

www.e-rara.ch

**Versuch zu einem Lehrgebäude der theoretisch-practischen
Artilleriewissenschaft**

Erster Band in welchem die Pulvertheorie und die Einrichtung der Artillerie abgehandelt werden

Borkenstein, Carl Friedrich

Berlin, 1822

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 34568: 1

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-74907>

Erstes Hauptstück.

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

Erstes Hauptstück.

P u l v e r t h e o r i e.

Einleitung.

§. 1.

Daß das Schießpulver aus Salpeter, Schwefel und Kohlen bestehe, ist schon seit Barthold Schwarz und Bacons und ältern Zeiten kein eigentliches Geheimniß mehr gewesen. Auch die wahren Verhältnisse dieser Bestandtheile werden nun nirgends mehr geheim gehalten. — Es kommt aber bei der Fabrication des Pulvers nicht so sehr auf eine geringe Variation in den quantitativen Verhältnissen der 3 Materien an, sondern das Geheimniß gutes Schießpulver zu verfertigen, beruht besonders auf der Güte der einzelnen Bestandtheile und der Fabricationsmethode selbst. Da es indessen außer dem Plane dieses Werkes liegt, diejenigen practischen Schriftsteller, welche diesen Gegenstand abhandeln, abzuschreiben, so muß der Verfasser den Leser, den es interessiren sollte, sich genauer mit den technischen Theilen der Artilleriewissenschaft bekannt zu machen, auf diese Schriftsteller verweisen. Hingegen werden diejenigen Dinge, welche höheres wissenschaftliches Interesse haben, und dem Geiste bessere Nahrung geben als das Handwerksmäßige dieses Gegenstands, hier genauer untersucht werden. Man wird hier also die Geseze, welche bei der Entzündung und Verbrennung des Pulvers statt finden, worauf die Einrichtung der Geschütze und Laffeten besonders gegründet ist, genau zu erforschen suchen.

§. 2.

Die Geseze zu entdecken, wie und mit welcher Geschwindigkeit sich das Pulver in einem Feuergewehr entzündet, ist schon lange ein Gegenstand der Untersuchung denkender Artilleristen gewesen, welche sich bestreben, den wahren Grundsätzen der Artilleriewissenschaft näher auf die Spur zu kommen. Schon vor einem Jahrhundert wagte Belidor

über diesen Gegenstand zu denken, und es ist bekannt, welchen Verfolgungen er sich dadurch aussetzte, und welchen Lohn er für sein Streben empfing. Robins stellte eine neue, der Belidor'schen entgegengesetzte Theorie auf, aber beide enthalten Wahres und Falsches vermischt, und die Wahrheit liegt auch hier, wie so oft, in der Mitte zwischen den Gränzen des Zuviel und Zuwenig. Man hatte indessen bei den meisten Artillerien nach dem Exempel der Französischen, die Belidor'sche Theorie angenommen, und als einzig richtig angesehen. Einige Artillerien hatten zwar wohl die Ueberzeugung, daß keine der beiden Theorien richtig sey; da man indessen doch an etwas glauben mußte, so hielt man sich meistens an die Belidor'sche Theorie.

Ueber die Belidor'sche Theorie der Entzündung des Pulvers.

S. 3.

Belidor behauptete, daß die Entzündung der ganzen Ladung nach und nach geschehe, daß aber die vollkommene Verbrennung eines jeden Pulverkornes, in selbigem Momente der Entzündung vollendet sey. Obgleich Belidor es nicht ausdrücklich sagt, daß die einzelnen Pulverkörner in selbigem Augenblick, da das Feuer sie berührt, auch vollkommen verzehrt werden, so liegt dieses doch im Geiste der von ihm aufgestellten Theorie, wenigstens hat sich Belidor die Zeit des Verbrennens der entzündeten Pulverkörner als so kurz vorgestellt, daß selbige in keine Betrachtung gezogen zu werden braucht. — Man höre seine eignen Worte: „Sobald Feuer durch das Zündloch in die Ladung gekommen ist, und die ersten Körner Feuer gefangen haben, entzündet sich die an ihnen liegenden, wodurch denn in der Kammer eine elastische flüssige Materie erzeugt wird, die immer mehr zunimmt, so wie die ganze Ladung nach und nach verzehrt wird. Allein diese Zunahme geschieht nicht so, daß in einer Reihe gleicher Zeittheile eine gleiche Menge Pulver entzündet werde, wie solches bei dem zu einem Felsfeuer ausgestreuten Pulver stattfindet, sondern vielmehr in einer schnell fortgehenden Progression, indem das in dem zweiten Momente entzündete Pulver sich mit dem in dem ersten Momente entzündeten vereinigt, um eine weit größere Menge in dem dritten zu entzünden. Und überhaupt entzündet sich in dem zweiten Momente mehr als in dem ersten, in dem dritten mehr als in dem zweiten, in dem vierten mehr als in dem dritten, und so weiter in jedem folgenden mehr als in dem vorhergehenden.

„Der Stoß eines Kanons ist der Unterstüßungspunkt der Ladung zur Forttreibung der Kugel, die aber eher aus dem Stücke fährt, als die ganze Ladung entzündet ist, da es doch erst nach gänzlicher Entzündung geschehen sollte. Da nun das Pulver sich nach Maßgabe der Entzündung desselben, nach allen Seiten mit einer Geschwindigkeit auszu dehnen sucht, die der entzündeten Menge proportional ist, so siehet man wohl, daß diese Geschwindigkeit sehr schnell anwächst. Allein sie findet an dem Boden des Kanons einen

„unüberwindlichen Widerstand, und also einen Unterstützungspunkt, wogegen sie während der Zeit arbeitet, daß sie das noch nicht entzündete Pulver und die Kugel aus dem Stück hinausjaget. Die Kugel die sich schon von dem Augenblicke der Entzündung an zu bewegen anfangt, und eine größere Geschwindigkeit erhält, so wie sich nach und nach mehr Pulver entzündet, durchläuft die Seele des Stücks sehr bald, erreicht die Mündung, und fährt aus derselben mit der Gewalt heraus, die sie von dem bereits entzündeten Pulver erhalten konnte. Der Theil der Ladung, der nun noch unmittelbar nachher entzündet wird, hat keinen Einfluß auf dieselbe; vielmehr kann selbiger, wenn er beträchtlich ist, ihre Geschwindigkeit vermindern, indem sie dadurch einen kürzern Weg in dem Stücke selbst zu durchlaufen hat, und folglich weniger Zeit erhält, die Eindrücke des entzündeten Pulvers anzunehmen, welche mit jedem nach dem Anfange der Entzündung verflossenen Momente zunehmen.“

S. 4.

Man hat bei den Metallgeschützen eine Erfahrung gemacht, welche ein strenger Beweis ist, daß die Belidor'sche langsame Entzündungstheorie vollkommen falsch seyn müsse. Ein solcher practischer Beweis ist in der That von größerm Werth, als jeder andere Beweis, der durch solche Schlüsse geführt wird, bei denen man noch nicht mit Gewißheit weiß, ob auch die Vorderfälle richtig sind. — Es ist besonders auffallend, daß diese nun schon seit Jahrhunderten gemachte Erfahrung nicht dazu gedienet hat, die Richtigkeit der Belidor'schen Entzündungstheorie in Zweifel zu ziehen. Es ereignet sich nemlich bei den Metallgeschützen nach langem Gebrauch der Umstand, daß die Kugel, da wo sie vor der Ladung liegt, mit der Zeit eine Vertiefung oder ein sogenanntes Lager bildet. Da diese Vertiefung keine andere Ursache haben kann als den Druck der über die Kugel durch den Spielraum entspringenden elastischen Flüssigkeit des Pulvers, so zeigt dieses offenbar, daß schon alsbald ein Theil des aus dem Pulver entwickelten Gas, durch den Spielraum über der Kugel entslüpft seyn müsse, wenn sich diese noch nicht in Bewegung gesetzt hat; und es ist also nicht wahr, was Belidor behauptet, daß schon ein kleiner Theil des entzündeten Pulvers, das sämtliche unentzündete Pulver und die Kugel in Bewegung setzt, sondern zeigt vielmehr an, daß die elastische Materie schon die ganze Ladung durchdrungen, und ihr die Entzündung mitgetheilt haben müsse, ehe die Kugel eine merkliche Bewegung erhalten haben konnte. Die Entzündung einer Ladung in einem Geschütze gehet also auf keinem Fall so langsam vor sich, als Belidor glaubt, sondern es müssen dabei ganz andere Gesetze statt finden.

S. 5.

Ich weiß sehr wohl, was die Anhänger der Belidor'schen Theorie gegen diesen Beweis einwenden werden, allein ich bin darauf vorbereitet ihrem Einwurfe zu begegnen. Die Einwendung wird folgende seyn: „Dem Pulver wird durch das Zündloch im obern

„Theile der Kartusche die Entzündung mitgetheilt, und es ist ja sehr natürlich, daß das „dadurch im Anfange der Entzündung entwickelte Gas, über den Spielraum der Kartusche „sowohl als Kugel hinwegströmen, die Kugel niederwärts drücken, und auf diese Art mit „der Zeit das sogenannte Lager bilden werde; und es kann also die Richtigkeit der Vellidorschen Theorie mit dieser Erfahrung vollkommen bestehen.“

Diesen Einwurf völlig zu entkräften, werde ich nur folgendes antworten: Auch bei einem Mörser, welcher mit losem Pulver geladen wird, und bei welchem also kein Spielraum der Pulverladung statt findet, entstehet mit der Zeit das sogenannte Lager der Bombe. Wie gehet es zu, daß bei einer eisernen Kanone jedesmal nur das Bodenstück zersprengt wird? Natürlicherweise weil das Pulver seine größte Gewalt hier ausübt, und es muß also wohl nicht richtig seyn, daß sich hier nur ein kleiner Theil des Pulvers entzündet, und den anderen unentzündeten Theil und die Kugel in Bewegung setzt, wie Vellidor behauptet. Warum zerspringt eine eiserne Kanone bei einer starken Ladung, während sie bei einer schwächern den gehörigen Widerstand leistet? Wenn die Vellidorsche Entzündungstheorie richtig wäre, so müßte es in dieser Rücksicht gleichgültig seyn, ob die Ladung schwach oder stark wäre, indem bei der starken Ladung kein größerer Theil derselben vor der Bewegung der übrigen unentzündeten Ladung und der Kugel entzündet werden könnte, als bei der schwachen Ladung. — Die Vellidorsche Entzündungstheorie ist also unrichtig.

Robins Theorie der Entzündung und Verbrennung des Pulvers.

§. 6.

Robins behauptete und suchte durch seine Versuche zu beweisen, daß sich die ganze Ladung eines Feueergewehres in einem Augenblick, oder doch wenigstens in so kurzer Zeit entzündet, daß die Kugel sich noch nicht in merkliche Bewegung gesetzt habe, ehe die ganze Ladung entzündet sey. — Robins versteht hiebei unter dem Worte Entzündung, die völlige Verwandlung der ganzen Ladung in ein elastisches Gas, so wie Vellidor eine solche völlige Verwandlung in Gasform nur successive von Pulverkorn zu Pulverkorn statt finden läßt, so wie selbige in aufeinander folgenden Zeitmomenten von der Flamme berührt werden.

Robins führt zum Beweise der Richtigkeit seiner Hypothese die Versuche an, welche er mit einem Gewehrlaufe anstellte, aus welchem er mit einerlei Pulverladungen zu verschiedenen Malen 2 und 3 Kugeln abfeuerte, und vermittelst des ballistischen Penduls die Geschwindigkeiten derselben maas. Nun zeigten die Versuche, daß sich die Geschwindigkeit der 2 Kugeln zur Geschwindigkeit der 3 Kugeln wie $\sqrt{3} : \sqrt{2}$ verhält, woraus Robins den Schluß zog, daß die Pulverkräfte in beiden Fällen, nemlich bei 2 Kugeln und bei 3 Kugeln dieselben gewesen seyn müßten, indem dieser Schluß mit den Gesetzen der Mechanik

übereinstimmte, zufolge welchen sich die Geschwindigkeiten nur alsdann umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Massen oder Gewichten verhalten können, wenn einerlei Kraft auf diese Massen gewirkt hat. Es mußten also die Kräfte welche bei 2 Kugeln und bei 3 Kugeln wirksam gewesen waren, sich nothwendig gleich gewesen seyn. Dieses streitet aber mit der Belidor'schen Theorie der successiven Entzündung des Pulvers; denn bei dieser kann die Kraft, welche das Pulver bei 2 Kugeln ausübt, unmöglich derjenigen gleich seyn, welche bei derselben Ladung bei 3 Kugeln wirksam ist, indem die langsamere Bewegung der 3 Kugeln, und also die größere Zeit des Aufenthalts dieser Kugeln im Laufe, der Ladung bei successiver Entzündung Gelegenheit giebt, mehr Kräfte zu entwickeln, als bei geschwin- derer Bewegung von 2 Kugeln aus dem Pulver hervorgebracht werden können. Oder wenn man auch annähme, daß die Entzündung aller Pulverkörner vollkommen vollendet sey, wenn bei 2 Kugeln, womit das Geschütz geladen wird, diese die Mündung erreicht haben, so müßte bei 3 Kugeln die Entzündung schon eher geschehen seyn, ehe sie die Mündung erreich- ten, und folglich müßte also das Pulver mit einem höhern Grade der Expensibilität auf diese 3 Kugeln wirken, wenn die Entzündung successiv geschähe, und die 3 Kugeln müßten gegen das Resultat der Versuche sich mit einer größern Geschwindigkeit aus der Mündung bewegen, als das umgekehrte Verhältniß der Quadratwurzeln aus den Gewichten angiebt. Da die Pulverkräfte sich aber den Resultaten der Versuche zufolge nothwendig gleich seyn mußten, so schloß Robins daraus ganz richtig, daß die Entzündung nicht successiv, sondern augenblicklich geschehen müsse. Darin hatte nun Robins auch vollkommen Recht, allein er ging mit seinen Schlüssen zu weit, wenn er bei einer augen- blicklichen Entzündung zugleich eine augenblickliche Verwandlung der ganzen La- dung in ein elastisches Fluidum annahm.

