

www.e-rara.ch

Physikalisch-mathematische Grundsätze der Artillerie

Papacino d'Antoni, Alessandro Vittorio

Berlin, 1768

ETH-Bibliothek Zürich

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-29982>

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.

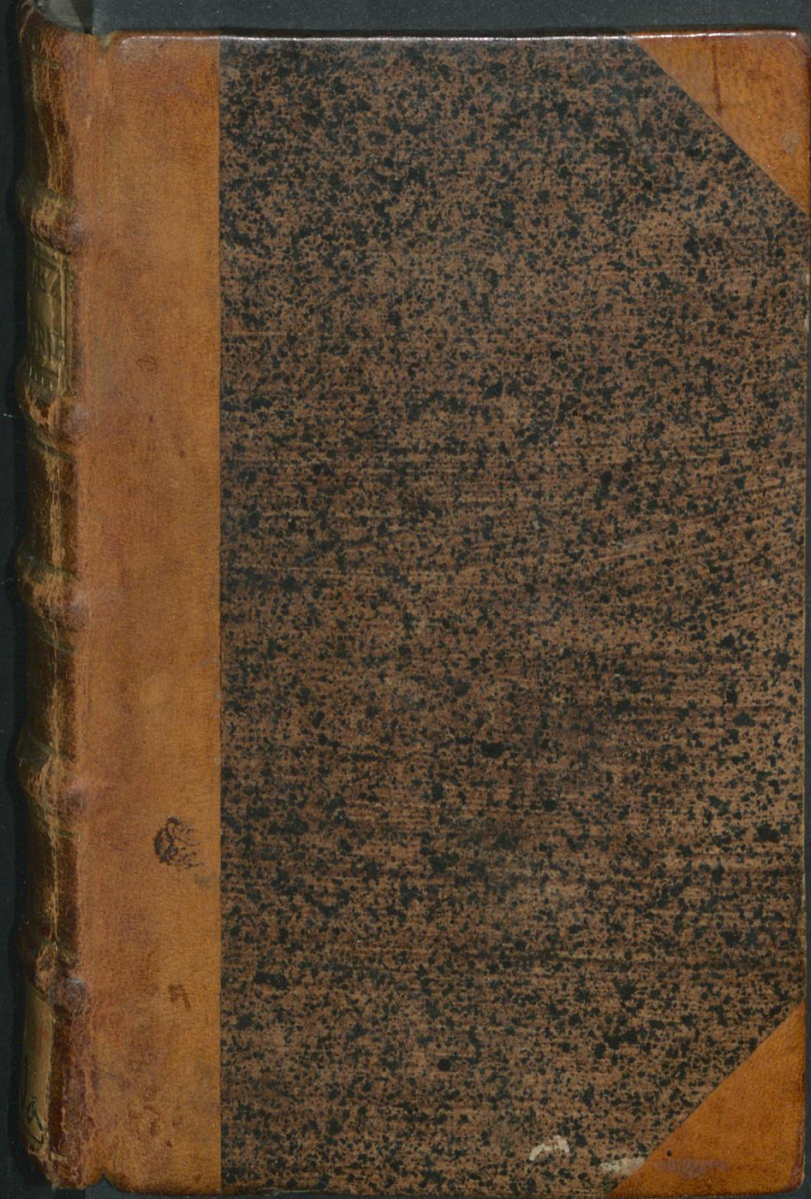
e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titinformationen 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]

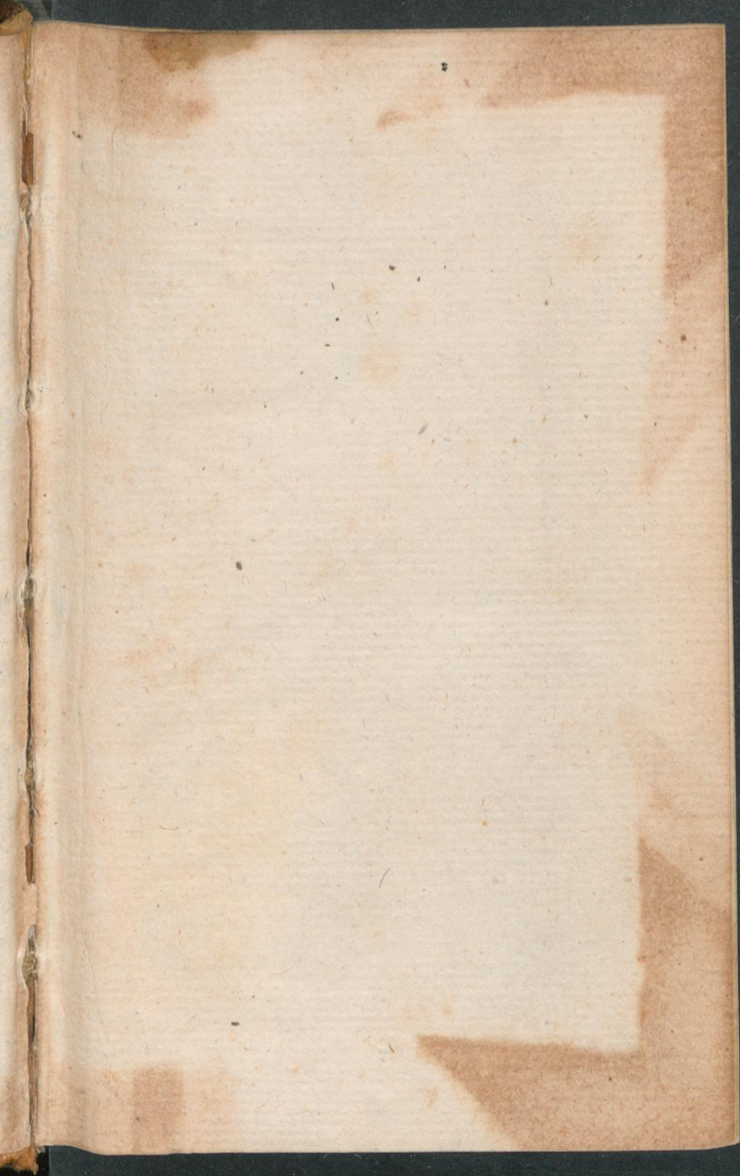
Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

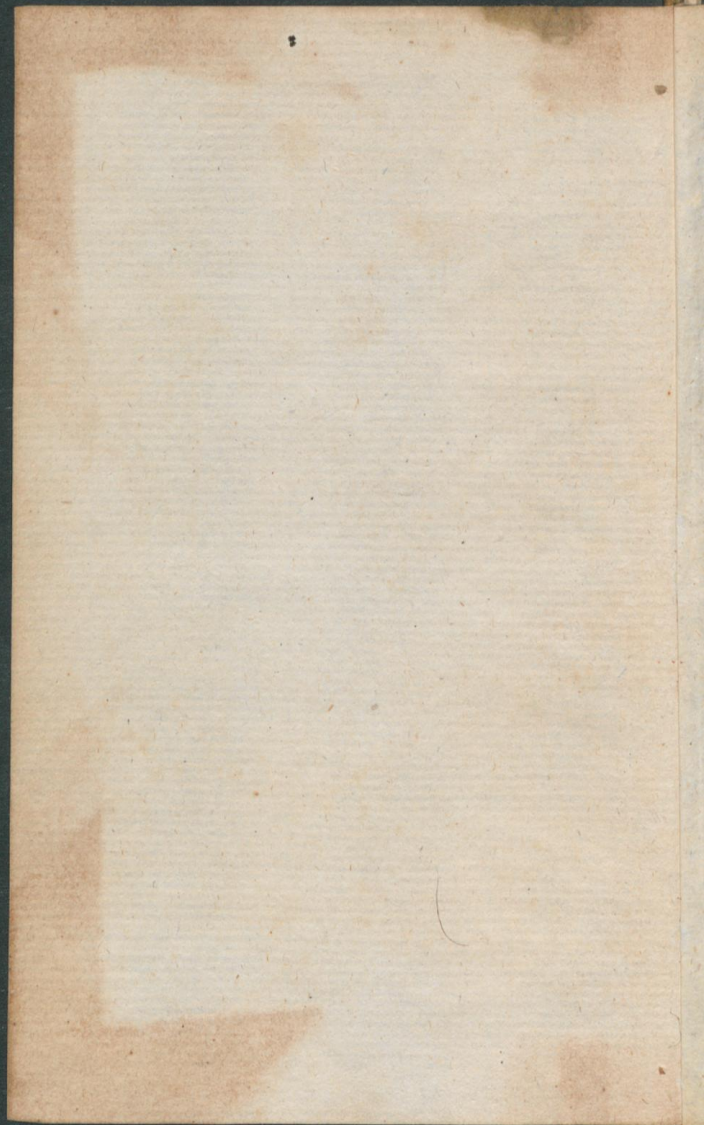
Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]



M. 1160 a (Raw) 115.32

Ref 7590









Physikalisch = Mathematische
Grundsätze
Der Artillerie

in denen
die Natur und Eigenschaften
des Pulvers
untersucht
und durch viele und gründliche Erfahrungen
ins Licht gesetzt werden.

Aus dem Italiänischen
des Herrn Papacino d'Antoni
Er. Königl. Majestät in Sardinien
Directeur der theoretischen Schulen der Artil-
lerie und Fortification.

Mit Anmerkungen vermehrt
von

G. F. Tempelhoff,
R. Pr. Lieutenant bey dem Feld-Artillerie-Corps.

Berlin, bey Arnold Weber. 1768.



THE
OFFICE OF THE
TREASURER OF THE
UNITED STATES

DEPARTMENT OF THE TREASURY
WASHINGTON, D. C.
JANUARY 1, 1892

TO THE
HONORABLE
COMMISSIONER OF THE
LAND OFFICE

WASHINGTON, D. C.
SIR:
I have the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 28th inst. in relation to the matter of the sale of the land in the State of California, and in reply to inform you that the same has been forwarded to the proper authorities for their consideration.

Dem
Hochwohlgebornen Herrn,
H e r r n
Carl Wilhelm
von Dießkau,

Er. Königlichen Majest. in Preussen
hochbestallten General-Major und Chef,
Inspecteur der sämtlichen Königlichen
Artillerie-Magazine, der Ecole d'Artillerie
und ihrer Deconomie.

mit

hochgebornen Herrn

Herz

Carl Wilhelm

von

der Königlich Preussischen
hochgebornen General Major und
Inspector der Königlich Preussischen
Artillerie-Regimente, der Beolde d'Art.
Jens und ihrer Bräutlinge.

Hochwohlgeborner Herr,
Hochzugebietender
Herr General-Major!



Ew. Hochwohlgeboren sind
nach geendigtem Kriege be-
ständig bemühet gewesen, die
besten Anstalten zu treffen, durch ei-
ne gründliche Verbindung der Theo-
rie mit der Erfahrung die Artillerie
zu verbessern. Daher sind die vor-

trefflichen Einrichtungen entstanden, durch welche das ganze Corps Gelegenheit hat, sich alle erforderliche Kenntnisse in der Mathematik zu verschaffen, und diejenigen Talente zu entwickeln, welche sonst vielleicht unbrauchbar und in der Dunkelheit begraben liegen würden.

Dieses alles unterstützen Ew. Hochwohlgeboren durch den großmüthigen Beyfall, welchen Dieselben allen denjenigen ertheilen, welche einen aufrichtigen Eifer im Dienst und in der Ausübung ihres Metiers blicken lassen. Kann wohl bey einem Soldaten etwas schmeichelhafter, etwas gedacht werden, welches das Feuer in demselben mehr unterhalten kann, als der Beyfall eines Chefs

Chefs, dessen ausgebreitete Einsichten durch eine Reihe von Erfahrungen einen ganz vorzüglichen Grad der Vollkommenheit erhalten?

