Rechnung zu tragen.

Die Bauunternehmung hatte zwei Typen von Bohrschiffen in Anwendung gebracht. Bei der einen (Bohrschiffe I, III, IV und V) waren die Bohrmaschinen am Steuer, bei der anderen (Bohrschiffe II und VII) an einer der Längsseiten des Arbeitsschiffes angebracht.

Erstere arbeiteten gegen stromaufwärts, bei letzteren sollte dies zweckmässiger von der einen Seite bis zur anderen Seite des Canals geschehen.

Diese verschiedene Anordnung der Bohrmaschinen (am Steuer, beziehungsweise an einer Bordseite) hätte man auch vortheilhaft bei der wechselnden Configuration des Flussgrundes verwerten können. Dort, wo der ganze Canalquerschnitt auszusprengen war (wie bei der Stromschwelle Jucz), erschien es rationell, die erste Type zu verwenden und von stromab- nach stromaufwärts zu sprengen, während an den Stellen, welche zu hoch liegende Felspartien bloss auf einer Canalseite hatten, die Arbeit leichter von der langen freien Wand, also mit der zweiten Type vorgenommen werden konnte.

Dieser Gesichtspunkt sollte auch für die Verwendung der beiden Bohrschiffstypen massgebend sein.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Die Bauunternehmung hat aber nicht aus diesem allein richtigen Grunde die Bohrmaschinen an einer Längsseite des Schiffes installiert, sondern sie that dies aus ökonomischen Rücksichten. Sie beabsichtigte, wie Ingenieur G. Rupčić mittheilt (Seite 41), die Raummenge des Gesteins, die in einer Sprengung gelockert

Das erste Bohrschiff (Nr. I. Tafel II) war dem vom Ingenieur E. E. Gilbert bei den Felssprengungen im St. Lorenzostrome verwendeten ähnlich construiert.

Es wurde oberhalb der Arbeitsstelle verankert und auf vier am Flussgrunde aufgestellten 11·50 *m* langen Füssen gehoben, um ein ruhiges centrales Bohren zu ermöglichen.

Der Steuertheil desselben trug eine auskragende 3·75 *m* breite Bühne, auf welcher drei Ingersoll'sche automatisch wirkende Stossbohrmaschinen nebst Zubehör ihren Platz erhielten. Die nöthigen Betriebsmaschinen (Dampfkessel, Dampfmaschine, Dampf- und Handwinden, Druckwasserspeise- und Lenzpumpen, sowie eine Elektrodynamomaschine) waren im vorderen, Wohnräume und Küche im rückwärtigen Theile des Schiffskörpers untergebracht.

Die Bohrschiffe hatten doppelte Bemannung, um den ununterbrochenen Betrieb bei Tag und Nacht zu ermöglichen.

Mit dem Bohrschiffe Nr. I konnten die Bohrarbeiten erst im Juni 1891 beginnen, da sich dessen Herstellung verzögerte. Die Erprobung wurde bei dem wegen seines besonders harten Gesteines gleichsam als Versuchstation ausgewählten Jucz-Katarakt vorgenommen.

Im ersten Jahre arbeiteten die Maschinen mit fortwährenden Unterbrechungen und mussten gemäss der nach und nach gemachten Erfahrungen wieder Verbesserungen, Verstärkungen u. dgl. vorgenommen werden, welche dann auch beim Baue der späteren Bohrschiffe beachtet wurden.

Nebst dem reconstruierten Bohrschiffe Nr. I konnte im Monate April, dann am 18. August, am 1. September und 7. October 1892 je ein neues Bohrschiff (Nr. II, III, IV und V) in Arbeit gestellt werden, so dass Ende des Jahres 1892 fünf Bohrschiffe zur Verwendung kamen.<sup>1)</sup>

---

wurde, zu vergrössern, und da bei den Sprengarbeiten eine weitere Vergrösserung der Vorgabe nicht zulässig war, so blieb ein Fortschritt nur in der Verlängerung der Arbeitslinie erreichbar. Das Bohrschiff über 15·00 *m* zu verbreitern, schien in Rücksicht auf die reissende Wasserströmung nicht rathsam; es blieb also nur übrig, die Bohrmaschinen an der Längsseite eines Schiffes festzustellen.

<sup>1)</sup> Eines derselben (Nr. II) hat durch eine unvorhergesehene Explosion stark gelitten, war jedoch schon Ende December wieder dienstbar.

Auch bei den weiteren Erprobungen erwies es sich für nothwendig, die gesammten Maschinen den Verhältnissen an der unteren Donau entsprechend mehr oder weniger umzugestalten, einzelne Bestandtheile durch andere zu ersetzen und manche zu verstärken.

Das grösste Bohrschiff Nr. VII wurde erst im Jahre 1894, also nachdem die Sprengungen bereits sehr vorgeschritten waren, zu den Arbeiten herangezogen.<sup>1)</sup>

Von den Schiffen, welche die Sprengarbeiten von stromabwärts nach stromaufwärts durchführten, arbeiteten u. zw.:

Das Bohrschiff Nr. I auf einer Arbeitslinie von 7·25 *m* Länge mit  
3 Bohrmaschinen,

das Bohrschiff Nr. III auf einer Arbeitslinie von 11·00 *m* Länge mit  
3 Bohrmaschinen,

das Bohrschiff Nr. IV auf einer Arbeitslinie von 15·40 *m* Länge mit  
4 Bohrmaschinen und

das Bohrschiff Nr. V mit vier Bohrmaschinen.

Letzteres hatte die Einrichtung, dass die Bohrmaschinen nicht nur nach einer Seite hin, sondern auch nach stromaufwärts verschoben werden konnten, so dass mit diesem Schiffe nicht nur linienweise wie bei den Bohrschiffen Nr. I, III und IV, sondern auch flächenweise gesprengt werden konnte.

Die kurzen Längen der Arbeitsplätze bei diesen vier Arbeitsschiffen waren insoferne von Nachtheil, als hiedurch ein oftmaliges Vorholen, Einfahren und Aufstellen des Schiffes bedingt war, wozu viel Zeit und Arbeit verwendet werden musste.

Die beiden Schiffe der zweiten Type arbeiteten u. zw.:

Das Bohrschiff Nr. II auf einer Arbeitslinie von 21·00 *m* Länge mit  
4 Bohrmaschinen und

das Bohrschiff Nr. VII auf einer Arbeitslinie von 40·00 *m* Länge mit  
11 Bohrmaschinen.

Bezüglich Verwendung der zweiten Bohrschiffstype sei noch erwähnt, dass die Erfahrungen mit derselben nicht besonders befriedigten.

Die Lastvertheilung auf dem Bohrschiffe Nr. II war ungünstig und erschwerte im Vereine mit der unter 30° gegen den Stromstrich

---

<sup>1)</sup> Das Bohrschiff Nr. VI wurde nie vollendet. Der eiserne Schiffskörper für dasselbe stand im Jahre 1893 längere Zeit in Drenkova und erwies sich bei der Übergabe an die Unternehmung als unbrauchbar, weshalb es der Fabrik zurückgestellt wurde.

angewendeten Schrägstellung der Schiffsachse,<sup>1)</sup> das ruhige Arbeiten, hatte grössere Stauungen, sowie Stösse der Wasserströmung gegen die Bohrer, Schutzrohre und Füsse zur Folge, bedingte daher ausser sorgfältigen Verankerungen noch eine besondere Verdrehung der Bohrerfüsse, damit die Bohrerwagen leicht zu bedienen waren.

Das analog arbeitende Bohrschiff Nr. VII konnte nie in volle Thätigkeit gesetzt werden.

Die Bohrarbeit selbst als bekannt vorausgesetzt, sei nur bemerkt, dass der Fortgang derselben, bei der grossen Wassertiefe und Stromgeschwindigkeit, erst ermöglicht erschien, bis sehr starke 12·00 bis 14·00 *m* lange Bohrerfüsse mit an diesen gelehnten geschlitzten Schutzrohren, welche das ruhige Bohren gestatteten und das Versanden der Bohrlöcher verhinderten, zur Anwendung kamen und bis nach wiederholter Reconstruction der Bohrer die hüttentechnische Herstellung derselben, das Bohrgestänge und die Form des Bohrerkopfes entsprachen.

Das Bohrgestänge bestand schliesslich aus einem Satze von drei Bohrern zu 3·00, 6·00 und 9·00 *m* Stangenlänge mit 3·5 bis 4·0 *cm* Stärke, die an ihren Enden angeschweisste Tiegelgussstahlköpfe mit Bohrerkrone von 7·5, 7·0 oder 6·0 *cm* Durchmesser hatten.

Da die kleinen Bohrerköpfe successive beim Fortschreiten der Bohrarbeit zur Verwendung kamen, so hatten die fertiggestellten Bohrlöcher ungefähr eine konische Form mit beiläufig 8·0 bis 7·0 *cm* unteren Durchmesser.<sup>2)</sup>

Ein Bohrer konnte 0·70 bis 1·00 *m* tief bohren, dann musste er ausgewechselt und frisch gehärtet werden.

Die Bohrlöcher wurden von jeder Schiffstellung bei einer Wassertiefe von 5·00 bis 6·00 *m* auf die bestimmte Tiefe (1·00 bis 1·50 *m*) unterhalb der projectierten Canalsohle hergestellt, u. zw. mit den

---

<sup>1)</sup> Ursache und Zweck dieser Massnahme ist in keiner Publication angegeben.

<sup>2)</sup> Nach Ingenieur G. Rupčić Mittheilungen (Seite 27) arbeiteten die Bohrmaschinen mit 15 bis 25 *cm* Hubhöhe, bei gleichzeitiger Drehung des Bohrers um 45°, wodurch bei jedem zweiten Schlage die Schneiden auf dieselben Stellen trafen. Bei Handbohrung geschieht dies jedoch nicht in dieser Weise. Wenn rationell gebohrt wird, muss bei Handbohrung der Bohrer je nach der Festigkeit des Gesteins 6, 10 bis 16 mal gesetzt werden, damit keine eckigen Löcher (Hüte) entstehen.

Bohrschiffen Nr. I, III und IV: 6 bis 8, mit Nr. V: 8 bis 12 und mit Nr. II und VII: 12 bis 22 Bohrlöcher.

Den unablässigen Bemühungen der Unternehmung gelang es, dass bereits im Monate Mai 1892 das Herstellen der Bohrlöcher unter den schwierigsten Verhältnissen keine Frage mehr war.

Das Verdienst, die ausserordentlichen technischen Schwierigkeiten, welche sich bei Einrichtung und Ausrüstung der Bohrschiffe, sowie bei Ausführung der Bohrarbeiten selbst ergaben, in überaus glücklicher Weise, wengleich mit bedeutenden Kosten behoben, sonach die Fels-Sprengmethode mittels Bohrschüssen für die Arbeiten in der unteren Donau erst arbeitsfähig gestaltet zu haben, gebürt jenen Ingenieuren der Bauunternehmung, welchen die Durchführung des maschinentechnischen Theiles der Arbeiten übertragen war.

Allerdings sind bis zur Behebung der vielen Schwierigkeiten die Arbeiten selbst im Rückstande geblieben, doch wurde das Versäumte durch Nacharbeit wieder eingeholt.

b) Laden der Bohrlöcher. — Die Bohrlöcher wurden unmittelbar nach ihrer Fertigstellung mittels Druckwasser gut ausgespült, und dann mit Hilfe des geschlitzten Schutzrohres geladen.

Hiebei gelangten die brisantwirkenden Sprengmittel: Sprenggelatine, Gelatinedynamit Nr. I<sup>1)</sup> und Kieselguhr-Dynamit Nr. I, welche die Dynamit-Actiengesellschaft „Nobel“ in der concessionierten Zusammensetzung lieferte, zur Verwendung.

Sprenggelatine enthält 92% Nitroglycerin und 8% Colloidiumwolle; unempfindlich gegen die Feuchtigkeit der Luft und gegen

---

<sup>1)</sup> In dem Buche des Ingenieurs G. Rupčić kann der Umstand, dass in dem Abschnitte „Der Sprengstoff“ Seite 38, unter den versuchten Sprengmitteln „Gelatinedynamit (Sprenggelatine)“ erwähnt wurde, zu der irrigen Auffassung verleiten, dass diese beiden Benennungen ein und dasselbe Sprengmittel bezeichnen würden. Gelatinedynamit und Sprenggelatine sind zwei voneinander verschiedene Sprengmittel. Die Sprenggelatine ist kein eigentliches Handelsproduct und wurde seinerzeit als Kriegssprengmittel in Aussicht genommen, jedoch durch das Ecrasit verdrängt.

Da die Sprenggelatine nur um etwas kräftiger als Kieselguhr-Dynamit Nr. I (früheres Kriegssprengmittel, zugleich Handelsproduct) ist, so wäre die Angabe der etwa dreimal so grossen Wirkung von Sprenggelatine gegenüber von Kieselguhr-Dynamit Nr. I, Neu-Dynamit Nr. I oder Cellulose-Dynamit Nr. I (letztere beiden sind gleichfalls zwei verschiedene Sprengmittel) zu corrigieren.

Wasser, bedarf sie bei Verwendung in letzterem keiner wasserdichten Umhüllung. Zur Entfaltung ihrer vollen Sprengkraft ist ein besonders kräftiger Initialimpuls nothwendig. Die im Bleicylinder ermittelte Brisanz wurde mit 1250 bis 1300  $cm^3$  festgestellt.

Gelatinedynamit Nr. I, aus 65% Sprenggelatine und 35% salpeterhaltigem Zumischpulver zusammengesetzt, bleibt in der Luft, besonders im patronierten Zustande praktisch genügend unverändert, wird jedoch im Wasser theilweise ausgelaugt. Die im Bleicylinder gemessene Brisanz beträgt 1100 bis 1200  $cm^3$ .

Kieselguhr-Dynamit Nr. I, aus 72% Nitroglycerin und 25% Kieselguhr (einem unverbrennbaren Producte) bestehend, erleidet im patronierten Zustande an der Luft keine Veränderung. Es ist praktisch genügend stabil, jedoch im Wasser scheidet das Sprengöl rasch aus. Die Brisanz ist mittels des Bleicylinders mit 1100 bis 1200  $cm^3$  ermittelt.

Alle genannten Sprengmittel frieren bei niederer Temperatur; das erstarrte Kieselguhr-Dynamit bedarf dann einer besonders kräftigen Initiierung.

Die für eine Bohrlochladung bestimmten Sprengmittelmengen wurden je nach dem Bohrlochdurchmesser in kleine Pakete formiert, mit Papier umwickelt und auf einen Bindfaden aufgefädelt, an dessen unterem Ende ein Querhölzchen als Widerhalt und ein Eisengewicht von 1.0 bis 2.0  $kg$  angebracht war. Zwischen je 2 bis 3 solcher Pakete Sprenggelatine oder Gelatinedynamit wurde ein Paket Kieselguhr-Dynamit eingeschaltet und derart 0.50  $m$  lange Ladungselemente gebildet. Jedes derselben sollte hiebei durch das erwähnte Eisengewicht besser in das Bohrloch hinabgezogen werden, in welches es sodann mittels hölzernen Ladestockes derart festgestampft wurde, dass die Ladung überall an der Bohrlochwandung anlag.

In gleicher Weise wurden die übrigen 0.50  $m$  langen Theilladungen zusammengesetzt und eingeführt, bis die Gesamtladung, welche das Bohrloch nahezu voll ausfüllte, eingebracht war.

Um den Sprengmeistern zu ermöglichen, die Bohrlochladungen stets richtig zu bestimmen, wurden ihnen (bei gegebener Vorgabe und bekannter Bohrlochtiefe) Ladungstabellen übergeben, aus denen für verschiedene Bohrlochtiefen die Anzahl der erforderlichen kleinen Pakete entnommen werden konnten.

Nach bewirktem Laden jedes einzelnen Bohrloches wurde schliesslich in dasselbe durch das Schutzrohr eine besondere Zündpatrone

mittels einer eigens gestalteten Gabel eingeführt.

Die Zündpatrone (Fig. 13) diente als Initialimpuls, bestand aus einer Blechbüchse mit konischem Boden und hatte 5.0 cm Durchmesser und 25.0 cm Länge. In dem unteren Theile war auf 17.0 cm Höhe 0.50 kg Dynamit *e* eingefüllt und in dieses der elektrische Minenzünder *a* eingesetzt, während eine aus Unschlitt und Pech bestehende Dichtungsmasse *f* den oberen (8.0 cm hohen) wasserdichten Abschluss bildete. Drei aussen angelöthete stählerne Klammern *l* fixierten die Zündpatrone im Bohrloche und verhinderten das Herausreißen derselben durch die auf den Guttaperchadraht *b* drückende Wasserströmung. Die Verbindung des Zünders mit dem Guttaperchadraht (Hauptleitung) erfolgte durch eine Muffe *c* aus Dachpappe; als Rückleitung wurde zumeist ein blanker Kupferdraht *d* verwendet; der Guttaperchadraht war endlich an den Messingbügel *g* der Blechbüchse mit Bindfaden *h* befestigt.

Als elektrische Zünder wurden anfangs Funkenzünder, später Glühzünder mit 2 *g* Sprengkapseln verwendet, welche — weil im Innern der vollkommen abgedichteten Zündpatronen-Büchse eingeschlossen — gar keinem Wasserdrucke ausgesetzt waren.

Ein besonderer Bohrlochbesatz kam selbstverständlich nicht zur Anwendung, denn diesen besorgte ohnehin das Wasser.

Fig. 13.

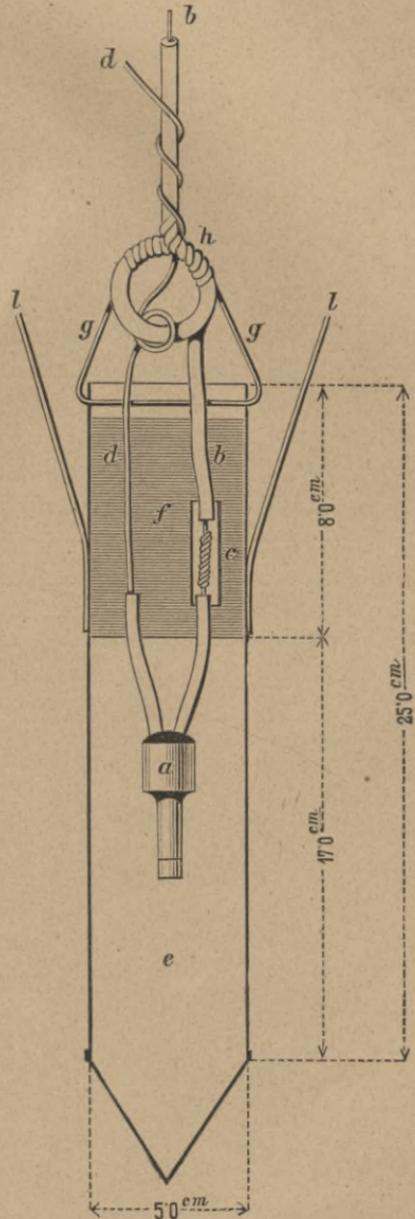
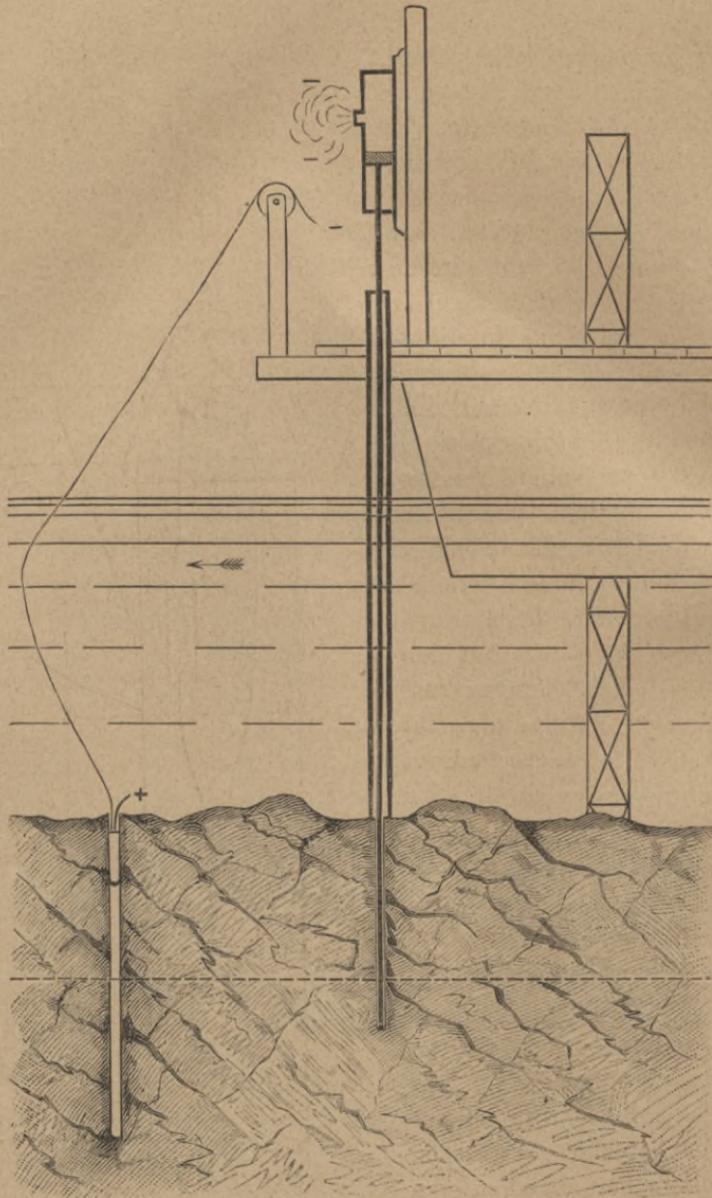


Fig. 14.



War die Zündpatrone in das Bohrloch eingeführt, beziehungsweise auf die Sprengladung aufgesetzt — was ohne Gefahr geschehen konnte<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Die Angabe in dem Werke des Sectionsrathes B. v. Gonda (Seite 188), dass die Einführung der Zündpatrone wegen des darin befindlichen elektrischen

— so wurde der 1·2 *cm* weite Schlitz des Schutzrohres oben geöffnet, letzteres in die Höhe gezogen, wobei die Wasserströmung die Leitungsdrähte durch den Schlitz stromabwärts herauspülte, sodann diese Zündleitungen über eine Rolle (Fig. 14) zunächst kurz gefasst, am Bohrschiffe befestigt und so der Bohrschuss vollkommen zum Abthun vorbereitet.

Schliesslich wurde das Schutzrohr sammt Bohrerfuss gehoben und sodann der Bohrerwagen zur nächsten Bohrlochanlage geführt.

Beim Laden der Bohrlöcher selbst zeigten sich keine wesentlichen Schwierigkeiten, doch bezüglich der Art der Ausführung derselben sei Folgendes bemerkt.

Nach den Mittheilungen des Ingenieurs G. Rupčić erfolgte die Einschaltung von Kieselguhr-Paketen zwischen Sprenggelatine oder Gelatinedynamit-Patronenpaketen in den einzelnen Ladungselementen zum Zwecke einer sicheren Explosionsübertragung. Die Unternehmung gieng in dieser Beziehung so weit, dass sie später auch in den anderen Sprengmittelpaketen 1·0 *cm* dicke Dynamitkerne einsetzte, so dass das Kieselguhr-Dynamit durch die ganze Ladung vertheilt war.

Diese Massnahme wäre bei richtiger Construction der Zündpatrone, welche eine sichere Detonationseinleitung verbürgt hätte, ganz überflüssig gewesen; sie complicierte nur die Anfertigung der Ladungselemente.

Weiters hatten die Bohrlöcher zu geringe Durchmesser, weshalb die Ladungen in denselben die erfahrungsgemäss zulässige halbe Bohrlochtiefe weit überragten, wodurch die Wirkungen der Bohrschüsse wesentlich beeinträchtigt wurden.<sup>1)</sup>

---

Zünders eine ausserordentliche heikle und nicht ungefährliche Arbeit war, und der Umstand, dass hiebei sogar Unglücksfälle vorgekommen sein sollen, ist nur auf mangelhafte Abdichtung der Zündpatronen oder auf zu starkes Spannen der Leitungsdrähte zurückzuführen. Ist die Zündpatrone solide erzeugt, so ist auch der in derselben eingesetzte Zünder gegen Wasserdruck vollkommen geschützt; und durch gute Befestigung der Leitungsdrähte an dem Messingbügel wird jeder Zug am Zünder verhindert, weshalb auch das Einführen ganz gefahrlos erfolgen kann.

<sup>1)</sup> Ingenieur G. Rupčić erwähnt bei Beschreibung von „Grösse und Lage der Bohrlöcher“ (Seite 41), dass die Bohrerköpfe 6·0, 7·0 und 7·5 *cm* Durchmesser hatten, womit erfahrungsgemäss um 1·0 bis 2·0 *cm* weitere Bohrlöcher erhalten werden. In dem Abschnitte „Der Sprengstoff“ (Seite 38) wird hingegen die Bohrlochweite mit nur 5·0 bis 6·0 *cm* Durchmesser angegeben. Im ersten Falle hätten

Auch muss der ganz ungenügende Schutz der Sprengmittelladungen gegen die Einwirkungen des Wassers hervorgehoben werden, und hätte namentlich das Kieselguhr-Dynamit, welches im Wasser sehr rasch das Nitroglycerin ausscheidet, in wasserdichte Umhüllungen laboriert werden sollen, weil die geladenen Bohrlöcher oft erst nach acht Stunden abgethan wurden.

Diese Unterlassung hatte wahrscheinlich auch zur Folge, dass Nitroglycerinausscheidungen eintraten, wodurch die Sprengmittelladungen wesentlich an Kraft einbüssten und es ist nicht ausgeschlossen, dass bei ungenügender Einpressung der Sprengmittel in die Bohrlöcher, längere Einwirkungen des stark strömenden Wassers ein gänzlich Auslegen des Präparates bewirkt und es ganz wirkungslos gemacht hat. Nur so lassen sich manche der vorgekommenen Versager erklären

Ebenso dürften auch die Versager bei den Zündpatronen<sup>1)</sup> auf dieselbe Ursache zurückzuführen sein, denn die angewendete Dichtungsmasse adheriert erfahrungsgemäss am Blech nicht besonders, so dass bei dem bedeutenden Drucke der 5·00 bis 7·00 *m* hohen Wasser-

---

sich in 8·0 oder 9·0 *cm* weiten Bohrlöchern noch genügend concentrirte Ladungen ergeben, wogegen bei solchen von nur 6·0 *cm* Durchmesser diese sehr langgestreckt ausfallen. Die angewendeten Ladungen sollen die Bohrlöcher auf Zweidrittheile und sogar bis auf 0·50 *m* unterhalb der Bohrlochmündung ausgefüllt haben.

Die Ansicht, dass die Bohrlöcher mindestens zwei Drittel mit Dynamit gefüllt werden müssen, um den ganzen Felsen gleichmässig in nicht zu grosse Stücke zu verkleinern (Seite 38), ist unrichtig. Das Verkleinern der Felsen hängt von der Grösse und nicht von der Höhe der Ladung ab; zu hohe (dünne) Ladungen verlieren gegenüber concentrirten Ladungen an Wirkung. Thatsächlich gelang es nicht, bei den Felsprengungen in der unteren Donau das Sprenggut möglichst verkleinert zu erhalten. — Es geht aus allen Publicationen hervor, dass die Bohrl Lochdurchmesser nicht immer der Ladung, beziehungsweise ihrer Höhe entsprechend ermittelt wurden; ja es scheint sogar oftmals nicht einmal die Sprengmittelmenge berechnet worden zu sein. Nach dem Werke des Sectionsrathes B. v. Gonda (Seite 214) füllte man die Bohrlöcher mit Gelatinedynamit ganz aus. Hiernach wäre das Berechnen der Ladungen vollständig unterlassen worden.

<sup>1)</sup> Am Jucz sollen bei den ersten Arbeiten etwa 700 Versager vorgekommen sein. Die Bauunternehmung verwendete daher später elektrische Minenzünder, welche in kleine gut verlöthete Zinkblechrichter eingesetzt und mit einer geschmolzenen Mischung von Talg und Kolophonium eingegossen wurden; weiters hat sie die sichere Zündung durch Einsetzen von zwei elektrischen Zündern in eine Zündpatrone erreichen wollen. Da jedoch die genannte Abdichtung der Zündpatronen unvollkommen, das Auslaugen der Dynamitladung sonach nicht verhindert war, kamen noch immer einzelne Versager vor.

massen die sechs bis acht Stunden unter Wasser belassenen Zündpatronen sehr leicht an Zündfähigkeit des elektrischen Zünders und an Explosionsfähigkeit der Sprengladung einbüßen konnte.

Zweckmässiger wäre die Abdichtung mittels Blechdeckels gewesen, durch welchen die Leitungsdrähte zu führen waren. In einer so geschlossenen und abgedichteten Zündpatrone wären Zünder und Sprengmittelladung vollkommen gegen die Einwirkungen des Wassers geschützt und somit Versager und Unglücksfälle ausgeschlossen gewesen.

c) Zünden der Bohrlochladungen. — Sobald sämtliche von einer Schiffsaufstellung hergestellten Bohrlöcher vollkommen geladen waren, wurde das Bohrschiff — nach Anhub der Schiffsfüsse — wieder ganz zu Wasser gelassen und etwa 20·00 *m* stromaufwärts verholt, wobei sich die Leitungsdrähte der Zündpatronen abwickelten.

Diese Drähte hat man sodann entsprechend sowohl untereinander als auch mit dem Zündapparate verbunden und endlich die gleichzeitige Zündung der in den Stromkreis eingeschalteten Bohrlochladungen, und zwar anfangs mittels reibungselektrischen, später mit galvanischen und schliesslich mit elektrodynamischen Zündapparaten bewirkt.

α) Zündapparate. — Für die reibungselektrische Zündung verwendete die Unternehmung einscheibige Reibungszündapparate mit 5 *mm* Funkenlänge, welche auf den Schiffen gegen Feuchtigkeit und Temperaturwechsel gut geschützt sich als zuverlässig, dauerhaft und sehr handlich erwiesen haben.

Für die galvanische Zündung wurden eigene Batterien zusammengestellt.<sup>1)</sup>

Bei der elektrodynamischen Zündung endlich konnten die auf den Arbeitsschiffen zur elektrischen Beleuchtung etablierten Dynamomaschinen benützt werden.

β) Leitung. — Für die beiden ersten Zündarten kamen zuerst 0·8 bis 1·0 *mm* dicke, mit Guttapercha doppelt ungesprengte Kupferdrähte und flache (bandartige) Kabel mit zwei isolierten Kupfer-

---

<sup>1)</sup> Welche Gattung und wie viele galvanische Elemente zur Zusammenstellung der Batterie genommen wurden, konnte ich nicht erheben.

drähten (Hin- und Rückleitung) nebeneinander zur Verwendung, welche aber nicht vollkommen entsprochen haben, weil die Gut-taperchahülle durch das Streifen am Felsboden sehr bald beschädigt wurde.

Diese Leitungen waren selbstverständlich ganz ungenügend für die mit 100 Volt arbeitenden Dynamomaschinen, für welche als Zündleitung 7·0 mm dicke, sieben- bis neunlitzige Kupferkabel von 150 kg Zugfestigkeit benützt werden mussten, welche mit Gummi isoliert, von 19 feinen Stahldrähten umspinnen und mit einer in wasserdichter Isoliermasse getränkten Garnumspinnung versehen waren.

