
ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1806, DRITTES STÜCK.

I.

VERSUCHE

*über die verbesserte Methode des Herrn
Jeffop, mit Pulver zu sprengen;
angestellt in den Alpen, um die Anwendbar-
keit dieser Methode zu prüfen, und die
Theorie derselben zu ergründen.*

Bearbeitet

vom

HERAUSGEBER.

1. *Versuche des Prof. M. A. Pictet in Genf. *)*

— — Ich wurde von Herr Barante, Präfecten des Lemay-Departements, eingeladen, ihn zu begleiten, als er zum zweiten Mahle die Arbeiten befahl, welche man zur Eröffnung einer Heerstrasse von Genf, längs des südlichen Ufers des Sees, nach dem Simplon, am Fusse der berühmten Felsen von

(*) Zusammen gezogen aus der *Biblioth. britann. scienc. et arts*, Vol. 29, Mai 1805, p. 74. d. H.

Annal. d. Physik. B. 22. St. 3. J. 1806. St. 3.

Meillerie unternommen hatte, damit ich Gelegenheit haben möchte, das neue Verfahren des Herrn Jeffop, mit Pulver zu sprengen, welches ihn lebhaft interessirte, selbst zu prüfen. *) — — Es kostet mir einige Ueberwindung, nichts von der Schönheit dieser neuen Strasse zu sagen, welche in kurzem eine der grössten Sehenswürdigkeiten für Reisende seyn, und Genf zum Mittelpunkte aller Verbindungsstrassen zwischen Frankreich und Italien machen wird. Wir durcheilten zuerst die ganze Strasse, und sahen mit wäherem Vergnügen, daß die Hauptschwierigkeiten schon überwunden waren, und daß die Strasse schon zu Ende dieser Campagne für Wagen fahrbar seyn wird. Es war im Hinfahren einem der verständigsten Arbeiter aufgegeben worden, in einen der härtesten und dicksten Blöcke am Wege ein Bohrloch einzumeißeln, damit wir bei der Rückkehr einen recht entscheidenden Versuch möchten anstellen können. Die Gebirgsart fast aller dieser Felsen ist ein schwärzlicher Kalkstein von körnigem Brüche; und mit einigen Adern weissen Kalkspaths durchzogen.

Wir fanden auf dem Rückwege das Bohrloch fertig, und ließen von dem Arbeiter selbst es mit der gewöhnlichen Ladung Pulver füllen. Da wir

*) Herr Pictet hatte kurz zuvor in der *Bibl. brit.* den Brief des Hrn. Jeffop an Nicholson mitgetheilt, womit das vorige Stück der *Annalen* anfängt.
d. H.

gerade keinen Strohhalbm hatten; halfen wir uns mit einem mit Pulver imprägnirten Papierstreifen, welcher den Arbeitern als Lunte dient. Wir wanden diesen spiralförmig zu einem Cylinder von der Weite eines Federkiels zusammen, setzten ihn mitten aufs Pulver, ließen dann das Loch voll losen Sandes schütten; wobei der Arbeiter lächelte, und darauf an das obere Ende der Zündröhre Schwamm binden, und diesen am andern Ende anstecken, wobei man Zeit genug behält, sich zurück zu ziehen.

Die Explosion erfolgte auf die genügendste Art. Das Erstaunen der Arbeiter läßt sich nicht beschreiben. Einer rief in seinem piemontesischen Patois aus: Das ist also möglich! und ich alter Steinbrecher wußte nichts davon? Sie sahen sogleich den großen Vortheil ein, den die Sache für sie haben könne.

Wir, und sie nicht minder, wünschten, den Versuch nochmahls unter andern Umständen wiederholen zu können. Zufällig fand sich nicht weit davon ein altes Bohrloch, welches nahe am Boden fast horizontal in den abzulprengenden Felsen getrieben war. Man hatte es nicht geladen, weil es eine schlechte Richtung hatte; und es war Wasser darin. Wir ließen es reinigen und unter unsern Augen laden; den Sand hinein zu bringen, war hier so leicht nicht, doch gelang es uns endlich. *) Der Schuß

*) In den Bergwerken in England; wo diese Methode, zu sprengen, eingeführt ist, bedient man sich in diesem Falle einer Ladung und Sand darüber in einer Patrone Vergl. S. 120:

d. H.

fprenge das untere Stück des Felfens ab, und nun war die Ueberzeugung vollständig.

