Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Über die Anwendung der Reibungs-Elektricität zum Zünden von Sprengladungen.

Von **Freiherrn v. Ebner**,
Major im k. k. Geniestabe.

(Mit V Tafeln.)

(Vorgetragen in der Sitzung am 11. October 1855.)

Das Schiesspulver hat seine weltgeschichtliche Bedeutung nicht allein dadurch erlangt, dass es den Schwachen gegen den physisch Stärkeren bewehrte, und so den Sieg der Intelligenz über rohe Gewalt vorbereitete und ermöglichte, auch den Künsten des Friedens ist es — ein mächtiger Verbündeter an die Seite getreten, und seine Wirkungen stehen uns in Werken vor Augen, deren Unternehmung eine frühere Zeit nicht zu fassen vermochte.

Welches Hinderniss in der That kann Bestand haben gegenüber einer Kraft, die einer Steigerung ins Unbegrenzte fähig ist, sie durchbricht, was widersteht mit einem Schlage, oder erschüttert und löst es im fortgesetzten Angriff.

Dennoch muss, wer vollständig dieses mächtige Agens beherrschen will, nicht nur die Grösse und Richtung seiner Wirkung im Vorhinein ermessen können, er muss auch vermögen sie im richtigen Zeitpunkte hervorzurufen. — Wer in der ersten Bestimmung fehlt, hat vom Glück zu sagen, wenn er nicht mehr beklagen muss, als das blosse Ausbleiben des erwarteten Erfolges, und wer könnte einen solchen überhaupt verbürgen, der in Ungewissheit schwebt über den Augenblick, in welchem er eintritt.

Man kann nicht sagen, dass eine dieser beiden Aufgaben bisher eine befriedigende Lösung gefunden habe.

Die Berechnung der Ladung und ihrer Wirkung ist wohl häufig auf theoretischem Wege unternommen worden, die Resultate jedoch, welche verschiedene zu einerlei Zweck entworfene Formeln ergeben, zeigen so wenig Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Erfahrung,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

dass man auf eine geringe Verlässlichkeit der Voraussetzungen schliessen muss, von welchen bei ihrer Bildung ausgegangen wurde. Selten erübrigt etwas anderes, als an Ort und Stelle erst durch Versuche die Bedingungen zu ermitteln, welche den vorhandenen Verhältnissen am besten entsprechen.

Noch ungenügender vielleicht sind die Methoden, welche man zur Zündung der Ladung anwendet. Sie bestehen nahe ohne Ausnahme in der Benützung des Lauffeuers, und allein die Arten es zu verwahren oder aus grösserer Ferne in Brand zu stecken, begründen einigen Unterschied. Die Zündfäden und Brandrörchen der Steinbrecher, die Zündwürste der Mineurs sind nur verschieden geformte Lauffeuer, die man entweder unmittelbar oder mittelst eines Zündkastens-, eines Percussionsschlosses, einer Feuermaus oder einer Rakete in Wirksamkeit setzt.

Man muss es den zahlreichen und bekannten Übelständen dieser Methoden zuschreiben, wenn die Anwendung der Minen in der Technik und Kriegskunst auf die Fälle der strengen Nothwendigkeit eingeschränkt blieb, und im Allgemeinen nicht jene Vortheile gewährte, welche eine bessere Zündmethode sofort zur Geltung bringen würde.

Sichere und rasche Wirkung selbst aus grösserer Entfernung;
Gleichzeitigkeit in der Zündung verbundener Ladungen;
fortdauernde Erhaltung der Zündfähigkeit;
leichte Anwendbarkeit in jedem Medium

sind ohne Frage die Grundeigenschaften, welche einer solchen zukommen müssen, und dennoch bei keiner der üblichen Verfahrungsarten vorgefunden werden.

Träte die Zündung genau im Augenblick des gegebenen Signales ein, so fiele die gewöhnliche Ursache hinweg, welche in Steinbrüchen, im Bergbaue und bei sonstigen Sprengarbeiten die Gefährdung der Arbeiter und nur zu oft den Verlust ihres Lebens veranlasst. Im Kriege wäre das Mittel gegeben die Wirkung gerade in jenem Momente eintreten zu lassen, in welchem der Feind sich in ihrem vollen Bereiche befindet, und manche bisher vernachlässigte Minengattung würde damit zu nützlicher Anwendung gelangen.

Könnte man ohne Schwierigkeit mehrere Ladungen gleichzeitig sprengen, so liesse sich leicht eine Anordnung treffen, bei welcher

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

durch das Ineinandergreifen ihrer Wirkungssphären der Erfolg und die Ausbeute bedeutend grösser wären, als wenn jede für sich allein gezündet werden muss.

Würde sich noch die Möglichkeit hinzugesellen, die Zündleitung in jedem Medium für längere Zeit dauernd vorzubereiten, und sie aus grosser Entfernung wirken zu lassen, so gewänne der Betrieb aller Arbeiten, welche fortgesetzte Sprengungen erfordern, einen hohen Grad von Einfachheit. Man etablirt den Zündapparat ein für allemal an einen entfernten Ort, führt von dort die Leitung zu zweckmässig gewählten Wechselpunkten, und verzweigt sie weiter zu den vorbereiteten Bohrschüssen, die man während der Raststunde der Arbeiter einzeln oder gruppenweise ahthut.

Denkt man endlich noch die Möglichkeit solche Zündleitungen, indem man sie in Wasser oder in die Erde legt vor Beschädigungen sicher zu stellen und der Wahrnehmung und Auffindung zu entziehen, so öffnet sich insbesondere für den Vertheidigungskrieg ein so neues und fruchtbares Feld, dass man Vorsicht anwenden muss, um nicht bei der Zahl und Mannigfaltigkeit der sich aufdrängenden Bilder Vorgängen das Wort zu reden, deren Tragweite und Bedeutung endgiltig nur auf dem Wege der Erfahrung festzustellen sind. Immerhin darf man annehmen, dass die Verstärkung der Feldbefestigungen durch Minen — die Demolirung aufgegebener Werke im Augenblick der feindlichen Besitzergreifung — die Vertheidigung von Defileen und Häfen — der Angriff mittelst Brander u. s. f. in einer Weise eingeleitet werden könnte, welche in manchen Fällen im Stande wäre, einen bestimmenden Einfluss auf den Gang der Kriegsoperationen zu nehmen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Elektricität allein die Mittel darbietet, solchen Anforderungen vollständig zu genügen, aber es ist nicht minder gewiss, dass sie diese Aufgabe bis zum gegenwärtigen Augenblick nur höchst unvollkommen gelöst hat. Mehr als hinreichend wird dies durch die Thatsache bewiesen, dass elektrische Zündung weder in der Technik allgemein benützt — noch in irgend einem Kriegsheere eingeführt ist. Ganz verschieden von dem raschen Übergange elektrischer Wirkungen in das Gebiet der Telegraphie oder chemischen Plastik sind die Benützungen zur Zündung auf wenige Fälle eingeschränkt und tragen entweder noch den Charakter des Versuches an sich, oder waren unbedingt geboten,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

da für die gegebenen Verhältnisse andere Mittel nicht mehr ausreichten.

Die Erklärung dieses sonderbaren Contrastes zwischen einer scheinbar so grossen Leistungsfähigkeit und einer thatsächlich so geringen Leistung ist in dem Entwickelungsgange der Elektricitätslehre zu suchen.

Der erste wichtige Fund auf diesem Felde war die Elektrisir-Maschine, der zweite die Leydner Flasche, und schon vor mehr als einem Jahrhundert war die Möglichkeit erkannt, durch die Wirksamkeit dieser Apparate leicht entzündliche Substanzen, ja selbst Schiesspulver aus der Ferne in Flammen zu setzen. Wesshalb diese Kenntniss nicht damals schon zu nützlicher Anwendung gelangte, leuchtet ein, wenn man die Unvollkommenheit des Instrumentes und den Mangel gehöriger Methoden bedenkt, elektrische Wirkungen ohne Abschwächung in die Ferne zu übertragen.

Beinahe verdunkelt wurde das bisher Erkannte durch Volta's wunderbare Entdeckung im Beginne des Jahrhunderts. So neu und mannigfaltig waren die Wirkungen der Säule, dass sie Decennien hindurch die Aufmerksamkeit allein in Anspruch nahm. Grösser noch wurde ihre Bedeutung als sie nach Örstedt's und Jacobi's folgenreichen Entdeckungen aus den Hallen der Wissenschaft in das öffentliche Leben eintrat. Die Methoden, isolirte Leitungen in jedem Medium dauernd herzustellen, waren kaum gefordert, auch gefunden und die einfachsten Bedingungen elektrischer Verbindungen durch Steinheil bald erkannt; gegründete Einwürfe wurden durch Daniell's, Bunsen's, Grove's, Smee's Bemühungen glücklich beseitigt, und unbestritten herrscht die constante Batterie im Gebiete der Telegraphie und Galvanoplastik, dort Einfluss nehmend auf den gesellschaftlichen Zustand der Nationen, hier den Künsten und Gewerben dienend.

Es ist sehr begreiflich, dass man mit gleichem Eifer auch die Licht- und Wärmephänomene der Säule einer nützlichen Anwendung zuzuführen strebte; insbesondere die letzteren scheinen geeignet das Problem der Zündung in aller Vollkommenheit zu lösen. Geht es an sie in gleicher Art wie die magnetischen Wirkungen zu übertragen, so fällt der Vorgang der Zündung mit jenem der Telegraphie überein; wie und wohin man telegraphirt, dahin kann man auch zünden, und den reichen Schatz von Erfahrungen nützen, der über Herstellung isolirter Leitungen bereits gesammelt ist.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Leider hat sich diese Vermuthung nicht bestätigt, und seit Ohm's Untersuchungen kennt man die Ursache, welche die Anwendung Volta'scher Batterien für solchen Zweck zwar nicht gerade unmöglich macht, jedoch ihr enge Schranken zieht, wenn anders den Anforderungen der Praxis gehörige Rechnung getragen werden soll.

Die Wirkung einer Volta'schen Batterie kömmt unter dem Einflusse der Leitung zu Stande, welche man ihr darbietet. Fordert man eine starke Wirkung, und sie muss es sein, wo dünne in den Schliessungsbogen eingeschaltete Dräthe oder Schichten von Halbleitern erglühen sollen, so geräth man in ein Dilemma, aus welchem kein Ausweg offen steht. Man ist gezwungen entweder bei der Batterie oder bei der Leitung die von einem technischen Betriebe gebotenen Rücksichten auf Einfachheit und mässige Kosten so sehr zu verletzen, dass eine relative Unanwendbarkeit das gewöhnliche Ergebniss ist. So hat man beispielsweise vor einigen Jahren über den Canal la Manche gezündet, aber man hat bei Benützung der submarinen Telegraphenlinie eine Daniell'sche Batterie von 240 Elementen zu 1 □ D. M. Oberfläche in Wirksamkeit setzen müssen.

Noch geringer ist die Wahrscheinlichkeit einer Anwendung für militärische Zwecke. Die Gelegenheiten, wo Sprengungen vorkommen, sind hier seltener und oft durch lange Intervalle getrennt, ein Apparat daher willkommen, der ohne erhebliche Vorbereitungen rasch in Thätigkeit tritt. Volta'sche Batterien dagegen, besonders die kräftigen Arten, welche zweierlei Erregungsflüssigkeiten bedürfen, lohnen nur bei fortgesetzter Benützung die Mühe ihrer Füllung und Instandsetzung. Für den Kriegsgebrauch sind ferner geschmeidige Leitungen ebenso nothwendig, als dauerhafte — bewegliche und leicht zu behandelnde Apparate; keine der bekannten Batterien entspricht diesen Forderungen und es ist zweifelhaft, ob es überhaupt thunlich sei, sie gegenseitig zu vereinen.