Da viele Leitungsdrähte bei grossen reibungselektrischen oder galvanischen Zündungsanlagen sich in reissendem Wasser sehr leicht verwickeln und beschädigen, so empfahl es sich, bei den Regulierungsarbeiten in der unteren Donau Kabel mit zwei voneinander sehr gut isolierten Drähten zu verwenden und dadurch die Zahl der Leitungen auf die Hälfte herabzumindern.

Da weiters bei sehr langen Leitungen ein Ausgleich der beiden Elektricitäten stattfindet, welcher sich noch steigert, wenn mehrere solcher Kabel nahe nebeneinander liegen,<sup>1)</sup> so soll, um dies und eventuelle Nebenzündungen zu verhindern, einerseits der Zündherd möglichst nahe von der Sprengstelle angelegt, andererseits ein genügend kräftiger Zündapparat angewendet werden, um nicht nur die grossen Leitungswiderstände überwinden, sondern auch alle Bohrlochladungen verlässlich gleichzeitig zünden zu können.

Bei reibungselektrischen Zündungsanlagen muss überdies vorgesorgt werden, dass Zündungen durch Einwirkung atmosphärischer Elektrizität unmöglich sind.<sup>2)</sup>

Am einfachsten geschieht dies durch Vereinigung der zunächst des Zündherdes befindlichen freien Drahtenden der zu jedem Bohrschusse führenden Leitungen bis zum Augenblicke der Zündung, weil dann die Entstehung elektrischer Spannung ausgeschlossen ist.

---

<sup>1)</sup> Kabel mit nur einer Drahtleitung sollen 1·00 m voneinander entfernt geführt werden.

<sup>2)</sup> Im Jahre 1863 wurden sieben zur Unterbrechung der Strasse Cattarobudua angelegte Minen (für deren gleichzeitige Entzündung elektrische Zündleitungen zu den 240·00 m entfernten Zündherd geführt waren) durch ein schweres Gewitter zur Explosion gebracht, welcher Fall sich nach Wiederherstellung dieser Strassen-Minenanlage im Jahre 1866 wiederholte.

Bei galvanischen und elektrodynamischen Zündungsanlagen ist eine solche Vorsicht selbstverständlich nicht nothwendig.

Die bei Durchführung der submarinen Felssprengungen in der unteren Donau vorgekommenen vorzeitigen Explosionen sind nur auf Verabsäumung dieser Vorsichtsmassregeln zurückzuführen, denn die Unternehmung hat blos die Guttaperchadrähte und Guttaperchakabel vor ihrem Gebrauche jedesmal auf übliche Weise, bezüglich ihrer Isolierungsfähigkeit geprüft, um der sicheren Zündung der Ladungen im gegebenen Augenblicke gewiss zu sein, die anderen Momente aber nicht berücksichtigt.

γ) Zünder. — Bei der reibungselektrischen Zündung kamen Spalt-, für die galvanische und elektrodynamische Zündung Glühzünder zur Verwendung.

Die Spaltzünder waren submarine Minenzünder (Fig. 15) mit 2·0 grammigen Sprengkapseln.<sup>1)</sup> — In dem aus einer harten Gussmasse bestehenden Zünderkörper *a* waren das Satzröhrchen *b* und die beiden Guttaperchadrähte 1, 2 und 2, 3 derart festgelagert, dass die beiden Drahtenden in bestimmter Entfernung unverrückbar gegenüberstanden. Der in das Röhrchen eingebeutelte Zündsatz *c* bedeckte vollständig die 0·05 mm weite Drahtspalte, war mit einem Schiesspapierblättchen *d* bedeckt und an letzteres die zweigrammige Sprengkapsel *k* angeschoben. Den Abschluss des Zünder bildeten ein Pfropf *m* aus plastischer Masse und eine über das Satzröhrchen aufgeschobene Messingkappe, wodurch das Innere des Zünder gegen Feuchtigkeit praktisch vollkommen geschützt war. Die Guttaperchadrähte reichten 20·0 cm über den Zünderkörper heraus und ermöglichten leicht die rasche Herstellung der Verbindung mit den Hauptleitungen oder mit anderen Zündern einer elektrischen Zündungsanlage.

Fig. 15.

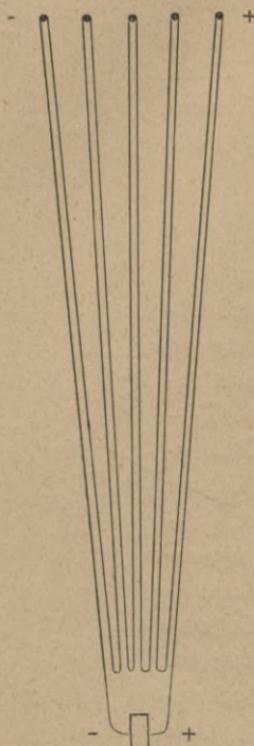


<sup>1)</sup> Beschrieben in meinem Werke: „Zerstörung von Felsen in Flüssen“ Wien, 1892. (Seite 105.)

Bei den analog construierten Glühzündern für galvanische oder elektrodynamische Zündungen waren die im Zünder mündenden Drahtenden durch einen dünnen, aufgelötheten Platindraht verbunden.

Solche Zünder durften bei 4·0 m Wassertiefe bloß zwei bis drei Stunden unter Wasser belassen werden, weil sie bei längerem Verbleiben ihre Zündfähigkeit einbüßten.

Fig. 16.



δ) Zündungsanlagen.<sup>1)</sup> — Wesentlich zum Gelingen einer elektrischen Zündung trägt die sachgemäss durchgeführte Zündungsanlage bei, d. i. die richtige Anordnung des Zündapparates, der Leitung und der Zünder, sowie die solide Verbindung derselben untereinander.

Nicht uninteressant ist es, die Massnahmen der Bauunternehmer zu verfolgen, welche bei den Felssprengungen in der unteren Donau vor die Aufgabe gestellt waren, eine gewisse Anzahl, in Entfernungen von 2·00 m nebeneinander angelegte Bohrschüsse (10 bis 22) sicher und gleichzeitig abzuthun.

Anfangs wurde als dem Zwecke am besten entsprechend die reibungselektrische Zündung, u. zw. ein reibungselektrischer Zündapparat mit Hartgummischeiben, gut isolierte Guttaperchadrähte und die früher beschriebenen submarinen Spaltzünder verwendet.

Von jeder Bohrlochladung führten je zwei etwa 100·0 m lange Guttaperchadrähte bis zu dem am Bohrschiffe aufgestellten Zündapparate, so dass bei einer Reihe von zehn Bohrlöchern 20 solcher Drähte hinter dem Schiffe in den Strom hiengen.

Zum Zünden wurden die einzelnen Guttaperchadrähte entsprechend untereinander und mit dem Zündapparate verbunden, wodurch die elektrischen Zünder der Bohrlochladungen hintereinander geschaltet (Kreisschaltung) waren. (Fig. 16.)

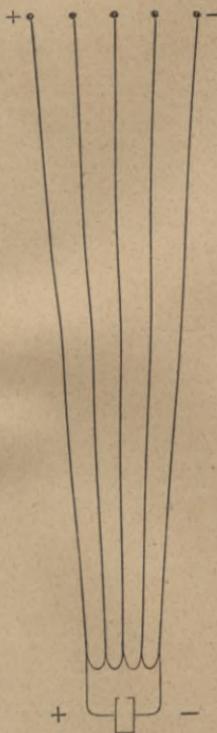
Diese vielen Leitungen verwickelten sich nicht selten derart, dass sie kaum entwirrt werden konnten, und erlitten sowohl hiebei als

<sup>1)</sup> Nach Mittheilungen des Ingenieurs G. Rupčić zusammengestellt.

auch durch die scharfen Kanten des Felsgrundes derartige Beschädigungen an der Isolierung, dass ein tadelloses Functionieren der Zündungsanlagen fraglich wurde.

Die Unternehmung verwendete daher bei den weiteren Sprengungen statt der Guttaperchadrähte bandförmige Doppelkabel (mit vereinigter Hin- und Rückleitung).

Fig. 17.



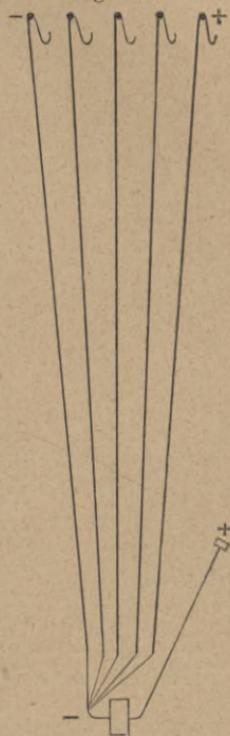
Die Zündungsanlage ist in Fig. 17 schematisch dargestellt.

Auch bei Verwendung dieser Doppelkabel blieben viele Bohrschüsse sitzen, weil die Leitungen zu wenig steif waren, im Wasser stark gedreht wurden und deren Hülle zu leicht beschädigt werden konnte.

Statt nun bessere Drahtkabel zu verwenden, versuchte die Unternehmung eine andere Zündungsanlage, weil sie die Versager nicht dem ungenügenden Doppelkabel zuschrieb, sondern die Ansicht hatte, dass bei dem grossen Wasserdrucke Reibungselektricität mit so hoher Spannung überhaupt nicht in Doppelkabel weiter geleitet werden könne.

Aus diesem Grunde und um gefährliche Spannungen und Ausgleichs der Elektricität zu verhinder-

Fig. 18.

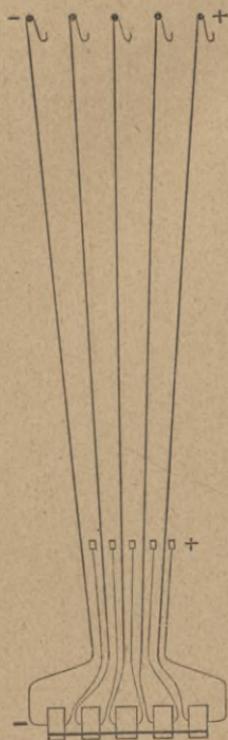


nen, wurde sodann (Fig. 18) von jedem Bohrloche eine isolierte Hauptleitung zum Bohrschiffe geführt, wobei als Rückleitung das Wasser diente.

Da jedoch die Verwendung des Wassers zur Rückleitung nur dann zulässig ist, wenn sich keine zweite elektrische Zündungsanlage in der Nähe befindet (wäre dies der Fall, so müsste der Abstand beider erfahrungsgemäss wenigstens 10·00 m betragen), hier aber 10 bis 22 derartige Zündungsanlagen nur je 2·00 m voneinander entfernt waren, so konnten beim successiven Abthun der Bohrschüsse durch

die Entladungswelle unter Umständen genügend starke Inductionsströme in den Nachbarleitungen hervorgerufen und hiedurch Nebenzündungen veranlasst werden; ja selbst die hohen elektrischen Spannungen der atmosphärischen Electricität bei Gewittern hätten vorzeitige Zündungen durch Induction zur Folge haben können.<sup>1)</sup>

Fig. 19.



Auch der Versuch, die gleichzeitige Explosion aller mit isolierter Hin- und mit Wasser als Rückleitung versehenen Bohrlochladungen dadurch zu erreichen, dass alle Hauptleitungen in eine Drahtader vereinigt und diese mit dem negativen Pol des Zündapparates in Contact gebracht wurden, während vom positiven Pol nur eine metallische Leitung ins Wasser führte (Fig. 18), missglückte, denn schon bei Sprengungen, wo nur zehn negative Drahtleitungen strahlenförmig in eine Leitung vereinigt waren, giengen höchstens vier bis sechs Bohrschüsse los.

Dessenungeachtet wurde diese Zündungsanlage beibehalten (angeblich weil die Reibungszündapparate mit den Spaltzündern grosse Vortheile boten), und versuchten die Unternehmer, den Nachtheil der Reibungselectricität — ihre Untheilbarkeit — dadurch zu umgehen, dass sie so viele Zündapparate anordneten, als Bohrschüsse abzu thun waren.

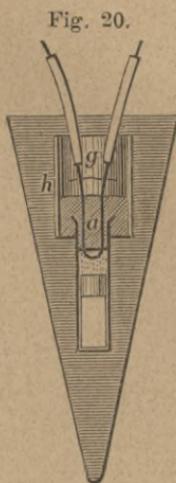
Es kam daher vor, dass auf einem Bohrschiffe zwölf Zündapparate standen, welche durch eine gemeinschaftliche Kurbel angetrieben und deren Taster mit einer pneumatischen Leitung in solche Verbindung gebracht wurden, dass durch einen einzigen Druck alle Zündapparate gleichzeitig zur Entladung kamen (Fig. 19), beziehungsweise die Zündung aller Ladungen momentan erfolgte.

<sup>1)</sup> Bei Durchführung der Sprengversuche in der unteren Donau im Jahre 1883 mit der österreichischen Fels-Sprengmethode wurde jede Sprengladung einzeln durch reibungselektrische Zündung zur Explosion gebracht, wobei nur die Hauptleitung aus Guttaperchadraht bestand, während die Rückleitung das Wasser vermittelte. Um etwaige vorzeitige Explosionen der am Sprengschiffe deponierten, adjustierten Ladungen durch Nebenzündungen zu verhindern, wurde die übertriebene Vorsicht angewendet, das Holzgestell, in welchem die Ladungen

Obwohl dies auf viel einfachere Art, mit einem einzigen Zündapparat verlässlicher zu erreichen ist, haben verschiedene Publicationen diese Massnahme doch als höchst sinnreich bezeichnet.

Die Resultate waren auch im allgemeinen bessere, die einfachen Kabel entsprachen, allein der zu behebende Nachtheil blieb, denn vorzeitige Zündungen durch Inductionsströme traten noch immer auf, und ihm gesellte sich unerwartet ein neuer Übelstand zu.

Es erfolgten nämlich vorzeitige Explosionen, wenn eine Anzahl Bohrschüsse zum Abthun bereit stand, während noch in derselben oder rückwärtigen Reihe weitere Bohrlöcher gebohrt wurden. Anfänglich glaubten die Unternehmer, dass dieselben durch die Bohrarbeit veranlasst wurden, nach längerer Zeit (Ende 1894) kam man jedoch darauf, dass der auspuffende Dampf der Bohrmaschine, bei Mitwirkung dafür günstiger Bedingungen, an windstillen Tagen die das ganze Bohrschiff umgebende Luft mit positiver Electricität erfüllt, während die negative Electricität von der Bohrstange in den Boden abgeleitet wurde. Da nun bei Herstellung der zweiten Reihe Bohrlöcher die freien Kabelenden der schon geladenen Bohrlöcher mit der positiven atmosphärischen Electricität in Verbindung waren und die andere Electricität durch das Wasser vermittelt wurde, so führte auch dieser Umstand Frühzündungen herbei, welchen jedesmal ein Bohrschiff und überdies viele Menschenleben zum Opfer fielen.<sup>1)</sup>



aufbewahrt waren, auf Flaschen am nassen Schiffsboden isoliert zu stellen und überdies das freie (+) Guttaperchadrahtende einer jeden Ladung mit dem vorstehenden (—) Messingdraht des bezüglichen Minenzünders zu verbinden. Um von dieser Massnahme Umgang nehmen zu können, wurde bei den Versuchsprengungen in der unteren Donau im Jahre 1898 zur Entzündung der Sprengladung statt der reibungselektrischen, die Frictionszündung gewählt.

<sup>1)</sup> Nach dem Werke des k. ung. Sectionsrathes B. v. Gonda hatten vom Beginn der Arbeit bis Ende des Jahres 1895 zum Theil durch Explosion, zum Theil durch Ertrinken 84 Menschen den Tod gefunden, die oft auf das ganze Leben auswirkenden schweren und gefährlichen körperlichen Verletzungen gar nicht mitgerechnet.

Durch vorzeitige Explosionen allein sollen 14 Arbeiter getödtet, 18 schwer und 21 leicht verwundet worden sein.

Um nun solche unvorhergesehene Explosionen unmöglich zu machen, liess die Unternehmung durch ihren Elektrotechniker einen Sicherheitszünder (Fig. 20) construieren.<sup>1)</sup>

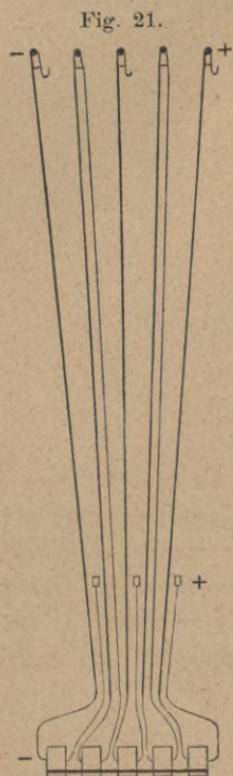
Von den submarinen Spaltzündern (Fig. 15) wurde ein Theil des Zünderkörpers *a* entfernt, um die Guttaperchadrähte blosslegen und durch einen eingelötheten Platindraht *g* verbinden zu können.

Über den Zünderkörper wurde dann ein Papiercylinder *h* angebracht, dieser oben geschlossen, damit die Platinverbindung nicht alteriert werde, und schliesslich der ganze Zünder wie gewöhnlich eingeschmolzen.

Durch den Platindraht wurde ein Kurzschluss im Zünder bewirkt, der den Ausgleich aller elektrischen Spannungen in der Leitung zur Folge hatte.

Um also die mit solchen Sicherheitszündern versehenen Bohrlochladungen abthun zu können, waren zuerst die Platindrähte mittels einer Dynamomaschine abzuschmelzen und dann die eigentliche Zündung mittels Reibungszündapparat vorzunehmen.

Da überdies, um das Abschmelzen der Platindrähte zu sichern, wenigstens für je zwei Nachbarminen ein blanker Rückleitungsdraht angeordnet werden musste (Fig. 21), so complicierte sich die ganze Anlage, behob jedoch die Übelstände der Zündungsanlage ohne Sicherheitszünder (Fig. 19) nicht.



Es darf aber auch nicht befremden, dass z. B. die frei herabhängenden 22 isolierten Hin- und 11 blanken Rückleitungsdrähte der beim Bohrschiff Nr. VII in der Stromrichtung nebeneinander angeordneten 22 Bohrschüsse sich oft zu einem kaum entwirrbaren Knäuel verwickelten u. dgl. m.

Wesentlich geringeren Schwierigkeiten begegnete die Zündungsanlage bei den Bohrschiffen, welche die Bohrmaschinen am Steuer

<sup>1)</sup> Dies war im December 1894, zu welcher Zeit, infolge der vielen Unglücksfälle bei den Felssprengungen, die Nacharbeit eingestellt wurde, weil zur Nachtzeit eine Rettung Verunglückter geradezu unmöglich gewesen wäre. Durch Annahme des Sicherheitszünders hoffte man die Unglücksfälle zu verhindern und die Nacharbeit wieder aufnehmen zu können. Ich hätte dieses Zünders nicht erwähnt, wenn ihn nicht Ingenieur G. Rupčić besonders beschrieben hätte.

aufmontiert hatten, weil hier die Leitungsdrähte von der Wasserströmung parallel nebeneinander gehalten wurden.

Immer kamen jedoch trotz aller Vorsicht viele Versager vor und liess die ausserordentliche Umständlichkeit dieses Verfahrens, sowie die complicierte Zünderconstruction befürchten, dass die vielen kleinteiligen Arbeiten nicht immer mit jener peinlichen Gewissenhaftigkeit ausgeführt werden, welche allein den sicheren Erfolg der Zündung verbürgen, weshalb die Unternehmer schon nach wenigen Monaten einen einfacheren und verlässlicheren Vorgang als nothwendig erkannten.

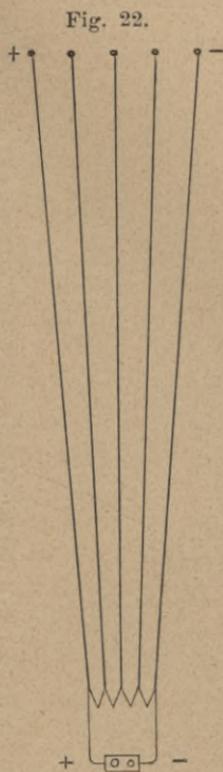
Zunächst wurden Parallelversuche mit Glühzündern angestellt, welche auf galvanischem Wege zur Entzündung gebracht werden sollten.

Die Bauunternehmung war gegen die galvanische Zündung eingenommen. Bei dem Versuche wurden zehn Minen mit Glühzündern versehen, hintereinander geschaltet (Kreisschaltung), die beiden Endleitungen mit den Polen einer galvanischen Batterie verbunden und alle Minen auf einmal abgefeuert. (Fig. 22.)

Hiebei blieben stets einzelne Minen sitzen, angeblich, weil die zum Glühen zu bringenden Platindrähte nicht von gleicher Beschaffenheit und Dicke, die Zünder also verschieden empfindlich waren, so dass einzelne früher explodierende Ladungen die benachbarten Leitungen zerstörten.

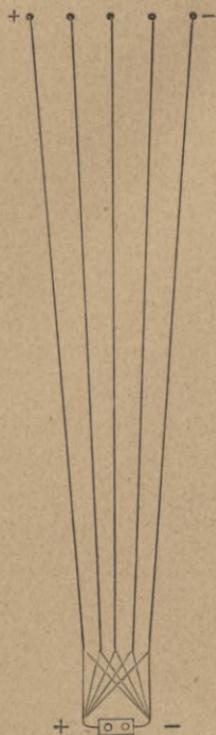
Die Hauptursache der Versager waren jedoch in erster Linie die fehlerhafte Schaltung der Zünder, denn für Glühzündungen werden die Zünder am zweckmässigsten nebeneinander geschaltet (Parallelschaltung), wobei alle positiven und alle negativen Leitungen, in Bündel vereinigt, dem Zünderherde zugeführt werden, wie dies in Fig. 23 dargestellt ist.

Auf diese Weise haben die vom Jahre 1891 bis 1895 seitens der Unternehmung durchgeführten Versuche kein positives Resultat ergeben und fand die Frage der anzuwendenden Zündmethode erst im März 1895 ihre endgiltige Lösung, als Sachverständige die Ansicht aussprachen, dass mit Rücksicht auf die Ausrüstung der Bohrschiffe mit Dynamomaschinen es am zweckmässigsten wäre, letztere zum



Zünden zu verwenden und die auf gleichen Widerstand geprüften Glühzünder nicht hinter-, sondern nebeneinander zu schalten, indem die vereinigten positiven und vereinigten negativen Leitungsdrähte den Polen der Dynamomaschinen zugeführt werden, wodurch jede Mine direct gezündet wurde.

Fig. 23.



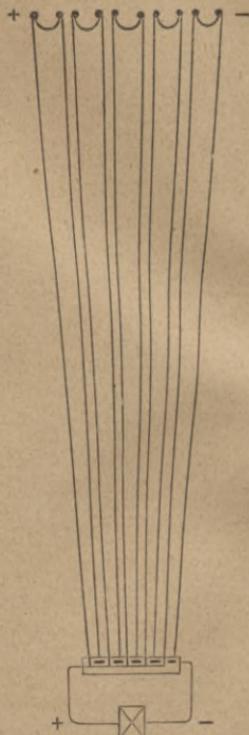
Die Zündungsanlage wäre also nach Fig. 23 durchzuführen gewesen; die Unternehmung nahm jedoch die Schaltung nach Fig. 24 vor, was einen doppelt so grossen Bedarf an Leitungsmateriale zur Folge hatte.

Selbstverständlich bedingte die Einführung der elektrodynamischen Zündmethode stärkere Leitungsdrähte und nur Glühzünder mit gleichen Widerständen.

Von letzteren waren in jeder Zündpatrone je zwei eingesetzt, nacheinander (somit fehlerhaft) geschaltet und mit den 7 mm dicken, auf das Bohrschiff führenden Kabelleitungen verbunden.

Am Bohrschiffe wurden sodann alle zu gesonderten Bündeln vereinigten positiven und negativen Leitungen an

Fig. 24.



Kupferdrähten befestigt, deren Querschnitt der Summe jener aller vereinigten Kabel gleich war. Nach Einschaltung dieser Kupferdrähte in die Dynamomaschine erfolgte die gleichzeitige Zündung aller Minen.

Mit Annahme dieser einfachen und verlässlichen Zündmethode hörten endlich die vorzeitigen Explosionen auf.

Zur Herstellung einer Gruppe von Bohrschüssen waren ungefähr acht Stunden (während welcher Zeit die einzelnen Zündungsanlagen den Wirkungen des Wassers ausgesetzt blieben) nothwendig, es konnte jedes Bohrschiff daher — bei normalen Verhältnissen — täglich nur drei Gruppen von Bohrschüssen abthun.

Überblickt man diese Reihe langjähriger Versuche, so befremdet den Fachmann zunächst der Umstand, dass bei Einleitung und Durchführung derselben die Erfahrungen der Sprengtechnik ganz unberücksichtigt blieben.

Speziell ist das Wesen und die Durchführungsart der Funkenzündung hochgespannter Reibungselektricität schon so lange mit allen seinen Mängeln und Vorzügen bekannt, dass Versuche in dieser Beziehung nur alte Erfahrungen bestätigen konnten. Und gerade diese schon seit dem Jahre 1858 bei der bestandenen k. u. k. Genietruppe zum Zünden von Kriegsminen jeder Art normierte und vielseitig erprobte Zündmethode, über deren Princip und Details Dienstbücher, Broschüren, Handbücher, sowie militär- und civiltechnische Fachschriften vollen Aufschluss gaben, eignete sich in ganz besonderer Weise für die durchzuführenden Sprengungen (bei Anwendung der in Fig. 16 dargestellten Zündungsanlage), denn die bezüglichen Zündapparate liefern elektrische Ströme von sehr hoher Spannung und geringer Intensität, welche bedeutende Leitungswiderstände — sehr zahlreiche kleine Unterbrechungen — zu überwinden vermögen, während hier blos 10 bis 22 Minen<sup>1)</sup> auf ungefähr 100·00 *m* Entfernung gleichzeitig zu zünden waren.

Die Ursache der Versager lag lediglich in schlechter Abdichtung der Zündpatrone und ungenügender Qualität der Kabel.<sup>2)</sup>

Die später versuchten Zündungsanlagen (nach Fig. 18, 19 und 21), bei welchen die Zahl der im Wasser hängenden Leitungen durch Verwendung des Wassers als Rückleitung vermindert werden sollte, waren bei der geringen Entfernung (2·00 *m*) der Bohrschüsse ganz unzulässig, da sie die Gefahr von Nebenzündungen mit in Kauf nehmen mussten.

Der Sicherheitszünder bot ebenfalls keine volle Gewähr zur Verhinderung zufälliger Explosionen; wollte man aber die 22 Platindrähte desselben mit den Dynamomaschinen der Bohrschiffe abschmelzen, dann konnten mit derselben Arbeitsleistung doch auch ebensoviele

---

<sup>1)</sup> Die k. u. k. technischen Truppen sind mit reibungselektrischen Feldzündapparaten ausgerüstet, mit welchen sie 80 Funkenzünder bei 700·00 *m* langer isolierter Hin- und 700·00 *m* Wasserrückleitung verlässlich gleichzeitig zu zünden vermögen.

<sup>2)</sup> Ingenieur E. E. Gilbert verwendete bei den Felssprengungen im St. Lorenzostrome Baumwollkabel von Hooper, wie dies in meinem Aufsätze: „Zerstörung von Felsen in Flüssen“ — Wien, 1892, angegeben ist (Seite 12).

Glühzünder zur Explosion gebracht werden, daher es aus den bisherigen Mittheilungen nicht einleuchtet, warum überhaupt noch reibungselektrische Zündapparate in Verwendung blieben.

Dass die Vorsorge gegen vorzeitige Zündungen durch atmosphärische Elektrizität nicht hätte verabsäumt werden sollen, wurde bereits erwähnt. Durch Vereinigung der freien Enden der isolierten Leitungsdrähte einer Bohrladung war dies bei den nach Fig. 16 oder Fig. 17 hergestellten Zündungsanlagen in einfacher Weise verlässlich zu erreichen; während bei den Zündungsanlagen mit Wasser als Rückleitung (Fig. 18, 19 und 21) jede einfache Abhilfe ausgeschlossen ist.

Ebenso wären durch die erwähnten Massnahmen Nebenzündungen ausgeschlossen gewesen.

Die galvanische Zündmethode ist für die Zündung vieler Bohrlochladungen von einem Schiffe aus nicht praktisch geeignet.

Der erzeugte galvanische Strom hat grosse Intensität, aber nur geringe Spannung, weshalb die Leitungsdrähte und Zünder möglichst wenig Widerstand bieten dürfen, damit günstige Zündeffekte erzielt werden.

Schon für die gleichzeitige Zündung von zehn bis zwölf Sprengladungen ist es kaum mehr möglich, eine halbwegs handsame Zündbatterie zusammenzustellen, selbst wenn man hiefür Elemente wählt, die bei kleinen Ausmassen intensive elektrische Ströme erzeugen, welche Forderung die Anwendung starker Säuren bedingt, was die Manipulation mit den Batterien erschwert.

Nebst diesen Übelständen kommt auch noch die Schwierigkeit der Erzeugung von Glühzündern mit thunlichst gleichen Widerständen, ohne welche eine gleichzeitige Zündung unmöglich wird, in Betracht zu ziehen.

Für die Anwendung der dynamoelektrischen Zündmethode<sup>1)</sup> sprach der Umstand, dass jedes Bohrschiff bereits mit einer Dynamomaschine ausgerüstet war, und es lag daher nahe, letztere auch zum Zünden der Minen zu verwenden.

Eigens für diesen Zweck dynamoelektrische Zündapparate anzuschaffen, wäre bei der damaligen Unvollkommenheit, dem grossen Gewicht und der ungenügenden Leistungsfähigkeit derselben nicht

---

<sup>1)</sup> Schon die Ingenieure Fontan und Todesco haben bei ihren Felssprengungen unter Wasser diese Zündmethode angewendet. Siehe meinen Aufsatz: „Zerstören von Felsen in Flüssen“. Wien, 1892. (Seite 69.)

zweckmässig gewesen. Die Annahme dieser Zündmethode bedingte die Verwendung starker Kabelleitungen und äusserst empfindlicher Zünder.

Heutzutage wo die dynamoelektrische Zündung häufigere Anwendung findet, hiefür handsamere Zündmaschinen und geeigneterer Zünder hergestellt werden, empfiehlt sich dieselbe auch für Sprengungen unter Wasser, umsomehr als ihre Leitungsdrähte keiner besonders sorgfältigen Isolierung bedürfen.

d) Entfernen des Sprenggutes. — Bei Beseitigung von Felspartien unter Wasser muss — wie bereits früher hervorgehoben wurde — in erster Linie die Erlangung eines leicht baggerfähigen Schuttmaterials angestrebt werden; es fallen dann zeitraubende Nacharbeiten weg und begegnet das Baggern keinen Schwierigkeiten, auch wird ein Theil des Baggergutes durch die Wasserströmung fortgeschwemmt und in tieferen Partien des Strombettes abgelagert.