Herr Baduel, unter deffen befonderer Auf-
ficht die Arbeiten zu Meillerie ftehn, verfprach uns,
diefe Verfuche unter mannigfaltigen Abänderungen
fortfetzen zu laffen, um, wo möglich, die Theorie
diefer auffallenden Wirkung aufzuklären; und fie
fo wohl mit weniger Sand, als auch mit andern
leichtern pulverulenten Materien anftellen zu laffen,
z. B. mit Kleie, die in fich nachgiebt, und mit Waf-
fer oder noch leichtern Flüssigkeiten, die diefes
nicht vermögen. Es wird fich dann zeigen, ob nicht,
(wie ich vermuthe,) die grofse Gefchwindigkeit,
mit welcher die Luft im Augenblicke der Explofion
von der Maffe, die heraus geworfen werden foll,
gefhlagen wird, den grofsen Widerftand erzeugt,
welcher auf die Wände des Bohrlochs reagirt und
die Felfen zerfprengt. *)

Hier inzwifchen die Refultate einiger Verfuche
diefer Art, die ich angeftellt habe. Es ift mir völ-
lig geglückt, mit Hülfe des Sandes einen Kloben fehr

*) Dafs ein grofser Theil der Wirkung auf dem Wi-
derftande der Luft, als elastifcher Flüssigkeit, beruht,
(worüber weiterhin mehreres folgt,) das fcheint
mir gegründet zu feyn. Doch kann das fchwer-
lich die einzige Urfache feyn, worauf der Erfolg
beruht; fonft müßte eine gezogene Flinte von der
mit Gewalt hinein getriebenen Kugel fo gut als vom
Sande fpringen. Auch die beiden im vorigen Heft-
te S. 116 angegebenen Gründe haben unftreitig Ein-

gefunden Holzes, einen sehr festen Granitblock, und ein eben so festes quarzartiges Geschiebe zu sprengen. Letzteres riss in zwei fast gleiche Theile; die Trennungsfläche betrug 447 Quadratzoll, das Bohrloch war nur 7 Zoll tief und mit nicht mehr als 4 Loth Pulver geladen.

Umsonst versuchte ich es zwei Mal mit einer Pulverladung, die mit einer Lage Seife bedeckt, und dann mit Wasser übergossen war; immer drang das Wasser bis zum Pulver herab, bevor der Schuss losging. *) — Aber mit Kleie gelang der Versuch sehr gut; ein Granitblock zersprang dabei in 8 oder 10 Stücke. Wir fanden, daß so wohl vom Sande als von der Kleie nach der Explosion ein Theil der Masse an den Wänden des Bohrlochs saß, und daß diese vom Pulver nicht geschwärzt waren. Dieses scheint uns zu beweisen, daß das Holz oder die Steine eher reißen, bevor die pulverulente Masse, womit das Pulver bedeckt ist, heraus getrieben wird.

Aufs auf die Wirkung, wofür auch die Erfahrungen der Jäger sprechen, die ich dort angeführt habe. [Der Leser beliebe dort Z. 11 von unten statt: mit Hirse, nach der Behauptung einiger, zu lesen: mit $\frac{1}{16}$ des Samens von *Sisymbrium Sophia*, nach Kops *Flora Batava*.] d. H.

*) Eine dünne Schicht Quecksilber statt der Seife würde wahrscheinlich das Pulver trocken erhalten haben. d. H.

2. *Schreiben des Ingenieurs Baduel, Aufsehers
der Arbeiten an der Strasse von Meillerie,
an den Prof. Pictet.*

Evian den 24sten Junius 1806. *)

Auf Ihrer Fahrt nach Meillerie und St. Gingolph haben Sie nach dem neuen Verfahren einen einzeln stehenden Block mit senkrechtem Bohrloche, und ein massives Felsenstück, in welches das Bohrloch schief eingesetzt war, absprengeu sehen. Eine bedeutende Zahl von Minen, die nach allen Richtungen in einzeln stehende Blöcke eingetrieben waren, sind nicht minder geglückt, und sie würden nicht besser haben wirken können, wären auch die Schüsse mit der grössten Sorgfalt eingestampft worden.

Um die geringste Menge von Sand mit Genauigkeit zu finden, bei welcher der Block abgerissen wird, müßte man den Widerstand des Blocks im voraus wissen, und darnach die Pulverladung einrichten können. Da dieser Widerstand aber nur auf eine sehr unvollkommene Art sich schätzen läßt, so haben die Steinsprenger ein für alle Mal zur Regel angenommen, daß sie das Loch bis auf ein Drittel der Länge mit Pulver füllen. Ich maß diese Tiefe selbst ab, und fand nach mehrern Versuchen, daß es für einen mittlern Block hinlänglich ist, *zwei Drittheil* so hoch Sand als Pulver zu nehmen.