Der glückliche oder unglückliche Erfolg einer Unternehmung pflegt gemeiniglich das Urtheil darüber festzusetzen. Ew. Hochwohlgeboren beurtheilen aber das Verdienst einer Sache aus einem weit edlern Grunde; Sie beurtheilen es nach der Güte der Absichten. Aus dieser Ursache wage ich es, Ew. Hochwohlgeboren Namen der Uebersetzung eines Werkes vorzusetzen, welches vielleicht in der Artillerie nicht ganz unnütze ist. Es ist dieses von einem Manne verfertigt, welcher der theoretischen Classe einer der wohleingerichtesten Artil-

lerie-Schulen in ganz Europa vorge-
setzt ist. Wie glücklich würde ich
mich schätzen, wenn Dieselben mei-
ne Freiheit dem eifrigen Verlangen
zuschreiben wolten, welches ich
habe ein Zeichen der tiefen Ehrfurcht
abzulegen, mit der ich die Ehre habe
zu beharren

Hochwohlgeborner Herr,
Hochzugebietender
Herr General = Major,
Ew. Hochwohlgeboren

gehorsamster Diener,
G. F. Tempelhoff.

Vorrede.

Seitdem man angefangen hat die höhere Geometrie auf die Artillerie anzuwenden, und die Grundsätze dieser letztern dem Calcul zu unterwerfen, haben sich die größten Geister ein Vergnügen daraus gemacht, in diesem Fache zu arbeiten. Ihre Bemühungen haben aber noch nicht vieles zum Vortheil derselben beygetragen, mit so vieler Scharfsinnigkeit dieselben auch ausgeführet worden sind. Darüber aber darf man sich gar nicht wundern. Die Artillerie ist wirklich ein Feld, welches noch eben nicht zu fleißig bearbeitet worden: und die wahren Grundsätze derselben sind noch so versteckt, daß es vielleicht einen Newton erfordert, um dieselben ans Licht zu bringen.



Das Pulver ist nun wohl der Gegenstand, der die fleißigsten und sorgfältigsten Untersuchungen erfordert. Es gehöret aber viel Scharfsinnigkeit dazu, dieselben so anzustellen, daß die daraus gezogene Schlüsse in Absicht auf die Eigenschaften und Wirkungen desselben einigen Grad der Gewißheit bekommen. Der Herr Verfasser dieses Werks ist indessen durch Hülfe einiger ganz neuen und sehr sinnreichen Maschienen im Stande gewesen, sehr gründliche Erfahrungen anzustellen, und dahero erhalten seine daraus hergeleitete Grundsätze ein grosses Gewicht; besonders, da er die glückliche Kunst versteht, seine theoretische Speculations nicht über die Gränzen der Erfahrung herumschweifen zu lassen. Er hat sein Werk in zwey Theile abgetheilet. In dem ersten werden vier Haupt-Eigenschaften des Pulvers bewiesen, welche bey demselben statt finden, so bald es
von

von dem Feuer angegriffen wird. In dem zweiten Theile werden verschiedene Methoden angegeben, um die Gränzen zu entdecken, in denen die größte Gewalt des Pulvers eingeschlossen ist, und das Gesetz zu bestimmen, welches das Pulver, nach den verschiedenen Beschaffenheiten der Behältnisse, in denen es angezündet wird, bey seinen Wirkungen beobachtet.

Von allen Schriften, welche bisher von der theorethischen Artillerie herausgekommen, ist diese ohnstreitig eine von den gründlichsten, und es ist nicht zu zweifeln, daß die Artillerie nichtsolte nach und nach beträchtliche Vorthelle daraus erhalten können, wenn eine richtige Anwendung dieser Grundsätze durch fernere Erfahrungen unterstützt wird. Der Verfasser hat alles gethan, was man in einer so dunklen Materie erfordern kann, und seine sinnreiche Versuche zeigen von seinen gründlichen Einsichten in der Physik und Mechanik.

Unter:



Unterdessen wird eine ziemliche Kenntniß der höhern Mathematik erfordert, um alles, was in diesem Werke vorge-
tragen wird, nicht allein gründlich zu ver-
stehen, sondern auch mit gutem Erfolge
in praktischen Fällen anzuwenden. Es
ist dieses zwar eine Sache, die der Billig-
keit nach nicht von einem jeden Artilleri-
sten verlangt werden kann. Jedoch
ist die höhere Mathematik auch nicht
mehr so unbekannt bey der Artillerie:
wenn sie gleich nicht ein jeder Bombar-
dier versteht, so halte ich davor, daß doch
ein jedes Corps eine Menge Officier wird
aufweisen können, welche dieselbe zu ihrer
Beschäftigung in den ruhigen Stunden
des Friedens erwählet haben.

Da in diesem Werke die Grundsätze
der Mechanik vorausgesetzt werden, die
aber nicht einem jeden, der auch eine ziem-
liche Kenntniß der Differential- und In-
tegral-Rechnung hat, bekannt sind, oder
wenig-

wenigstens nicht sogleich einfallen, so habe ich einen ganz kurzen Abriß derselben vorangehen lassen.

Wenn man bedenkt, daß dieses Werk zum Gebrauch eines Soldaten geschrieben ist, der nicht mit allzu viel Büchern bekannt seyn kann, von dem man auch nicht verlangen kann, daß er sich alle kaufen soll, und der es also natürlicher Weise gern sehen wird, wenn er das, was er zur höchsten Nothdurft gebraucht, in der Kürze so zusammen findet, daß er es mit einem Blick übersehen kann; so verspreche ich mir von einem jeden unpartheyischen Richter so viel Billigkeit, daß er mir daraus kein Verbrechen machen wird.

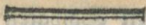
Ich habe auch die nothwendigsten Sätze, welche der Verfasser unbewiesen angeführt, durch einige Anmerkungen zu erläutern gesucht. Hierbey muß ich besonders die Herrn Geometer ersuchen, mich als einen Soldaten zu betrachten,
 und

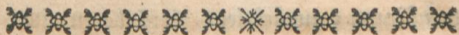


und nicht unbarmherziger Weise mit einem allzustrengen Urtheil über mich her zu fallen. Jedoch ich weiß, daß die größten Männer die Newtons, die Euler, eben wegen ihrer ausgebreiteten Erkenntnisse die billigste Nachsicht haben, und dieses macht mich unerschrocken, mich dem Urtheile der übrigen Gelehrten zu unterwerfen.

Bei der Uebersetzung habe ich so viel als möglich, das Original deutlich auszudrücken gesucht. Selten hin und wieder einige Fehler vorgegangen seyn, so wird sie der gütige Leser entschuldigen. Ich hoffe indessen, daß sie von keiner Wichtigkeit seyn werden.

In Absicht auf dem Gewichte, dessen sich der Verfasser bedienet und ein Denar genannt wird, muß ich anmerken, daß es ohngefähr 6 Gran ausmacht; das Längenmaaß findet man in den Anmerkungen bestimmt.





Einige nothwendige Grundsätze der Mechanik.



§. I.

Bei einer jeden Bewegung muß man auf die Kraft, welche dieselbe in einem gewissen Körper hervorbringt, und auf die Geschwindigkeit sehen. Von dieser letztern bekommt man einen Begriff, wenn man auf den Raum sieht, den ein Körper in einer bestimmten Zeit zurücke legt, wenn die Bewegung so beschaffen ist, daß der Körper gleiche Räume in gleichen Zeiten beschreibt, man mag übrigens die Zeit so groß oder so klein annehmen als man will.

§. II. Bei dieser vorausgesetzten gleichförmigen Bewegung ist offenbahr, daß, wenn ein gewisser Körper A in der Zeit T

b

den



den Raum c zurück legt, derselbe in einer Zeit, die n mahl so groß ist als T einen Raum beschreiben wird, welcher n mahl so groß ist als c ; diese Zahl n mag eine große oder kleine, eine ganze oder gebrochene Zahl seyn. Wenn also s der Raum ist, den der Körper A in der Zeit $t = nT$ beschreibt, so ist bey einer gleichförmigen Bewegung

$$T : t = c : s$$

oder die Zeiten verhalten sich wie die Räume, folglich ist $s = \frac{c \times t}{T}$

S. III. Wenn sich nun die Zeiten T und t auf eine bestimmte Einheit beziehen, z. E. auf einer Sekunde, so ist t allezeit eine absolute

Zahl, und folglich kann man allezeit den Raum wissen, den ein Körper mit einer gleichförmigen Bewegung in einer gewissen Zeit t beschreibt, die man so groß, oder so klein als man will, ja unendlich klein annehmen kann; wenn man nur den Raum weiß,

weiß, den ein Körper in einer bestimmten Zeit T z. E. eine Sekunde, beschreibt.

§. IV. Wenn man den Raum weiß, den ein Körper in einer bestimmten Zeit T z. E. eine Sekunde, beschreibt oder beschreiben könnte, so weiß man auch seine Geschwindigkeit. Man kann also die Geschwindigkeit den Raum nennen, den ein Körper mit einer gleichförmigen Bewegung in einer Sekunde beschreiben könnte, und in diesem Verstande wird die Geschwindigkeit auch von allen Schriftstellern genommen; und daher kann man auch den Raum s , den ein Körper in der Zeit t mit einer gleichförmigen Bewegung beschreibt, durch das Produkt aus der Zeit in die Geschwindigkeit ausdrücken (§. II.)

§. V. Wenn sich ein Körper in einer gewissen Linie bewegt, und seine Geschwindigkeit alle Augenblick verändert, so kann man die Geschwindigkeit desselben nicht aus dem Raum erkennen, den er in einer Se-



kunde wirklich beschreibt; sondern wenn man die Geschwindigkeit des Körpers bestimmen will, die er nach Verfließung der Zeit t in dem Punkte S seine Bahn hat, so muß man den Raum bestimmen, den eben der Körper mit der Geschwindigkeit, welche er bey S hat, in einer Sekunde beschreiben würde, wenn er mit einer gleichförmigen Bewegung fortgieng. Nun kann man aber die Bewegung eines Körpers, wenn sie veränderlich ist, wenigstens in einer unendlich kleinen Zeit als gleichförmig betrach-

A

S s

ten. Wenn also der Körper in der Zeit t bis S gekommen, und den Raum $AS = s$ beschrieben, und er beschreibt mit der Geschwindigkeit, die er bey S hat, den Raum $Ss = ds$ in der unendlich kleinen Zeit dt , und u ist der Raum, den derselbe mit der Geschwindigkeit, welche er bey S hat, in einer Sekunde beschreiben würde, wenn er mit gleichförmiger Bewegung fortgieng,

oder



oder seine Geschwindigkeit bey S, so ist
(S. II.) $udt = ds$.

S. VI. Wenn sich ein Körper in einem gewissen Zustande befindet, es sey nun, daß derselbe in Ruhe sey, oder sie bewege, so ist offenbahr, daß keine Veränderung in diesem Zustande vorgehen kann, es muß dazu eine gewisse Ursache erfordert werden, die man ohne sich weiter um das Wesen derselben bekümmern, eine Kraft nennen kann. Eine solche Kraft wird also, wenn der Körper ruhet, demselben in einer bestimmten Zeit eine gewisse Geschwindigkeit beybringen, wenn sich aber derselbe bewegt, die Geschwindigkeit desselben verändern, es sey nun, daß diese Veränderung in einer Vermehrung oder Verminderung der Geschwindigkeit, mit der er sich schon bewegt, bestehe: und es ist leicht einzusehen, daß sich diese Veränderung nach der Direktion der Kraft selbst richten wird.



