



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300015

X  
880



# METHODE

zur

## Zerstörung von Felsen in Flüssen

mittels

### aufgelegter Sprengladungen.

Von

**JOHANN LAUER**

k. u. k. Oberst der Geniewaffe.

Mit 10 Textabbildungen und 3 Tafeln.

*F. No. 18417*



WIEN 1892.

SPIELHAGEN & SCHURICH  
VERLAGSBUCHHANDLUNG

I. Kumpfgasse 7.

*VII C. 4<sup>a</sup>*

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 31151

Akc. Nr. 2083/49

## Vorwort.

---

Die Kritik läutert, der Kampf stählt, der Erfolg krönt.

Die Kritik zeigt die Mängel, fordert dadurch zur Vervollkommnung auf, und nur dasjenige, was einer eingehenden Kritik Stand zu halten vermag, durch dieselbe vielmehr nur an Anerkennung gewinnt, nur das allein ist lebensfähig und erfolgversprechend.

In erhöhtem Masse trifft dies bei allem zu, was — als Neuerung — uns noch fremd ist und sich scheinbar in den Rahmen der von uns seit jeher anerkannten Principien nicht einfügen lässt.

Das Conservative der menschlichen Natur, welche an den ihr eigen gewordenen, stets beobachteten Grundsätzen festhält, sträubt sich gegen solche Neuerungen, findet das allgemein Geübte schon wegen dieser Allgemeinheit gut und ist von vorneherein geneigt, sein Urtheil auf diese Basis zu gründen.

Damit sich Neues einbürgern könne, muss es daher vor allem vielseitigst bekannt sein; es wird alle Phasen der eingehendsten Zergliederung durchzumachen haben und muss — um zur vollkommenen Geltung zu gelangen — einen Vergleich mit dem Bestehenden in jeder Hinsicht aushalten, allgemein anerkannten Mängeln abhelfen und sich auf Erfahrungen, Versuchsergebnisse u. dgl. gründen, welche geeignet sind, es aus dem Bereiche des Projectes in jenes der praktischen Anwendbarkeit zu bringen.

Alles dessen war ich mir bewusst, als ich im Jahre 1873 bei der Sprengung eines Pfeilerfragmentes in der Donau von dem damals

allgemein angewendeten Principe der Sprengung mittels Bohrschüsse abgieng und die Methode mit aufgelegten Sprengladungen zu allererst in der Praxis versuchte.

Wie diese Methode sich seither vervollkommenet hat, welche Erfolge von ihrer Anwendung erwartet werden können und welche Forderungen man an ihre Leistungsfähigkeit stellen kann, das alles dürfte bisher nur wenig bekannt geworden sein. Ich habe es daher im Folgenden unternommen, an der Hand der bis in die jüngste Zeit reichenden Versuche die Kenntniss der patentierten Methode zu verbreiten, die Beurtheilung ihrer Anwendbarkeit unter verschiedenen Verhältnissen zu ermöglichen und für die Technik des submarinen Sprengwesens theils selbst etwas beizutragen, theils zu deren Vervollkommnung anzuregen.

Agram, im April 1891.

Der Verfasser.



Gelegentlich des Baues der Donaubrücke der österr. Nordwestbahn bei Wien wurde im December 1870 ein im Stadium der Versenkung befindlicher Caisson, der den Fuss eines Brückenpfeilers bilden sollte, durch Hochwasser und gleichzeitiges Eisrinnen aus seiner Lage verschoben, theilweise zerstört und unweit der Baustelle zum Sinken gebracht.

Dieses im Donaubette unterhalb der später vollendeten und dem Verkehre übergebenen Eisenbahnbrücke verbliebene Pfeilerfragment bildete ein Schifffahrtshindernis, dessen Beseitigung<sup>1)</sup> von der Donau-regulierungs-Commission gefordert wurde, damit die in Aussicht genommene Normaltiefe des Flussbettes von 3·16 m unter Null auch an dieser Stelle erreicht werden könne.

Die Mittel, welche zur Beseitigung des Caissons angewendet wurden, waren verschiedener Art.

Im März 1872 wurde versucht, den Caisson durch Sprengung zu zerstören.

Man verwendete hiebei, und zwar zum Absprengen der hervorragenden Caissonbleche, langgestreckte Ladungen mit 0·75 kg Dynamit Nr. I, und zur Zertrümmerung des auf der Decke des Caissons zur Zeit des Unfalles bereits ausgeführt gewesenen Mauerwerkes eine concentrirte Ladung mit 4·00 kg Dynamit Nr. I.

Erstere Ladungen wurden an die Bleche angeschoben, die concentrirte Ladung aber mit Benützung des Einsteigloches in das Innere des Mauerwerkes versenkt.

Die Wirkungen der langgestreckten Ladungen waren ungenügend. Die Explosion der 4·00 kg Ladung erzeugte eine Wassergarbe von etwa 5·00 m Höhe, zugleich stieg das Wasser an der Landseite des

<sup>1)</sup> Ingenieur E. Gärtner hat im Jänner 1876 im österr. Ingenieur- und Architekten-Verein hierüber einen interessanten Vortrag gehalten, der in der Zeitschrift dieses Vereines veröffentlicht wurde.

nächstgelegenen Pfeilers um beiläufig 0·30 m. Die Eisenconstruktion der Brücke wurde in eine mässige Schwingung versetzt, so dass am entfernteren Pfeiler sich die Trägerenden um ungefähr 8 mm verschoben. Die unterirdische Wirkung der Ladung hatte sich, soweit dies durch die Sondierungen constatirt werden konnte, auf die Ausprengung eines Mauerkörpers von etwa 0·50 m<sup>3</sup> und auf ein mehrfaches Zerreißen der Caissonwände erstreckt.

Obwohl dieses Resultat im Allgemeinen befriedigte, so hat doch die k. k. General-Inspection der österr. Eisenbahnen die Vornahme weiterer Sprengungen gänzlich untersagt, weil eine Gefährdung des in der Nähe bestehenden Brückenpfeilers nicht vollkommen ausgeschlossen erschien.

Nun wurde im October 1872 die Beseitigung des Pfeilerfragmentes durch Baggerung angestrebt.

Durch diese Arbeit sollte der Caisson um ungefähr 1·50 m tiefer gelegt werden.

Man hoffte das gewünschte Resultat zu erreichen, wenn im Flussbette nach der ganzen Länge des Caissons eine Grube in der Entfernung von etwa 5·00 m stromabwärts der Caissonwand und in einer Tiefe von etwa 7·00 m unter dem Nullwasser ausgebagert werde, in welche Grube dann der Caisson auf die gewünschte Mehrtiefe versinken sollte.

Ogleich für die Arbeit besondere Bagger hergestellt und für die Verführung der geförderten Aushubmaterialien alle erdenkliche Vorsorge getroffen wurde, so konnte die geforderte Tiefe der Grube nur vor der Mitte des Caissons erhalten werden. An den beiden Enden desselben war es nicht möglich, eine bleibende Vertiefung in der Stromsohle herzustellen, weil der Strom die durch Ausbaggerung momentan erzielten Vertiefungen in kürzester Zeit wieder mit Schotter zulegte, und zwar umsomehr, als die Baggerarbeit infolge wiederholter Störungen oftmals unterbrochen werden musste.

Da sich die von Mitte October bis Ende November gemachten Baggerungen auf diese Weise als völlig nutzlos erwiesen hatten und ein Erfolg absolut nicht zu erwarten war, so musste von diesem Mittel zur Beseitigung oder Tieferlegung des verunglückten Caissons abgegangen werden.

Als letztes Mittel zur Beseitigung des Pfeilerfragmentes hatte man dessen mechanische Zertrümmerung in Aussicht genommen.

Allein bei eingehender Erwägung und Berücksichtigung der grossen Festigkeit der zu zerstörenden Construction, der starken Strömung und der umfangreichen hiefür zu treffenden Vorkehrungen schien es nicht rathsam, die Kosten eines diesbezüglichen Versuches aufzuwenden, umsomehr, als man gar keine Garantie für einen Erfolg hatte.

**Sprengschiff, 1873.** — Da alle bisher versuchten Beseitigungsarten zu keinem Ziele führten, die Dynamitsprengungen jedoch die relativ besten Resultate ergaben, so wollte man diese Zerstörungsweise nochmals anwenden und dadurch der dringenden Aufforderung des k. k. Handelsministeriums, den versunkenen Caisson schleunigst zu entfernen, nachkommen.

Die Baudirection der österr. Nordwestbahn und die Bauunternehmung Klein, Schmoll und Gärtner wandten sich nunmehr mit dem Ersuchen an mich, die Durchführung der Sprengung zu übernehmen, da ich meine Überzeugung dahin ausgesprochen hatte, dass das Pfeilerfragment mittelst Minen am ehesten zu beseitigen sei.

Das hiefür entworfene Arbeitsprogramm erhielt die behördliche Zustimmung; es wurde jedoch verfügt, dass die Sprengung erst im Herbste 1873 durchzuführen sei.

Bei Beginn der Sprengversuche hatte der versunkene Caisson ungefähr 1·00 m Aufmauerung, lag 2·60 m unter dem Wasserspiegel (damals Cote des Pegelnullpunktes), mit dem stromaufwärtigen Theile unterhalb der Fahrbahn der Nordwestbahn-Donaubrücke und mit dem stromabwärtigen nur 5·30 m von einem der Pfeiler dieser Brücke entfernt (Fig. 1, Taf. I).

Es war demnach die Aufgabe: Bei einer Wassertiefe von 2·60 m und einer Stromgeschwindigkeit von 1·65 m in der Secunde soll das aus Mauerwerk und Eisen bestehende Pfeilerfragment derart abgesprengt werden, dass weder Brückenbahn oder Pfeiler Schaden leiden, noch die Schifffahrt unterbrochen werde.

Hier war wegen der Construction des Objectes die Herstellung von Bohrlöchern, und wegen der Lage desselben die Ausnützung des versandeten Caisson-Hohlraumes zur Unterbringung einer grösseren Sprengmittelmenge unmöglich. Es musste daher ein anderes Sprengverfahren erdacht werden.

Ich entschied mich für die Anwendung aufgelegter Ladungen, indem ich mich hiebei von folgenden theoretischen Erwägungen leiten liess:

Das Studium der Wirkungen der Sprengmittel in den verschiedensten Medien hat ergeben, dass infolge der Explosion eines brisant wirkenden, im homogenen Gestein eingeschlossenen Präparates eine Wellenbewegung in dem Mittel hervorgerufen wird, durch welche die den Explosionsort umgebenden Theile verschoben beziehungsweise zermalmt werden, und ausserdem noch in näherem oder weiterem Umkreise die Cohäsion des Mittels aufgehoben beziehungsweise vermindert wird <sup>1)</sup>.

Nun ist aber die Rapidität der Gasentwicklung bei der Explosion brisanter Sprengmittel eine so bedeutende, dass schon der Widerstand der unter dem Drucke von nur einer Atmosphäre stehenden Luft vollkommen genügt, um in dem verschwindend kleinen Zeittheilchen, welches zur vollen Verbrennung des Explosivstoffes, also zur Erreichung der vollen Spannungsintensität der Gase nöthig ist, eine nach allen Richtungen eintretende Wirkung hervorzurufen.

Zufolge dieser Erscheinungen muss es daher möglich sein, bei Anwendung von brisant wirkenden Sprengmitteln auch genügende Zerstörungen durch bloss frei aufgelegte Ladungen zu erhalten, und muss die Wirkung der Ladungen sich noch bedeutend günstiger gestalten, sobald sich oberhalb derselben Wasser von entsprechender Höhe befindet. Wird nämlich ein brisant wirkendes Präparat unter Wasser auf einem Felsen oder auf ein sonstiges Mittel auch nur frei aufgelegt, so dehnen sich die durch die Explosion des Präparates erzeugten Wellen in dem minder dichten Mittel (Wasser) offenbar mehr aus als in dem dichteren Mittel (Felsen). Es geht somit allerdings für die Wirkung im dichteren Mittel der grössere Theil der Kraft verloren; dessenungeachtet wird letzteres zunächst des Explosionsortes hinreichend zermalmt und auf eine gewisse Tiefe erschüttert, zerrissen und zerklüftet werden.

Diese Erwägungen führten mich sofort zu dem Schlusse, dass selbst durch die Explosion verhältnismässig kleiner Mengen brisant wirkender Sprengmittel, welche auf unter Wasser befindliche feste Objecte aufgelegt und daselbst angezündet werden, um so günstigere

---

<sup>1)</sup> Besprochen vom Verfasser in den „Mauerwerks-Sprengungen mit Dynamit und Pulver“. Wien 1873.

Wirkungen erhalten werden müssen, je höher die Wassersäule oberhalb der Ladung ist, weil der Druck der auf der Ladung ruhenden Wassersäule die Wirkung in der Unterlage wesentlich erhöhen muss.

Dieser Gedankengang und die von mir zuerst gepflogene theoretische Untersuchung über die Wirkung der unter Wasser angewendeten Sprengladungen wurde durch die endliche Zerstörung des vorerwähnten Pfeilerfragmentes vollkommen bestätigt.

Bei der Ende 1873 durchgeführten Sprengung wurde, um die Ladungen von stromabwärts nach stromaufwärts systematisch vertheilt auf das Pfeilerfragment auflegen zu können, ein möglichst einfach construirter Apparat verwendet, mittels dessen von einem Schiffe aus die Ladungen einzeln versenkt und gezündet werden konnten, ohne dass durch deren Explosion eine Beschädigung der Arbeiter, des Apparates oder des Schiffes selbst möglich gewesen wäre.

Der Sprengapparat (Fig. 2, Taf. I) bestand aus einem Ausschussgerüste **AA**, das am Steuer eines 24.60 m langen, 3.80 m breiten Schiffes (Trauner) anmontiert war, und 5.00 m frei über das Schiff hervorragte.

Das Gerüste, eine Art Hängewerk, hatte zwei Tragbalken, auf welchen, 1.60 m von den freien Enden entfernt, je ein Ständer versetzt und gegen das andere Balkenende hin versteift war. Die beiden Ständer waren in ihrem oberen Theile durch ein Querholz verbunden, welches vorne einen eisernen Bügel **B** und oben eine Rolle **o** hatte.

Die beiden Tragbalken trugen an ihren vorderen Enden einen verstellbaren Rahmen **RR**, dessen beide Langhölzer in gleichen Abständen durchlocht waren. Durch Einschieben von zwei eisernen Bolzen **b** in zwei nebeneinander liegende Löcher konnte der Rahmen in Felder abgetheilt werden.

Durch die Felder und den eisernen Bügel **B** wurde der aus einem Gasrohre gebildeten Führungsstange **F** die jeweilig erforderliche Stellung gegeben. An dem unteren Ende der Führungsstange war eine Kette **K** befestigt, die über die Rolle **o** gieng und zum Heben und Senken der Führungsstange diente.

Da der Führungsrahmen gerade war, so mussten bei horizontaler Sohle auch die unteren Enden der Führungsstangen in ihren verschiedenen Lagen eine gerade Linie bilden, sonach durch die Zündung der an diesen Enden befindlichen Ladungen die Aussprengung nach einer geraden Linie erfolgen. Ferner waren die eisernen Bolzen **b**

gleich weit von einander entfernt angeordnet, es konnten somit bei ebener Sohle auch die Ladungen gleich weit von einander gelegt und gezündet werden.

Das mit dem Apparate versehene Schiff — Sprengschiff — war mit 4 Ankern ausgerüstet und konnte mit Hilfe derselben auf jede gewünschte Stelle, insoweit dieselbe im Bereiche des versunkenen Caissons lag, gebracht und genau fixiert werden.

Behufs Vornahme der Sprengungen wurde das Sprengschiff mit Hilfe von Winden etwa 6·00 m oberhalb der Stelle festgehalten, wo die Sprengung beginnen sollte.

Die Führungsstange wurde sodann mittels der Kette gehoben und in das untere geschlitzte Rohrende ein Rundholz **P** mit daran befestigter, zur elektrischen Zündung eingerichteter Ladung **L** geschoben und eingezwängt; hierauf wurde die Drahtleitung mit der Zündmaschine **Z** verbunden, die Stange an der Kette in das Wasser hinabgelassen, bis die Ladung auf dem Caisson aufstieß, und sodann gezündet.

Sobald der Schuss abgegeben war, wurde die Führungsstange wieder gehoben, der Rest des abgesprengten Ladungsholzes entfernt, ein neues Ladungsholz eingeführt und die Führungsstange mit demselben abermals bis auf den Caisson hinabgelassen.

Am 21. October 1873 wurde in Gegenwart einer Fachcommission die Wirkung von 0·28 kg, und am 7. November die Wirkungen von 0·56 kg und 0·84 kg Dynamitladungen ermittelt.

Die durch die Explosionen der Ladungen erreichten Vertiefungen betragen:

bei 0·28 kg Ladungen . . . . .	22 cm,
„ 0·56 „ „ . . . . .	24 „
„ 0·84 „ „ . . . . .	24 „

Hiebei stellte sich heraus, dass eine Erschütterung der Brücken-Eisenconstruction und Pfeiler nicht wahrnehmbar war und dass kein Herausschleudern von abgesprengten Trümmern erfolgte; das Aufwerfen der Wassergarbe war unerheblich, denn je nach der Stärke der Ladung erreichte die Garbe bei der Wassertiefe von 2·60 m eine Höhe von 0·60—0·80 m.

Die Commission gestattete daher die Anwendung dieser drei Gattungen von Dynamitpatronen.

Die Arbeit wurde anfänglich mit 0·28 kg Ladungen bewirkt, da jedoch deren Wirkungen ungenügend waren, so geschah die Fortsetzung der Sprengung in ausgiebigerer Weise mit 0·56 kg und 0·84 kg Dynamitladungen.

Nach Abgabe des 223. Schusses am 14. Arbeitstage war der Caisson vollkommen zertrümmert<sup>1)</sup>. Es wurden während dieser Zeit 40·00 m<sup>3</sup> mit 104·44 kg Dynamit abgesprengt, sonach entfielen auf 1·00 m<sup>3</sup> zerstörten Objectes 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Minen mit zusammen 2·60 kg Dynamit. Die Spreng- und Zündmittel nebst Zugehör kosteten für jeden Cubikmeter Absprengung 5 fl. ö. W.

Die am 6. December stattgehabte commissionelle Untersuchung, ob die Beseitigung des Schiffahrtshindernisses in dem verlangten Umfange erfolgt sei, ergab, dass an der Stelle des versunkenen Caissons eine grössere als die vorgeschriebene Tiefe vorhanden war, somit die gänzliche Beseitigung des Hindernisses und damit ein glänzender Erfolg der angewendeten Methode erreicht wurde.

Das Protokoll über diese höchst gelungene Sprengung wurde von der k. k. niederösterreich. Statthalterei aufgenommen.