Ich bin mit Ihnen überzeugt, daß Sandkörner nur in so fern die Stelle des Pfropfs beim Sprengen

*) Zusammen gezogen aus der *Bibl. britann.*, Vol. 29, p. 271. d. H.

versehen können, als die Luft ihnen, wegen ihrer grossen Oberfläche bei einer nur geringen Masse, einen ausnehmend grossen Widerstand leistet. Um dieses zu bewähren, nahm ich statt des Sandes andere Materien, die bei einer fast gleichen Oberfläche noch weit weniger Masse haben. *Kleie, Sägespäne, Asche*, brachten alle dieselbe Wirkung hervor. Es verhält sich hier wie mit einem Steine, der, so lange er eine einzige Masse ist, sich durch die Luft bis auf grosse Entfernungen schleudern läßt, während ihn, wenn er zu Staub zermalmt ist, der Widerstand der Luft auch nur zwei Schritt weit zu fliegen verhindert.

Ich wollte nun auch diese Versuche, nachdem ich sie an einzeln stehenden Blöcken angestellt hatte, an grossen Felsen wiederholen. Es thut mir leid, Ihnen melden zu müssen, daß sehr viel daran fehlt; daß die Resultate hier eben so genügend als bei isolirten Blöcken ausgefallen wären. Minen in ganzen Felsenmassen gebohrt, sind bestimmt, einen sehr grossen Widerstand zu überwältigen; ist dieser Widerstand grösser als der, den die Luft den Sandkörnchen leistet, so wird der Sand heraus gejagt und der Schuss hat auf den Felsen keine Wirkung; das ist mir mehrmahls begegnet. *) Nicht selten,

*) Schade, daß Herr Baduel nicht bemerkt, ob, wenn eine Ladung mit Sand heraus geblasen wurde, dieselbe Ladung, nachdem sie eingestampft worden, die Festigkeit des Felsens überwunden habe. Nach dem S. 119 erzählten Beispiele zu ur-

wenn die Felsmasse für die Tiefe des Bohrlochs zu fest ist, hilft man sich damit, daß man die Ladung vergrößert, und $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ des Lochs mit Pulver füllt. In diesem Falle würde zu wenig Platz für den Sand über dem Pulver bleiben, und man muß daher zum Einstampfen sich entschließen. *)

Aus meinen Versuchen können Sie das Resultat ziehen, daß die neue Methode, mit Hülfe des Sandes zu sprengen, bei einzeln stehenden Blöcken vollkommen ausreicht; daß sie beim Sprengen in vollen Felsmassen aber nur dann anwendbar ist, wenn die Bohrlöcher so angebracht werden, daß eine Pulverladung, welche nur ein Drittel des Bohrlochs füllt, ausreicht, die Steinmasse abzusprengen; **) ich glaube aber, daß diese Art, die Minen anzubringen, nicht vortheilhaft für die Arbeiter seyn würde.

theilen, möchte ich daran zweifeln, und glauben, daß man dann die Pulverladung verstärkt habe. Dann würde aber daraus nichts gegen die neue Methode folgen. *d. H.*

*) Könnte man indeß dann das Bohrloch nicht etwas tiefer eintreiben und doch mit Sand schießen? sollte selbst in diesen Fällen das Einstampfen viel wirksamer seyn, als eine Bedeckung mit Sand? Kaum sollte man das, nach dem, was weiterhin darüber bemerkt wird, glauben. *d. H.*

**) Diese Einschränkung bedurfte eines gründlicheren Beweises; — und wird gleich durch den folgenden Brief, wie es mir scheint, vollständig widerlegt. *d. H.*

3. *Schreiben des Prof. A. P. De Candolle an
den Prof. Pictet.*

Champagne bei Iverdun den 19ten Oct. 1805. *)

Auf einer kleinen Reise, welche ich mit unserm gemeinschaftlichen Freunde, Herrn Biot, angestellt habe, kamen wir über den Mont Cenis. Einige hundert Arbeiter waren hier in voller Thätigkeit, um die neue Heerstrasse über diesen bisher von Reisenden so gefürchteten Berg zu vollenden, und schon war sie so weit vollendet, dass Wagen hinüber kommen konnten, ohne aus einander genommen zu werden. Als wir von allen Seiten das Krachen von gesprengten Felsen hörten, das mit einem donnerähnlichen Wiederhall begleitet war, und als wir besonders von den vielen Unglücksfällen unterrichtet wurden, die sich dabei ereignet haben, fiel uns die artige Methode, zu sprengen, ein, welche Sie bekannt gemacht haben, und wir wünschten, Ihre Versuche hier zu wiederholen. Herr Derrien, Ingenieur dieser Heerstrasse, dem wir unsern Wunsch mittheilten, als wir im Hospitium angekommen waren, übernahm sogleich die grosse Wichtigkeit dieser Neuerung, und gab auf der Stelle Befehle, dass zum morgenden Tage eine Menge von Bohrlöchern zu vergleichenden Versuchen nach der alten und nach der neuen Sprengmethode eingemeisselt würden.