In den Stromschnellen der unteren Donau hätte der so bedeutende Stoss des Wassers einen grossen Theil dieser Sohlenregulierung bei nur halbwegs genügender Verkleinerung des Abraumes bewirkt; da aber bei dem beschriebenen Arbeitsvorgange die Entfernungen der Bohrschüsse untereinander zu gross, die Sprengladungen zu klein und überdies sehr langgestreckt waren, auch der Schutz derselben gegen Auswaschungen, sowie die Abdichtung der Zündpatronen nicht entsprachen, so reichten auch die Wirkungen der Bohrschüsse, theils weil ihre Sprengungssphären zu wenig ineinander gegriffen haben, theils weil das Sprengmittel an Kraft einbüsste und viele Versager vorkamen, eben nur hin, um den Felsgrund zu zerreißen und zu zerklüften, nicht aber um ein leicht baggerfähiges Sprenggut zu liefern.

Da das Baggern überdies erst zu einem späteren Zeitpunkte vorgenommen wurde, so waren die Risse und Klüfte bald wieder mit Schotter und Schwemmmaterial vollgefüllt, so dass die grossen, zwischen einander und den Spitzkegeln verklemmten Felstrümmer selbst mit schweren Greiferbaggern nicht gefasst und gehoben werden konnten, daher erneuert zertrümmert werden mussten.

Mit welchen grossen Schwierigkeiten das Baggern verbunden war, hat Sectionsrath E. v. Wallandt in seinem in der Vollversammlung des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines

gehaltenen Vortrage<sup>1)</sup> besonders geschildert. Er sagte hierüber Folgendes: „In der ersten Zeit der Arbeiten wurde von der Bauunternehmung die Lockerung des Felsgrundes nur auf 20 bis 30 *cm* tiefer als die projectierte Canalsohle ausgeführt. Die Folge war, dass, als der Bagger in Thätigkeit gesetzt wurde, die Greifer des Baggers im gewachsenen Felsen hängen blieben und nicht weiter arbeiten konnten.“

„Es musste also der Bagger entfernt, auf die fehlerhafte Stelle eine Fels-Lockerungsmaschine gestellt werden, und nachdem diese die mangelhaft gelockerte Stelle neuerdings bearbeitet hatte, konnte erst der Bagger zurückgestellt werden.“

„Dass diese Vorkommnisse die Arbeit ausserordentlich vertheueren, ist selbstverständlich, denn abgesehen davon, dass die Fels-Lockerungsmaschine, im ungünstigen Terrain arbeitend, nur eine geringe Leistung aufweisen konnte und anderwärts eine bessere Verwertung gehabt hätte, verursachte die wiederholte Einstellung der Arbeitsmaschine nicht nur Zeitverlust, sondern auch grosse Kosten, weil das Verankern einer Arbeitsmaschine — wobei der Hauptanker ein Gewicht von 2500 *kg* und die Lavieranker von 700 bis 800 *kg* hatten — ein bis zwei Tage in Anspruch nahm.“

Zur Entfernung des am Stromgrunde zertrümmerten Gesteins kamen sehr kräftige Baggermaschinen, u. zw. in erster Linie Eimer-, dann aber auch Löffel- und Greiferbagger zur Verwendung.

Die Massenarbeit besorgten die Eimerbagger, welche die grösste Leistungsfähigkeit besaßen, sehr stark construiert und deren Bagger-eimer, der felsigen Arbeit wegen, besonders verstärkt waren. Diese Arbeitsschiffe konnten bei niedrigem Wasserstande nicht an allen Stellen arbeiten und mussten statt derselben Löffelbagger verwendet werden.

Zum Heben einzelner, grösserer Felsblöcke (welche z. B. am Jucz bis zu 2·00 *m* Durchmesser vorkamen) standen Greiferbagger mit bis zu 1·80 *m*<sup>3</sup> fassenden Greiferklauen von verschiedener Form und Grösse, sowie Steinzangen im Gebrauche. Diese hatten keine feste Führung, mussten daher, an Ketten oder Drahtseilen frei hängend, mit geöffneten Klauen auf den Felsgrund fallen gelassen werden,

---

<sup>1)</sup> Siehe „Die Regulierungsarbeiten in der unteren Donau und deren Resultate“ vom k. ung. Ministerialrath E. v. Wallandt, veröffentlicht in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, XLIX. Jahrgang, 1879, Nr. 20 u. 21.

um das Baggergut zu fassen, was deren Leistungsfähigkeit in starker Strömung sehr nachtheilig beeinflusste.

Die Entfernung einzelner, über dem verlangten Sohlniveau verbliebener Spitzkegel bewirkten schliesslich sogenannte Universal-schiffe, welche die Einrichtung zum Auspeilen der Canalquerschnitte, sowie zum Wegmeisseln und zum Herausheben aller bei endgiltiger Prüfung der Canalaussprengung aufgefundenen Unebenheiten hatten.

Auch diese Arbeit nahm bei jeder Stromschnelle nicht unbedeutende Zeit in Anspruch.

**Arbeitsleistung.** — Die Arbeitsleistung der Bohrschiffe war anfangs weit geringer, als erwartet wurde, und erst nach wiederholten umfangreichen Reconstructionen der maschinellen Einrichtungen besserten sich dieselben. Auch beeinflussten insbesondere die Härte des Gesteins, die Grundbeschaffenheit und der jeweilige Wasserstand im hohen Masse die Leistungsfähigkeit der Bohraparate.

Nach dem Ausspruche des Sectionsrathes E. v. Wallandt arbeitete ein Bohrschiff erst dann mit Vortheil, wenn die Mächtigkeit der zu lockernden Felsschichte auf die ganze Breite des auszusprengenden Profiles mehr als 1.00 *m* betrug und war der continuierliche Baufortschritt von der entsprechenden Configuration des Flussgrundes abhängig. In letzterer Beziehung erwiesen sich jene Stellen, wo der Flussgrund tiefer lag, als die Sohle des herzustellenden Schiffsweges am ungünstigsten.

Seit Beginn der Arbeiten bis Ende December 1896 hatten die Bohrschiffe 50.459 Bohrschüsse abgethan und damit 156.842.00 *m*<sup>3</sup>, daher pro Bohrschuss 3.108 *m*<sup>3</sup> Felsen gelockert. Hiebei wurden an 3842 Tagen zu 20 Stunden gearbeitet, so dass sich die tägliche Arbeitsleistung von 13.13 Bohrschüssen mit 40.82 *m*<sup>3</sup> und die stündliche mit 2.04 *m*<sup>3</sup> Felslockerung ergab.

Mit diesen Angaben stimmen auch jene des Sectionsrathes B. v. Gonda ziemlich überein, welche als durchschnittliche Arbeitsleistungen für das Jahr 1893 veröffentlicht wurden.<sup>1)</sup>

Interessant wäre noch die Detailnachweisung der Durchschnittsleistungen auf den verschiedenen Arbeitsplätzen gewesen, um den

---

<sup>1)</sup> Die in dem Werke des Sectionsrathes B. v. Gonda angegebenen Arbeitsergebnisse der Jahre 1893 und 1894, in welchem ersterem Jahre die Bauunternehmung die grösste Thätigkeit entfaltet hat, sind in nachstehender Tabelle enthalten.

grossen Einfluss der Härte des Gesteins auf den Arbeitserfolg beurtheilen zu können.

Leider ist in dieser Beziehung bloss bekannt, dass die durchschnittliche Tagesleistung im Jahre 1894 mit den vier Bohrmaschinen des Bohrschiffes Nr. IV in dem verwitterten Kalkstein des Eisernen Thores als Maximum 86·56 m<sup>3</sup>, am Katarakte Izlas-Tachtalia im weicheren Kalkstein als Minimum 13·30 m<sup>3</sup> Felsprengung betrug.

Daraus ergab sich für sehr weichen Felsen als grösste Leistung in einer Arbeitsstunde für das Bohrschiff Nr. IV 4·33 m<sup>3</sup>, also per Bohrmaschine 1·08 m<sup>3</sup>, und im weichen Gestein als geringste Leistung 0·66 m<sup>3</sup>, beziehungsweise 0·16 m<sup>3</sup> Felslockerung.

A l s				Anzahl der			Es entfallen daher m <sup>3</sup> Felsen per						
				Arbeitstage zu 20 Stunden	Bohrschüsse	m <sup>3</sup> gelockerter Felsen	Bohrschuss	Bohrschiff		Bohrmaschine			
								Arbeitstag zu 20 Std.	Arbeitsstunde	Arbeitstag zu 20 Std.	Arbeitsstunde		
1893	Bohrschiffe	mit	Bohrmaschinen	I	3	161	1.880	6.081·61	3·23	37·77	1·88	12·59	0·63
				II	4	181	2.470	7.026·87	2·85	38·82	1·94	9·70	0·49
				III	3	—	—	—	3·07	45·90	2·29	15·30	0·76
				IV	4	200	3.084	13.345·11	4·32	66·72	3·34	16·68	0·83
				V	3	225	3.215	7.074·25	2·20	31·44	1·57	10·48	0·52
				VII	11	111	3.074	8.146·48	2·65	73·39	3·67	6·67	0·33
				1894	Kleine Bohrschiffe			17	168	13.723	41.674·32	3·03	43·80
									58·40	2·92			

Nach diesen Daten ergab sich als durchschnittliche zehnstündige Arbeitsleistung (im Jahre 1893) für eine Bohrmaschine 5·95 m<sup>3</sup> Felslockerung; daher für die Bohrschiffe Nr. II und IV eine Leistung von 23·80 m<sup>3</sup> und für die Bohrschiffe Nr. I, III und V eine solche von 17·85 m<sup>3</sup> Felslockerung.

Gestehungskosten. — Mangels erlangbarer Daten können die Gestehungskosten eines Cubikmeters Felssprengung unter Wasser nur beiläufig angenommen werden.

Nach verschiedenen glaubwürdigen Versionen soll der Bauunternehmung der Cubikmeter submariner Felssprengung inclusive Entfernung des gesprengten Materiales, anfangs auf ungefähr 90·00 K, später auf 80·00 K zu stehen gekommen sein.<sup>1)</sup>

Ob dieser ungemein hohe Einheitspreis bei den späteren Felssprengungen eine weitere Reduction erfuhr, ist nicht bekannt, letztere dürfte jedoch keinesfalls bedeutend gewesen sein, weil das im Jahre 1895 eingereichte und von der königl. ungarischen Regierung bei Vergabung der Nachtragsarbeiten im Kleinen Eisernen Thor und in der Donau bei Szvinicza angenommene Offert als Einheitspreis für den Cubikmeter Felssprengung unter Wasser nebst Beseitigung des Sprenggutes 120·00 K forderte.

Im allgemeinen sind der Bauunternehmung speciell die Felssprengungen unter Wasser mit Anwendung der amerikanischen Fels-Sprengmethode unverhältnismässig höher zu stehen gekommen, als ihr hiefür nach dem ersten Vertrage vergütet wurde.

## II. Englische Fels-Brechmethode.<sup>2)</sup>

Arbeitsvorgang. — Im Principe beruht diese Arbeitsmethode auf der Fallwirkung eines schweren, mit Stahlkante versehenen Meissels.<sup>3)</sup> Hiebei hängt die Leistungsfähigkeit einerseits vom Gewichte,

<sup>1)</sup> Der Umstand, dass es der Bauunternehmung nie und nirgends gelungen sein soll, trotz grösster Umsicht und Praxis bei Anlage der Bohrlöcher, trotz des grossen Verbrauches an Sprengmitteln, trotz der vollkommensten Zünder und Zündmethoden, das Gestein auf einmal hinreichend zu lockern, so dass der nun darauf folgende Bagger nicht arbeiten konnte, bedingte, dass solche ungenügend gelockerte Stellen noch einmal, ja nicht selten noch ein zweitesmal (dann aber ausschliesslich mit dem Brechschiffe) nachgelockert werden musste, damit endlich gebaggert werden konnte. Hiebei nahm die Einstellung des betreffenden, vollständig bemannten Arbeitsschiffes auf der fehlerhaften Stelle Tage in Anspruch, und es bedurfte noch längere Zeit, bis es möglich war, mit dem Universalschiff die Sprengstelle durchzuputzen und durchzupeilen. — All dies macht es erklärlich, dass ein Durchschnittspreis per 1·00 m<sup>3</sup> entfernten Felsmateriales in diesen weiten Grenzen nicht annähernd zu bestimmen möglich war.

<sup>2)</sup> Ausführlich beschrieben in meinem Aufsätze: „Zerstörung von Felsen in Flüssen“. Wien, 1892. (Seite 92.)

<sup>3)</sup> Die ersten Versuche, Felsen auf mechanischem Wege zu beseitigen, wurden im Jahre 1874 in den Steinbrüchen zu Renfrew in England vorgenommen.

anderseits von der Fallhöhe des letzteren ab. Es muss daher dementsprechend dessen Dimension möglichst gross sein und derselbe thunlichst hoch gehoben werden können.

Hiernach besteht die Construction aus einem Schiffe, welches oberhalb der Arbeitsstelle aufgestellt wird, aus dem Meissel mit seiner Führung und der Aufzugsvorrichtung.

Die Meisselschläge werden nun an einem Punkte des Felsgrundes so lange wiederholt, bis der Felsen hier auf die gewünschte Tiefe abgebrochen wurde; sodann wird das Schiff um ca. 0:30 bis 0:50 *m* seitwärts gerückt und die Arbeit so lange fortgesetzt, bis eine Profillinie ihrer ganzen Länge nach abgemeisselt ist.

In derselben Weise wird hierauf um 0:30 bis 0:50 *m* stromaufwärts vorgegangen.

Die Entfernung der einzelnen Profillinien muss einerseits nach der gewünschten Grösse des Baggergutes, anderseits nach Härte und Beschaffenheit des Gesteines sowie nach Gewicht und Fallhöhe (Leistungsfähigkeit) des Meissels bestimmt werden.

Der geschilderte Vorgang längs der parallelen Arbeitslinien muss unbedingt eingehalten werden, da günstige Wirkungen nur dann zu erreichen sind, wenn der Meissel unweit des Randes einer freien Felswand auffällt und diese gewissermassen abspaltet.<sup>1)</sup>

Um mit dieser Arbeitsmethode gute Resultate zu erhalten, muss der Meisselapparat ein rasches Heben und Fallenlassen des Meissels gestatten, und das ihn tragende sicher verankerte Schiff ein schnelles und leichtes Lavieren erlauben.

Erfahrungsdaten. — Gleich die ersten Versuche mit den Fallmeisseln haben dargethan, dass Meissel von nur 5 bis 6 *t* Gewicht beim Fallen auf den Felsboden viel zu geringe Effecte aufweisen, und erst 8 bis 10 *t* schwere Meissel, deren Fallhöhen 6:00 bis 9:00 *m* betragen, halbwegs befriedigende Resultate liefern.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Bei der englischen Fels-Brechmethode ist somit der Arbeitsvorgang der gleiche wie bei der älteren österreichischen Fels-Sprengmethode; nur geschieht das Abspalten der Felsen bei ersterer durch Meisselstösse, bei letzterer hingegen durch viel wirksamere Sprengmittelexplosionen.

<sup>2)</sup> Nach den Mittheilungen des Ingenieurs G. Rupčić hatten die Meissel zuerst 10 *t*, später 12 *t* Gewicht; nach dem Vortrage des Sectionsrathes E. v. Wallandt waren dieselben 9 bis 12 *t* schwer. Die Höhe des Dreibeingestelles zum Heben der Meissel hatte nach ersterer Mittheilung 13:00 bis 14:00 *m*, nach der

Die bezüglichlichen theoretischen Arbeiten zeigt nachstehende Tabelle für verschiedene Meisselgewichte und Fallhöhen, wobei eine Meissellänge von 9'00 *m*, die Höhe des Dreibeingerüstes für die Fallhöhen bis 7'90 *m* mit 12'00 *m* und der Abstand des unteren Meisselendes von der Wasserfläche mit 3'20 *m* angenommen wurde. Für die Fallhöhe von 9'00 *m* ist das Dreibeingerüste mit 14'00 *m* Höhe und die Entfernung zwischen dem Meissel und dem Wasserspiegel mit 4'30 *m* in Rechnung gebracht.

Wasserstand	Fallhöhe in Metern	Arbeitsleistung 9'00 <i>m</i> langer Meissel von			
		8000	9000	10.000	12.000
		Kilogramm in			
		Meterkilogramm			
+ 0'00	4'40	35.080	39.482	43.871	52.685
+ 1'00	5'40	42.810	48.207	53.609	64.413
+ 2'00	6'40	50.375	56.778	63.014	75.980
+ 3'00	7'40	58.787	65.191	72.586	87.389
+ 3'50	7'90	61.189	69.332	77.202	93.033
	9'00	69.997	79.233	88.146	106.033

Die praktisch erzielten Arbeitsleistungen waren blos bei den höchsten Wasserständen zufriedenstellend und hat man, um auch bei geringerer Wassertiefe arbeiten zu können, noch schwerere Meissel und höhere Dreibeingerüste anwenden müssen.

Aber selbst bei einer Auftreffenergie des Meissels von 70 Meter-tonnen war nicht immer die Wirkung entsprechend; auch nahm letztere bei jedem folgenden Meisselschlag successive ab, weil mit dem Fortschreiten der örtlichen Felszertrümmerung eine elastische Zwischenunterlage entstand, für deren weitere Zermalmung ein Theil der Kraft gebraucht wurde.

Veröffentlichung des Professors H. Arnold 11'80 *m* Höhe. Es dürften sonach in den ersten Jahren 9 bis 10 *t* schwere Fallmeissel mit 11'80 *m* hohen Dreibeingestellen und, weil hiemit erst bei hohen Wasserständen befriedigende Resultate erzielt werden konnten, gegen Schluss der Fels-Brecharbeiten 10 bis 12 *t* schwere Meissel mit 13'00 bis 14'00 *m* hohen Gestellen verwendet worden sein.

Bei zunehmender Höhe dieses Trümmerhaufens musste schliesslich die Arbeit ganz eingestellt werden, da die Meisselschläge gegen den festen Untergrund gar nicht zu wirken vermochten.

In dieser Beziehung konnten bei Regulierung der Stromschnellen in der unteren Donau mit dieser Methode im Serpentinegestein am Jucz bloss auf 0·60 *m* und in der Kreideformation am Izlas auf 1·80 *m* Tiefe abgearbeitet werden; im Granitfelsen war man sogar gezwungen, Schichten von ganz geringer Höhe mittels Bohrschüssen zu lockern, da die Meissel in dem ausserordentlich harten Material sich sehr rasch abnützten, ohne nennenswerte Wirkungen zu erzielen.

Auch wird die Schlagkraft des Fallmeissels wesentlich vermindert, wenn derselbe auf geneigte Flächen am Flussgrunde auftrifft, was bei der Grundbeschaffenheit in den Katarakten der unteren Donau auch zumeist vorkam.

Nach den dort gesammelten Erfahrungen konnten durch einen Meisselschlag ungefähr 0·023 *m*<sup>3</sup> harter oder 0·042 *m*<sup>3</sup> weicher Felsen abgeschlagen werden.

Durchführung der Felszertrümmerung. — Zum Zertrümmern der Felsen unter Wasser dienten Brechschiffe.<sup>1)</sup>

Nach längeren Versuchen in verschiedenen Gesteinsarten ergab sich zunächst, dass die vielgestaltigen maschinellen Einrichtungen eines nach Art Derochense erbauten Brechschiffes die Arbeitsleistung keineswegs begünstigen, und dass einfachere Maschinen zweckmässiger sein würden; ferner, dass das mit einem solchen Schiffe erzeugte Trümmergestein nicht durchaus baggerungsfähig war, sondern zum Theile auch mit einem Krahn gehoben werden musste.

Es empfahl sich deshalb das Felszertrümmern und das Baggern voneinander zu trennen, und für jede dieser Arbeiten besondere Fahrzeuge einzurichten.

Auch bezüglich der Meissel wurden, wie schon erwähnt, mehrfache Abänderungen als nothwendig erkannt.

---

<sup>1)</sup> Das erste von H. C. Lobnitz erbaute Brechschiff war die „Derocheuse“, welche im Suez-Canal bei der Verbreiterung und Vertiefung der felsigen Strecke zwischen den Bitterseen und Suez arbeitete. Die Derocheuse war mit fünf 12·50 *m* langen, 4 *t* schweren Meisseln und einem Eimerbagger ausgerüstet, welcher das Trümmergestein aus 9·00 *m* Tiefe emporhob.

a) Brechschiffe.<sup>1)</sup> — Leichte Meissel übten keine genügende Wirkung auf das harte Gestein des Donaugrundes aus und wären bei der reissenden Stromgeschwindigkeit auch gar nicht verwendbar gewesen. Mehr als einen Meissel auf ein Schiff zu montieren, war nicht thunlich, weil man darauf bedacht sein musste, dass der Schiffskörper nicht zu grosse Dimensionen erhalte, um einerseits die Verankerung in den Stromschnellen zu erleichtern und anderseits eine möglichst geringe Tauchung der Schiffe zu erzielen.

Die drei für die Arbeiten in der unteren Donau verwendeten Brechschiffe wurden daher nur mit einem, aber dafür schweren Meissel ausgerüstet.

Bei gleicher maschineller Einrichtung unterschieden sie sich nur in der Detailconstruction der Schiffskörper und durch die verschiedene Placierung der einzelnen Arbeitsmaschinen.

Das Brechschiff Nr. I (Tafel III) bestand aus zwei starken in ihrem mittleren Theile durch eine Plattform überbrückten Booten. Die Betriebsmaschinen, als: Dampfkessel, Meissel-, Anker- und Lavier-Dampfwinden, Bockwinde für die Steuerruder, Speise- und Lenzpumpen und die Dynamomaschine waren auf der Plattform etabliert.

In der Mitte des Doppelbootes stand ein 11·80 *m* hohes Dreibeingerüst, über dessen obere Rolle wie bei den Auslagkrahnen die Lastkette lief, an welcher nach Art der Kunstramme ein Fallblock mit Fangglocke und Winkelhebel aufgehängt war, der beim Herablassen den Kopf des unten stehenden Fallmeissels fasste, so dass dieser durch die Winde hochgezogen und wie beim Betriebe einer Kunstramme in beliebiger Höhe wieder ausgelöst und fallen gelassen werden konnte.

Der eiserne Fallmeissel hatte 8·80 *m* Länge, in der Mitte einen quadratischen Querschnitt von 35·0 *cm*, wog 8·5 *t* und fiel ganz frei ohne jede Führung durch einen zwischen den Booten eingebauten, im Gevierte 1·25 *m* weiten Schacht, welcher ihn nach dem Auffallen am Felsgrunde nicht umfallen liess.

Beim Brechschiff Nr. II wurden die beim ersten Brechschiffe gemachten Erfahrungen bezüglich der beim Betriebe sich fortwährend wiederholten bedeutenden Auftriebsstösse bestens berücksichtigt. Statt der zwei gekoppelten Boote wurde ein eisernes mit starken Längen- und Querversteifungen construiert, in dessen mitt-

<sup>1)</sup> Die Beschreibung derselben ist den Publicationen des Sectionsrathes B. v. Gonda und des Professors H. Arnold entnommen.

lerem Theile ein mit steifen und kastenförmigen Wandungen umgebener Schacht von 2·50 *m* innerem quadratischen Gevierte eingebaut war. Die in den Ecken des letzteren angebrachten vier Leitbalken ermöglichten die Befestigung des Führungskreuzes in solcher Höhe, dass der durch die 0·60 *m* weite Mittelöffnung desselben durchfallende, 45·0 *cm* starke Meissel mit seinem Kopfende auch so weit über das Kreuz hinausragte, um von der Fangglocke erfasst werden zu können.

Auch wurde der erforderlichen gleichmässigen Lastvertheilung bei Anordnung der Betriebsmaschinen Rechnung getragen.

Das 11·50 *m* hohe, am Hinterdecke aufgestellte Dreibeingertüste gestattete, den 8·0 bis 10·0 *t* schweren Meissel mittels Lastkette der Meisselwinde in zwei Minuten dreimal auf 6·00 bis 8·00 *m* Höhe zu heben und fallen zu lassen.

Beim Brechschiff Nr. III war der Meissel und dementsprechend Führungsschacht, sowie Dreibeingertüste am Steuertheile des Schiffes angeordnet.

Da sich die Brechschiffe Nr. I und Nr. III nicht bewährten, so wurden dieselben später nach dem Muster des Schiffes Nr. II umgebaut.

Auf den Schiffen waren Schlafräume, Küchen u. dgl. vorhanden, damit die doppelte Bemannung sich ständig auf denselben aufhalten und kontinuierlich, u. zw. nachts bei elektrischer Beleuchtung arbeiten konnte.

Die 9·00 *m* langen schmiedeisernen Fallmeissel hatten im mittleren Theile auf 3·00 *m* Länge ein quadratisches Gevierte von 40·0 *cm*, welches sich gegen beide Enden zu derart verjüngte, dass die Stärke zunächst des Meisselkopfes 32·0 *cm*, jene des 4·00 *m* langen einschneidigen Meisselschaftes am Fusse 30·0 *cm* betrug. In letzterem war eine 2·50 *m* lange, 10·0 *cm* dicke Stahlseele mit etwa 90 gradigem Schneidenwinkel als Schneide (Meissel) eingeschweisst.

Diese Schneidengestaltung hatte den Vorzug, dass sich der Schneidenwinkel der jeweiligen Beschaffenheit des Gesteins im Betriebe von selbst anpasste, indem beim tieferen Eindringen in weicheres Material das seitliche Schmiedeisen mehr abgenützt wurde als die Stahlschneide und sich demzufolge der Meissel zuspitzte; während er in härteres Gestein weniger eindrang, an den Seiten also weniger abgeschliffen wurde und demgemäss stumpf blieb.

Am oberen Ende war am quadratischen 21·0 *cm* langen Meisselkopf eine zweilappige Stahllöse angeschraubt, deren Bügel in Übereinstimmung mit der inneren Glockenform keilartig gestaltet war.

Grossen technischen Schwierigkeiten begegnete die Erzeugung brauchbarer Meissel. Deren Haltbarkeit betrug anfangs kaum 100 Stösse, wurde jedoch später bis auf mindestens 60.000 Schläge gesteigert, einzelne haben sogar über 150.000 Stösse gestattet.

Zur Anwendung kamen 72 Fallmeissel von verschiedener Grösse und verschiedenem Gewichte; einzelne sollen über 8000 *K* gekostet haben.

b) Zertrümmern des Felsgrundes. — Gemäss des früher beschriebenen Arbeitsvorganges wurden die Brechschiffe derart eingefahren und verankert, dass die Achse des freihängenden Meissels in die bezügliche Profillinie zu liegen kam.

Da hierbei auf sichere Verankerung und rasches, leichtes Lavieren der Schiffe gesehen werden musste, kamen je ein Haupt-, ein Achter- und vier Seitenanker zur Verwendung.

Die Arbeit wurde am stromabwärtigen Ende der zu bewirkenden Felsabhebung, u. zw. gewöhnlich in der Mitte des projectierten Canales begonnen und in der früher beschriebenen Weise zunächst längs der untersten, sodann stromaufwärts längs der einzelnen übrigen Profillinien durchgeführt.

An dem mit einer Masseintheilung versehenen bis auf den Felsgrund herabgelassenen Meissel bestimmte der Arbeitsleiter (durch Nivellement von einem Uferfixpunkte) das örtlich zu erreichende Niveau der Canalsole, hiernach ergab sich die dem letzteren entsprechende Tiefenlage des Fallmeissels. Diese wurde sodann um 0·50 bis 0·80 *m* vergrössert und mittels — dementsprechend höher angebrachten — Kreidestrich bezeichnet.

Die Meisselarbeit musste nun an jedem Punkte so lange fortgesetzt werden, bis der Meissel auf die bezeichnete Tiefe eingedrungen, der Felsgrund daher auf 0·50 bis 0·80 *m* unterhalb der planmässigen Canalsole zertrümmert war.

Beim regelmässigen Betriebe besorgte der Winkelhebel der Fangglocke das selbständige Heben und Fallenlassen des Meissels, indem er sich — wenn letzterer auf die bestimmte Fallhöhe gehoben war — ausklinkte und nach dem Falle beim Aufschlagen auf den Meissel-

kopf in dessen Öse wieder einhakte, so dass neuerdings durch die Winde (nach eingerückter Kettentrommel) das Hinaufziehen erfolgen konnte.

Es kam jedoch auch vor, dass der auffallende Meissel am Boden abrutschte oder in eine Spalte fiel und sich dabei aus dem Führungskreuzen zog, so dass er dann mit Mühe und Zeitverlust gefischt werden musste.

Die Brechschiffe arbeiteten ohne jede Gefahr, ihre einfachen, dauerhaften Mechanismen erforderten wenig Reparaturen und kamen daher nur selten Betriebsstörungen vor.

Bei richtigem Arbeitsverständnis des Schiffsmeisters wurde ein entsprechend zerkleinertes, baggerfähiges Abbruchmaterial gewonnen.

c) Entfernung des Trümmergesteins. — Wenn auch bei den durchgeführten Fels-Brecharbeiten im allgemeinen ein gut zerkleinertes Baggergut erhalten wurde, so kam es im spröden Gestein, wie z. B. in der Stromschwelle Izlas, doch vor, dass der Meissel so grosse Stücke abbrach, welche nicht mehr vom Eimer-, sondern erst vom Priestmann'schen Krahnbagger gehoben werden konnten. Einzelne Felsblöcke hatten  $1.00 m^3$  sogar  $1.50 m^3$  Rauminhalt.

Allerdings hätte dies in der früher angedeuteten Weise vermieden werden können.

Arbeitsleistung. — Die Arbeitsleistung der Brechschiffe war anfangs nicht vollkommen zufriedenstellend, doch gestaltete sich dieselbe durch fortwährende Vervollkommnung der Maschinen, Verwendung vorzüglicher Stahlmeissel und Schulung des Personales immer günstiger.

Nach den Mittheilungen des Professors H. Arnold bewährte sich diese Arbeitsmethode bis zu Felstiefen von etwa  $0.40 m$  vorthafter als Bohrschiffe; zwischen  $0.40$  und  $0.60 m$  zu beseitigender Felstiefe blieb es namentlich bei stark zerklüfteter Stromsohle von den örtlichen Verhältnissen abhängig, ob das Brechschiff oder das Bohrschiff zweckmässiger war, während über  $0.60 m$  Felstiefe letzteres zu meist den Vorzug verdiente.

Hingegen ist Sectionsrath E. v. Wallandt über die Verwendbarkeit dieser Brechschiffe der Ansicht, dass sie dort mit Vortheil

arbeiten, wo die zu entfernende Felsenschichte nicht mächtiger als 0.80 bis 1.00 *m* ist, oder wo einzelne Felsenspitzen abzuschlagen sind.<sup>1)</sup>

Bei Lockerung mächtigerer Schichten kann nicht mehr mit Vortheil gearbeitet werden, weil mit Zunahme der Schuttmasse die Meisselwirkung gegen den festen Untergrund abnimmt und endlich aufhört.

Übrigens wird — wie schon theoretisch erörtert wurde — bei einem Brechschiffe die Leistungsfähigkeit von verschiedenen Factoren beeinträchtigt, insbesondere von der Configuration des Felsgrundes, der Härte des Gesteines und dem jeweiligen Wasserstande.

In dieser Beziehung ermöglichten ebene Sohlengestaltung, sprödes Material und genügende Wassertiefe die besten Arbeitsergebnisse.

So übertraf in der Stromschnelle Izlas-Tachtalia die Leistung der Brechschiffe beinahe jene der Bohrschiffe und wurde mit einem Meisselschlag im quarzigen, spröden Kalkstein des Izlas-Kataraktes beinahe zweimal soviel Felsen abgebrochen als am Jucz.