Die Mitglieder der Commission waren: M. v. Leber, k. k. Commissär der General-Inspection der österr. Eisenbahnen, W. Kinsky, k. k. Sections-Ingenieur der Donau-Regulierungs-Commission, E. Gerlich, Ober-Inspector, und F. Adamczik, Inspector der österr. Nordwestbahn, J. N. Zigler, Vertreter der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft, E. v. Bavier, Vertreter der Bauunternehmung Klein, Schmoll & Gärtner, dann die Herren J. Sautner und E. Harnisch.

Der damalige Baudirector W. Hellwag der österr. Nordwestbahn forderte mich gelegentlich auf, über diese Sprengung einen Vortrag im österr. 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 vorläufig keine Publication darüber wünsche.

---

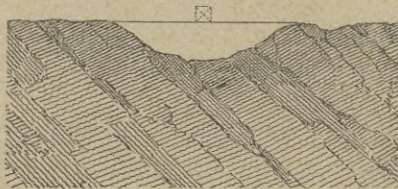
<sup>1)</sup> Die Ladungen hatten keine Zündpatronen, mit welchen gefrorenes Dynamit zur Explosion gebracht wird; es mussten daher die gefrorenen Ladungen täglich aufgethaut werden, um sie mit dem gewöhnlichen Zündmittel entzünden zu können. Hiedurch gieng viel Arbeitszeit verloren und erklärt sich die relativ lange Arbeitszeit.

**Wesen der Sprengmethode.** — Seit jener Zeit war ich bemüht, die zur Zerstörung des Pfeilerfragmentes ersonnene Sprengmethode weiter auszubilden und zu vervollständigen.

Vor allem galt es, die Wirkungsweise von Sprengladungen festzustellen, wenn solche auf unter Wasser befindliche Felsen gelegt und gezündet wurden.

Die Versuche in dieser Richtung ergaben, dass die Explosion einer brisanten Ladung in dem unter ihr im Wasser befindlichen Steine

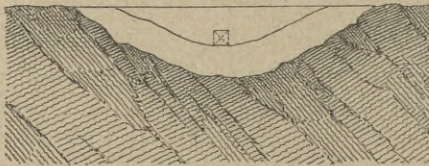
Fig. 3.



stets die Bildung einer Mulde zunächst des Explosionsortes und weiters eine radiale Zerklüftung des Gesteines zur Folge hat (Fig. 3).

Die Grösse der Mulde und die Tiefe der Zerklüftung hängt von der Dichte des Gesteines und von der Grösse der angewendeten Ladung

Fig. 4.



ab, welch' letztere bis zu einer gewissen Grenze um so günstiger wirkt, je höher die darüber befindliche Wassersäule ist.

Wird in den erhaltenen Trichter eine neue Ladung gebracht, so erhält man durch deren Explosion ein bedeutend günstigeres Resultat als durch die vorhergegangene Sprengung, weil das Sprengmittel innerhalb der durch die erste Sprengung gebildeten Mulde schon theilweise von festerem Medium eingeschlossen ist, daher mit weniger Verlust an Sprengkraft wirkt, und weil überdies der Stein selbst schon durch die erste Sprengung in seinem Zusammenhange gelockert ist. Die Mulde wird bedeutend tiefer und in ihrer Breite wesentlich grösser (Fig. 4).



Das weitere successive Vertiefen durch erneuertes Auflegen und Sprengen von Ladungen auf derselben Stelle einer ebenen Felsfläche erreicht jedoch schon nach drei — oft auch bereits nach bloss zwei Sprengungen (erfahrungsgemäss längstens nach einer erreichten Tiefe von 0.45 m) seine Grenze. Es bleibt nämlich in der Mulde, sobald diese etwas tiefer geworden ist, Schutt — Sprenggut — liegen, der das directe Auflegen der Ladung auf den Felsen verhindert und die Sprengwirkung derart abschwächt, dass diese keine Vertiefung der Mulde mehr herbeizuführen vermag.

Bedeutend günstigere Resultate wurden durch jene Versuche erhalten, bei welchen die Sprengladungen nicht mitten auf die obere Fläche eines ebenen Felsens, sondern auf dessen stromabwärtigen Rand oder Abhang aufgelegt wurden (Fig. 5, 6).

Eine so angeordnete Ladung liefert eine bedeutend grössere Wirkung, weil der nach einer Seite freie Felsen abgeschlagen wird

Fig. 5.

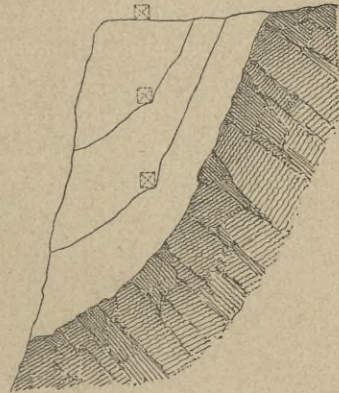
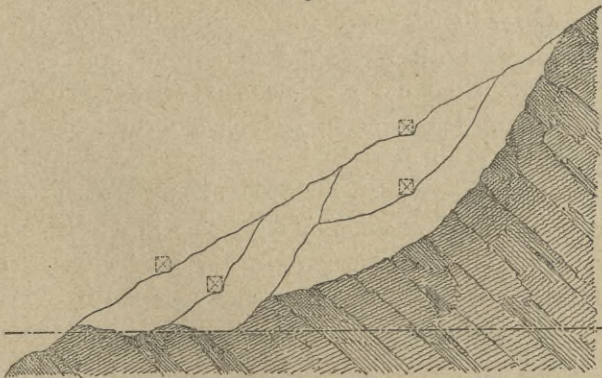


Fig. 6.



— eine Arbeit, die viel leichter zu bewirken ist als die Herstellung einer blossen Vertiefung in dem nach allen Seiten verspannten Gestein, wobei die Sprengung den Felsen nicht abbrechen und wegschieben kann, sondern denselben zermahlen — zerdrücken muss.

Eine zweite in die Mulde eingelegte Ladung wird beim Absprengen einer Wand nun ebenfalls eine bei weitem günstigere Wirkung äussern als im früher besprochenen Falle, weil das abgesprengte Gestein weggeschleudert und weggeschwemmt und dadurch die Anwendung weiterer, directe auf dem Mittel aufruhender Ladungen ermöglicht wird.

Auf Grund dieser Vorversuche konnte nun der Vorgang festgestellt werden, welcher eingehalten werden muss, wenn grössere Felspartien auf beträchtlichere Tiefen abgesprengt werden sollen.

Vor allem ist es nothwendig, die Arbeit an der stromabwärtigsten Stelle des Felsens, und zwar dort zu beginnen, wo derselbe die verlangte Tiefe bereits hat. Von hier aus fortschreitend ist eine Wand zu bilden, um das Abschwemmen des abgesprengten Steinmaterials zu ermöglichen, welches zu verhältnismässig kleinen Stücken zermalmt wird.

Die Sprengung ist nur in der stromabwärtigsten Linie, und zwar an einem Ende derselben mit einer kleinen Ladung zu beginnen, wobei die erhaltene Mulde, wenn nöthig, durch eine an derselben Stelle anzubringende zweite Ladung zu vertiefen ist. Nunmehr muss neben der ersten Mulde auf eine solche Entfernung eine zweite ausgesprengt werden, dass sich die Wirkungssphären der beiden Ladungen übergreifen. In dieser Weise ist die Absprengung in der begonnenen Linie bis an ihr anderes Ende fortzusetzen.

Es muss hier bemerkt werden, dass die festgesetzte Tiefe im weiteren Verlaufe der Sprengungen mit einer geringeren Zahl von Minen zu erreichen sein wird als zu Beginn derselben, weil die folgenden Ladungen nicht mehr auf die ursprüngliche compacte Felsoberfläche, sondern auf den von den früheren Ladungen zerklüfteten oder selbst völlig abgetrennten Theil des Mittels aufgelegt und gezündet werden.

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 abgesprengt ist.

Auf diese Art wird der zu zerstörende Felsen nach einer Linie <sup>1)</sup> abgesprengt und so an dessen stromabwärtigem Ende künstlich eine freie Wand gebildet.

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

Nunmehr sprengt man eine zweite Linie stromaufwärts der ersten derart, dass die Wirkungen der einzelnen Minen in jene der ersten Reihe reichen (Fig. 7), also gegen die freie Wand hin fallen, und dass das abgesprengte, zu kleinen Stücken zermalmte Steinmaterial zum grossen Theile durch das Wasser abgeschwemmt wird, während stromabwärts von der Sprengstelle nur die grösseren Sprengstücke liegen bleiben.

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

Fig. 7.



gegen die stromabwärtige und seitliche Aussprengung, wodurch günstigere Effecte bei den weiteren Sprengungen erzielt werden.

Diese Sprengungsweise liefert insbesondere dann überraschende Resultate, wenn das Gestein sehr lassig und porös ist, weil durch die Explosion der Ladung das den Explosionsort umgebende Wasser mit ungeheurer Kraft in die Lassen oder Poren getrieben wird und dort, gleichsam als Keil wirkend, die Sprengwirkung erhöht.

Eine wesentliche Bedingung für den guten Erfolg dieser wohl-durchdachten Sprengmethode bildet, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, die systematische Anordnung der einzelnen Ladungen in der Weise, dass das Ineingreifen ihrer Wirkungen verbürgt erscheint und ausserdem noch die Versenkung der Ladung bis auf den festen Grund. Beides ist nur dadurch zu erreichen, dass die einzelnen Ladungen an Führungsstangen befestigt und durch einen speciell

zu diesem Zwecke construierten Apparat an die gewünschten Stellen gebracht und dort festgehalten werden.

Schon im Jahre 1874 war diese Sprengmethode soweit ausgebildet, dass ich die Überzeugung hatte, bei Anwendung derselben Felssprengungen unter Wasser mit gutem Erfolge durchführen zu können.

Ich wendete mich nun in einer Denkschrift an den damaligen Minister des Äussern, Grafen J. Andrassy, diesen ersuchend, mir alle bisherigen Projecte, welche über die Regulierung der Stromschnellen in der unteren Donau vorlagen, zur Verfügung zu stellen, um mit Rücksicht auf meine Sprengmethode dieselben zu besprechen.

Diesen Schritt unternahm ich aus dem Grunde, weil alle bekannten Projecte für die Regulierung der Stromschnellen die Felssprengungen unter Wasser als die schwierigsten, zeitraubendsten und kostspieligsten Arbeiten bezeichneten, weshalb die Projectanten bei Ausarbeitung der Elaborate von submarinen Felssprengungen entweder ganz absahen oder dieselben auf ein Minimum beschränkten. Dort, wo sie dennoch zu Sprengungen griffen, suchten sie dieselben durch künstliche Einbauten auf solche im Trockenen oder wenigstens im ruhigen Wasser zurückzuführen.

Mein Ansuchen konnte nicht berücksichtigt werden.

**Sprengversuch, 1875.** — Im Jahre 1875 sprachen Fachleute gegen die Aussprengung eines Canales in der gegenwärtigen Fahrlinie durch das Eiserne Thor in der unteren Donau, obzwar eine solche Wasserstrasse den militärischen Interessen weit besser entspräche, als ein am serbischen Ufer hergestellter und eingedämmter Canal. Als Grund wurde damals die Unmöglichkeit angeführt, in jener Stromlinie sprengen zu können.

Ich erhielt nun vom k. und k. Reichs-Kriegsministerium den Auftrag, die Katarakte in der unteren Donau zu besichtigen und Sondierungen vorzunehmen, um Gewissheit zu erlangen, ob diese Befürchtung gerechtfertigt sei.

Diese Gelegenheit benützte ich nicht bloss zur Vornahme der aufgetragenen Erhebungen, sondern ich war auch bestrebt, um über die Anwendbarkeit meiner Sprengmethode bei den dortigen Strom- und Grundverhältnissen ein auf Versuche basiertes Gutachten abgeben zu können, wirkliche Sprengungen durchzuführen.

Über Verfügung des Directors der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft, M. Ritter v. Cassian, wurde mir auf der Schiffswerfte zu Turn-Severin ein vollkommen ausgerüstetes und bemanntes Sprengschiff zur Verfügung gestellt.

Da es sich nur um kleine Versuche handelte, so war der Sprengapparat nur provisorisch, ähnlich den im Jahre 1873 bei Zerstörung des Pfeilerfragmentes verwendeten, construiert.

Die Einrichtung des Sprengapparates erlaubte, selbst bei einer Wassertiefe von 3·00 m auf je 0·70 m<sup>2</sup> Bodenfläche, eine Ladung anzubringen und derart, wenn nöthig, von einer Schiffsstellung aus eine Fläche von circa 20·00 m<sup>2</sup> auf die angegebene Wassertiefe abzusprengen.

Zur Verankerung des Schiffes wurden statt der Anker, welche sich erfahrungsgemäss zwischen den Felsenriffen einklemmen und nicht mehr gehoben werden können, Eisenklötze von 168 kg und 280 kg genommen, welche Nothanker sich als vollkommen zweckentsprechend gezeigt haben.

Den Sprengversuchen wohnten von der Schiffswerfte zu Turn-Severin der Director H. Welzl und der Secretär R. Suchanek bei.

Zuerst wurde am 1. Juli 1875 ein Versuch an der Stromschnelle Jucz gemacht.

Das Sprengschiff wurde mittels zweier Ankergewichte an einem Orte oberhalb der Felsbank fixiert, wo die Wassertiefe beiläufig 3·00 m und die Stromgeschwindigkeit 3·25 m per Secunde betrug.

Es wurden an dieser Stelle 35 Schüsse mit zusammen 16·75 kg Rhexit<sup>1)</sup> abgethan.

Die Trichterertiefen ergaben sich:

bei 0·25 kg Ladung mit beiläufig 10 cm,	
„ 0·50 „ „ „ „ 15 „	
„ 0·75 „ „ „ „ 18 „	

wenn die Ladungen directe auf den Felsen aufgelegt wurden. Die Wirkungen steigerten sich jedoch, wenn in dem vom ersten Schusse ausgesprengten Trichter die zweite Ladung eingeführt und zur Explosion gebracht wurde. So z. B. haben die an einer Stelle nacheinander

---

<sup>1)</sup> Erzeugnis der Rhexit- und Dynamit-Fabrik zu St. Lambrecht in Steiermark. Das verwendete Rhexit enthielt 72% Nitroglycerin und 28% Aufsaugungsstoff, dessen Hauptbestandtheil Holzmoder war.

gezündeten Ladungen von 0·25 kg und 0·75 kg Rhexit eine Aussprengung von 37 cm Tiefe ergeben.

Obwohl wegen den Schwankungen des Schiffes eine genaue Aufnahme der ganzen Arbeitsleistung sich nicht bewerkstelligen liess, so wurde doch festgestellt, dass innerhalb des Raumes, welchen der Sprengapparat beherrschen konnte, also ungefähr auf 20·00 m<sup>2</sup>, der Felsen binnen 4 Stunden auf pp. 0·30 m abgesprengt wurde.

Die Arbeiter hatten sich in der Handhabung des Apparates sehr schnell zurecht gefunden und machten nach den ersten 6 Schüssen die nächsten 7 in 20 Minuten, also in kaum 3 Minuten einen Schuss.

Der Apparat functionierte, obgleich die Führungsstange aus einem schwächeren Eisenrohre (Kesselrohre) erzeugt werden musste, tadellos und ohne die geringsten Gebrechen an irgend einem Theile zu zeigen.

Am 3. Juli 1875 wurden am Eisernen Thore zwei weitere Versuche vorgenommen.

Das Sprengschiff wurde in der Fahrlinie der Dampfschiffe zunächst des Felsens Grosser Golombac mittels eines Ankergewichtes festgestellt. Die Stromgeschwindigkeit betrug dortselbst 4·50 m per Secunde, die Wassertiefe konnte mit den zur Verfügung gestandenen Mitteln nicht gemessen werden.

Die Führungsstange wurde hier bis auf 4·55 m in das Wasser anstandslos hinabgelassen und gehoben, so dass es keinem Anstande unterlegen wäre, Sprengungen in dieser Tiefe vornehmen zu können, was jedoch wegen des Schiffsverkehrs unterlassen werden musste.

Zur Durchführung eines Sprengversuches wurde das Sprengschiff zunächst des rechten Ufers oberhalb Sipp im Eisernen Thore aufgestellt und mittels 5 Ankern derart befestigt, dass die genaue Sondierung des unterhalb des Sprengapparates liegenden Hindernisses trotz der auch hier vorgefundenen Stromgeschwindigkeit von 4·50 m per Secunde anstandslos ausgeführt wurde.

Die Wassertiefe über dem Felsen betrug 1·75 m.

Da auf je 0·70 m<sup>2</sup> Grundfläche eine Cote abgenommen wurde, so war die Aufnahme hinreichend genau, um den auf 1·00 m abzusprenghenden Felsen in Schichten von 10 cm Höhe in einer Skizze darstellen zu können.

Nach Zündung von 18 Ladungen mit zusammen 8·25 kg Rhexit wurde neuerdings sondiert; die hiebei erhaltenen, auf die Vertical-

projection reducierten Coten wurden in der Skizze eingezeichnet und darnach das Cubikmaass des gesprengten Felsens mit  $5.50 \text{ m}^3$  berechnet.

Diese Felsmenge wurde binnen 3 Stunden beseitigt.

Für die Sprengung von  $1.00 \text{ m}^3$  Fels an jener Stelle des Eisernen Thores entfielen: 0.05 Arbeitstage von 10 Arbeitern täglich und  $1.50 \text{ kg}$  Rhexit. Die hiebei verbrauchten Materialien, mit Ausschluss der Schiffsausrüstung, bewerteten sich mit 3 fl. 25 kr.

Dieses Ergebnis ist gegenüber dem bei der eingangs beschriebenen Sprengung des Caissons im Jahre 1873 in der Donau bei Wien erhaltenen auffallend günstiger.

Den Grund hiefür fand ich in einem Berichte des Ingenieurs J. Meusburger vom Jahre 1855. In demselben ist die Felsart im Eisernen Thor als eine sehr blättrige, aufgeschobene und faule Schiefergattung mit völlig senkrechter Schichtung charakterisiert.

Auf Grund dieser besonderen Versuchsergebnisse und der weiters an Ort und Stelle gepflogenen Erhebungen konnte ich in meinem Berichte aussprechen, dass trotz der ausserordentlichen Stromgeschwindigkeit und der Grundbeschaffenheit an der unteren Donau bei den acht Katarakten zwischen O'Moldova und Turn-Severin die Sprengarbeiten nach meiner Sprengmethode entschieden einfacher, schneller und billiger als nach den bisherigen (1875) Vorgangsweisen ausführbar sind, ja dass die Aussprengung bei einigen Katarakten nur nach meiner Methode möglich ist.