Die Elektrisir - Maschine ruhte während der geschilderten Epoche als ein beinahe vernachlässigtes Instrument in den physicalischen Museen. Die Zeit war vorüber, wo ihre Wirkungen Staunen erregten und man bemüht war, durch Vergrösserung ihrer Bestandtheile imposante Effecte hervorzurufen. Für die blosse Darlegung der Erscheinungen elektrischer Spannung genügten kleine und dergestalt eingerichtete Maschinen, dass die verschiedenen Arten der

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Wirkung mit gleicher Leichtigkeit zur Anschauung gebracht werden konnten; eine sorgfältige Isolirung aller Theile, Conductoren für positive und negative Elektricität, Elektroskope und sonstiges Beiwerk wurden dadurch erfordert. Es ist begreiflich, dass ein solches auf zahlreichen Glasstützen ruhendes, von Witterungszuständen abhängiges Universal-Instrument, dessen Leistungen — besonders nach einjähriger Ruhe, in den gefüllten Hörsälen oft sehr hinter den Wünschen des Experimentators zurückblieben, den Gedanken es für praktische Zwecke anzuwenden, keine besondere Anregung zu geben vermochte.

Und dennoch muss man einräumen, dass die Erscheinungen elektrischer Spannung, wie sie eine geladene Leydner Flasche darbietet, weit eher geeignet erscheinen das Problem der Zündung zu lösen, als die Ströme Volta'scher Ketten. — Eine Leydner Flasche empfängt ihre Ladung allein durch die Thätigkeit der Maschine, und vollkommen unabhängig von der Leitung, welche nachmals zu ihrer Entladung verwendet wird, ein Leitungswiderstand wie er bei Apparaten vorkömmt, welche auf Berührungs-Elektricität gegründet sind, ist nicht vorhanden und jeder Schliessungsbogen, wenn er nur ein Leiter der Elektricität und gehörig isolirt ist, wird im Stande sein die Entladung zu vermitteln und sie an einem gewählten Orte fortzupflanzen. Ist die Spannung hinreichend gross, so hindern selbst zahlreiche Lücken in der Strombahn nicht die Entladung, die Elektricität passirt sie gleichzeitig in Gestalt eines Funkens, dem das Vermögen innewohnt, an seinem Entstehungsorte gelagerte Substanzen zu entflammen. Ohne Zweifel besteht ein bestimmtes Verhältniss zwischen dem Zündungsvermögen dieser Funken und der Entzündlichkeit der gewählten Substanz, allein man hat die Factoren dieses Verhältnisses in seiner Gewalt, denn das Vermögen zu zünden, steigt mit der von den Dimensionen des Apparates abhängigen Menge und Spannung der Elektricität, und verschiedene Grade von Entzündlichkeit werden bei allen Knallpräparaten und zahlreichen Mengungen in jeder gewünschten Abstufung vorgefunden.

Überblickt man diese Verhältnisse, so ist der Wunsch begreiflich sich zum Zünden von Sprengladungen der Elektrisir-Maschine zu bedienen, eines Apparates der Elektricität von hoher Spannung liefert und bei solcher Verwendung noch in anderer Hinsicht Volta'schen Batterien vorangesetzt werden muss.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Elektrisir-Maschine bedarf keiner besonderen Vorbereitung um sofort in Thätigkeit zu treten; ihre Leistung gleicht der einer elastischen Feder, die man so oftmal aufzieht als man wünscht, dass sie schlägt; ein Missverhältniss zwischen Kraft und Arbeit ist nicht vorhanden. Die Fortpflanzung ihrer Wirkung erfolgt momentan durch jede Art telegraphischer Leitung, sie erfolgt aber eben so gut auch durch Dräthe von weit geringerer Stärke und wohlfeilerem Materiale; die hier zulässigen Leitungen haben vor telegraphischen den doppelten Vortheil voraus, grösserer Beweglichkeit und geringeren Preises. Der Schwierigkeit Schiesspulver directe zu entzünden, entgeht man leicht durch Anwendung eines Zwischenmittels, dessen Empfindlichkeit so geregelt werden kann, dass die gleichzeitige Zündung einer beliebigen Zahl verbundener Ladungen, in einer willkürlichen Entfernung, keiner anderen Hilfsmittel bedarf als die Sprengung einer einzelnen, in der Nähe der Maschine gelegenen.

Dies alles sind sehr bekannte Thatsachen, und wenn sie dennoch bisher zu keinem praktischen Resultate geführt haben, so ist der Grund in der geringen Aufmerksamkeit zu suchen, welche ihnen gewidmet wurde. Die Volta'sche Batterie nahm bis in die neueste Zeit das Interesse beinahe ausschliessend in Anspruch und man blieb bei der vorgefassten Meinung, die Elektrisir-Maschine sei ein zu praktischem Gebrauche nicht geeignetes Instrument, ohne sich klar zu machen, dass eine geringe Änderung ihrer Einrichtung sie dazu befähigen könnte. Gänzlich indess hat es nicht an Versuchen gefehlt, sich ihrer oder überhaupt der Wirkungen elektrischer Spannung zum Zünden von Ladungen zu bedienen.

Herr Moses Shaw nahm am 3. Juni 1831 zu New-York ein Patent auf eine neue Methode Felsen zu sprengen. Er benützte zum Zünden den Funken einer elektrischen Maschine, als Zwischenmittel eine Mengung von Schiesspulver und Knallsilber und löste grössere Felsmassen durch gleichzeitige Zündung mehrerer Bohrlöcher [1]). Er beklagt jedoch in einem Briefe an Dr. Robert Hare, Professor der Chemie an der Universität zu Philadelphia, durch den ungünstigen Zustand der Witterung, während eines grossen Theils des Jahres, ausser Stande gewesen zu sein, eine Entzündung zu bewirken [2]).

---

[1]) Register of Arts. Sept. 1831, 179. Dingl. polyt. Journ. XLII. 387.

[2]) Dingl. pol. Journ. LI. 16 et 431.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Letzterer scheint in Folge dessen zur Construction seines bekannten Calorimotors (Deflagrators) angeregt worden zu sein.

Günstigere Erfolge erhielten Professor Varrentrapp in Braunschweig und Gätzschmann in Freiberg in den Jahren 1842 und 1843. Die Elektrisir-Maschine functionirte in einem stets erwärmten Kasten, hin und zurückführende Dräthe bildeten die Leitung, das Zwischenmedium bestand aus einer Mengung von Schwefelantimon und chlorsaurem Kali. Es gelang 8 bis 12 Bohrschüsse bei einer Länge der Leitung von 78·5 Meter (41·6 Wiener Klafter) gleichzeitig zu sprengen, doch auch hier wird des schädlichen Einflusses der Feuchtigkeit gedacht, und die Fortsetzung der Versuche mag dadurch gehindert worden sein [1]).

Herr Karl Winter in Wien, bekannt durch wichtige Verbesserungen der Elektrisir-Maschine führte im Jahre 1845 eine Zündung auf eine Entfernung von 4906 Meter (2600 W. Klafter) mit gutem Erfolge aus. Als Leitung wurde die von Wien nach Hetzendorf führende Telegraphen-Linie benützt, als Zwischenmittel scheint ein Phosphorpräparat gedient zu haben.

Umfassender sind die Experimente, welche der spanische Ingenieur Oberstlieutenant Gr. Verdu im Jahre 1853 zu la Villette nächst Paris, und später auf dem Übungsplatze zu Quadalaxara mit dem Rhumkorff'schen Inductionsapparate unternahm. Bekanntlich erlangt diese interessante Vorrichtung unter dem Einflusse weniger Elemente oder jenem einer magneto-elektrischen Rotations-Maschine einen Grad von Spannung, welcher dem einer geladenen Leydner Flasche vollkommen vergleichbar ist. Erregt durch 2 Bunsen'sche Elemente wurde auf 26.000 Meter (3·4 österreichische Meilen), durch einen Clarke'schen Rotations-Apparat auf 5600 Meter (2968 Klafter) ohne Anstand gezündet. Mit Zuhilfnahme Statham'scher Zünder [2]), welche mit Knallquecksilber geladen waren, konnten auf 3500 Meter (1855 Klafter) zwei und auf 300 Meter (159 Klafter) sechs verbundene Minen gleichzeitig gezündet werden. Der französische Ingenieur-Capitaine Savart schlug ein etwas umständlicheres Verfahren vor, um die Zahl der gleichzeitig zündbaren Ladungen noch zu vermehren [3]) und Du Moncel complicirte den Apparat um bei den Arbeiten im Hafen

---

[1]) Polyt. Central-Blatt, XIX. Jahrg. u. Dingl. polyt. Journ. CXXVIII, 424.

[2]) Poggend. Annal. XCII. 154 und Dingl. polyt. Journ. CXXXII, 350.

[3]) Dingl. polyt. Journ. CXXXIII, 109 und 115.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

von Cherbourg, wo diese Methode definitiv angenommen ist, grosse Minen mit einem Male zu sprengen. Es gelang die Zündung von vier verbundenen Minen in einer Entfernung von 150 Meter (79·5 Klafter)[1].

Als die k. Genie-Akademie im Anfange des Jahres 1853 den Befehl erhielt, eine elektrische Zündungsmethode für den Gebrauch der k. Genie-Truppe in Vorschlag zu bringen, haben die bisher erörterten Ansichten die Veranlassung gegeben, die Verwendbarkeit der Elektrisir-Maschine einer gründlichen Prüfung zu unterziehen. Die schönen Leistungen des Rhumkorff'schen Inductions-Apparates, welche kurz darauf bekannt wurden, waren neue Belege, dass von der Benützung elektrischer Spannung die Lösung des Problems zu hoffen sei, aber man war nicht der Meinung, dass durch sie diese Lösung schon vollständig herbeigeführt worden sei. Die Mitführung gebrechlicher Elemente mit ihren Erregungsflüssigkeiten oder die einer complicirten Rotations-Maschine, schien für den Kriegsgebrauch ein lästiger Umstand, und gerechte Besorgniss erregte die mögliche Beschädigung des Apparates, sei es durch äussere Einwirkung oder durch Verletzung der isolirenden Schichten in Folge eines zu kräftigen primären Stromes, da in einem solchen Falle an Ort und Stelle kaum eine Abhilfe möglich ist.

Die ersten Bestrebungen nun waren auf eine Umgestaltung der Elektrisir-Maschine gerichtet; die Überzeugung, dass es angehe die Ladung des Leydner Glases in erforderlicher Stärke unter jedem bei einer Zündung möglichen Verhältnisse zu bewirken, musste vor allem andern gewonnen und festgestellt werden, aber gerade durch diese Specialisirung der Aufgabe war auch die Aussicht gegeben, den sonstigen Forderungen an Dauerhaftigkeit und Compendiosität des ganzen Apparates gehörige Rechnung zu tragen. Die Handhabung der Leitungen gewann einen mächtigen Vorschub durch gleichzeitige Bemühungen, elektrischer Telegraphie eine Beweglichkeit zu geben, die zuliesse, sich ihrer bei Kriegsoperationen zu bedienen. Die Wahl eines geeigneten Zwischen-Mediums endlich und die Fassung desselben in die Form einer Pratrone, die eben so leicht in die Ladung versenkt als in die Leitung eingeschaltet werden kann, war eine der Beachtung nicht minder würdige Aufgabe.