Da sich die Geschwindigkeiten von 2 und 3 Kugeln umgekehrt wie die Quadratwur- zeln aus den Kugelgewichten ungefähr verhielten (sie verhielten sich bei den Versuchen nicht ganz vollkommen so) so kann dieser Umstand noch mit einer andern Entzündungs- und Verbrennungstheorie, nemlich der wahren bestehen, an welche aber Robins nicht dachte.

S. 7.

Daß aber die Theorie des Herrn Robins falsch sey, wenn selbiger außer einer augenblicklichen Entzündung der ganzen Ladung, auch eine augenblickliche Verwandlung derselben in Gas annimmt, läßt sich auf eine ähnliche Art practisch beweisen, als die Un- richtigkeit der Belidor'schen Theorie practisch bewiesen worden ist. Wie wäre es wohl möglich, daß irgend ein Geschütz der ungeheuern Kraft widerstehen könnte, welche sich aus dem Pulver entwickelt, wenn sich die ganze Masse desselben in einem Augenblick in Gas- form verwandelte? Der Herr Professor Berzelius in Stockholm hat dem Verfasser mit- getheilt, daß eine kleine Kanone, welche anstatt des Pulvers mit Knallsilber geladen wurde, in tausend Stücken zersprang, welches begreiflich ist, da das Knallsilber, selbst wenn es wie

ein Kettfeuer in eine lange Reihe gelegt wird, in einem einzigen Momente explodirt, welches bei dem Schießpulver nicht statt findet. Hätte also das Pulver nach Robins eine ähnliche Eigenschaft als das Knallsilber, nemlich in einem Momente zu explodiren, so würde auch die Wirkung des Pulvers der des Knallsilbers gleichen, und also jedes Geschütz zersprengen, indem nach den Rumford'schen Versuchen, das vollkommen eingeschlossene Pulver bei seiner Entzündung ein Gas entwickelt, dessen Expansibilität wenigstens 55000 mal so groß ist als der Druck der Atmosphäre. Die Versuche von Hawkesbee, welche Robins bei der Bestimmung der Elasticität des aus dem Pulver entwickelten Gas zum Grunde legte, konnten nur zu falschen Resultaten führen, indem Hawkesbee den Grad der Expansibilität dieser Flüssigkeit nur unter solchen Umständen untersuchte, wenn sich selbige in einem gegen das Volumen des Pulvers verhältnißmäßig sehr großen Raum ausgebreitet, und also einen großen Theil der Eigenschaften verloren hatte, welche dieses Gas nur alsdann besitzt, wenn sich selbiges im ersten Moment der Erzeugung desselben, in seinem ursprünglichen Zustande befindet. Auf solche Art war es kein Wunder, wenn Robins das falsche Resultat erhielt, daß die Elasticität des aus dem Pulver entwickelten Gas nur 1000 mal so groß sey, als die Elasticität der atmosphärischen Luft. — Bei einer Elasticität, welche nicht größer ist als diese, möchten die Geschütze vielleicht wohl stark genug seyn, um selbst einer augenblicklichen Explosion des Pulvers widerstehen zu können, und so war es selbst dem Herrn Robins, diesem scharfsinnigen Denker, der sich übrigens um die Ausbildung der Artilleriewissenschaft ein großes Verdienst erworben hat, zu verzeihen, wenn ihm die wahren Eigenschaften des Pulvers verborgen blieben.

Die wahre Theorie über die Entzündung und Verbrennung des Pulvers.

§. 8.

Daß die Entzündung der Ladung eines Feuegewehres weit geschwinder vor sich gehe, als man wohl glauben möchte, ist schon von Euler auf eine sehr einleuchtende Art, in seiner vierten Anmerkung zum siebenten Satze in Robins Grundsätzen der Artillerie gezeigt worden. Nach Robins Versuchen erhält die Kugel bei einer gewissen Ladung in einem 3½ Fuß langen Gewehrlaufe eine anfängliche Geschwindigkeit von 1500 bis 2000 Fuß in einer Secunde. Wenn nun die Kugel gleich im ersten Anfange ihrer Bewegung diese Geschwindigkeit erhalten hätte, so müßte selbige nur $\frac{3\frac{1}{2}}{1500}$ bis $\frac{3\frac{1}{2}}{2000}$ oder nach einem Mittel $\frac{1}{400}$ Secunde im Laufe zugebracht haben. Sollte aber der Kugel diese Geschwindigkeit nach einer gleichförmig vermehrten Bewegung, dergleichen bei den fallenden Körpern statt findet, mitgetheilt worden seyn, so würde dieselbe zweimal so lange, d. i. $\frac{1}{200}$ Secunde im Laufe verweilt haben. Da nun die forttreibende Kraft, setzt Euler hinzu, anfänglich viel stärker ist, und nach und nach abnimmt; so muß die wahre Zeit kürzer seyn als $\frac{1}{200}$, länger aber als $\frac{1}{400}$ und also ungefähr $\frac{1}{272}$ Secunde.

Durch diese Berechnung sucht Euler die Meinung von Robins zu widerlegen, daß sich das Pulver in einem Augenblicke entzündet, indem Euler hierdurch beweisen will, daß die zur gänzlichen Entzündung der Ladung gehörige Zeit, doch wenigstens $\frac{1}{17}$ Secunde dauern müsse. Aber man siehet leicht, daß Euler hier etwas voraussetzt, was selbiger erst hätte beweisen müssen, daß nemlich das Pulver die ganze Zeit hindurch, während sich die Kugel im Laufe bewegt, sich allmählig entzündet; dieses ist aber gerade der streitige Punkt, indem Robins keine solche allmähliche Entzündung gestattet, sondern selbige als augenblicklich oder wenigstens so kurz annimmt, daß die Kugel sich noch nicht in merkliche Bewegung gesetzt hat, ehe alles Pulver entzündet ist.

§. 9.

Das wahre Gesetz für die Entzündung und Verbrennung der Pulverkörner einer gewöhnlichen Ladung ist folgendes:

Es wird den Oberflächen aller Pulverkörner einer gewöhnlichen Pulverladung, die Entzündung in einem Augenblicke, oder doch wenigstens in einer so kurzen Zeit mitgetheilt, daß die Kugel noch keine merkliche Bewegung erhalten hat, wenn alle Pulverkörner von der Flamme umgeben, und also in Brand gerathen sind; die gänzliche Verbrennung der Pulverkörner, oder die Verwandlung derselben in Gasform, verlangt hingegen eine gewisse Zeit, welche von der Größe der Pulverkörner abhängig ist.

Die Zeit der Entzündung einer ganzen Ladung kann also gleichsam als unendlich klein angesehen werden, während die gänzliche Verbrennung derselben, eine gewisse endliche Zeit dauert, welche nach der Größe der Pulverkörner verschieden ist. Wenn den ersten Pulverkörnern das Feuer mitgetheilt worden ist, so wird dadurch eine sehr feine elastische Materie entwickelt, welche eine ungeheure Elasticität besitzt, und sich mit großer Geschwindigkeit zwischen den Pulverkörnern ausbreitet, um die Oberflächen derselben zu entzünden. Zwar wird durch die sich ganz zu Anfang entwickelnde elastische Materie, oder durch das Gas, welches aus dem Zündrohre hervorströmt, der ganzen Pulvermasse gleichsam ein E choc mitgetheilt, um sie gegen die Kugel in Bewegung zu setzen; allein die Bewegung dieser Masse ist stets noch viel zu geringe, um mit der Geschwindigkeit, mit welcher die zu Anfang entwickelte feine elastische Flüssigkeit sich ausbreitet, gleichen Schritt halten zu können; die feine elastische Flamme eilet den sich bewegenden, und stets mehr und mehr Gas entwickelnden Pulverkörnern stets vor, und wird allen oder der ganzen Ladung die Entzündung mitgetheilt haben, ehe die Kugel sich in Bewegung setzen kann. Dazu kommt noch, daß keine endliche Kraft im Stande ist, einen endlichen Körper in einem unendlich kleinen Zeittheile ein endliches Stück zu bewegen, sondern daß die Kraft eine gewisse endliche Zeit gewirkt haben müsse, ehe die Bewegung vor sich gehet; folglich wird auch das Gas

eine gewisse endliche Zeit auf die Kugel gewirkt haben müssen, ehe sich selbige in merkliche Bewegung setzt, und desto mehr Zeit wird die elastische Flamme behalten, allen Pulverkörnern die Entzündung mitzutheilen.

§. 10.

Daß das aus den ersten Pulverkörnern entwickelte und sich ausbreitende Gas aber wirklich eine ungeheuerere Geschwindigkeit bei seiner Ausbreitung haben müsse, und auf diese Art die augenblickliche Entzündung einer ganzen Ladung nothwendig bewirke; daß es also eine Möglichkeit gebe, daß eine ganze Pulverladung auf eine solche Art entzündet werden könne, wird aus folgenden Betrachtungen erhellen:

Es sey ABCD Fig. 1. Plan I. ein luftleeres oder mit verdünnter atmosphärischer Luft angefülltes Gefäß, in welchem man plötzlich eine Oeffnung E anbringt, so wird die atmosphärische Luft mit einer Geschwindigkeit von etwa 1300 Fuß in diesen Raum ABCD mit gleich förmiger Bewegung so lange einströmen, bis das Gleichgewicht hergestellt ist, welche Wahrheit man in Vega Vorlesungen über die Mathematik, und in andern physikalisch-mathematischen Schriften entwickelt finden kann.

Man denke sich nun das luftleere Gefäß ABCD Fig. 2. Plan I. von einem größern FGHI umgeben, und ersteres von letzterm vollkommen eingeschlossen, und stelle sich vor, daß der Zwischenraum zwischen dem luftleeren Gefäße ABCD und dem größern FGHI mit einer größern Quantität atmosphärischer Luft angefüllt sey, als bei ihrer natürlichen Dichtigkeit in diesem Raum eindringen könnte; man denke sich nemlich, daß man durch irgend ein Mittel die Luft, welche sich im Raume zwischen beiden Gefäßen befindet, so verdichtet habe, daß diese Luft 10 mal dichter und also auch 10 mal schwerer sey als die gewöhnliche atmosphärische; so sollte man glauben, daß durch die im luftleeren Gefäße ABCD plötzlich angebrachte Oeffnung E nun diese 10 mal dichtere atmosphärische Luft auch mit einer 10 mal größeren Geschwindigkeit als die gewöhnliche atmosphärische Luft in den luftleeren Raum ABCD einströmen würde. Allein dieses wird nicht der Fall seyn, wenn eine 10 mal so dichte Luft, nicht eine mehr als 10 mal so große Elasticität hat; die verdichtete Luft stürzt auch in diesem Fall, unter der angenommenen Voraussetzung nemlich, daß die Elasticität mit der Dichtigkeit in einerlei Verhältnisse stehe, mit keiner größeren Geschwindigkeit als die gewöhnliche atmosphärische Luft, nemlich nicht geschwinder als mit 1300 Fuß in einer Secunde in den luftleeren Raum ein. — Denn obgleich man bei dieser 10 mal dichtern Luft gleichsam annehmen kann, daß eine 10 mal so hohe, und also 10 mal so schwere Atmosphäre, auf selbige drücke, um ihr diesen Grad der Dichtigkeit oder Schwere zu geben, und daß also eine 10 mal so große Kraft auf selbige wirke, um ihr die Bewegung mitzutheilen; so ist dagegen auch jedes gleich große Volumen dieser 10 mal so dichten Luft auch 10 mal so schwer, als jedes eben so große Volumen der gewöhnlichen atmosphärischen Luft, und die Geschwindigkeit der verdichteten Luft wird also unverändert bleiben,

bleiben, indem sich die Geschwindigkeiten zwar directe wie die Kräfte, aber umgekehrt wie die Massen verhalten. Es stürzt also unter der angenommenen Voraussetzung, daß sich die Elasticität der atmosphärischen Luft, nach dem Mariottischen Gesetz, nur wie ihre Dichtigkeit verhält, auch die verdichtete Luft mit keiner größern Geschwindigkeit als die gewöhnliche atmosphärische, durch die Oeffnung E in das luftleere, oder das mit dünner Luft angefüllte Gefäß ABCD.