§. VII. Man stelle sich nun zwey Körper A und A' vor, deren Massen vollkommen gleich sind. P und p lasse man zwey Kräfte bedeuten, davon die erste in dem Körper A, die andre in dem Körper A' wirkt; so ist offenbahr, daß die Wirkungen, welche diese Kräfte in einer bestimmten Zeit dt hervorbringen, denen Kräften selbst proportional seyn müssen. Diese Wirkungen können aber in nichts anders als in der Veränderung der Geschwindigkeiten der Körper bestehen (§. VI.). Wenn also die Geschwindigkeit des Körpers A durch u und des Körpers A' durch z ausgedrückt wird, so ist das Differenziale von diesen Geschwindigkeiten den darin entstehenden Veränderungen proportional. Folglich ist

$$P : p = du : dz.$$

§. VIII. Die Kraft p, die in den Körper A wirkt, würde aber in eben der Zeit dt in den Körper 2 A' nur eine halb so grosse Wirkung, und in dem Körper n A eine



ne n mahl kleinere Wirkung hervorbringen, als in dem Körper A. Wenn also eine oder zwei Kräfte, welche einander gleich sind, in verschiedene Körper wirken, deren Massen ungleich sind, so sind die Wirkungen und also auch die Veränderungen in den Geschwindigkeiten, welche in gleichen Zeiten dt , hervorgebracht werden, den Massen umgekehrt proportional. Gesezt also, die Kraft p wirke in die Körper A und B. Die Geschwindigkeit des Körpers A wäre z , und des Körpers B wäre c , so wird $B : A = dz : dc$.

§. IX. Wenn diese Analogie mit der vorigen verbunden wird, so bekommt man dadurch eine neue, welche die Wirkung der Kräfte P , und p in die Körper A und B bestimmt. Denn aus der ersten ist $dz = \frac{p \, du}{P}$

und aus der zweiten $dz = \frac{B \, dc}{A}$ folglich

$$\frac{p \, du}{P} = \frac{B \, dc}{A} \text{ und also } du = \frac{P \times B \, dc}{A \, p}$$



S. X. Man siehet hieraus, daß wenn man nur die Wirkungen wüßte, welche die Kraft P in der Zeit dt in dem Körper B hervorbringt, man dadurch im Stande seyn würde, die Wirkung der Kraft P in den Körper A , die in eben dieser Zeit dt hervorgebracht wird, auf das genaueste zu bestimmen. Da man nun die Wirkungen der Schwere auf die Körper auf der Erde, sowohl durch die Erfahrung als Theorie bestimmen kann, so kann man daraus ganz füglich die Wirkung einer jeden andern Kraft P auf den Körper A bestimmen. In dieser Absicht kann man sich auch die Kraft P als ein Gewichte vorstellen, welches in einem Körper wirkt, dessen Gewicht A ist. Denn da es ausgemacht ist, daß nothwendig eine jede Kraft zu einer andern eine gewisse Verhältniß haben muß, so muß auch die Kraft P zu der Schwere eine gewisse Verhältniß haben; daher kann man sich die Kraft P als ein Gewichte vorstellen, welches hier auf der

Erde

Erde eben so stark drücken oder ziehen würde, und da die Massen dem Gewicht proportional sind, so kann man die Masse A auch durch ein Gewicht ausdrücken.

§. XI. Die Schwere ist aber eine solche Kraft, welche beständig in einem Körper wirkt, und da sie unveränderlich ist, demselben in gleichen Zeiten gleiche Grade der Geschwindigkeit beibringt. Folglich verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Zeiten, dergestalt, daß wenn c die Geschwindigkeit ist, welche der Körper nach Verfließung der Zeit t erhalten, und er bekommt in der Zeit dt die Geschwindigkeit dc , so wird $dc : c = dt : t$ folglich ist $dc = \frac{cdt}{t}$.

Wenn man nun $t = 1'$ setzt, und unter c den Raum versteht, den ein Körper mit der Geschwindigkeit, welche er durch den Fall von einer gewissen Höhe erhalten hat, in einer Sekunde mit einer gleichförmigen Bewegung beschreiben würde, so wird $dc = cdt$



und also $du = \frac{P}{A} \times \frac{B}{P} c dt$, und wenn man

$\frac{B}{P} = 1$ setzt, weil die Massen | dem Ges
wichte proportional ist, so wird $du = \frac{P}{A} c dt$

S. XII. Dieser Raum c aber, den ein Körper mit der Geschwindigkeit, die er erhalten hat, indem er in Zeit von einer Sekunde von einer gewissen Höhe herabgefallen, beschreiben würde, wenn derselbe mit einer gleichförmigen Bewegung fortgieng, muß nach einem gewissen Maße und etwas A genauer bestimmt werden. Nun ist aber offenbar, daß, wenn ein Körper in der Zeit t die Linie AB herabgefallen wäre, und er stiege mit der durch den Fall bey B erhaltenen Geschwindigkeit wieder gerade in die Höhe, derselbe in einem Luftleeren Raum genau wieder bis in den Punkt A kommen würde. Denn da die Schwere
bey



ben dem Aufsteigen eben so wirkt als wenn der Körper fällt, so ist offenbahr, daß, wenn dieselbe im Fallen den Körper in der Zeit dt eine gewisse Geschwindigkeit beygebracht hat, und der Körper steigt gerade in die Höhe, eben diese Kraft die Geschwindigkeit, mit welcher der Körper in die Höhe steigt, in der Zeit dt um eben so viel vermindern muß. Gesezt also, der Körper wäre in einer gewissen Zeit bis C herabgefallen, und in der folgenden Zeit dt könnte derselbe mit der bey C erhaltenen Geschwindigkeit den Raum Cc beschreiben, wenn die Schwere zu wirken aufhörte; weil aber die Schwere wirkt, so beschriebe er vermöge derselben noch den Raum cB und also in der Zeit A vermöge der Geschwindigkeit, welche er bey C hat, und derjenigen, welche noch zu dieser durch die Wirkung der Schwere hinzugesetzt wird, den Raum $Cc + cB = CB$; so ist offenbahr,



bahr, daß, wenn sich der Körper mit der bey B erhaltenen Geschwindigkeit wieder gerade in die Höhe bewegte, und mit einer gleichförmigen Bewegung den Raum BD beschreiben könnte, derselbe wegen der Schwere nur den Raum BC in der Zeit t beschreiben wird; und da Bc vorhin die Wirkung der Schwere war, bey dem Aufsteigen dieselbe aber den Raum BD um CD verkürzt, so muß $CD = Bc$ seyn, die Zeit mag groß oder klein genommen werden.

§. XIII. Wenn also s der Raum ist, den ein Körper mit der Geschwindigkeit, die er von der Höhe AC erhalten, in der Zeit t beschreiben würde, wenn er gleichförmig fortginge, und x ist der Raum, den er noch außer dem Raum s vermöge der Wirkung der Schwere in eben der Zeit dt beschreibt; ferner c der Raum, den eben dieser Körper mit der bey B erhaltenen Geschwindigkeit in der Zeit t beschreiben würde, wenn die Schwere nicht auf ihn wirkte; und dieser

Körper



Körper bewegte sich mit der bey B erhaltenen Geschwindigkeit gerade in die Höhe, so ist allezeit $c - x = s + x$ folglich $c = s + 2x$. Die Zeit dt mag groß oder klein seyn.

§. XIV. Da nun der Punkt C nach Ge- fallen angenommen worden, so kann man denselben in A nehmen, wo der Körper also keine Geschwindigkeit hat; alsdenn wird $s = 0$ und $c = 2x = 2AB$. Ist nun t eine Sekunde, so wird AB der Raum, den ein Körper in eine Sekunde im Luftleeren Raum frey herabfällt, ist nun $AB = g$ so wird $c = 2g$. Und also kann ein Körper mit der Geschwindigkeit, welche er durch den Fall in einer Sekunde von einer gewissen Höhe erhalten hat, in eben dieser Sekunde mit einer gleichförmigen Bewegung genau noch einmahl so weit gehen.

§. XV. Nach diesem vor c bestimmten Werth wird also die Formel §. XI. in diese

$$du = \frac{2gPdt}{A}$$

A

ver:



verwandelt. Weil aber der Körper in der Zeit t schon den Raum s beschrieben hat, so ist (§. V.) $u dt = ds$ folglich $du = \frac{dd s}{dt}$

wenn das Element der Zeit als beständig betrachtet wird, und demnach $ds = \frac{2g P dt^2}{A}$

oder $u du = \frac{2g P ds}{A}$, und auf diese For-

meln beruhet alles, was in der ganzen Mechanik vorkommt.

§. XVI. Wenn sich ein Körper um eine Axe drehet, und man ziehet von einem jeden Punkte auf der Axe eine Perpendikulär-Linie, so beschreibt ein jeder Punkt einen Bogen, und alle diese Perpendikulär-Linien beschreiben um die Axe in gleichen Zeiten gleiche Winkel. Die Geschwindigkeiten der Punkte verhalten sich nun wie die beschriebene Bogen, folglich wie die Entfernungen derselben von der Axe, wenn die Bewegung gleichförmig ist, und wenn die Bewegung um



um die Ase nicht gleichförmig ist, so kann man sie doch in einem unendlich kleinen Theil der Zeit als gleichförmig ansehen. Und denn verhalten sich auch die Geschwindigkeiten der verschiedenen Punkte, wie die Entfernungen derselben von der Ase.

§. XVII. Hieraus folgt also, daß man nur die Geschwindigkeit eines einzigen Punktes wissen darf, wenn man die Geschwindigkeit aller andern Punkte wissen will. Man betrachte also die Entfernung eines gewissen Punktes von der Ase als r und nenne die Geschwindigkeit dieses Punktes z ; ist nun r die Entfernung eines beliebigen andern Punktes von der Ase, so wird $r : r = z :$
 u und es ist $u = rz$.

§. XVIII. Diese Geschwindigkeit des Punktes, dessen Entfernung von der Ase als r angesehen wird, heist die Winkelgeschwindigkeit des drehenden Körpers. Weil $u = rz$ ist, so ist $z = \frac{u}{r}$ folglich wenn man die

Geschwin-



Geschwindigkeit eines gewissen Punkts weiß, dessen Entfernung von der Axe r ist, so bekommt man die Winkelgeschwindigkeit, wenn man die wahre Geschwindigkeit eines Punkts durch die Entfernung desselben von der Axe dividirt.

§. XIX. Bey der drehenden Bewegung beschreibt ein jeder Punkt um die Axe einen Bogen. Wenn also x der Bogen ist, den ein gewisser Punkt in einer gewissen Zeit t beschrieben, so ist dx der Bogen, den er in der unendlich kleinern Zeit dt beschreibt. Wenn also u die Geschwindigkeit eben desselben Punkts ist, so wird $u dt = dx$. Ist aber ω die Winkelgeschwindigkeit, und r die Entfernung des Punkts von der Axe, so wird $u = r\omega$ folglich ist bey der drehenden Bewegung beständig $r\omega dt = dx$. Wenn aber ϕ der Bogen ist, den der Punkt beschreibt, dessen Entfernung von der Axe r ist, so ist $r\phi = x$ und folglich $r\omega dt = r d\phi$ oder $\omega dt = d\phi$.



§. XX. Uebrigens lassen sich auch hier die schon entdeckten Grundsätze der Bewegung anbringen. Denn damit der Körper diese drehende Bewegung erhalte, so muß nothwendig ein jedes Element desselben von einer Kraft getrieben werden. Und wenn p die Kraft ist, welche in dem Element dM wirkt, und ω ist die Winkelgeschwindigkeit des Körpers, so ist $r\omega$ die Geschwindigkeit des Elements dM , dessen Entfernung von der Ase r ist. Wenn nun in einem jeden Elemente eine solche Kraft p wirkt; so wird

$$r d\omega = \frac{2 g p dt}{dM}$$

seyn, und alle diese Kräfte machen, daß die Winkelgeschwindigkeit des Körpers ω um $d\omega$ zu- oder abnimmt.

§. XXI. Hieraus ist aber wieder umgekehrt $p = \frac{r d\omega dM}{2 g dt}$ oder da $d\omega$ vor allen

Elementen, die Zeit dt über, unveränderlich ist,



ist, und man setzt $\frac{2gdt}{a} = a$ so wird

$$p = \frac{rdM}{a}$$

Dahero folgt auch umgekehrt, daß, wenn ein jedes Element des Körpers, welcher sich um eine unbewegliche Aze drehet, von einer Kraft sollicitirt wird, welche den Massen und den Entfernungen von der Aze proportional ist, die Winkelgeschwindigkeit ω des Körpers dergestalt verändert wird, daß

$$\omega = \frac{2gdt}{a}$$

ist. Dieses ist also die Wirkung aller dieser Kräfte, welche in jedem Elemente des Körpers wirken.