Durch drei Jahre fortgesetzte Versuche, welche zu wiederholten Malen in grossem Massstabe unternommen und deren Ergebnisse

[1]) Idem CXXXV, 370.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

jedesmal commissionell geprüft und festgestellt wurden, haben den Erwartungen entsprochen. Die Einführung des in Rede stehenden Zündverfahrens in der k. k. österreichischen Genie-Truppe und dessen Anwendung bei mehreren technischen Arbeiten ist die Folge gewesen. Die Vorfragen sind geschlossen und die Reihe jener Erfahrungen beginnt die einen neuen Gegenstand um so rascher seiner Vollendung entgegenführen, als die Gelegenheiten sie zu gewinnen allgemeiner und mannigfaltiger werden.

Die Darstellung dieser Zündmethode in dem gegenwärtigen Stande ihrer Ausbildung zerfällt in die Beschreibung der elektrischen Maschine, der Leitung und der Patrone, sie und die Angabe der gewonnenen Resultate und Erfahrungen ist der Zweck der folgenden Blätter.

I. Die elektrische Maschine.

Gestalt und Einrichtung der Maschine stellen die Figuren 1 bis 6, Taf. I und II vor Augen.

Zwei Scheiben aus polirtem Spiegelglas, 12 Zolle im Durchmesser und 4 Linien stark, sind an gemeinschaftlicher aus Messing gegossener Axe fixirt, welche in metallenen Lagern läuft. Die Reibung erfolgt in der bekannten Art beim Durchgange der Scheiben zwischen Kissen, welche unter der Wirkung elastischer Federn, sich mit sanftem Druck an selbe anschmiegen. Fig. 4 zeigt die Einrichtung eines Kissens: das mit einem Flügel aus gefirnisstem Schafwollenstoff versehene Leder ist sammt einem darunter gelegten Flanellblatte durch die Spange *A B* an eine Messingplatte festgeschraubt, welche an den Knöpfen *x* und *y* gefasst und mittelst der Führung *Z* in die Gabel *A* (Fig. 1 und 2) eingeschoben wird. Letztere ist hohl und gleichfalls aus Messing gearbeitet, sie kann erforderlichenfalls durch die Verschraubung *d* mit dem kupfernen Dampfkessel *B* (Fig. 1 und 2) in Verbindung gesetzt werden, dessen Dampf in die hohlen Räume einströmt und sammt dem condensirten Wasser durch das Seitenrohr *e* entweicht. Die Erwärmung wird solchergestalt gerade an jenen Ort hingeleitet, wo ihre Wirkung am nützlichsten ist.

Für das Leydner Glas wurde eine Form gewählt, für welche aller Orten leicht ein Ersatz gefunden wird, es ist — durch Flanell geschützt — in eine Büchse von lackirtem Blech eingesetzt und mit dieser an eine Eisenplatte festgeschraubt, welche durch eine Leitung

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

l g h (Fig. 2) sowohl mit dem Reibzeuge als mit dem beweglichen Häkchen *h* metallisch zusammenhängt. Die äussere Belegung des Leydner Glases, deren Grösse 276 Quadrat-Zolle beträgt, steht daher mit den genannten Bestandtheilen in leitender Verbindung. Die Ladung geschieht mittelst einer Stahlspitze *i*, welche etwa 1 Zoll in in den Zwischenraum beider Scheiben hineinragt, und in dem Seitenarme des Conductors *k* verschoben werden kann. Der letztere ist in eine Platte aus hartem Kautschuk beweglich eingelassen, welche zugleich den Verschluss des Leydner Glases bildet; er steht mit dessen innerer Belegung durch 2 Metallschnüre in Verbindung.

Die Maschine ist während ihres Gebrauches stets von einem Gehäuse umgeben; die Wände desselben bestehen aus starkem Leder, das Dach ist aus Blech gearbeitet. Die Einrichtung des Gehäuses erlaubt die Maschine in die Leitung einzuschalten, sie zu laden und zu entladen, ohne dass ein Öffnen oder Abheben desselben erforderlich ist. — Der Haken *a* (Fig. 2 und 5) steht zu diesem Ende mit dem Arm *b* in Verbindung, welcher durch Wendung des Hebels *c* mit dem Knopfe des Conductors in Berührung tritt, sonst aber — unter der Wirkung einer innen liegenden Feder *o*, wieder in seine frühere Stellung zurückkehrt. Andererseits ist das Häkchen *h* (Fig. 2) in eine Öse eingelegt, welche mit dem Haken *z* (Fig. 2 und 6) metallisch zusammenhängt. Solchergestalt bildet *z* die Fortsetzung der äusseren Belegung des Leydner Glases, während *a* mit dessen innerer Belegung verbunden werden kann, es ist sonach klar, dass wenn *a* und *z* in eine Leitung eingeschaltet werden, man die Entladung der Maschine mittelst des Ausladers *c* in seiner Gewalt hat. Passend kann *a* der Luft- und *z* der Erdhaken genannt werden, da ersterer in die Luft-, letzterer in die Erdleitung einzulegen ist. Einem Elektricitäts-Verlust ist dadurch vorgebeugt, dass sowohl der Arm, welcher *b* mit *c* verbindet, als auch jener Theil des Gehäuses, welcher *a* passirt, aus hartem Kautschuk bestehen.

Die Gelegenheit, sich vor dem wirklichen Gebrauche von dem entsprechenden Zustande der Maschine zu überzeugen, gewährt der Funkenzieher *f* (Fig. 5), welcher durch eine im Gehäuse liegende Leitung mit *z* in Verbindung steht. Ruht sein beweglicher Arm auf *a*, so erfolgt die Entladung selbst bei der schwächsten Spannung, vergrössert man jedoch durch Wendung dieses Armes den Abstand zwischen *a* und *f*, so zeigen die eingeleiteten Entladungen die Erhöhung

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der Spannung, welche nahe ihr Maximum erreicht haben muss, wenn auch der grösste Zwischenraum von 1½ Zoll, von der Elektricität noch in Gestalt eines leuchtenden und knallenden Funkens übersprungen werden soll. Es ist klar, dass der Funkenzieher während des Gebrauches der Maschine stets geöffnet bleibt, während man durch ihn früher die Zahl der nothwendigen Scheibenumgänge ermittelt hat, die zur Hervorrufung jener Spannung erforderlich sind, von der man bei der vorzunehmenden Zündung Gebrauch zu machen gedenkt.

Die Leistungen der beschriebenen Maschine waren unter allen Umständen den gestellten Anforderungen vollkommen entsprechend. Trotz dem zufälligen Eintreten oder dem absichtlichen Aufsuchen solcher Verhältnisse, welche man als höchst ungünstig zu bezeichnen gewohnt ist, fand ein Versagen ihrer Wirkung niemals Statt; sie ist genügend geblieben im strömenden Regen — im dichten Nebel — an feuchten Orten, und nur in strenger Kälte, wo das Erstarren der fetten Reibflächen den Act der Reibung beirrte, war eine Anwendung der Erwärmungs-Vorrichtung von Nutzen.

Es erklärt sich diese Thatsache, welche wenig zu stimmen scheint mit den über Elektrisir-Maschinen verbreiteten Ansichten, aus der besonderen Art der Leistung, welche von dem Apparate verlangt wird. Nicht die Spannung und Schlagweite freier an einem Conductor haftender Elektricität oder die längere Erhaltung elektrischer Zustände wird hier gefordert, sondern die Absicht ist allein auf möglichst rasche und starke Ladung eines Leydner Glases gerichtet, von der man im Augenblicke ihres Eintretens alsogleich Gebrauch macht. Dieser Zweck wird von der Beschaffenheit der im Innern des Gehänses befindlichen Luft niemals beirrt, und ist stets zu erreichen, wenn die Entwickelung der Elektricität reichlich ist — und die unbelegten Theile des Leydner Glases vollkommen isoliren.

Die Herbeiführung der hiezu erforderlichen Bedingungen unterliegt keiner Schwierigkeit. Die Isolirung des Leydner Glases ist ein für allemal durch einen Firnissüberzug sicher gestellt, das Abtrocknen der Scheiben, welche in Folge der hygroskopischen Eigenschaft des Glases feucht sein könnten, und die Erhaltung des gehörigen Zustandes der Reibung, sind demnach die einzigen Operationen, welche eine besondere Beachtung erheischen.

Die Vollkommenheit der Reibung hängt ab von dem mit der Ebene der Reibkissen parallelen Gang der Scheiben, und von der

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

richtigen Beschaffenheit der amalgamirten Flächen. Ersteres ist durch die Construction der Maschine bereits erreicht, letzteres fordert die Herstellung — Erhaltung und zeitweise Erneuerung einer geeigneten Amalgamirung.

Da gerade über diesen wichtigen Punkt, von welchem die Wirksamkeit der Maschine ganz vorzüglich abhängt, die Angaben schwankend und mangelhaft sind, so mag es am Platze sein, einen Vorgang mitzutheilen, welchen eine längere Erfahrung als zweckmässig gewiesen hat.

Dem mit einem gleichartigen, starken aber dennoch geschmeidigen Kalbleder belegten Reibkissen, dessen Rauhigkeit völlig beseitiget wurde, prägt man mit Hilfe eines glatten Korkes reines Fett so lange ein, bis es von selbem durchdrungen ist, und eine ebene, mässig fette Oberfläche entsteht, welche die Spuren des in kreisförmiger Bewegung darüber geführten Korkes, durch eine wolkige Beschaffenheit an sich trägt. Man stösst, reibt und siebt hierauf ein durch Zusammenschmelzen von 1 G. Th. Zink, G. Th. Zinn und $1^3/_4$ G. Th. Quecksilber erhaltenes Amalgam zu einem zarten Pulver, vertheilt es auf der erwähnten Fläche mit Hilfe eines möglichst feinen Siebes in einer dünnen gleichförmigen Schichte, reibt dieselbe mittelst dem gelinde angedrückten Korke gehörig ein, und entfernt die nicht mehr haftenden Theile mit einem breiten Rosshaarpinsel. Durch Wiederholung der letzten Operation gewinnt man bald eine trockene, gleichförmige, mattgraue Amalgamfläche von gelinder Rauhigkeit.

Ist die Spannung der Federn passend regulirt, so dass die nun eingeführten Reibkissen sich den Scheiben unter mässigem Druck nach ihrer ganzen Fläche anschmiegen, ohne doch die Drehung im Geringsten beschwerlich zu machen, so beginnt bei Vornahme der letzteren eine reichliche Elektricitäts-Entwickelung, welche gewöhnlich nach 20 bis 25 Umdrehungen das Leydner Glas auf das Maximum seiner Spannung ladet, und bei abgewendeter Saugspitze den innern Raum des Gehäuses mit zolllangen Lichtbüscheln und sprühenden Funkenströmen erfüllt.