Ein Gedächtnisfehler war Schuld, dass wir zu den ersten Versuchen mit Sand nur die Hälfte der

*) *Bibl. britannique*, Vol. 30, p. 188. a. H.

gewöhnlichen Pulverladung von 4 Unzen nahmen. Dieser Irrthum war von Nutzen; denn wir fanden, daß die Minen mit halber Ladung, welche mit Sand bedeckt waren, den vollen Effect derer mit ganzer Ladung, diese mochten eingestampft oder mit Sand bedeckt seyn, hervor brachten. Die Ursache liegt unstreitig darin, daß bei der Schnelligkeit der Explosion in den Minen alles Pulver eben so wenig als in den Kanonen entzündet wird.

Wir haben einige zwanzig Minen mit Sand springen lassen, und sie glückten alle vollkommen so gut als die eingestampften in demselben Felsen. Einige Steinsprenger versicherten uns selbst, daß dabei die Felsen in kleinere Stücke zerspringen, als beim Schiessen nach alter Art; ein Umstand, der, wenn er sich bestätigt, nicht unwichtig ist, da man dann seltener die Mühe haben würde, große abgezapfene Massen noch ein Mal zu zersprengen.

Unsre Versuche sind um so beweisender für die neue Methode, da sie in sehr harten Felsen, die ich für Glimmerschiefer halte, angestellt wurden; da man immer eine eingestampfte und eine mit Sand bedeckte Mine zur Vergleichung in demselben Felsen angebracht hatte; da die meisten mit Sand bedeckten nur eine halbe Ladung hatten; und da endlich alle nicht in isolirt stehenden Blöcken, (von denen man meint, ich weiß nicht warum, sie wären leichter zu sprengen,) sondern in ungeheuern Felsen angebracht waren, die ein Theil des Berges sind, und über dem Thale von St. Nicolas stehn.

Wir hatten zu Zeugen dieser Versuche außer Herrn Derrien und Herrn Bosquillon, Eleven des Brücken- und Wegebaues, noch zwei Reisefährten, einen Arzt aus Turin und eine große Menge von Arbeitern. Diese wollten, voll Unglaubens, sich anfangs nicht von der Mine entfernen, als Feuer daran gelegt wurde. Als sie die Wirkung sahen, begriffen sie sehr wohl die Wichtigkeit der Sache, und mehrere von ihnen begleiteten uns mit Segenswünschen, die wir nur in der Hoffnung, sie auf Sie überzutragen, annahmen.

Man hat uns versichert, daß die wenigsten Sprenger zwei Campagnen überlebten, ohne schwer verwundet oder getödtet zu werden, da es so leicht ist, daß beim Schlagen des Pfropfs aus Steinmetz, um den Schuß einzustampfen, ein Quarzkörnchen einen Funken giebt, der den Schuß entzündet. Diese Gefahr fällt bei der neuen Methode ganz weg. Nimmt man dazu den Gewinn an Zeit und der Hälfte des Pulvers, so begreift man, wie sehr wichtig eine dem Anscheine nach so einfache Erfindung ist.

Auf diese ersten Versuche sollten am folgenden Tage andere folgen, welche H. Biot erdacht hatte, theils um jene zu bestätigen, theils um die Theorie dieser wunderbaren Erscheinung zu berichtigen. Da ich genöthigt wurde, in der Nacht aufzubrechen, habe ich bei diesen Versuchen nicht gegenwärtig seyn können, und muß mich daher begnügen, Ihnen dieses nicht vollständige Detail mitzutheilen.

Ich kam über Neufchatel, und hier sagte mir Herr Dupasquier, er habe die neue Methode, zu sprengen, an den Kalkfelsen des Jura mit Erfolg versucht.

4. Schreiben an die Herausgeber der *Bibl. brit.*, von Bertrand, Professor emer. der Math. an der Akademi zu Genf.

Genf den 20ten Junius 1805. *)

Nachdem ich den Bericht gelesen hatte, welchen Herr Prof. Pictet in Ihrer Zeitschrift von den Versuchen giebt, die er zu Meillerie über die verbesserte Methode des Herrn Jessop, Felsen mit Pulver zu sprengen, angestellt hat, — warf ich mir die Frage auf, welches wohl der Grund sey, daß zwei bis drei Unzen Schießpulver nach der alten und nach der verbesserten Methode ein Felsstück zu zersprengen vermögen. Die Betrachtungen, worauf mich diese Frage führte, sind es, welche ich Ihnen hier mittheilen will. — —

— — Die alte Methode scheint, was den Effect betrifft, vor der neuen den Vorzug zu haben, daß das Einstampfen dem Sande eine Festigkeit giebt, die er durch sein Gewicht nicht erhalten kann,

*) Ins Kurze zusammen gezogen aus einem sehr weitläufigen Schreiben in der *Biblioth. britann.*, Vol. 29, p. 184 — 193. Alles, was der Leser schon weiß, oder was als allgemein bekannt voraus gesetzt werden darf, lasse ich hier fort. d. H.

wenn man sich damit begnügt, ihn in das Bohrloch zu schütten; eine Festigkeit, die ihn fähiger macht, der elastischen Flüssigkeit, welche sich aus dem entzündeten Schießpulver entbindet, einen größern Widerstand zu leisten. Es scheint daher, diese elastische Flüssigkeit müsse bei der alten Methode, zu sprengen, stärker comprimirt werden, und eine größere Kraft gegen den Felsen ausüben können, als bei der Methode des Herrn Jeffop.