§. XXII. Wenn man das Moment aller dieser Kräfte, die in dem Körper wirken, und Elementenkräfte genannt werden, wissen will, so entsteht daselbe, wie bekannt, wenn man jede Kraft durch die Entfernung

von

von der Aze multiplicirt. Folglich da jede Kraft

$$r d M,$$

so ist ihr Moment

$$r r d M,$$

und folglich die Summe aller Momente

$$\int r r d M.$$

§. XXIII. Dieses Integral $\int r r d M$ nennt man das Momentum inertiae eines Körpers, welches also entsteht, wenn man ein jedes Element des Körpers mit dem Quadrat der Entfernung desselben von der Aze multiplicirt.

§. XXIV. Wenn aber ein Körper, der sich um eine unbewegliche Aze drehet, von verschiedenen andern Kräften sollicitirt wird, so kann die Veränderung, welche in der Bewegung des Körpers vorgehet, so



bestimmen. Es sey α die Winkelgeschwindigkeit des Körpers, nach dem der Punkt, dessen Entfernung von der Axe r ist, den Bogen ϕ beschrieben hat, und $d\alpha$ der Theil, um den die Winkelgeschwindigkeit des Körpers wegen der Wirkung dieser Kräfte verändert wird. Hieraus ist also die Elementarkraft, die in jedem Element des Körpers wirken müßte, damit die Winkelgeschwindigkeit des Körpers eben die Veränderung leidet,

Da nun sowohl die sollicitirenden als auch die Elementarkräfte einerley Wirkung hervorbringen, so muß die Summe der Momente aller sollicitirende Kräfte der Summe der Momente aller Elementarkräfte gleich seyn. Wenn nun Vf die Summe der Momente aller sollicitirenden Kräfte ist, so muß

$$Vf = \int r^2 dM$$

seyn.



seyn. Hieraus wird also $a = f r r d M$.

$$a = f r r d M$$

Nun wird die Wirkung der Elementarkräfte in dem Körper durch $d s = 2 g d t$

bestimmt, da nun diese einerley mit der Wirkung der sollicitirenden Kräfte ist, so wird die Winkelgeschwindigkeit des Körpers von allen den sollicitirenden Kräften dergestalt verändert, daß

$$d s = 2 g V f d t$$

$$f r r d M$$

S. XXV. Ist nun ϕ der Bogen, den der Punkt in der Zeit $d t$ beschrieben, dessen Entfernung von der Ase $= r$ ist, so wird

$$d s d t = d \phi \text{ und } d s d t = d d \phi$$

wenn $d t$ als beständig betrachtet wird.

Setzt man diese Werthe in der gefundenen Formel, so wird

$$f r r d M$$



$$1) \quad x ds = \frac{2gVfd\phi}{frdM}$$

$$2) \quad dd\phi = \frac{2gVfdt^2}{frdM}$$

Und in diesen Formeln ist alles enthalten, was zur Bestimmung der drehenden Bewegung eines Körpers um einer unbeweglichen Ase gehört.

§. XXVI. Das Integral $frdM$ ist allezeit positiv, weil ein jedes Element des Körpers positiv ist, und es verändert sich nach der Verschiedenheit der Axen des Körpers. Man kann es also ansehen als das Produkt, welches entsteht, wenn man den Körper M durch das Quadrat einer gewissen Linie multiplicirt.

Fig. 32 §. XXVII. Es sey aa die Ase, um die sich der Körper drehet, und bb eine andere Ase, welche mit der vorigen parallel ist, aber durch das Centrum inertiae des Körpers geht. Man ziehe MB , MA auf diese beyde



beide Axen von dem Punkt M perpendicular,
und MC auf die Fläche, in der die beyde
Axen aa, bb liegen. Es sey $AB = l$ die Ent-
fernung der beyden Axen, und in $MC = y$;
 $BC = x$. Ferner, Mkk das momentum
inertiae in Absicht auf die Axe bb, so wird
 $Mkk = \int MB^2 dM$, und das momentum
inertiae in Absicht auf die Axe aa, ist
 $\int MA^2 dM$, oder, da $MB^2 = x^2 + y^2$,
so wird $Mkk = \int (x^2 + y^2) dM$. Allein,
 $MA^2 = AC^2 + CM^2 = (l + x)^2$
 $+ y^2 = l^2 + 2lx + x^2 + y^2$.
Folglich $\int MA^2 dM = \int (l^2 + 2lx +$
 $x^2 + y^2) dM = Ml^2 + 2l \int x dM$
 $+ \int (x^2 + y^2) dM$. Es ist aber aus der
Statik bekannt, daß $\int x dM = 0$ ist, weil
die Axe bb durch das Centrum inertiae des
Körpers geht, und da $\int (x^2 + y^2) dM =$
 Mkk , so wird $\int MA^2 dM = Ml^2 + Mkk$.
Setzt man nun diese Werthe in die Formel

$$d\omega = \frac{2gVfdt}{\int r r dM}$$

$$d\omega =$$



$$d\dot{u} = \frac{2gVfd\tau}{M(kk+11)}$$

$$d\dot{u} = \frac{2gVfd\phi}{M(kk+11)}$$

$$dd\phi = \frac{2gVfd\tau^2}{M(kk+11)}$$

§. XXVIII. Alle diese Formeln, die ich hier ganz kurz angeführt habe, sind von einem gar grossen Nutzen in der ganzen Mechanik, und man kann daraus alles herleiten, was in dieser Wissenschaft vorzügliches ist.





Erster Theil.

Von

den Eigenschaften des Pulvers.

Da alle Versuche und Erfahrungen,
um etwas Zuverlässiges in Ab-
sicht auf die Eigenschaften des Pulvers,
und die Wirkungen desselben zu entdecken,
nicht anders als durch Hülfe des Feuers
angestellt werden können; so wird es nicht
Erst. Th. A undient:



undienlich seyn, wenn wir gleich anfänglich einige allgemeine Betrachtungen über dem Feuer selbst anstellen, und dabey die Fußstapfen derjenigen Philosophen folgen, die unermüdet in der Untersuchung der aller verborgensten und verwirresten Wege der Natur, alles angewendet haben, um die Wahrheit zu entdecken.

Erstes Capitel. Von dem Feuer.

§. I.

Der berühmte Hermann Böhme, und mit ihm der größte Theil der gelehrtesten Chymisten, haben nach einer Reihe verschiedener und oft wiederholter Versuche nichts weiter von dem Feuer entdecken können, als einige Eigenschaften, welche demselben einzig und allein zukommen, und nach denen dasselbe, nach den verschiedenen Umständen, unter denen es sich unsern Sinnen darstellt, verschiedene Namen bekommt.

anionu

18

13. 1. Das

Das Element des Feuers, wenn es allein und unvermischt ist, heißt, Feuer, Licht und Wärme, *materia solaris*. Man hält davor, daß dasselbe an und vor sich ein flüssiges Wesen und aus verschiedenen kleinen Theilchen zusammengesetzt ist, die sich beständig, ob zwar nicht immer mit einerley Geschwindigkeit, bewegen. Der gelehrte Jacob Barthol. Beccari beweist, daß dieses Wesen an allen Orten und fast in allen Körpern befindlich ist, indessen kann man noch nicht bestimmen, ob dasselbe mit zu den Bestandts und wesentlichen Theilen der Körper gehöret.

Wenn man die gläserne Kugel an der electrischen Maschine ein wenig reibet, so kann man sich leicht überzeugen, daß das Feuer überall ausgebreitet ist. Zwey harte Körper, wenn man sie stark aneinander reibet, fangen erstlich an warm zu werden, darauf erhitzen sie sich, fangen an Funken von sich zu werfen, und, nachdem die Bes



schaffenheit der geriebenen Körper ist, an zu brennen.

§. 2. Wenn das Feuer aus seinem flüssigen Zustande, so zu sagen, in dem Zustande der Dichtigkeit übergeht, und offenbahr selbst ein Theil eines Körpers wird, so nennt man diese Substanz, eine verbrennliche Materie, phlogistische Materie, Schwefel, wenn man ihn als den Grundstof betrachtet, oder Nahrung des Feuers. Man wird dieses bey einigen Körpern gewahr, welche leicht anbrennen, welches offenbahr die Gegenwart des Feuers beweiset.

§. 3. Ein Hauptkennzeichen des Feuers, so lange es sich in dem ersten Zustande befindet, (§. 1.) ist, daß es die Körper sehr leicht durchdringt, sich gleich stark in dieselben vertheilet, sie ausdehnet, und wenn es häufig in dieselbe eindringen kann, die Theile derselben endlich von einander trennet. Diese Leichtigkeit aber, mit der das Feuer in die Körper eindringt, und die

Theile

Theile derselben von einander absondert, ist nach den verschiedenen Eigenschaften der Körper, welche es antrifft, verschieden; und einige Körper, als Holz, und die Theile der thierischen Körper, dehnen sich bey der Annäherung des Feuers keinesweges aus, sondern ziehen sich vielmehr zusammen.

§. 4. Ein anderes unterscheidendes Kennzeichen des Feuers ist ferner, daß es viele Körper entweder vermittlest der Flamme, welche empor steigt, oder indem dieselben glühend werden, leuchtend macht.

§. 5. Befindet sich hingegen die Materie des Feuers in einem Körper in dem zweiten Zustande, (§. 2.) so bringt sie in den Theilen desselben nicht die geringste Veränderung hervor, sie theilet keine Wärme mit, und leuchtet auch nicht eher, als bis der Körper so zu sagen, in die feurige Bewegung versetzt, das ist, wirklich angezündet wird.



§. 6. Nachdem die Umstände, in denen sich das Feuer in dem ersten Zustande (§. 1.) befindet, verschieden sind, nach dem erscheinen auch die Würfungen desselben verschieden, und diese Verschiedenheit bemerkt man allezeit:

- 1) Wenn man das Feuer in einem bestimmten Raum betrachtet.
- 2) Wenn man es als in einem Körper wirklich befindlich, betrachtet.
- 3) Wenn man die Art und Weise und das Gesetz betrachtet, nach dem es die Körper, deren Eigenschaften verschieden sind, durchdringet, und von denselben aus sich umher ausbreitet.

§. 7. Wenn man das Feuer in einem bestimmten Raum betrachtet (§. 6. n. 1.) so wird man gewahr, daß die Quantität desselben sich darinnen vermehren und vermindern und mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen läßt; von der Menge dieser Materie und der Geschwindigkeit, mit der
 sich

sich dieselbe in diesem bestimmten Raume bewegt, hängt ferner die Würksamkeit und die Kraft desselben ab; dieses kann man bey Brenngläsern und Brennsiegeln in den Brennpunkten derselben gewahr werden.

Die Kraft und Würksamkeit des Feuers haben ihre Grade, und wir können dieselbe nicht anders messen, als wenn wir auf die Ausdehnung der Körper und die Zertrennung der Theile derselben acht haben. Jedoch hat man noch bis jetzt keinen zuverlässigen Maassstab ausfindig machen können, durch den man die Quantität und die Geschwindigkeit des Feuers, jede an sich selbst, und auch die Wirkungen, welche dasselbe vermöge seiner Kraft in den Körpern hervorbringt, messen könnte. Denn da man noch nicht weiß, bis auf welchen Grad sich ein Körper zusammenziehen würde, wenn alle Feuertheilchen aus demselben weggeschafft würden, so ist offenkundig, daß man noch nicht einen festen und



bestimmten Punkt hat, von dem man den wahren Anfang der Ausdehnung anrechnen könnte. Bey der Einrichtung der Thermometer wird der niedrigste Punkt, den man bishero angenommen hat, durch die Dichtigkeit des Quecksilbers bestimmt, welche durch eine bestimmte Vermischung des Salmiacks mit Schnee, hervorgebracht wird. Indessen zeigen doch die Beobachtungen, welche in den nördlichen Ländern angestellt worden, daß das Quecksilber in diesen Thermometern einen größern Grad der Dichtigkeit gehabt hat. Bey der Einrichtung der Pyrometer, hängt der Punkt, welcher die größte Dichtigkeit anzeigt, von dem Zustande der Luft in Absicht auf die Wärme ab, welcher sehr veränderlich ist. Diese beyde Werkzeuge können also durch ihre stufenweise Veränderung nur den Unterscheid der Ausdehnung nach den verschiedenen Graden des Feuers, welches in dieselbe dringt, oder welches sie in sich enthalten, anzeigen.