§. II.

Die Elasticität der atmosphärischen Luft nimmt aber bei ihrer Verdichtung in einem weit größern Verhältnisse zu als ihre Dichtigkeit. Dieses ist die Hypothese von Daniel Bernoulli, daß eine 1000 mal dichtere Luft, vielleicht eine 10000 mal größere Elasticität haben könne. Das Mariottische Gesetz ist nur bei solchen geringen Graden von Zusammenrückungen gültig, bei welchen die zur Compression der Luft angewandten Kräfte nur den geringen hydrostatischen Druck einer Quecksilbersäule haben, deren Höhe nur einige Fuß ist; bei solchen geringen Kräften kann das Gesetz der Zunahme der Elasticität noch nicht beobachtet werden, auch nicht deutlich in die Sinne fallen. Die hydraulische Presse würde hier mehr ausrichten. Ich glaubte, daß die Hypothese von Daniel Bernoulli die Physiker neuerer Zeiten bewegen haben müßte, das wahre Gesetz der Zunahme der Elasticität der Luft bei höheren Graden der Zusammenrückungen zu erforschen; allein es scheint so, als wenn das Mariottische Gesetz bei ihnen allgemein als gültig angesehen werde, obgleich schon Euler, welcher Bernoulli beipflichtet, eine Formel entwickelt hat, welche das wahre Gesetz der Zunahme der Elasticität bei höhern Graden der Zusammenrückungen angeben soll. Euler sagt hierüber folgendes: „Da die Luft aus Materie bestehet, so ist an sich klar, daß sich dieselbe nicht unendlich weit zusammendrücken lasse, daher muß es einen Grad der Dichtigkeit geben, welchen man in der Zusammenpressung der Luft nicht übersteigen kann.“ Die von Euler entwickelte Formel enthält aber diese unbekannte Größe, indem man bis jetzt noch durch kein physikalisches Experiment den höchst möglichen Grad der Zusammenrückung der Luft gefunden hat, und folglich kann man von der Eulerschen Formel keinen Gebrauch machen, wenn sie auch sonst nichts Falsches oder Hypothetisches mehr enthielte, und dabel bliebe die Hypothese von Bernoulli selbst noch immer unerwiesen.

Endlich hörte ich vor einigen Jahren (1820) aus dem Munde eines Professors der Chemie zum erstenmale über die Luft einer Windbüchse etwas, was ich vorher noch nicht gewußt hatte, nemlich folgendes:

Daß man nicht im Stande sey, die Luft im Kolben einer Windbüchse mehr als sechs mal zu verdichten.

Welchem meiner Leser wird bei diesen Worten wohl nicht eben so gut als dem Verfasser ein Licht aufgehen?

Eine nur 6 mal verdichtete Luft hat beinahe schon die Kraft des Pulvergas, indem die Windbüchsen im Kriege angewendet worden sind, und auf 300 Schritt einen Menschen tödten?!

Jetzt war es mir nur darum zu thun, festere Ueberzeugung davon zu erhalten, ob es wirklich wahr sey, daß man die Luft in einer Windbüchse nur 6 mal verdichten könne; zugleich wünschte ich zu erfahren, welche Kraft die abgeschossenen Kugeln ausüben, nemlich wie viel Bretter von einer gewissen Dicke, auf eine gewisse Distanz durchdrungen werden, um diese Wirkung mit derjenigen der Flinten und Carablier zu vergleichen. Der schwedische Herr Artilleriemajor Bretzholtz hat mir deswegen die Freundschaft erzeigt, in Vereinigung mit dem Herrn Artillerieleutnant Sandberg Versuche über das Eindringen der Windbüchsenkugeln in Bretter von Kiefernholz anzustellen, welche in der 12ten Tabelle gesammelt sind. Es konnten dem Kolben der Windbüchse, mit welcher die Versuche angestellt wurden, zwei verschiedene Läufe angeschoben werden, ein glatter und ein gezogener. Der glatte Lauf war 28,43 Decimalzoll lang, und hatte einen halbkugelförmigen Boden, dessen Tiefe 0,45 Decimalzoll betrug. Der Kaliber des Laufes und der Kugeln war 0,43 Decimalzoll und die Flasche hatte einen körperlichen Inhalt von 24 Decimal-Cubitzollen. Der gezogene Lauf war 23,5 Decimalzoll lang, dessen Kaliber inclusive der Tiefe der Fuge 0,43 Decimalzoll groß war. Die Bretter von Kiefernholz gegen welche geschossen wurde, waren bei den ersten Versuchen 0,83 Decimalzoll dick, und es wurden deren zwei hinter einander mit 2,5 Zoll Zwischenraum aufgestellt; bei den letzten Versuchen wurde nur ein Brett genommen, welches 2,5 Decimalzoll dick war. Die Entfernung der Bretter von der Mündung der Windbüchse betrug stets 25 Fuß.

Man siehet nun aus diesen Versuchen, bei denen der glatte Lauf ungefähr so lang war, als ein gewöhnlicher Carabiner-Lauf zu seyn pflegt, daß bei den ersten Schüssen, welche in der 12ten Tabelle aufgeführt worden sind, ungefähr $1\frac{1}{2}$ Bretter durchdrungen wurden, und da es bei dieser Untersuchung nur darauf ankommt, zu wissen, welches das Maximum der Wirkung der comprimierten Luft war, und da nun die Kugel des kurzen Büchsenlaufes bei 1800 Pumpenstößen beide Bretter durchging; so werde ich diese Wirkung als die größte annehmen, welche eine Windbüchse von solcher Länge und solchem Kaliber auf eine Distanz von 25 Fuß leisten kann.

S. 12.

Vergleicht man nun diese Wirkung mit den Resultaten der Versuche, welche Scharnhorst im ersten Bande seines Handbuchs, in der 10ten Tabelle mittheilt, so wird man folgendes finden: Der 25 Zoll lange Hannöversche Carabinerlauf, dessen Kaliber $8\frac{1}{4}$ Linien Duodecimalmaaß und also 0,68 Decimalzoll betrug, hatte auf eine Distanz von 20 Fuß bei $\frac{1}{2}$ Loth oder halbkugelschwerer Ladung, mit Kanonenpulver 5, mit Mousquetenpulver $6\frac{1}{2}$ und mit Büchsenpulver $7\frac{1}{2}$ Bretter durchdrungen. Ich werde eine Mittelzahl, nemlich 6

Bretter annehmen. Wenn die Bretter eben so dick gewesen wären, als die schwedischen — das schwedische Maaß ist dazu noch etwas größer als das hannöversche — so würden nur ungefähr 5 Bretter durchdrungen worden seyn. Weil sich aber das Eindringen umgekehrt wie die Kaliber der Kugeln verhält, so würde die Kugel der Windbüchse, wenn sie bei derselben Geschwindigkeit den Kaliber des hannöverschen Carabniers gehabt hätte, anstatt 2 Bretter, wenigstens 3 Bretter durchdrungen haben; denn $0,43 : 0,68 = 2 : x = 3$. Da sich nun das Eindringen bei einerlei Kugeln wie die Quadrate der Geschwindigkeiten verhält, so wird man auf folgende Art das Verhältniß der Geschwindigkeiten dieser Kugeln ungefähr bestimmen können. Es sey die Geschwindigkeit der hannöverschen Carabnierkugel $= 1$, so entstehet folgende Proportion: $5 : 3 = 1^2 : x^2$; dieses giebt $x = \sqrt{\frac{3}{5}} = 0,7$. Wenn also die Geschwindigkeit der Kugel des Carabniers $= 1$ war, so würde die Geschwindigkeit derselben Kugel in einer Windbüchse $= 0,7$ gewesen seyn.

Es theilt also die zusammengedrückte Luft der Windbüchse, der Kugel beinahe eine eben so große Geschwindigkeit mit, als die halbkugelschwere Ladung Pulver thun würde.

Ich werde hier aber, um nicht zu viel zu rechnen, annehmen, daß die Geschwindigkeit der Windbüchsenkugel nur halb so groß werden könne, als die Geschwindigkeit derselben Kugel in einem eben so langen Carabnier, welcher mit Pulver geladen wird.

S. 13.

Um zu erfahren, wieviel mal man die Luft in einer Windbüchse comprimiren könne, wenn sie gegen 1800 Pumpenstöße erhielt, ließ sich der erwähnte Herr Major Bretholtz eine kupferne Kugel, wahrscheinlich auf eine ähnliche Art wie bei dem Kolben der Windbüchse mit einem Ventil oder vielleicht einem Hahn verfertigen, um diese Kugel gleich der Flasche der Windbüchse mit comprimirter Luft anzufüllen, und alsdann aus der Differenz der Gewichte der gefüllten und leeren Flasche den Grad der Zusammenbrückung der darin enthaltenen Luft bestimmen zu können; allein dieses Instrument war nicht vollkommen luftdicht zu bekommen, und dieser Versuch wollte also nicht gelingen.

S. 14.

Als ich das Glück hatte, die Bekanntschaft des Herrn General von Helvig in Berlin zu machen, so glaubte ich in dieser Hinsicht am besten von diesem Unterricht erhalten zu können, und ich erhielt über diesen Gegenstand folgende Mittheilungen:

1) Die Flasche einer Windbüchse (A) welche zu 11 bis 12 Schuß geladen war, wog $36\frac{235,5}{400}$ Loth, und leer geschossen $36\frac{59}{400}$ Loth. Der Unterschied der Gewichte war also $\frac{176\frac{1}{2}}{400}$ Loth.

2) Die Flasche einer andern Windbüchse (B) wog geladen $39\frac{6}{100}$ und leer geschossen $38\frac{1}{100}$ Loth, und es war also der Unterschied der Gewichte $\frac{1}{100}$ Loth. Nun bestimmte man den cubischen Inhalt der Flasche B *) folgendermaassen: die Flasche wurde mit Wasser gefüllt, und dieses wog genau $5\frac{1}{100}$ Loth. Da nun ein schwedischer Cubicfuß Wasser $61\frac{1}{2}$ Pfund Actuellengewicht wiegt, so hatte man folgende Proportion:

$$61\frac{1}{2} : 32 \text{ Loth} : 5\frac{1}{100} \text{ Loth} = 1 \text{ Cub. Fuß} : x \text{ Cub. Fuß.}$$

Hieraus erhielt man den Cubicinhalte der Flasche B zu $0,0026$ Cubicfuß.

S. 15.

Aus diesen mir von dem Herrn General von Helvig gegebenen Mittheilungen bestimme ich nun auf folgende Art das Verhältniß der Dichtigkeit der in der Flasche zusammengepreßten Luft, gegen die gewöhnliche atmosphärische:

Nach Vega wiegt der französische Cubicfuß atmosphärische Luft 1 Unze 3 Quin-
tin 3 Gran französisches Gewicht; nach Lavoisier bei 10 Grad Reaumur $0,086244$ Pfund;
nach Monge bei 15 Grad Reaumur $0,082897$; ersteres Gewicht bei 28 und letzteres bei
27,42 Zoll Barometerhöhe. Man findet aus diesen Angaben das specifische Gewicht der
atmosphärischen Luft ungefähr $= 0,001$. Es wiegt also ein schwedischer Cubicfuß atmos-
phärischer Luft $61\frac{1}{2} \cdot 0,001 = \frac{1}{100}$ Pfund. Nun war der körperliche Inhalt der Flasche
B $= 0,0026$ Cubicfuß, und das Gewicht von eben so viel Cubicfuß gewöhnlicher atmos-
phärischer Luft würde also durch folgende Proportion gefunden werden:

$$1 : 0,0026 = \frac{1}{100} \text{ Pfund} : x \text{ Pfund, woraus man } x = 0,00016 \text{ Pfund erhält.}$$

Die gewöhnliche atmosphärische Luft, welche den Raum der Flasche einnahm, wog
also $0,00016 \text{ Pfund} = 0,00512 \text{ Loth}$. Das Gewicht der verdichteten Luft in der Flasche
war aber den Versuchen zufolge $\frac{1}{100}$ Loth, und das Verhältniß der Dichtigkeit dieser Luft
gegen diejenige der atmosphärischen war also $\frac{1}{100} : 0,00512$ oder ungefähr wie $100 : 1$.
Dieses Resultat streitet aber mit aller Wahrscheinlichkeit. Der Herr General von Helvig
vermuthet auch, daß diese Versuche nicht genau waren.