Es ist begreiflich, dass bei anhaltendem Gebrauche der Maschine diese Wirkung nachlässt; sie kann jedoch alsbald wieder geweckt werden, wenn man durch ein Gegeneinanderreiben und Abschleifen der Reibflächen, die gestörte Vertheilung des Amalgams wieder her-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

stellt und neue noch nicht benützte Theile dadurch zur Thätigkeit bringt; die Anwendung dieses einfachen Anregungsmittels kann überhaupt vor dem jedesmaligen Gebrauche der Maschine nicht genug empfohlen werden. Endlich jedoch tritt ein Zustand von Erschöpfung ein, welcher nur durch frisches Amalgamiren gehoben werden kann. Man beseitigt zu diesem Zwecke die verbrauchte Amalgamsschichte vollständig (was mit Hilfe eines Messers sehr leicht angeht, wenn durch gelindes Erwärmen die gewöhnlich harte Schichte früher erweicht wurde), und bewirkt eine neue Amalgamirung der blossgelegten Lederfläche in der beschriebenen Weise. Sind die fetten Leder in strenger Kälte starr geworden, so nützt ein Erwärmen des Reibzeuges ausserordentlich, nur ist darauf zu achten, dass die Ausdehnung, welche es dabei erleidet, ein Nachlassen der Federn nothwendig macht. Für einen augenblicklichen Bedarf hilft ein Erwärmen der Kissenleder an einer warmen Metallfläche noch rascher ab.

Alle Utensilien, welche zur Ausführung dieser Verrichtungen dienen, sind sammt der Kurbel in der kleinen Lade der Maschine enthalten, sie selbst, da sich ihre Füsse einschlagen lassen, wird für den Transport, wie es Fig. 13 *a* (Tafel III) darstellt, in einer eigenen Kasette verwahrt.

Das Gewicht der beschriebenen Maschine erlaubt zwar, dass sie auf kurze Strecken von einem Manne getragen werde, dennoch ist für den Kriegsgebrauch in gewissen Fällen eine noch tragbarere Form wünschenswerth. Opfert man einen Theil der Leistung, sowie der Bequemlichkeit der Handhabung, so kann dies leicht erreicht werden, und gewährt bei Gelegenheiten Vortheile, wo entweder überhaupt nur eine geringe Wirkung erfordert wird, oder wo selbe von einem schwer zugänglichen Orte ausgehen soll. Fig. 7 (Taf. II) stellt eine für solchen Zweck construirte Maschine vor Augen. Man erkennt auf den ersten Blick, dass das frühere Princip beibehalten wurde, und der Unterschied nur in der Verkleinerung und verticalen Anordnung der Bestandtheile liegt. Das Gewicht der Maschine beträgt 17 Pf., sie kann daher mit aller Leichtigkeit an einem Riemen auf der Schulter getragen werden.

Die bisherigen Erfahrungen haben noch keine Veranlassung gegeben, von der gewählten Construction, die in mehr als 20 Exemplaren zur Ausführung kam, wesentlich abzugehen. Der Bau der Maschine ist dauerhaft, die Handhabung einfach, sie enthält keinen

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Theil, der nicht zugänglich wäre und leicht könnte ausgewechselt werden; gegen die Gebrechlichkeit der Scheiben endlich und des Leydner Glases lässt sich anführen, dass jedem Apparate 2 Scheiben und 1 Leydner Glas als Reserve beigegeben sind, dass selbst eine Scheibe noch zur Ladung genügt, und dass es überhaupt unmöglich sein dürfte, irgend einen elektrischen Apparat gegen gewaltsame Einwirkungen völlig zu sichern. Es ist indess alle Aussicht vorhanden, die genannten Glasbestandtheile durch solche aus hartem Kautschuk zu ersetzen. Leider konnte dieses neue Material, welches durch sein vollkommenes Isolirungs-Vermögen, sein Freisein von hygroskopischen Eigenschaften, seine Dauerhaftigkeit und Formbarkeit von grösstem Einflusse auf elektrische Constructionen zu werden verspricht, bisher nicht in solcher Menge und Güte erhalten werden, dass es möglich gewesen wäre, vielversprechende Versuche schon jetzt in die wirkliche Anwendung zu übertragen. Die auf diesen Gegenstand gerichtete Thätigkeit der Kautschuk-Fabrik J. N. Reithoffer's in Wien lässt in nächster Zukunft in dieser Richtung neue Erfolge erwarten.

2. Die Leitung.

Die Methoden, isolirte Leitungen herzustellen, haben durch Verbreitung elektrischer Telegraphie einen solchen Grad von Vollkommenheit erlangt, dass für die Zwecke der Zündung kaum mehr zu thun übrig blieb, als das Vorhandene zu benützen; blos in der Wahl des Materials und in dem Vorgange der Herstellung konnte Einiges gewonnen werden. Die hohe Spannung, welche die Elektricität in dem Leydner Glase annimmt, wies auf Benützung dünner und wohlfeiler Dräthe; die Anwendung der Zündung bei Kriegsoperationen verlangte Leitungen, welche rasch hergestellt und ebenso rasch wieder eingezogen werden können.

Für Luftleitungen wurde weicher Messingdrath von $^1/_3$ Wien. Linien (0·73 Millim.) Stärke gewählt. Das Gewicht einer Meile solchen Drathes beträgt 50 Pf. (28 Kilogramm). Sie wurde auf 10 Eisenspulen vertheilt, deren jede somit 400 Klafter (1000 Schritte) Drath enthält. Man entwickelt denselben, indem man die Spule an eine Axe steckt, welche in einer Eisenrahme (Fig. 10, Taf. III) beweglich ist, und mit dieser in jener Richtung vorwärts schreitet, längs welcher die Leitung gebaut werden soll; man zieht ihn ein mit Benützung

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der Aufspuhlmaschine (Fig. 11), auf deren Axe die leere Spule passt. Die Isolatoren wurden aus vulcanisirtem Kautschuk nach der bekannten Glockenform erzeugt; ihre mit scharfen Holzgewinden versehenen Träger sind theils aufrecht, theils knieartig geformt (Fig. 8 *a*, *b*), und lassen sich in vorbereitete Stangen oder sonstige sich darbietende Stützpunkte (Mauern, Planken, Bäume etc.) ohne Mühe mit gehöriger Festigkeit einsetzen. Die Isolatoren haften durch ihre starke und unveränderliche Elasticität an den Köpfen der Träger ohne Zwischenmittel.

Der Vorgang der Aufstellung ist ein höchst einfacher: Indem der Partieführer, die Abspuhlrahme in der Hand, in der angegebenen Richtung vorwärts schreitet, und in Entfernungen von je 50 bis 80 Schritten geeignete Stellen zur Errichtung der Stangen sucht und bezeichnet, weist der am Ausgangsorte befestigte und von dort sich entrollende Drath den folgenden Arbeitern den einzuschlagenden Weg. Neben dem Partieführer bewegt sich ein Handwagen mit dem nöthigen Materiale, von welchem an den bezeichneten Stellen eine mit ihrem Isolator bereits versehene Stange und 3 Holzkeile abgeladen werden. Der auf den Drath gelegte Isolator marquirt den Ort, wo zwei nachfolgende Arbeiter durch Handhabung des Locheisens (Fig. 9) ein reines konisches Loch bis zur Tiefe von 2′ schlagen. Die beiden letzten Arbeiter endlich schlingen den Drath in doppelter Windung um den Isolator und setzen die Stange ein, welche der eine verkeilt, während der andere unter gehöriger Spannung des Drathes ihre verticale Stellung besorgt.

Auf freiem Felde und nicht zu festem Boden wurden solche Leitungen, welche auch als passagère Telegraphen-Linien nützlich verwendet werden können, bei Benützung eines von Pferden gezogenen Wagens, durch geübte und abgelöste Mannschaft mit einer Geschwindigkeit hergestellt, welche der eines im mässigen Schritte sich bewegenden Fussgängers nahe gleichkam. Die Einfachheit des Vorganges der Einziehung solcher Linien macht eine Beschreibung entbehrlich.

Für Leitungen unter der Erde oder im Wasser wurde die erwähnte Drathsorte pr. Meile mit 332 Pf. vollkommen gereinigter Guttapercha umpresst. Der erhaltene Drath hat 2 Linien im Durchmesser, und besitzt eine Beweglichkeit, welche der einer Schnur ziemlich gleich kömmt. Er wurde in Adern von 400 Klaftern auf

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Trommeln aufgewunden, deren Einrichtung Fig. 12 ersichtlich macht. Die Abrollung dieses Drathes ist ohne Zweifel der einfachste und rascheste Vorgang eine isolirte Leitung zu erhalten, jedoch nur in Fällen zulässig, wo man für die Zeit des Bestandes vor Beschädigungen vollkommen sicher gestellt ist. Befürchtet man im fliessenden Wasser durch die Beschaffenheit des Grundes oder Ufers eine Abschärfung der Hülle, so kann der Drath durch Schwimmer schwebend erhalten werden. Um endlich einer unnöthigen Zertheilung vorzubeugen, führt man, wo es angeht, stets die Leitung von dem Zündobjecte zur Maschine, und zündet durch die ganze Drathrolle oder Guttapercha-Spuhle, indem man das bei *A* herausragende Anfangsstück mit dem Lufthaken verbindet.

Es ist klar, dass solche passagère Leitungen ohne sorgfältiger Bewachung nur geringe Bürgschaft für die Sicherheit des Erfolges geben, da jedoch ihre Überwachung z. B. durch berittene Patrouillen keine besondere Schwierigkeit macht, vorgefallene Unterbrechungen ebenso leicht zu entdecken als wieder herzustellen sind, so dürfte, wenn man die Raschheit ihrer Ausführung erwägt, die Meinung zulässig sein, dass in manchen Fällen aus ihrer Anwendung, besonders zu einer raschen Verlängerung permanent gelegter, erheblicher Nutzen gezogen werden könne.

Wo es sich darum handelt, Leitungen der Wahrnehmung zu entziehen, und ihre Brauchbarkeit für alle Zeiten sicher zu stellen, ist von jenen Methoden und Erfahrungen Gebrauch zu machen, welche bei den Herstellungen unterirdischer oder unterseeischer Telegraphen-Linien gewonnen wurden. Die Einrichtung der Erdleitung geschieht gleichfalls in ganz bekannter Weise, jedoch gestattet die hohe Spannung der Elektricität und der Umstand, dass Zündungen auf besonders grosse Entfernungen gewöhnlich nicht vorkommen, einige Vereinfachungen der bei telegraphischen Linien vorgeschriebenen Massregeln.

Jedem Zündapparate sind in einer besonderen Kasette (Fig. 13 *b*) 2000 Klafter blanker und 400 Klafter umpresster Drath beigegeben, nebst allen zum Bau von Leitungen dienenden Requisiten. Die Möglichkeit, bei allen Kriegsoperationen und Verschanzungen im Felde von Minen ausgedehnten Gebrauch zu machen, ist damit geboten, und es steht zu erwarten, dass ihr Einfluss und Nutzen sich hier in ähnlicher Weise geltend machen könnte, wie solches bei dem

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Angriffe und der Vertheidigung permanenter Befestigungen von jeher der Fall gewesen ist.

3. Die Patrone.

Die Zündung der Ladung erfolgt durch Vermittlung eines Stoffes, der selbst von einem kleinen elektrischen Funken noch mit Sicherheit entflammt wird. Knallquecksilber besitzt im ausgezeichneten Grade diese Eigenschaft, indessen haben Rücksichten auf Gefahrlosigkeit, allgemeines Vorkommen der Bestandtheile und leichte Darstellbarkeit, die Wahl auf eine innige Mengung gleicher Gewichtstheile Granspiesglanzerzes und chlorsauren Kali's gelenkt. Sorgt man für eine scharfe Trocknung und vollkommene Mengung der früher bis zu dem zartesten Pulver verriebenen und gesiebten Substanzen, so ist die Entzündlichkeit jener des Knallquecksilbers nahe gleich, die Gefahr jedoch ist vermindert, da man für gewöhnlich nicht die Zündmischung, sondern nur ihre gefahrlosen Bestandtheile in Vorrath zu halten braucht.