Nach den Mittheilungen des Sectionsrathes E. v. Wallandt haben die Brechschiffe vom Beginn der Arbeiten bis Ende 1896 in 3701 Arbeitstagen mit 3,685.015 Meisselschlägen 86.789.78 *m*<sup>3</sup> Felsen gelockert, so dass durchschnittlich auf einen Meisselschlag 0.023 *m*<sup>3</sup>, auf einen Arbeitstag (zu 20 Stunden) 23.45 *m*<sup>3</sup> und auf eine Arbeitsstunde 1.17 *m*<sup>3</sup> Felslockerung entfiel.

Diese Arbeitsleistungen sind ungleich niedriger als die vom Sectionsrath B. v. Gonda für das Jahr 1893 veröffentlichten,<sup>2)</sup> was seine Begründung darin findet, dass anfänglich die Brechschiffe nur sehr unvollkommene Leistungen aufzuweisen hatten und erst mit der Annahme sehr schwerer Fallmeissel sich diese beträchtlich steigerten.

In welcher Weise die Arbeitsleistungen durch die Qualität des Felsgrundes beeinflusst wurden, zeigen nachstehende Tagesleistungen bei zwanzigstündiger Arbeit:

---

<sup>1)</sup> Die Angaben des Professors H. Arnold weichen wesentlich von jenen des Sectionsrathes E. v. Wallandt ab. Ich habe daher als Grenzwerte für die Anwendbarkeit der Fels-Brechmethode im harten Stein 0.60 *m* und im weichen Stein 0.80 *m* angenommen.

<sup>2)</sup> Die in dem Werke des Sectionsrathes B. v. Gonda angegebenen Arbeitsergebnisse der Jahre 1893 und 1894 sind in nachstehender Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

in der Stromschnelle	Sztenka . . . . .	47.43 m <sup>3</sup>
" "	" Kozla-Dojke . . . . .	56.20 m <sup>3</sup>
" "	" Izlas-Tachtalia . . . . .	87.98 m <sup>3</sup>
" "	" Jucz . . . . .	35.89 m <sup>3</sup>
" "	" Eisernes Thor . . . . .	106.40 m <sup>3</sup>

Gestehungskosten. — Über den Einheitspreis eines Cubikmeters Felszertrümmerung unter Wasser liegen keine Daten vor, da bei dem Umstande, als an einer Arbeitsstelle oftmals beide Arbeitsmethoden zur Anwendung kamen, der Einheitspreis somit nicht für jede gesondert, am allerwenigsten aber detailliert ermittelt werden konnte.

Es kann daher, mit Rücksicht auf diese Verwendungsweise der englischen Fels-Brechmethode bei den Arbeiten in der unteren Donau, in dieser Abhandlung nur derselbe Kostenspreis für 1.00 m<sup>3</sup> Felsbeseitigung angenommen werden, welcher für die amerikanische Fels-Sprengmethode annähernd festgestellt wurde.

A l s				Anzahl der			Es entfallen daher m <sup>3</sup>		
				Arbeitstage zu 20 Std.	Meisselschläge	m <sup>3</sup> gelockerter Felsen	Meisselschalig	Brechschiff	
								Arbeitstag zu 20 Std.	Arbeitsstunde
1893	Brechschiff	I	1	90	122.000	6.606.02	0.054	73.40	3.67
		II	1	204	347.569	9.280.18	0.026	45.49	2.27
		III	1	227	353.900	16.672.27	0.047	73.74	3.68
1894	Alle Brechschiffe		3	121	589.770	27.129.42	0.046	74.94	3.74

Nach diesen Daten betrug die durchschnittliche zehnstündige Arbeitsleistung im Jahre 1893): für ein Brechschiff und Fallmeissel 32.10 m<sup>3</sup>; und für einen Meisselschlag 0.042 m<sup>3</sup> Felszertrümmerung. Im harten Gestein (wie am Jucz) verringerte sich die Arbeitsleistung auf 17.99 m<sup>3</sup>, beziehungsweise 0.025 m<sup>3</sup>.

Allerdings ist dieser Preis — von 40·0 *K* — für die Gesteinszertrümmerung nur durch Brechschiffe unverhältnismässig hoch und dürfte derselbe dem für die österreichische Fels-Sprengmethode ermittelten Einheitspreise von ungefähr 18·00 *K* nahe kommen.<sup>1)</sup>

### Durchführung der Regulierungsarbeiten.

Unmittelbar nach Übergabe der Arbeiten an die Bauunternehmung wurde mit den Detailaufnahmen begonnen und hiernach die Arbeitspläne für die einzelnen Kataraktenstrecken ausgearbeitet.

Die Resultate, welche sich aus den Detailaufnahmen ergaben führten den Chef der k. ung. Bauleitung, Sectionsrath E. v. Wallandt, zu der Überzeugung, dass bei den einzelnen ursprünglichen Projecten Abänderungen nothwendig sind. Er gab hierüber in seinem im österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine gehaltenen Vortrag nachstehende Aufklärungen.

1. Bei Sztenka wurde die ursprüngliche Trace ganz aufgegeben und der Canal in einer sanften Krümmung entlang des serbischen Ufers geführt.

---

<sup>1)</sup> Im Rhein zwischen Bingen und St. Goar wird seit dem Jahre 1895 zur Vertiefung des aus Quarzit und Kieselschiefer bestehenden Flussgrundes nebst Taucherschachtschiffen auch ein Felsbrechschiff von 60·00 *m* Länge und 12·00 *m* Breite verwendet, dessen 10 *t* schwerer, 9·50 *m* langer Meissel bei einer Fallhöhe von 6·00 *m* mit einer Kraft von ungefähr 63 Metertonnen auf den Felsboden aufschlägt. — Während die aus ausserordentlich festen Quarzit bestehenden Felsfelder zunächst von den Taucherschachtschiffen bearbeitet und die hochgelegenen Felsheile mittels Bohrschüssen gesprengt werden, bewirkte der Felsbrecher, nach Abräumung des Steinschuttes, das vollständige Verkleinern der Gesteinsreste, welche zum Theil bereits gelockert waren. Selbständig wurde der Felsbrecher nur zur Zertrümmerung des weichen Schiefergesteines verwendet.

Auch bei diesen Felsbeseitigungen liessen sich die Kosten für 1·00 *m*<sup>3</sup> Felszertrümmerung nicht berechnen; doch ist so viel bekannt, dass für die sämmtlichen von 1890 bis 1898 im Rhein zwischen Bingen und St. Goar ausgeführten Felsarbeiten einschliesslich des Abräumens der zertrümmerten Gesteinsmassen und allen Nebenarbeiten jedoch mit Ausnahme der Peilungen und der Bauleitung sich der mittlere Einheitspreis mit 14·50 *K* ergab.

Für den Felsbrecher stellt sich der Preis erheblich billiger, weil derselbe nur bei den weicheren Gesteinsarten von geringer Höhe auf grösseren Felsflächen Verwendung gefunden hat, während die Taucherschiffe grosse Massen festen Quarzit beseitigt haben, darunter zahlreiche kleine Felsspitzen.

2. Der Canal bei Kozla-Dojke musste stromaufwärts um 1000·00 *m* verlängert und der Stromrichtung entsprechend geführt werden.

3. Die Regulierungsarbeiten bei der Stromschnelle Jucz erlitten insoferne eine Abänderung gegenüber dem Originalprojecte, als auch hier der Canal stromaufwärts um 300·00 *m* verlängert werden musste, ferner dass der Staudamm nicht unterhalb, sondern oberhalb des Porecska-Baches mit dem rechtsseitigen Ufer verbunden wurde, weil man infolge der Verlängerung des Staudammes nach aufwärts eine günstige Einwirkung auf die Stromstrichrichtung erzielte und auch das Gefälle des Kataraktes eine gleichmässige Vertheilung erhielt.

4. Die bedeutendste Modification erfuhr jedoch das Project des Eisernen Thor-Canales. Als nämlich ein bedeutender Theil desselben bis auf die planmässige Tiefe von — 2·00 *m* ausgehoben war, tauchte in massgebenden Kreisen die Idee auf, dass es zweckmässig wäre, die Canalsohle auf — 3·00 *m* zu legen, denn nachdem die Prosperität der Wasserstrassen durch den billigeren Frachtsatz begründet ist, dieser aber umso niedriger gestellt werden kann, je weniger von den Zugkosten auf die Einheit der zu verfrachtenden Ware entfällt, so ist das Bestreben der Schiffseigenthümer schon längst dahin gerichtet, ihren Schleppkähnen einen, den zu befahrenden Wasserweg entsprechend möglichst grossen Fassungsraum zu geben. Es erscheint daher nicht ausgeschlossen, dass mit der Zeit, wenn die in Aussicht gestellte Vertiefung der mittleren und oberen Donau auf — 3·00 *m* durchgeführt sein wird, sich die Nothwendigkeit ergibt, auch die Kataraktenstrecke der unteren Donau auf obiges Mass zu vertiefen.

Bei allen Stromschnellen oberhalb Orsova stehen diesen Vertiefungsarbeiten keine grösseren Schwierigkeiten als jene, welche bei der Vertiefung bis — 2·00 *m* bekämpft werden mussten, gegenüber, und würde es sich lediglich nur um die Geldfrage handeln.

Nicht so verhält es sich beim Eisernen Thor-Canale, wo, wenn einmal das Wasser eingelassen ist, die Vertiefung mit ausserordentlichen Schwierigkeiten verbunden wäre. Die richtige Erwägung dieses Umstandes führte zu dem Entschlusse, die Canalsohle schon während Baues um 1·00 *m* tiefer zu legen. Aber auch ein anderer Umstand sprach dafür.

Bei der ursprünglichen Tiefe des Canales von — 2·00 *m* können nämlich die unterhalb des Eisernen Thores im Verkehr stehenden.

grossen Schleppschiffe (die sogenannten griechischen Schleppschiffe), welche einen Fassungsraum von 1600 bis 2200 *t* haben, denselben bei kleinem Wasserstande nicht passieren. Ist nun die Möglichkeit geboten, dass auch diese schwerbeladenen Schiffe bei jedem Wasserstande stromaufwärts bis Orsova verkehren, so wird letzteres zu einem Handels-Emporium erhoben, welches an Bedeutung noch gewinnt, wenn man hier einen den modernen Ansprüchen entsprechenden Umschlagplatz errichtet.

5. Musste für den Verkehr dieser schweren Schleppschiffe auch zwischen Orsova und dem Eisernen Thor-Canale ein Wasserweg hergestellt werden, welcher bei kleinstem Wasserstande — 3·00 *m* Wassertiefe hat.

6. War an einem geeigneten Orte der eben erwähnte Umschlagplatz zu errichten.

7. Stellte sich auf Grund genauerer Tiefmessungen heraus, dass unterhalb des Eisernen Thores, bei dem sogenannten Kleinen Eisernen Thor, viele Felsenriffe über das Niveau — 3·00 *m* emporragen, und die zwischen diesen Felsenriffen vorkommenden genügend tiefen Rinnsale nicht die genügende Breite für die Schifffahrt haben. Es musste also auch durch das Kleine Eisernen Thor eine neuer Schifffahrtsweg hergestellt werden.

8. Endlich erwies es sich als wünschenswert, dass bei Szvinicza, wo eine Felsbank die Donau durchquert, das Flussbett, ähnlich wie es bei den übrigen Katarakten geschah, vertieft werde, weil hier — trotzdem der von Greben bis Milanovacz ausgeführte Staudamm eine Hebung des Wasserspiegels ergab, welche die Richtigkeit der theoretischen Berechnungen in jeder Beziehung erwies — bei Nullwasser Orsovaer Pegel nur eine Wassertiefe von 1·65 bis 1·70 *m* vorhanden war. Die Herstellung dieses Canales wäre zwar nicht unumgänglich nothwendig gewesen, weil in der Schifffahrtssaison der bis damals beobachtete kleinste Wasserstand nicht über 0·65 *m* herabsank und folglich zur Beförderung der jetzt verkehrenden Fahrzeuge genügte, doch entschloss sich die k. ung. Regierung zu dieser Arbeit, weil mit der Zeit wahrscheinlich tiefer tauchende Schiffe in Verkehr gesetzt werden und hauptsächlich um unbedingt principiell in der unteren Donau durchwegs eine Wassertiefe von 2·00 *m* zu erreichen.

Durch diese Abänderungen und Ergänzungen erhöhte sich das ursprüngliche Cubikmass an Felssprengungen unter Wasser ganz bedeutend.

Es waren nunmehr vorzunehmen:

a) Felssprengungen im freien Strome.

Bei der Stromschnelle	Sztenka . . . . .	18.029·00 $m^3$
" "	" Kozla-Dojke . . . . .	85.746·00 $m^3$
" "	" Izlas-Tachtalia . . . . .	32.276·00 $m^3$
" "	" Szvnicza . . . . .	13.236·00 $m^3$
" "	" Jucz . . . . .	29.964·00 $m^3$
bei den Felspartien zwischen Orsova und dem Eisernen Thor-Canal . . . . .		} 93.119·00 $m^3$
bei der Stromschnelle	Eisernes Thor . . . . .	
" "	" Kleines Eisernes Thor . . . . .	16.294·00 $m^3$
	Zusammen . . . . .	<u>288.655·00 <math>m^3</math></u>

b) Felssprengungen im ruhigen Wasser.

Bei der Stromschnelle Eisernes Thor . . . . . 367.816·00  $m^3$

Von den im freien Strome durchzuführenden Felssprengungen waren, da die Herstellung des 3·00  $m$  tiefen Wasserweges zwischen Orsova und dem Eisernen Thor-Canale der Bauunternehmung nach den ursprünglichen Vertragsbedingungen übergeben wurde, 259.125·00  $m^3$  Felsens bis Ende des Jahres 1895 zu entfernen, während die in der Donau bei Szvnicza zu bewirkenden Felssprengungen im Ausmasse von 29.530·00  $m^3$  auf Grund eines Separatvertrages bis Ende des Jahres 1898 durchgeführt zu sein hatten.

Die im Juni 1890 übernommene Bauausführung<sup>1)</sup> wurde bei der Grebenspitze und am Eisernen Thore mit den Erdarbeiten am Lande begonnen und am 18. September 1890 der Beginn der Regulierungsarbeiten in der unteren Donau durch eine besondere Festlichkeit gefeiert.

Eine kurze Recapitulation der Felsbeseitigung im freien Strome, welche letztere hauptsächlich den Gegenstand dieser Abhandlung bilden soll, zeigt, dass zunächst Ingenieure ins Ausland zum Studium

<sup>1)</sup> Die Beschreibung der Durchführung der Regulierungsarbeiten in der unteren Donau dem Werke des Sectionsrathes B. v. Gonda entnommen.

einiger Fels-Beseitigungsmethoden entsendet und gleichzeitig Versuche mit verschiedenen Vorschlägen gemacht wurden.

Schliesslich entschied sich die Unternehmung für die Anwendung der amerikanischen Fels-Sprengmethode von E. E. Gilbert und der englischen Fels-Brechmethode von H. Ch. Lobnitz.

Auch diese mussten jedoch erst versucht und ausgeprobt werden.

Alle diese Einleitungsversuche und Studien nahmen die Zeit bis Mitte des Jahres 1891 in Anspruch.

Mit dem ersten Bohrschiff konnten die Versuche erst im Monate Juni in der Stromschnelle Jucz beginnen, die Brechschiiffe kamen erst später in Verwendung.

In diesem Jahre wurden 2923·81  $m^3$  Felsen unter Wasser gelockert und vorläufig im Strom belassen.

Als Beginn der submarinen Felssprengungen kann die Mitte des Jahres 1892 bezeichnet werden.

Es arbeiteten in diesem Jahre:

vom 1. April bis 20. August . . . . .	2	Bohrschiiffe,	3	Brechschiiffe,
„ 20. August an . . . . .	3	„	3	„
„ 1. September an . . . . .	4	„	3	„
„ 7. October an . . . . .	5	„	3	„

überdies zwei Sondierschiiffe, ein Eimer-, zwei Löffel-, ein kleiner Krahnbagger, vier Dampfschiiffe, Locomotiven u. dgl. und wurden in diesem Jahre 37.758·90  $m^3$  Felsen unter Wasser gelockert und hievon 1050·00  $m^3$  Sprenggut gebaggert.

Die Wintersaison 1892 bis 1893 benützte die Bauunternehmung zur Umgestaltung der Schiffe und Arbeits-, insbesondere der Baggermaschinen, dann für Bau, beziehungsweise Anschaffung neuer Bagger.

Im Laufe des Jahres 1893 übertrat der leitende Director Ingenieur J. Hajdú in Staatsdienste und wurde für ihn Ingenieur G. Rupčić als technischer Dirigent bestellt.

Seit Beginn der Arbeiten war in diesem Jahre die grösste Thätigkeit entfaltet und ermöglichten vermehrte und vervollkommnete Maschinen den ununterbrochenen Betrieb bei Tag und Nacht, ferner das nunmehr schon praktisch erfahrene Personale eine bedeutende Leistungssteigerung, so dass mit fünf Bohrschiiffen, drei Brechschiiffen, zwei Eimer-Baggermaschinen und einem grossen Krahnbagger 85.551·84  $m^3$  Felsen unter Wasser gelockert und hievon 18.595·07  $m^3$  Schuttmaterial gebaggert werden konnten.

Im Jahre 1894 erreichte man trotz grossem Kostenaufwande nur verhältnismässig geringe Resultate. Die Menge der unter Wasser zu beseitigenden Felsen war ausserordentlich angewachsen und nahm die Arbeit trotz aller Anstrengungen nicht den gewünschten Fortschritt, auch stellten sich ihr neue Schwierigkeiten und nicht vorherzusehende Hindernisse in den Weg.

Die zur Verfügung gestandenen Arbeitsmittel (sechs Bohr-, drei Brechschiffe, zwei grosse, ein kleiner Eimer-, dann zwei Löffel-, ein Krahn- und vier gewöhnliche Bagger) hätten ein viel günstigeres Resultat aufweisen können, wenn nicht auf den Bohrschiffen, in Folge vorzeitiger Explosionen wiederholt Unglücksfälle vorgekommen wären, welche nicht nur Arbeitsmaschinen beschädigten, grössere Reparaturen, und daher Arbeitspausen, sondern auch das gänzliche Einstellen der Nacharbeit nothwendig machten; weil, wie schon früher erwähnt, bei eventuellen Unglücksfällen die Rettungsarbeiten zur Nachtzeit beinahe ganz unmöglich waren.

Ein Aufschwung war im Jahre 1894 bei den Baggerungen wahrzunehmen.

In diesem Jahre wurden  $69.630.06 \text{ m}^3$  Felsen unter Wasser gelockert und  $46.311.90 \text{ m}^3$  Material gebaggert.

Im Winter vom Jahre 1894 auf 1895 waren die Arbeiten im Donaustrome eingestellt und konnten wegen eines andauernd hohen Wasserstandes erst im Monat Juni 1895 mit grösster Kraftanwendung in Angriff genommen werden, doch hinderte der im October eingetretene sehr kleine und dann wieder der darauf folgende hohe Wasserstand den regelmässigen Arbeitsbetrieb.

Da es jedoch endlich gelang, eine verlässliche Zündungsanlage einzuführen, so unterblieben in Zukunft unverhoffte Explosionen, und war somit der ungestörte Fortgang der Fels-Sprengungsarbeiten gesichert.

In diesem Jahre betrug die Arbeitsleistung:  $33.558.77 \text{ m}^3$  Felslockerung unter Wasser und  $68.334.00 \text{ m}^3$  Baggerung.

Trotzdem aber Tag und Nacht gearbeitet wurde, konnten die von der Unternehmung vertragsmässig übernommenen Arbeiten nicht vollendet werden, und verblieben ungefähr  $61.232.00 \text{ m}^3$  Felslockerung unter Wasser und  $154.365.00 \text{ m}^3$  Baggerung im Rückstande.

Die Bewältigung dieses Arbeitsrestes sowie jene der erwähnten Nachtragsarbeiten beim Kleinen Eisernen Thor und bei Szvi-

nicza mit 29.000·00  $m^3$  Felsbeseitigung unter Wasser konnte nun innerhalb der für letzterer festgesetzten Frist anstandslos erfolgen, da die Unternehmung mit keinen nennenswerthen Schwierigkeiten mehr zu kämpfen hatte.

Resumiert man den Baufortschritt, so wurde:

Der Canal bei Sztenka im Jahre 1893 begonnen, am 27. October 1895 dem Verkehr übergeben;

der Canal bei Kozla-Dojke im Jahre 1892 in Angriff genommen, im December 1896 fertiggestellt und im Frühjahr 1897 eröffnet;

die Arbeiten beim Canal Izlas-Tachtalia erst im Jahre 1894 begonnen, im Jahre 1897 beendet und der Schifffahrt mit der Saison im Jahre 1898 zur Verfügung gestellt;

im Canal bei Jucz die Aussprengung vom Jahre 1891 bis April 1896 bewirkt und die Collaudierung anfangs August vorgenommen;

im Eisernen Thor-Canal die Arbeiten vom Jahre 1891 bis 1897 durchgeführt, am 27. September 1896 feierlich eröffnet und nach Vollendung aller Regulierungsarbeiten am 1. October 1898 der Schifffahrt dienstbar gemacht;

die Felsbeseitigung von letzterem bis zum Orsovaer Umschlagshafen, sowie die Vertiefung des Strombettes bei Szvinicza Ende 1897 und endlich die Arbeiten im Kleinen Eisernen Thor im Jahre 1898 fertiggestellt.

Mit welchen Schwierigkeiten bei Aussprengung der Schifffahrts-canäle in der unteren Donau gekämpft werden musste, habe ich bei Besprechung der einzelnen Arbeitsmethoden hervorgehoben. Dass die Unternehmung dessenungeachtet ihren Verpflichtungen bis zum festgesetzten zweiten Vertragstermine nachkam, konnte nur mit dem grossen Aufwande an Arbeits-, sonstigen Hilfsschiffen und Maschinen, sowie durch die continuierliche Arbeit bei Tag und Nacht erreicht werden.

Manche Schwierigkeiten wären allerdings vermieden gewesen, wenn die Unternehmung über ebenso eminente Hilfskräfte wie für die Maschinen-, auch für die Sprengtechnik verfügt hätte.

Diesem Mangel sind die immensen Gesamtkosten der Sprengarbeiten im freien Strom, sowie die Verluste an Arbeitsschiffen,

Menschenleben etc. zuzuschreiben, welche ein so gewinnversprechendes Unternehmen scheitern machten.<sup>1)</sup>

Zur Durchführung der submarinen Felssprengungen verwendete die Bauunternehmung:

6 Bohrschiffe mit 29 Bohrmaschinen (2 Schiffe davon giengen zugrunde),

3 Brechschiffe,

5 Eimer-

2 Löffel-

3 Greifer-

} Bagger (wovon 2 zugrunde giengen),

2 Universalschiffe,

2 Sondierschiffe (wovon eins zugrunde gieng),

1 Schiff mit Rammaschine,

1 schwimmender Krahn,

1 schwimmende Werkstätte mit Dampfmotor, dann Steinschiffe von verschiedener Grösse und Seilmutzen.

Überdies standen Schleppdampfer und Propeller zum Aufstellen der Arbeitsschiffe auf den Arbeitsplätzen zur Verführung des Stein- und Baggermaterials und zur Vernehmung des Verkehrsdienstes in Verwendung.

Die Anschaffung dieser Arbeitsbehelfe soll über drei Millionen Kronen erfordert haben, gewiss eine sehr hohe Investitionssumme für die Beseitigung von kaum 300.000  $m^3$  Felsen unter Wasser.

Mit welchen Kosten die Beseitigung der gesammten 656.471  $m^3$  betragenden Felsmassen im freien Strome und im Eisernen Thor-Canal bewirkt wurde, lässt sich nicht genau angeben, weil hierüber keine verlässlichen Daten in die Öffentlichkeit gelangten.

Als Vergütung dürfte hiefür von der königl. ungarischen Regierung der Betrag von 17,568.380 K gezahlt worden sein.<sup>2)</sup>

---

<sup>1)</sup> Nach dem Geschäftsberichte der Berliner Disconto-Gesellschaft für das Jahr 1894 hat dieselbe drei Millionen Mark als Verlust bei Consortialbetheiligung abgeschrieben, und soll sich dieser grosse Verlust (3.6 Millionen Kronen) nur durch die Betheiligung der Gesellschaft an den Regulierungsarbeiten in der unteren Donau ergeben haben.

<sup>2)</sup> Der Bauunternehmung waren von der königl. ungarischen Regierung als Einheitspreise zugestanden, u. zw.: für 1.00  $m^3$  Felssprengung im freien Strom nebst Entfernen des Sprenggutes 29.90 K und 120.00 K; für 1.00  $m^3$  Felssprengung im Eisernen Thor-Canal nebst Entfernen des Sprenggutes bis zu 2.00 m Tiefe 17.00 K, und in der dritten Metertiefe 15.54 K. — Nach diesen Einheitspreisen

berechnen sich die Kosten für diese Felssprengungen inclusive Entfernen des Sprenggutes wie folgt:

259.120·00 m <sup>3</sup> Felssprengungen im freien Strom	
à 29·90 K . . . . .	= 7,947.838·00 K
29.530·00 m <sup>3</sup> Felssprengungen im freien Strom	
à 120·00 K . . . . .	= 3,543.600·00 „
247.316·00 m <sup>3</sup> Felssprengungen im Eisernen Thor-	
Canal à 17·00 K . . . . .	= 4,204.372·00 „
120.500·00 m <sup>3</sup> Felssprengungen im Eisernen Thor-	
Canal à 15·54 K . . . . .	= 1,872.570·00 „
<u>Summa 656.471·00 m<sup>3</sup></u>	<u>Summa 17,568.380 00 K</u>

Die Bauunternehmung dürfte dagegen für diese Arbeiten annähernd nachstehende Beträge verausgabt haben:

288.655·00 m <sup>3</sup> Felsbeseitigung mit Bohr- und	
Brechschißen à 70 00 K . . . . .	= 20,205.850·00 K
367.816·00 m <sup>3</sup> Felssprengung im Eisernen Thor-	
Canal à 7 00 K . . . . .	= 2,574.712·00 „
<u>Summa 656.471·00 m<sup>3</sup></u>	<u>Summa 22,780.562·00 K</u>

Selbstverständlich haben letztere Preisermittelungen mit Rücksicht auf die in der Fussnote 1, Seite 69, gegebene Darstellung keinen Anspruch auf volle Richtigkeit, sie sind eher zu niedrig als zu hoch angesetzt, genügen aber zum Nachweis, dass die Bauunternehmung bedeutende Opfer bringen musste, um ihre Verpflichtungen einhalten zu können.

# Besprechung

der

## österreichischen Fels-Sprengmethode.

Habe ich die Details der durchgeführten Regulierungsarbeiten in der unteren Donau und der bei demselben verwendeten beiden Arbeitsmethoden im vorstehenden eingehend besprochen, so sei mir zum Schlusse noch gestattet, jene Momente, welche infolge ungenügender Kenntnis der von mir als österreichische bezeichnete Fels-Sprengmethode gegen letztere gemacht wurden, zu entkräften und an der Hand der jüngsten Erfahrungsdaten einen Vergleich der Arbeitsleistungen aller drei Methoden bei Rücksichtnahme auf die herrschenden Verhältnisse in der unteren Donau und unter Zugrundelegung des Gesamtarbeitsausmasses der hiebei bewirkten Felsbeseitigung anzuschliessen.

Die wesentlichsten Bedenken, welche über die Verwendbarkeit der erwähnten Fels-Sprengmethode veröffentlicht wurden und am meisten Verbreitung fanden, waren, dass „mit derselben nur Felspartien von geringer Höhe (Maximum 0·30 *m*) vortheilhaft zu beseitigen sind, bei höheren Felsabspregungen aber mittels Bohrschüssen vorgegangen werden müsse“<sup>1)</sup> —; und „dass sie nicht die nöthige Garantie biete, um die bei den Katarakten in der Donau zu beseitigenden sehr bedeutenden Felsmassen während

---

<sup>1)</sup> In der Vollversammlung des Donau-Vereines am 18. December 1890 vom Hafengebäude-Director F. Böhmches vorgebracht.

In der „Neue Freie Presse“ im Juli 1891 wird ebenfalls von Hafengebäude-Director F. Böhmches — der von einer Studienreise an der unteren Donau zurückkehrte — mitgetheilt, dass die höheren Felsen durch Bohrschüsse entfernt werden, und die Vertiefung der Felsschichten bis auf 0·30 *m* nach Oberflächensprengungen mit Anwendung des Lauer'schen Systems in Aussicht genommen ist.

der in Aussicht genommenen sechs Jahre aussprengen zu können.“<sup>1)</sup>

Diese abfälligen Meinungen werden durch die nachstehende eingehende Besprechung der österreichischen Fels-Sprengmethode vollkommen widerlegt, weshalb eine besondere Erwiderung derselben nicht für nothwendig erscheint; ebenso findet hiedurch die von Professor H. Arnold verfasste, im Jahre 1895 in der „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure“ erschienene Publication über: „Die Regulierung der Donau zwischen Sztenka und dem Eisernen Thor“, welche irrige Ansichten über das Wesen der Sprengmethode enthält, die jedoch nur auf Grund unrichtiger Informationen gebildet werden konnten, entsprechende Richtigstellung; doch eine Folgerung bedarf der sofortigen Berichtigung.

Nach der Publication des Professors H. Arnold wurde aus einem missglückten, weil unter ganz unzutreffenden Verhältnissen durchgeführten Versuche des Hinterlegens von Sprengladungen am Boden von mit Wasser gefüllten kleinen Petroleumfässern, auf unzureichende Wirkungen der in einem Strome auf dem Felsgrunde explodierten Sprengladungen geschlossen, was unzulässig ist.<sup>2)</sup>

---

<sup>1)</sup> In der Sitzung des ungarischen Abgeordnetenhauses hat am 11. Juni 1892 ein hochangesehener Abgeordneter sich über die Sprengmethode dahin geäußert: Sie ist gut, doch für Arbeiten von solcher Ausdehnung deshalb nicht verwendbar, weil sie zu viel Zeit erfordern würde.

In dem Abendblatte der „Neue Freie Presse“ vom 26. September 1896, wird eine Besprechung des Correspondenten dieses Blattes mit Sectionsrath E. v. Wallandt mitgetheilt, nach welcher letzterer sich dahin geäußert haben soll, dass die Lauer'sche Sprengmethode zwar gut, aber zur Entfernung so grosser Felsmassen, die am Eisernen Thor nothwendig gewesen, nicht vollständig ausreichte.

<sup>2)</sup> Nach den Mittheilungen des Professors H. Arnold soll Minister v. Baross gewünscht haben (am 5. September 1889), die Sprengwirkungen einzelner Sprengladungen vorerst zu sehen, bevor er über Annahme des österreichischen Sprengverfahrens entscheide. „Zu diesem Zwecke“, schreibt der Professor, „wurde am Ufer auf einem grossen massigen Felsen ein 300 m hoher geräumiger Encylinder gesetzt, an einem Auflager abgedichtet und mit Wasser gefüllt, so dass unter ähnlichen Verhältnissen wie im Strombette einige Sprengungen vorgenommen werden konnten“. Ein solcher Versuch fand nicht statt.

Diese unrichtige Angabe war schon im Jahre 1893 in einem von Herrn J. Carsten in der illustrierten Wochenschrift „Prometheus“ erschienenen Aufsatz: „Das Zerstören von Felsen in Flüssen“ gemacht.