Dieses Raïonnement, nach welchem alle, welche es mit dem Sprengen zu thun haben, zu urtheilen pflegen, ist zwar sehr scheinbar, es mangelt demselben aber an Solidität. Nicht von dem etwas größern oder kleinern Widerstande des Pfropfs oder des Sandes kann das Zersprengen des Felsens abhängen; denn dazu wären beide an sich gänzlich unzureichend. Auch der am besten eingestampfte Pfropf erreicht in seinen Theilen nie die Cohärenz, welche die Theile des Felsens haben; und welcher Vergleich findet zwischen der Felsenmasse von der einen, und einer Hand voll Sand von der andern Seite Statt! — —

— — Wie kann denn aber der Sand zum Zersprengen der Felsen mitwirken, wenn er dazu durch seine Festigkeit nichts beiträgt? Die drei Wirkungsmittel, welche gemeinschaftlich das Zerreißen des Felsens bewirken, sind: das Schießpulver, die Luft und der Sand. Durch ihr Gewicht kann indeß die Luft hierbei nur auf eine wenig bedeutende Art mitwirken, da dieses Gewicht nicht mehr beträgt, als

das einer Wasserfäule, welche den Durchschnitt des Bohrlochs zur Grundfläche und 32 Fuß zur Höhe hat. Diese Masse ist im Vergleich der Masse des Felsens ganz unbedeutend. Nicht durch ihr Gewicht wirkt also hierbei die Luft, wohl aber *durch ihre Elasticität*. Wie aber die Elasticität der Luft, das Schießpulver und der Sand zusammen wirken, daß der Felsen zersprengt werde, das denke ich mir folgender Maßen. —

Im Augenblicke, wenn das Pulver sich entzündet, weicht der Sand; sogleich aber stößt ihn die Luft wegen ihrer Elasticität zurück, so wie sie den Flügel des Vogels nach jedem Schlagen zurück stößt. Die comprimirte, aus dem Pulver entbundene elastische Flüssigkeit preßt nun ein zweites Mal gegen die Felsenmasse, dringt in die Poren derselben, und sprengt sie aus einander. Dieses ist der Grund, warum das Einstampfen die Wirksamkeit des Sandes nicht erhöhen kann; sie beruht nicht auf der Cohärenz des Sandes unter sich und mit den Felsen, sondern darauf, daß weder die innere noch die äußere elastische Flüssigkeit ihn zu durchdringen vermag, wenn sie gegen ihn schlägt. Der Sand wird durch den Druck der innern und die Reaction der äußern elastischen Flüssigkeit so stark als möglich in einander und in die kleinen Vertiefungen des Steins getrieben; man findet daher noch nach dem Sprengen die Wände des Bohrlochs damit incrustirt. Die Oscillation des Sandes im Bohrloche ist aber nur von einer sehr geringen Ausdehnung, vielleicht nur von

Fadendicke; daher entsteht kein freier Raum für den Pulverdampf, wo er die Wände schwärzen könnte. Das Adhäriren des Sandes, und das Nicht-Adhäriren des Rauchs an den Wänden des Bohrlochs, (S. 229,) sind daher mit meiner Erklärung des Hauptphänomens des Zersprengens der Felsmasse in völliger Uebereinstimmung; und sie ist wahrscheinlich die Erklärung, welche Herr Pictet geahndet hatte. *)

*) Diese scharfsinnige Erklärung beruht, wie man sieht, auf der Eigenschaft elastischer Flüssigkeiten, daß ein plötzlicher Druck in ihnen Pulsationen oder eine Art Undulation abwechselnder Verdichtung und Wiederverdünnung erzeugt; wie sich dergleichen bei der Fortpflanzung des Schalles durch die Luft, und bei den tönenden Schwingungen der Luft in Blase-Instrumenten zeigt. Wenn schneller angeblasen wird, wird der Ton der Pfeife höher, jede Undulation also von minderer Weite. Bei einem so mächtigen Impuls, als bei der Explosion des Schießpulvers in einem Laufe oder Bohrloche Statt finden muß, möchte die Undulation der Luft also wohl augenblicklich wieder zurück gehen, wie das Hrn. Bertrand's Erklärung voraus setzt. Bei einem unendlich großen Impuls würde die freie Luft, da, wo der Impuls geschieht, eben so stark comprimirt werden, als in einem eingeschlossenen Gefäße; hierauf gründete Biot seine sehr artige Vorstellung über die Natur des electrischen Funkens, *Annalen*, XX, 99. Die Luft würde dabei im ersten Augenblicke, wie es scheint, mit der ganzen Kraft, mit welcher sie angetrieben werden