§. 8. Betrachtet man ferner das Feuer als etwas, welches sich wirklich in einem Körper befindet, (§. 6. n. 2.) so findet es sich, daß die Wirkungen, welche es vermöge seiner Kraft hervorbringt, nicht bloß von der Menge und der Geschwindigkeit der feurigen Materie, sondern auch von der Masse des Körpers abhängen, in dem sich dasselbe befindet. Dieses wird man gewahr, wenn man zwey flüssige Wesen, deren Dichtigkeit verschieden ist, in einen gleichen Zustande der Wärme versehen will. Bey den dichtern muß man alsdenn einen größsern Grad der Hitze anbringen. Man sagt indessen, daß zwey Körper gleich warm sind, wenn die Kraft oder der Grad des Feuers in denselben den Massen derselben proportional ist.

Wenn wir zwey Körper anrühren, deren Dichtigkeit verschieden ist, und dieselben haben einerley Grad der Wärme, so glauben wir allezeit, daß der dichtere wär-



mer sey. Dieses falsche Urtheil rühret aber daher, daß wenn wir den dichtern Körper anfassen, mehrere Theile desselben unsere Hand berühren, als wenn wir den angreifen, welcher nicht so dichte ist. Hierdurch bekommen wir eine Empfindung, welche grösser oder kleiner ist, nachdem die Anzahl der Punkte, welche wir berühret haben, grösser oder kleiner ist; wir glauben also, daß die Kraft des Feuers sich bey dem dichtern Körper stärker äussert als bey dem dünnern.

S. 9. Wenn man endlich die Art und das Gesetz untersucht, nach dem das Feuer in die Körper dringt (S. 6. n. 3.) so findet sich, daß die Veränderungen, welche sich dabey ereignen, entweder bloß von der verschiedenen Kraft des Feuers, oder bloß von den verschiedenen Zeiten, in denen es angebracht wird, oder von der Verschiedenheit der Oberflächen, den Eigenschaften und den Massen der Körper abhänget, welche

welche das Feuer umgiebt; und wenn eins von diesen Dingen verschieden ist, so ist dieses hinreichend um zu machen, daß ganz andere modificationes erfolgen.

Man nehme zwey Stücke Eisen, welche einander ähnlich, aber von verschiedener Grösse sind, und lege dieselben in eben dasselbe Feuer, so wird man gewahr werden, daß dasjenige, welches kleiner ist, sich viel eher erhizet, als das andre. Man schlage hingegen dieses letztere dünner, so daß die Oberfläche desselben größer wird, so wird es sich weit eher erhizen als das erstere. Man kann auch diese verschiedene Wirkungen sehen, wenn man ein Stück Eisen und einen Stein oder einen andern Körper in eben dasselbe Feuer legt.

Alles dasjenige, was bishero von der Leichtigkeit gesagt worden, mit der das Feuer in die Körper dringt, läßt sich auch gebrauchen, wenn man untersuchen will,
wie



wie das Feuer sich von den Körpern entfernt und aus demselben herausgeht. Denn so bald sich in einem Körper eine größere Quantität Feuer befindet, als diejenige ist, welche denselben umgiebet, so dringt das Feuer hervor, und entfernt sich von demselben, indem es sich auf allen Seiten gleich stark ausbreitet; die Kraft dieses Feuers, welches sich ausbreitet, nimmt auch je mehr und mehr ab, je weiter es sich von dem Körper, aus dem es hervordringt, entfernt. Wenn man das Gesetz bestimmen will, nach dem sich dieses Feuer ausbreitet, so muß man ersülich ausmachen, um wie viel die Quantität des Feuers in den Körpern selbst größer ist, als diejenige, welche den Körper umgiebt, und dabey auf die Zeit, die Oberfläche, die Eigenschaften und Masse des Körpers, welche alles hierauf keinen geringen Einfluß hat, acht haben, und es ist offenbahr, daß sich hierbey eine grosse Verschiedenheit zeigen muß,

wenn

wenn entweder alle oder einige von diesen Dingen verschieden sind.

§. 10. Nachdem wir also die verschiedenen Umstände untersucht haben, welche einen Einfluß auf die Wirkung des Feuers haben, wenn dasselbe entweder in einen bestimmten Raume, oder als sich in den Körpern wirklich mit befindlich betrachtet wird; da wir auch ferner die Art und das Gesetz untersucht haben, nachdem es in die Körper eindringt oder sich von denselben entfernt; so wollen wir auch sehen, was mit demselben bey dem Anzünden und Verbrennen brennbarer Körper vorgeht.

Wenn man in einem brennbaren Körper die feurige Bewegung entweder in der Gestalt einer Flamme oder glühenden Kohle erregen will, so geschiehet dieses auf zweyerley Art:

1) Man legt entweder äußerlich an den brennbaren Körper eine gewisse Quantität Feuer;

2) Oder,



2) Oder, man vermehret die Bewegung des Feuers, welches schon in dem brennbaren Körper enthalten ist.

§. II. Wenn man auf die Leichtigkeit sieht, mit der brennbare Körper vom Feuer verzehret worden, so kann man dieselben in zwey Classen theilen. Zur ersten werden also diejenigen gehören, welche so beschaffen sind, daß, wenn man einige Theile derselben in Brand setzt, das Feuer sich auf die andre so lange fortpflanzet, bis der Körper völlig von der Flamme verzehret worden; Dergleichen gekünsteter Weingeist, Schwefel, ic. sind. Die zweite Classe wird aus derjenigen Art von Körpern bestehen, welche so beschaffen sind, daß wenn man einige Theile derselben angezündet hat, sich das Feuer nicht von selbst auf die andern fortpflanzet, sondern da man entweder das Feuer durch neues unterhalten, oder die Bewegung desselben in den schon angezündeten Theilen vergrößern, oder dem brennbaren

baren Körper eine solche Lage geben muß, daß das Feuer, welches auf allen Seiten aus den angezündeten Theilen hervordringt, in der Nähe andre brennbare Theile antrifft, welche noch nicht angezündet sind. Der größte Theil von Vegetabilien, Holz u. s. w. gehöret zu dieser Classe.

§. 12. Der Grad des Feuers, welcher erfordert wird, um die feurige Materie, welche sich in den brennbaren Körpern von beiden Classen befindet, in Bewegung zu setzen, und, wenn sie einmal entzündet, sie in diesem Zustande zu erhalten, ist nach der verschiedenen Beschaffenheit der Körper selbst sehr verschieden: und man hat angemerkt, daß dieser Grad des Feuers in einem jedem brennbaren Körper grösser seyn muß, nachdem derselbe von einer mehr oder weniger verdünnten Luft umgeben wird, oder wenn sich von dem schon angezündeten Körper der Rauch und andere Materien, welche eigentlich die Nahrung

Nahrung des Feuers nicht sind, nicht absondern können.

In beyden Fällen muß man, wenn der Körper gänzlich verbrennen soll, entweder das Feuer beständig durch neues Feuer unterhalten, oder die Bewegung desjenigen, welches schon in dem Körper ist, immer mehr und mehr grösser zu machen suchen.

§. 13. Man kann aus dem vorhergehenden leicht sehen, wie weitläufig die Lehre von den Wirkungen des Feuers seyn muß, da nicht allein die Bitterung, die Oberfläche, die verschiedenen Eigenschaften und Massen der Körper, denen es sich nähert, und noch andere Materien, welche den Körper umgeben, verschiedene Veränderungen darinnen hervorbringen, sondern die Modifications selbst, denen das Feuer nach seiner Menge und der Geschwindigkeit mit der es sich bewegt, unterworfen ist, einen gar starken Einfluß darauf haben.

zurück

§. 14. Die Gewalt des Pulvers, welche sich bey Feuerröhren, Bomben, in den Mienen u. nachdem dasselbe sich entzündet, offenbahret, zeigt deutlich, daß die Wirkungen des Feuers nach der Beschaffenheit, der Proportion der Bestandtheile des Pulvers, der äußerlichen Luft, welche dasselbe umgiebt, und verschiedenen andern Umständen, die wir an seinem Ort anzeigen werden, vielen Veränderungen unterworfen sind. Und da es nicht in unserer Macht steht, alle die Umstände, welche zu dessen Entzündung und gänzlichen Verbrennung etwas beitragen, auf das genaueste zu bestimmen, so können wir auch nicht verlangen, daß einerley Quantität Pulver in eben demselben Gewehr beständig eben dieselbe Wirkung hervorbringen soll.





Zweites Capitel.

Vom Schwefel, Kohlen, Salpeter,
und ihrer Vermischung.

§. 15.

Man versteht unter dem Schwefel einen gewissen Körper, der aus der Vermischung eines vitriolischen Acidi mit einer verbrennlichen Materie entsteht, und man rechnet denselben mit unter die Mineralien, weil er aus der Erde gegraben wird. Ein mäßiger Grad des Feuers macht, daß derselbe schmilzt, und sich in kleine Bröckchen, welche man Schwefelblumen nennen, verwandelt: wenn derselbe also mit fremden Materien vermischt ist, so muß man denselben sublimiren, wenn man ihn rein haben will.

§. 16. Der Schwefel hat die Eigenschaft, daß er sich entzündet, brennt, und völlig verzehrt wird, wenn er in freier Luft einen etwas größern Grad des Feuers bekommt, als erfordert wird, um denselben

zu schmelzen. Die Bewegung des Feuers pflanzen sich in demselben leicht fort; und dieses ist auch die Ursache, warum man sich desselben bey der Verfertigung des Pulvers bedienet.

§. 17. Wenn die Luft, welche den Schwefel umgiebt, verdünnet wird, so entzündet sich derselbe nicht so leicht, und verbrennt auch mehr oder weniger geschwinder, nachdem die Luft mehr oder weniger verdünnt worden. Wenn man denselben unter einem Recipienten, aus dem die Luft mit aller Gewalt herausgepumpt worden, anzünden will, so muß man einen weit größern Grad des Feuers anbringen, als erfordert wird, um ihn in freyer Luft anzuzünden. Der Inhalt des Recipienten selbst muß auch eine gehörige Verhältniß zu dem Schwefel haben, welcher in Brand gesetzt werden soll; damit der Rauch, wenn derselbe gar zu sehr verdickt wird, nicht verhindere, daß derselbe gänzlich verbrenne (§. 12.).



Das einzige Mittel, um den Schwefel aufzulösen, ist, daß man denselben in Brand setzt; die verbrennliche Materie wird dadurch zerstört, und das Acidum Vitriolicum geht durch den Dampf davon.

§. 18. Die Kohlen, deren wir uns bey der Verfertigung des Pulvers bedienen, sind ein Körper, welcher aus einer verbrennlichen und erdichten Materie besteht, die in den Vegetabilien enthalten ist. Wenn man Kohlen haben will, so verbrennt man diese Vegetabilien dergestalt, daß sie keine Flamme von sich geben können; alsdenn vereinigt sich ein Theil der verbrennlichen Materie, welche in denselben enthalten ist, sehr genau mit den erdichten Theilen, welche am dichtesten sind. Die Kohlen lassen sich durch nichts anders als durch das Feuer auflösen. Dieses sondert sogleich die verbrennliche Materie von den erdichten Theilen ab; und diese also von einander getrennte und zurückgebliebene Theile pflegt man alsdenn Asche zu nennen.