Ogleich nun durch diese Untersuchungen nachgewiesen wurde, dass in der Fahrlinie am Eisernen Thor Sprengungen ausführbar seien, so wurde dennoch aus hydrotechnischen Gründen einem Schifffahrts-canal längs des serbischen Ufers der Vorzug gegeben.

Die Ergebnisse dieser Versuche, sowie jene einer im Jahre 1878 in der Donau bei Krems<sup>1)</sup> bewirkten Sprengung harten Felsens (Gneis) bestimmten mich, den Einheitspreis für  $1.00 \text{ m}^3$  submariner Felssprengung, mit Berücksichtigung einer sehr grossen Strom-

<sup>1)</sup> Über Ansuchen des k. k. Bezirksbauamtes zu Krems unter meiner Leitung durch das k. und k. 2. Genie-Regiment ausgeführt.

geschwindigkeit, einer Wassertiefe von 6·00 m, dann mit Rücksicht auf alle sonstigen, bei ausgedehnten Felssprengungen noch vorkommenden Nebenarbeiten mit 12 fl. und die tägliche Arbeitsleistung eines Sprengschiffes mit 10·00 m<sup>3</sup> anzunehmen.

**Sprengversuch, 1881.** — Als im Jahre 1880 der Donau-Verein in seinem patriotischen Streben, die Interessen des Verkehres auf der gesammten Donau zu wahren und zu fördern, die Donau in Wahrheit zu einer Weltstrasse zu gestalten, alle die Regulierung der Stromschnellen behandelnden wertvollen Operate sammelte und in der Publication: „Actenstücke zur Regulierung der Stromschnellen der Donau zwischen O'Moldava und Turn-Severin“ möglichst ausführlich zur allgemeinen Beurtheilung der Öffentlichkeit übergab, ward ich in die Lage gesetzt, ein Elaborat auszuarbeiten, welches auf Grund der damaligen Erfahrungen die Regulierung der erwähnten Stromschnellen mit besonderer Rücksichtnahme auf meine Sprengmethode behandelte.

Diese Arbeit übergab ich dem Donau-Vereine mit dem Ersuchen, dieselbe prüfen und im Falle günstiger Beurtheilung veröffentlichen zu wollen.

Für den Donau-Verein war das Elaborat von um so grösserer Bedeutung, als in demselben zuerst darauf hingewiesen wurde, dass das Aussprengen von Canälen durch die Felsbänke, welche die Stromschnellen veranlassen, bei Beachtung der neuesten Fortschritte in der Sprengtechnik mit viel geringeren Schwierigkeiten verbunden ist, als man bisher anzunehmen berechtigt war, und dass infolge dessen die Stromregulierung mittels auszusprengender Canäle im freien Strome auf billigere Art und in kürzerer Zeit als nach den bisher bekannten Projecten möglich sei.

Da jedoch meine Vorschläge und Kostenberechnungen nur auf die Ausnützung meiner Sprengmethode basierten, welche Methode noch zu wenig bekannt und erprobt war, wollte sich der Donau-Verein, noch vor Veröffentlichung des erwähnten Elaborates, von dem Werte und der Brauchbarkeit meiner Sprengmethode überzeugen.

Aus diesem Grunde genehmigte die am 31. Mai 1881 abgehaltene General-Versammlung den vom k. k. Ober-Ingenieur S. Taussig gestellten Antrag, einen grösseren Sprengversuch nach meiner Methode auf Kosten des Vereines vorzunehmen.



Der Versuch fand im Sommer 1881 in der Donau nächst der Stadt Krems statt.

Über Einschreiten des Donau-Vereines gestattete das k. und k. Reichs-Kriegsministerium, dass zur Durchführung des Versuches unter meiner Leitung die erforderlichen Officiere und Mannschaft vom k. und k. Genie-Regimente Nr. 2 entnommen werden durften.

Als Versuchsobject wurde der Felsenkopf gewählt, welcher sich unweit des Dampfschiff-Landungsplatzes aus dem Donaubette erhob und wiederholt Anlass zu verheerenden Eisstauungen in dieser Stromstrecke gegeben hatte<sup>1)</sup>.

Die Sprengversuche, welche nebst der Erprobung der Sprengmethode auch die Tendenz verfolgten, die Flusssohle an der Sprengstelle bis auf 2·00 m unter dem örtlichen Nullwasserspiegel zu vertiefen, fanden bei einer mittleren Wassertiefe von 2·70—3·30 m statt; die Stromgeschwindigkeit betrug nach wiederholten Messungen 3·20 m.

Der Flussgrund bestand an der Sprengstelle aus einem sehr harten, viele dünne Quarzadern führenden geschichteten Gneis, der in seinen tieferen Partien mit Geschiebe bedeckt, in den höheren Theilen jedoch frei von solchen war.

Das Sprengschiff war eine vom Wasserbau-Ärar entlehnte niederbordige hölzerne Platte, welche für die Zwecke des Versuches mit einem Sprengapparate einfachster Construction, sowie mit den nöthigen Ankern und Winden zum Verstellen des Schiffes ausgerüstet wurde.

Als Sprengmittel wurde hauptsächlich Neu-Dynamit Nr. I und nur zum geringen Theile Gelatine-Dynamit in Mengen von 0·25 kg und 0·50 kg verwendet.

Die Zündung geschah ausschliesslich mittels Reibungselektricität.

Für die Handhabung des Sprengapparates wurden 5 Mann und zum Laborieren und Anfertigen der Munition 3 Mann verwendet.

Einem Wunsche des Donau-Vereines entsprechend, wurde zur Abgabe eines fachtechnischen Gutachtens eine unparteiische Jury wie folgt zusammengesetzt:

<sup>1)</sup> Ausführlich beschrieben in meinem Aufsätze: „Methode der Felsprengungen unter Wasser mit frei aufliegenden Sprengladungen“. Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens, XIII. Jahrg. 1882.

Präses: M. v. Gjurits, Oberstlieutenant des Geniestabes, Abtheilungsvorstand im k. und k. techn. und admin. Militärcomité, Delegierter des k. und k. Reichs-Kriegsministeriums.

Mitglieder: Bauadjunct G. Brückl, Vertreter der k. k. niederöstr. Statthalterei;

Ober-Ingenieur S. Taussig, Vertreter der Donau-Regulierungs-Commission und des Donau-Vereines;

Ingenieur J. Deutsch, Obmann des hydrotechnischen Comités des östr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Vertreter dieses Vereines;

Hauptmann des Geniestabes A. Pap, Mitglied des k. und k. techn. und admin. Militärcomités, Protokollführer.

Die Jury richtete ihre Aufmerksamkeit am Versuchsplatze hauptsächlich auf eine exacte Feststellung der Versuchsdaten, und wurden insbesondere die Schiffsstellungen graphisch und trigonometrisch aufgenommen, die Sprengschüsse, sowie sämtliche Sondierungen notiert, dann die jeweilige Lage des Bügels am Sprengapparate — welcher die Marke für die Ablösung der Sonden bildet — gegen einen Fixpunkt am Ufer durch Nivellement festgelegt.

Im Ganzen wurde an 9 Arbeitstagen mit zusammen 60·6 Arbeitsstunden das Sprengschiff in 10 verschiedene Stellungen gebracht, in diesen wurden 2096 Sondierungen vorgenommen und 430 Schüsse abgegeben, unter welchen sich 43 Versager ergaben.

Von den 10 Schiffsstellungen musste eine, bei welcher eine genaue Feststellung der Bügelhöhe nicht stattfand und deshalb die Sondierungsergebnisse zweifelhaft erschienen, von den Folgerungen der Jury ausgeschlossen werden. In der Tabelle I wurden daher nur die Resultate der 9 übrigen Schiffsstellungen aufgenommen.

Aus der Tabelle erhellt, dass mit 372 Schüssen (einschliesslich der verloren gegangenen Ladungen) beziehungsweise mit einem Munitionsaufwande von 134·25 kg Dynamit (nur 0·75 kg waren Gelatine) 32·84 m<sup>3</sup> Felsen nachweisbar beseitigt wurden.

Die Beseitigung geschah theils direct durch die Sprengung, theils nach derselben durch die Strömung, welch' letzterer eine Zeit von höchstens 12 Stunden gelassen wurde.

Bei diesem Versuche wurde demnach nur das direct durch Sprengung und das während einer kurzen Zeit nach der Sprengung durch die Strömung beseitigte Material in Rechnung gezogen; das

weiter noch gesprengte aber liegen gebliebene Sprenggut musste jedoch ausser Calcül gelassen werden, weil zu dessen genauer Messung die Mittel der Jury nicht ausreichten.

Nach sorgfältiger Prüfung und Zusammenfassung aller Versuchsdaten dieses, wenn auch nur in kleinem Maassstabe durchgeführten Versuches konnte die Jury meine Methode für Sprengungen unter Wasser empfehlen, und zwar als besonders vortheilhaft in jenen Fällen, wo grössere Wassertiefen und stärkere Strömungen vorherrschen.

Als maximale Tagesleistung ermittelte die Jury an einem Versuchstage in  $9\frac{1}{2}$  Arbeitsstunden 308 Sonden und 111 Schüsse.

Eine 0.50 kg schwere Dynamitpatrone, bei 2.00—3.00 m Wassertiefe auf dem Flussgrunde zur Explosion gebracht, erzeugte in allseits verspanntem, sehr hartem Felsen eine etwa 20—30 cm tiefe und circa 1.00 m weite Mulde; ein zweiter Sprengschuss an derselben Stelle vergrössert die Trichtertiefe um etwa 10—15 cm, ein dritter Schuss hingegen bewirkt keine weitere nachweisbare Vertiefung der Mulde.

Die Kosten für die Absprengung von 1.00 m<sup>3</sup> Felsen unter Wasser berechnete die Jury mit 11 fl. 66 kr. wie folgt:

Material.

4.09 kg Dynamit einschliesslich

10% für Laborieren à 1 fl. 68 kr. . . . .	6 fl. 87 kr.
12.1 St. elektrische Zünder à 4 kr. . . . .	— „ 48 „
(10.9 × 0.20 m) isolierten Draht à 13 kr. . . . .	— „ 28 „
10.9 St. Patronenstäbe à 8 kr. . . . .	— „ 87 „
wasserdichte Pasta zum Abdichten . . . . .	— „ 50 „

Arbeit.

1.33 Tagwerker à 2 fl. . . . .	2 „ 66 „
--------------------------------	----------

Zusammen . . . 11 fl. 66 kr.

Hiezu kommen noch etwa 5% für Reparaturen an Muffen und Ketten. —

Das Constructionsprincip des Sprengapparates sowie dessen Einrichtung für die Doppelfunction des Sondierens und Sprengens wurde im allgemeinen als zweckmässig anerkannt, jedoch als verbesserungsfähig bezeichnet, was bei dem Umstande, dass der Apparat für den Versuch improvisiert worden war, sehr erklärlich ist.

Namentlich bezeichnete die Jury es als wünschenswert, den Apparat derart umzugestalten, dass die Sondierung sowohl wie auch die Einführung der Patronen in verticaler, statt wie bisher in schiefer Richtung erfolgen könnte.

Auch sprach sie sich dahin aus, dass es wünschenswert wäre, die Ergebnisse des Versuches in Bezug auf:

- a) die Abfuhr des Sprenggutes durch die Strömung;
- b) die Constatierung des wirklich abgesprengten Materiales;
- c) den Einfluss der Configuration des Felsens auf die Schiffstellung und
- d) den Kostenpunkt

durch einen in grösserem Maassstabe vorzunehmenden Versuch genauer festzustellen.

Bezüglich der ersten beiden Punkte hatte ich noch im Jahre 1881 bei Fortsetzung der Felssprengungen in der Donau nächst Krems Gelegenheit, zu constatieren, dass von der gesammten abgesprengten Felsmasse 66% unmittelbar durch die Sprengung weggeschleudert und 9% binnen 12 Stunden nach der Sprengung durch die Strömung des Wassers abgeführt werden, während 25% an der Sprengstelle als Schuttmasse liegen bleiben.

Zum Zwecke der Beantwortung der von der Jury unter c) und d) gestellten Fragen mussten die Resultate weiterer Versuche abgewartet werden.

Trotz der noch fehlenden Daten sah sich der Donau-Verein durch die günstigen Resultate meiner Sprengmethode bestimmt, das von mir gelieferte und bereits erwähnte Elaborat zu Ende des Jahres 1882 unter dem Titel: „Beitrag zu den Actenstücken zur Regulierung der Stromschnellen zwischen O'Moldova und Turn-Severin“ zu veröffentlichen<sup>1)</sup>.

**Sprengversuch, 1882.** — Eine weitere Gelegenheit zur Erprobung meiner Sprengmethode ergab sich im Jahre 1882.

Die General-Bauunternehmung der Budapest-Semliner Eisenbahn hatte über Vorschlag des k. ungar. Ober-Ingenieurs E. Wagner beim k. und k. Reichs-Kriegsministerium das Ansuchen gestellt, zu gestatten, dass die anlässlich des Baues der Neusatz-Peterwardeiner Eisenbahnbrücke nächst der Festung Peterwardein vorzunehmenden Fels-

<sup>1)</sup> Die Broschüre erschien im Jahre 1883 im Verlage des Donau-Vereines.

sprengungen<sup>1)</sup> im Donaubette von mir und mit Zuhilfenahme von Militär-Arbeitskräften durchgeführt würden.

Diesem Ansuchen wurde willfahrt und wurde ich beauftragt, die bezüglich Anträge wegen Durchführung der Sprengung und wegen Beistellung eines Genietruppen-Detachements zu stellen.

Die durchzuführende Arbeit bestand im Aussprengen eines 20·00 m langen und 9·00 m breiten, also 180·00 m<sup>2</sup> messenden Plateaus aus dem von der Festung in die Donau abfallenden Felsen, um auf demselben in einem Caisson den dem rechten Donauufer zunächst liegenden Strompfeiler errichten zu können.

Da hiebei der Felsen — verwitterter Serpentin — auf pp. 1·50 m Tiefe abgesprengt respective die regulierte Stromsohle auf 7·50 m unter den Nullpunkt des Peterwardeiner Pegels gebracht werden sollte, so berechnete die Bauunternehmung die Aussprengung mit 300·00 m<sup>3</sup>. Diese Felsmasse war bei einer relativen Wassertiefe von 9·00 m und bei einer Stromgeschwindigkeit von 2·50 m zu entfernen.

Nachdem also der zu beseitigende Felsen 9·00 m unter der Wasseroberfläche lag, so war die Anwendung von Bohrschüssen zur Zerstörung desselben ausgeschlossen; die Stromgeschwindigkeit von 2·50 m und die verhältnismässig geringe Felsmasse erlaubte auch die Anwendung kostspieliger Taucherapparate nicht; endlich erschien auch das Sprengen des Felsens im Caisson, und zwar nach vorhergehender Versenkung desselben, erfahrungsgemäss nicht rätlich.

Die gestellte Aufgabe konnte daher zweckmässig und verhältnismässig billig nur mit Hilfe meiner Sprengmethode gelöst werden.

Zur Durchführung der Felssprengung wurde ein Detachement, bestehend aus 2 Officieren, 3 Unterofficieren und 22 Mann des 4. Feld-Bataillons vom Genie-Regimente Nr. 2, bestimmt.

Dem einen der beiden Officiere — Oberlieutenant K. Förster — wurde die Leitung der Sprengarbeiten übertragen, der zweite — Lieutenant E. Kamler — erhielt das Commando des Detachements.

Während ich bei allen bisherigen nach meiner Methode ausgeführten Felssprengungen nur einen Sprengapparat, und zwar in der Längenrichtung des Schiffes über das Steuer vorspringend, angeordnet hatte, stellte ich diesmal zwei Sprengapparate senkrecht auf der

<sup>1)</sup> Ausführlich von mir beschrieben in dem Aufsätze: „Felssprengungen unter Wasser in der Donau nächst Peterwardein“. Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens. XIV. Jahrg. 1883.

Längenrichtung des Schiffes, beide an derselben Seite und nur wenig über die Bordwand vorspringend, auf.

Die Gründe für diese Anordnung waren folgende:

Über die Situation des Felsens beiläufig orientiert, wusste ich, dass der Felsen vom Strome aus gegen das rechte Ufer hin ansteige, sonach das Fortschwimmen eines grossen Theiles des gesprengten Materials am besten zu gewärtigen sein werde, wenn die Sprengung von der Mitte des Stromes aus gegen das rechte Ufer hin linienweise und überdies in jeder Linie von stromab- nach stromaufwärts vorgenommen würde.

Damit nun vom Strome aus gegen das rechte Ufer hin gesprengt werden könne und um das Sprengschiff möglichst wenig verstellen zu müssen — was immer zeitraubend ist — ordnete ich zwei Sprengapparate so an, dass die Dynamitladungen bei den äussersten Stellungen der beiden Führungsstangen am Flussgrund auf mehr als 20·00 m von einander entfernt gelegt werden konnten. Hiedurch erreichte ich den Vortheil, dass nach bloss viermaligem parallelen Verschieben des Sprengschiffes gegen das rechte Ufer hin die Absprengung des Felsens gleich in der verlangten Längen- und Breitenausdehnung bewirkt werden konnte, ein Resultat, welches auf diese Art viel leichter zu erreichen war als durch Anbringung des Sprengapparates am Steuer des Schiffes.

Das eigentliche Sprengschiff (Fig. 8 und 9, Taf. II) hatte 18·00 m Länge und 4·60 m Breite und war wegen der grossen einseitigen Belastung an ein zweites 15·00 m langes gedecktes Schiff gekoppelt, dessen Fassungsraum zur Manipulation mit den Sprengladungen zweckmässig ausgenützt werden konnte.

Die beiden 6·00 m von Mitte zu Mitte von einander entfernten Ausschussgerüste **AA** waren von ähnlicher Construction wie die bei den früheren Versuchen verwendeten, jedoch von grösseren Dimensionen.

Die an den Kappen befestigten Bügel **BB** waren zum Öffnen eingerichtet und 4·00 m oberhalb der Führungsrahmen angebracht, um die 22·00 m langen, 260 kg schweren, aus mehreren Rohrstücken zusammengesetzten Führungsstangen **FF** mit Rücksicht auf deren grosse freie Länge genauer feststellen zu können. Auch wurden 3·00 m oberhalb der Bügel eiserne Querarme **qq** zur Unterstützung der Führungsstangen angebracht.

Die Führungsrahmen **RR**, welche durch 12 eiserne Haken **bb** in 11 Felder abgetheilt waren, konnten auf dem Gerüste dreimal auf die Entfernung von 25 cm verstellt und somit aus einer Schiffsstellung jede Führungsstange in 33 Lagen gebracht werden.