Mit einem glimmenden Stäbchen berührt, muss eine Probe der Mischung unter starkem Knalle momentan abblitzen; so lange beim Ausglätten derselben weisse von chlorsaurem Kali herrührende Streifen nachgewiesen werden können, ist die Mengung mangelhaft. Die Gleichung $2SbS_3, 3(KO, ClO_5) = 2SbO_3, 6SO_2, 3KCl$, welche das Gewichtsverhältniss 354 : 367·5 fordert, stellt den Process dar, welcher während der Verbrennung vor sich geht.

Diese Zündmischung nun muss sich mit Leichtigkeit in die Pulverladung versenken lassen, und unter allen Umständen genau am Orte der Funkenbildung lagern, Forderungen, welchen in folgender Weise entsprochen werden kann:

Man erzeugt durch einen sehr bekannten Vorgang aus starkem geschöpften Papier Hülsen (Fig. 14, Taf. IV), deren Höhe 1 Zoll, innere Lichte $^1/_2$ Zoll und Wandstärke 1 Linie betragen kann. Durch 2 seitwärts gestochene Löcher *D, CB — F, GH* zieht man ein Drathstück *AJ* von beliebiger Länge ein, dem man durch Erwärmen in seiner Mitte jede Federung benommen hat, und formt es im Inneren der Hülse mit Hilfe eines Häkchens zu einer 5 Linien hohen Schlinge *E*. Zur Befestigung derselben giesst man hartes geschmolzenes Harz bis zu ihrer völligen Bedeckung ein, und lässt durch passendes Drehen der Hülse in geneigter Stellung einen Theil

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

desselben an der Wand hinaufliessen. Es bildet sich so ein Napf von Harz, aus dessen Mitte ein Theil der Schlinge frei hervorragt. Nach völliger Erhärtung des Gusses wird mittelst einer Zwickschere ein Stück der Schlinge von solcher Länge ausgeschnitten, dass die mit einer Pincette ergriffenen und niedergedrückten Drathenden x und y (Fig. 15) sich in einer Entfernung von höchstens $^1/_4$ Wiener Linie gegenüberstehen. Man füllt hierauf mit einem Löffelchen, dessen Inhalt als Mass dient, die Zündmischung bis zu einer Höhe von etwa 2 Linien ein, bedeckt sie mit einem aus Kartenpapier ausgeschlagenen Blättchen, füllt den noch übrigen Raum mit lockerer Baumwolle (Schiesswolle-Werg), und presst diese durch Einsetzung eines weichen an seinem Rande mit Leim bestrichenen Korke fest an das Blättchen an. Die an der Aussenseite frei liegenden Draththeile CD und FG können mit einem Leinwand- oder Guttapercha-Streifen überkleidet werden.

Zur bequemen Handhabung solcher geladenen Hülsen wird ein Stab (Fig. 16) in den ausgeschnittenen Kork eingeleimt, und mit ihm durch zwei Würgknoten fest verbunden. Die freien Drathenden A und J werden in die Seitennuthen des Stabes eingelegt, und während man sie gespannt erhält, mit Wachs oder weichem geschmolzenen Harze vergossen, man befestigt sie schliesslich mittelst Durchschlingung an den oberen Ecken des Stabes.

Will man lange Stäbe vermeiden, so kann man sie leicht durch Guttapercha-Dräthe ersetzen, welche mit den Drathenden A und J (Fig. 17) verknüpft werden. Wünscht man zur vollen Beruhigung die Füllung der Patronen vor dem Einsetzen selbst vorzunehmen, so können diese, wie es die Fig. 18 und 19 darstellen, auch zum Öffnen eingerichtet werden.

Ein Tränken der Hülsen in Leinöl und ein Firnissen der Stäbe vermehrt die Dauerhaftigkeit; ohne Anstand könnten ähnliche Patronen aus Guttapercha auch fabriksmässig erzeugt werden. Übrigens gewährt jeder nicht allzustarker, mit Guttapercha umkleideter Drath ein leichtes Mittel, in sehr kurzer Zeit entsprechende Patronen darzustellen. Man bindet den Drath, wie Fig. 20 zeigt, zusammen, entblösst und durchschneidet das an der Wölbung gelegene Drathstück, umkleidet es mit einem durch Erwärmung klebrig gemachten Guttapercha-Streifen, füllt die Zündmischung in die so entstehende Hülse, und schliesst sie durch Zusammenpressen der noch warmen und

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

klebenden Ränder. Obgleich durch weitere Hüllen leicht noch grössere Festigkeit gegeben werden kann, so dürften doch die früher erwähnten Formen mehr Sicherheit in der Verwahrung der Zündmischung gewähren.

Eine fehlerhafte Patrone hindert in der Regel nicht die Zündung einer nachfolgenden tadellosen, wesshalb man bei wichtigen Sprengungen zu grösserer Sicherheit stets zwei unter sich verbundene Patronen anwenden kann.

Um nicht abhängig zu sein von einem mitgeführten Vorrathe, ist jeder Zündapparat mit einer Werkzeug-Kasette Fig. 13 *c* versehen, welche alle Utensilien und Materialien enthält, die zur Erzeugung solcher Patronen erforderlich sind. Fig. 13 *a*, *b*, *c* stellt somit einen vollständigen Zündapparat vor Augen.

Wirkungen.

Es erübriget noch die Angabe einiger Resultate und Beobachtungen, welche mit Zündapparaten von der vorstehenden Einrichtung gewonnen wurden. Ausgedehnte Versuchsreihen, welche in der kais. Genie-Akademie zu Bruck, bei Manövers der Genie-Truppen in Olmütz und Krems, auf dem Übungsplatze der Artillerie nächst Wien und in der Donau unternommen wurden, haben dazu reichliche Gelegenheit gegeben. Die Wirkungen auf grosse Entfernungen, auf verbundene Minen, auf beträchtliche Pulvermassen, auf Bohrschüsse im Felsen, auf weite Strecken unter Wasser und auf in Wasser versenkte Ladungen, wurden mit einer gleichen Beachtung der Untersuchung unterzogen. Es wird hier genügen nur jene Ergebnisse hervorzuheben, welche auf die Eigenthümlichkeit der Methode ein besonderes Licht werfen.

Die grösste Entfernung, auf welche die Zündung versucht wurde, betrug 4 Meilen (30 Kilometer). Die einzelnen Kränze eines mit vulcanisirter Guttapercha umpressten Kupferdrathes wurden zu zwei Partien jede von der angegebenen Länge unter sich verbunden, und diese zwischen Patrone und Maschine eingeschaltet. Bei dem Versuche selbst, welcher in einem Locale des kais. Staats-Telegraphen-Amtes unternommen wurde, ergab sich kein besonderer Einfluss dieser langen Leitung auf den Hergang der Zündung. Eine Ladung des Leidner Glases, erhalten durch drei Umdrehungen der Scheiben, genügte, um jede Patrone zu sprengen, gerade so als ob eine ganz

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

kurze Leitung angewendet worden wäre. Der Charakter der entstehenden Funken ist wohl etwas geändert, sie sind compact, glänzend und knallend bei kurzer Schliessung, hingegen sprühend und matter in dem beschriebenen Falle und von jenem klatschendem Geräusche begleitet, welches bei Unterbrechungen inducirter Ströme gewöhnlich ist.

Es unterliegt kaum einem Zweifel, dass das Resultat gleich geblieben wäre, wenn man diesen vollkommen isolirenden Drath in eine gerade Richtung gelegt, und die Rückleitung des Stromes der Erde überlassen hätte. In der That war bei Benützung wohl isolirter Luftleitungen von 6000, 3032, 1200 und 1000 Klafter Länge (11·5, 5·7, 2·3, 1·9 Kilometer) die Zündung selbst bei Anwendung schwacher Maschinen niemals der geringsten Schwierigkeit unterworfen.

Die Erdleitung war hier wie in den meisten anderen Fällen aus Messingblechen von 2 Quadr. Fuss Oberfläche gebildet, welche etwa 3 Fuss tief in die Erde eingegraben und reichlich mit Wasser begossen wurden.

Zu Versuchen über gleichzeitige Zündung sind Flatterminen wegen ihrer leichten Herstellung sehr geeignet. Bei mehreren Gelegenheiten wurden deren 50, 30 und 20 zu einem Systeme verbunden und gleichzeitig gesprengt. Es wurde eine Luftleitung benützt, welche in einerlei Richtung durch sämmtliche Patronen, der 2 Klafter von einander entfernten Minen, bis zur Erdplatte fortlief. Die Distanz der Maschine von der nächsten Mine betrug in den beiden ersten Fällen 30, in dem letzten 140 Klafter. Auf ganz ähnliche Art wurden 36 Ladungen gleichzeitig in einem Arme der Donau gezündet, welche 6 Fuss unter Wasser versenkt und 20 Stunden vor Ausführung des Versuches eingesetzt waren. Die Luftleitung hatte eine Länge von 500 Klaftern, und lief an gefirnissten Patronenstäben zu den Ladungen hinab. Zweimal trat bei diesen Versuchen und zwar in den Monaten September und December der Fall ein, dass die Maschine durch mehrere Stunden dem heftigsten Regen ausgesetzt blieb.

Obwohl wichtig für den Kriegsgebrauch treten die Vortheile gleichzeitiger Zündung dort besonders hervor, wo Material-Gewinn beabsichtiget wird. In den ausgedehnten Marmor-Brüchen nächst Wiener-Neustadt löst man mit Leichtigkeit die grössten Blöcke und Wände durch die zusammengreifende Wirkung gleichzeitig spielender Bohrschüsse, sie erhalten, um sie an den zweckmässigsten Stellen

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

angreifen zu lassen, oft eine Tiefe von 36 Fuss. Die stabilen Luftleitungen haben Längen von 380, 135 und 120 Klafter und werden nach Bedarf zu den verschiedenen Objecten verzweigt; bei den Patronen wendet man Stäbe und Hülsen aus Holz an. Die Zündung erfolgt während der Raststunde auf ein Hornsignal. Die Ausweise ergeben einen Pulveraufwand von 1·66 Pfund für die Cubik-Klafter festen Mamors, im geschlichteten Zustande gemessen.

Bei den Sprengungen der Donau-Untiefen nächst Grein beträgt die durchschnittliche Länge der Leitung 170 Klafter. Man sprengt in Gruppen von 10 bis 40 unter sich verbundenen Ladungen. Nach einem vorliegenden Ausweise wurde durch 559 Bohrschüsse mit einem Aufwande von 28 Ctr. Sprengpulver 869 Cubik-Klafter hohler Raum im Felsen erzeugt. Dies würde, wenn Material-Gewinn der Zweck der Arbeit wäre, etwa 1500 Cubik-Klafter Bruchsteine, d. i. circa 54 Cubik-Klafter pr. Centner Sprengpulver ergeben, was einem Pulveraufwande von 1·85 Pfund pr. Cubik-Klafter entspricht. An beiden Orten ist nach einem mehr als zweijährigen Betriebe noch kein Arbeiter durch eine Sprengung beschädigt worden.