Der Herr General von Helvig hat die Ueberzeugung, daß eine 100 mal dichtere
atmosphärische Luft lauter Feuer sey, und daß es also unmöglich seyn würde, der Luft
in der Flasche einer Windbüchse einen so hohen Grad von Dichtigkeit zu geben.

In einer Comprimirungsmaschine, (einer Röhre mit einem Stiefel) welche von Glas
ist, damit man die mit der Luft vorgehenden Veränderungen gehörig beobachten kann, ent-
zündet sich die schnell zusammengedrückte Luft jedesmal alsdann, wenn sie in einen Raum
zusammengedrückt ist, welcher $\frac{1}{2}$ der ganzen Röhre ausmacht.

Es ist wohl nicht wahrscheinlich, daß die in der Pumpe einer Windbüchse, durch
das Niederstoßen des Stiefels (des Pumpenstockes) zusammengedrückte Luft, selbst bei den

*) Mit der Flasche A geschah dieses nicht.

letzten Stößen 16 mal so dicht werden könne als die gewöhnliche atmosphärische; denn sonst würde sich die in der Pumpe zusammengebrückte Luft bei jedem Stoße entzünden. Im Anfange des Pumpens öffnet sich das Ventil der Windbüchse noch leicht, und es braucht also bei den ersten Stößen die Luft in der Pumpe nur wenig zusammengepreßt zu werden; aber wenn die Luft im Kolben erst anfängt vielleicht 8 bis 10 mal so dicht zu werden als die atmosphärische, so muß die Luft in der Pumpe, durch das Hinunterstoßen des Stiefels schon mehr als 8 bis 10 mal verdichtet werden, um das Ventil zurückstoßen zu können; aber alsdann drängt sich die in der Pumpe zusammengepreßte Luft schon eher neben dem Stiefel hinweg, als daß sie sich noch mehr comprimiren ließe, um Dichtigkeit genug zu bekommen, das Ventil zu öffnen. Wenn man also annimmt, daß die Luft im Kolben 10 mal so dicht werden könne, als die atmosphärische, so möchte dieses wohl das Maximum der Verdichtung seyn, welches man bei einer solchen Pumpmethode, ohne Beihülfe einer hydraulischen Presse, hervorzubringen im Stande wäre. Obgleich nun obiger Versuch mit der Windpistole B kein richtiges Resultat gegeben hat, so werde ich dennoch annehmen, daß man die Luft in einer Windbüchse wirklich 100 mal verdichten könne; man kann dieses der Wahrheit der daraus zu ziehenden Schlüsse unbeschadet thun; es gereicht der Untersuchung vielmehr zum Vortheil, wenn man hier ein zu großes Resultat annimmt.

S. 16.

Da nun die Geschwindigkeit, welche die Kugel einer Windbüchse erhält, wenigstens halbmal so groß ist, als die Geschwindigkeit derselben Kugel, wenn sie mit halbkugelschwerer Ladung aus demselben Laufe abgefeuert wird, (S. 12) so ist die Wirkung dieser 100 mal dichtern Luft, doch wenigstens halb mal so groß, als die Wirkung der aus dem Pulver entwickelten Gasarten. Es ist aber nach den Versuchen des Grafen Rumford, die Expansibilität des aus dem Pulver entwickelten Gas, wenn selbiges vollkommen eingeschlossen ist, wenigstens 55000 mal so groß als die Expansibilität der gewöhnlichen atmosphärischen Luft, und folglich wäre also eine 100 mal zusammengepreßte atmosphärische Luft $\frac{55000}{2} = 27500$ mal so expansibel als in ihrem natürlichen Zustande. Ich werde dafür nur die Zahl 20000 annehmen.

S. 17.

Nun ist leicht zu begreifen, mit welcher ungeheuern Geschwindigkeit sich das aus dem Pulver entwickelnde Gas auszudehnen strebt, die Zwischenräume der Pulverkörner durchdringt, und ihnen ihre Entzündung mittheilt. Wenn eine 100 mal so dichte Luft schon eine 20000 mal so große Elasticität hat, so ist ihre Geschwindigkeit, womit sich selbige auszubreiten strebt, oder in einen Raum einzustürzen sucht, in welchem sich dünnere Luft befindet, nicht etwa nur 1300, sondern $1300 \cdot \frac{20000}{100} = 260000$ Fuß in einer Secunde, indem

diese Luft $\frac{25000}{1}$ = 2500 mal leichter ist, als sie seyn würde, wenn sie, um 20000 mal so elastisch als die atmosphärische Luft zu werden, auch 20000 mal verdichtet werden müßte.

§. 18.

Zwar ist eine sehr kleine Quantität dieses Gas, welches sich im ersten Augenblick entwickelt, auch sehr bald in einen so großen Raum ausgebreitet, wodurch das Gas mit der atmosphärischen Luft gleiche Elasticität bekommt, oder es ist die Sphäre, in welcher sich nur eine sehr geringe Quantität einer solchen verdichteten Gasart ausbreitet, um sich mit der atmosphärischen Luft zwischen den Pulverkörnern ins Gleichgewicht zu setzen, nur klein; allein in demselben Momente dieser Ausbreitung wird mehr und mehr Gas entwickelt, welches sich eben so schnell ausbreitet, und so geschieht die Bewegung dieses Gas und die stete Zunahme der Entwicklung von mehrerem Gas, in einer so ungeheuern Progression, daß noch keine merkliche Bewegung der Kugel entstanden seyn kann, ehe die ganze Ladung in Brand gerathen ist.

§. 19.

Man wird das Angeführte als einen vollkommenen Näherungsbeweis für das §. 9. aufgeführte Gesetz für die Entzündung des Pulvers ansehen können. Dieser Beweis wird noch mehrere Stärke erhalten, wenn man zugleich in Betrachtung zieht, daß das aus dem Pulver entwickelte Gas eine sehr hohe Temperatur erhält. Wenn diese Temperatur 1207 Fahrenheit'sche Grade beträgt, nemlich der Temperatur des bei Tageslicht rothglühenden Eisens gleich zu schätzen ist, so wird die Elasticität dadurch wahrscheinlich 9 mal größer als sie seyn würde, wenn das Gas keine höhere Temperatur hätte als die atmosphärische Luft zwischen den Pulverkörnern *). Ein Pulvergas also, welches ohne Rücksicht auf die durch die Hitze hervorgebrachte Vergrößerung der Elasticität, die Expansibilität von 20000 hat, wird durch die Hitze also $20000 \cdot 9 = 180000$ mal so elastisch als die atmosphärische Luft, und die Geschwindigkeit der Ausbreitung desselben wird $1300 \cdot \frac{20000}{1} \cdot 9 = 2$ Millionen 340000 Fuß in einer Secunde betragen, womit sich selbiges in die Zwischenräume der Pulverkörner stürzen wird.

*) Robins findet, daß die Luft, welche durch die Hitze eines rothglühenden Eisens erwärmt wird, eine 4malige Verdünnung habe. Aber nach Gay-Lyffac ist das Volumen irgend eines Gas, welches anfangs = 100 war, bei 180 Grad Fahrenheit = 137,5. Das Volumen 1 wird also = 1,375 seyn, wenn die Temperatur nur 180 Grade beträgt. Wenn nun bei höhern Temperaturen die Elasticität auf dieselbe Art als anfangs wächst, so wird bei 2 . 180 = 360 Graden, das Volumen = $1,375^2$; denn $1 : 1,375 = 1,375 : x = 1,375^2$; auf dieselbe Art bei 3 . 180° = $1,375^3$, bei 4 . 180° = $1,375^4$ u. s. w. und endlich bei 7 . 180° = 1260° (einer etwas größern Hitze als der des glühenden Eisens) wird die Temperatur 1,375⁷ seyn. Es ist aber Log. 1,375 = 0,1383027 und also 7. Log. 1,375 = 0,9681189, wozu die Zahl 9 gehört.

Sollte man aber die Luft in einer Windbüchse, wie fälschlich angenommen wurde, nicht 100 mal, sondern nur 10 mal verdichten können, so daß also schon diese 10 mal verdichtete Luft 20000 mal so elastisch wäre als die gewöhnliche atmosphärische, so würde diese 10 mal verdichtete Luft bei obiger Temperatur des glühenden Eisens mit einer Geschwindigkeit von $1300 \cdot \frac{20000}{10} \cdot 9 = 23$ Millionen 40000 Fuß in einer Secunde sich auszubreiten suchen.

Hierbei ist aber angenommen worden, daß das Pulvergas nichts anders als verdichtete, in höhere Temperatur gebrachte atmosphärische Luft sey. Es besteht aber dasselbe aus verschiedenen Gasarten, von denen die meisten leichter sind als die atmosphärische Luft. Wenn das Pulvergas z. E. Wasserstoffgas enthält, so ist dieses mehr als 6 mal leichter als die atmosphärische Luft, während selbiges einerlei Elasticität mit selbiger hat; auch hierdurch wird die Geschwindigkeit der Entzündung noch vermehrt.

Es ist also begreiflich, daß die Pulverladung eines Geschützes sich in einem sehr kleinen Zeitraum, in einem Moment entzünden müsse.

§. 20.

Nun ist leicht einzusehen, wie es zugehe, daß in den Kanonen und Mörsern von Metall mit der Zeit das sogenannte Lager entsteht. Weil nemlich die ganze Ladung schon entzündet ist, ehe die Kugel oder Bombe sich in Bewegung setzt, so strömt das Pulvergas sogar schon alsdann durch den Spielraum hindurch, ehe nur die geringste Bewegung der Kugel statt gefunden hat. Bei 12 zölligen Mörsern bei denen die Oberfläche des Pulvers der gefüllten Kammer mehr als $\frac{1}{2}$ Fuß von demjenigen größten Zirkel der Bombe entfernt ist, welcher das Brandloch zum Pole hat, muß also der aus dem Pulver entwickelte elastische Stoff, um durch den Spielraum zu entfliehen, schon diesen Raum von mehr als $\frac{1}{2}$ Fuß durchlaufen haben, ehe sich die Bombe in Bewegung setzt, und also ist es wohl um desto gewisser, daß die Flamme die ganze Ladung durchbrungen haben müsse, ehe irgend eine Bewegung der Bombe statt fand.

§. 21.

Bei den Schüssen im 16ten §. ist den Resultaten der Rumford'schen Versuche zufolge angenommen worden, daß die aus dem Pulver entwickelte elastische Flüssigkeit, selbst schon im ersten Augenblicke bei ihrer geringen Quantität, 55000 mal so expensibel als der Druck der Atmosphäre sey. Wenn man aber den Rumford'schen Versuch, auf welchen dieses Resultat sich gründet, betrachtet, bei welchem eine 8081 Pfund schwere Kanone, die Seele eines mit 26 Gran Pulver völlig angefüllten kleinen eisernen Mortiers schloß; so sieht man, daß dieses große Gewicht, der Ladung längere Zeit gelassen haben müsse, sich vollständig zu entwickeln, ja daß vielleicht das sämmtliche Gas, welches diese Pulvermasse

entsteht, entwickelt worden seyn konnte, ehe der Mörser zersprengt wurde. Bei einer solchen Einschließung des Pulvers, wo ein solcher Widerstand seiner Kraftäusserung entgegensteht, könnte man nun einwenden, ist es kein Wunder, daß der Druck des aus dem Pulver entwickelten Gas 55000 mal größer ist als der Druck der Atmosphäre, aber bei der gewöhnlichen Entzündung einer Ladung kann das sich plötzlich nur in geringer Menge entwickelnde Gas keinesweges einen so hohen Grad der Expansibilität besitzen, und folglich wird die Geschwindigkeit seiner Ausbreitung zwischen den Pulverkörnern keinesweges so groß seyn können, als S. 17 bis 19. gefunden worden ist.