§. 19. Die Haupteigenschaft der Kohlen bestehet darinnen, daß, wenn sie in freyer Luft einem gehörigen Grade des Feuers ausgesetzt sind, sie anfangen zu brennen und sich nach und nach verzehren. Bisweilen geben sie eine kleine bläulichte Flamme von sich. Meistentheils geben sie aber nur einen Schein von sich und werden glühend ohne die geringste Flamme zu zeigen. Wenn sie in diesem Zustande vom Winde bewegt werden, so bekommen sie die lebhafteste Röthe und werfen ein Glanz von sich, der desto stärker ist, je heftiger der Wind auf sie wüthet; und alsdenn verwandeln sie sich sehr geschwinde in Asche. Wegen dieser Eigenschaft werden sie zu der Verfertigung des Pulvers gebraucht.

§. 20. Eigentlich werden die Kohlen nicht eher glühend, als bis das Feuer, welches auf sie wüthet, stärker ist, als es erfordert wird, um den Schwefel in Brand zu setzen. Hingegen pflanzt sich die Bewe-



gung des Feuers in ihnen nicht so leicht fort, und ihre völlige Auflösung geschieht weit langsamer als bey dem Schwefel. Diese Wirkungen selbst hängen auch von den besondern Eigenschaften der Kohlen ab, und man wird finden, daß die leichten, und die so weniger von den festen erdichten Theilen enthalten, sich weit eher entzünden, und in Asche verwandelt werden.

S. 21. Je dünner die Luft ist, welche die Kohlen umgiebt, je stärker muß der Grad des Feuers seyn, um dieselben zu entzünden und glühend zu erhalten (S. 12.).

S. 22. Der Salpeter entsteht, wenn sich das Sal nitri mit einem Alkali fixo vereinigt. Man kann ihn einzeln aus den thierischen und vegetabilischen Theilen bekommen, welche nach der Fäulung sich mit Steinen, Erde, Kalk, 2c. vermischen. Wenn man ihn von diesen Materien absondern will, so gießet man Wasser, indem man vor-
her

her ein Alkali fixum schüttet, darüber, und läſſet es kochen.

Dieſes Salz kryſtalliſirt ſich in lange Spitzen, die über einander liegen; und die Kryſtalliſation iſt das einzige Mittel denſelben zu reinigen. Man muß dieſelbe zwey- und mehrere mahl wiederholen, nachdem die Materien beſchaffen ſind, unter denen er ſich befindet (prakt. Artill.). Hat man den Salpeter auf dieſe Art gereinigt und von den fremden Materien abgeſondert, ſo hat er beſtändig einerley Eigenſchaften und in gleichen Grade, die Materien, aus denen er gezogen worden, mögen übrigens beſchaffen geweſen ſeyn wie ſie wollen.

§. 23. Er hat die Eigenſchaft, daß er ſich im Waſſer und zwar in kochendem, geſchwinder als im kalten, auflöſen läßt, und bey einem etwas ſtärkern Grade des Feuers, als erfordert wird, um den Schwefel zu ſchmelzen, ebenfalls zergeht. Wenn er flüſſig geworden, und man vermehrt das Feuer



etwas, so setzet sich der Salpeter in sichtbaren Theilchen an, und man nennet diejenigen, welche sich in den obern Theilen eines Gefäßes befinden, Salpeterblumen. Will man das Acidum von dem Alkali fixo absondern, ohne dabey eine verbrennliche Materie zu gebrauchen, welche den Salpeter unmittelbar berühret, so muß man ihn eine lange Zeit einem sehr heftigen Feuer aussetzen, und diese Absonderung sehr langsam vornehmen.

§. 24. Wenn ein brennbarer Körper, der aber wirklich entzündet ist, und einen gewissen Grad des Feuers bekommen, den Salpeter unmittelbar berühret, so entsteht in der Gegend, wo die Berührung geschieht, mit einem Geräusch eine heftige Flamme; und man wird dabey einen kleinen Wind gewahr, so daß dadurch die Heftigkeit des Feuers vermehret wird (§. 7.). In diesem Augenblick sondert sich das Acidum von dem Alkali ab und verfliehet: der brennbare

bare Körper aber, welcher den Salpeter berührt, wird plötzlich aufgelöst. Die alkalischen Theile, welche übrig bleiben, heiß aufgelöster Salpeter, *nitrum fixum*.

§. 25. Diese Auflösung des Salpeters kann so wohl in freyer Luft als auch in einem Orte geschehen, worin sich keine Luft befindet; jedoch wird in diesem letztern Falle ein weit heftiger Grad des Feuers erfordert, um in dem brennbaren Körper die Feuertheilchen in Bewegung zu erhalten (§. 12.).

§. 26. Der Salpeter läßt sich auf zweyerley Art durch das Feuer auflösen:

1) Wenn ein brennbarer Körper, der wirklich angezündet worden, den Salpeter berührt, wenn dieser feste geworden, oder sich in einen soliden Körper verwandelt hat.

2) Wenn der Salpeter sich in einem flüssigen Zustande befindet und so heiß geworden, daß er in dem brennbaren Körper, welcher ihn berührt, die



Bewegung des Feuers hervor zu bringen im Stande ist.

§. 27. Um den Salpeter auf die erste Art aufzulösen, bedienet man sich vegetabilischer glühender Kohlen, und es liegt nichts daran, von welcher Art dieselben sind. Der Salpeter fängt alsdenn an, sich aufzulösen, und dieses währet so lange, bis der Salpeter oder die Kohlen völlig verzehret worden. Will man nun haben, daß der Salpeter und die Kohlen gänzlich und zu gleicher Zeit aufgelöst werden sollen, so muß die Menge der Kohlen zu dem Salpeter eine gewisse Verhältniß haben; und je besser diese Materien mit einander vermischt sind, und also die Kohlen und Salpetertheile einander in einer bessern Verhältniß berühren, je schneller wird auch die völlige Auflösung erfolgen.

§. 28. Der Schwefel, wenn er gleich angezündet worden, ist allein nicht im Stande den Salpeter aufzulösen, man muß ihn

ihn also mit Kohlen vermischen. Alle vegetabilische Kohlen werden zwar glühend, wenn sie eine gute Zeit dem Feuer des angezündeten Schwefels ausgesetzt sind; indessen werden diese Kohlen doch immer langsamer glühend, je dichter dieselben, oder je häufiger die dichten erdichten Theile in denselben sind. Damit also der Grad des Feuers, welcher vermögend ist, den Schwefel in Brand zu bringen, auch zu gleicher Zeit die Kohlen anzünde; so muß man bey dieser Vermischung nicht allein die Quantität der Kohlen und des Schwefels in einer gehörigen Verhältniß annehmen, sondern auch auf die Beschaffenheit der erstern selbst acht haben.

Wenn man diese Verhältniß, welche zwischen dem Schwefel und den Kohlen statt finden muß, bestimmt hat, und diese Materie mit einer gewissen Quantität Salpeter vermischt, und um die Entzündung desto leichter zu bewerkstelligen, sie wohl antereinander

der



der reibet, so entstehen daraus verschiedene Wirkungen. Ist die Quantität des Salpeters dabey zu groß angenommen worden, so kommen die brennbaren Theile zu weit aus einander: wenn man also damit Versuche in freyer Luft anstellet, so ist das Feuer, welches an einem Theile dieser Vermischung angebracht wird, nicht im Stande sich fortzupflanzen und die übrigen brennbaren Theile zu entzünden; oder weil die brennbare Materie zu wenig da ist, so wird doch der Brand, wenn sich diese auch völlig entzündet, eher aufhören, als es seyn sollte um den Salpeter gänzlich aufzulösen. Ist im Gegentheil die Quantität des Salpeters zu klein, so wird derselbe schon völlig aufgelöset, ehe die brennbare Materie ganz in Brand geräth. Hieraus folgt also offenbar, daß man diese drey verschiedene Bestandtheile der Vermischung dergestalt gegen einander proportioniren muß, daß die völlige Auflösung des Salpeters und
der

der beyden andern Materien sich zu einer-
 len Zeit anfangen, gleich stark fortpflanze,
 und auch in einem Augenblick aufhöre.
 So bald der Salpeter in dieser Vermischung
 anfängt sich aufzulösen, so erregt der Wind,
 welcher dadurch entstehet (S. 24.), in den
 umliegenden Kohlen eine stärkere Gluth
 (S. 19.). Das Feuer bekommt daher Ge-
 legenheit, seine Kraft stärker zu äußern
 (S. 7.), und die Flamme, welche empor
 steigt, vermehrt die Entzündung dergestalt,
 daß die Auflösung des Ganzen dadurch
 weit plöghcher und heftiger vor sich geht.

S. 29. Diese Art, den Salpeter durch
 Hülfe des Schwefels und Kohlen, so ange-
 zündet worden, aufzulösen, ist eben dieje-
 nige, deren man sich bedienet, um das Pul-
 ver in freyer Luft und in den Schießge-
 wehren anzuzünden.

S. 30. Wenn man den Salpeter auf
 die zweyte Art auflöset (S. 26. n. 2.), daß
 ist, so bald derselbe in seinem flüssigen Zu-
 stande



stande dergestalt erhizet und von dem Feuer durchdrungen worden, daß er in dem brennbaren Körper, dessen man sich zu dieser Absicht bedienet, leicht das Feuer in Bewegung sezet, so ist der Grad des Feuers, mit dem sich der Salpeter anfängt aufzulösen, allezeit weit heftiger als bey der ersten Art.

Fig. 175. Man befestige an dem Teller AB der Luftpumpe einen hohlen Zylinder C der unten gerundet und aus dünnem kupfernen Bleche verfertiget worden, dergestalt, daß dessen Boden unterhalb kommt. In denselben schütte man eine Quantität Salpeter, Schwefel und Kohlen, die man mit einander vermischet hat. Hierauf nehme man einen andern eisernen Zylinder, der dergestalt in D ausgehölet ist, daß er sich genau an den Zylinder C schliesset, lasse denselben glühend werden, und bringe ihn an den ersten Zylinder, so bald dieses geschieht, wird sich die Vermischung geschwinde entzünd

zünden und in kurzer Zeit völlig verzehret werden. Man schütte aufs neue in den Zylinder C eben so viel von eben dieser Vermischung, setze einen gläsernen Recipienten auf den Teller, und nehme die Luft unter demselben weg. Macht man nun das Eisen wieder eben so glühend als vorher, und bringt es an den Zylinder, so wird diese Vermischung desto langsamer Feuer fangen, je dünner die Luft unter dem Recipienten ist. Hat man die Luft mit aller Gewalt unter dem Recipienten weggenommen, und dieselbe so sehr verdünnet als es möglich ist, so gehet die Auflösung des Salpeters nicht eher vor sich, als bis derselbe nebst dem Schwefel völlig geschmolzen, und verschiedenemahl durch die Hitze zum Aufwallen gebracht worden.

S. 31. Eben auf diese zweite Art muß man verfahren, wenn man das Pulver in einem leeren Raum anzünden will: man wird alsdenn ebenfalls gewahr werden, daß
das

das Pulver nicht eher brennet, als bis es weich geworden, und währenddem Schmelzen anfängt aufzuwellen.

§. 32. Wenn man auf die eine oder die andere Art den Salpeter in einem Gefäße auflöset, welches überall feste zugeschlossen ist, und, nachdem man das Gefäße kalt werden lassen, ein kleines Loch in demselben macht: so wird man den Augenblick einen Wind gewahr, welcher aus dem Gefäße kommt, und stärker oder schwächer ist, nachdem man mehr oder weniger Salpeter zu dem Versuch genommen. Dieser Wind entsteht durch die Bewegung einer flüssigen Materie, welche durch die Auflösung des Salpeters entwickelt wird, und von dem Dampfe sehr verschieden ist, daher man sie auch sorgfältig von einander unterscheiden muß. Denn eines Theils läßt sich der Rauch von der flüssigen elastischen Materie zum Theil absondern, theils setzet sich derselbe an die innern Theile des Gefäßes nach
und

und nach an, und bringt nicht die geringste Wirkung hervor. Hingegen bleibt die Kraft dieser elastischen Materie beständig unveränderlich und offenbahret einerley Wirkungen, man mag dieselbe noch so lange in dem Gefässe aufbehalten. Diese elastische Materie dauert also beständig fort; und in dieser fortbauernnden elastischen Materie bestehet auch fast die ganze Kraft des Pulvers, welche jedoch durch die Gegenwart des Feuers sehr vermehret wird.