Man hat gefragt, welches die kleinste Sandmenge sey, die sich noch wirksam zeigen möchte. Darauf antworte ich aus der Theorie: die, welche hinreicht, daß nichts von der aus dem Pulver sich entbindenden elastischen Flüssigkeit durch sie entweichen kann; wobei es auf die Feinheit und Gestalt der Sandtheilchen ankommen würde. Man sieht hieraus, daß jeder pulverulente Körper, jede Flüssigkeit, welche die elastischen Flüssigkeiten nicht durch sich hindurch lassen, die Stelle des Sandes müsse vertreten können; und daß, wenn vielleicht eine derselben nach dem Einstampfen dieses minder leistete, die Wirkung des eingestampften Schusses schwächer seyn würde, als die einer Ladung, welche lose mit der pulverulenten Masse überschüttet wird.

5. Schreiben eines Ungenannten an den Prof. Pictet. *)

* * * den 11ten Aug. 1805.

Sie haben den vielen Steinsprengern in den Alpen und in Frankreich, ja der Menschheit, durch die

soll, widerstehen. Beim Schießpulver ist indeß der Impuls nicht Sache eines Augenblicks, da sich das Pulver nicht mit einem Male entzündet, und aus diesem Grunde dürfte die Wirkung viel zusammengefeizter seyn, als sie hier nach Herrn Bertrand's Erklärung scheint. Vergl. S. 228, Anm., und weiterhina 246. d. H.

*) *Bibl. britann.*, Vol. 29, p. 381. d. H.

die Bekanntmachung der Versuche des Herrn Jelfop einen grossen Dienst geleistet. Sie haben zugleich vieles Nachgrübeln über die Expansion des Gas veranlaßt, welches sich aus dem entzündeten Schießpulver entbindet. Hier einige Betrachtungen, welche sie einem Anonymus zu Gute halten werden. Ich habe nach der neuen Methode hundert Mahl sprengen sehen und sprengen lassen; sie war einige Mahl unzureichend, und es schien mir im Allgemeinen nöthig zu seyn, daß man die Ladung um $\frac{1}{2}$ vergrößerte, um den Unglauben und die Trägheit der gemeinen Steinsprenger zu überwinden, indem dadurch der Erfolg in ihren Augen sicherer und unzweideutiger wird. Doch, ich wollte Ihnen Betrachtungen mittheilen; hier sind sie:

1. Belidor *) und vor einigen Jahren der Generalkommissar des Geniewesens Marescot **) haben durch eine Reihe von Versuchen im Großen bewiesen, daß Minen, deren Pulverkammer vier Mahl größer ist, als der Raum, den das Pulver einnimmt, eine weit größere Wirkung als solche haben, wo die Verdämmung das Pulver unmittelbar berührt.

2. Es ist eine alltägliche Erfahrung, daß der Lauf eines Schießgewehres platzt, wenn man zwischen dem Pulver und der Kugel oder dem Pfropfe einen Zwischenraum läßt. Vergessen die Soldaten

*) In seiner *Science de l'Ingenieur*.

**) *Mémoire de l'officier du génie*, t. 1, 1803.

Annal. d. Physik. B. 22. St. 3. J. 1806. St. 3.

in der Hitze der Schlacht die Cartouche bis auf den Boden des Laufs hinab zu stoßen, so springt zuverlässig die Flinte. Welche fremde Ursache vermag der eingeschlossenen Luft eine höhere Elasticität zu geben, als das Gas hat, welches sich aus dem Pulver entbindet? Läßt sich nicht die vortheilhafteste GröÙe dieses Raums im Verhältniß der Pulverladung finden?

3. Wenn man die Flintenläufe untersucht, ladet man sie mit einer vierfachen Pulverladung; und ein so wohl geprüfter Lauf springt doch von einer gewöhnlichen, (also nur von dem Viertel dieser) Ladung, wenn man einen freien Raum zwischen dem Pulver und dem Pfropfe läßt. Die bloÙe Gegenwart eingeschlossener Luft erhöht also die Wirksamkeit wenigstens auf das Vierfache. Welches ist die Ursache dieser nur gar zu häufigen Wirkung? und läßt sich davon nicht in den Bergwerken Anwendung machen, und so vielleicht drei Viertel des Pulvers sparen, das bisher verbraucht wurde. — Beweiset diese Erfahrung nicht zugleich, daß das Einstampfen oder Eindrücken des Pulvers für die Wirkung vielmehr sehr nachtheilig ist, weil es die Zwischenräume zwischen den Theilen des Pulvers, die Luft enthalten, vermindert? Es wäre sehr zu wünschen, daß die Herren Ingenieurs der HeerstraÙe nach dem Simplon, welche in Basalt und Granit zu arbeiten haben, versuchten, über die Ladung einen Pfropf aus Kork oder Werg bis in die Mitte des Bohrlochs herab zu treiben, und die Stel-