Zum leichteren Heben und Senken der Führungsstangen waren dieselben an Ketten **KK** befestigt, welche über Rollen **oo** geleitet waren und an Winden auf- und abgewickelt werden konnten.

Die so construierten Apparate gestatteten, von wenigen Schiffsstellungen aus bei einer Wassertiefe von 9·00 m die Sprengungen auf einer Fläche von 21·00 m Länge und 3·50 m Breite vorzunehmen, oder mit anderen Worten, eine Fläche von 73·50 m<sup>2</sup> zu beherrschen.

Das so ausgerüstete Sprengschiff wurde mittels zweier je 400 kg schwerer Ober- und einem Unteranker, dann mittels dreier stromeinwärts, nahezu senkrecht auf die Längenrichtung des Schiffes geworfener, gleichfalls zu 400 kg schwerer Seitenanker festgestellt. Gegen das rechte Ufer hin wurden keine Anker geworfen, sondern es wurde das Sprengschiff mittels zweier starker Taue an die Escarpe-mauer des Festungswerkes verheftet (Fig. 10, Taf. II).

Als Sprengmittel wurde Neu-Dynamit Nr. I gewählt, welches zu Patronen von 0·50 kg und 0·25 kg in Papierbüchsen laboriert war. Zum Schutze gegen Nässe wurden die Büchsen in geschmolzenes Paraphin getaucht und der Büchsendeckel mit wasserdichter Pasta gedichtet.

Die Zündung der Ladungen geschah durchwegs auf elektrischem Wege.

Zur Handhabung der beiden Sprengapparate waren 2 Unterofficiere und 12 Mann, für das Herrichten und Zutragen der Ladungen 2 Mann erforderlich. Überdies waren im Laboratorium beim Adjustieren und Dichten der Ladungen 1 Unterofficier und 8 Mann beschäftigt.

Die Resultate dieser Sprengung waren folgende:

Bei einer Wassertiefe von abwechselnd 12·00—13·00 m und einer Stromgeschwindigkeit von 2·50 m wurden durch 25 Mann in 38 Tagen zu 10 Arbeitsstunden 187·00 m<sup>3</sup> Felsen mit 1200 kg Neu-Dynamit Nr. I um den Betrag von 5789 fl. 37 kr. gesprengt.

Es entfielen sonach für 1·00 m<sup>3</sup> Sprengung verwitterten Serpentin auf 12·50 m Tiefe unter Wasser: 4 Stunden Arbeitszeit, 6·41 kg Dynamit, 21—22 Schüsse und 30 fl. 96 kr. an Kosten.

An einem Tage wurden durchschnittlich 4·92 m<sup>3</sup> Felsen gesprengt.

Die grösste Tiefe der Aussprengung betrug 2·05 m.

Vom erzielten Resultate überzeugte sich schliesslich eine Commission, bestehend aus den Herren: E. Wagner, Ober-Ingenieur, und E. Magering, Bauführer der k. ungar. Brückenbauleitung; A. Mathon, Chef-Ingenieur, und A. Hoffmann, Ingenieur der General-Bauunternehmung Comp. de Fives Lille; und E. Kamler, Lieutenant des Genie-Regiments Nr. 2, Commandant des Genietruppen-Detachements.

Die Commission constatirte, dass der unter Wasser befindliche Fels durchschnittlich selbst auf etwas mehr als 7·70 m unter Null abgesprengt und ein grosser Theil des abgesprengten Materials durch den Strom abgeführt worden war, d. h. dass die angewendete Methode auch in diesem speciellen schwierigen Falle vollkommen entsprochen hatte und dass der angestrebte Zweck erreicht worden war.

Als später zum Zwecke der Fundierung des Pfeilers ein Caisson versenkt wurde, ergab sich die Gelegenheit, am Flussgrunde die Sprengwirkung directe und genauestens zu besichtigen, was die Felsprengung bei Peterwardein besonders interessant und lehrreich gestaltete. Der Localaugenschein bestätigte den früheren commissionellen Befund in allen seinen Theilen.

Hiebei zeigte es sich ferner, dass in dem verwitterten Serpentin noch bis auf eine Tiefe von 0·60 m die Spuren der Sprengung deutlich bemerkbar und infolge dessen die noch unter die hergestellte Sohle abzutäufenden Schächte mittels Krampen und Brechstangen in verhältnismässig kurzer Zeit herstellbar waren.

Nebst diesen sehr zufriedenstellenden Resultaten muss insbesondere noch hervorgehoben werden, dass die Sprengapparate trotz ihrer primitiven Einrichtung selbst bei so bedeutender Stromgeschwindigkeit und noch auf eine Tiefe von 13·00 m unter Wasser, also auf eine Tiefe zu sprengen gestatten, welche in der Regel nicht einmal in Seehäfen für die tiefstgehenden Kriegsschiffe benöthigt wird.

Durch die Thatsache, dass mit den einfachen Apparaten der Felsen auf 2·05 m Höhe abgesprengt wurde, findet die Voraussicht der Jury für die Sprengungen in der Donau zu Krems 1881, welche in ihrem Gutachten bemerkte, dass die maximale örtliche Vertiefung in Krems zwar nur 0·86 m und 1·14 m betragen habe, dass dieselbe



jedoch durch fortgesetztes schichtenweises Absprengen in grösserem Maassstabe steigerungsfähig sei, wenn man sich die Verspannung des Gesteines wenigstens nach einer Seite hin aufgehoben denkt, was bei der Peterwardeiner Sprengung auch thatsächlich der Fall war, ihre volle Bestätigung.

Die Resultate der Sprengung bei Peterwardein sind endlich auch insoferne von grossem Werte, als sie die Schlussfolgerung gestatteten, dass sich bei Beseitigung der Stromschnellen in der unteren Donau auch in Bezug auf die örtliche Vertiefung der Anwendung meiner Sprengmethode keine Schwierigkeiten entgegenstellen können, weil von den Felsen, welche in die Tracen der projectierten Canäle fallen, nur wenige bis auf 2-00 m Tiefe abzusprenge sind.

Am Sprengapparate zeigten sich während des Sprengens nur jene Mängel, welche schon im Jahre 1881 zu Krems wahrgenommen wurden, obzwar man gewärtig sein musste, dass beim Sprengen in so beträchtlicher Tiefe noch andere Mängel an den Apparaten zutage treten würden. Dass dies nicht der Fall war, erwies klar das richtige Constructionsprincip des Sprengapparates.

**Sprengversuch, 1883.** — Als das k. ungar. Ministerium für öffentliche Arbeiten und Communicationen im Jahre 1883 das von der internationalen technischen Commission im Jahre 1874 über die Beseitigung der Schiffahrtshindernisse in der unteren Donau ausgearbeitete Project überprüfen liess, stellte sich die Nothwendigkeit heraus, dasselbe mit Rücksicht auf den seit den ursprünglichen Aufnahmen verflossenen längeren Zeitraum mit den Stromverhältnissen zu vergleichen und ausserdem noch durch einige Aufnahmen zu ergänzen.

Diese Arbeiten wurden dem damaligen k. ungar. Landes-Bauinspector E. Wallandt übertragen, welchem die Ingenieure B. Solymos, G. Kaldi, E. Izsáky, E. Gruber und A. v. Jeserniczky beigegeben wurden.

Das k. ungar. Ministerium hielt es für wünschenswert, dass bei dieser Gelegenheit auch Versuchssprengungen an den unter dem Wasser aufragenden Felsbänken vorgenommen würden, um durch das Ergebnis derselben einen Anhaltspunkt zur Beurtheilung und eventuellen

Berichtigung der von der internationalen Commission angenommenen Einheitspreise zu gewinnen.

Da der für die Vornahme dieser Sprengungen zur Verfügung stehende Termin viel zu kurz war, um anderweitige Organe einschulen zu können, so wurde das k. und k. Reichs-Kriegsministerium um Entsendung eines entsprechenden Detachements der Genietruppe ersucht.

Dieses entsendete mich nach Orsova, um an Ort und Stelle mit dem Landes-Bauinspector E. Wallandt die Durchführungsart der geplanten Versuchssprengungen zu vereinbaren, und darauf basiert das Erfordernis an technischen Truppen, Wasserfahrzeugen, Werkzeugen, Spreng- und Zündmittel dem k. und k. Reichs-Kriegsministerium bekanntzugeben.

In Orsova wurde die Vereinbarung getroffen, dass Versuchssprengungen bei Katarakten mit verschiedenen Gesteinsgattungen vorzunehmen seien, um für diese verschiedenen Felsarten die Sprengungskosten per Cubikmeter beiläufig festzustellen und hiedurch eine Grundlage für die ferneren Kostenberechnungen zu gewinnen.

Um die Sprengversuche noch vor Eintritt der kalten Jahreszeit beenden zu können, wurde nach Besichtigung der Katarakte festgesetzt, die Sprengungen nur bei den Katarakten Greben und Jucz vorzunehmen, weil die Gesteinsart bei der Stromschnelle Sztenka jener am Jucz, und die Gesteinsart bei den Stromschnellen Kozla-Dojke und Izlas-Tachtalia jener am Greben gleichen, und weil die Gesteinsart am Jucz überdies zu den härtesten zählt; — jene am Eisernen Thor, welche die geringste Cohäsion besitzt, wurde nicht berücksichtigt, da in derselben von mir schon im Jahre 1875 eine Versuchssprengung vorgenommen worden war.

Die Versuchssprengungen sollten nach meiner Methode vorgenommen werden; dieselbe war noch wenig bekannt und schien voraussichtlich berufen, bei Regulierung der Stromschnellen in der Donau vielseitige Anwendung zu finden.

Über die Kosten des Sprengens mit Bohrschüssen lagen ohnehin genügende Erfahrungsdaten vor, überdies wäre die Herstellung der nöthigen Gerüstungen zu zeitraubend gewesen, und hätte die starke Strömung des Hochwassers zur Zeit der Versuche die Anwendung dieser Methode nicht gestattet.

Um nun die Versuchssprengungen baldigst in Angriff nehmen zu können, wurde auf meinen Antrag vom k. und k. Reichs-Kriegsministerium die Beistellung eines Detachements, bestehend aus dem Lieutenant E. Kerschner und 6 Mann der in Budapest dislocierten Bataillone des Genie-Regiments Nr. 2, sowie die Überlassung der nöthigen Zündmittel nebst Zugehör angeordnet.

Bei der k. k. priv. Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft in Budapest wurde eine Schotterplatte, versehen mit den nöthigen Ankern, Ketten und Winden, entlehnt, sodann auf der Schiffswerfte in Altofen ein Sprengapparat, wie er im Jahre 1881 bei den Sprengungen in Krems verwendet worden war, angefertigt und am Steuer der Schotterplatte montiert.

Die General-Bauunternehmung Fives Lille et Comp. stellte die von den Sprengungen in der Donau bei Peterwardein (1882) stammenden Eisenbestandtheile des Sprengapparates, der Donau-Verein in Wien die vom Kremser Versuch (1881) erübrigten Spreng- und Zündmittel zur Verfügung.

Diese Maassnahmen ermöglichten die Fertigstellung des vollkommen ausgerüsteten Sprengschiffes in Svinicza innerhalb des Zeitraumes von 14 Tagen.

Das Sprengschiff wurde auf jedem Versuchsplatze mit 3 Ober- und 2 Unterankern derart festgestellt, dass der Sprengrahmen möglichst vertical über den stromabwärtigen Enden der zu sprengenden Felsen zu stehen kam.

Der Hauptanker wurde in der Längsachse des Schiffes geworfen, die übrigen 4 Anker entsprechend seitlich hinausgerückt.

Sämmtliche Nothanker (aus Eisenklötzen bestehend) waren an Ketten befestigt, welche beim Hauptanker mit einem Einschlagprügel, bei den übrigen jedoch mit eisernen Winden festgestellt wurden.

Die Bedienung des Sprengapparates wurde durch 5 Mann bewirkt, zum Adjustieren der Ladungen wurde 1 Mann verwendet.

Den Schiffsdienst bei der zum Sprengschiffe führenden und für diesen Zweck hergestellten fliegenden Brücke versahen ein Lootse der Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft und ein Schiffmann.

In der nicht zum Sprengen verwendeten Zeit wurde die gesammte Mannschaft zum Adjustieren der Sprengmunition angestellt.

Die Ladungen bestanden in Patronen von je 0·50 kg Sprengstoff. Als Sprengpräparate wurden Neu-Dynamit Nr. I und Gelatine-Dynamit verwendet, welche in cylindrische, in- und auswendig mit geschmolzenem Paraffin gut abgedichtete Cartons laboriert waren.

Die Zündung erfolgte ausschliesslich mittels Reibungselektricität, daher jede Ladung mit einem elektrischen Zünder versehen wurde.

Die Versuche fanden am 24. und 25. September nächst dem Greben, und am 27., 28., 29. und 30. September in der Stromschnelle Jucz statt.

Auch bei diesen Versuchen richtete die hiefür ernannte Commission ihre Aufmerksamkeit hauptsächlich auf die exacte Feststellung der Versuchsdaten; es wurden also insbesondere die einzelnen Schiffsstellungen genau aufgenommen, die Sprengschüsse sowie sämtliche Sondierungen notiert und die jeweilige Höhenlage des Bügels, welcher die Marke für die Ablesung der Sonden bildete, durch Nivellement jedesmal festgestellt.

Alle Versuchsdaten wurden protokolliert und hiebei die schiefen Stangenlängen mit Hilfe einer Reductionstabelle auf Verticalcoten reducirt.

Auf dem Sprengschiffe wurden die erforderlichen Erhebungen durch den Ingenieur E. Gruber gepflogen, während die Aufnahme der Schiffsstellungen und die nöthigen Nivellements von den beiden Ingenieuren J. Kaldy und E. Izsáky besorgt wurden.

#### Versuchssprengungen am Greben:

Der zu sprengende Felsen lag ungefähr 60·00 m vom linken Ufer entfernt etwas unterhalb der Grebenspitze.

Der Felsen bestand hier aus geschichtetem Kalkstein, dessen 30—40 cm hohe Lagen den Strom unter ungefähr 45° durchqueren und unter circa 60° stromaufwärts geneigt sind.

Die Härte des Gesteines musste als eine mittlere bezeichnet werden.

Der Wasserstand während der Sprengung betrug +0·99 m, die Wassertiefe auf dem Felsen 1·40—0·50 m und die Oberflächengeschwindigkeit an der Sprengstelle 1·80 m.

Die Resultate der Sprengungen an 2 Arbeitstagen sind in den beiden ersten Horizontalrubriken der Tabelle II (Schiffsstellungen A und B) angeführt.

### Versuchssprengungen am Jucz:

Die zu sprengenden Felspartien befanden sich ungefähr 100·00 m vom linken Donauufer entfernt, gegenüber der Ausmündung des Jucz-baches am stromaufwärtigen Beginne der Stromschnelle Jucz.

Der Felsen bestand aus Serpentin ohne Schichtung, war demnach bedeutend härter als jener am Greben.

Der Wasserstand betrug  $+0\cdot79$  m, die Wassertiefe auf dem Felsen 2·00—1·30 m und die Stromgeschwindigkeit wenigstens 2·50 m.

Die Resultate dieser Sprengungen sind ebenfalls in der Tabelle II (Schiffsstellungen *C* bis *G*) aufgenommen.

Die spätere genauere Verzeichnung der Wirkung ergab, dass im Ganzen nicht 29·68 m<sup>3</sup>, wie in der Tabelle angegeben ist, sondern 31·05 m<sup>3</sup> Felsen unter Wasser gesprengt worden waren; hievon wurden 20·52 m<sup>3</sup> schon während der Dauer des Versuches durch das Wasser weggeschwemmt, während 11·23 m<sup>3</sup> als Gerölle auf dem Grunde liegen blieben und auf künstlichem Wege hätten weggeschafft werden müssen.

Auf 1·00 m<sup>3</sup> Felssprengung im harten Gestein wurden also 8·73 und in minder hartem Gestein 7·05 Patronen zu 0·50 kg Dynamit verbraucht. Da eine solche Patrone inclusive Sprengarbeit und Schiffs-ausrüstung den Wert von 1 fl. 28 kr. repräsentierte, so ergab sich der Einheitspreis für 1·00 m<sup>3</sup> Felssprengung unter Wasser bei härterem Gestein mit 11 fl. 23·3 kr. und bei weicherem mit 9 fl. 07·4 kr.

Die Sprengversuche in der Donau bei Svinicza lieferten demnach etwas günstigere Resultate als jene, die im Jahre 1881 zunächst Krems vorgenommen wurden.

Nach einer vom k. ungar. Landes-Bauinspector E. Walland t aufgestellten Rechnung hätten sich durch die gänzliche künstliche Beseitigung des bei der Sprengung liegen gebliebenen Schuttmaterials die Kosten per 1·00 m<sup>3</sup> des abgesprengten Felsens um 3 fl. 17·5 kr. erhöht, so dass sich nach dieser Rechnung die Einheitspreise für 1·00 m<sup>3</sup> Felssprengung sammt gänzlicher Beseitigung des gesprengten Materiales auf 14 fl. 40·8 kr. beziehungsweise auf 12 fl. 24·9 kr. stellen würden.

Da man bei der Zusammenstellung des Elaborates über die Regulierung der Stromschnellen in der unteren Donau von der ganz

gerechtfertigten Ansichtausgieng, die Felssprengungen im freien Strome in eigener Regie durchzuführen, so bildeten diese beiden Preise auch die Basis für die Kostenberechnungen in den bezüglichen Elaboraten.

In den Elaboraten aus den Jahren 1874 und 1879, bei deren Ausarbeitung den betreffenden Ingenieuren nur die ältere Sprengmethode mittels Bohrschüssen bekannt war, wurde der Einheitspreis für 1·00 m<sup>3</sup> Felssprengung unter Wasser sammt Beseitigung des gesprengten Materiales mit 24 fl. angesetzt und hiebei auf die Härte des Gesteines keine Rücksicht genommen.

Nun sollen in den Stromschnellen Sztenka und Jucz 39181·40 m<sup>3</sup> harter Felsen, und in den Stromschnellen Kozla-Dojke und Izlas-Tachtalia sowie in anderen kleineren vereinzelt Felspartien zusammen 122511·58 m<sup>3</sup> weicher Felsen, also im ganzen 161692·98 m<sup>3</sup> gesprengt werden.

Die Kosten der Sprengung würden sich bei Anwendung der älteren Sprengmethode mit 3,880.632 fl. 52 kr. berechnet haben, während bei Anwendung meines Verfahrens hiezu nur ungefähr: (564.525 fl. 60 kr. + 1,500.644 fl. 34 kr. =) 2,065.169 fl. 95 kr. erforderlich sind; es stellen sich also in letzterem Falle die Kosten um 1,815.461 fl. 57 kr., d. i. um 46·8% billiger.