Thatsächlich hat Sectionsrath G. Landau (am 19. September 1889) am linken Donauufer auf einem Felsen von anscheinend gleicher Beschaffenheit wie

Die Resultate des Versuches konnten vorhergesehen werden, die Fässer wurden sofort zertrümmert und die Wirkung der Ladung war jene einer unverdämmten Mine, weil der Druck einer sie allseitig umgebenden, wenigstens 1·50 *m* hohen Wassersäule fehlte. Es wurde auch seinerzeit kein Wort darüber verloren, da ich nicht glauben konnte, das jemand hieraus eine Folgerung ziehen, am allerwenigsten aber die Unzulänglichkeit des Verfahrens ableiten werde, umso mehr als für den Wert der Sprengmethode doch nur die im Zuge gestandenen Sprengungen im Strome massgebend waren, und diese vollkommen befriedigten.

### III. Österreichische Fels-Sprengmethode.

Schon im Jahre 1873, als ich gelegentlich Beseitigung eines in der Donau befindlichen Pfeilerfragmentes meine Sprengmethode erdachte, wurde ich von dem damaligen Baudirector W. Hellwag der österreichischen Nordwestbahn aufgefordert, über diese Sprengung einen Vortrag im österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine zu halten, welche ehrende Aufforderung ich jedoch mit der Motivierung ablehnte, dass ich diesen bei Beseitigung des Pfeilerfragmentes beobachteten Vorgang als die einzig anwendbare und leicht ausführbare Art zur Beseitigung der Felsen in den Stromschnellen der unteren Donau betrachte und dieserhalb damals keine Publication darüber wünschte.

Seither hatte ich wiederholt Gelegenheit, dieselbe mit Erfolg (darunter dreimal in den Katarakten der Donau) versucht zu sehen, und hat sich nach jedesmaliger Erprobung meine Überzeugung von ihrer zweckmässigen Anwendbarkeit immer mehr bestärkt.

Eine genaue Kenntnis des Wesens derselben und der mit ihr erzielten Resultate, wird diese Überzeugung rechtfertigen.

---

die Felsbank Jucz einen Versuch durchgeführt, wobei drei Petroleumfässer von ungefähr 1·00 *m* Höhe und 0·50 *m* Durchmesser nach Abnahme der Böden auf die Oberfläche des glatten Felsens aufgestellt, mit Cement am Boden abgedichtet und mit Wasser gefüllt wurden. Auf den Boden jedes Fasses wurde je eine Ladung von 0·50 *kg* Dynamit gelegt und zur Explosion gebracht.

Dieser misslungene Versuch konnte selbstverständlich auf die Erprobung der Arbeitsmethode keinen Einfluss nehmen.

Arbeitsvorgang. — Das Wesen der Sprengmethode besteht nicht in der Anwendung von grossen Ladungen, die auf den zu zerstörenden Felsen frei aufgelegt werden, sondern in der Anwendung verhältnismässig kleiner Ladungen, die in parallelen Linien von stromabwärts nach stromaufwärts gleichmässig auf dem Felsen einzeln aufgelegt und bis zu ihrer Zündung mittels eines Stabes in der gewünschten Lage festgehalten werden.

Der Vorgang, welcher nun eingehalten werden muss, wenn nach diesem Principe grössere Felspartien auf beträchtliche Tiefen abgesprengt werden sollen, ist folgender.

Vor allem ist in der stromabwärtigsten Linie, und zwar an einem Ende, wo der Felsen die verlangte Tiefe bereits hat, mit der Sprengarbeit zu beginnen, wobei die erhaltene Mulde, wenn nöthig, durch eine an derselben Stelle anzubringende zweite Ladung vertieft wird. Nunmehr muss neben der ersten Mulde auf eine solche Entfernung eine zweite ausgesprengt werden, dass die Wirkungssphären der beiden Ladungen übergreifen. In dieser Weise ist die Absprengung in der begonnenen Linie bis an ihr anderes Ende fortzuführen.

Grundsätzlich ist erst dann zur Absprengung des nächsten Theiles derselben Linie zu schreiten, wenn an der früher in Arbeit genommenen Stelle der Felsen bereits auf die gewünschte Tiefe abgearbeitet wurde, weil sonst ein Verlegen der Sprengstelle durch das Sprenggut eines seitlichen Schusses erfolgen könnte.

Auf diese Art wird der zu zerstörende Felsen nach einer Linie<sup>1)</sup> vertieft und so an dessen stromabwärtigem Ende künstlich eine, wenn auch noch so niedrigere freie Wand gebildet, an welcher erfahrungsgemäss kein Sprenggut unmittelbar liegen bleibt, weil dieses, zu verhältnismässig kleinen Stücken zertrümmert, theils durch die Sprengung weggeschleudert, theils durch die Strömung stromabwärts auf tiefere Stellen abgeschoben wird.

Hierauf ist eine zweite Linie stromaufwärts der ersteren auszusprengen, wobei die stromaufwärtigen Ladungen auf den schotterfreien

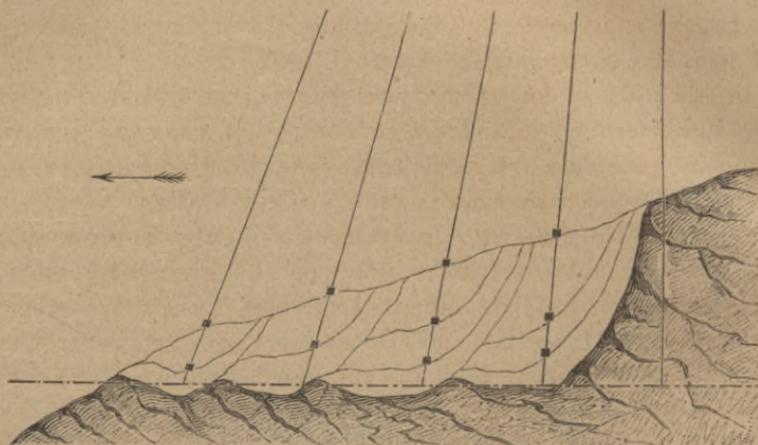
<sup>1)</sup> Fehlerhaft wäre es, diese Linien in der Weise herstellen zu wollen, dass man zuerst ihrer ganzen Länge nach eine Anzahl Ladungen einzeln, dann ebenso eine zweite und dritte Reihe von Ladungen successive abschießt, und so den Felsen linienweise zu vertiefen versuchte, da hiebei die Ladungen niemals auf den compacten Felsen, sondern nur auf das Sprenggut aufgelegt werden könnten und daher ungenügend wirken würden.

Felsen derart aufgelegt werden, dass die Wirkungen der einzelnen Minen in jene der ersten Reihe übergreifen, also, wie Fig. 25 andeutet, gegen die freie Wand hin fallen.

Die Wasserströmung schwemmt dann das stärker zerkleinerte Sprenggut zum grossen Theile ab, so dass stromabwärts der Sprengstelle nur die grösseren Sprengstücke liegen bleiben.

Auch bei den weiteren stromaufwärts fortzusetzenden Sprengungen wird linienweise vorgegangen, die erste Mulde stets an einem Ende

Fig. 25.



dieser Linie auf die bestimmte Tiefe ausgesprengt und sodann die Sprengung gegen das andere Ende der Linie successive fortgesetzt.

Bei den stromaufwärtigen Aussprengungen wirkt jede explodierende Ladung nach zwei Seiten hin im gelockerten Mittel, nämlich gegen die stromabwärtige und seitliche Aussprengung, wodurch günstigere Effecte bei den weiteren Sprengungen erzielt werden.

Insbesondere dann werden überraschende Resultate erreicht, wenn das Gestein sehr lassig und zerklüftet ist, weil durch die Explosion der Ladung das Wasser mit ungeheurer Kraft in die Lassen oder Klüfte getrieben wird, und, dort gleichsam als Keil wirkend, die Sprengkraft ganz bedeutend erhöht.

Es ist sonach die österreichische Fels-Sprengmethode keine Oberflächensprengung, als welche sie zuweilen ganz fälschlich bezeichnet wird, sondern eine Sprengung nach freier Wand mit aufgelegten Sprengladungen.

Sprengapparat. — Nach dem geschilderten Arbeitsvorgange müssen die einzelnen Ladungen auf den festen Felsgrund derart systematisch hinterlegt und bis zu ihrer Zündung festgehalten werden, dass das Ineinandergreifen ihrer Wirkungen verbürgt erscheint. Beides wird durch Befestigung derselben an Führungsstangen erreicht, welche mittels eines speciell zu diesem Zwecke construirten Apparates an die gewünschten Stellen gebracht und festgehalten werden.

Dieser, an einem Schiffe aufzumontierende Sprengapparat sowie die Handhabung desselben beim Sondieren und Sprengen ist in der Beilage A ausführlich beschrieben.

Erfahrungsdaten. — Das Ergebnis aller Versuche und Sprengungen vom Jahre 1873 bis 1889 wurde commissionell erhoben und ist in Beilage B übersichtlich zusammengestellt.

Die hiebei gesammelten Erfahrungen, welche ein Urtheil über Wert und Anwendbarkeit der österreichischen submarinen Fels-Sprengmethode, sowie einen Vergleich derselben mit anderen derlei Arbeitsmethoden gestatten, führe ich aus verschiedenen Gutachten<sup>1)</sup> und Commissionsprotokollen nachstehend an.

1. Der Sprengapparat gestattet innerhalb der von der Führungsstange erreichbaren, in gewisser Hinsicht auch von der Wassertiefe abhängigen Fläche, sowohl das Sondieren, wie auch das präzise Hinterlegen der Sprengladungen auf jedem beliebigen Punkte. Insbesondere bietet derselbe den Vortheil, dass man Sondieren und Sprengen im engsten Zusammenhange vornehmen, d. h. einerseits die Ladung dorthin bringen kann, wo gemäss Anzeige der Sonde eine Absprengung gewünscht wird, anderseits nach Abgabe des Schusses sofort zu constatieren vermag, in welchem Masse die Absprengung erfolgt ist.

Das Constructionsprincip des Sprengapparates und dessen Einrichtung für die Doppelfunction: Sondieren und Sprengen, ist daher im allgemeinen zweckmässig und ermöglicht thatsächlich einen

---

<sup>1)</sup> Hiezu das Gutachten der Versuchscommission vom Jahre 1881 benützt, welches vom Donau-Verein in dem Werke: „Regulierung der Stromschnellen der Donau zwischen Moldova und Turn-Severin“ im Jahre 1883 veröffentlicht wurde.

klaren Überblick über die Sprengfläche und die Sprengwirkung der einzelnen Schüsse.

2. Die Handhabung des Sprengapparates ist ausserordentlich einfach und kann von dem ungeschicktesten Arbeiter in wenigen Stunden verlässlich erlernt werden.

Die Tagesleistung betrug (in zehn Arbeitsstunden) durchschnittlich: Messen von 300 Sonden und Abgabe von 90 Schüssen; im Maximum: 320 Sonden und 117 Schüsse, so dass für acht Sonden ungefähr drei Minuten und für einen Schuss drei bis vier Minuten entfielen.

Alle diese Ziffern rechtfertigen den Ausspruch, dass der Sprengapparat ein sehr rasches Arbeiten ermöglicht.

3. Als Sprengmittel eignen sich nur brisante, also vorzüglich alle Nitroglycerinpräparate, deren Brisanz nicht geringer ist als jene des 72<sup>0</sup>/<sub>0</sub>igen Kieselguhr-Dynamits.

Kräftigere Sprengmittel liefern grössere Wirkungen oder ermöglichen die Anwendung kleinerer Ladungen.

Im allgemeinen ist die erforderliche Grösse der Ladungen in jedem einzelnen Falle zu ermitteln und haben die bisherigen Erfahrungen ergeben, dass 0.25 *kg* Dynamit Nr. I zum Sprengen für weiches und mittelhartes, 0.50 *kg* für sehr hartes Gestein genügen.

Grössere, im Maximum 0.75 *kg* Ladungen erfordern, besonders am Steuertheil stark construierte Sprengschiffe und Apparate mit stärkeren Führungsstangen.

4. Zur Zündung der Ladungen kann bei dieser Sprengmethode jede beliebige Zündmethode angewendet werden, da die Ladungen nur einzeln zur Explosion gelangen. Bei Verwendung minder intelligenter Arbeitskräfte empfiehlt sich in diesem Falle insbesondere die Frictionszündung — bei welcher das Abthun der Sprengschüsse auf gleiche Weise wie das Abfeuern der Geschütze erfolgt.

5. Die Wirkungen einzelner Ladungen von 0.25 und 0.50 *kg* Dynamit Nr. I entsprechen theoretischen Arbeitsleistungen<sup>1)</sup> von ungefähr 125.000 *mkg*, beziehungsweise 250.000 *mkg* und liefern

<sup>1)</sup> Als theoretische Arbeit eines Kilogrammes Sprengstoff werden angegeben, u. zw. für:

	Nitroglycerin	Kieselguhr-Dynamit	Sprenggelatine
von Berthelot . . . . .	mit 667.000 <i>mkg</i>	mit 500.000 <i>mkg</i>	mit 640.000 <i>mkg</i>
„ Roux und Sarrau . . . . .	„ 794.565 <i>mkg</i>	„ 548.250 <i>mkg</i>	„ 766.913 <i>mkg</i>
„ Wnić . . . . .	„ 605.045 <i>mkg</i> .		

befriedigende Wirkungen, sobald die Wasserhöhe über der am Felsen frei aufgelegten Ladung 1·50 bis 2·00 *m* beträgt.<sup>1)</sup>

Erstere erzeugen dann Trichter von 10·0 bis 15·0 *cm* Tiefe und 0·80 *cm* oberem Durchmesser im harten und von 15·0 bis 20·0 *cm* Tiefe und 1·20 *m* Durchmesser im weichen Felsen; letztere von 18·0 bis 25·0 *cm* Tiefe und 1·00 *m* oberem Durchmesser im harten und 25·0 bis 45·0 *cm* Tiefe und 1·50 *m* Durchmesser im weichen Felsen. (Fig. 26.)

Ein zweiter Sprengschuss an derselben Stelle vertieft den Trichter noch um etwa 8·0 bis 12·0 *cm*, beziehungsweise 10·0 bis 15·0 *cm* (Fig. 27); ein dritter Schuss dagegen hat, da das liegende Sprenggut die directe Einwirkung auf den festen Untergrund behindert, bloss eine weitere Zerklüftung des Felsens zur Folge, welche selbst bis auf 40·0 bis 60·0 *cm* Tiefe reicht. (Fig. 28.)

6. Ungleich grössere Wirkungen werden erhalten, wenn die Ladungen nicht mitten auf der oberen Fläche eines ebenen Felsens, sondern auf dessen stromabwärtigem Rand oder Abhang (Fig. 29 und 30) aufgelegt werden, weil dann der nach dieser Seite freie Felsen abgeschlagen wird, und überdies am Sprengorte kein Schuttmaterial liegen bleibt.

So wurde bei den Versuchssprengungen in der Donau am 3. Juli 1875 oberhalb dem Orte Sipp durch 0·25 *kg* Rhexit Nr. I, welches nächst einer Kante des Felsens gelegt und gezündet wurde,

Fig. 26.



Fig. 27.



Fig. 28.



<sup>1)</sup> Dieser Wasserdruck genügt dann vollkommen, um die Sprengladung als verdämmte Mine zur Wirkung zu bringen, und ist ein weiteres Bedecken mit irgend einem Körper behufs Erzielung eines grösseren Sprengeffectes überflüssig.

Fig. 29.

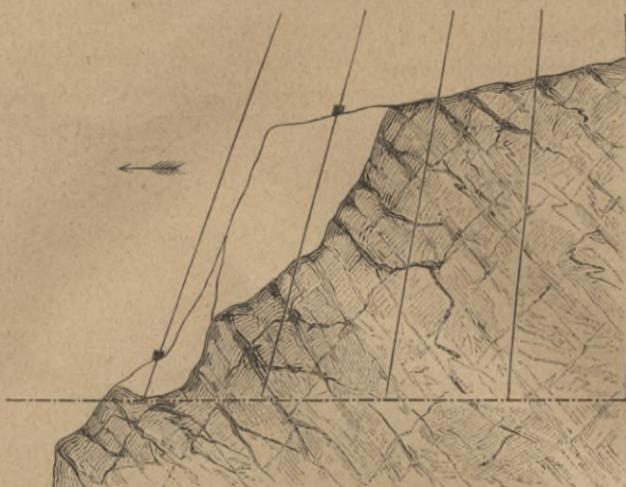
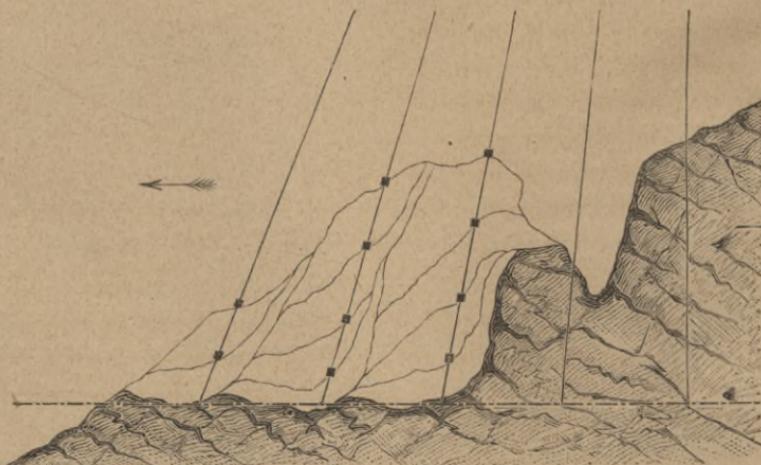


Fig. 30.



derselbe auf 1·40 *m*, im Jahre 1883 bei Szvincza durch eine Ladung von 0·50 *kg* Neudynamit Nr. I auf 1·41 *m* abgesprengt.

7. Die Sprengmethode ist unabhängig vom Wasserstand und von der Stromgeschwindigkeit und wurde bei Wassertiefen von 1·30 bis 3·00 *m* und Oberflächengeschwindigkeiten von 1·40 bis 4·50 *m* per Secunde erprobt.

8. Die Sprengmethode ist auch unabhängig von der Höhe des abzusprengenden Felsens, und können mit ihr Felsen auf beliebige Höhe vollkommen zertrümmert werden.

Schon im Jahre 1881 hat sich die Jury, welche den Fels-Sprengversuch in der Donau bei Krems controlierte, dahin ausgesprochen, dass, wenn die Verspannung des Gesteines wenigstens auf einer (natürlich stromabwärtigen) Seite aufgehoben ist, die Vertiefung durch fortgesetztes schichtenweises Absprengen in grösserem Masse ausführbar ist.

Thatsächlich betrug die grösste Höhe der Absprengung bei den durchgeführten submarinen Felssprengungen im Jahre 1881 1·14 *m*, im Jahre 1882 2·05 *m*, im Jahre 1883 1·41 *m* und im Jahre 1892 1·83 *m*, und war daher der Ausspruch, dass mit der österreichischen Fels-Sprengmethode nur Felspartien von geringer Höhe (Maximum 0·30 *m*) vortheilhaft beseitigt werden können, nicht gerechtfertigt.

Dass bei den Probesprengungen in der Donau nächst Szvinicza im Jahre 1889 die grösste Absprengungstiefe bloß 0·81 *m* betragen hat, liefert keinen Gegenbeweis, weil bei der Felsbank Jucz in ihrem stromabwärtigen Theile compacte Felspartien in grosser Ausdehnung nicht vorhanden waren und in dem auszusprengenden Canal auf vielleicht zwei Drittel seiner Fläche nur Felsen von durchschnittlich 0·60 *m* Höhe über die zu erreichende Sohle spitzenartig vorragten.

Da nun am stromabwärtigsten Theile mit der Arbeit begonnen werden musste, so waren selbstverständlich mit 100·00 *m*<sup>3</sup> Felsprengung die höheren Felspartien nicht zu erreichen.

9. Auf die Sprengmethode übt die Formation des abzusprengenden Felsens keinen Einfluss, mag dieser eine einzelne freistehende Kuppe oder eine zusammenhängende Felsmasse sein, immer wird der, Tiefenmessungen gestattende Sprengapparat anzeigen, wo und wieviel abzusprengen ist; und da beim Ineinandergreifen der Wirkungen aufgelegter Ladungen keine nennenswerte Erhöhungen zurückbleiben, so kann auch die Arbeit nach möglichst ebenen Flächen bewirkt werden.

10. Das Entfernen des Sprenggutes ist mit einfachen Maschinen auf leichte und billige Art zu bewerkstelligen, weil der Felsen zu kleinen Stücken und

grobem Schotter zermalmt wird, und — sofern es nicht schon zum Theile durch die Explosionen der Sprengladungen von der Sprengstelle weggeschleudert und durch die Strömung des Wassers abgeschoben wurde — leicht mittels Rechenschiffen abgezogen oder durch gewöhnliche Bagger gehoben werden kann.

Nach den Versuchen in Krems im Jahre 1881 und zu Szvinnicza im Jahre 1883 wurden unmittelbar durch die Sprengung 66% des gesprengten Materiales von der Sprengstelle beseitigt und besorgte die Strömung, nach den Beobachtungen, bei Krems innerhalb zwölf Stunden ein weiteres Abschieben von 9<sup>0</sup>/<sub>10</sub> des gesammten Sprenggutes. Noch günstigere Resultate ergaben in dieser Beziehung die Felssprengungen in der Drina bei Zwornik im Jahre 1892, bei welchen das gesammte Schuttmaterial abgeschwemmt wurde.

11. Die Nacharbeiten entfallen nahezu gänzlich, weil die durch jede Schiffsstellung beherrschte Fläche des Flussgrundes in ihrer ganzen Ausdehnung auf die erforderliche Tiefe gebracht wird, was umso leichter möglich ist, als die systematisch aufgelegten und gezündeten Minen in einem homogenen Mittel Mulden (Trichter) bilden, deren obere Durchmesser die fünf- bis sechsfache Muldentiefe aufweisen und beim Ineinandergreifen ihrer Wirkungen daher nur unbedeutende Erhöhungen zurückbleiben, welche nicht über das verlangte Niveau hinausragen.

Die nach bewirkter Absprengung fast ebene Gestaltung des Flussgrundes ist eine besondere Charakteristik dieser Sprengmethode.

Mit Hilfe der Schiessbücher, die bei den Sprengungen geführt wurden, können die Wirkungen der Schüsse sowohl in der Stromrichtung, als auch senkrecht darauf, somit Längen- und Querprofile gezeichnet werden, welche ein anschauliches Bild über Einzel- und Gesamtwirkung sowie Rückwirkungen der Ladungen geben. Beilage C zeigt das von der Prüfungscommission beim Versuche am 14. September 1889 diesbezüglich geführte Schiessbuch.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Zur genauen Constatierung der Wirkungen wurde zuerst die ganze Fläche sondiert, dann die für jeden Punkt nothwendige Schusszahl bestimmt und jedesmal nach Abgabe der Schüsse an einem Punkt nicht nur dieser, sondern auch die benachbarten absondiert, um zu sehen, wie weit sich die Seitenwirkung erstreckt; endlich nach Beendigung der Sprengung auf einer Linie, die Tiefenmessung sowohl längs dieser, als auch längs der nächsten stromaufwärtigen vorgenommen, um zu erheben, wie sich das gesprengte Material vertheilt, und wie weit die Rückwirkung reicht.

12. Die Arbeitsleistung eines Sprengapparates ist eine ganz bedeutende und können bei richtigem Arbeitsvorgange in zehn Stunden 10·00 bis 14·00  $m^3$  Felsen unter Wasser zerstört werden.

Bei nothwendiger Forcierung der Arbeiten müssen möglichst viel solcher Apparate nebeneinander auf demselben Arbeitsplatze zur Verwendung kommen, damit von einer Schiffsstellung eine thunlichst grosse Fläche des Flussgrundes beherrscht wird, was durch Benützung von Doppelsprengschiffen,<sup>1)</sup> oder durch Aufmontierung mehrerer Sprengapparate an der Längsseite eines einfachen Sprengschiffes erreicht werden kann.

13. Das Sprengschiff verbleibt während des Sprengens am Arbeitsplatze so lange, bis hier die gewünschte Sohlentiefe erreicht wurde, so dass zeitraubende Stellungswechsel u. dgl. entfallen. Aber auch letztere sind bei dem geringen Gewichte dieser Schiffe leicht durchführbar.

14. Die Kosten eines Sprengschiffes sind sehr gering, weil das Schiff keine abnorme Grösse und Bauart hat, und der Sprengapparat höchst einfacher Construction ist.

Die Anschaffungskosten der bei den Versuchssprengungen verwendeten Arbeitsschiffe betragen: für ein Schiff mit aufmontiertem, provisorisch hergestelltem Sprengapparat 5200 *K*, für das 1889 in der Donau erprobte einfache Sprengschiff 6600 *K* und für das 1892 bei der Drina-Regulierung in Arbeit gestellte doppelte Sprengschiff mit gut functionierendem maschinellen Sprengapparat (Tafel IV) 14.000 *K*.

Mit einem Sprengapparate können mehr als 10.000 Schuss abgegeben werden, ohne dass Apparat oder Schiff nennenswerte Reparaturen erfordern.

15. Die Gestehungskosten für 1·00  $m^3$  nach dieser Methode gesprengten Felsens berechnen sich auf Grund nachstehender Preisanalyse mit ungefähr 18·00 *K*.

### Preisanalyse für einen Cubikmeter Felssprengung unter Wasser.

#### Munition.

4·0 <i>kg</i> Nr. I in 8 Blechbüchsen laboriert und abgedichtet à 2·20 <i>K</i> . . . . .	8·80	} 12·78 <i>K</i>
9 Stück Frictionszündler à 0·30 <i>K</i> . . . . .	2·70	
8 Garn. Befestigungsbänder sammt Haken à 4 <i>h</i> . . . . .	0·32	
8 Stück Ladungshölzer à 6 <i>h</i> . . . . .	0·96	

<sup>1)</sup> Jeder Sprengapparat beherrscht 50·00  $m^2$  des Felsgrundes.

Arbeitslohn.		Übertrag 12·78 K
0·1	Partieführer à 5·00 K . . . . .	0·50
0·2	Arbeiter à 3·00 „ . . . . .	0·60
0·2	„ à 2·00 „ . . . . .	0·40
0·05	Manipulant à 3·00 „ . . . . .	0·15
0·1	Laborant à 2·00 „ . . . . .	0·20
0·1	Arbeiterin à 1·00 „ . . . . .	0·10
0·1	Handlanger à 2·00 „ . . . . .	0·20
Transportauslagen.		
0·1	Steuermann à 3·00 K . . . . .	0·30
0·3	Schiffsleute à 2·00 „ . . . . .	0·60
Administration, Amortisation und Patent- entschädigung . . . . .		1·87 „
		<u>Einheitspreis 17·70 K</u>

Die bei den einzelnen Versuchen diesbezüglich für die verschiedenen Gesteinsgattungen ermittelten Einheitspreise (Beilage B) reducieren sich — bei Entfall der Patententschädigung — wie folgt: für faulen Schiefer (Eisernes Thor) auf . . . . . 8·07 K  
 „ mittelharten Kalkstein (Felsen in der Drina bei Zwornik) auf . . . . . 12·27 „  
 „ harten Kalkstein (Kozla-Dojke) auf . . . . . 15·15 „  
 „ Serpentin (Jucz) auf . . . . . 16·87 „  
 und für sehr harten Gneis (Felsen in der Donau bei Krems) auf . . . . . 18·71 „<sup>1)</sup>

Dieselben stellen sich um so niedriger, je kräftiger und billiger das zur Verwendung gelangende Sprengmittel ist, da die Auslagen für Sprengmunition nahezu 75 % der Gesamtkosten ausmachen.

Wird der grosse Sprengmittelbedarf als Nachtheil der Sprengmethode aufgefasst, so ist letzterer reichlich dadurch aufgewogen, dass die vollkommene Zerkleinerung des zu zerstörenden Felsens ein sehr leichtes und billiges Baggern ermöglicht, was beim Sprengen mittels Bohrschüssen nur durch verhältnismässig nahes Zusammenwirken der einzelnen Bohrschüsse, daher blos mit grossem Zeitaufwande erreicht werden kann.

<sup>1)</sup> Die Differenzen dieser Einheitssätze sind eine Folge der wechselnden Sprengmittelpreise.

Die unparteiische Jury, welche im Jahre 1881 den Sprengversuch in der Donau bei Krems überwachte, resumierte am Schlusse ihr Gutachten folgendermassen: Fasst man das in den Punkten 1 bis 15 Gesagte zusammen, so ergibt sich, dass nach der vom Herrn Major Lauer beantragten Sprengmethode bei jeder Wassergeschwindigkeit und bei jeder praktisch in Betracht kommenden Wassertiefe, Sondierungen und Sprengungen unter Wasser mit genügender Präcision in wirksamer Weise vorgenommen werden können und dass sich insbesondere die Vertiefung eines felsigen Flussgrundes verhältnismässig rasch und mit relativ sehr mässigen Kosten ausführen lässt. Ganz eminent werden diese Vortheile, wenn grössere Wassertiefen und stärkere Strömungen vorherrschen.

Wie richtig dieses Urtheil war, bestätigten die späteren Versuche, insbesondere die im Jahre 1892 eingeleitete Regulierung in der Drina.

Der diesbezüglich seinerzeit von der Landesregierung für Bosnien und die Herzegowina gestellte Antrag zur Absprengung jener Felsen, welche die Schifffahrt für seichtgehende Fahrzeuge behinderten, wurde vom k. u. k. Reichs-Finanzministerium genehmigt.

Bevor man die einschlägigen Arbeiten in Angriff nahm, liess Se. Excellenz der k. u. k. Reichs-Finanzminister Kállay de Nagy-Kállo meine Sprengmethode durch den Ingenieur Otto Denk im April 1892 bei Zwornik erproben.

Zur Verwendung gelangte hiebei ein, auf der Schiffswerfte in Berczka erbautes doppeltes Sprengschiff (Tafel IV).

Nachdem der Bauleiter und die aus Landesbewohnern bestehende Arbeitspartie über die Sprengmethode orientiert waren, konnten die Arbeiter, nach dem zweiten Arbeitstage, Sondieren und Sprengen sowie Laborieren der Munition, anstandslos, selbständig und wie die in Beilage B zusammengestellten Resultate beweisen, mit bestem Erfolge durchführen.

Nach beendeter Sprengung zeigte sich beim nächsten kleinen Wasserstande, dass der Felsen vollkommen rein abgesprengt und das Sprenggut abgeschwemmt war, so dass im Felsen eine Cuvette mit ebener Sohle zurückblieb.

### Schlussbetrachtung.

Die Entgegenstellung der bei den drei besprochenen Arbeitsmethoden zu gewärtigenden Arbeitsresultate ermöglicht die Beurtheilung der Anwendbarkeit und die Art der Verwertung jeder einzelnen Methode unter verschiedenen Verhältnissen.

Um dieses Urtheil auf ein specielles Beispiel ausdehnen zu können, seien — unter Zugrundelegung der Arbeitsverhältnisse bei Regulierung der unteren Donau und der bei derselben bewältigten Cubaturen — die hiebei erreichbaren Arbeitsleistungen einander gegenübergestellt.