Jung desselben abzuändern, um die vortheilhafteste zu finden, dann das Bohrloch voll Sand oder Kleie zu füllen, und vermittelt eines Strohhalmes voll Pulver Feuer zu geben. Ich zweifle nicht, daß die eingeschlossene Luft sich hier eben so wirksam als im Schießgewehre zeigen würde.

Man hat bemerkt, daß in diesem Falle die Kraft weit stärker nach den Seiten als in der Richtung des Laufes wirke, und daß der Knall weniger durchdringe, aber stärker pfeife. In den militärischen Minen war die Erschütterung schwächer, minder concentrirt, aber weiter und in die Ferne zerstörender, und die heraus geblasenen Stellen mehr und von größern Umfange, wenn sich Luft in der Pulverkammer befand, als wenn die Verdämmung das Pulver unmittelbar berührte.

4. Woran liegt es, daß Pulver in einem Laufe eingepreßt, und in einem Bohrloche von gleichem Durchmesser und gleicher Länge eingestampft, so verschieden wirkt? Ersteres treibt die Kugel oder den Pfropf sehr weit in der Richtung der Seele, ohne auf den dünnen Lauf zerstörend zu wirken; letzteres dagegen, ohne stark auf den Pfropf zu wirken, zerbricht seine dicke Hülle von Granit und Basalt, als wäre ein Mètre dicker Felsen nicht fester als das Metall des dünnesten Flintenlaufs, der nicht über 0,004 Mètres stark ist! Fürwahr! das Schießpulver hat gar wunderbare Wirkungen; das Fliegen und Schwimmen der Thiere ist vielleicht leichter als sie erklärt.

6. Bemerkungen über diesen Brief vom Prof
Pictet.

In der *Bibl. britann.* auf das J. 1798, (t. 7 p. 17,) steht wörtlich Folgendes: „Man hat vor kurzem in Deutschland ein Mittel entdeckt, die Wirkung des Schießpulvers zu erhöhen. Es gründet sich auf die Unglücksfälle, welche sich zu ereignen pflegen, wenn man ein Gewehr ladet, ohne die Vorsicht gebraucht zu haben, die Kugel bis auf das Pulver herunter zu treiben; man weiß, daß dann häufig die Flinte springt. Da man nun beim Sprengen gerade diesen Zweck beabsichtigt, so reicht man ihn mit weniger Aufwand an Pulver, wenn man einen Zwischenraum läßt zwischen dem Pulver und dem Pfropfe, der durch seinen Widerstand die Reaction gegen die Wände hervorbringt, auf welchem das Zerreißen derselben beruht.“ Diese hier wörtlich ausgezogene Stelle beantwortet den einen Theil des Briefs des Anonymus. Noch können wir hinzu fügen, daß, wie man uns erzählt hat, durch die Einführung dieser Methode, zu sprengen, in den Bergwerken des Harzes, den Gewerken jährlich mehrere tausend Thaler an Pulver erspart worden sind.

Was die Theorie der Explosion betrifft, so glauben wir nicht, daß *Luft*, die sich zwischen Pulver und Kugel oder Pfropf befindet, den geringsten Antheil an der Verstärkung der Explosivkraft habe, sondern daß diese lediglich darauf beruhe, daß sich zwischen der Ladung und dem zu überwältigen-

den Hindernisse ein Zwischenraum befinde. Folgender Mafsen möchte ich mir diese Wirkung lieber erklären.

So gefchwind fich auch das Pulver entzündet, fo fehlt doch gar viel daran, daß diefes in einem Augenblicke gefchehe. Es ift bekannt, daß bei ftarker Ladung ein Theil des Pulvers unentzündet aus dem Stüce heraus fliegt. Aus der Thatfache, daß das Pulver fich *ſucceſſiv* entzündet, folgt aber, daß die elaſtiſche Flüſſigkeit ſich daraus *allmählig* entwickelt, und durch alle Grade von Geſchwindigkeit durchgeht, die zwiſchen Ruhe und dem Maximum, das ſie in gegebener Zeit und in einem gegebenen Raume erreichen kann, zwiſchen inne liegt.