**Erfahrungsdaten.** — Aus allen Versuchen vom Jahre 1873 bis 1881 können nachstehende Erfahrungssätze abgeleitet werden, die bei richtiger Verwendung meiner Sprengmethode unbedingt beachtet werden müssen:

1. Zum Sprengen von Felsen unter Wasser eignen sich nur brisant wirkende Sprengmittel und soll deren Brisanz nicht geringer sein als jene des 72%igen Kieselguhr-Dynamits.
2. Die anzuwendenden Ladungen sollen nicht weniger als 0·25 kg und nicht mehr als 0·50 kg erhalten. — Grössere Ladungen bringen keine verhältnismässig bessere Wirkung hervor, gefährden jedoch leicht den Sprengapparat und das Sprengschiff.
3. Die Höhe der Wassersäule über dem zu sprengenden Objecte soll bei 0·25 kg Ladungen wenigstens 1·00 m und bei 0·50 kg Ladungen wenigstens 1·50 m betragen, damit auch im härtesten Felsen noch befriedigende Resultate erhalten werden.

4. Die 0·25 kg Ladung erzeugt im harten Felsen eine muldenförmige Vertiefung von 10—15 cm Tiefe und 0·80 m oberem Durchmesser; im weichen Felsen eine Vertiefung von 15—25 cm Tiefe und 1·20 m Durchmesser.

Die 0·50 kg Ladung erzeugt im harten Felsen eine muldenförmige Vertiefung von 18—25 cm Tiefe und 1·00 m Durchmesser; im weichen Felsen eine Vertiefung von 25—45 cm Tiefe und 1·50 m Durchmesser.

5. Die Entfernung der in einer Reihe anzulegenden Minen von einander, sowie die gegenseitige Entfernung der Reihen selbst ist stets derart zu wählen, dass die Ränder der erzeugten Vertiefungen — Minentrichter — zuverlässig ineinander greifen; es sind daher die Sprengladungen im harten Gestein in Entfernungen von circa 0·80 m, im weichen Gestein von circa 1·00 m anzuordnen.
6. In einem vollkommen verspannten Gestein erzeugt erfahrungsgemäss eine zweite in dem von der ersten Sprengung herrührenden Trichter gelegte Ladung von 0·50 kg Sprengmittel eine weitere Vertiefung um 10—15 cm; eine dritte und jede folgende Ladung liefert aber keine Vergrösserung des Trichters mehr.
7. Ist hingegen der zu sprengende Felsen nach einer Seite hin frei, so sind die Wirkungen sowohl der aufgelegten 0·50 kg als auch der 0·25 kg Ladungen ungleich grösser und es kann der Felsen reihenweise auf jede gewünschte Tiefe abgesprengt werden.
8. Die Zerklüftungen im Gestein werden durch 0·25—0·50 kg freie Ladungen unter Wasser auf 40—60 cm Tiefe bewirkt.

Auf diesen Grundprincipien beruht meine Sprengmethode; ihr Wesen 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 von stromabwärts nach stromaufwärts in parallelen Linien gleichmässig auf den Felsen einzeln aufgelegt und bis zu ihrer Zündung mittels eines Stabes in der gewünschten Lage festgehalten werden.

Das systematische Austheilen und Fixieren der Ladungen auf dem Flussgrunde erfordert einen eigenen zweckmässig construierten Apparat, welcher auch die Controle der jedesmaligen Stellung des Stabes ermöglicht, an dessen unterem Ende die Ladung angebracht ist.

Die bei den bisherigen Versuchen benützten Sprengapparate, obwohl im Principe richtig construirt, entsprachen den vorangeführten Anforderungen doch nicht vollkommen. Das weitere Bestreben war daher darauf gerichtet, dem Apparate eine derartige maschinelle Einrichtung zu geben, dass derselbe nicht nur den gestellten Bedingungen entspreche und die bei den provisorischen Apparaten wahrgenommenen Mängel nicht mehr aufweise, sondern auch selbst bei Reducierung der Arbeiterzahl eine wesentlich höhere Leistungsfähigkeit besitze.

Die zu beseitigenden Mängel waren folgende:

1. Die frühere Führungsstange, welche aus mehreren Theilen bestand, die zusammengeschraubt oder auf einem Bolzen vernietet waren, brach an der Verbindungsstelle wiederholt ab. — Die aus Schmiedeisenrohr gefertigte Führungsstange muss aus einem Stücke erzeugt sein, wenn sie tadellos entsprechen soll.
2. Die Verbindung des Ladungsholzes (Patronenstabes) mit der Führungsstange, welche durch das Durchstecken eines eisernen Dornes bewirkt wurde, war mangelhaft, weil die im unteren Theile geschlitzte Führungsstange beziehungsweise das Rohr an dieser Stelle oftmals zerriss. — Das Ladungsholz darf daher nicht directe, sondern nur mit Zuhilfenahme eines massiven eisernen Verbindungsstückes (Kopplungsstück, Muffe, Patronenstabhälter etc.) mit der Führungsstange verbunden werden.
3. Schwerfällige und ungenaue Handhabung des Sprengapparates, wodurch die Ladungen bei wechselnden Wasserständen nicht zuverlässlich und genau auf die beabsichtigten Punkte am Flussgrunde gelegt werden konnten. — Der Sprengapparat bedarf daher unbedingt einer maschinellen Einrichtung, um die Führungsstange von einem Punkte aus in jede beliebige Richtung (nach stromabwärts) zu bringen und derart zu fixieren, dass selbst bei wechselnden Wasserständen und schwimmender Unterlage die Ladungen auf gleiche Entfernungen versenkt und dortselbst unverrückbar festgehalten werden können.
4. Schwerfällige Handhabung der Führungsstange sowie ungenügende Beweglichkeit derselben, wodurch das Einsetzen des Ladungsholzes in die Führungsstange sowie das Beseitigen des Ladungsholzes



nach bewirkter Sprengung gefahrlos beziehungsweise sehr erschwert war. — Die Führungsstange muss derart gehoben und zugleich eingeschwenkt werden können, dass ihr unteres Ende auf den Manipulationsraum des Sprengschiffes (Ausschussbrücke etc.) gebracht und dadurch das Befestigen der adjustierten Ladungen sowie die Verbindung der letzteren mit der Zündleitung gefahrlos und rasch bewirkt werden kann.

Weitere Mängel, die aber nicht mehr den Sprengapparat betreffen, waren :

5. Die frühere Verbindung der Ladung mit dem Ladungsholze (Patronenstab). Diese Verbindung war mangelhaft und wurden infolge dessen viele Ladungen vom Wasser weggeschwemmt und viele eingesetzte Zünder beschädigt, somit unbrauchbar. — Die Ladung muss am unteren Ende des Ladungsholzes derart angebracht werden, dass sie beim Aufsetzen auf den Boden diesen innig berührt; das Befestigen wie auch das Herabnehmen der Ladung vom Holze muss leicht und gefahrlos bewirkt werden können.
6. Mangelhafte Vorrichtung zur Zündung der Ladungen, wodurch trotz der sorgfältigsten und mühsamsten Adjustierung der Ladungen mehrfache Versager vorkommen. — Die verlässliche Zündung muss verbürgt sein; es müssen daher auch der Zünder mit der Ladung und beide wieder mit dem Ladungsholze in höchst einfacher und gefahrloser Weise fest verbunden werden können.

**Neuestes Sprengschiff<sup>1)</sup>.** — In Würdigung aller beim Sprengen von Felsen unter Wasser gesammelten Erfahrungen sowie in richtiger Erkenntnis der Mängel der provisorisch hergestellten Sprengapparate habe ich nunmehr einen neuen Sprengapparat construirt, der in der Regel auf einer Ausschussbrücke montiert wird, welche je nach der Lage des zu zerstörenden Objectes im Flusse entweder auf einem Schiffe, auf einem am Ufer rollenden Plateauwagen oder auf einem eigenen Gerüste beweglich (drehbar oder schiebbar) angebracht werden kann.

<sup>1)</sup> Seit dem Jahre 1884 in Österreich-Ungarn und im Deutschen Reiche patentiert.

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 52·00 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, 104·00 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. Die Ausschussbrücke **AA** (Fig. 11, 12, 13, Taf. III) 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 **q**.

Die Ausschussbrücke hat in ihrer Mitte, vom freien Ende bis zum Aufleger am Steuerstock, eine 0.45 m breite, spaltartige Öffnung für die Bewegung der Führungsstange, welche Öffnung durch drei Fallthürchen bedeckt wird.

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 schmied-eiserne Welle **W** mittels des Achsbolzens **a**<sub>1</sub> aufgesteckt und überdies mittels eines kleinen Bolzens **a**<sub>2</sub> (Fig. 16) 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 **l**<sub>1</sub>, **l**<sub>2</sub>.

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. 11, 16) angebracht, über welche die zum Heben und Senken der Führungsstange bestimmte Kette **K** läuft.

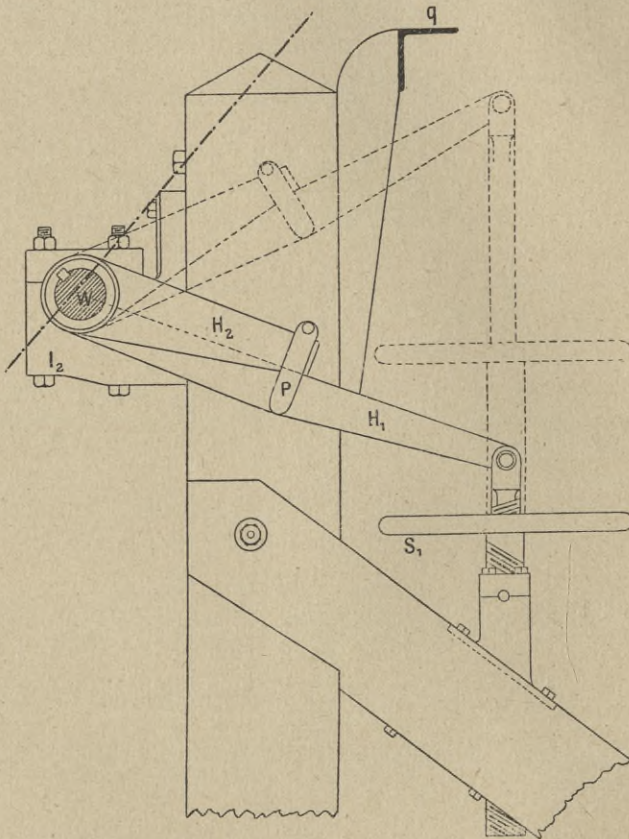
Mit dem Führungsrahmen sind Stellvorrichtungen verbunden, mittels welcher der Rahmen und mit ihm die in diesem gleitende Führungsstange innerhalb eines bestimmten Raumes auf jeden beliebigen Punkt hinbewegt und dort fixiert werden kann.

Die Stellvorrichtungen ermöglichen eine zweifache Bewegung respective Drehung des Rahmens, nämlich nach vorwärts und rückwärts, dann nach rechts und links seitwärts.

Die *Vorwärtsstellung* — Parallel-Stellvorrichtung — wird durch Drehung der Welle **W** (Fig. 14) 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. aufgekeilt, während der Richthebel auf derselben drehbar ist und mit einer doppelwirkenden Stellschraube **S**<sub>1</sub>, 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 sich der Stemmhebel  $H_2$  mit seinem Ansatz auf den Richthebel  $H_1$ , wodurch der Dreh- oder Anschlagwinkel begrenzt wird.

Fig. 14.



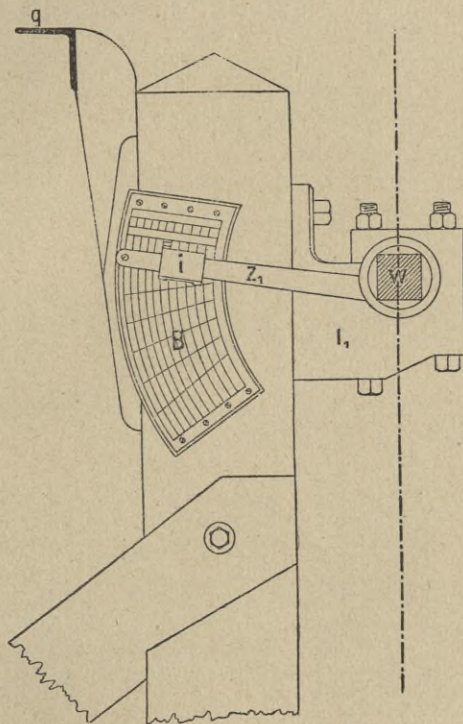
In Fällen, wo der Wasserdruck auf die Führungsstange zu gering ist, um den Stemmhebel auf den Richthebel anzupressen, d. h. um die Führungsstange auszuschwenken, werden beide Hebel durch eine Sperre  $p$ , welche am Richthebel drehbar befestigt ist, miteinander verbunden.

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<sub>2</sub>** auf den Richthebel **H<sub>1</sub>** aufliegt beziehungsweise mit diesen durch die Sperre **p** verbunden ist, gedreht, d. h. die Führungsstange in der Längsrichtung des Schiffes vor- oder rückwärts gestellt.

Um die Führungsstange bei verschiedenen Wasserständen auf bestimmte Entfernungen stromabwärts stellen zu können, ist an der

Fig. 15.



linken Gerüstsäule ein Metallbogen **B** und an der Stossscheibe der Welle **W** ein Zeiger **z<sub>1</sub>** angebracht (Fig. 15).

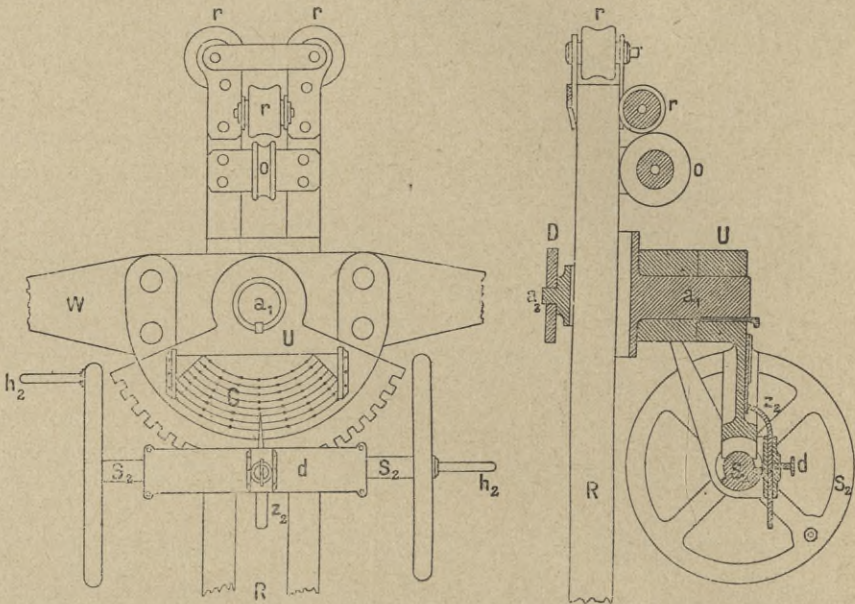
Der Metallbogen ist durch eingravierte Linien in Streifen getheilt, welche bestimmten Wasserständen entsprechen und so viele Untertheilungen erhalten, als Vorwärtsstellungen zu geben beabsichtigt wird.

Der an der Welle **W** angebrachte Zeiger **z<sub>1</sub>** 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 Schub*er* *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

Fig. 16.



nach rechts oder links gestattet, besteht aus einem Wurmrad **U** (Fig. 16), 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 von einander 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<sub>2</sub>** ist ein verschieb- und stellbarer Zeiger **z<sub>2</sub>** 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 (Fig. 12, Taf. III) gestellt werden, so wird zuerst die dem Wasserstande  $+2.20$  m entsprechende Metallplatte in die Falze des Wurmrades eingeschoben, dann der an der Deckplatte der Schraubenspindel angebrachte Zeiger **z<sub>2</sub>** bis zur Linie I des Metallbogens vorgeschoben und festgestellt; endlich die Spindel **S<sub>2</sub>** mittels der beiden Handhaben **h<sub>2</sub>** nach der gewünschten Seite so lange gedreht, bis die Zeigerspitze auf den Punkt 3 einspielt.

Die Führungsstange **F** (Fig. 11, 12 und 13, Taf. III) 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 Durchstecken eines Keiles **k**, welcher mittels eines Kettelchens an der Rohrklemme **f** befestigt wird.

*Will man den Apparat zum Sprengen verwenden,* so wird in das untere Ende der Führungsstange eine Muffe **M** (Fig. 17) eingeschoben und daselbst durch Einstecken des Keiles **k** festgehalten, zu welchem Zwecke der Bolzen dieser Muffe eine oblonge Durchbohrung besitzt, die mit jener der Führungsstange übereinstimmt. Der konische Theil der Muffe hat am oberen und unteren Ende ringförmige Verstärkungen und ist innen glatt ausgedreht; in denselben wird das ebenfalls konisch geformte Ende des Ladungsholzes **P** eingesteckt und dort mittels eines eisernen Vorsteckers **v** festgehalten.

Das im allgemeinen stabförmige, aus trockenem Tannenholz 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.

Fig. 17.

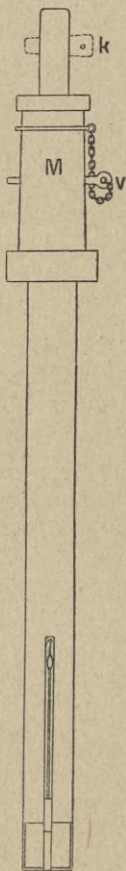
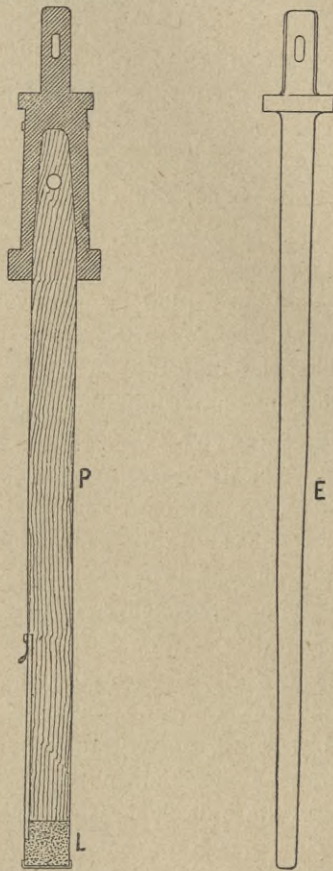


Fig. 18.



An den Ring des Reibungsdrahtes vom Zünder wird eine Abfeuerungsschnur **Z** (Fig. 11, 12, Taf. III) befestigt, durch deren plötzliches Anziehen die Entzündung des Zünders und somit auch jene der Ladung herbeigeführt werden kann.