Ich leugne nicht, daß diese Einwendung in Rücksicht der durch den ungeheuern Widerstand und die vollkommene Einschließung hervorgebrachten höhern Temperatur, und dadurch entstandenen höhern Elasticität der entwickelten Flüssigkeit gegründet seyn könne, allein ich zweifle, daß die Dichtigkeit der flüssigen Materie dadurch größer geworden seyn könne, als das Pulvergas seiner Natur nach ist. Ohne Zweifel hat das Pulvergas im ersten Augenblicke seiner Erzeugung den höchsten Grad der Dichtigkeit, welchen es haben kann; die Quantität desselben möge übrigens so gering seyn wie sie wolle; die Dichtigkeit dieser Flüssigkeit ist bei einerlei Pulver eine constante Größe, oder die Dichtigkeit dieser elastischen Materie kann unter keinerlei Umständen größer werden, als sie ihrer Natur nach im ersten Augenblicke der Entstehung ist. Die Dichtigkeit dieser Materie muß sogar abgenommen haben, wenn man sich die ganze Pulvermasse in einen Raum eingeschlossen, und als völlig in Gas verwandelt vorstellt, indem dieses Gas ja nun auch die vor der Entzündung des Pulvers, mit atmosphärischer Luft angefüllten Zwischenräume einnimmt, und sich also in einen größern Raum ausgebreitet hat, als das wahre Volumen aller Pulverkörner zusammen genommen ausmacht. Wenn man sich ein gewisses Volumen eines Pulverkornes als entzündet vorstellt, so nimmt das dadurch entstehende Gas im ersten Augenblicke seiner Entwicklung gewiß keinen größern Raum ein, als das verzehrte Volumen des Pulverkornes groß ist; es nimmt sogar einen kleinern Raum ein, indem diejenigen Theile des Pulvers, welche keine Gasform annehmen können, zurückbleiben, und in diesem Zustande hat also das im ersten Augenblicke der Entzündung entwickelte Gas das Maximum seiner Dichtigkeit. — Dasselbe ist der Fall, wenn man das ganze Pulverkorn und endlich die ganze Ladung sich als in einem Augenblicke entzündet, und in eine elastische Materie verwandelt vorstellt. Es würde also im ersten Augenblicke der Verwandlung, wenn selbige wirklich in einem Augenblicke vor sich ginge, das ganze brennende Gas einen Raum einnehmen, welcher wenigstens nicht größer wäre, als das wahre Volumen aller Pulverkörner zusammen genommen, und also auf diese Art seine größte Dichtigkeit haben; aber im zweiten Augenblicke würde die Dichtigkeit dieser Gasart schon geringer seyn, indem es sich in einen größern Raum ausgebreitet hätte, nemlich diejenigen Räume mit anfüllte, welche vorher zwischen den einzelnen Pulverkörnern waren. Also ist die Dichtigkeit der im erwähnten Rumfordschen Versuche entwickelten Materie,

wenn

wenn man sich auch die ganze Pulverladung in Gas verwandelt vorstellt, sogar geringer als die Dichtigkeit desjenigen Gas, was im ersten Augenblicke der Entzündung eines einzelnen Pulverkornes entwickelt wird. Es kann also die Elastizität des im Rumfordschen Versuche entwickelten Gas der ganzen Ladung, nur durch die höhere Temperatur vergrößert worden seyn. Da aber aus den Versuchen des Herrn Gay-Lussac erhellt, daß die Expansibilität der erwähnten Flüssigkeiten bei zunehmender Temperatur nur eine unbedeutende Vergrößerung bekommt, so muß es am meisten auf die Dichtigkeit des durch das Verbrennen des Pulvers im ersten Augenblicke entwickelten Gas ankommen, mit welcher Geschwindigkeit sich selbiges in die leeren Zwischenräume der Pulverkörner stürzen soll. Da nun das im oben erwähnten Rumfordschen Versuche entwickelte Gas wahrscheinlich eine weit größere Expansibilität wirklich hatte, als es zur Zerspaltung des Mörsers brauchte, und Rumford aus seinen Versuchen durch sehr gründliche Wahrscheinlichkeitsberechnungen zeigt, daß das vollkommen eingeschlossene Pulver sogar einen 101000 mal so großen Druck als die atmosphärische Luft ausübt, so müssen die S. 17 bis 19. gefundenen Geschwindigkeiten der Ausbreitung noch viel zu geringe seyn, und so ist also Daniel Bernoullis Vermuthung schon seit einem Jahrhundert das verborgene Fundament der Artilleriewissenschaft gewesen.

Von der Verbrennung der Pulverkörner, oder der Verwandlung derselben in Gas.

S. 22.

Daß die Entzündung mit einer so großen Geschwindigkeit geschlehet, als in den vorliegenden S. S. entwickelt worden ist, kann nicht berechtigen anzunehmen, daß die vollständige Verbrennung der Körner auch eben so geschwind vor sich gehe. Die Zeit der vollständigen Verbrennung ist nach der Größe der Pulverkörner verschieden, weil der Feuerstrahl die Pulverkörner von ihrer Oberfläche bis zu ihrem Mittelpunkte durchdringen soll, um sie vollständig zu entwickeln, und es müssen also die größern Pulverkörner nicht so geschwind in eine elastische Flüssigkeit verwandelt werden können, als die kleinen, wenn man auch annähme, daß beider Oberflächen durch die Entzündung gleich geschwind von der Flamme umgeben würden. Nachdem der ganzen Ladung die Entzündung mitgetheilt worden ist, wird die brennende Pulvermasse sowohl als die Kugel in Bewegung gesetzt. Die Pulverkörner können sich alsdann gern ein Stück fortbewegen, ehe sie vollkommen verbrannt sind, und wenn selbige groß, und das Feuergewehr sehr kurz ist, so ist es sogar möglich, daß das Abbremsen der Pulverkörner noch nicht einmal vollendet ist, wenn die Kugel die Mündung schon erreicht hat, und daß die Pulverkörner also brennend in die Luft fahren werden, und es wird nachher gezeigt werden, daß viele Pulverkörner sogar alsdann noch nicht vollkommen verzehrt sind, wenn sie schon 8 Fuß außerhalb der Mündung sich bewegen.

Eine Pulverladung entzündet sich also in einem Augenblick, während die vollständige Verbrennung derselben eine gewisse Zeit forbert, welche nach der Größe der Pulverförner verschieden ist.

S. 23.

In obigen Worten liegt nun die Entzündungs- und Verbrennungstheorie eines vollkommenen Pulvers. Diese Theorie mußte erst entwickelt werden, ehe man weiter gehen konnte, so wie man die Lehre von der Bewegung der Körper im luftleeren Raume, oder die auf die Ballistik angewandte parabolische Theorie kennen muß, um sich einen richtigen Begriff von der Kugelbahn zu bilden. Die Theorie lehrt die Gränzen kennen, und in der Ausübung fragt man, wie verhält es sich mit dieser Theorie, in wiefern ist selbige unter veränderten Umständen Modificationen unterworfen? Es ist bewiesen, daß das Pulvergas die Eigenschaft hat, sich mit einer ungeheuern Geschwindigkeit auszubreiten, also muß die Entzündung einer Pulverladung beinahe in einem Augenblick geschehen. Die Erfahrung lehrt, daß in Metallgeschützen das sogenannte Lager entsteht, folglich muß sich die ganze Ladung entzündet haben, ehe die Kugel sich in Bewegung setzt; denn während ein Feuerstrahl vom Zündloche bis zum Spielraume der Kugel vorwärts gehen kann, werden andere Feuerstrahlen, welche von selbigem Punkte, von der unteren Oeffnung des Zündloches ausgehen, in allen Directionen durch die ganze Ladung strömen können; dieses lehrt die Natur der Sache. Aber in der Ausübung finden dennoch Modificationen statt, welche man kennen muß. Die ganze Ladung könnte bei der Eigenschaft, welche das Gas besitzt, entzündet werden, wenn das Pulver vollkommener wäre als es ist; je besser das Pulver ist, je mehr nähert sich die oben angeführte Entzündungstheorie der Wahrheit. Aber die Erfahrung lehrt, daß bei dem jetzigen unvollkommenen Pulver, eine sehr große Menge Körner völlig unentzündet aus dem Laufe geworfen werde. Wenn man nun hieraus schließen wollte, daß die Belidor'sche Theorie, nach welcher schon ein kleiner Theil der entzündeten Ladung, die bei weitem größte Quantität der Ladung und die Kugel vorwärts schiebt, richtig sey, so würde dieses vollkommen falsch seyn. Das Belidor'sche Wort successiv erzeugt falsche Begriffe über die Entzündung des Pulvers, während das Wort augenblicklich nur richtige Begriffe erzeugt, indem die darauf gegründete Entzündungstheorie mit allen Erfahrungen, welche man bis jetzt beim Geschütze gemacht hat, übereinstimmt. Bei successiver Entzündung, wie sie Belidor annimmt, könnte keine eiserne Kanone im Bodenstück zerspringen; könnte sich bei keiner Metallkanone ein Kugellager bilden, und je größer die Ladung wäre, je weniger wäre die Entstehung eines Kugellagers zu befürchten; aber die Erfahrung lehrt das Gegentheil. Es können aber alle diese Erfahrungen mit der Hypothese vollkommen bestehen, daß sich das Pulver entzündet, ehe sich die Kugel in Bewegung setzt, oder daß sich wenigstens der bei weitem größte Theil der ganzen Ladung in dieser Zeit entzündet. Derjenige Theil der Ladung, wel-

cher sich in dieser Zeit nicht entzündet, ist größer nach Verhältniß, daß das Pulver schlechter ist; es wird dabei gleichsam ein gewisser Theil der Ladung in der Elle vergessen.

Die wahre Entzündungstheorie des jetzigen unvollkommenen Pulvers liegt nun in folgenden Worten:

Es wird bei jeder Ladung die bei weitem größte Quantität derselben schon alsdann entzündet, ehe die Kugel sich in Bewegung setzt; das Pulver was sich nun noch nachher im Laufe entzündet, ist im Verhältniß derjenigen Quantität, welche sich schon vor der Bewegung der Kugel entzündete, nur für sehr geringe zu achten.

S. 24.

Es wird nun diese wahre Theorie durch folgende Versuche bestätigt, welche der Herr General von Helwig im Frühjahr 1822 in Berlin anstellen ließ. Diese Versuche sind einzig in ihrer Art, und ich werde hier den Gang derselben, so wie selbige angestellt und stets verändert wurden, beschreiben.

Es wurde eine 15 Zoll lange Pistole und ein Infanterie-Gewehr, dessen Lauf 3' 3" lang war, mit $\frac{1}{2}$ Loth Pulver geladen, auf 1, 2, 3, 4, 6 Zoll, 1, 2, 3, 4 Fuß Entfernung der Mündung, gegen einen großen Bogen von dickem Papler, welcher auf einem Brette festgenagelt war, abgeseuert. Bei den kürzern Entfernungen, welche nicht über 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuß betrugen, wurde beim Schusse stets ein Loch ins Papier hineingebrannt, welches so groß war, als die Basis eines Kegels, dessen Seiten an der Spitze einen Winkel von 12 Grad einschließen. Auf größere Entfernung, 2 bis 3 Fuß, wurde das Papier zwar auch an einigen Stellen durchbrannt, allein diese Brandlöcher waren doch nicht sehr groß. Auf 4 Fuß fand man nur sehr wenig eigentliche Brandlöcher, und diese waren gewöhnlich nur so groß, als ein großes brennendes Pulverkorn sie machen kann. Allein es war das Papler von einer sehr großen Menge von Körnern getroffen worden, welche zum Theil durchgeschlagen, zum Theil stecken geblieben, und zum Theil angeschlagen hatten, wie es die Kartätschenkugeln gegen eine bretterne Wand thun.

Es muß hier genauer beschrieben werden, wie ein solcher Bogen Papler aussah, gegen welchen ein Schuß geschehen war.

1) Es befanden sich eine große Menge Löcher in dem Papler, welche aussahen als wenn sie von bleiernem Hagel durchdrungen wären, und in welchem auch nicht eine Spur von Brand zu sehen war.

2) Ferner fand man eine bei weitem größere Menge schwarzer Punkte, welches stecken gebliebene und durch die Geschwindigkeit der Bewegung gegen das Papler, etwas zerschlagene Pulverkörner zu seyn schienen. Wenn man solche schwarze Theile aus dem Papler herauschnitt, und an einem Lichte anzündete, so verpufften sehr viele davon beinahe eben so stark, als gewöhnliche Pulverkörner.

3) fand man eine Menge kleiner Vertiefungen, welche in der Mitte weiß, und von einem braunen Brandrande umgeben waren. Diese Vertiefungen schienen durch einzelne Pulverkörner hervorgebracht worden zu seyn, welche brennend gegen das Papier schlugen, aber nicht Kraft genug hatten, das Papier zu durchdringen, oder stecken zu bleiben.

4) Man fand nur sehr wenig solcher Punkte, welche von einem brennenden Pulverkorne wirklich durchbrannt waren.

5) Endlich fand man eine große Menge ganz weißer Vertiefungen, welche durch das Anschlagen unentzündeter Pulverkörner entstanden seyn mußten, welche das Papier aber nicht durchdringen konnten, und wieder zurückprallten, ohne Pulvertheile zurückzulassen.

Der ganze Kreis in welchem sich die meisten der Körner ausbreiteten, hatte auf 4 Fuß Entfernung ungefähr einen Durchmesser von 2 Fuß.

Die Versuche geschahen anfangs mit Preussischem Normal F Pulver, und endlich auch mit Preussischem Kanonenpulver, und noch mit einer stärkern Sorte von Pulver, welche ich N nennen will.

S. 25.

Um nun zu erfahren, wie groß der Theil der Ladung war, welcher unentzündet gegen das Papier schlug, zählte man die Pulverkörner, welche ein gewisses Gewicht z. E. $\frac{1}{2}$ Loth enthielt. Man fand nun bei dem preussischen Normalpulver folgendes:

das 1ste $\frac{1}{2}$ Loth enthielt	700 Körner.
ein 2tes $\frac{1}{2}$ — —	800 —
ein 3tes $\frac{1}{2}$ — —	870 —
die folgenden $\frac{1}{2}$ Loth enthielten	2800 —

Also waren in $\frac{1}{2}$ Loth 5170 und folglich in $\frac{1}{2}$ Loth 6890, und in einem ganzen Lothe 13700 Körner enthalten.