Hiezu habe ich in der nachstehenden Tabelle alle erforderlichen Daten für das Bohrschiff Nr. IV, für das Brechschiff Nr. II und für das Doppel-Sprengschiff aufgenommen u. zw. für das österreichische Arbeitsschiff genau nach den Resultaten der mit dem Doppel-Sprengschiff (Tafel IV) von der bosnischen Landesregierung in der Drina durchgeführten Felssprengungen, für die beiden anderen Arbeitsschiffe nach den früher genannten, vom Sectionsrathe B. v. Gonda und Professor H. Arnold veröffentlichten Mittheilungen.

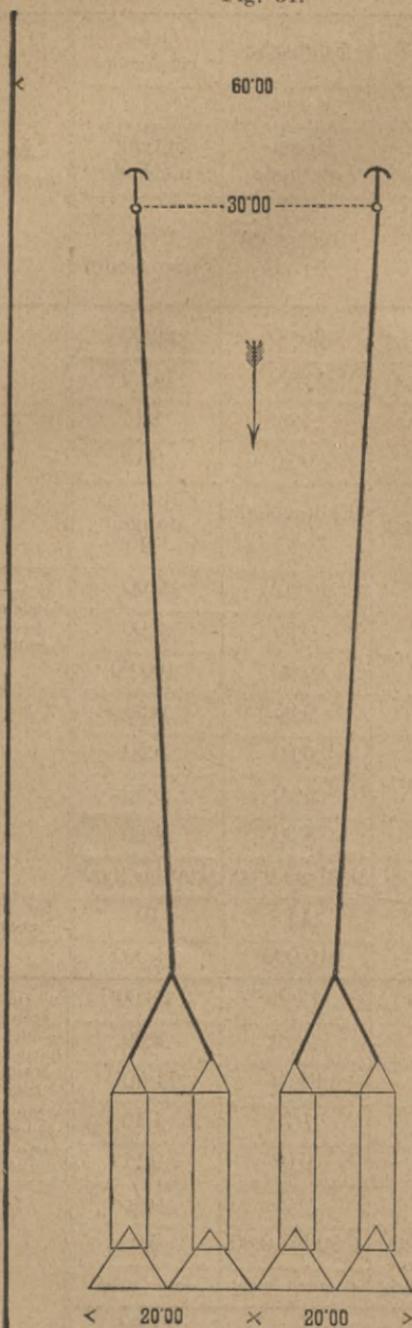
Hiebei sind auch alle Angaben über die Arbeitsleistungen verlässlich, da sie bezüglich der österreichischen Fels-Sprengmethode von der durch Handelsminister G. v. Baross im Jahre 1889 eingesetzten Commission für hartes Gestein gemacht, jene für die beiden anderen Arbeitsmethoden dagegen dem vom österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine im Jahre 1897 veröffentlichten Vortrage des Ministerialrathes E. v. Wallandt und dem Buche des Sectionsrathes B. v. Gonda entnommen wurden.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Hier sei bemerkt, dass die österreichische Fels-Sprengmethode bisher keine ausgiebige praktische Verwendung fand, sie wurde zumeist nur versucht, bei welchen commissionellen Erprobungen nur provisorisch gebaute Sprengschiffe zur Anwendung kamen. Diese Arbeitsmethode ist noch sehr verbesserungsfähig und lässt eine wesentliche Steigerung ihrer bisher constatirten Leistungsfähigkeit zuversichtlich erwarten. Insbesondere ist durch Feststellung des Sprengschiffes auf Füsse ein noch genaueres Sondieren und Sprengen — durch bessere maschinelle Einrichtung des Sprengapparates ein noch schnelleres Arbeiten — und durch Wahl besonders kräftiger Sprengmittel eine bedeutend grössere Arbeitsleistung und eine noch bessere Verkleinerung des Gesteins zu erzielen. — Die amerikanische Fels-Spreng- und die englische Fels-Brechmethode wurden bei den Regulierungsarbeiten in der unteren Donau angewendet,

A l s				Amerika- nische	Englische	Öster- reichische	An- merkung	
				F e l s -				
				Spreng- methode	Brech- methode	Spreng- methode		
				Bohrschiff Nr. IV	Brechschiß Nr. II	Dopp. Sprengschiff		
des Arbeitsschiffes	Grösse		m	Länge	45·00	60·00	22·00	
	Breite			15·00	12·00	14·00		
	Höhe			0·85	2·80	1·15		
	Tauchung			0·60	0·75	0·15		
	Sprengapparate		Zahl	Bohr- maschinen 4	Fallmeissel 1	Führungs- stangen 2		
	Arbeits- raum	Länge		m	15·48	40·00 <sup>1)</sup>	20·00	1) Durch Pendeln des Brech- schiffes
		Breite			4·00	0·50	5·00	
		Fläche			m <sup>2</sup>	61·60	20·00	
	Anwend- barkeit bei	klein- ste	Wassertiefe oberhalb des Felsens	m	0·80	0·95	0·35	
		grösste			3·00	3·90	5·50	
Gesamtwassertiefe		6·00	5·50		5·50			
Stromgeschwindig- keit		4·50	4·50		4·50			
Felsenhöhen von		0·80 bis 2·50	0·00 bis 0·80		0·00 bis 2·50			
Benennung		Zahl	20	14	10	für Tag- arbeit		
Anschaffungskosten		K	150.000	110.000	14.000			
Arbeitsleistung	Arbeits- schiff pro	Arbeitstag zu 10 Std	m <sup>3</sup>	23·80 <sup>1)</sup>	17·99 <sup>2)</sup>	23·00 <sup>2)</sup>	1) Durch- schnitts- zahlen für harten und weichen Stein. 2) für harten Stein (wie am Jucz).	
		Arbeitsstunde		2·38	1·79	2·30		
	Spreng- apparat pro	Arbeitstag zu 10 Std.		5·95	17·99	11·50		
		Arbeitsstunde		0·59	1·79	1·15		
	Spreng- oder Bohrschuss oder Meisselstoss				3·05	0·03		0·117
	Arbeitszeit für 1·00 m <sup>3</sup> Fels- beseitigung			Std.	0·42	0·55		0·43
	Tiefensprengung wegen Bagge- rung			m	1·00 bis 1·50	0·50 bis 0·80		0·00
	Baggerfähigkeit des Sprenggutes				sehr schwierig	ziemlich leicht		sehr leicht
Einheits- preis	für 1·00 m <sup>3</sup> gesprengten und be- seitigten	harten	Felsen	K	70·00 bis 90·00	21·62		
		weichen			50·00 bis 70·00	18·38		

Fig. 31.



Für den Fachmann ge-  
nügen einerseits die Beschrei-  
bung, anderseits die in der  
Tabelle zusammengestellten  
Daten vollkommen, um sich  
über Wert und Anwendbar-  
keit der einzelnen Methoden  
in jedem speciellen Falle ein  
objectives Urtheil zu bilden,  
und will ich daher nur den  
Arbeitsvorgang erörtern,  
welcher bei Anwendung der  
österreichischen Fels-Spreng-  
methode zur Herstellung des  
60.00 m breiten Schiffahrts-  
canales in der unteren Donau  
einzuhalten gewesen wäre.

Je zwei doppelte Spreng-  
schiffe, deren Apparate noch  
bei einem Wasserstande  
von  $+3.50$  m arbeiten konn-  
ten, waren mit Hilfe einer  
starken Dampfbarcasse ein-  
zufahren, an vorher gelegte  
30.00 m voneinander ent-  
fernten Bojen mittels der  
Hauptanker zu befestigen und  
bis an das stromabwärtige  
Ende des herzustellenden Can-  
ales herabzulassen. (Fig. 31.)

mit beiden wiederholt reiche Er-  
fahrungen gesammelt, und diese  
bei Verbesserung ihrer maschin-  
ellen Einrichtungen in einer Weise  
verwertet, dass eine noch weitere  
Vervollkommnung derselben fast  
ausgeschlossen ist und daher mit  
diesen Arbeitsmethoden auch in  
Hinkunft keine wesentlich grösser-  
en Arbeitsleistungen als bisher  
erreicht werden können.

Die Arbeit hätte hierauf in der Mitte des Canales begonnen und wäre gegen einen Canalrand hin pendelnd fortzusetzen gewesen.

Zieht man diesbezüglich die Strom- und Grundverhältnisse in der unteren Donau in Betracht, so waren bei den Stromschnellen Sztenka, Kozla-Dojke Izlas-Tachtalia und Jucz die durch die Felsbänke herzustellenden Canäle auf ein Niveau von 2·00 *m* unter dem örtlichen kleinsten Wasserstand (Nullwasserspiegel des Orsovaer Pegels) abzusprengen.

Die Stromgeschwindigkeiten wechselten zwischen 2·50 bis 4·50 *m* per Secunde; die Wassertiefen je nach den herrschenden Wasserständen beiläufig zwischen 0·40 bis 6·00 *m*, bei Niederwasser ragten sogar zeitweilig einzelne Felsspitzen aus dem Wasser heraus.

An Gesteinsarten kam Kalkstein, Gneis, Granit und Serpentin mit meist karstartig zerklüfteter Oberflächengestaltung vor (Felsspitzen und Dolinen wechselten reichlich ab).

Die Höhe der erforderlichen Sprengung betrug:

bei Sztenka, wo bei niedrigstem Wasserstande nirgends Felsen zutage treten — blos durchschnittlich 0·50 *m*;

bei Kozla-Dojke und zwar im stromaufwärtigen Theile der Kozla in einer kurzen Strecke des linksseitigen Canalrandes als Maximum 3·85 *m*, durchschnittlich jedoch im stromaufwärtigen Drittel 1·20 *m*, im übrigen Theile 0·60 *m*, bei Dojke endlich ppt. 1·20 *m*;

bei Izlas ppt. 0·60 *m*;

bei Tachtalia an einer kleinen Stelle als Maximum 2·30 *m*, sonst durchschnittlich 0·60 *m*, zum überwiegend grössten Theile jedoch ppt. 0·50 *m*;

am Jucz, wo vielleicht der Felsen am compactesten auftrat, durchschnittlich 0·80 *m*, stromabwärts der Felsbank auf eine grosse Ausdehnung auch noch weniger.<sup>1)</sup>

Es waren somit bei bedeutender Wassertiefe und Stromgeschwindigkeit nur Felsen von geringer Höhe zu beseitigen; Bedingungen, welchen weder die englische Fels-Brech- noch die amerikanische Fels-Sprengmethode — weil unzulänglich, zu kostspielig und zeitraubend — jede für sich entsprechen konnten; welchen aber die österreichische Fels-Sprengmethode allein ohne Schwierigkeiten volle

---

<sup>1)</sup> Sämmtliche Daten sind den Plänen des Bedingnisheftes der Offertausschreibung vom 9. Juni 1889 entnommen.

Rechnung getragen haben würde, umso mehr als sie die billigste Arbeitsmethode war, die grösste Anzahl Arbeitstage im Jahre auszunützen erlaubte und ganz unbedeutende Installationskosten erforderte.

Da je nach der Härte des Gesteines und Tiefe der Aussprengung täglich 40·00 bis 60·00  $m^3$  Felsen unter Wasser mit zwei Doppelschiffen gesprengt werden konnten, so wäre der durch die Stromschnellen herzustellende Canal:

bei Sztenka — wegen der grösseren Länge des Canals und entsprechend der Sohlengestaltung — mit vier Doppelschiffen in 93 Tagen;

bei Kozla-Dojke — aus gleichem Grunde mit sechs Doppelschiffen in 696 Tagen;

bei Izlas-Tachtalia mit vier Doppelschiffen in 646 Tagen, und

bei Jucz — wo der Grundbeschaffenheit wegen nur zwei Doppelschiffe in Anwendung hätten kommen können — in 796 Arbeitstagen ausgesprengt worden.

Nach dem von Hofrath G. Wex als Mittelwerte berechneten und graphisch dargestellten Monatswasserständen der Donau bei Orsova ist blos im April und Mai das Wasser über 4·00  $m$ . Es konnte sonach mittels frei aufgelegter Ladungen von Juni bis December ununterbrochen an jenen Canaltheilen gearbeitet werden, welche bei keinem Wasserstande sichtbar waren; und hätten die Sprengschiffe nur im December wegen des Eisganges aus dem Strome auf kurze Zeit entfernt werden müssen. Die Zeit des Niederwassers von Mitte December bis inclusive März wäre zur Sprengung einzelner isolierter, über die Wasserfläche emporragender Felspartien mittels — bis unter die neue Canalsohle reichender — Bohrloch-Kammerminen<sup>1)</sup> auszunützen gewesen und konnte sonach auf mehr als 200 bis 220 Arbeitstage im Jahre gerechnet werden.

Hierauf basierte ich auch — jedoch bei Annahme einer Arbeitsleistung, welche bedeutend geringer war als jene, die sich als Versuchsergebnis ergab — das Arbeitsprogramm, als ich zur Leitung der in Staatsregie durchzuführenden Sprengarbeiten bei den Regulierungsarbeiten in der unteren Donau berufen wurde.

---

<sup>1)</sup> Mitgetheilt in meiner Broschüre: „Anleitung für die rationelle Verwendung der Dynamite im Berg- und Eisenbahnbau, zur Steingewinnung für submarine Sprengungen und für Culturzwecke“. — Wien, 1875.

Dieses, ein detailliertes Elaborat, umfasste die technische und administrative Organisation der „Bauabtheilung für Sprengarbeiten“, um letztere jeden Augenblick zielbewusst sofort in Angriff nehmen zu können und hatte zunächst den 1. October 1889 als Arbeitsbeginn angenommen. Da später für das Jahr 1889 nur die Aufstellung der königl. ungarischen Bauleitung in Orsova sowie die Vornahme von Versuchen bewilligt wurde, so musste das Programm (Beilage D), sowie das ganze Elaborat für den Beginn der Fels-Sprengungsarbeiten mit 1. Juli 1890 umgearbeitet werden.<sup>1)</sup>

Nach demselben wäre — trotz der Annahme der minderen Arbeitsleistungen die Regulierung der Stromschnellen Izlas-Tachtalia im Jahre 1893 und jene der übrigen Stromschnellen im Jahre 1894 vollendet gewesen.

---

<sup>1)</sup> Ein ähnliches Arbeitsprogramm wurde schon in dem vom Donau-Vereine herausgegebenen Werke: „Beitrag zur Regulierung der Stromschnellen der Donau zwischen Moldova und Turn-Severin“. — Wien, 1883, mitgetheilt.

## Resumé.

Werden Anwendbarkeit und Leistungsfähigkeit der drei besprochen Arbeitsmethoden einander entgegengehalten, so gelangt jeder Fachmann zu folgendem Resultat:

1. Was den Bau und die Einrichtung der Arbeitsschiffe betrifft, so ist das österreichische Doppel-Sprengschiff das kleinste Arbeitsschiff, welches — ausser den sehr einfachen leicht zu handhabenden Sprengapparaten — keine maschinellen Einrichtungen hat und Beleuchtungsapparate entbehren kann, da dessen grosse Leistungsfähigkeit Nacharbeiten unnöthig macht. Das Doppel-Sprengschiff kann seines geringen Deplacements und Tiefganges wegen auch bei der grössten Stromgeschwindigkeit mit verhältnismässig leichten Ankern gut versichert und verstellt werden und gestattet schon bei sehr kleinem Wasserstande oder bei geringer Wasserhöhe über den zu sprengenden Felsen das Einstellen des Sprengschiffes auf dem Arbeitsplatze, somit, wie schon erwähnt, die Ausnützung einer grösseren Zahl von Arbeitstagen im Jahre.

Die amerikanischen und englischen Arbeitsschiffe dagegen sind wegen der vielen maschinellen Einrichtungen (für Bohrmaschinen oder Fallmeissel, für Beleuchtung und Lavierung) bedeutend grösser und stärker gebaut, weisen ein grosses Deplacement auf und tauchen sehr tief. Beide Arbeitsschiffe lassen sich nur mit grossem Zeit- und Kostenaufwand an die Arbeitsstelle bringen und dort durch schwere Anker feststellen.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Sectionsrath E. v. Wallandt sagt im seinem im österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine zu Wien gehaltenen Vortrage über die Schwierigkeiten des Einstellens der verwendeten Arbeitsmaschinen, dass ein Stellungswechsel etc. „nicht nur Zeitverlust, sondern auch grosse Kosten verursachte, weil das Verankern einer Arbeitsmaschine, wobei der Hauptanker ein Gewicht von 2500 kg und die Lavieranker ein Gewicht von 700 bis 800 kg hatten, ein bis zwei Tage in Anspruch nahmen“.

2. Von den Sprengapparaten ist jener des Doppel-Sprengschiffes der einfachste, am leichtesten und ohne Maschinenbetrieb zu handhaben, während sowohl die Bohrmaschinen als auch die Fallmeissel nur mit Dampfkraft in Thätigkeit gesetzt werden können.

3. Die Beherrschung des Flussgrundes aus einer Schiffsaufstellung ist beim Doppel-Sprengschiffe — (obwohl es gegenüber den beiden anderen wie ein Zwerg gegen einen Riesen erscheint) — bedeutend grösser als bei den anderen Arbeitsschiffen.

Während die beherrschte Fläche mit ersterem, ohne dass das Schiff aus seiner Aufstellung verrückt zu werden braucht, 100 00  $m^2$  beträgt, erreicht sie beim Bohrschiff Nr. IV (dessen Arbeitslinie eine Länge von 15·40  $m$  hat) 61·60  $m^2$ , beim Brechschiff Nr. II sogar blos 12·00 bis 20·00  $m^2$ .<sup>1)</sup>

Es müssen daher bei letzteren viel öfters Schiffsverstellungen vorgenommen werden, was den Fortgang der Arbeit beeinträchtigt.

4. Die Anwendbarkeit der einzelnen Arbeitsmethoden wird vom Wasserstande und der Stromgeschwindigkeit nur wenig beeinflusst; doch fordert die Sprengmethode mittels Bohrschüssen besondere Schutzvorrichtungen für die Bohrer. Bei der österreichischen und englischen Arbeitsmethode stellen Führungsstangen und Fallmeissel dem Wasser keinen nennenswerten Widerstand entgegen, daher auch jede Schutzmaschine bei demselben entfällt.

5. Die Zündung von aufgelegten Sprengladungen ist wesentlich einfacher und sicherer als jene von Bohrschüssen; vorzeitige Explosionen sind ausgeschlossen und die Gefahr sitzengebliebener Minen entfällt.

6. Nach den Arbeitsleistungen übertrifft die österreichische sowohl die amerikanische als auch die englische Methode, da die Tagesleistungen per Arbeitsschiff (siehe Tabelle) 23·00  $m^3$ , beziehungsweise 23·80  $m^3$  und 17·99  $m^3$  betragen.

Es wird zwar durch einen Bohrschuss die grösste Menge (3·05  $m^3$ ) Felsen gelockert, aber die hiezu erforderliche Arbeitszeit (1·28 Stunden) ist so bedeutend, dass in gleicher Gesteinsart selbst

---

<sup>1)</sup> Das Bohrschiff wird nach Herstellen und Laden jeder Reihe von Bohrlöchern stromaufwärts gezogen und zum Abthun zweier Reihen von Bohrschüssen überdies viele Meter seit- und stromaufwärts des Arbeitsplatzes abgeschwenkt.

Das Brechschiff bricht schmale Streifen von 0·30 bis 0·50  $m$  Breite und bis zu einer Länge von ungefähr 40·00  $m$  ab, bei welcher Arbeit das Schiff continuierlich nach einer Seite hin verstellt werden muss.

mit vier Bohrmaschinen eine geringere Tagesleistung erreicht wird als mit zwei Sprengapparaten.

Die angeführten Leistungen der amerikanischen und englischen Arbeitsmethoden treffen aber nur dann zu, wenn die Höhe der Absprennung bei der ersteren mindestens, bei der letzteren höchstens 0·80 *m* beträgt, Beschränkungen, die bei der österreichischen Fels-Sprengmethode nicht bestehen, da mit ihr sowohl sehr niedrige (0·10 *m*) als auch sehr hohe (erfahrungsgemäss bis jetzt 2·50 *m*) Felspartien abgesprengt werden können.

Während also die beiden ersteren Arbeitsmethoden bei wechselnden Aushebungstiefen einander ergänzen müssen, ist letztere selbständig anwendbar.

7. Die Wirkungen der Bohrschüsse, Meisselstösse und Sprengschüsse, wesentlich von einander verschieden, sind hauptsächlich mitentscheidend bei Wahl einer der drei Arbeitsmethoden.

Durch Bohrschüsse wird zwar die Cohäsion des Felsens in ausgedehntestem Masse zerstört, je nach der Grösse der Bohrlochladungen aber mehr oder weniger grosse Steintrümmer erzeugt, welche in die im Sprengorte entstandenen steilen Minentrichter zurückfallen und sich dort zwischen dem verbliebenen Felskegeln verzweigen.

Sind die Bohrlöcher richtig angeordnet und stark geladen (h wenigstens gleich 0·5 *t*), wie dies bei den Felssprengungen im St. Lorenzostrome beachtet wurde, so fällt das Sprenggut nicht zu gross aus und dessen Entfernung macht keine besonderen Schwierigkeiten; werden dieselben aber schwach geladen und in grossen Entfernungen neben- und hintereinander angelegt, — wie bei den Regulierungsarbeiten in der unteren Donau, so verbleiben zwischen ihnen hohe Spitzkegel stehen und der gesprengte Felsen wird nur in grosse Stücke gebrochen.

Durch das Aufschlagen der Meissel auf dem Felsgrund wird derselbe zumeist in kleinere Stücke getheilt, doch müssen die einzelnen Schläge mit schweren Meisseln in kleinen Entfernungen von einander und nächst einer freien Wand geführt werden; aber dessenungeachtet bleiben selbst bei dem systematischsten Arbeitsvorgange noch immer einzelne grosse Felsblöcke auf dem unregelmässig gestalteten Felsgrunde zurück.

Es ist eben die Kraft, mit welcher ein Meissel auf den Felsgrund aufschlägt keine constante und wechselt mit jedem Wasser-

stande (weil sich die Fallhöhe ändert) und mit der Lage der Auftrefffläche (ob horizontal oder geneigt).

Nach dem bei den Regulierungsarbeiten in der unteren Donau gemachten Erfahrungen wurden durch einen Meisselschlag  $0.042 m^3$  weicher Felsen, oder  $0.023 m^3$  harter Felsen<sup>1)</sup> (wie am Jucz) zertrümmert; gewiss keine besonderen Arbeitsleistungen.

Ganz anders wird durch Sprengschüsse — frei aufgelegte brisantwirkende Sprengmittel-Ladungen — der Felsgrund verkleinert; denn durch die Explosion jeder Ladung erfolgt der Stoss nicht wie bei dem Fallmeissel nur in einer Richtung, sondern nach allen Richtungen mit gleicher Kraft und wird die Wirkung jedes Sprengschusses weder durch den Wechsel des Wasserstandes noch durch die Gestaltung des Felsgrundes (geneigte Flächen) beeinträchtigt.

Das durch Sprengschüsse erhaltene Schuttmaterial ist nahezu vollkommen verkleinert, kaum dass sich Steine von  $8 dm^3$  darin vorfinden.

Nach den Erhebungen bei den bisherigen Fels-Beseitigungsarbeiten wurde durch einen Sprengschuss mit  $0.50 kg$  Dynamit Nr. I  $0.147 m^3$  weicher, und mit  $0.43 kg$  Dynamit Nr. I  $0.113 m^3$  harter Felsen (wie am Jucz) zerstört.

Darnach ist die Wirkung eines Sprengschusses von  $0.50 kg$  brisanten Sprengmittels vier- bis fünfmal grösser als jene eines Meisselstosses von 70 Metertonnen Schlagkraft.

8. Das Entfernen (Baggern, Heben oder Wegschieben) des Abbruchmateriales ist mit Rücksicht auf die Wirkungsarten der Bohrschüsse, Meisselschläge und Sprengschüsse bei der amerikanischen Fels-Sprengmethode am schwersten und bei der österreichischen am leichtesten durchführbar.

Bei dem durch Bohrschüsse gewonnenen Sprenggut müssen zu dessen Entfernung besonders kräftige Bagger verschiedener Systeme angewendet werden und überdies, um die Baggararbeit zu erleichtern der Felsgrund auf beträchtliche Tiefe ( $1.00$  bis  $1.50 m$ ) unterhalb der geplanten Canalsole gesprengt werden, während das durch Sprengschüsse erhaltene Schuttmaterial mit den einfachsten Arbeitsmaschinen

---

<sup>1)</sup> Nach den Mittheilungen des Ingenieurs G. Rupečić (Seite 47) trafen die bei den Donauarbeiten verwendeten Meissel mit einer Fallkraft von 50 bis 70 Metertonnen den Felsen. Letztere Arbeitsleistung kann mit 8, 9, 10 oder 12 t schweren Meisseln bei Fallhöhen von 9.00, 7.90, 7.40, beziehungsweise 6.40 m erreicht werden, weshalb mit den Brechschiffen erst bei einem Wasserstande von  $+ 2.00 m$  befriedigende Resultate erhalten werden konnten.

entfernt werden kann, ohne dass dieserhalb eine Mehraussprengung im Felsgrunde nothwendig ist.

9. Nacharbeiten kommen hauptsächlich bei der amerikanischen Fels-Sprengmethode vor, da selbst, wenn von Versagern abgesehen wird, die Höhe der zwischen den einzelnen Minenrichtern zurückbleibenden Felskegel sehr variiert und nicht im vorhinein bestimmt werden kann. Solche Nacharbeiten, welche zeitraubend, kostspielig und, wenn einige Bohrschüsse versagten, auch gefährlich sind, entfallen bei den beiden anderen Arbeitsmethoden.<sup>1)</sup>

10. Wenn auch bei richtigem Arbeitsvorgange der Einheitspreis für 1·00 m<sup>3</sup> Felsbeseitigung unter Wasser bei der amerikanischen und englischen Arbeitsmethode niemals jene Höhe wie bei den durchgeführten Regulierungsarbeiten in der unteren Donau erreichen wird, so werden doch die billigen Arbeitsmittel, der Wegfall besonderer maschineller Einrichtungen und die leichte Beseitigung des Sprenggutes bei der österreichischen Fels-Sprengmethode die ökonomischste Arbeitsdurchführung auch unter anderen Verhältnissen ermöglichen.<sup>2)</sup>

11. Schliesslich muss noch auf die ganz bedeutenden Installationsauslagen hingewiesen werden, welche für die Herstellung der Schifffahrtscanäle in der unteren Donau erwachsen sind und die über drei Millionen Kronen betragen haben sollen.

Bei Anwendung der österreichischen Fels-Sprengmethode würden kaum ein Million Kronen zur Anschaffung der nothwendigen:

<sup>1)</sup> Bei der Stromschnelle Sztenka nahm die Reinigung des 1900 m langen ausgesprengten Canales mit dem Peilschiffe 123 Tage in Anspruch.

<sup>2)</sup> Die Einheitspreise für 1·00 m<sup>3</sup> Felssprengungen unter Wasser nebst Entfernen des Sprenggutes betragen bei derlei Arbeiten:

im Jahre	1832	im Rhein bei Bingen mittels Bohrschüssen (Handbohrung)	600·0 K
" "	1845	in der Donau bei Grein " " "	48·0 "
" "	1881	" " " " Krems " Sprengschiff . . . . .	23·3 "
" "	1883	" " " " Szvnicza " " . . . . .	22·5 "
" "	1889	" " " " " " " " . . . . .	15·3 "
" "	1890	im Rhein zwischen Bingen und St. Goar mittels Taucherschachtschiffen . . . . .	28·0 "
" "	1892	in der Drina bei Zwornik mittels Sprengschiff . . . . .	10·3 "
" "	1892	in der Donau zwischen Sztenka und Eisernes Thor mittels Bohr- und Brechschiff . . . . .	50—90·0 "
" "	1898	in der Donau in Kleinen Eisernen Thor mittels Bohr- und Brechschiffen . . . . .	120·0 "
" "	1899	im Rhein zwischen Bingen und St. Goar mittels Taucherschacht- und Brechschiffen . . . . .	14·5 "

- 12 Doppel-Sprengschiffe,
  - 2 Rechenschiffe,
  - 3 Baggerschiffe,
  - 30 mittleren Steinkähne,
  - 10 Seilmutzen,
  - 80 verschiedenen Kähne,
  - 1 Schleppdampfer und
  - 8 Dampfbarcassen erforderlich gewesen sein.
- 

Kann ich auch nicht die gegen alle Neuerungen eingenommenen und die besondere Specialinteressen vertretenden Gegner meiner Sprengmethode von der praktischen und ökonomischen Verwendbarkeit der letzteren durch vorstehende theoretische Besprechung und Erörterung der wiederholt erwiesenen Versuchsergebnisse überzeugen, so hoffe ich, doch den unparteiischen Fachgenossen durch Vorführung des ganzen bezüglichen Materiales eine objective Kritik ermöglicht zu haben.

---

# Österreichische Sprengmethode

zur

## Zerstörung von Felsen in Flüssen mittels aufgelegter Sprengladungen.

Das Wesen der Methode besteht im systematischen Hinterlegen und Zünden freier Sprengladungen auf der Sohle des abzusprengenden Felsens längs Arbeitslinien mittels eines hiefür eigens construirten Sprengapparates.

Am häufigsten wird der Sprengapparat am Steuer eines Schiffes Anwendung finden und wird bei solcher Combination als Sprengschiff bezeichnet.

Von einem einfachen Sprengschiffe aus kann bei einer Wassertiefe von pp. 5·50 *m* eine Grundfläche von ungefähr 50·00 *m*<sup>2</sup> beherrscht, beziehungsweise abgesprengt und reguliert werden.

Genügt eine solche Flussgrund-Beherrschung auch bei Beseitigung kleiner Objecte, so ist sie dagegen wegen des nothwendigen Ineinandergreifens der einzelnen Minenwirkungen und der dadurch bedingten Schiffsverstellungen bei grösseren Objecten unzureichend; es empfiehlt sich daher, bei grossen Aussprengungen im Wasser zwei miteinander verbundene einfache Sprengschiffe in Anwendung zu bringen.

Solche doppelte Sprengschiffe ermöglichen aus einer Schiffsstellung 100·00 *m*<sup>2</sup> Flussgrund zu regulieren.

Bei jedem Sprengschiffe ist in Betracht zu ziehen: 1. der Schiffskörper, 2. die Ausschussbrücke, 3. der Sprengapparat und 4. die Schiffsausrüstung.

ad 1. Als Schiffskörper entspricht ein einfach construiertes starkes Holzschiff von ungefähr 22·00 *m* Länge, 4·50 *m* Breite und 1·00 *m* Bordhöhe.

Die Vorsicht gebietet, den ganzen Schiffskörper durch zwei volle Querwände (Schottwände) in drei selbständige und von einander vollkommen wasserdicht abgeschlossene Abtheilungen zu theilen.

Die innere Einrichtung muss die bequeme Communication zwischen den einzelnen Schiffsräumen und das zweckmässige Anbringen der erforderlichen Befestigungs- und Bewegungsvorrichtungen ermöglichen.

ad 2. Ausschussbrücke *AA* (Fig. 32, 33, 34, Taf. V) besteht aus einer hölzernen Brücke, welche am Hintertheile des Schiffes aufliegt, dort befestigt ist und über das Steuer um 3·45 *m* hervorragt. Bei einem doppelten Sprengschiffe werden die Ausschussbrücken durch einen Steg verbunden.

Am freien Ende der Ausschussbrücke ist das hölzerne Traggerüste zur Aufnahme des Sprengapparates aufgerichtet.