*Soll nicht gesprengt, sondern nur der Flussgrund sondirt werden, so wird an Stelle der Muffe sammt Ladungsholz und Ladebüchse ein*



1·00 m langes Sondiereisen **E** (Fig. 18) in das untere Ende des Führungsrohres eingesetzt und mittels des Keiles **k** festgemacht. Die Führungsstange selbst besitzt, um die sondierte Tiefe ablesen zu können, eine Decimeter-Eintheilung, deren Nullpunkt mit dem unteren Ende des Sondiereisens übereinfällt. Die Ablösung erfolgt an einer eigens hierfür 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 Requisiten zum Beheben kleiner Gebrechen am Schiffe, endlich

c) aus Signal- und Rettungsgegenständen.

Die Besatzung 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. 16); sodann wird der

Schuber des an der Welle *W* (Fig. 15) 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 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*<sub>1</sub>, Nr. 2 bei jenem *S*<sub>2</sub> und Nr. 3 bei der kleinen Winde angestellt werden.

Auf ein Aviso des Sprengmeisters wird der Führungsstange die äusserste Lage nach rechts und vorwärts erteilt, indem die Arbeiter so lange an den Stellrädern drehen, bis Nr. 1 den Schuber des Zeigers *z*<sub>1</sub> auf den mit I bezeichneten Theilstrich des Metallbogens und Nr. 2 die Spitze des Zeigers *z*<sub>2</sub> 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 Sprengmeister die Stangenlänge an der Marke abliest und in die Schusstafel einschreibt.

Sodann wird die Führungsstange etwas gehoben; Nr. 2 giebt 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. 2 stellt den Schuber des Zeigers *z*<sub>1</sub> auf den Theilstrich II des Metallbogens, worauf die Sondierung in der vorbesprochenen 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 Flusssohle 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 giebt 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; einer von ihnen öffnet die den Schlitz in der Ausschussbrücke deckenden Thürchen und zieht gemeinschaftlich mit dem anderen den Führungsrahmen mittels der am unteren Ende desselben befestigten Leine zu sich, so dass das Sondiereisen auf die Ausschussbrücke gelangt und nach Herausschlagen des Keiles *k* aus dem Rohr entfernt werden kann.

Unterdessen hat der vierte Sprengarbeiter 12 Muffen mit adjustierten Ladungen versehen.

Soll das Sprengen beginnen, so bringt der Arbeiter Nr. 4 die vom Sprengmeister verlangte, mit der Muffe versehene Ladung auf die Ausschussbrücke und führt sie 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, der Schlitz der Ausschussbrücke geschlossen 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 die Muffe mit dem abgesprengten Ladungsholze zur Seite gelegt. Der Arbeiter Nr. 4 bringt eine neue Ladung

vor und nimmt die (vom ersten Schusse herrührende) herausgezogene Muffe 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.

**Sprengversuch, 1889.** — Im Jahre 1889 wurde ein solcher Sprengapparat beziehungsweise ein derart ausgerüstetes Sprengschiff gelegentlich der vom k. ungar. Handelsministerium für die in eigener Regie auszuführenden Felssprengungen unter Wasser ausgeschrieben Offertverhandlung beigebracht und erprobt.

Die Commission, welcher die Prüfung des Sprengapparates und der Sprengmethode übertragen war, bestand aus den Herren: Sectionsrath E. Wallandt als Präses, Sectionsrath G. Landau, technischen Rath B. Gonda, Professor D. Nagý, Ober-Ingenieur A. Wein und Ober-Ingenieur A. Hoszpotzky als Commissions-Mitglieder.

Über Ansuchen des k. ungar. Handelsministeriums wurde zur Erprobung der offerierten Spreng- und Zündmittel sowie der Sprengmethoden vom k. und k. Reichs-Kriegsministerium ein Detachement des Genie-Regiments Nr. 2 unter Commando des Genie-Oberlieutenants O. Neuhauser beige stellt.

Als Bemannung des Sprengschiffes wurden 1 Unterofficier und 4 Mann dieses Detachements, dann 1 Schiffmann bestimmt. Zum Herrichten der Ladungshölzer wurden 4 Mann, dann zum Adjustieren derselben mit Ladungen und Frictionszündern 1 Unterofficier und 3 Mann verwendet.

Die Ladungen bestanden in Patronen von 0.25 kg und 0.50 kg Sprengstoff.

Als Sprengpräparate wurden Gelatine-Dynamit Nr. I und Cellulose-Dynamit Nr. I der Pressburger Dynamit-Fabrik, ferner Meganit Nr. I der Zurndorfer Sprengmittel-Fabrik verwendet, welche

in cylindrische Blechbüchsen laboriert und sodann in geschmolzenes Paraffin getaucht waren, um sie wasserdicht verschlossen zu erhalten.

Jede Ladungsbüchse hatte innen am Boden eine kleine blecherne, nach aussen hin offene Hülse eingelöthet, welche zur Aufnahme des Zünders diente.

Die Zündung erfolgte mittels der nach meinen Angaben erzeugten submarinen Frictionszündler der ersten österr.-ungar. Minenzündler-Fabrik in Aspern an der Donau, und nur in einzelnen Fällen auf elektrischem Wege.

Das Sprengschiff wurde am stromabwärtigen Ende des durch die Stromschnelle Jucz künftigher herzustellenden Canales eingestellt.

Die Sprengversuche an dieser Stromschnelle fanden in der Zeit vom 4. bis 27. September statt.

Am 4. September, an welchem Tage erst die Sprengladung und Zündmittel nächst Jucz eintrafen, konnte die Mannschaft nur kurze Zeit in ihren Obliegenheiten von mir unterwiesen werden; dessenungeachtet war es möglich, am 5. September in Gegenwart Sr. Exc. des k. ungar. Handelsministers G. v. Baross, Sr. Exc. des k. ungar. Ministers des Inneren Graf S. Teleky, des Präsidenten der österr.-ungar. Staatseisenbahnen C. Hieronimy, der Obergespänne V. Molnár und E. Jakabffy, dann des k. Sectionsrathes J. v. Tichtl, des Dampfschiffahrts-Inspectors R. Rapaić, des Eisenbahn-Inspectors A. Barwić und der Commissions-Mitglieder die Sprengmethode zu demonstrieren, deren Einfachheit und Raschheit allgemein Beifall fand.

Die eigentlichen Sprengversuche begannen jedoch erst am 9. September und dauerten bis 27. September.

Die verschiedenen Schiffsstellungen wurden durch die beiden Ingenieure S. Raab und M. Koch vom Ufer aus mittels Messtisch und Nivellier-Instrument aufgenommen.

Am Sprengschiffe selbst protokollierte anfangs Sectionsrath G. Landau, später abwechselnd einer der übrigen Mitglieder der Commission die Versuchsdaten.

Da mit der Durchführung des Versuches insbesondere Sectionsrath G. Landau betraut war, so war es selbstverständlich, dass derselbe durch den grössten Theil der Versuche am Sprengschiffe anwesend war, und weil er alle Erhebungen bezüglich richtiger und fester Stellung des Sprengschiffes, wie auch bezüglich der Functionierung

des Sprengapparates und der Zündung mit der grössten Gewissenhaftigkeit vornahm, war er auch in der Lage, der Commission das strengste Urtheil über die Brauchbarkeit meiner Sprengmethode abzugeben.

Der von mir construierte Sprengapparat kam in dieser Ausführung das erstemal zur Anwendung, weshalb es auch erklärlich sein mag, dass demselben noch kleine Mängel anhafteten<sup>1)</sup>, nach deren Behebung voraussichtlich eine noch grössere Arbeitsleistung des Sprengapparates zu erwarten ist.

Der Felsen der Stromschnelle Jucz ist Serpentin, also ein Gestein von besonderer Härte; die kleinen Ladungen mit 0·25 kg erwiesen sich zur Zerstörung desselben als zu schwach, weshalb fast ausschliesslich 0·50 kg Ladungen (eventuell 2 Ladungen zu 0·25 kg vereinigt) zur Verwendung kommen mussten.

Der Wasserstand betrug + 1·45—1·70 m; der Felsen sollte auf — 2·00 m abgesprengt werden. Die geringste Wassertiefe oberhalb des Felsens war 2·78 m, die Stromgeschwindigkeit über 3·00 m.

Die Resultate dieser Sprengungen sind in der Tabelle III übersichtlich zusammengestellt.

Die grösste Höhe der Absprengung betrug 0·81 m.

Da bei Durchführung der Sprengungen in den Schiffsstellungen A bis D das Schiff nicht vollkommen ruhig stand, so hat die Commission die erhobenen Resultate derselben nicht berücksichtigt, sondern für dieselben auf Grund der Ergebnisse der späteren Versuche Annäherungswerte bestimmt.

Während ich das Cubikmass des abgesprengten Felsens mit 87·15 m<sup>3</sup> berechnete, hat die Commission dasselbe nur mit 75·92 m<sup>3</sup> ins Calcul gezogen, wodurch noch die Sicherheit der berechneten Einheitsdaten erhöht wurde.

Die Commission bestimmt das Erfordernis an Spreng- und Zündmittel für 1·00 m<sup>3</sup> Felssprengung im harten Gestein mit nur 3·59 kg Cellulose-Dynamit Nr. I, welches in 8·8 Ladungen vertheilt zur Verwendung kommt und zur Entzündung circa 9 Stück Frictionszünder benöthigt.

Die Arbeitsleistung, welche sich nach den Versuchsergebnissen für ein Sprengschiff in 10 Arbeitsstunden mit nahezu 14·00 m<sup>3</sup> ergab, hat die Commission vorsichtshalber und mit Rücksicht darauf, dass

<sup>1)</sup> Der früher beschriebene Apparat ist der bereits nach den hier gewonnenen Erfahrungen verbesserte.

bei seinerzeitiger Bauausführung eventuell ein minder geschicktes Personale zur Verwendung kommen wird, als es das Genietruppen-Detachment war, mit nur 10·00 m<sup>3</sup> angenommen.

Hierauf basiert, berechnet die Commission den Einheitspreis für 1·00 m<sup>3</sup> Sprengung harten Felsens (Serpentin) unter Wasser mit **7 fl. 63·7 kr.**<sup>1)</sup>.

Dieser Preis dürfte wie folgt ermittelt worden sein:

An Taglohn, und zwar:

a) für die Arbeit am Sprengschiff:

1 Arbeiter . . . . .	2·00 fl.	} 6 fl. — kr.
4 Gehilfen à 1·00 fl. . . . .	4·00 „	

b) für die Arbeiten im Laboratorium:

1 Partieführer . . . . .	1·50 fl.	} 4 fl. — kr.
1 Laborant . . . . .	1·00 „	
1 Arbeiterin . . . . .	0·50 „	
1 Zuträger . . . . .	1·00 „	

c) für den Transport der Sprengmaterialien vom Laboratorium zum Sprengschiff:

1 Steuermann . . . . .	1·50 fl.	} 4 fl. 50 kr.
3 Schifflleute à 1·00 fl. . . . .	3·00 „	

somit entfällt hievon bei der Annahme einer täglichen Arbeitsleistung von nur 10·00 m<sup>3</sup> Felssprengung an Taglohn für 1·00 m<sup>3</sup> **1 fl. 45 kr.**

An Sprengmunition:

3·59 kg Dynamit à 0·85 fl. . . . .	3·05 fl.	} <b>5 fl. 03 kr.</b>
9 Stück Zünder à 0·17 fl. . . . .	1·53 „	
9 „ Ladungshölzer à 0·05 fl. . . . .	0·45 „	

Für die Amortisation der Kosten eines Sprengschiffes, der nothwendigen Baracken etc. dürfte der Betrag von **68·7 kr.** und als Entschädigung des Patentes **47 kr.** per 1·00 m<sup>3</sup> veranschlagt worden sein.

Wird zu dem Betrage von **7 fl. 63·7 kr.** für das Beseitigen des liegen gebliebenen Schuttmaterials der Preis von **3 fl. 17·5 kr.** hinzugeschlagen, so ergiebt sich der Einheitspreis für 1·00 m<sup>3</sup> Sprengung **harten** Felsens inclusive Entfernen

<sup>1)</sup> Dieser Preis stellte sich hauptsächlich wegen der äussert billig offerierten Sprengmittel so günstig.

des Schuttmateriales bei Anwendung meiner verbesserten Sprengmethode mit 10 fl. 81·2 kr., und für weichen Stein auf Basis der gelegentlich der Sprengungen im Jahre 1883 gewonnenen Verhältniszahlen zwischen den Sprengkosten von hartem und weichem Stein mit 9 fl. 19·2 kr.

Auf Grund der so ermittelten Einheitspreise, also bei Anwendung meines wesentlich verbesserten Verfahrens, würden sich die Kosten der Felssprengungen im Donaustrom beziehungsweise bei Aussprengung der Canäle in den Stromschnellen Sztenka, Kozla-Dojka, Izlas-Tachtalia und Jucz ungefähr mit (423.619 fl. 30 kr. + + 1,126.003 fl. 93 kr. =) 1,549.633 fl. 23 kr. berechnen, sich somit gegenüber der mit 2,271.687 fl. 43 kr. veranschlagten Bausumme eine Ersparnis von wenigstens 722.054 fl. 20 kr. ergeben.

Ich sage „wenigstens“, weil bei Anwendung meiner Sprengmethode das Gestein — wie schon nachgewiesen — durch die einzeln explodierenden Ladungen derart zermalmt wird, dass ein Theil des Sprenggutes durch die Explosion selbst weggeschleudert und vom Wasser fortgetragen wird, während der andere Theil nur in Steinstücke von geringer Grösse zertheilt an der Sprengstelle verbleibt. Dieses Sprenggut kann mittels eines starken Baggers leicht gehoben werden, eine Arbeit, bei welcher für 1·00 m<sup>3</sup> des gesprengten Felsens nicht wie nach dem Voranschlage 3 fl. 17·5 kr., sondern höchstens 1 fl. zu entlohnen sein dürften, daher die Preise für 1·00 m<sup>3</sup> gesprengten Felsens inclusive Entfernen des Schuttmateriales mit 8 fl. 64·2 kr. beziehungsweise 7 fl. 02·2 kr. als genügend hoch bemessen erscheinen.

Auf Grund dieser Preise würden sich dann die Gesamtkosten der bezeichneten Sprengarbeiten mit (338.506 fl. 66 kr. + 860.276 fl. 31 kr. =) 1,198.782 fl. 97 kr. berechnen, somit gegenüber der im Kostenvoranschlage eingestellten Bausumme eine wahrscheinliche Ersparnis von 1,072.904 fl. 46 kr. zu erreichen sein.

**Vor- und Nachtheile der Sprengmethode.** — Nachdem bisher dargethan wurde, dass meine Sprengmethode bei Felssprengungen in Strömen mit grosser Stromgeschwindigkeit und bei grossen Wassertiefen wiederholt erprobt und angewendet wurde, dieselbe sonach für die Durchführung grosser Stromregulierungsarbeiten, bei denen Felssprengungen unter Wasser vorkommen, mit bestem



Erfolge ausgenützt werden kann, sollen in Folgendem noch die Vor- und Nachtheile dieser Sprengmethode in Kürze besprochen werden.

Als Vortheile müssen bezeichnet werden:

1. Ausserordentliche Einfachheit. — Das Erzeugen der Bohrlöcher, das Laden und Besetzen derselben entfällt gänzlich; die Handhabung des Sprengapparates kann von dem gewöhnlichsten Arbeiter in einigen Stunden zuverlässig erlernt werden.

2. Unabhängigkeit von dem Wasserstande und dadurch gewonnene Arbeitszeit. — Die an einer Führungsstange von beliebiger Länge befestigte Ladung kann ohne Rücksicht auf die Wassertiefe, somit auch bei Hochwasser, versenkt werden. Beispielsweise kann mit einer 9·00 m langen Führungsstange bis zu 5·50 m Wassertiefe gesprengt werden. Diese Wassertiefe entspricht bei den Regulierungsarbeiten in der unteren Donau einem Wasserstande von + 3·50 m über den örtlichen Pegel-Nullpunkt und ermöglicht, im Laufe eines Jahres an 220 Tagen zu sprengen.

3. Unabhängigkeit von der Stromgeschwindigkeit, wodurch die Nothwendigkeit zur Erbauung von Schutzbauten gegen Strömung und Wellenschlag entfällt.

4. Unabhängigkeit von der Beschaffenheit des zu sprengenden Objectes. — Die beschriebene Sprengmethode gestattet nicht nur, Stein und Felsen, sondern auch hölzerne und eiserne Objecte zu sprengen, sie ist daher universell.

5. Unabhängigkeit von der Höhe des abzusprengenden Objectes. — Es ist für die Sprengmethode gleichgiltig, ob 0·10, 0·30, 0·50 oder selbst 2·00 m und höhere Felsen abgesprengt werden sollen. Die grösste Höhe der Absprengung betrug bei dem Versuche im Jahre 1881 1·14 m, im Jahre 1882 2·05 m und im Jahre 1883 1·41 m. Die niedrigsten Absprengungen hatten 0·05 bis 0·10 m Höhe, also Höhen, die mittels Bohrschüssen nicht oder wenigstens nicht billig beseitigt werden können.

6. Unabhängigkeit von der Formation des abzusprengenden Objectes. — Es ist gleichgiltig, ob einzelne freistehende Kuppen oder zusammenhängende Felsmassen zu zerstören sind, weil der Sprengapparat zugleich ein verlässlicher Sondierapparat ist und jederzeit anzeigt, wo und zugleich wieviel vom Felsen abzusprengen ist.

7. Freiheit für die Richtung der vorzunehmenden Sprengung. — Die Sprengmethode erlaubt, die Stromhindernisse in jeder beliebigen Richtung mit Leichtigkeit zu beseitigen.

8. Bedeutende Arbeitsleistung. — Einfache Manipulationen, welche einander rasch folgen, ersetzen die sehr zeitraubenden drei Operationen bei Sprengungen mittels Bohrschüssen (Erzeugen, Laden und Besetzen der Bohrlöcher). Es kann bei einiger Übung der Leute in je 3 Minuten ein Schuss abgegeben werden, und ist es dann möglich, 14·00 m<sup>2</sup> und mehr mit einem Sprengapparate in 10 Stunden zu zerstören.

9. Einfachheit und Sicherheit der Zündung. — Die Frictionszündung kann von jedem Laien gehandhabt werden und bietet mehr Garantie gegen Unglücksfälle als jede andere Zündungsart. Die Sprengmethode gestattet die Zündung der Ladungen ohne Verstellung des Sprengschiffes.