Wenn man nun unter der Voraussetzung, daß die sämtlichen schwarzen Punkte durch Körner entstanden waren, welche nicht brannten und nur stecken geblieben waren, die theils durchgeschlagenen, theils stecken gebliebenen und angeschlagenen Pulverkörner zählte, so fand man selbige bei $\frac{1}{2}$ Loth bei dem kurzen sowohl als langen Lauf zu 4600 und bei 1 Loth zu 6000. Also war bei $\frac{1}{2}$ Loth das Papier von $\frac{4600}{13700}$, also ungefähr von $\frac{2}{3}$ der ganzen Anzahl der Körner getroffen worden. Bei 1 Loth machte die Anzahl der getroffenen Körner $\frac{6000}{13700}$, oder nicht vollkommen die Hälfte aus.

S. 26.

Bei dem preussischen ordinalen Kanonenpulver hatte

das 1ste $\frac{1}{2}$ Loth	332 Körner
das 2te $\frac{1}{2}$ —	355 —

	787	
das 3te $\frac{1}{16}$ Loth	372 Körner	
das 4te $\frac{1}{16}$ —	426 —	
das 5te $\frac{1}{16}$ —	480 —	
das 6te $\frac{1}{16}$ —	489 —	und
endlich $\frac{1}{8}$ —	915 —	

also enthielt $\frac{1}{2}$ Loth 3369 und
 folglich 1 Loth 6378 Körner.

Wenn nun der lange Lauf mit $\frac{1}{2}$ Loth Pulver geladen, gegen das auf 4 Fuß entfernte Papier abgefeuert wurde, so war die Anzahl der durchgeschlagenen, angeschlagenen und stecken gebliebenen 2480 Stück; es hatten also $\frac{3369}{2480}$ oder etwas mehr als $\frac{2}{3}$ der Anzahl getroffen. Bei dem kurzen Lauf war die Anzahl der getroffenen Körner bei $\frac{1}{2}$ Loth Ladung 2560, und also trafen $\frac{3369}{2560}$, ebenfalls mehr als $\frac{2}{3}$ der ganzen Anzahl. Bei 1 Loth Ladung hingegen wurde das Papier bei dem langen Lauf, auf 4 Fuß Entfernung von 3800 und bei dem kurzen von 3920 Körnern getroffen. Bei dem langen Lauf war also die Anzahl der getroffenen Körner $\frac{3369}{3800}$, oder etwas mehr als die Hälfte der ganzen Ladung, und bei dem kurzen Lauf war die Anzahl $\frac{3369}{3920}$, auch etwas mehr als die Hälfte.

S. 27.

Um indessen noch größere Gewißheit über die Quantität des Pulvers zu erhalten, welches unentzündet gegen das Papier schlug, wurde das Brett, auf welches das Papier festgenagelt wurde, mit einer dicken baumwollenen Wattirung belegt, um in selbigem die Körner aufzufangen, welche unentzündet durch das über die Baumwolle ausgespannte Papier schlugen; und vor das gegen einen Baum gelehnte Brett, wurden mehrere Bogen Papier ausgebreitet, um die zurückprellenden Pulverkörner zu sammeln. Allein weil die Baumwolle zuletzt durch einen Schuß, selbst auf 5 Fuß Entfernung in Brand gerieth, so erhielt man durch diesen Versuch kein sicheres Resultat. Es geschahen bei diesen Versuchen auch einige Schüsse auf 8 Fuß mit dem preussischen Kanonenpulver sowohl als mit dem Pulver N, bei welchen sich das Merkwürdige befand, daß anstatt der auf 4 Fuß Entfernung in so großer Menge in dem Papier stecken gebliebenen Körner, sich nur die unter No. 3. S. 24. beschriebenen Brandkresse auf dem Papier befanden, während eine große Menge Pulverkörner, sowohl durchgeschlagen als angeschlagen hatten, ohne schwarze Schelle zurück zu lassen.

Wenn man einen Boutellienfork auf die Ladung setzte, welcher nur sehr gedrängt zu Boden gebracht werden konnte, so war die Anzahl der durchgeschlagenen Pulverkörner etwas geringer, und man fand nur sehr wenig stecken gebliebene Pulverkörner.

Da ich nun schon vorher vermuthet hatte, daß die sämmtlichen unter No. 2. S. 24. beschriebenen schwarzen mit einem zerschlagenen Pulverkorne oder Pulverschlacken aus

gefüllten Höhlungen im Papier Pulverkörner waren, welche brannten da sie das Papier berührten, und in demselben Augenblicke des Anschlagens gelöscht wurden; Pulverkörner welche nicht Masse genug hatten, um das Papier zu durchdringen, aber wohl Kraft genug, um einzubringen; oder welche wegen der sie umgebenden brennenden Gasatmosphäre ihre Geschwindigkeit verloren hatten, um durchzubringen; so wurde ich durch die Resultate, welche die eben angeführten Versuche auf 8 Fuß und mit einer Korkvorladung auf 4 Fuß gaben, noch mehr in obiger Meinung bestärkt. Auf 8 Fuß Entfernung hatten diese brennenden Körner nicht einmal Masse genug um einzubringen, sie schlugen nur an, machten eine kleine Vertiefung, und entzündeten nur den Rand dieser Vertiefung; die Vertiefung selbst blieb aber weiß, weil das Korn beim Anschlagen gleich gelöscht wurde, und alsdann abprellte, während etwas Feuer auf dem Rande der Vertiefung zurückblieb, und hier den braunen Eitel machte; auf 4 Fuß Entfernung hatten diese brennenden Körner noch Masse genug um stecken zu bleiben. Wenn diese Körner wenn sie wirklich unentzündet waren, auf 4 Fuß stecken bleiben konnten, warum konnten selbige denn nicht ebenfalls auf 8 Fuß stecken bleiben, da eine große Menge der unentzündeten Körner auch auf diese Distanz durchgeschlagen war? Und warum fand man keine solche schwarze Punkte, wenn der Kork auf die Pulverladung gesetzt wurde? Auch in diesem Fall waren viele unentzündete Körner durchgeschlagen, konnten denn nicht auch welche stecken bleiben? Weil aber bei dem Kork die Geschwindigkeit der Bewegung der entzündeten Masse des Pulvers nach der Mündung zu, kleiner war, so wurden die entzündeten Körner schon früher ganz aufgezehrt, und konnten selbst nicht einmal mehr als ausgebrannte Schlacken das Papier erreichen.

Viele der schwarzen Flecke auf 4 Fuß Entfernung, können auch sogar völlig ausgebrannte Körner seyn. Die ganze Masse der entzündeten Körner wird in Bewegung gesetzt; das ganze Korn kann nicht in Gas verwandelt werden, sondern es bleibt der sogenannte Pulverschlamme zurück; diese ausgebrannte Masse hat dieselbe Geschwindigkeit als das brennende Pulverkorn, und wird sich an das Papier anhängen, sogar eine Vertiefung in selbigem machen, in welche es sich legt. Man kann auch solche Schlackenpunkte, welche gern noch einige Pulvertheile enthalten können, und deswegen an einem Orte verpuffen, ganz bestimmt von stecken gebliebenen unentzündeten Pulverkörnern unterscheiden. Das Pulverkorn, welches stecken blieb, wenn es nicht entzündet war, kann mit der Spitze eines Federmessers ganz herausgehoben werden, und das Loch ist ganz rein, wie andere Vertiefungen, aus welchen die Pulverkörner wieder zurückgesprungen sind; aber bei den schwarzen mit beinahe ausgebranntem Pulver angefüllten Löchern, kann man die Vertiefung nicht rein bekommen, wenn man die schwarze Masse herausnimmt, indem selbige fest am Papier klebt. Es finden sich aber nur äußerst wenig solcher stecken gebliebenen Pulverkörner, indem sie entweder durchgeschlagen, oder wieder abgeprellt sind.

S. 28.

Diese Beobachtungen mußten auf die Idee führen, daß nur die durchgeschlagenen und angeschlagenen Pulverkörner, welche keine schwarze Theile zurückgelassen hatten, wirklich unentzündete Pulverkörner gewesen seyn könnten, und daß man also die richtige Menge derjenigen, welche nicht entzündet waren, erhalten würde, wenn man diese durchgeschlagenen und angeschlagenen zählte, indem die Zahl der stecken gebliebenen, welche nicht entzündet waren, nur sehr unbedeutend war. Ich zählte nun die durchgeschlagenen und angeschlagenen Körner, und fand, daß ihre Zahl folgende Verhältnisse gegen die ganze Ladung hatte:

Bei dem kurzen Lauf auf 5 Fuß Entfernung des Papiers.

1ster Versuch	$\frac{1}{2}$ Loth	Preuß. Kanon.	Pulver gab	$\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{9}$	der Körner.				
2ter	—	$\frac{1}{2}$	—	—	—	$\frac{1}{8}$	—	$\frac{1}{9}$	—
3ter	—	1	—	—	—	$\frac{1}{8}$	—	$\frac{1}{7}$	—
4ter	—	1	—	—	—	$\frac{1}{8}$	—	$\frac{1}{6}$	—
5ter	—	$\frac{1}{2}$	vom Pulver N.	—	$\frac{1}{16}$	—	—	—	—
6ter	—	$\frac{1}{2}$	—	—	—	$\frac{1}{16}$	—	—	—
7ter	—	1	—	—	—	$\frac{1}{12}$	—	$\frac{1}{14}$	—
8ter	—	1	—	—	—	$\frac{1}{12}$	—	$\frac{1}{14}$	—

Vorausgesetzt also, daß die Körner, welche in dem Papier stecken geblieben sind, nur solche waren, welche schon gebrannt hatten, aber in demselben Augenblick gelöscht wurden, als sie das Papier berührten, so war bei dem preussischen Kanonpulver die Menge der unentzündeten Körner beinahe doppelt so groß als bei dem Pulver N, und übrigens kommt diese Menge der unentzündeten Körner in keinen Vergleich mit derjenigen, welche man erhält, wenn man alle schwarze Flecken mitzählt; denn diese giebt $\frac{2}{3}$ der ganzen Ladung. Die geringe Quantität des Pulvers, welche bei dem Pulver N unentzündet aus dem Laufe fällt, zeigt übrigens an, daß die Entzündungsgesetze, welche bei selbigem statt finden, besser mit der wahren Entzündungstheorie (S. 9.) eines vollkommenen Pulvers übereinstimmen, als diejenigen Entzündungsgesetze, welche bei Pulver von geringerer Güte und Stärke statt finden.

S. 29.

Um nun über die Menge des Pulvers, welches sich nicht entzündet, ein reineres Resultat zu erhalten, wurden die Versuche noch auf eine andere Art fortgesetzt. Es wurde ein großer Bogen Papier zwischen Pfählen und hinter demselben eine Serviette etwa 2 Fuß davon entfernt, ebenfalls zwischen 2 Pfählen ausgespannt; der ganze Boden wurde sowohl vor als hinter dem Papier und der Serviette, und zwischen beiden mit großen leinenen Tüchern belegt, um alle Pulverkörner aufzufangen, welche durch das Papier gingen; und von der Serviette und dem Papier abprallten. Das Papier wurde bei mehreren Schüssen

gebraucht, und ganz zerschossen, so daß die Pulverkörner, welche das eine mal stecken blieben, das andre mal losgeschossen wurden. Man that auf 4 Fuß Entfernung 24 Schüsse mit dem kurzen Lauf mit $\frac{1}{2}$ Loth preussischem Kanonenpulver, und das wieder eingesammelte Pulver wog $1\frac{1}{2}$ Loth. Es war also $\frac{1}{3}$ unentzündet geblieben. Man that nun auf dieselbe Entfernung 12 Schüsse mit dem langen Lauf mit $\frac{1}{2}$ Loth Pulver, und erhielt etwas weniger als $\frac{1}{3}$ Loth Pulver, und also war auch in diesem Fall die Quantität der unentzündeten Körner $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{5}$.

Daß aber der mehr als doppelt so lange Lauf nicht verhältnißmäßig weit weniger unentzündete Körner gab als die kurze Pistole, bestätigt das S. 23. angeführte Entzündungsgesetz, nach welchem der größte Theil der Ladung entzündet wird, ehe irgend ein Pulverkorn in Bewegung gesetzt worden ist, denn wenn dieses nicht wäre, wenn das Pulver sich so langsam entzündete als Belidor glaubte, so müßte wohl der kurze Lauf eine bedeutend größere Quantität unentzündeter Körner geben, als der lange.