§. 33. Die Auflösung des Salpeters kann in einem dergestalt verschlossenen Gefässe öfters unterbrochen werden, wenn gleich der brennbare Körper so angezündet worden, in der Proportion angenommen worden, daß er im Stande ist den Salpeter auf die erste Art aufzulösen (§. 26. n. 1.). Dieses geschieht, wenn entweder der Inhalt des Gefäßes in Absicht auf die Materien, welche zu dem Versuch genommen werden, zu klein, und die Berührung der

Erst. Th. C salpetrich



salpetrichen und brennbaren Theilchen nicht überall gleich stark ist, so daß eine ziemliche Zeit zur völligen Auflösung erfordert wird. Der Rauch, welcher häufig in dem Gefäße eingeschlossen ist, löscht alsdenn den brennbaren Körper aus, und aus dieser Ursache thut man besser, wenn man auf die zweite Art verfährt, und das Feuer beständig durch neues unterhält.

S. 34. Diese fortdauernde elastische flüssige Materie entsteht aber bloß aus dem Salpeter. Um dieses zu beweisen, darf man nur in eben dem verschlossenen Gefäße Kohlen und Schwefel allein anzünden, und das Gefäß wieder kalt werden lassen: macht man alsdenn eben das vorige Loch wieder offen, so wird man nicht den geringsten Wind verspühren. Aus diesen und allen andern Versuchen läßt sich also schliessen, daß, wenn man diese beyde Körper anzündet, dadurch keine elastische flüssige Materie hervorgebracht wird, welche, so lange man will, sich

sich in einem solchen Zustande erhält. Der Rauch, welcher diese Materien, wenn sie verbrannt werden, hervorbringen, ist zwar elastisch; so bald aber die Wärme in demselben aufhört, verlieret er nicht allein alle Elasticität, sondern zieht auch so gar eine gewisse Quantität natürlicher Luft in sich, und selbst einen Theil von der flüssigen elastischen Materie, welche aus dem Salpeter erzeugt wird, so oft sich diese fortdaurende Materie mit demselben vermischt, welches man alles besser hernach sehen wird.

§. 35. Aus den vorigen Versuchen, die wir über die Auflösung des Salpeters, wenn derselbe mit Schwefel und Kohlen vermischt ist und hernach angezündet wird, angeführet haben: und aus verschiedenen andern Versuchen, welche man darüber durch Hülfe angezeigter brennbarer Körper, wenn sie angezündet werden, anstellen kann, lassen sich folgende Sätze herleiten, welche unveränderlich richtig sind.

1) Daß nicht allein ein gewisser Grad
des Feuers erfordert wird, um die
brennbare Körper anzuzünden:
sondern daß auch ein gewisser Grad
des Feuers erfordert wird, um den
Salpeter aufzulösen.

2) Daß dieser Grad des Feuers stär-
ker seyn muß, nachdem die Luft,
welche die Vermischung umgiebet,
dünner, oder der Rauch in der
Gegend, wo sich der Brand anfängt,
dicker ist.

3) Daß, da die Auflösung des Salpeters
immer nach und nach geschiehet, die
Zeit, in der solche geschiehet, um desto
kürzer ist, je gleichförmiger die Berüh-
rung zwischen den salpetrichen und
brennbaren Theilchen geschiehet; dies
setzt erhält man dadurch, wenn man die
Materien gut in einander mengt, und
eine gute Verhältniß zwischen densel-
ben festsetzet.

4) Daß durch die Auflösung aus dem Salpeter eine flüssige fortdaurende elastische Materie erzeugt wird, welche in diesem Zustande so lange als man es haben will, verbleibet.

Drittes Capitel.

Von dem Pulver.

§. 36.

Das Pulver, dessen man sich bey den Schießgewehren bedienet, ist eine Materie, welche aus sehr leichten Kohlen, Schwefel und wohlgereinigtem Salpeter zusammengesetzt ist.

Diese Materien thut man in einen hölzernen Mörsel, oder bringt sie auf eine hölzerne Mühle, damit durch das allmähliche Reiben die Berührung zwischen den nitrosen und brennbaren Theilchen allgemein werde. Von Zeit zu Zeit sprühet man über diese Vermischung etwas Wasser, theils um den Saß zu bekommen, den man hernach



hernach' in kleine Körnchen verwandelt; theils um zu verhindern, daß währenddem Stossen oder Mahlen, die feinsten Theilchen der Kohlen und des Salpeters nicht verfliegen, sondern die angenommene Verhältniß zwischen diesen dreien Bestandtheilen beygehalten werde. Wenn man glaubt, daß durch das Stossen oder Mahlen, diese Materien so gut als möglich untereinander gemischt sind; (wozu die Pulvermacher eine längere oder kürzere Zeit anwenden, nachdem mehr oder weniger Salpeter zu der Vermischung genommen worden) so macht man aus dem Satz die vorhin angezeigte Körnchen, trocknet dieselben, und bekommt daraus das sogenannte Schießpulver.

S. 37. Bey diesem Verfahren wird man nichts gewahr, welches dem Pulver die Eigenschaft benehmen könnte, welche man in einem jeden von dessen Bestandtheilen einzeln und auch in deren Verbindung wahrgenommen (S. 35.). Weil man keinen brennbaren

ren Körper kennt, welcher vor sich allein die gänzliche und plötzliche Auflösung des Salpeters bewerkstelligen könnte, so bedienet man sich zu der Versertigung des Pulvers des Schwefels und der Kohlen. Der erstere entzündet sich, wie wir schon gesagt, bey einem etwas lebhaften Feuer, welches sich leicht ausbreitet, aber doch an und vor sich nicht so viel Kraft hat, den Salpeter aufzulösen. Die Kohlen hingegen, welche sich weit langsamer entzünden, und das Feuer in die Theile derselben dringen lassen, enthalten, so bald sie glühend geworden, einen solchen Grad des Feuers in sich, welcher hinreichend ist, den Salpeter aufzulösen. Wenn man also die beyde brennbare Materien, nemlich den Schwefel und die Kohlen, mit einander in gehöriger Verhältniß und mit dem Salpeter verbindet, so bekommt alsdenn die ganze zusammengesetzte Masse, wenn dazu auch eine proportionirte Quantität von dieser letztern Ma-



terie genommen wird, die Eigenschaft, daß sich nicht allein das Feuer darinnen leicht auf die anliegende Theilchen fortpflanzet, sondern es erfolgt auch eine plötzliche und völlige Auflösung des Salpeters. Ist aber die Quantität des Salpeters in dieser Vermischung zu groß, so wird sich das Feuer auf die brennbare Theile um desto schwerer fortpflanzen, je grösser diese Quantität ist, und es kann geschehen, daß es sich ganz und gar nicht fortpflanzet. Man nehme vierzehn Theile Salpeter, einen Theil Schwefel und einen Theil Kohlen, mische sie untereinander, und bringe vermittlest einer glühenden Kohle Feuer an dieselbe, so wird man gewahr werden, daß nur diejenigen Theile von dieser Vermischung, welche die Kohle berühret, in Brand gerathen, das Feuer sich aber keinesweges vermittlest der Flamme, welche empor steigt, auf die andern Theile fortpflanzet.

Ist hingegen die Quantität des Salpeters in Absicht auf die verbrennlichen Theile kleiner als sie billig seyn sollte, so daß in der ganzen Vermischung die Theile des Salpeters zu sehr aus einander gestreuet sind, und man bringet irgendwo Feuer an, so ist die Flamme, welche durch die Auflösung des Salpeters entstehet, zu schwach und nicht vermögend, sich auf die übrigen Theile der ganzen Vermischung fortzupflanzen; es wird also eine lange Zeit erfordert die ganze Masse aufzureiben, und die Menge der fortdaurenden elastischen flüssigen Materie, von der gröſtentheils die Kraft des Pulvers herrühret, ist geringer. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man eine solche Vermischung abbrennet, welche aus gleich viel Theilen, Salpeter, Schwefel und Kohlen besteht.

§. 38. Es muß also nothwendig zwischen diesen dreien Bestandtheilen des Pulvers eine solche Verhältniß möglich seyn, welche



verursacht, daß sich nicht allein die ganze Vermischung am geschwindesten auflöset, sondern auch in einer gegebenen Zeit daraus die größte Quantität dieser fortdaurenden elastischen flüssigen Materie erzeugt wird. Diese Verhältniß bestimmt also das beste Pulver. Aus den Versuchen, welche wir in dem vorhergehenden Paragraphen angeführet haben, erhellet offenbar, daß diese Verhältniß zwischen den beyden in den Versuchen angezeigten Verhältnissen liegen muß.

§. 39. So bald die Erfindung des Pulvers in Europa bekannt wurde, nahm man verschiedene Verhältnisse unter diesen dreyen Materien, und in der Grösse der Körner an; das Pulver bekam daher verschiedene Namen, nachdem sich entweder die Grösse dieser Körner, oder die Verhältniß zwischen den Bestandtheilen des Pulvers veränderte.

Zu Anfang dieses Jahrhunderts bediente man sich bey dem Pulver fast überall
nur

nur dreyer verschiedenen Verhältnisse, und dreyer verschiedenen Grössen von den Körnern, und heutiges Tages hat man in ganz Europa bey nahe nur eine Art von Pulver im Kriege. Man wird in dieser Untersuchung gewahr werden, daß die Eigenschaften des Pulvers so wohl nach der Beschaffenheit dieser Verhältnisse, als auch nach der Grösse dieser Körner einige Veränderungen leiden. Damit wir nun nicht nöthig haben, alle Augenblick die Beschreibung der verschiedenen Arten von Pulver, die wir mit einander vergleichen wollen, zu wiederholen, so wollen wir hier die Benennung anführen, unter denen sie in denen Zeiten, welche uns am nächsten sind, vorkommen. Daben wollen wir anmerken, daß dasjenige, was wir von den Modifications von einer gewissen Art von Pulver sagen werden, auch auf alle übrige Arten von Pulver angewendet werden muß.



S. 40. Dasjenige Pulver, welches aus fünf Theilen Salpeter, einem Theil Schwefel und einem Theil Kohlen besteht, und dergestalt geförnt ist, daß es leicht in das Zündloch neuer Gewehre geht, heißt Musqueten-Pulver; und wenn die Körner zwey- oder drey mahl grösser sind als die vorigen, Canonen-Pulver.

Dasjenige, welches aus sechs Theilen Salpeter, einem Theil Schwefel und einem Theil Kohlen besteht, und dessen Körner so groß als bey dem Musqueten-Pulver sind, heißt ordinaire Pulver; wenn aber die Körner ohngefähr halb so klein sind, so heißt es fein Pulver. Bisweilen behält man diese letztere Verhältniß, nimmt aber solche Kohlen, die nicht so dichte sind als die vorigen, und förnt das Pulver so wie das feine Pulver, und nennet es alsdenn Pirsch Pulver.

Nimmt man hingegen sieben Theile Salpeter, einen Theil Schwefel, und einen Theil Kohlen, und macht die Körner so
groß

groß als bey dem Pirsch-Pulver, so heißt es alsdenn Lustpulver (Polvere di giuoco).

§. 41. Nachdem wir dieses angeführet haben, so wollen wir uns jetzt bemühen zu zeigen, daß das Pulver, wenn es angezündet wird und so lange es brennet, eben dieselben Eigenschaften hat, welche wir bey der Verbindung der Bestandtheile desselben wahrgenommen haben (§. 35.) Die aber nach der verschiedenen Verhältniß dieser letztern, der Sorgfalt mit der sie untereinander gemischt worden, der Grösse der Körner und vielen andern Ursachen, die wir an seinem Ort anzeigen werden, verändert werden.