10. Grösstmögliche Beschleunigung des Arbeitsfortschrittes. — Der durch wiederholtes Wechseln der Schiffstellungen bedingte Zeitverlust ist thunlichst vermieden, indem von einem Standorte des Sprengapparates eines einfachen Sprengschiffes leicht 52·00 m<sup>2</sup> und aus jener eines doppelten Sprengschiffes 104·00 m<sup>2</sup> Fläche des Flussgrundes auf beliebige Tiefe abgesprengt werden können. Bei allen anderen bisher versuchten Arbeitsmethoden konnten verzögernde Manipulationen nicht vermieden werden.

11. Absprengen der Felsen nach möglichst ebenen Flächen. — Die Wirkung aufgelegter Ladungen ist eine derartige, dass beim Ineinandergreifen derselben zwischen ihnen kaum nennenswerte Erhöhungen verbleiben, während Sprengungen mittels Bohrschüssen ganz bedeutende Unebenheiten des Flussgrundes erzeugen, welche die Schifffahrt gefährden und nur schwer und mit bedeutenden Kosten nachträglich entfernt werden können.

12. Geringe und leichte Nacharbeit. — Durch die Wirkung frei aufgelegter Ladungen wird der zu zerstörende Felsen (Object) nahezu zermalmt; nur verhältnismässig kleine Stücke verbleiben an der Sprengstelle, welche noch auf 40—60 cm weitere Tiefe zerklüftet wird. Das am Flussgrunde verbliebene Sprenggut kann daher mittels eines schweren eisernen Rechens beseitigt oder mittels eines gewöhnlichen Baggers gehoben werden. Mit letzterem ist es ferner möglich (weil das Gestein zerklüftet ist), etwa verbliebene

Unebenheiten auch zu planieren. Hingegen bleiben bei Anwendung von Bohrschüssen grosse Sprengstücke zurück, die nur mit besonderen Werkzeugen oder Maschinen entfernt werden können.

13. Geringe Kosten eines Sprengschiffes. — Ein einfaches Sprengschiff kann um 2640 fl., ein doppeltes um 4880 fl. erbaut werden. Diese geringen Kosten ermöglichen, bei ausgedehnten Felssprengungen die Arbeit an vielen Punkten gleichzeitig in Angriff zu nehmen, somit die Bauzeit zu kürzen. Bei kleineren Felssprengungen unter Wasser wird meine Sprengmethode schon wegen der geringen Investierungs-Auslagen jeder anderen Sprengmethode vorzuziehen sein.

Sprengschiffe mit Taucherapparaten kosten bei einer Beherrschungsfläche von 9·00 m<sup>2</sup> inclusive des Baggerschiffes 60.000 bis 70.000 fl.

Ähnliche Summen beansprucht auch die Anschaffung eines Sprengschiffes mit Stellvorrichtungen zum Heben des Schiffes während der Bohrarbeit.

Als einziger Nachtheil der Sprengmethode ist nur der grosse Bedarf an brisant wirkenden Sprengmitteln zu nennen. Er wird jedoch weitaus durch die erwähnten Vortheile aufgewogen, durch welche theuere und zeitraubende Arbeiten entfallen.

Selbst dieser einzige Nachtheil aber ist heutzutage wegen der verhältnismässig niedrigen Spreng- und Zündmittelpreise nicht mehr von jener Bedeutung, wie er es noch vor einigen Jahren war.

---

Mit Vorstehendem soll keineswegs gesagt sein, dass sowohl die Sprengmethode als auch der Sprengapparat nicht mehr verbesserungsfähig wären.

Insbesondere ist es natürlich, dass der Apparat einer noch weiteren Vervollkommnung fähig ist, denn jeder neue Apparat, zu welchem Zwecke immer, wird erst infolge der bei seiner ausgiebigen Verwendung gemachten Erfahrungen weiteren vortheilhaften Änderungen unterworfen werden können.

So z. B. wäre es unstreitig zweckmässiger, die Ladungen mit vertical statt mit schief gestellten Führungsstangen auf den Flussgrund zu versenken, weil bei letzterer Art directe Tiefenmessungen vorgenommen werden könnten und das Reducieren der schrägen Stangenablesungen auf verticale Längen entfiel.

Der schrägen Versenkungsart der Ladungen wurde bisher hauptsächlich aus dem Grunde der Vorzug gegeben, weil bei derselben schon bei Anwendung eines einzelnen Schiffes aus einer einzigen Aufstellung eine unverhältnismässig grössere Fläche des Flussgrundes reguliert werden kann, als dies bei Versenkung der Ladungen mit vertical gestellten Führungsstangen möglich wäre. Zudem wurde getrachtet, den Sprengapparat höchst einfach zu gestalten, damit derselbe rasch bedient und gehandhabt werden kann, und überdies seiner Leichtigkeit wegen das Schiff nur wenig tauche, auf welchem letzteren Umstand auch Rücksicht genommen werden muss.

Wollte man mit vertical gestellten Führungsstangen die Ladungen versenken, so kann dies vortheilhaft nur mit gekoppelten Schiffen geschehen, und müssen dann — wenn die zeitraubende Manipulation des Stellungswechsels vermieden werden soll — die Sprengapparate (wenigstens zwei) auf auskragenden Schiebvorrichtungen beweglich sein, um oberhalb aller jener Punkte des Flussgrundes gebracht werden zu können, auf welchen mit dem Apparate gesprengt werden soll. Eine solche Construction bedingt aber eine grössere Tauchung der Schiffe, erleidet durch die Sprengungen selbst bedeutende Erschütterungen, sie erfordert unverhältnismässig grosse Herstellungskosten und dürfte schliesslich kein genaueres Arbeiten als mit dem früher beschriebenen Apparat erlauben, bei welchem überdies die Reduction der schief genommenen Sonden verlässlich, einfach und ohne Zeitverlust für den Arbeitsfortschritt durchführbar ist.

---

TABELLEN.



Tabelle I.

**Resultate**  
der im Jahre 1881 in der Donau nächst

Datum	Schiffsstellung	Sprengeffect					Sprengmittel					
		Fläche			Körper		Explodierte		Verlorene		Gesamtzahl der Ladungen	Gewicht
		Länge	Breite	Fläche	pp. Tiefe	Cubikmass	Ladungen in kg					
							0.50	0.25	0.50	0.25		
		m	m <sup>2</sup>	cm	m <sup>3</sup>	Anzahl				kg		
21. VII.	A	5.40	3.25	17.55	24.2	4.24	22	25	2	.	49	18.25
22. VII.	B	5.72	3.60	20.59	16.6	3.41	10	13	1	.	24	8.75
23. VII.	C	5.68	2.00	11.36	17.8	2.02	2	7	.	.	9	2.75
23./24. VII.	D	5.80	3.60	20.88	13.3	2.77	13	11	1	.	25	9.75
25. VII.	D <sup>1</sup>	5.70	3.50	19.45	32.7	6.36	10	86	1	2	99	27.50
26. VII.	F	5.45	3.45	18.80	16.1	3.03	10	11	.	1	22	8.00
27. VII.	G	5.40	3.52	19.00	21.0	3.91	29	22	.	.	51	20.00
27./28. VII.	H	5.35	3.45	18.46	8.5	1.88	41	22	1	3	67	27.25
29. VII.	I	5.85	3.62	21.17	21.8	5.22	22	4	.	.	26	12.00
Summe . . .						32.84	159	201	6	6	372	134.25

1881

**tate**  
Krems ausgeführten Felssprengungen.

Zündmittel			Arbeitszeit	Arbeitsleistung eines einfachen Sprengschiffes						Anmerkung
Elektr. Minenzünder				per Stunde		per Cubikmeter				
Explodierte	Versagte und beschädigte	Zusammen		Schüsse	Felsabrennung	Zeit	Schüsse	Sprengmittel	Zünder	
Anzahl			h	Anzahl	m <sup>3</sup>	h	Anzahl	kg	Anzahl	
49	6	55	7 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>							
24	.	24	4							
9	2	11	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>							
25	2	27	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>							
99	8	107	8							
22	1	23	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>							
51	3	54	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>							
67	5	72	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>							
26	.	26	9							
372	27	399	60 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> *	6.62	0.54	1 <sup>b</sup> 49'	10.9	4.09	12.1	

\*) In dieser Zeit wurden nicht allein die Sprengungen bewirkt, sondern auch alle von der Commission für nöthig erachteten Erhebungen und Aufnahmen gefolgt.

Tabelle II.

**Resultate**  
der im Jahre 1883 in der Donau nächst

Datum	Schiffsstellung	Sprengeffect					Sprengmittel					
		Fläche			Körper		Explodierte	Verlorene		Gesamtzahl der Ladungen	Gewicht	
		Länge	Breite	Fläche	mittlere Tiefe	Cubikmass	Ladungen in kg					
							0.50	0.25	0.50			0.25
		m	m <sup>2</sup>	cm	m <sup>3</sup>	Anzahl				kg		
24. IX.	A	6.36	2.30	14.63	59	8.63	37	.	1	.	38	19.00
25. IX.	B	6.36	2.30	14.63	27	3.95	43	.	4	.	47	23.50
27. IX.	C	6.46	2.33	15.05	20	3.01	30	.	.	.	30	15.00
28. IX.	D	6.46	2.33	15.05	29	4.36	42	.	.	.	42	21.00
29. IX.	E	6.46	2.33	15.05	18	2.71	35	.	3	.	38	19.00
29. IX.	F	6.46	2.33	15.05	16	2.41	22	.	4	.	26	13.00
30. IX.	G	6.62	2.40	15.89	29	4.61	39	.	1	.	40	20.00
Summe . . .	.	.	.	.	29.68*)	248	.	13	.	.	261	130.00

**Resultate**  
Svinicza ausgeführten Felssprengungen.

Zündmittel			Arbeitszeit	Arbeitsleistung eines einfachen Sprengschiffes						Anmerkung
Elektr. Minenzünder				per Stunde		per Cubikmeter				
Explodierte	Versagte und beschädigte	Zusammen		Schüsse	Felsabspren- gung	Zeit	Schüsse	Sprengmittel	Zünder	
Anzahl			h	Anzahl	m <sup>3</sup>	h	Anzahl	kg	Anzahl	
38	1	39	4							
47	.	47	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>							
30	.	30	4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>							
42	2	44	6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>							
38	.	38	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>							
26	.	26	4							
40	.	40	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>							
261	3	264	34	7.76	0.91	1 <sup>h</sup> 6'	8.40	4.20	8.50	

Versuche am Jucz.  
\*) Nach graphischer Darstellung der Wirkungen wurde das Cubikmass abgesprengten Felsens mit 31.05 m<sup>3</sup> ermittelt.

Tabelle III.

**Resultat**  
der im Jahre 1889 in der Donau nächst

Datum	Schiffsstellung	Sprengeffect					Sprengmittel					
		Fläche			Körper		Explodierte		Verlorene		Gesamtzahl der Ladungen	Gewicht
		Länge	Breite	Fläche	mittlere Tiefe	Cubikmass	Ladungen in kg					
							0.50	0.25	0.50	0.25		
m	m <sup>2</sup>	cm	m <sup>3</sup>	Anzahl				kg				
9./10. IX.	A	10.5	5.5	57.75	15.3	8.84	20	27	4	4	55	19.75
10./11. IX.	B	10.5	5.5	57.75	14.4	8.32	19	21	1	2	43	15.75
11./12. IX.	C	10.5	2.5	26.25	18.5	4.86	37	24	2	1	64	25.75
13. IX.	D	9.5	2.5	23.75	12.8	3.06	16	6	.	.	22	9.50
14./16. IX.	E	9.5	4.5	42.75	35.4	15.13	81	23	1	.	105	46.75
17./20. IX.	F	9.5	4.5	42.75	38.2	16.33	112	21	8	.	141	65.25
21. IX.	G	9.5	3.5	33.25	31.2	10.37	69	.	1	.	70	35.00
23./24. IX.	H	9.5	4.5	42.75	35.3	15.09	97	.	.	.	97	48.50
24. IX.	I	9.5	0.75	7.13	26.2	2.87	19	.	.	.	19	9.50
27. IX.	K	9.5	1.5	14.25	23.0	3.28	29	.	.	.	29	14.50
Summe	nach meinen Aufzeichnungen	.	.	.	.	87.15	.	.	.	.	.	290.25
	nach den Aufzeichnungen d. Commission	.	.	.	.	75.92	499	122	17	7	645	286.25 bis 290.25

\*) Die grosse Zahl der beschädigten Frictionszünder war eine Folge schlechten Frictionszünder zumeist herausgerissen und gebrochen wurde.

**tate**  
Svinicza ausgeführten Felssprengungen.

Zündmittel								Arbeitszeit	Arbeitsleistung eines ausgerüsteten Sprengschiffes					
Frictionszünder				Elektr. Minenzünder					per Stunde		per Cubikmeter			
Explodierte	Versagte	Beschädigte	Zusammen	Explodierte	Versagte	Beschädigte	Zusammen		Schüsse	Felsabsprengung	Zeit	Schüsse	Sprengmittel	Zünder
Anzahl								h	Anzahl	m <sup>3</sup>	h	Anzahl	kg	Anzahl
47	3	10	60	.	.	.	.	20 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	.	.	.	.	.	
40	2	7	49	.	.	.	.	20 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	.	.	.	.	.	
61	5	11	77	.	.	.	.	20 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	.	.	.	.	.	
22	1	.	23	.	.	.	.	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	.	.	.	.	.	
104	6	4	114	.	.	.	.	10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	.	.	.	.	.	
133	10	18	161	.	.	.	.	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	.	.	.	.	.	
51	2	4	57	18	1	3	22	6	.	.	.	.	.	
93	3	6	102	4	.	1	5	8 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	.	.	.	.	.	
19	.	.	19	.	.	.	.	8 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	.	.	.	.	.	
29	1	2	32	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	
599	33	62*)	694	22	1	4	27	64 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	11.2	1.35	0.74	7.4	3.33 8.27	
								65 <sup>h</sup> 23'	11.05	1.15	0.86	8.8	3.82 8.19 bis 9.45	

Einlegens derselben in die Nuth des Ladungsholzes, wodurch beim Abfeuern der



# Inhalt.

---

## Methode zur Zerstörung von Felsen in Flüssen mittels aufgelegter Sprengladungen.

	Seite
Vorwort . . . . .	III
Sprengschiff, 1873 . . . . .	3
Wesen der Sprengmethode . . . . .	8
Sprengversuch, 1875 . . . . .	12
Sprengversuch, 1881 . . . . .	16
Sprengversuch, 1882 . . . . .	20
Sprengversuch, 1883 . . . . .	25
Erfahrungsdaten . . . . .	30
Neuestes Sprengschiff . . . . .	33
Sprengversuch, 1889 . . . . .	41
Vor- und Nachteile der Sprengmethode . . . . .	48
Tabellen I—III . . . . .	53—59

# SPRENGSCHIFF. 1874.

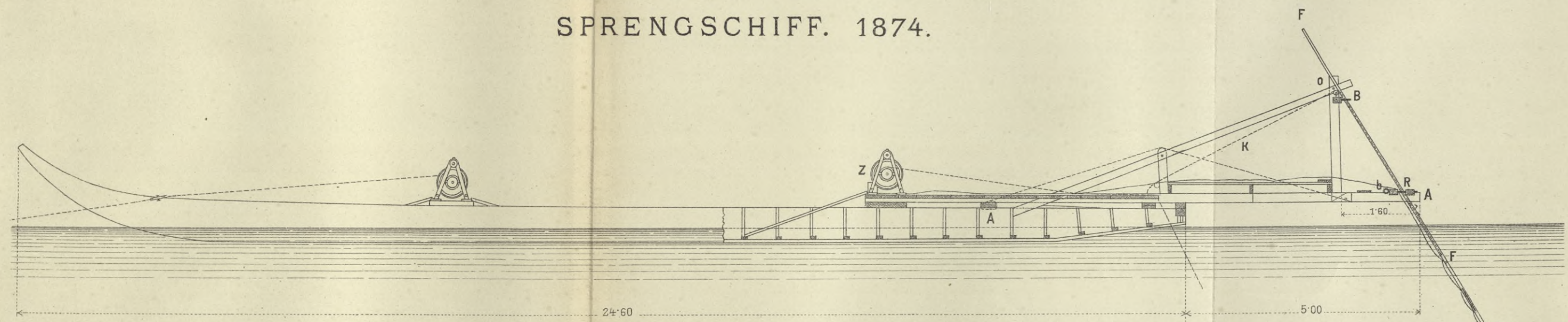
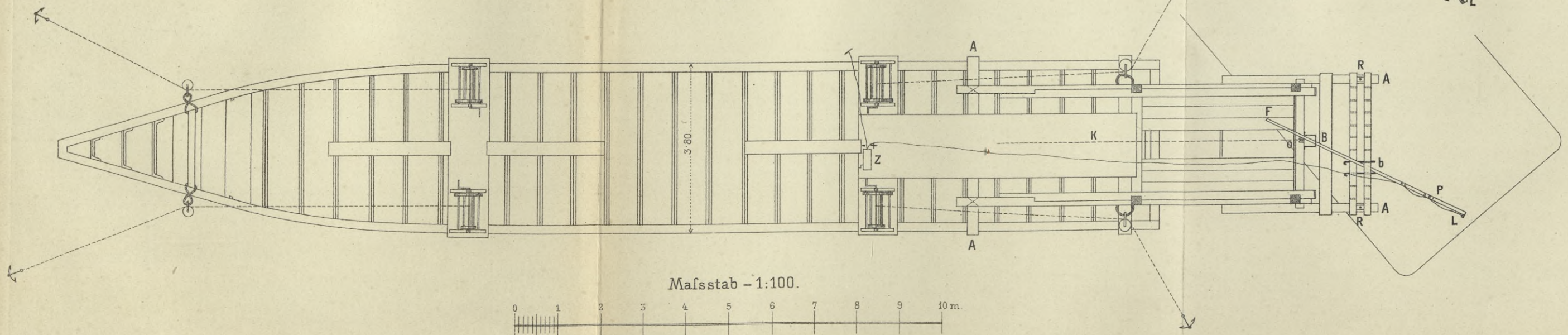


Fig 2.



Mafsstab = 1:100.