Hier stimmte nun die Quantität des unentzündeten Pulvers mit derjenigen überein, welche man erhielt, wenn man voraussetzte, daß nur die durchgeschlagenen und angeschlagenen Pulverkörner, welche keine schwarze Theile zurückgelassen hatten, unentzündete Pulverkörner waren. — Wenn man die sämmtlichen schwarzen Flecke als unentzündete Körner betrachtete, so erhielt man das Resultat, daß bei $\frac{1}{2}$ Loth Ladung $\frac{2}{3}$ der ganzen Ladung unentzündet aus dem Laufe fahren müßte. Dieses stimmt aber ganz und gar nicht mit allen bis jetzt, freilich nur beiläufig gemachten Erfahrungen, und hat deswegen auch nicht die geringste Wahrscheinlichkeit für sich. Wenn $\frac{2}{3}$ der Ladung wirklich unentzündet aus dem Laufe fiel, so müßte sich bei Artillerieversuchen, bei denen man viele Centner Pulver verschöffe, zuletzt ein ganzer Berg von Pulver vor der Kanone erheben, dieser endlich einmal Feuer fangen, und gleich einem globe de compression, die ganze Batterie in die Luft sprengen; denn wenn 6 Centner Pulver verschossen wären, so müßten auf diese Art 4 Centner Pulver explodiren.

Und wie soll man es wohl erklären, daß die Ladung von $\frac{1}{2}$ Loth, $\frac{2}{3}$ unentzündete Körner giebt, während bei der Ladung von 1 Loth (S. 25 und 26) die Hälfte derselben unentzündet gegen das Papier schlägt? Wenn bei der geringern Ladung ein gewisser Theil derselben unentzündet bleibt, so müßte wohl bei der stärkeren wenigstens ein eben so großer wo nicht ein größerer Theil der Ladung unentzündet bleiben. Es streitet also die Hypothese, daß die sämmtlichen schwarzen Flecke von unentzündeten Körnern herrühren sollen, auch mit der Natur der Sache.

Man kann also das S. 23. aufgeführte Entzündungsgesetz als völlig gültig und erwiesen ansehen. Wenn man nun dasjenige Pulver, welches sich bei einer Ladung nicht entzündet, als nicht vorhanden, oder als vernichtet betrachtet, wenn das Geschütz abgefeuert wird, indem selbiges keine Wirkung äußert; so kann man von dem übrigen Pulver, welches sich wirklich entzündet, das S. 9. aufgestellte Gesetz gelten lassen.

Wenn

Wenn ich also in der Folge von augenblicklicher Entzündung rede, so ist damit nur derjenige Theil der Ladung gemeint, welcher sich überhaupt entzündet, indem die Verlängerung des Laufes nicht merklich dazu beiträgt, eine größere Quantität Pulver zu entzünden, als sich schon entzündet hat, ehe die Kugel sich in Bewegung setzt. — Die Versuche geschahen nur mit losem Pulver ohne Kugel. Wenn eine Kugel in das Geschütz geladen wird, so muß die Quantität, welche sich nicht entzündet noch bedeutend geringer als $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{10}$ seyn; und je besser das Pulver ist, je vollkommener stimmt das S. 9. ausgeführte Gesetz mit dem Resultate überein, welches dieses gute Pulver giebt.

Uebrigens ist hier noch zu bemerken, daß die letzten in diesem S. beschriebenen Versuche noch nicht vollkommen sind. Wenn man sich mit vollkommener Gewißheit überzeugen will, wie groß die Quantität des Pulvers ist, welches unentzündet niederfällt, so wird man die Versuche in einem sehr langen Gebäude, z. E. in einer Reithahn oder einem Exercierhause anstellen müssen. Man wird hier den ganzen Boden mit weißen leinenen Tüchern belegen, und die Pistole oder das Gewehr mit einiger Elevation über selbigen abfeuern, um den brennenden Pulverkörnern Gelegenheit zu geben, sich gänzlich zu verzehren. — In dem in diesem S. erwähnten Versuche wurden eine große Menge der brennenden Pulverkörner durch das Anschlagen an das Papier wiederum gelöscht, fielen nieder, und wurden alsdann als solche betrachtet, welche nicht gebrannt hatten. — Es würde zweckmäßig seyn, die Gewehre bei diesen Versuchen stets mit Kugeln zu laden, weil die Entzündungsgesetze unter solchen Umständen das meiste Interesse haben.

Von der Kraft des Pulvers.

S. 30.

Die berühmten Versuche des Grafen Rumford über die Kraft des Pulvers, sind jedem Artilleristen zu bekannt, um hier eine weitläufige Beschreibung derselben zu vermischen; der Verfasser wird deswegen nur das Wichtigste davon anführen, und die Hauptresultate derselben mittheilen.

Um sich eine richtige Idee von der ungeheuern Kraft des Pulvers zu machen, braucht man nur das Resultat folgendes Versuches zu betrachten. Der Lauf eines kleinen Mortiers von geschmiedetem Eisen, der bei einem Durchmesser von $2\frac{1}{2}$ Zoll eine Bohrung von $\frac{1}{2}$ Zoll hatte, so daß das Metall um die Bohrung $\frac{1}{4}$ Zoll dick blieb, und auf dessen Mündung man eine 8081 Pfund schwere Kanone vertical aufgerichtet hatte, wurde durch eine Ladung von 26 Gran, welche nur $\frac{1}{10}$ Cubitzoll, d. i. nicht den roten Theil eines Mousquetenschusses betrug, und welche man ohne Zündloch zündete, mit einem fürchterlichen Knall in zwei Stücken zersprengt. Da es kaum sonst irgend ein Mittel giebt, wodurch man eine so harte Eisenmasse zu zerbrechen im Stande ist, so legte Rumford eines von diesen

Stücken in das britische Museum nieder, als Zeugniß seiner Entdeckung der ungeheuern Kraft des Pulvers.

Da nun Rumford aus andern physikalischen Versuchen wußte, daß ein Draht von gutem geschmiedeten Eisen, welcher $\frac{1}{100}$ Quadrat Zoll im Durchschnitt hatte, noch 119 Avoir du poids Pfunde tragen konnte, ohne zu zerreißen, und daß folglich ein Zylinder von selbigem Eisen, dessen Durchschnitt ein Quadrat Zoll ist, nicht von einem Gewichte von 63466 Pfund zerrissen werden kann; (denn $\frac{1}{100} : 119 = 1 : x = 63466$) so mußte die Kraft, welche den Mortier sprengte, bei welchem die Oberfläche des Bruches $6\frac{1}{2}$ Quadrat Zoll betrug, mehr als $63466 \cdot 6\frac{1}{2}$ oder 412529 Pfund betragen haben. Die Kraft welche den Lauf sprengte, betrug also 412529 Pfund, eben so als wenn an der einen Seite des Laufes eine Kraft von 412529 Pfund gewirkt hätte, während die andere Seite mit derselben Kraft von 412529 Pfund zurückgehalten wurde. Oder es drückte eine Kraft von 412529 Pfund inwendig gegen die eine hohle Seite des Zylinders, während eine andere Kraft ebenfalls von 412529 Pfund gegen die andere hohle Seite drückte. Es mußte also gegen den Längendurchschnitt des Laufes durch die Aze der Seele, welche Fläche $\frac{1}{2}$ Quadrat Zoll betrug, eine Kraft von 512429 Pfund drücken. Da nun $\frac{1}{2}$ Quadrat Zoll ein Gewicht der Atmosphäre von $7\frac{1}{2}$ Pfund trägt, so mußte die Kraft, welche den Lauf sprengte $\frac{512529}{7\frac{1}{2}}$ = 55004 mal größer seyn, als der Druck der Atmosphäre.

Um diese ungeheure Kraft zu erklären, drückt sich Rumford folgendermaßen aus:

„Diese ungeheure Expansivkraft weiß ich für meinen Theil nicht anders als aus der Expansivkraft der Wasserdämpfe zu erklären, die sich beim Entzünden des Schießpulvers bilden. Sowohl die beiden Bestandtheile des Wassers, als auch das Wasser selbst sind in der Mischung des Pulvers vorhanden, und wahrscheinlich bildet und entwickelt sich Wasser bei der Entzündung. Dieses wird aber bekanntlich beim Erhitzen so außerordentlich viel stärker, als irgend ein permanentes elastisches Fluidum ausgedehnt, und die Kraft der Dämpfe ist schon wenige Grade über dem Siedepunkte so gewaltig, daß es denkbar ist, wie Dämpfe, die zur Rothglühhitze erwärmt werden (und das ist beim Entzünden des Schießpulvers sicher der Fall) die ungeheure Expansivkraft bewirken können.“

§. 31.

Bei andern Versuchen mit demselben Apparat wurde die Ladung genau so eingerichtet, daß sie eben im Stande war, das Gewicht, welches auf die Mündung gestellt wurde, zu heben. Diese Gewichte waren — ausgenommen bei sehr kleinen Ladungen — Kanonen von verschiedener Größe, deren Trauben vertical auf die Halbkugel von Stahl, welche die Mündung des Mortiers schloß, gesetzt wurden. Der Lauf wurde nach den Umständen mit einer gewissen Anzahl von Kugeln gefüllt, um das Gewicht mit der Kraft des Pulvers in gehöriges Verhältniß zu bringen. Die Versuche geschahen gradweise mit allen Ladungen

von 1 bis 18 Gran. Da der Durchmesser der Mündung des kleinen Laufes genau $\frac{1}{4}$ Zoll betrug, und die Mündung selbst also 0,049 Quadrat Zoll Fläche hatte, so war der Druck der Atmosphäre auf die Mündung 0,736 Pfund Avoir du poids, da dieser Druck auf 1 Quadrat Zoll ohngefähr 15 Pfund beträgt. Wenn man also das Gewicht der Last, welche eben von der Kraft gehoben wird, durch 0,736 dividirt, so giebt der Quotient an, wie vielmal der Druck des Pulverdampfes stärker ist als der der Atmosphäre.

S. 32.

Rumford zog aus diesen Versuchen folgendes allgemeines Hauptresultat:

Die Elasticität nimmt nicht allein in einem größern Verhältnisse zu als die Dichtigkeit, sondern dieses Verhältniß ist auch veränderlich zunehmend.

Also bewiesen Rumfords Versuche ein Jahrhundert nach Bernoulli die Richtigkeit der Vermuthungen dieses berühmten Mannes. Allein aus diesem Gesichtspunkte betrachtet Rumford seine Versuche nicht, indem selbiger die große Kraft des Pulvers keinesweges einem permanenten elastischen Fluidum, sondern denen aus dem ChrySTALLISATIONSWASSER des Salpeters entwickelten Dämpfen zuschreibt.

Daß durch die Entzündung des Pulvers ein permanentes elastisches Fluidum wirklich entwickelt werde, ist durch physikalische Versuche hinlänglich entschieden; daß die atmosphärische Luft und folglich jedes elastische Fluidum oder Gas wenn es zusammengepreßt wird, einen sehr hohen Grad der Expansibilität besitze, ohne deswegen sehr dicht zu seyn, und daß folglich diese elastische Materie eine sehr große Kraft äußern könne, folgt aus dem Vorhergehenden, und es wird also keinesweges nothwendig seyn, zu den Dämpfen des ChrySTALLISATIONSWASSERS seine Zuflucht zu nehmen. Es scheint überhaupt unmöglich zu seyn, dem gleichsam kochenden ChrySTALLISATIONSWASSER, in so kurzer Zeit als eine Pulverladung sich entzündet, diejenige hohe Temperatur zu geben, welche erfordert würde um dem entwickelten Dampfe den Grad der Expansibilität zu geben, welchen das Pulvergas besitzt. Zugleich liegt noch aus folgendem Grunde etwas sehr Ungerathenes in der Behauptung, daß die Kraft des Pulvers durch das in selbigem enthaltene Wasser hervorgebracht werde. Wenn nemlich diese Hypothese wirklich ihre Richtigkeit haben sollte, so müßte das in feuchten Kellern aufbewahrte Pulver das stärkste seyn, und Rumford glehet auch bei seiner Berechnung über die Expansibilität des aus dem Pulver entwickelten Dampfes, wirklich die in den Kohlen enthaltene Feuchtigkeit mit in Betrachtung, um zu zeigen, daß das Pulver Wasser genug enthalte, um die gehörige Quantität elastischer Dämpfe zu entwickeln. Wie gehet es denn aber zu, daß das völlig trockene Pulver das stärkste ist? Man könnte sagen, daß nur das in den Haarröhren des Salpeters enthaltene ChrySTALLISATIONSWASSER, welches durch kein Trocknen vom Salpeter vollkommen geschieden werden kann, dazu diene, leicht in Dämpfe verwandelt zu werden. Wie läßt sich aber wohl das Maximum des

Wassers bestimmen, welches die Crystalle enthalten sollen, um die größte Kraft hervorzubringen, da bei einem sehr getrockneten Pulver, bei welchem die Feuchtigkeit auf ihr Minimum reducirt worden ist, auch das Maximum der Wirkung statt findet? Ja warum nimmt Rumford sogar die Feuchtigkeit in den Kohlen mit in die Rechnung, wenn die Erfahrung offenbar lehrt, daß dieses nur dazu dienet, die Kraft des Pulvers zu schwächen?