Dieses Gerüste besteht aus zwei Säulen, welche durch eiserne Winkel an der Brücke befestigt und durch zwei Holzstrebenpaare gegen dieselbe abgesteift sind. Die oberen Enden der Säulen verbindet ein hügelartig gebogenes Eisen *g*.

Die Ausschussbrücke hat in ihrer Mitte, vom freien Ende bis zum Auflager am Steuerstock, eine 0·30 *m* breite, spaltartige Öffnung für die Bewegung der Führungsstange.

Seitliche Geländer verhindern das Hinabstürzen der Arbeiter.

ad 3. Der eiserne Sprengapparat besteht aus :

- a) dem Führungsrahmen mit den Stellvorrichtungen,
- b) der Führungsstange, und
- c) der Hebe- und Senkevorrichtung.

Der eiserne Führungsrahmen *R* ist auf eine gebogene schmiedeiserne Welle *W* mittels des Achsbolzens  $a_1$  aufgesteckt und überdies mittels einen kleinen Bolzens  $a_2$  (Fig. 37) der an der Welle *W* angeschraubten Deckplatte *D* gelagert, wodurch bei der Drehung des Rahmens einseitige Verzwängungen vermieden werden. Die Enden der Welle *W* ruhen in zwei an den Gerüstsäulen angebrachten Lagern  $I_1, I_2$ .

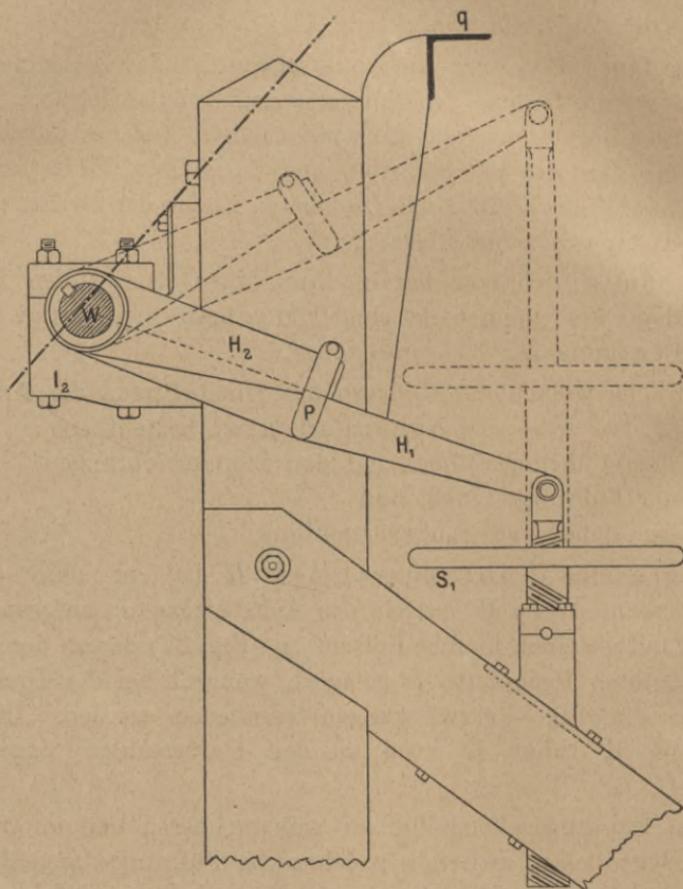
Der Führungsrahmen hat an seinem oberen und unteren Ende je drei Gleitrollen *r*, zwischen welchen die Führungsstange durch den Rahmen gleitet. Durch diese Anordnung wird die infolge grossen Wasserdruckes entstehende Reibung zwischen der Führungsstange *F* und dem Rahmen *R* vermindert. Am oberen Ende des Rahmens ist überdies eine Rolle *o* (Fig. 37) angebracht, über welche die zum Heben und Senken der Führungsstange bestimmte Kette *K* läuft (Taf. V).

Mit dem Führungsrahmen sind Stellvorrichtungen verbunden, mittels welcher der Rahmen und mit ihm die in diesem gleitende

Führungsstange innerhalb eines bestimmten Raumes auf jeden beliebigen Punkt hinbewegt und dort fixiert werden kann.

Die Stellvorrichtungen ermöglichen eine zweifache Bewegung respective Drehung des Rahmens, nämlich nach vorwärts und rückwärts, dann nach rechts und links seitwärts.

Fig. 35.

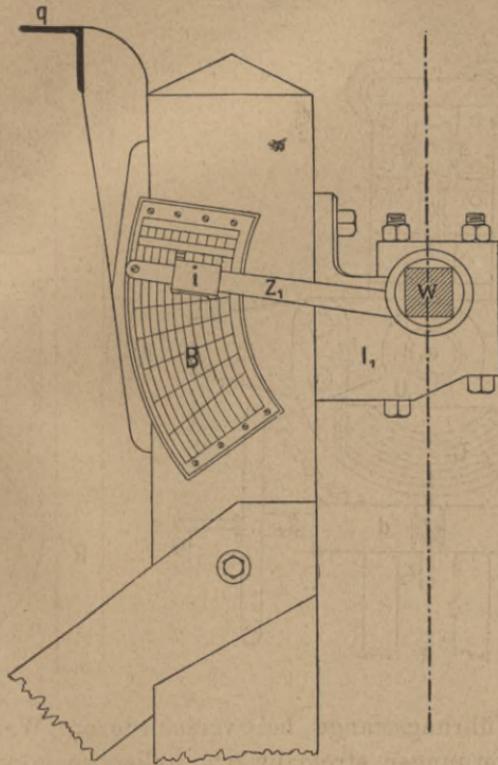


Die *Vorwärtsstellung* — Parallel-Stellvorrichtung — wird durch Drehung der Welle *W* (Fig. 35) ermöglicht, zu welchem Zwecke sich an einem Ende derselben ein Richthebel *H*<sub>1</sub> und ein Stemmhebel *H*<sub>2</sub> befinden. Der Stemmhebel ist mit der Welle fest verbunden, d. h. aufgekellt, während der Richthebel auf derselben drehbar ist und mit

einer doppelwirkenden Stellschraube  $S_1$ , die auf dem Strebenpaar der rechtsseitigen Gerüstsäule anmontiert ist, in Verbindung steht.

Bei einer Drehung des unteren Rahmenendes stromabwärts infolge des auf die Führungsstange ausgeübten Wasserdruckes stützt

Fig. 36.



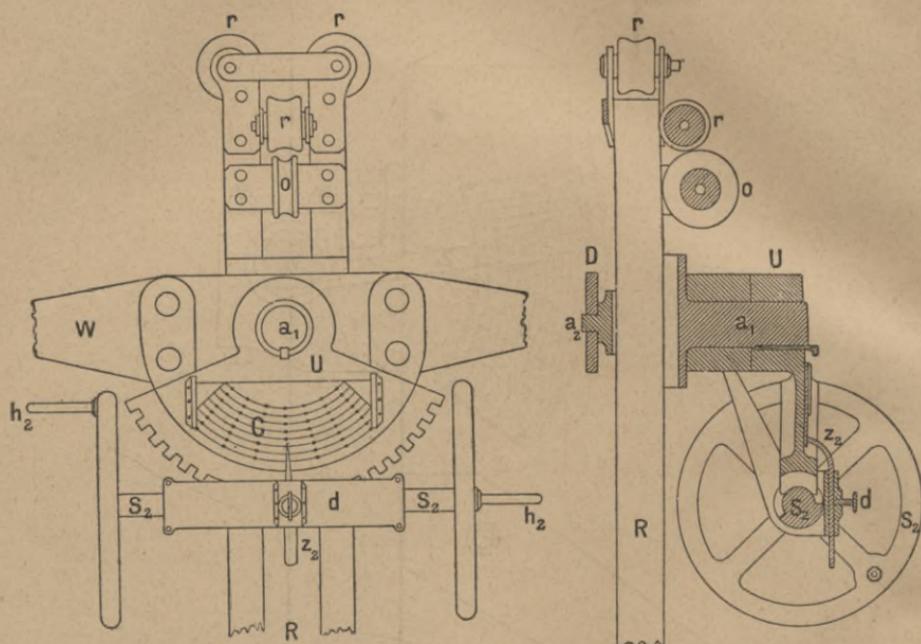
sich der Stemmhebel  $H_2$  mit seinem Ansatz auf den Richthebel  $H_1$ , wodurch der Dreh- oder Anschlagwinkel begrenzt wird.

In Fällen, wo der Wasserdruck auf die Führungsstange zu gering ist, um den Stemmhebel auf den Richthebel anzupressen, d. h. um die Führungsstange anzuschwenken, werden beide Hebel durch eine Sperre  $p$ , welche am Richthebel drehbar befestigt ist, miteinander verbunden.

Durch entsprechendes Drehen der Schraubenspindel  $S_1$  mittels des Stellrades wird der Richthebel gehoben oder gesenkt und hiedurch

die Welle, welche infolge des auf die Führungsstange  $F$  wirkenden Wasserdruckes mit dem Stemmhebel  $H_2$  auf den Richthebel  $H_1$  aufliegt, beziehungsweise mit diesen durch die Sperre  $p$  verbunden ist, gedreht, d. h. die Führungsstange in der Längenrichtung des Schiffes vor- oder rückwärts gestellt.

Fig. 37.



Um die Führungsstange bei verschiedenen Wasserständen auf bestimmte Entfernungen stromabwärts stellen zu können, ist an der linken Gerüstsäule ein Metallbogen  $B$  und an der Stossscheibe der Welle  $W$  ein Zeiger  $z_1$  angebracht. (Fig. 36.)

Der Metallbogen ist durch eingravierte Linien in Streifen getheilt, welche bestimmten Wasserständen entsprechen und so viele Untertheilungen erhalten, als Vorwärtsstellungen zu geben beabsichtigt wird.

Der an der Welle  $W$  angebrachte Zeiger  $z_1$  ist mit einem Schuber  $i$  und mit Einkerbungen versehen, deren Entfernungen mit der Breite der Streifen correspondieren.

Soll z. B. bei einem Wasserstande von  $+ 2.60 m$  gesprengt werden, so muss der Schuber  $i$  so gestellt werden, dass dessen Zeigerkante auf dem dem Wasserstande von  $+ 2.60 m$  entsprechenden

Streifen des Metallbogens gleitet. Die Theilstriche dieses Streifens, welche mit I bis VI oder VII bezeichnet sind, geben dann die sechs oder sieben Linien der Vorwärtsstellung an, in welchen die Führungsstange nach und nach gebracht werden kann.

Die *Seitwärtsstellung* — Querstellvorrichtung — welche die Drehung des Führungsrahmens und somit auch der Führungsstange nach rechts oder links gestattet, besteht aus einem Wurmrad  $U$  (Fig. 37), welches auf dem Achsbolzen  $a_1$  aufgekeilt ist und in welches eine Schraubenspindel  $S_2$  (Schraube ohne Ende) eingreift, deren Lager an der Welle angenietet sind.

Durch entsprechendes Drehen der Schraubenspindel mittels der an ihren Enden angebrachten Stellränder wird das Wurmrad  $U$ , beziehungsweise der Rahmen  $R$  und mit diesem die Führungsstange  $F$  nach rechts oder links gedreht, d. h. gestellt.

Um bei verschiedenen Wasserständen die Führungsstange in jeder Vorwärtsstellung von der Mitte aus nach rechts und links auf 6 (also in einer Linie auf 13) gleich weit voneinander entfernte Punkte stellen zu können, wird auf der Fläche des Wurmrades eine dem betreffenden Wasserstande entsprechende Metallplatte  $C$  zwischen zwei Falze eingeschoben, welche, der Anzahl Vorwärtsstellungen entsprechend, Bögen eingraviert hat, auf denen 13 Punkte markiert sind.

Auf dem Deckel  $d$  der Schraubenspindel  $S_2$  ist ein verschieb- und stellbarer Zeiger  $z_2$  angebracht. Wird die Zeigerspitze bei gegebenem Wasserstande auf einen bestimmten Punkt der Metallplatte eingestellt, so muss auch das untere Ende der Führungsstange auf dem correspondierenden Punkte des Flussgrundes aufstehen.

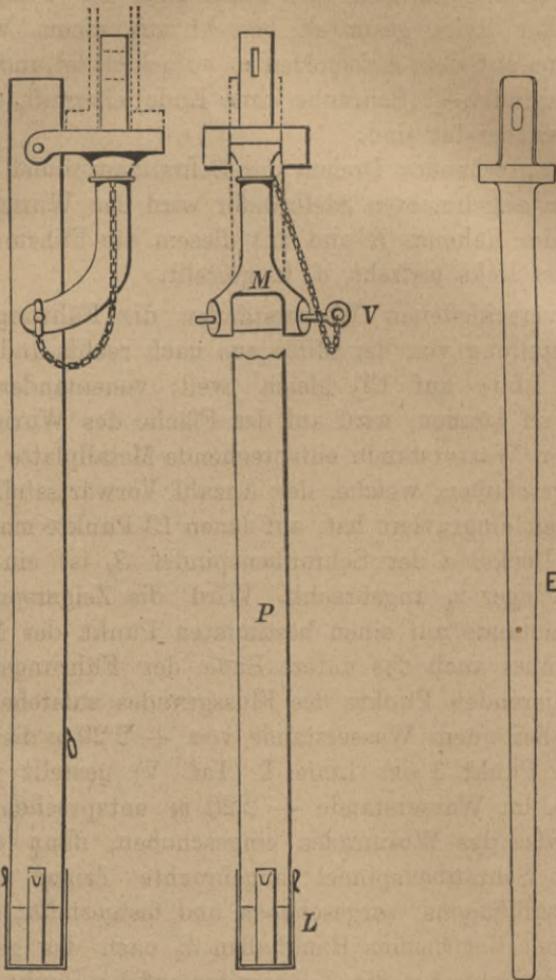
Soll z. B. bei einem Wasserstande von  $+ 2.20 m$  die Führungsstange auf den Punkt 3 der Linie I (Taf. V) gestellt werden, so wird zuerst die im Wasserstande  $+ 2.20 m$  entsprechende Metallplatte in die Falze des Wurmades eingeschoben, dann der an der Deckplatte der Schraubenspindel angebrachte Zeiger  $z_2$  bis zur Linie I des Metallbogens vorgeschoben und festgestellt; endlich die Spindel  $S_2$  mittels der beiden Handhaben  $h_2$  nach der gewünschten Seite so lange gedreht, bis die Zeigerspitze auf den Punkt 3 einspielt.

Die Führungsstange  $F$  (Fig. 32, 33 und 34, Taf. V) ist aus einem schmiedeisernen Rohre erzeugt und hat eine Länge von wenigstens  $9.00 m$ . Am unteren Ende derselben ist ein eiserner Ring aufgeschweisst, welcher eine Art Flantsche zur Verstärkung des Rohres bildet. Oberhalb derselben hat das Rohr einen Schlitz zum Durch-

stecken eines Keiles *k*, welcher mittels eines Kettelchens an der Rohrklemme *f* befestigt wird, in welcher auch die Hebekette der Führungsstange eingeklemmt ist.

Fig. 38.

Fig. 39.



Will man den Apparat zum Sprengen verwenden, so wird in das untere Ende der Führungsstange ein Patronenstabhalter *M* (Fig. 38) eingeschoben und daselbst durch Einstecken des Keiles *k* festgehalten, zu welchem Zwecke der Bolzen dieses Halters eine oblonge Durchbohrung besitzt, die mit jener der Führungsstange über-

einstimmt. Der Patronenstabhälter hat zunächst des Bolzens eine Verstärkung mit Ausnehmung und etwas unterhalb derselben zwei Lappen, welche durchlocht sind, damit nach dem Einlegen des Patronenstabes (Ladungsholzes) zwischen denselben ein eiserner Vorstecker  $v$  eingeführt werden kann.

Das im allgemeinen stabförmige, aus trockenem Tannenhölz erzeugte Ladungsholz trägt am unteren Ende die 0.25 oder 0.50  $kg$  Sprengmittel enthaltende Ladungsbüchse (Patrone)  $L$ , welche mit blechernen Kreuzspangen am Holze befestigt wird.

Zur Einleitung der Explosion der Ladung dient ein in die Ladebüchse eingesetzter Frictionszünder, welcher in einer hiefür im Ladungsholze ausgenommenen Nuth lagert und mit seinem oberen Ende sich gegen einen besonders construierten Abfeuerungshaken stützt. An den Ring des Reibungsdrahtes vom Zünder wird eine Abfeuerungsschnur  $Z$  (Fig. 32, 33, Taf. V) befestigt, welche über eine Rolle auf die Ausschussbrücke führt und von dort aus durch plötzliches Anziehen die Entzündung des Zünders und somit auch jene der Ladung herbeigeführt werden kann.

*Soll nicht gesprengt, sondern nur der Flussgrund sondiert werden,* so wird an der Stelle der Muffe sammt Ladungsholz und Ladebüchse ein 1.00  $m$  langes Sondiereisen  $E$  (Fig. 39) in das untere Ende des Führungsrohres eingesetzt und mittels des Keiles  $k$  festgemacht. Die Führungsstange selbst besitzt, um die sondierende Tiefe ablesen zu können, eine Decimeter-Abtheilung, deren Nullpunkt mit dem unteren Ende des Sondiereisens übereinfällt. Die Ablösung erfolgt an einer eigens hiefür zunächst des oberen Endes des Führungsrahmens  $R$  angebrachten Marke.

Damit auch mit eingesetzter Ladung noch sondiert werden könne, ist die Länge des Ladungsholzes inclusive jener der Muffe und der Ladebüchse gleich jener des Sondiereisens, also ebenfalls 1.00  $m$  lang gemacht; es ist daher möglich, jederzeit, d. h. auch während der eigentlichen Sprengarbeit, Sondierungen zu machen.

Das Heben und Senken der Führungsstange im Führungsrahmen geschieht mittels einer dünnen Kette  $K$ , welche am unteren Ende der Führungsstange in die Rohrklemme  $f$  eingehängt ist, und über die am oberen Ende des Führungsrahmens angebrachte Laufrolle  $o$  zu einer auf der Ausschussbrücke aufgestellten kleinen Winde führt.

ad 4. Die Schiffsausrüstung besteht:

a) Aus den Verankerungsvorrichtungen, um das Sprengschiff auf jedem beliebigen Punkte im Strome feststellen zu können. Diese Vorrichtungen sind: 1 Hauptanker, welcher mit seiner Kette an einer starken Winde festhängt, und 4 Nothanker für die seitliche Bewegung des Schiffes, deren Seile von kleineren Winden gespannt, beziehungsweise reguliert werden;

b) den gewöhnlichen Schiffsausrüstungs-Gegenständen, Werkzeugen und Requisites zum Beheben kleiner Gebrechen am Schiffe, endlich

c) aus Signal- und Rettungsgegenständen.

Die Bemannung eines einfachen Sprengschiffes besteht aus 1 Sprengmeister und 4 Sprengarbeitern.

Der Vorgang zum Zerstören von Felsen unter Wasser mit dem beschriebenen Sprengapparate ist im allgemeinen folgender:

Ist das Sprengschiff an der stromabwärtigsten Stelle des abzusprengenden Felsens verankert, so wird der Wasserstand an dem örtlichen Pegel abgelesen und die demselben entsprechende Metallplatte *C* in die Falze am Wurmrad eingeschoben (Fig. 37); sodann wird der Schubler des an der Welle *W* (Fig. 38) befindlichen Zeigers auf den betreffenden Streifen des Metallbogens gestellt und das Sondiereisen in das Führungsrohr eingesetzt, worauf das Sondieren beginnt.

Die Leitung der Arbeit, das Ablesen und das Eintragen der Sondierungen in die Schusstafel (Beilage E) obliegt auf jedem Sprengschiffe dem Sprengmeister, während der Apparat von den Sprengarbeitern Nr. 1 bis Nr. 3 gehandhabt wird, von denen Nr. 1 beim Stellrade  $S_1$ , Nr. 2 bei jenem  $S_2$  und Nr. 3 bei der kleinen Winde angestellt werden.

Auf ein Aviso des Sprengmeisters wird der Führungsstange die äusserste Lage nach rechts und vorwärts ertheilt, indem die Arbeiter so lange an den Stellrädern drehen, bis Nr. 1 den Schubler des Zeigers  $z_1$  auf den mit I bezeichneten Theilstrich des Metallbogens, und Nr. 2 die Spitze des Zeigers  $z_2$  auf den äussersten Bogen der eingesetzten Metallplatte auf den Punkt 1 gebracht hat. Nun senkt der Arbeiter Nr. 3 durch Nachlassen der Kette die Stange, bis die Spitze des Sondiereisens den Felsboden berührt, worauf der Spreng-

meister die Stangenlänge an der Marke abliest und in die Schusstafel einschreibt.

Sodann wird die Führungsstange etwas gehoben; Nr. 2 gibt ihr die Stellung auf den Punkt 2, worauf sie abermals hinabgelassen wird.

Auf diese Art werden in einer Linie 11—13 Sonden genommen, indem die Führungsstange nach und nach in der vordersten Stellung I vom äussersten rechten Punkt 1 bis zum äussersten linken Punkt 1 gebracht wird.

Beim Sondieren der zweiten Reihe (II) wird, um die nach beendeter Sondierung der ersten Reihe erreichte Seitwärtsstellung der Führungsstange benützen zu können, die Sondierung von links nach rechts vorgenommen.

Der Arbeiter Nr. 1 stellt den Schuber des Zeigers  $z_1$  auf den Theilstrich II des Metallbogens, jener Nr. 2 die Spitze des Zeigers  $z_2$  auf den Punkt 1 des nächsten Bogens der Metallplatte, worauf die Sondierung in der vorherbesprochenen Weise fortgesetzt wird.

Sobald in allen sieben Vorwärtsstellungen je 11—13 Sonden genommen, beziehungsweise die Stangenlänge gemessen und in der Schusstafel vorgemerkt wurden, kann mit dem Sprengen begonnen werden.

Da für die Erreichung einer bestimmten Wassertiefe auf der Metallplatte am Wurmrad und in der Schusstafel für jeden Punkt jene Stangenlänge angegeben ist, welche erhalten werden muss, um die Flusssole nach der gewünschten Ebene abzusprengen, so zeigt der Vergleich der gemessenen Stangenlänge mit der zu erreichenden Länge, ob an der betreffenden Stelle gesprengt werden soll oder nicht, und im ersteren Falle auch, wie viel abzusprengen ist.

Der Sprengmeister gibt dem Arbeiter Nr. 2 an, welche und wie viele Patronen an jeder Stelle des Flussgrundes zu versenken und zu zünden sind, worauf das Sprengen beginnt.

Der Vorgang hiebei ist folgender:

Die beiden ersten Arbeiter bringen die Führungsstange durch Drehen an den Stellrädern in die verticale Lage und ziehen gemeinschaftlich mit dem anderen den Führungsrahmen mittels der am unteren Ende derselben befestigten Leine zu sich, so dass das Sondiereisen durch den Schlitz auf die Ausschussbrücke gelangt und nach Herausschlagen des Keiles  $k$  aus dem Rohr entfernt werden kann.

Unterdessen hat der vierte Sprengarbeiter 12 Patronenstabhälter mit adjustierten Ladungen versehen.

Soll das Sprengen beginnen, so bringt der Arbeiter Nr. 4 die vom Sprengmeister verlangte, mit dem Hälter versehene Ladung auf die Ausschussbrücke und führt diesen in das Rohr ein; einer der beiden Arbeiter daselbst treibt sofort den Keil und in diesen einen Splint ein, damit ersterer nicht herausfalle; der zweite Arbeiter hängt die Abfeuerungsschnur in die Öse des Frictionszünders ein.

Nun wird der Führungsrahmen wieder in die verticale Stellung gebracht und der Führungsstange die Richtung auf jenen Punkt gegeben, auf welchem zuerst gesprengt werden soll.

Sämmtliche Arbeiter auf der Ausschussbrücke treten etwas gegen das Schiff zurück, worauf der Sprengmeister bei der Abziehschnur durch einen kräftigen Zug an dieser die Entzündung der Ladung hervorruft.

Nach erfolgter Explosion wird die Führungsstange in der bekannten Weise auf die Ausschussbrücke gebracht, der Splint entfernt, der Keil herausgezogen und der Patronenstabhälter mit dem abgesprengten Stabe zur Seite gelegt. Der Arbeiter Nr. 4 bringt eine neue Ladung vor und nimmt den (vom ersten Schusse herrührenden) herausgezogenen Patronenhälter zurück.

Nach Verbindung der neuen Ladung mit der Führungsstange auf die früher angegebene Art wird der Führungsrahmen wieder zuerst in die verticale Stellung und sodann auf den nächsten Punkt des Flussgrundes gebracht, wo gesprengt werden soll.

Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die ganze sondierte Fläche auf die bestimmte Cote abgesprengt ist, worauf das Sprengschiff in eine neue Stellung gebracht werden muss.

Selbstverständlich müssen die im Laufe der Arbeit sich ergebenden Erfahrungsdaten gesammelt und bei dem weiteren Vorgange verwertet werden.

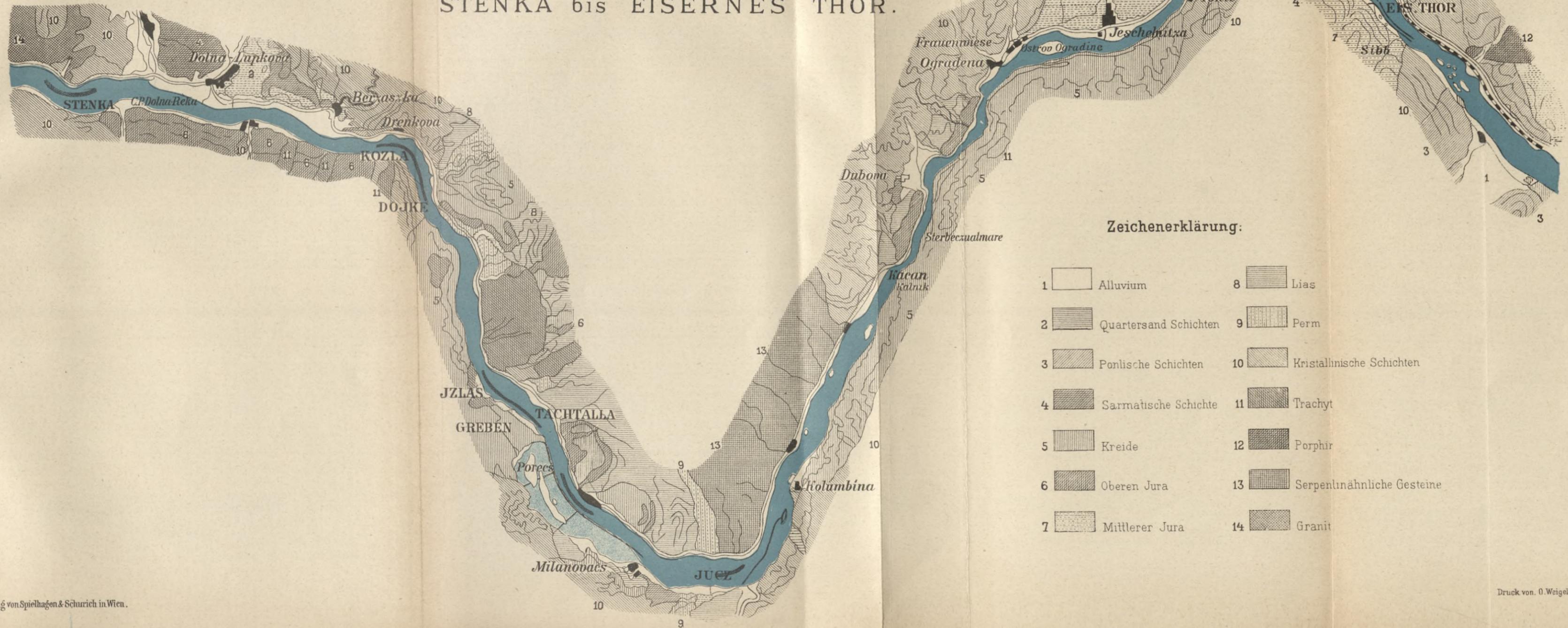
Auch unterliegt es keinem Anstande, statt der Frictionszündung eine andere Zündmethode anzuwenden.

Bei Doppel-Sprengschiffen arbeitet jeder Sprengapparat unabhängig von dem anderen.