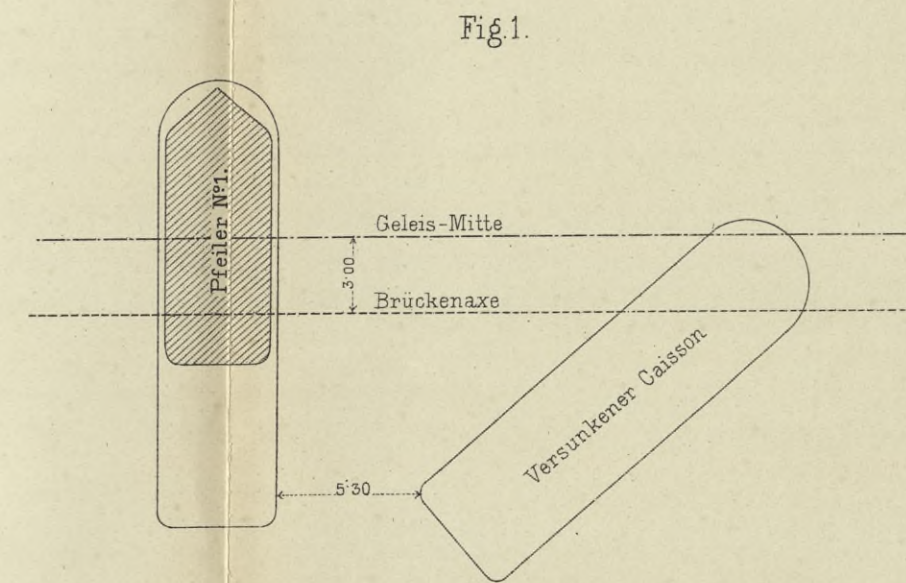
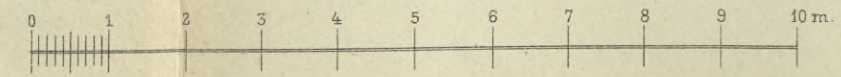
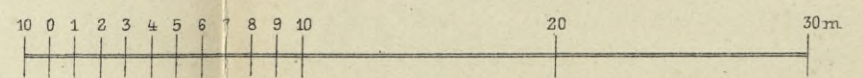


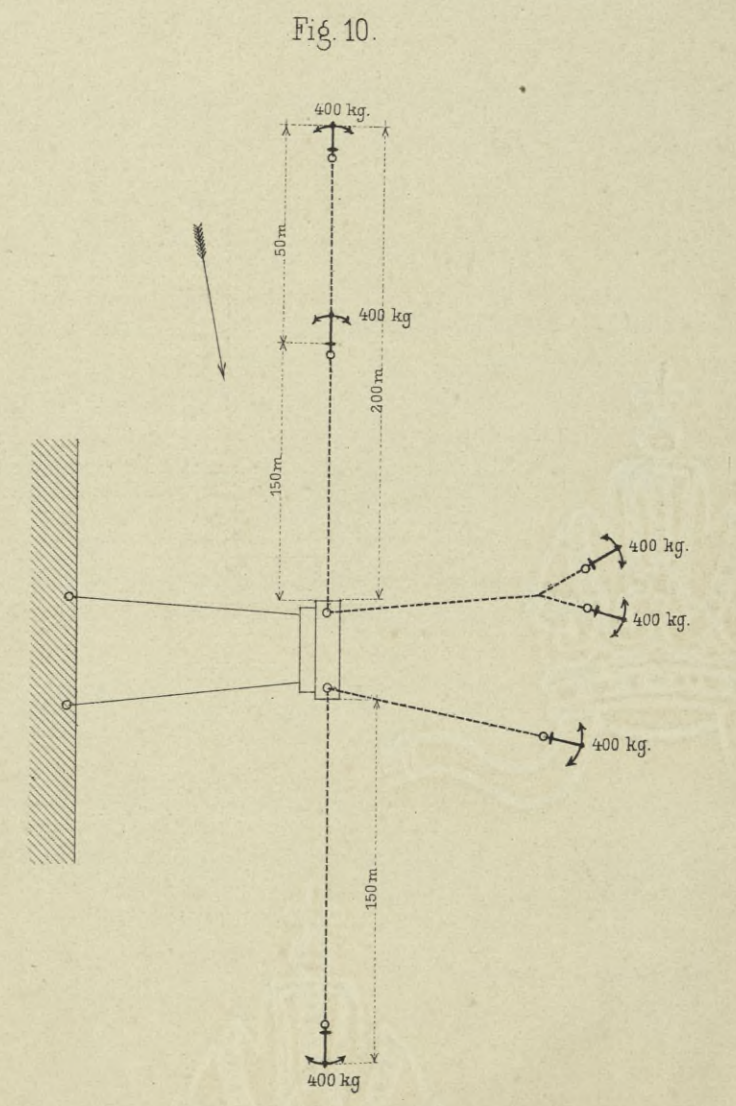
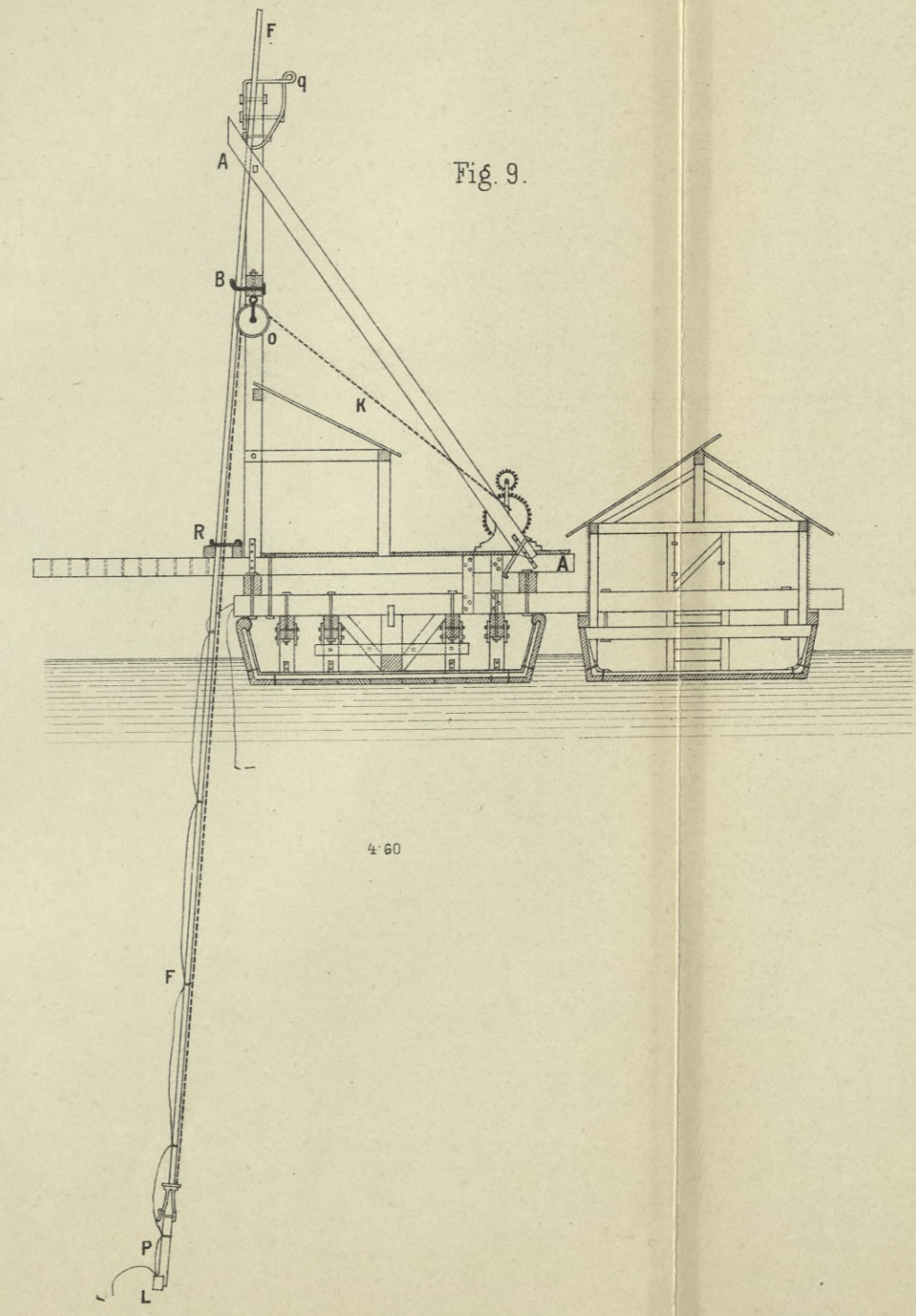
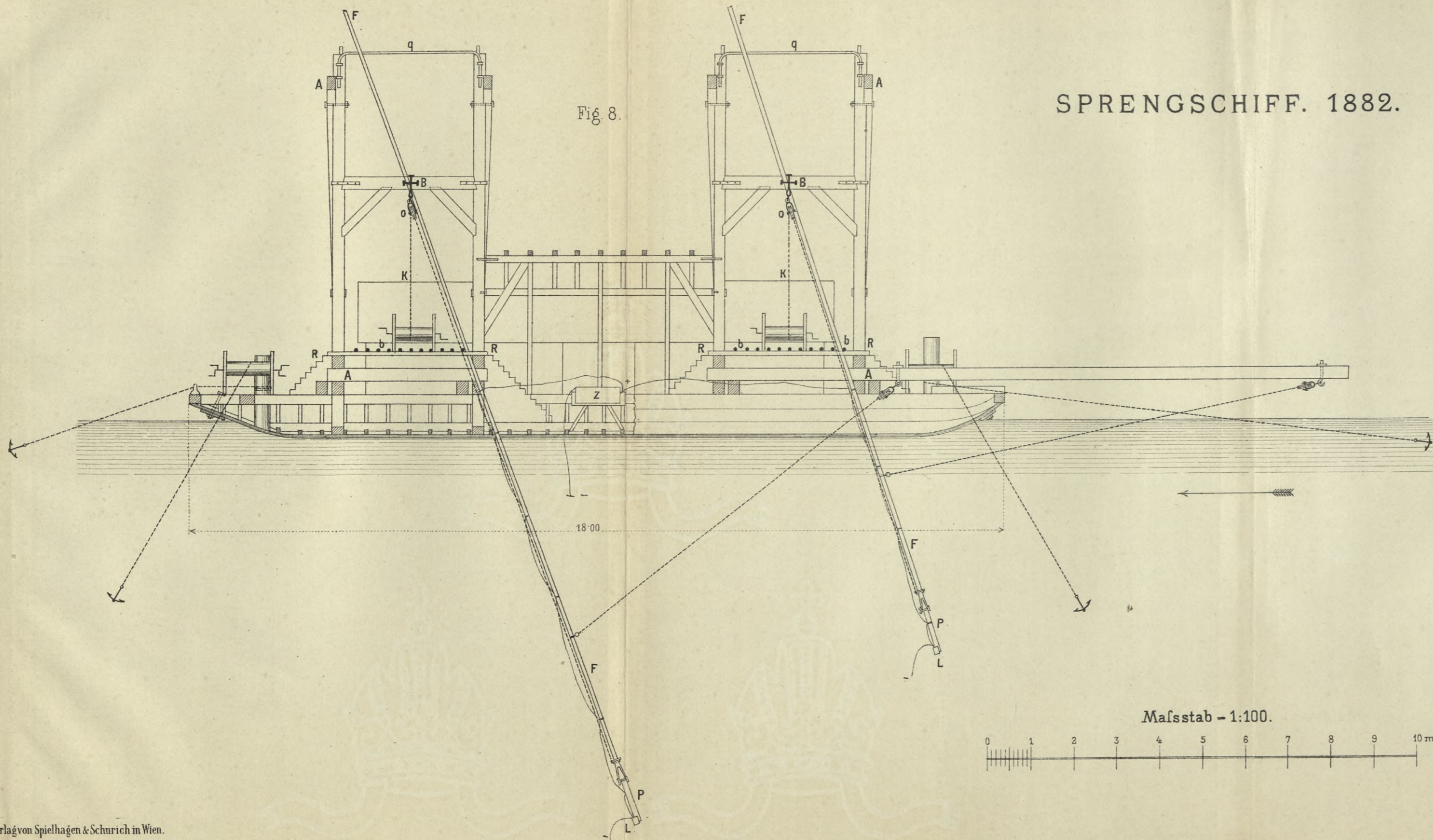
Fig 1.

Mafsstab = 1:300.





# SPRENGSCHIFF. 1882.





# SPRENGSCHIFF. 1889.

Fig. 11.

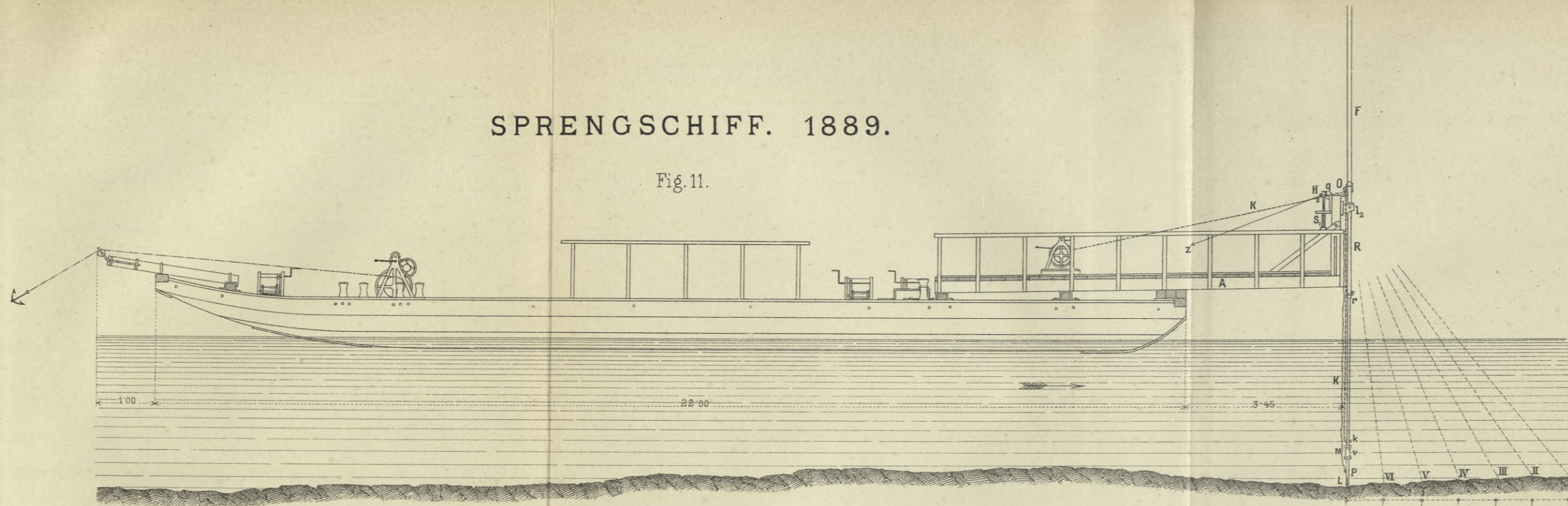


Fig. 12.

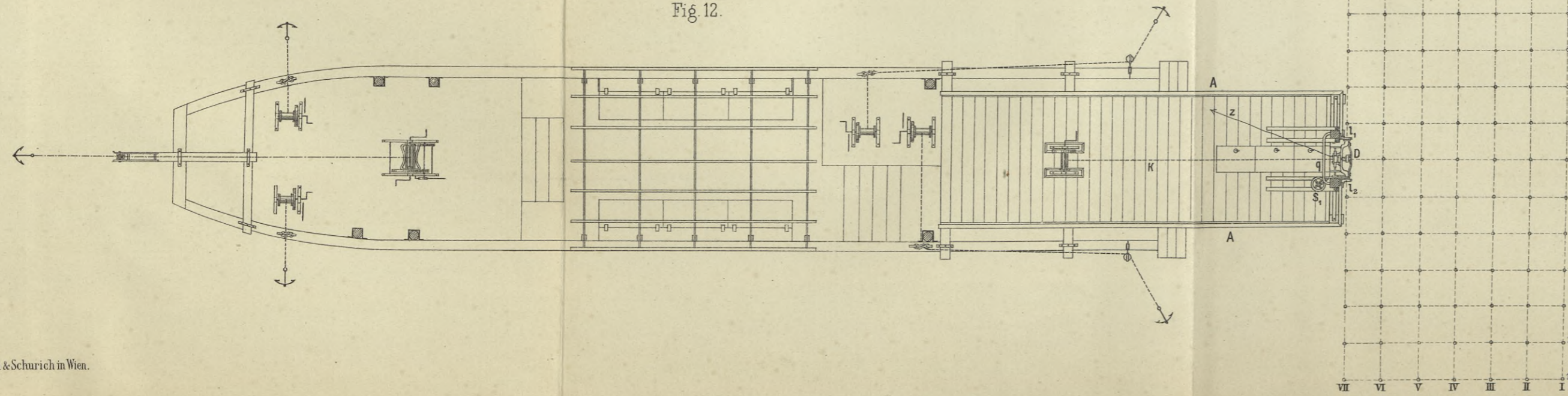
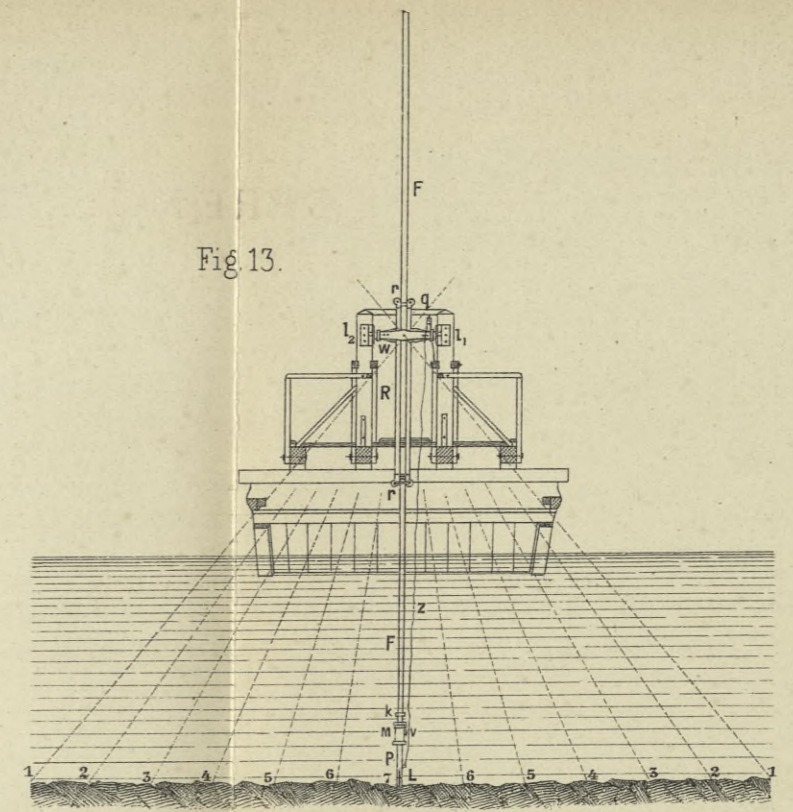
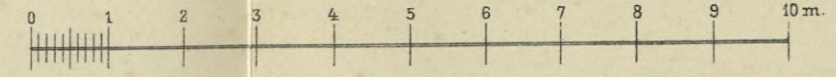


Fig. 13.



Masstab - 1:100.



S. 61









WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31151

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

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300015