Bei Angriffsminen und grossen Demolirungs-Arbeiten kömmt nicht selten die Nothwendigkeit vor Pulvermassen von besonderer Grösse (50 Centner und mehr) in Thätigkeit zu setzen. Der Vortheil, welchen die Möglichkeit gewährt solche gewaltige Massen an mehreren Stellen gleichzeitig entzünden zu können, liegt hier auf der Hand, denn es ist eine bekannte Thatsache, dass bei diesen Gelegenheiten ein beträchtliches Pulverquantum früher emporgeschleudert wird, als die von nur einem Orte ausgehende Zündung es zu ergreifen vermag; erst in der Luft gelangt es zur Verbrennung und geht so der Wirkung verloren. Augenfällig trat der Einfluss vermehrter Zündpunkte bei einer mit 30 Centnern geladenen Mine hervor. Die Zündung wurde durch drei längs einer Diagonale des Pulverkastens eingesetzten Patronen bewirkt, sie veranlasste eine plötzliche ungewöhnlich heftige Explosion, welche die Decke der Mine schon zertrümmert und ihre Bruchstücke zu einer nicht vermutheten Höhe emporgeschleudert hatte, bevor noch die beabsichtigte unterirdische Wirkung zu Stande gekommen war. Es ist klar, dass man den gleichen Effect mit geringeren Mitteln wird erreichen können.

Von Versuchen Zündungen auf grössere Strecken unter Wasser fortzuleiten, lassen sich zwei hervorheben, bei welchen die Länge

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

des in gerader Richtung eingetauchten Guttapercha-Drathes einmal 400, das andere Mal 250 Klafter betrug. Es konnte bei diesen Gelegenheiten und ebenso bei Benützung längerer in feuchtes Erdreich gelegter Guttapercha-Adern eine leicht vorherzusehende Erscheinung beobachtet werden. Während nämlich bei Anwendung einer Luftleitung von ähnlicher Länge äusserst schwache Ladungen genügen, sind sie unter solchen Verhältnissen ohne Erfolg, nur mit kräftigen Ladungen gelingt die Zündung ohne Anstand. Es ist keine neue Bemerkung, dass ein Guttapercha-Drath unter diesen Umständen zu einer Leydner Flasche wird [1]), deren Belegungen (Wasserhülle und Drathoberfläche) eine bedeutende Grösse besitzen; sie übersteigt beispielweise 17 Quadr. Fuss, wenn die Länge 400 Klafter und der Durchmesser des umpressten Drathes $^1/_3$ Linie ist.

Wird nun ein solcher Drath mit dem Lufthaken der Maschine verbunden, während sein anderes Ende durch die eingeschaltete Patrone mit einer im Wasser oder der Erde liegenden Platte zusammenhängt, so stellt er vollkommen eine Lane'sche Flasche vor, welcher durch das Leydner Glas der Maschine eine Ladung beigebracht werden muss — gross genug, um eine durch die Patrone gehende Selbstentladung zu bewirken. Dies ist nur dann zu leisten möglich, wenn die disponible Elektricitäts-Menge hinreichend gross ist, und gab die Veranlassung die zuerst beschriebenen Maschinen besonders kräftig zu bauen. Würden stets nur Luftleitungen angewendet, so könnten Maschinen von der zweiten Form in allen Fällen genügen. Es ist übrigens klar, dass diese Erscheinung bei grösserer Dicke der Guttapercha-Hülle abnehmen muss; Rücksichten auf Kosten und Beweglichkeit des Drathes erlauben jedoch nicht hier bestimmte Grenzen zu überschreiten.

Noch ist eines Umstandes zu gedenken, welcher dann alle Beachtung verdient, wenn von einem Orte aus mehrere vorbereitete Objecte der Reihe nach gezündet werden sollen. Ohne Vorsichtsmassregel könnte man sonst leicht auch an solchen Stellen Zündungen erhalten, wo man sie nicht beabsichtiget, und ausser dem Verlust des Zündobjectes, oft noch grösseren Schaden zu beklagen haben.

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. 79, pag. 498 und Bd. 92, pag. 156.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Wichtigkeit dieses Gegenstandes mag eine etwas ausführlichere Beschreibung der Vorkommnisse entschuldigen, welche zuerst darauf aufmerksam gemacht haben.

Eine 1200 Klafter lange Luftleitung verband auf der Simmeringer Haide nächst Wien (Fig. 21, Taf. V) die Maschine *M* mit einem Wechselpunkte *W*. Drei Guttapercha-Dräthe waren um neben geschlagene Pflöcke gewunden und führten zu den Patronen dreier geladenen Minen 1, 2 und 3. Sie waren in einem Abstande von 6 Klaftern angelegt und jede stand mit einer Erdplatte in Verbindung. Man wollte die drei Minen der Reihe nach zünden, was durch aufeinanderfolgendes Verknüpfen der drei Guttapercha-Leitungen mit dem Wechselpunkte leicht erreichbar schien. Dennoch explodirte Nr. 2 gleichzeitig mit Nr. 1, obgleich diese Mine in keiner metallischen Verbindung mit der Leitung stand, und das blanke Drathende ihres Guttapercha-Drathes frei in die Luft ragte.

Ein ähnlicher Fall ereignete sich noch einmal während derselben Versuchsreihe. Die Absicht war zu zeigen, wie leicht es sei die Vertheidigungsfähigkeit einer Feldschanze zu erhöhen. Es waren zu diesem Zwecke in ihrem unbestrichenen Raume fünf Gruppen Steinfougassen und eine Reihe von 20 Flatterminen (Fig. 22) zur Zündung vorbereitet. Jedes Zündobject hatte seine besondere Erdleitung *e*, und konnte durch frei auf dem Boden liegende bei dem Wechsel *W* zusammenlaufende Guttapercha-Dräthe nach Belieben mit der Maschine in Verbindung gesetzt werden. Die 20 Flatterminen nun explodirten zuerst und gleichzeitig, ganz so wie es beabsichtiget wurde, doch mit ihnen zugleich auch die Steinfougasse *a* der 1. Gruppe. Es gelang diese Nebenwirkung bei den folgenden fünf Zündungen durch Anwendung schwacher Ladungen zu vermeiden, während man bei der ersten, welche mehr zu fordern schien, die ganze Kraft der Maschine gebraucht hatte.

Man war der Meinung diese Erscheinung einer Inductions-Wirkung zuschreiben zu sollen, ausgeübt von dem zur Entladung benützten Drath, auf das ihm parallel laufende Stück seines Nachbars, und hoffte bei einem spätern Versuche in Bruck durch eine vorsichtigere Anlage der Leitungen vor ihrem Wiedereintritte gesichert zu sein. Ein Blick auf die Anordnung, welche Fig. 23 darstellt, zeigt, dass von einer ähnlichen Inductions-Wirkung hier nicht die Rede sein konnte. Die mit gelber Farbe angedeutete Luftleitung diente mit

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Hilfe der Wechsel W_1 und W_2 zur Zündung der Objecte I, II und III, welche mittelst der Maschine M_1 der Reihe nach vorgenommen werden sollte, die Maschine M_2 war bestimmt, mit Hilfe von in das Wasser gelegten Guttapercha-Dräthen auf die Objecte IV bis VII zu wirken. Dennoch entzündete sich Nr. VII gleichzeitig mit Nr. II, während alle anderen Zündungen regelmässig in der von den Numern angegebenen Reihenfolge vor sich gingen.

Offenbar war es die Erdplatte (Wasserplatte) eines Zündobjectes, welche dem bei einer anderen Erdplatte austretenden Strome die Gelegenheit zu einer neuen Zündwirkung darbot. Um diese Ansicht zu prüfen und gleichzeitig die Möglichkeit einer Inductions-Wirkung zu untersuchen, wurde ein specieller Versuch unternommen.

Zwei von ihren Spuhlen entwickelte Guttapercha-Dräthe A und B (Fig. 24) waren in einer Länge von 100 Klaftern parallel neben einander gelegt und durch Bänder in dieser Lage erhalten. Durch den Drath A konnte die Maschine M entladen und die Patrone p_1 gesprengt werden. So lange der Drath B in keiner Verbindung mit einer Erdplatte stand, übertrug sich diese Zündung niemals auf die mit ihm verknüpfte Patrone p_2; eine beachtenswerthe Inductions-Wirkung war sonach nicht vorhanden. — Hierauf wurde die Verbindung der Patrone p_2 mit der Erdplatte e_2 hergestellt, während das andere Ende des Drathes B wie früher frei in die Luft ragte. Die Zündung von p_2 erfolgte nun jedesmal, wenn die Ladung der Maschine eine starke, und — wie im vorliegenden Falle, die zwischen beiden Platten eingeschaltete Erdschichte vollständig durchnässt war, selbst dann noch als die Entfernung dieser Platten (e_1 und e_2) bis auf 40 Klafter vergrössert wurde. Hingegen trat keine Wirkung ein, bei Anwendung einer schwachen obwohl zur Zündung von p_1 genügenden Ladung, auch dann noch nicht als die beiden Erdplatten bis auf 1 Fuss Abstand einander genähert oder die Platten in völlig trockenes Erdreich eingesetzt wurden. Die starke Ladung wurde durch 25, die schwache durch 5 Umdrehungen der Scheiben erhalten; die Maschine war in voller Wirksamkeit. Der Versuch ergab bei verschiedenen ähnlichen Anordnungen stets ein gleiches Resultat, die beiden Bedingungen: eine kräftige Ladung der Maschine und eine gut leitende Schichte zwischen den Erdplatten üben allein einen Einfluss auf seinen Verlauf.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Es lässt sich dieses Ergebniss in den Satz zusammenfassen: dass ein Entladungsschlag das Vermögen besitzt, in einer Bahn, welche mit seiner eigenen leitend zusammenhängt, eine bis zu einer Funkenbildung gehende Elektricitäts-Bewegung zu veranlassen, wenn auch diese Bahn keinen in sich zurückkehrenden Bogen bildet.

Die Fig. 25 zeigt eine Anordnung, durch welche der Versuch auf seine einfachsten Bedingungen zurückgeführt wird. Der auf einem Isolir-Tisch stehende Conductor *C* ist durch einen Drath, welcher in dem Glasröhrchen *g* zwei durch einen kleinen Zwischenraum getrennte zugespitzte Enden bildet, mit einem Arm des Ausladers *A* verbunden. So oft man die Leydner Flasche mit dessen andern Arme entladet, kann in *g* ein Funke beobachtet werden, welcher jede an die Stelle von *g* gesetzte Patrone entzündet. Es sind dies offenbar Erscheinungen elektrischer Vertheilung, deren Einfluss in den früher erwähnten Fällen desshalb übersehen wurde, weil man nicht glaubte, den relativ geringen von der Maschine gelieferten und in den Erdboden oder das Wasser sich verbreitenden elektrischen Quantitäten, eine noch beachtenswerthe Wirkung auf solch entfernte Leiter zuschreiben zu sollen.

Die Irrigkeit dieser Meinung ist nunmehr durch die Erfahrung nachgewiesen, und eine grosse Vorsicht in der Anlage der Erdleitungen, so wie eine richtige Beurtheilung aller Verhältnisse dann besonders zu empfehlen, wenn man gewiss sein will, dass von benachbarten, in gut leitenden Medien gelegten Zündobjecten, jedes im rechten Augenblicke mit Sicherheit spiele. Es ist klar, dass die Vermeidung der Erdplatte, somit ein directes Zurückführen der Leitung bis zur Maschine, solche Nebenwirkungen vollständig beseitigt. Es können vorläufige Versuche entscheiden, und sie lassen sich leicht bei der Anlage der Leitungen mit einigen Patronen vornehmen, ob durch dieses Mittel, oder durch eine gehörige Entfernung der Erdplatten, oder endlich durch Benützung einer schwachen Ladung der Maschine die nöthige Sicherheit unter den vorkommenden Verhältnissen zu erreichen sei. Beiläufig mag bemerkt werden, dass diese Erscheinung ein Mittel darbietet, feindliche, nach einem ähnlichen Principe geladene Minen zu beseitigen. Ist man in hinreichend genauer Kenntniss ihrer Lagerung, so kann eine mit Raschheit hingeführte, mit einer Erdplatte versehene Leitung bei gehöriger Beschaffenheit

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

des Erdreichs die Möglichkeit gewähren, sie zu einer Zeit in die Luft zu sprengen, wo es der Feind am wenigsten vermuthet.