Diese Betrachtungen scheinen mir hinlänglich zu seyn, um zu beweisen, daß die Kraft des Pulvers keinesweges durch elastische Dämpfe, sondern einzig und allein durch das aus dem Pulver entwickelte elastische Gas hervor, gebracht werde.

Von den Pulverproben.

§. 33.

Um die relative Kraft des Pulvers zu untersuchen, oder welches dasselbe ist, um das Pulver zu probiren, bediente man sich in Frankreich schon Anno 1686 eines kleinen Probemortlers von Metall, welcher mit 6 Loth Pulver und einer Metallkugel von 60 Pfund geladen ward. Dieser Probemortler ist nachher beinahe in allen Ländern eingeführt worden. Der kleine Probemortler, dessen man sich bis 1803 in Hannover bediente, wurde mit $\frac{1}{2}$ Loth Pulver und einer 2pfündigen Metallkugel geladen. Die Seele dieses Mortlers war eine Halbkugel, deren Diameter genau so groß war, als der Kaliber der 2pfündigen Metallkugel, welche aus selbigem geworfen wurde. Wenn der Mortler mit dieser Kugel geladen war, so stand die Hälfte der Kugel aus der Mündung hervor, und damit die Kugel stets auf dieselbe Art eingelegt werden möchte, war ein größter Cirkel in selbige eingeschnitten, durch dessen Pol zwei größte Halbkreise sich perpendicular durchkreuzten. Die Kammer wurde durch $\frac{1}{2}$ Loth Pulver beinahe gefüllt. — Man hat auch bei der preussischen Artillerie einen ähnlichen kleinen Probemörser à la bilboquet. Die Kugel wiegt 21 Pfund 7 Loth, die Elevation ist 45 Grad und die Ladung 3 Loth. Der Mörser wirft mit dem F Normalpulver 30 Ruthen weit. — Dieser Probemortler ist von Scharnhorst angegeben worden.

§. 34.

Man hat noch andere Sorten von Pulverproben, über welche man Beschreibungen in verschiedenen Artilleriebüchern findet. Von allen ältern Pulverproben scheint mir die vom Ritter d'Arci in seinem Versuch einer Theorie der Artillerie angegebene die sinnreichste zu seyn. Die relative Kraft des Pulvers wird bei diesem Instrument durch den Recül einer kleinen in horizontaler Lage an eine verticale eiserne Stange befestigten, und sich als einen Pendul bewegenden Kanone bestimmt; indem durch eine gewisse Vorrichtung die Grade des Recülbodens vermittelst eines Zeigers angegeben werden. Wallere fand

diese Probe zweckmäßig, nachdem d'Arcl eine solche im Großen hatte machen lassen. Man hat diese Pulverprobe in England sehr verbessert.

S. 35.

Eine weniger bekannte Pulverprobe von einfacherer Einrichtung, ist die in Norwegen und Dänemark noch außer dem gewöhnlichen französischen Probemortiere gebrauchte, sogenannte Doppprobe von holländischer Erfindung, welche zuerst beim dänischen See-Stat, und nachher auch beim Artillerie-Corps eingeführt wurde.

Diese Pulverprobe besteht aus einem hölzernen Cylinder EFGH Fig. 3. Plan I. welcher mit einem Cylinder ABCD von einem größeren Durchmesser aus einem Stücke besteht. Der Cylinder EFGH hat ein 9 Linien weites und $2\frac{1}{2}$ Zoll tiefes Loch MNKL, welches mit Messing gefüttert ist. KH ist das Zündloch. Wenn der Cylinder EFGH mit $2\frac{1}{2}$ Quentlin Pulver geladen ist, so setzt man einen oben abgerundeten, unten flachen, mit Messing beschlagenen Cylinder O, den sogenannten Dopp, welcher 4 Loth wiegt, auf die Mündung der vertical gestellten Pulverprobe, und das Pulver muß, wenn es angenommen werden soll, diesen Dopp 80 bis 100 Fuß hoch werfen. Um aber beobachten zu können, bis zu welcher Höhe der Dopp steigt, geschieht die Probe neben einer hohen Mauer oder Stange, an welcher die Hauptmaassen bis zu 100 Fuß abgesetzt und mit Zahlen bezeichnet sind, welche man deutlich lesen kann, wenn man sich 20 bis 30 Schritt von der Pulverprobe stellt.

S. 36.

Welche von diesen Pulverproben nun, entweder die größern Probemortiere, oder die kleine hannoversche, oder die erwähnte Doppprobe den Vorzug verdiene, wird sich aus folgendem ohngefähr beurtheilen lassen.

Es bedarf wohl keines Beweises, daß diejenige Pulverprobe die vorzüglichste sey, welche in einzelnen Wirkungen die kleinsten Differenzen zeigt, wenn man Pulver von einerlei Beschaffenheit mit selbiger probirt.

Weil ein kleiner im Gewicht gleich großer Unterschied in der Ladung, welcher bei Abwägung derselben unvermeidlich ist, einen bedeutendern Einfluß auf die Wirkung bei kleinen, als bei größern Ladungen hat, so führt man dieses als einen hauptsächlichsten Grund an, den kleinen Probemortier, dem man nur kleine Ladungen giebt, zu verwerfen, und dem größern Mortiere mit größerer Ladung den Vorzug zu geben. Wenn man z. E. dem großen Mortiere 6 Loth Ladung giebt, so sind 2 Quentlin weniger oder mehr $= \frac{1}{3}$ der ganzen Ladung. Könnte man nun z. E. bei dem hannoverschen Probemortiere bei $\frac{1}{2}$ Loth Ladung ebenfalls 2 Quentlin fehlen, so würde der Fehler $\frac{4}{1}$ der ganzen Ladung betragen, und es würden also bei diesem kleinen Mortiere bei verschiedenen Würfen wegen der zufällig sehr verschiedenen Ladungen bedeutende Differenzen statt finden, bei denen das Mittel ein sehr

unsicheres Resultat geben würde. Allein Fehler von solcher Beschaffenheit sind bei solchen kleinen Ladungen beim Abwägen nicht zu befürchten. Die Fehler, welche beim Abwägen des Pulvers statt finden, werden sich der Wahrscheinlichkeit nach stets ohngefähr wie die ganzen Gewichte oder Quantitäten der Ladungen verhalten. Fehlt man also bei 6 Loth $\frac{1}{2}$ des ganzen Gewichts, so wird man auch bei $\frac{1}{2}$ Loth nicht mehr als ungefähr $\frac{1}{2}$ fehlen, indem die dazu gebrauchten Wagen den Quantitäten des zu wiegenden Pulvers angemessen seyn, und also den gehörigen Grad der Sensibilität haben werden. Die Fehler, welche beim Abwägen geschehen, sind also keinesweges so nachtheilig, daß man deswegen die kleinern Probemortiere und kleinern Ladungen verwerfen sollte. Größere Mortiere mit größern Ladungen sind aber wahrscheinlich aus dem Grunde den kleinern Mortieren mit kleineren Ladungen vorzuziehen, weil das Pulver, wenn es auch noch so gut melirt ist, doch bei kleinen Quantitäten immer ungleicher ausfällt, als bei größeren Quantitäten. Der wichtigste Vortheil größerer Mortiere bestehet aber vorzüglich darin, daß bei ihnen die Ladung im Verhältniß des Gewichts der Kugel nur klein ist, während man bei kleinern Mortieren die Ladung nicht in demselben Grade vermindern kann, um eben dasselbe Verhältniß herauszubringen, weil die Ladungen sonst zu klein werden, und der oben erwähnte Nachtheil wegen der Ungleichheit des Pulvers aus einem Fasse, bei ihnen eintreten würde. Je kleiner nemlich die Ladung im Verhältniß des Gewichts der Kugel ist, je kleiner sind die anfänglichen Geschwindigkeiten, und je kürzer sind die Distanzen, und je kleiner sind also auch die Differenzen der Würfe. Es wird also aus dem Grunde vorthellhaft seyn, größere Probemortiere zu haben, bei denen die Ladung, obgleich an sich noch immer groß genug, doch nur einen kleinen Theil des Kugelgewichts ausmacht. Beim englischen Probemortier wiegt die Kugel 64 Pfund und die Ladung beträgt 2 Unzen oder 4 Loth, also ist die Ladung $= \frac{1}{16}$ des Kugelgewichts. Bei dem französischen ist sie $\frac{1}{32}$, beim hannöverschen $\frac{1}{32}$, und bei der sogenannten Dopp-Probe $\frac{1}{64}$ des Gewichts des geworfenen Körpers. Der englische Probemortier scheint also vor allen den Vorzug zu verdienen, welchen ihm auch Scharnhorst einräumt.

S. 37.

Dabei entstehet noch immer die Frage, in welchem Verhältniß die Größe der Pulverkammer bei diesen Mörsern gegen die Quantität des Pulvers stehen soll? Soll die Ladung die Kammer zum Theil oder ganz füllen? Ich hatte anfangs ein sehr weitläufiges Raisonnement aufgeschrieben, um in dieser Rücksicht durch Schlüsse zu einem Resultate zu gelangen; allein dieses Resultat war kein anderes, als daß nur allein Versuche über diesen Gegenstand entscheiden können.

Nachher bin ich durch die Mittheilungen des Herrn General von Helvig belehrt worden, daß die im Verhältniß gegen die Pulverquantität kleinste Kammer auch die vorzüglichste sey.

Wenn nemlich eine große Kammer mit schlechtem und gutem Pulver nur zum Theil gefüllt wird, so ist der Unterschied der Wurfweiten dieser beiden Pulversorten nur geringe; wenn aber die Kammer so klein ist, daß dieselben Quantitäten selbige beinahe füllen, so findet bei gutem und schlechtem Pulver ein bedeutender Unterschied in den Wurfweiten statt.

Es wäre wohl der Mühe werth, diesen Gegenstand recht gründlich durch Versuche zu erforschen, wenn man den Mörser als Pulverprobe zweckmäßig einrichten wollte.

S. 38.

Die oben beschriebene holländische Pulverprobe hat den Fehler, daß sie bei derselben Sorte von Pulver gar zu bedeutende Differenzen giebt, indem der hölzerne Cylinder, welcher vertical in die Höhe geworfen wird, im Verhältniß gegen die Gewalt des Pulvers zu leicht ist, und außerdem dem Widerstande der Luft eine zu unregelmäßige Figur entgegensetzt, da die Ase desselben nicht immer vertical bleibt. Der Verfasser glaubt indessen, daß diese Pulverprobe bei einer zweckmäßigen Einrichtung zu einer großen Vollkommenheit gebracht werden könne. Das Werfen unter einem Winkel von 45 Grad, giebt vermöge der Unregelmäßigkeit der Kugel und des Widerstandes der Luft, schon ohne Rücksicht auf eine größere oder kleinere anfängliche Geschwindigkeit, bedeutende Differenzen, welche beim verticalen Schusse keinen Einfluß auf die Höhe, bis zu welcher der Körper steigt, haben können, sondern nur Seitenabweichungen von der verlängerten Ase des Mörsers hervorbringen. Warum kann bei der holländischen Probe der geworfene Körper nicht eine Metallkugel seyn? Warum soll diese Probe nur von Holz und nicht lieber von Eisen seyn? Ich glaube also daß man diese Probe am besten auf folgende Art einrichten könne. Es wird ein kleiner eiserner Mörser, dessen Kammer etwa 2 Loth Pulver fassen kann, und dessen Seele nur ein Kugelabschnitt — nicht einmal eine Halbkugel — ist, nicht vollkommen vertical auf seinen horizontalen Fuß angegossen, damit die Kugel nicht den Mortier treffen kann, wenn sie vom Steigen wiederum niederfällt. Man müßte die Kugel etwa 20 bis 30 Pfund schwer machen, damit selbige nur zu einer geringen Höhe fliege.

Die in England zur Vollkommenheit gebrachte Pulverprobe des Ritter d'Arcei möchte aber wohl vor allen stets den Vorzug behalten; die kleine Doppprobe kann man aber leicht transportiren, wenn man Pulver an verschiedenen Orten probiren will. Aber bei den Hauptarsenälen, wo die größte Menge des Kriegspulvers im Empfang genommen und probirt wird, sollte man die verbesserte englische des Ritter d'Arcei anstatt des französischen Probemörsers (eprouvette) haben.

Die kleine Kanone dieser Pulverprobe wiegt nach Dupin Voyages dans la Gr. Br. 40/34 Kilogrammen, oder ungefähr 82 Pfund poids de marc. Die äußere Länge dieser Kanone ist 812 Millimeter oder ungefähr 30 Zoll, und der Kaliber 50 Millimeter oder 1,85 Zoll.