# ÜBERSICHTS - KARTE

## des unteren Donaulaufes von

### STENKA bis EISERNES THOR.

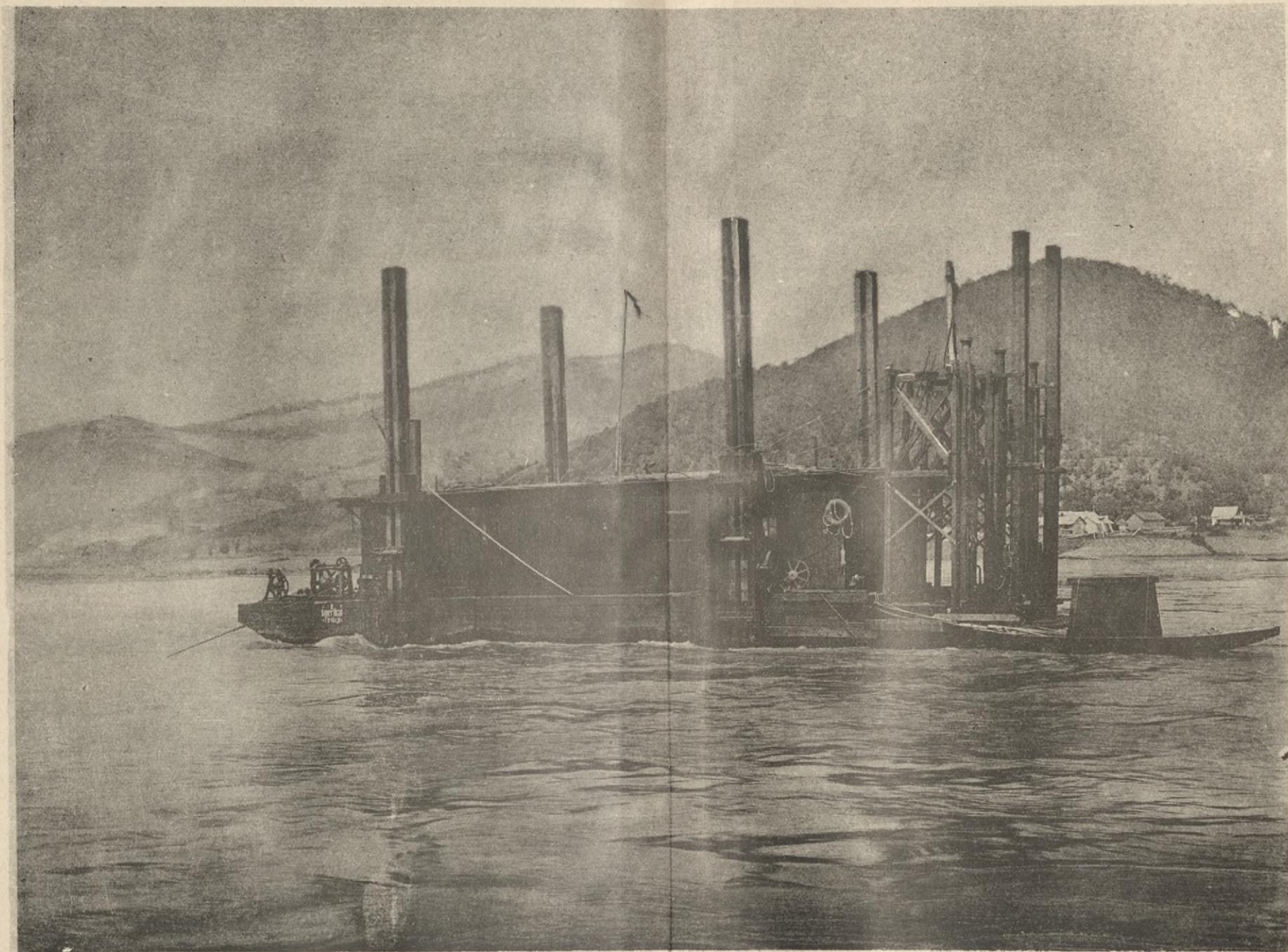


**Zeichenerklärung:**

1	Alluvium	8	Lias
2	Quartersand Schichten	9	Perm
3	Ponlische Schichten	10	Kristallinische Schichten
4	Sarmatische Schichte	11	Trachyt
5	Kreide	12	Porphir
6	Oberen Jura	13	Serpentinähnliche Gesteine
7	Mittlerer Jura	14	Granit

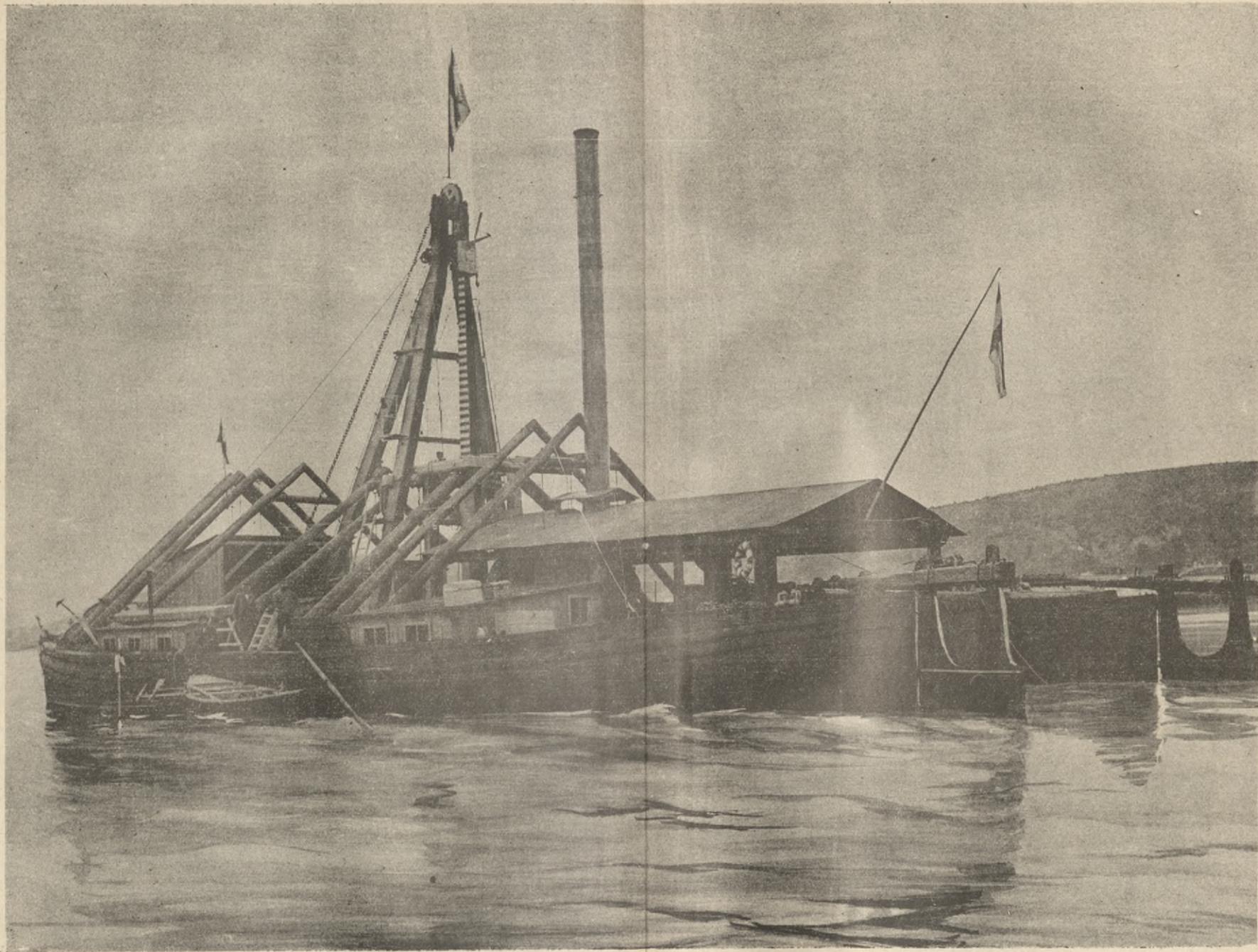
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW









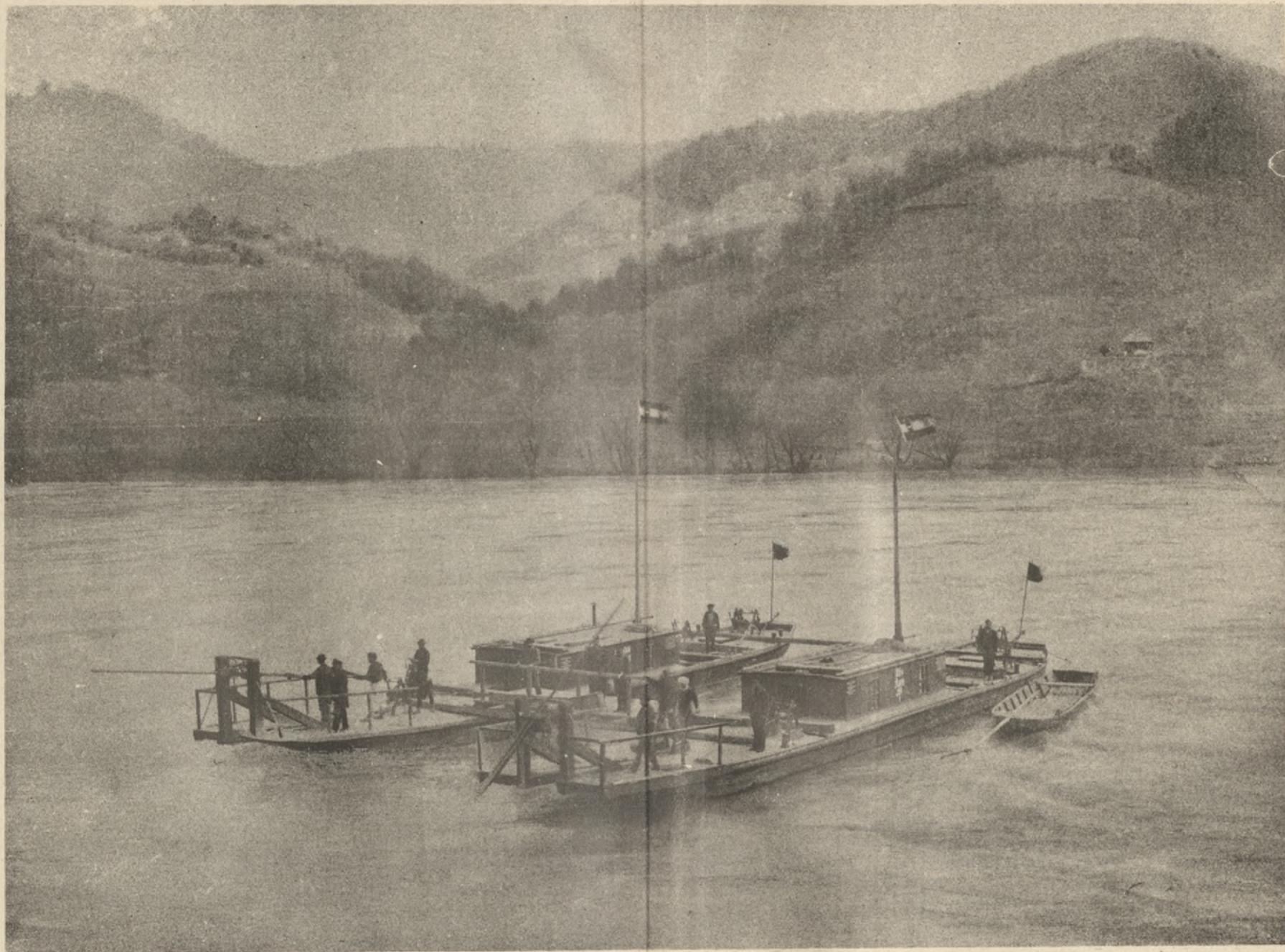


BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



DOPPELTES SPRENGSCHIFF.

Tafel IV.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# SPRENGSCHIFF. 1889.

Fig. 32.

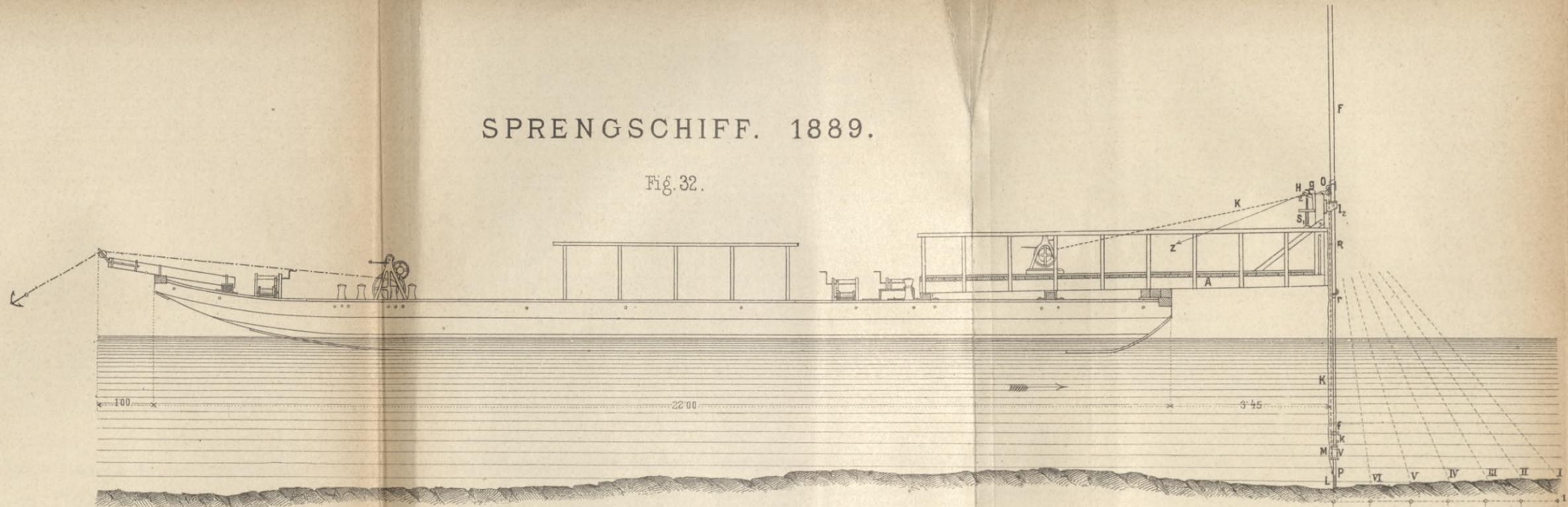


Fig. 33.

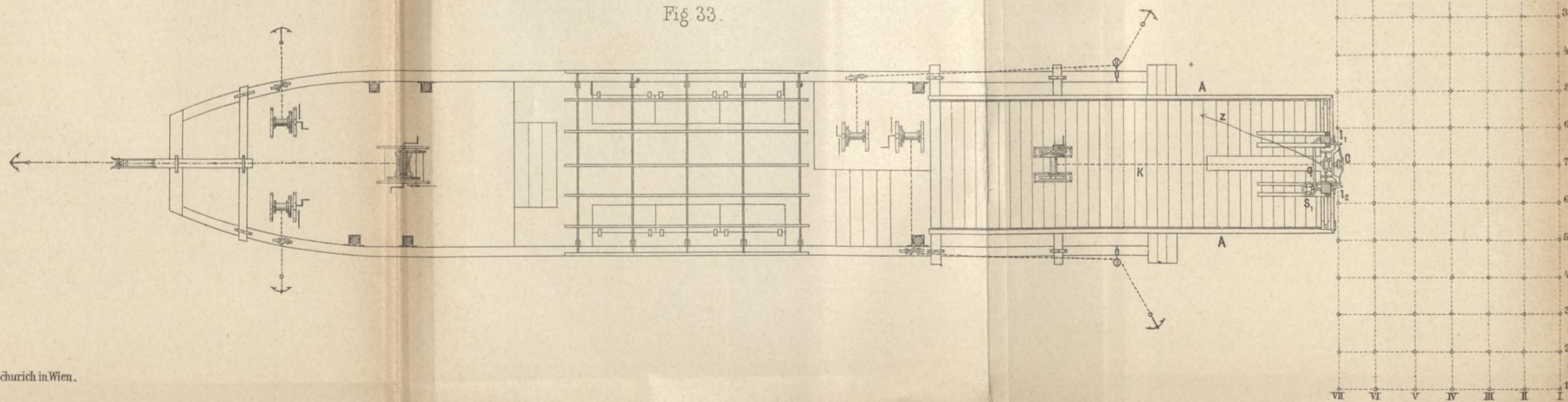
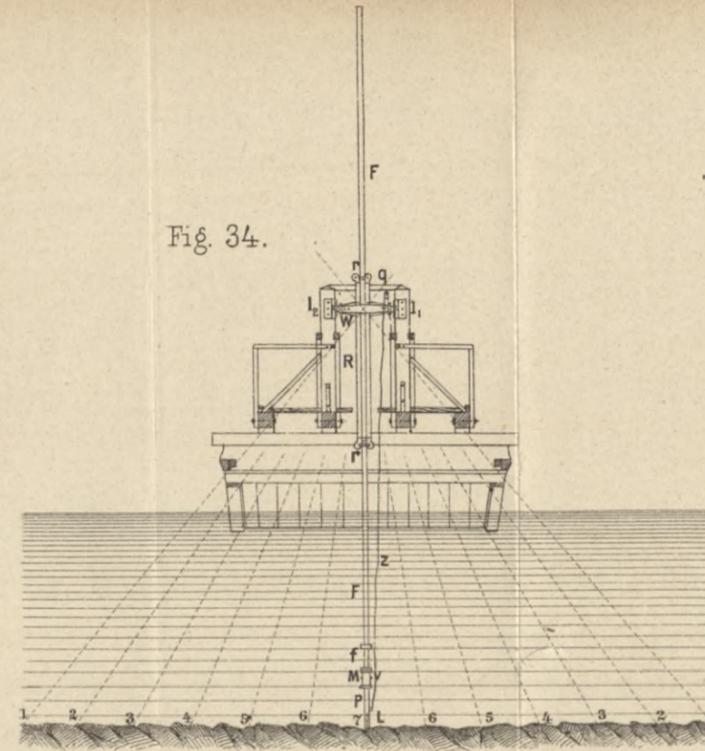
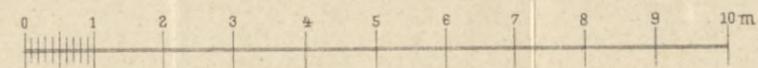


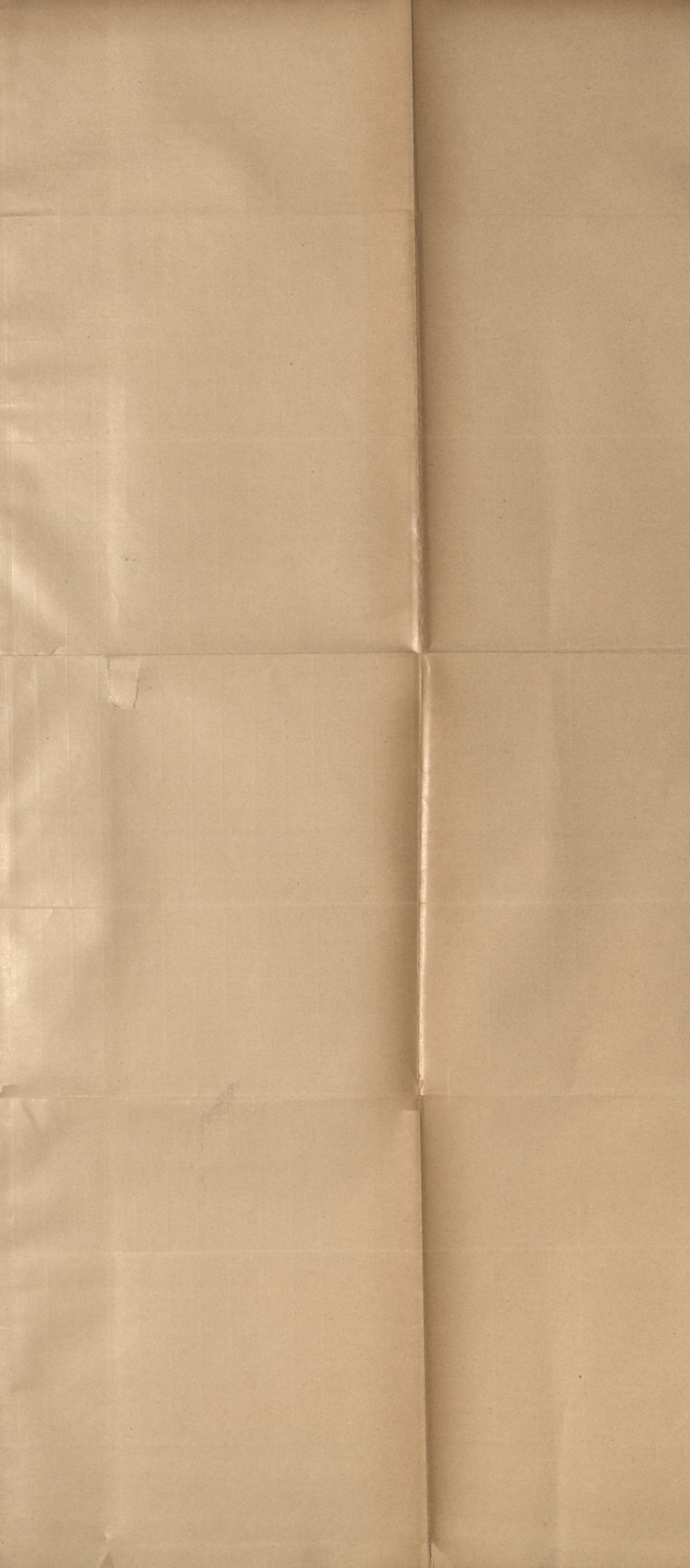
Fig. 34.



Masstab 1:100.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



Resultate

der in den Jahren 1875 bis 1892 ausgeführten Fels-Sprengungen nach der österreichischen Fels-Sprengmethode.

Sprengversuchs-			Sprengobjecte		Sprengmittelverbrauch				Zündmittelver- brauch			Arbeiter			Sprengeffect					Arbeitsleistung							Ermittelter Einheitspreis pro 100 m <sup>3</sup>	Anmerkung							
Jahr	Ort	Commission	Gesteins- gattung	Wassertiefe oberhalb des Felsens	Stromgeschwindigkeit	Dynamit Nr. I	Gelatindynamit Nr. II	Meganit Nr. I	Zusammen	Elektrische Spaltzünd- er	Frictionszünd- er	Zusammen	Aufseher	Sprengarbeiter	Zusammen	Arbeitszeit	Absprengungs-			Sprenggut		im ganzen		pro Stunde					pro Cubikmeter						
																	mittlere Höhe	größte Höhe	Felsmenge	abge- schwommen nach	12 Stunden	Sonden	Schüsse	Felsabsprengung	Sonden	Schüsse			Felsabsprengung	Zeit	Schüsse	Sprengmittel	Zünder		
																																		%	Anzahl
1875	Felsen in der Donau beim serbischen Orte Sipp	Director H. Welzl Secretär R. Suchanek der Schiffswarte zu Turn-Severin	Blättriger fauler Schiefer mit senkrechter Schichtung (Eisernes Thor).	1-75	4-50	8-25	(Rhexit Nr. I)	—	—	8-25	18	—	18	1	4	5	3-00	0-75	1-40	5-50	wurde nicht aufgenommen	wurde nicht aufgenommen	60	18	5-50	20-00	6-00	1-83	0-54	3-3	1-49	3-3	6-50	Munition war fertig mitgebracht	
1881	Felsen in der Donau bei Kroms	K. u. k. Genie-Oberstlt. M. Gurits v. Sokolgrada des Reichs-Kriegsminist. Ing. J. Deutsch des Ing.- u. Archt.-V. K. k. Bauadjunct G. Brückl der k. k. n. ö. Statthalft. K. k. Obering. S. Taussig des Donau-V. K. u. k. Genie-Hauptm. A. Pap, Protokollführer	Sehr harter Gneis	2-70 bis 3-30	3-20	134-25	(Neu)	—	—	134-25	399	—	399	1	4	5	60-25	0-33	1-14	32-84	66	9	2096	372	32-84	34-78	6-62	0-54	1-80	10-9	4-09	12-2	23-32	Laborieren der Munition 1 U. 2 M.	
1882	Felsen in der Donau beim Peterwardein	Oberingenieur E. Wagner Bauführer E. Magerin der k. ung. Brückenbaulgt. Chef Ingenieur A. Mathon Ingenieur A. Hoffmann der General-Baunnternehg. K. u. k. Lieutenant d. 2. Genie-Rgmt. E. Kamier Detachement-Comdt.	Verwitterter Serpentin	12-00 bis 13-00	2-50	1200-00	(Neu)	—	—	1200-00	3582	—	3582	2	14	16	380-00	1-50	2-05	187-00	wurde nicht aufgenommen	wurde nicht aufgenommen	über 9000	3114	187-00	über 23-68	8-19	0-49	2-04	22-0	6-41	24-5	61-92	Laborieren der Munition 1 U. 8 M.	
1883	Felsen in der Donau bei Szvnicza	Landes-Bauinspector E. Wallandt Ingenieur B. Solmos G. Kaldi E. Izsáky E. Gruber A. v. Jeserjiczky der k. ung. Regierung K. u. k. Lieutenant d. 2. Genie-Rgmt. E. Kerschner Detachement-Comdt.	Kalkstein mit aufwärts geneigter Schichtung (Tachtalia)  Serpentin (Jucz)	1-40 bis 1-50	1-80	—	42-50	—	42-50	86	—	86	—	—	—	—	9-75	0-43	1-41	12-58	66	wurde nicht aufgenommen	wurde nicht aufgenommen	543	85	12-58	55-69	8-71	1-30	0-77	6-8	3-37	6-8	18-15	Munition war fertig mitgebracht
1889	Felsen in der Donau bei Szvnicza	Sectionsrath E. Wallandt Sectionsrath G. Landau Techn. Rath B. Gonda Professor D. Nagy Oberingenieur A. Wein Oberingenieur A. Hoszpotzky K. u. k. Oberlieutenant d. 2. Genie-Rgmt. O. Neuhauser Detachement-Comdt.	Serpentin (Jucz)	2-78 bis 3-45	3-00	132-75	100-50	57-00	290-25	27	694	721	1	5	6	65-38	0-25	0-81	75-92	wurde nicht aufgenommen	wurde nicht aufgenommen	2560	645	75-92	39-15	9-86	1-15	0-86	8-8	3-82	9-4	15-27	Laborieren der Munition 1 U. 7 M.		
1892	Felsen in der Drina bei Zwornik	K. u. k. Linienschiffs-Fährich Kutschera Oberingenieur O. Denk der bosnischen Landes-Regierung	Harter Kalkstein	2-10 bis 2-60	2-50	308-50	—	—	308-50	—	883	883	1	8	9	76-00	0-44	1-85	122-52	90	10	—	756	122-52	—	9-94	1-59	0-64	5-8	2-3	6-9	10-30	Laborieren der Munition 1 Auf. 2 Arb.		

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

S. 61

Doc  
531

790

Datum	Wasserstand	Cote der Absprengung	Stellung		Wirkungen der Sprengschüsse																	Nachsondierung	Höhe der Absprengung	Anmerkung				
			Rahmen- links	Führungs- stange rechts	Vorsondierung	Rückwirkung	Sprengladung	Sondierung																				
							kg	Sondierung	kg				Sondierung	kg	Sondierung													
14. September 1889	+ 1.50 m	580	I	2	725 487	—	1.25	740													780 525	38	9.75 kg pp. 0.27 m 2.31 m³					
				3	705 497	—		745	1.25	760														760 527	40			
				4	700 513	—				740	1.50	755													755 554	41		
				5	725 545	—						730	1.00	725												735 552	7	
				6	710 538	—							705	1.00	715											750 568	30	
				5	720 541	—									730	0.75	720									740 556	15	
				4	725 532	—											740	1.00	740							765 562	30	
				3	745 525	—														1.00	750					770 544	19	
				2	745 500	—																1.00		765		775 522	22	
				2	705 505	740	1.25	730																		765 548	43	10.75 kg pp. 0.33 m 2.82 m³
				3	675 511	700		685	1.25	720																730 553	42	
				4	665 527	685				665	1.00	700														710 563	36	
		5	645 526	690						665	1.00	690											685 559	33				
		6	670 552	665								685	0.75	685									700 577	25				
		5	665 543	675										705	2.00	700							725 592	49				
		4	690 547	700												720	1.00	715					725 575	28				
		3	700 531	705														725	1.50	730			740 561	30				
		2	735 526	735																745	1.00	745	745 533	7				
		2	685	1.25	705																		680 531	31	7.25 kg pp. 0.33 m 2.82 m³			
		3	670	1.00	675																		720 582	61				
		4	670	0.75	670																		660 569	38				
		5	620 545	655						670	0.50	650											660 580	35				
		6	615 547	645								635	0.50	665									670 594	47				
		5	640 562	650										660	0.50	670							685 601	39				
4	655 557	670												670	0.50	655					685 582	25						
3	680 549	670														685	1.00	690			685 553	8						
2	700 531	710																710	1.25	715	715 542	11						
16. September 1889	+ 1.33 m	563	IV	2	640 507	650	1.75	685													690 537	30+17 =47	9.50 kg pp. 0.45 m 3.85 m³					
				3	605 514	610		620	1.50	645														645 542		45		
				4	585 526	600			605	1.25	630															640 569	60	
				5	580 541	595					580	1.00	640												640 594	70		
				6	580 548	610							610	0.50	610										615 580	59		
				5	590 550	610									610	0.75	610								630 584	51		
				4	610 548	630											635	0.50	635						640 569	38		
				3	685 540	650													650	1.00	620				655 551	28		
				2	675 535	660														675	1.25	665			665 517	0		
				2	610 497	—	2.25	650																		640 517	20+17 =37	9.50 kg pp. 0.40 m 3.42 m³
				3	575 506	—		600	1.75	625																625 543	54	
				4	575 537	—			560	1.50	595															595 552	32	
		5	550 534	—					560	0.75	575												580 563	46				
		6	540 532	—							560	0.50	565										575 567	52				
		5	560 544	—										585	—	585							585 568	41				
		4	580 541	—												585	0.50	600					605 561	37				
		3	615 541	—													610	0.75	620				625 543	19				
		2	640 522	—														645	1.50	670		670 541	36					

Anmerkung: Die gewöhnlich gedruckten Sonden geben die Führungsstangen-Längen an, während die fett gedruckten Sonden die entsprechenden Verticalsonden bezeichnen.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



# Arbeitsprogramm

Beilage D.

für die Durchführung der Felssprengungen in der unteren Donau in den Jahren 1890 bis Ende 1894.

Stromschnelle	Menge der zu beseitigenden Felsen unter Wasser	Arbeitsbeginn	I m J a h r e															Arbeitsbeendigung	Arbeitsdauer			
			1890			1891			1892			1893			1894							
			sind Felsen unter Wasser zu sprengen																			
			Menge	Arbeits-tage	Spreng-schiffe	Menge	Arbeits-tage	Spreng-schiffe	Menge	Arbeits-tage	Spreng-schiffe	Menge	Arbeits-tage	Spreng-schiffe	Menge	Arbeits-tage	Spreng-schiffe			Menge	Arbeits-tage	Spreng-schiffe
			$m^3$			$m^3$	Zahl				$m^3$	Zahl										
Sztenka	7.408·00	1. I. 1894	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.408·00	93	4	31. VIII. 1894	8			
Kozla-Dojke	65.775·58	1. VII. 1890	5.775·58	146	2	24.000·00	200	6	24.000·00	200	6	12.000·00	150	4	—	—	—	30. IX. 1893	39			
Izlas-Tachtalia	46.736·00	1. VII. 1891	—	—	—	10.736·00	146	4	16.000·00	200	4	16.000·00	200	4	4.000·00	100	2	31. VIII. 1894	38			
Jucz	31.773·40	1. VII. 1890	5.773·40	146	2	8.000·00	200	2	8.000·00	200	2	8.000·00	200	2	2.000·00	50	2	30. IV. 1894	46			
Zwischenstrecken	10.000·00	1. I. 1893	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.000·00	200	2	2.000·00	50	2	30. IV. 1894	16			
Summe	161.692·98	1. VII. 1890	11.548·98	146	4	42.736·00	200	12	48.000·00	200	12	44.000·00	200	12	15.408·00	100	10	31. VIII. 1894	46			

Anmerkung. Jedes Sprengschiff ist mit zwei Sprengapparaten ausgerüstet, so dass in zehn Arbeitsstunden 23·00  $m^3$  sehr harter Felsen gesprengt werden können.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



Schusstafel für das Sprengschiff Nr. I.

Datum	Wasserstand	Cote der Absprengung	Stellung				Versondierung	Wirkung					Anmerkung
			Schiffs-	Rahmen-	Führungs-			Rückwirkung	Sprengladung	Sondierung	Nachsondierung	Höhe der Absprengung	
					links	rechts							
14. September 1893	+ 1.50 m	580	E	I	1		—	—	—	—	—	—	
					2		725 487	—	0.50 0.50 0.25	740	780 525	38	
					3	—	705 497	—	0.50 0.50 0.25	745 760	760 527	40	
					4		700 513	—	0.50 0.50 0.50	740 755	755 554	41	
					5		725 545	—	0.50 0.50	730 725	735 552	7	
					6		710 538	—	0.50 0.50	705 715	750 522	30	
					5		720 541	—	0.25 0.50	730 720	740 556	15	
					4		725 532	—	0.50 0.50	740 740	765 562	30	
					3	—	745 525	—	0.50 0.50	750	770 544	19	
					2		745 500	—	0.50 0.50	765	775 522	22	
				1		—	—	—	—	—	—		
				II	1		—	—	—	—	—	—	
					2		705 505	740	0.50 0.50 0.25	730	765 548	43	
					3	—	675 511	700	0.50 0.50 0.25	685 720	730 553	42	
					4		665 527	685	0.50 0.50	665 700	710 563	36	
					5		645 526	690	0.50 0.50	665 690	685 559	33	
					6		670 552	665	0.50 0.25	685 685	700 577	25	
					5		665 543	675	0.50 0.50 0.50	705 700	725 592	49	
					4		690 547	700	0.50 0.50	720 715	725 575	28	
					3	—	700 531	705	0.50 0.50 0.50	725 730	740 561	30	
2		735 526	735		0.50 0.50	745 745	745 533	7					
1		—	—	—	—	—	—						

Datum	14. September 1893
-------	--------------------

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW



S - 96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297595