Nicht minder beachtenswerth ist der Einfluss atmosphärischer Elektricität. Störend oft bei telegraphischen Linien kann er gefährlich werden bei vorbereiteten, insbesondere mit langen Luftleitungen verbundenen Zündobjecten. Die bisherigen Versuche haben noch keine Gelegenheit gegeben, diesen Einfluss wahrzunehmen, dennoch erheischt die Vorsicht, dort wo es angeht, die Verbindung des Zündobjectes mit der Leitung erst unmittelbar vor der Sprengung herzustellen, und bei langen Leitungen, den unterirdisch liegenden, den Vorzug einzuräumen.

Auf keinem Felde menschlicher Thätigkeit lassen sich Vortheile erringen, ohne dass man genöthiget wäre Nachtheile mit in den Kauf zu nehmen; die sich ergebende Differenz allein kann über den Werth einer Sache entscheiden. Ob sie bei vorliegendem Gegenstande schon in dessen Entstehungsmomente einen positiven Charakter zeige, oder einen solchen mit dessen fernerer Entwicklung erreichen dürfte, kann allein auf dem Wege der Erfahrung entschieden werden.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 1.

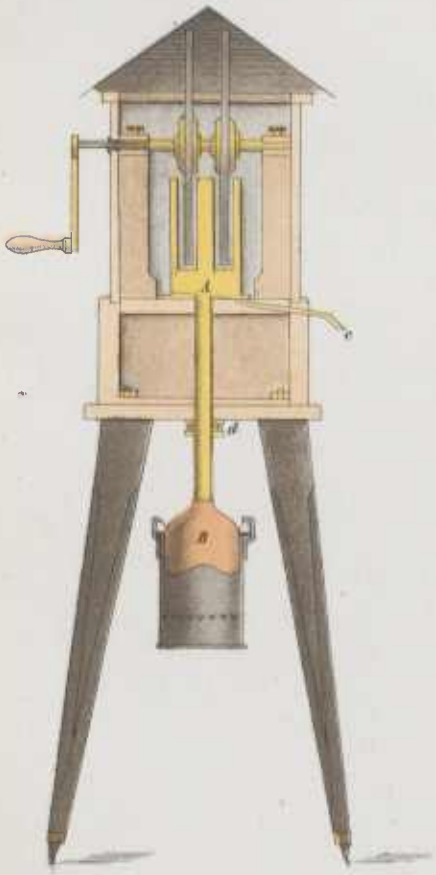


Fig. 2.

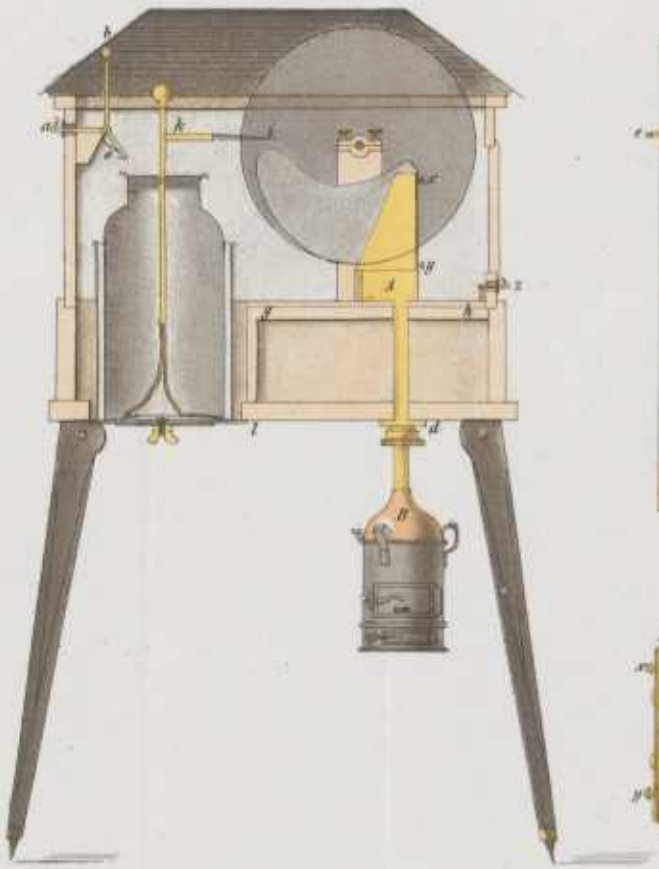


Fig. 3.

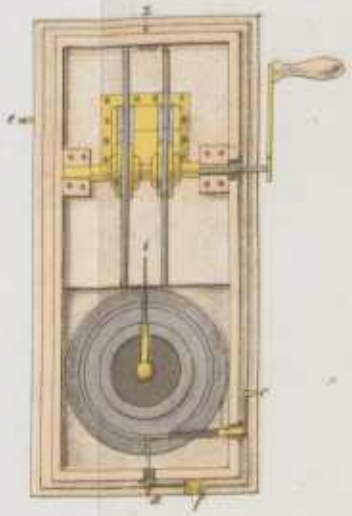


Fig. 4.

Fig. 1, 2 u. 3 sind in $\frac{1}{10}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig 5.

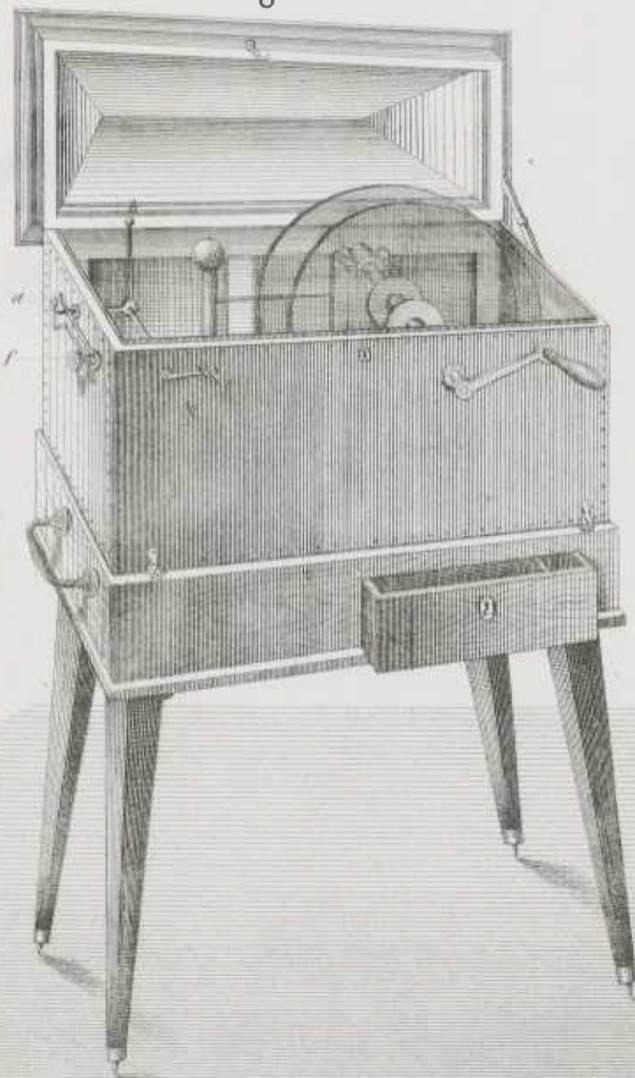


Fig 6.

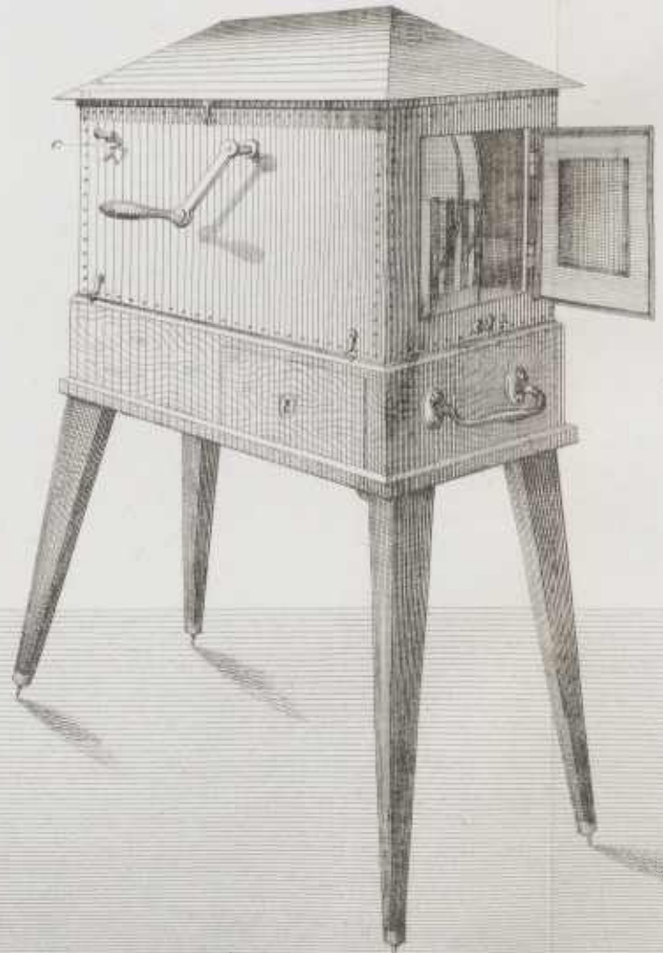
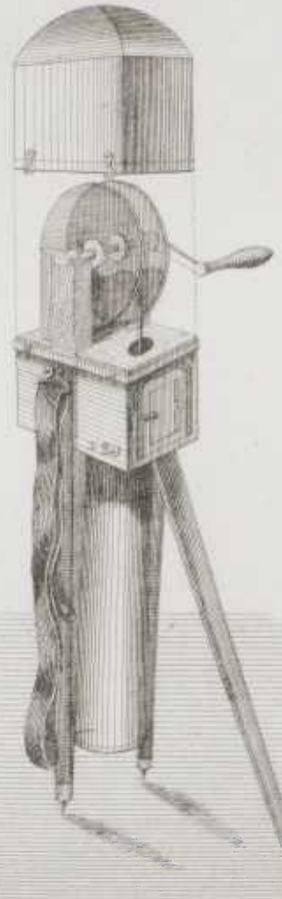
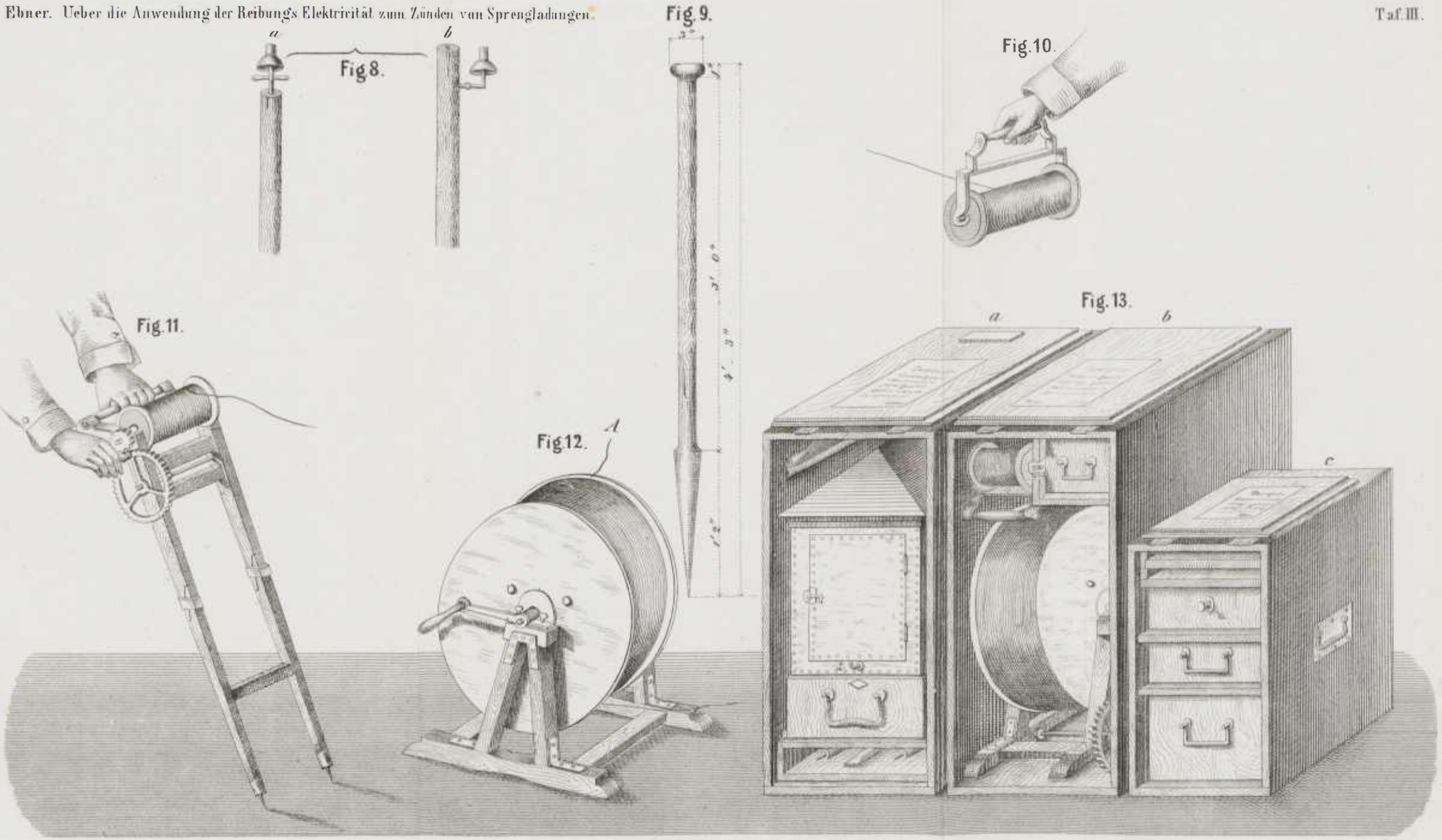