Berührt die Kugel oder der Pfropf die Ladung, ſo werden auch ſie allmählig aus der Stelle geſchoßen, und dabei vergrößert ſich der Raum, in welchem ſich die Wirkung der elaſtiſchen Flüſſigkeit entwickelt, wenn auch nicht mit derſelben Geſchwindigkeit, womit dieſer Raum ſich mit jener Flüſſigkeit zu erfüllen ſtreht, wenigſtens doch immerfort, wobei keine plötzliche und heftige Reaction Statt findet.

Findet dagegen die elaſtiſche Flüſſigkeit einen freien Raum vor ſich, um ſich vollſtändig entbinden zu können, bevor irgend etwas aus der Stelle gewichen iſt; ſo wirkt ſie nun mit ihrer ganzen erlangten Geſchwindigkeit auf die unbeweglichen und beweglichen Wände der Pulverkammer, die ſie umſchließen, und jeder Punkt der Oberfläche dieſer

Kammer leidet in demselben untheilbaren Augenblicke denselben Impuls: eine Summe von Wirkungen, welcher die Cohärenz schwerlich zu widerstehen vermag; daher das Zerreißen. Die Geschwindigkeit, welche die Theilchen der elastischen Flüssigkeit erlangt haben, ist alsdann so unglaublich, daß die Trägheit der sie umgebenden beweglichen Masse, für den Augenblick, in dem sie überwunden werden soll, diese Masse eben so stark, als die Cohäsion die unbeweglichen Theile, widerstehen macht, und diese letztern, (d. h., die Wände des Gewehrs oder des Bohrlochs,) zerreißen, bevor die Kugel oder der Pfropf Zeit gehabt haben, merklich ihre Stelle zu verändern. Beide haben überdies nur einem wenig bedeutenden Theile der gesammten Expansivkraft zu widerstehen, welcher durch das Verhältniß der Oberfläche dieses beweglichen Theils zu der der ganzen Kammer bestimmt wird. Was daraus für eine Wirkung entstehen muß, das veranschaulicht der ganz gemeine Versuch, daß ein Schlag auf den Pfropf, wenn eine Bouteille ganz voll Flüssigkeit ist, und sie den Pfropf berührt, die stärkste Bouteille zerbricht; wegen der Flüssigkeit und Incompressibilität pflanzt sich nämlich der Schlag in demselben Augenblicke auf alle Theile der innern Oberfläche der Flasche fort, und dadurch wird der auf eine kleine Fläche wirkende Schlag so ausnehmend verstärkt.

Sey indeß meine Theorie die wahre oder nicht, so glaube ich auf jeden Fall, alle, welche es mit

Sprengen zu thun haben, auffordern zu müssen, *beide Vorthelle vereint zu versuchen*: Sand statt der Einstampfung, welcher die Arbeiter aller Gefahr überhebt; und einen Zwischenraum zwischen Ladung und Pfropf, welches an Pulver spart. Es ist nichts leichter, als beide, vermittelt eines Cylinders aus Papier oder Pappe, dessen Boden nach oben gerichtet wird und ein Loch für das Zündtroh hat, zu vereinigen. Man hätte zwischen dem Papierboden und dem Pulver 2 bis 3 Zoll Raum zu lassen, und 1 oder 2 Zoll hoch Sand darüber zu schütten, und dann wie gewöhnlich Feuer anzulegen.

Ich behalte es mir vor, bei der ersten Gelegenheit hierüber Versuche anzustellen. *)

- *) Da aus Nicholson's Versuch mit dem horizontal liegenden Flintenlaufe, (oben S. 122,) und aus andern dort angeführten Versuchen zu erhellen scheint, daß das Pulver den Sand etwas fortschiebt, also sich selbst einen größern Raum schafft, so möchte ich zweifeln, daß die Wirkung bedeutend zunehmen werde, wenn man den Sand nicht unmittelbar auf das Pulver schüttet. Auch gestehe ich, nicht recht einzusehen, warum, wenn ein Zwischenraum zwischen Pulver und Pfropf vorhanden ist, die Expansivkraft des entzündeten Pulvers plötzlich und mit einem Male, und nicht eben so gut allmählich, als wenn das nicht der Fall ist, auf die Wände und den Pfropf wirken sollte. Die Erhöhung der Wirkung möchte ich noch immer

lediglich dem Umfande zuschreiben, daß, wenn das Pulver locker liegt, die Entzündung sich schneller durch die ganze Masse verbreitet, und daß bei vier Mahl mehr Raum in der Pulverkammer, als das Pulver einnimmt, sich vier Mahl mehr elastische Flüssigkeit entbunden haben muß, um sie mit gleicher Dichtigkeit zu füllen, weshalb es längere Zeit dauern muß, bevor in diesem Falle derselbe Grad der Wirkung erreicht wird, da denn das Pulver Zeit hat, sich vollständig zu entzünden und mit seiner gesammten Kraft zu wirken.

d. H.