Fig. 7.



Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 15.

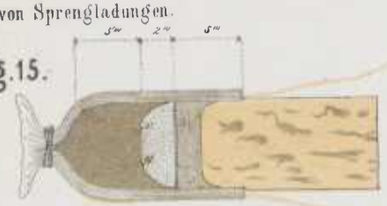


Fig 14.

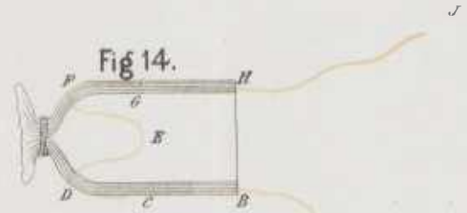


Fig. 16.

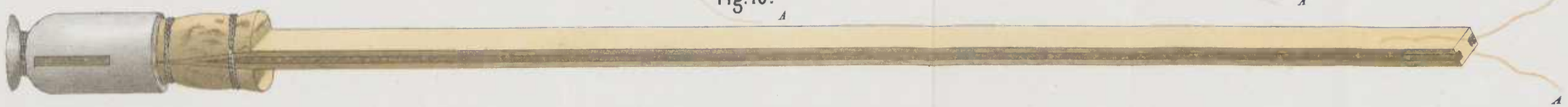


Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20.

Sämmtliche Figuren sind in natürlicher Größe gezeichnet.

Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 21. THEIL DER SIMMERINGER HAIDE.

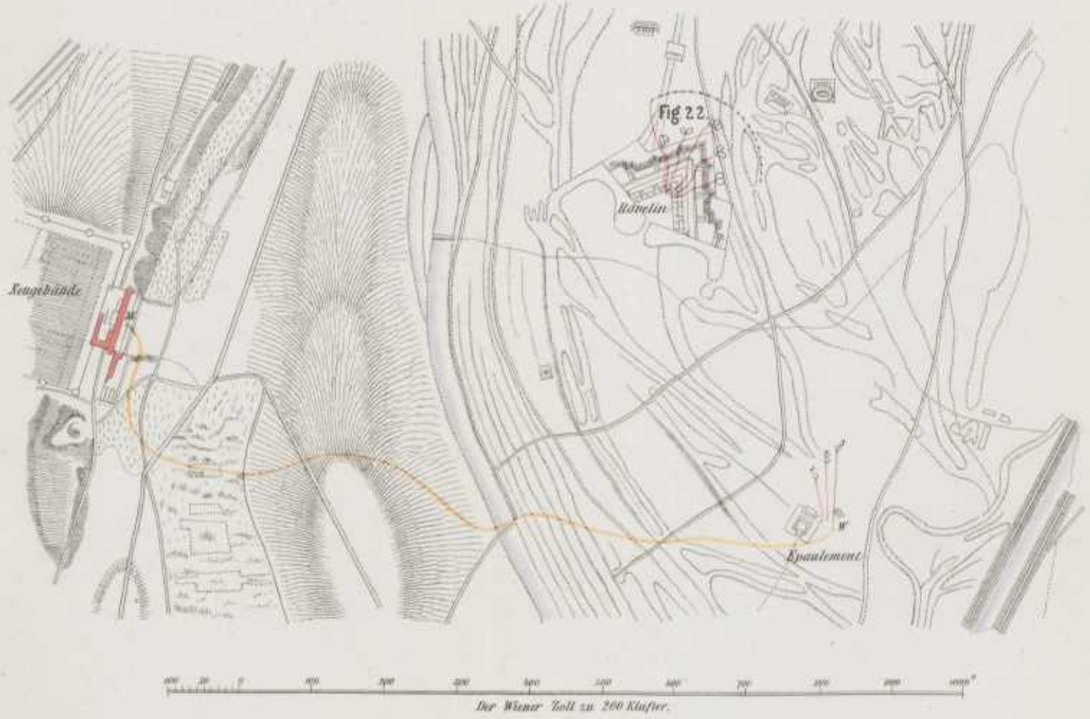


Fig 23. THAYA FLUSS NÆCHST BRUCK.

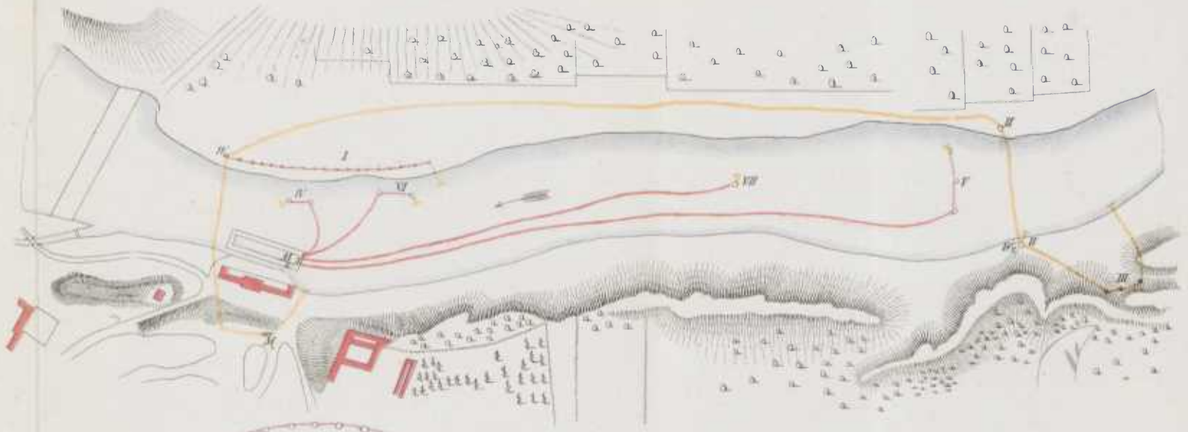


Fig 22.

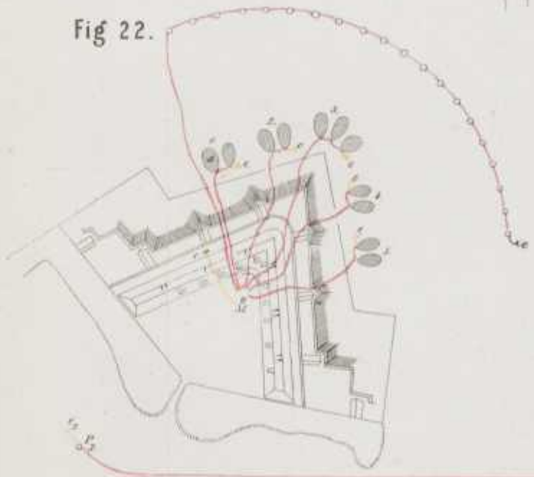


Fig 25.

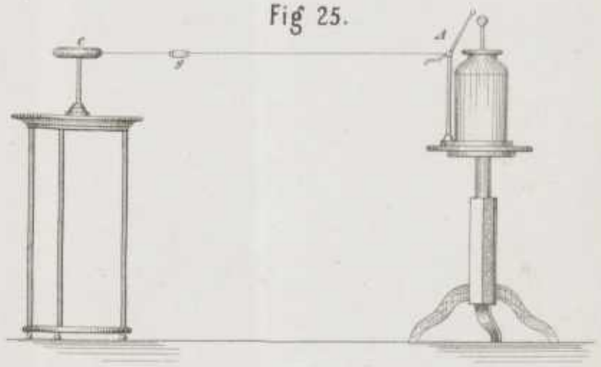
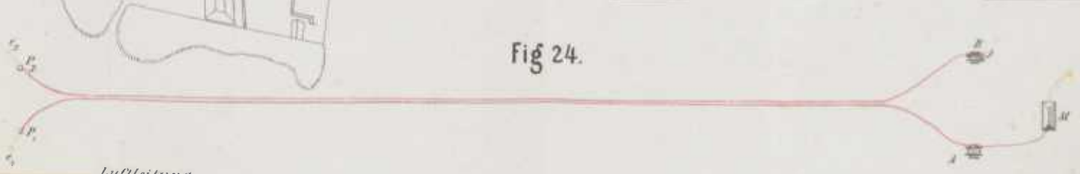


Fig 24.



Luftleitung
Gutta percha Leitung.

Aus d. k. k. Hof u. Staatsdruckerei

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1856

Band/Volume: 21

Autor(en)/Author(s): Ebner Freiherr v.

Artikel/Article: Über die Anwendung der Reibungs-Elektricität zum Zünden von Sprengladungen. 85-111