§. 42. Wenn man einige Pulverkörner an glühende Kohlen legt, so kann man sich leicht überzeugen, daß nicht ein jeder Grad des Feuers im Stande ist, das Pulver zu entzünden, und daß, wenn man bey demselben denjenigen Grad des Feuers anbringt, welcher nur vermögend ist den Schwefel allein anzuzünden, dasjenige erfolgt,

folgt, was (S. 28. und 35. n. 1.) gesagt worden. Diejenigen Körner, welche den Kohlen am nächsten sind, werden plötzlich entzündet, und so plötzlich verzehrt, daß man die Entzündung des Schwefels nicht gewahr werden kann; die Körner aber, welche von den Kohlen etwas weiter entfernt sind, geben nach einer kurzen Zeit eine bläulichte Flamme von sich, welche nachdem eine ziemliche Zeit verflossen, anfängt etwas heller zu werden. Dabei wird man gewahr, daß die Bewegung stärker wird, dergestalt, daß man deutlich unterscheiden kann, wie sich der Salpeter nach und nach ganz sanfte verzehrt. Auf einmal wird diese Bewegung so stark, daß das Körnchen gänzlich verbrennt. Bei andern hingegen vergeht diese bläulichte Flamme ohne daß dieselben verzehret werden. Endlich werden die Körner, welche sehr weit von den Kohlen entfernt liegen, nur warm, ohne eine Flamme von sich zu geben und aufgelöst

set zu werden. Dieses kann man noch deutlicher gewahr werden, wenn man einige grobe Pulverkörner auf einer dünnen eiser-
nen Platte streut, und sie bald nahe, bald in einer weitem Entfernung, an die Kohlen bringet, damit sie verschiedene Grade der Hitze erhalte.

Eben dergleichen Erscheinungen erfolgen, wenn man mit einem Brennglase die Sonnenstrahlen auffängt und auf einige Pulverkörner fallen läßt; nur muß man den kleinen Zirkel, worin sich die Sonnenstrahlen vereinigen, bald grösser bald kleiner machen, damit man verschiedene Grade der Hitze bekomme.

S. 43. Diese Versuche zeigen also, daß bey dem Pulver eben das statt findet, was man bey andern brennbaren Körpern gewahr wird, die, wenn sie gleich glühend sind und Flammen von sich geben, dennoch in demselben Augenblick nicht gleich von dem Feuer gänzlich verzehret sind. Wir müssen



müssen also einen Unterschied unter der Entzündung und der völligen Verbrennung machen, und diese beyde Stücke in jedem Körnchen wohl unterscheiden. Diese Dinge lassen sich zwar bey zweyen Körnern von verschiedener Grösse, welche entzündet worden, nicht allezeit merken; wenn man aber zwey gleiche Quantitäten von Pulver nimmt, bey dem zwar eine vollkommen gleiche Verhältniß in den Bestandtheilen statt findet, die aber in Ansehung der Grösse der Körner von einander verschieden sind, so bringen diese Stücke einen grossen Unterschied in den Kräften hervor, welche daraus erzeugt worden. Um sich davon zu überzeugen, darf man nur das Canon- und Musqueten-Pulver gegen einander halten.

S. 44. Folgende Versuche werden uns zeigen, daß der Grad des Feuers um das Pulver zu entzünden, desto stärker seyn muß, je dünner die Luft oder je dicker der Rauch um dasselbe ist (S. 35. n. 2.).

Man

Man

Man befestige an dem Teller AB der Fig. 2
 Luft-Pumpe den vorhin beschriebenen
 kupfernen Zylinder C dergestalt, daß
 der Boden desselben oben kommt. In der
 innern Höhlung D desselben bringe man ein
 glühend Stück Eisen M welches sich ganz
 genau darinnen paßt, so oft man das Pul-
 ver, welches man oben auf den Boden C
 gestreuet, anzünden will. Um diesem Zyl-
 nder C lege man einen blehern Ring
 FG, welcher beweglich ist, dergestalt, daß,
 wenn man den Boden C mit Pulver gänz-
 lich bedeckt, etwas von demselben auf den
 Ring rund herum zu liegen kommt.

Wenn man alles auf diese Art eingerich-
 tet und das glühende Eisen M in D herein-
 geprest hat, so wird sich der Cylinder C
 sehr geschwinde erhitzen, und das Pulver,
 so auf FCG lieget, so lange es sich in freyer
 Luft befindet, sehr geschwinde anzünden.
 Man setze hingegen auf den Teller AB ei-
 nen gläsernen Recipienten, und pumpe aus
 Erst. Th. D dem-



demselben die Luft nach verschiedenen Graden aus; ferner mache man das Eisen eben wieder so stark glühend als vorhin, und bringe es in den Zylinder; so wird man gewahr werden, daß sich das Pulver bey C weit langsamer entzündet, und, nachdem die Luft unter dem Recipienten mehr oder weniger verdünnet worden, mehr oder weniger Pulverkörner auf den Ring F G unverfehrt liegen bleiben. Verdünnet man die Luft unter dem Recipienten so sehr als möglich, so schmelzt das Pulver auf dem Boden C ehe es sich anzündet, und brennt nach einigen Aufwallungen auf einmal an, und verfliegt, dergestalt, daß die Flamme desselben das Pulver, so auf dem Ring F G liegt, umgiebt, ohne daß dieses anfängt zu schmelzen, sondern ein Theil desselben bleibt unverfehrt auf dem Ring liegen; ein anderer Theil wird von der Flamme auf den Teller A B geworfen.

S. 45. Dieser letzte Versuch beweist also, daß, wenn sich das Pulver wie auf dem Ringe, in einer sehr verdünnten Luft befindet, es nicht anbrennt, ob es gleich von der Flamme des benachbarten Pulvers auf dem obern Theil des Zylinders umgeben wird. Das angezündete Pulver breitet sich in diesem Falle auf allen Seiten in dem Recipienten aus, dessen Inhalt merklich grösser ist, als der Raum, den das Pulver einnimmt; dahero werden die Pulverkörner, welche unversehrt liegen bleiben, nur auf einer Seite von dem Feuer des angezündeten Pulvers umgeben. Wir wollen indessen hier einen andern Versuch anführen, wo das Pulver den ganzen Inhalt ausfüllt, und sich zwischen den Pulverkörnern eine natürliche Luft befindet, welche während der Entzündung merklich verdünnt werden kan. Bey diesem zweiten Versuch wird man beständig gewahr werden, daß, ohngeachtet das Feuer, welches in einem so kleinen

D 2

Raum



Raum eingeschlossen ist, mit mehrerer Festigkeit, als in dem vorhergehenden Versuch, seine Wirkungen äußert (S. 7.), dennoch die Menge des Pulvers, welches sich entzündet, immer mehr und mehr abnimmt, je mehr die natürliche Luft, welche zwischen dem Pulver befindlich ist, sich verdünnen kann.

Fig. 3 ABC ist ein metallenes oder eisernes Rohr, welches bey CC mit einer Schraube versehen, die sich in der Mutter VV an einem kupfernen Recipienten VXZ genau paßt. Dieser Recipient faßt ohngefähr einen Raum von 70 Zollen in sich. Den innern Raum DF des Rohres, in den man das Pulver schüttet, kann man durch Hülfe der Ringe G, von eben dem Calieber aber verschiedener Länge, die man bis an den Boden F in dem Raum DF schiebet, nach Gefallen grösser oder kleiner machen. AHI ist eine andere Röhre, welche von A bis H konisch, von H bis I zylindrisch ist.

Die

Die Länge derselben ist um einen halben Diameter DD der innern Höhlung kleiner als das Rohr A B C. In diese Röhre schiebt man einen eisernen Stab K L M, dessen konischer Theil K L M sich so genau in den konischen Theil A H der Röhre passen muß, daß nicht die geringste Luft durchstreichen kann: der zylindrische Theil L M muß aber etwas länger seyn, als die kleine Röhre H I. An dem Ende B B der Röhre befestigt man vermittelst der Schraube N N, einen messingenen Deckel N N O, in dem sich ein Loch O O befindet, welches kleiner als die Mündung D D des Rohres ist.

Wenn man sich dieses Rohres bedienen will, so setzet man den Ring G in der innern Höhlung D F; den übrigen Raum D P füllet man ganz mit der Art von Pulver, welches man zu dem Versuch nehmen will; und damit das Pulver nicht heraus falle, bindet man über die Mündung ein Stück von einer Schweins-Blase fest an die



Schraube BB. Nachdem das Rohr auf diese Art geladen worden, so schraubt man es bey VV an den Recipienten, welcher auf die Grundfläche XZ dergestalt stehet, daß das Rohr perpendicular und die Mündung DD unten zu stehen kommt. Hierauf läßt man die Spitze M des eisernen Stabes glühend werden, schiebt denselben in der Röhre AHI und drückt ihn so feste, als es immer möglich ist, an. Was geschieht? Die Spitze M, welche zwar über der kleinen Röhre bey hervorragt, aber doch die Blase nicht berühret, zündet das Pulver in R an, und die Blase wird alsdenn durch die Gewalt des Feuers zersprengt.

Wenn man zu diesem Versuch sechs Gran ordinaire Pulver nimmt, und den Recipienten mit der untersten Oefnung XZ auf ein grosses Gefäße stellet, welches sich genau daran passet, so wird man in dem Gefäß niemals unversehrte Pulverkörner finden, man mag den Versuch so oft wiederhol-

berholen als man will. Setzt man hingegen den Recipienten auf den Teller der Luftpumpe und verdünnet die Luft unter demselben nur um die Hälfte, so wird man nach der Entzündung ein Drittel oder beynahe die Hälfte von dem Pulver auf dem Teller unversehr liegen finden. Und wenn man die Luft mit aller Gewalt unter dem Recipienten wegnimmt, so wird man beynahe $\frac{4}{5}$ oder $\frac{5}{6}$ auf dem Teller unversehr liegen finden.

Bei diesen drey verschiedenen Umständen, worin man den Recipienten versetzt, ladet man das Rohr beständig mit gleich viel Pulver und auf einerley Art; die Blase, welche man in BB ganz feste angebunden, verhindert, daß der Recipient und der Raum DP innerhalb dem Rohre keine Gemeinschaft haben; nimmt man nun die Luft unter dem Recipienten weg, so erfolgt keine Veränderung in dem innern Raum des Rohres, welcher vermittelst der kleinen

Röhre AHI mit der äussern Luft Gemeinschaft hat. Man mag also mit der Luft unter dem Recipienten eine Veränderung vornehmen, welche man will, so bleibt doch das Pulver in der Röhre und die Luft zwischen den Körnern in einerley Zustande, bis man den eisernen Stab, den man vorher glühend gemacht hat, in die Röhre schiebt. So bald nun das Pulver anfängt sich zu entzünden, reißt die Blase entzwey, und die Luft welche zwischen den Körnern in dem Raum DP ist, tritt in den Recipienten, und je mehr sich dieselbe darinnen ausdehnen kann, je kleiner ist die Menge des Pulvers, welches sich entzündet.

Bei diesen drey verschiedenen Umständen, worin sich der Recipient befindet, wird man gewahr, daß die ganze innere Oberfläche DP der Röhre von der Flamme anläuft. So bald also das Pulver in R Feuer fängt und brennt, so kann das Pulver, welches oberhalb nach P zu liegt, nicht eher

ehrer auf den Teller fallen, als bis es durch das Feuer gegangen, welches aus dem bey R angezündeten Pulver entsteht, und folglich von demselben umgeben wird. Nichts desto weniger ist das Feuer, ohngeachtet es bey diesem Versuch in einen kleinen Raum eingeschlossen ist, und also mit mehrerer Hefigkeit als in dem Versuche S. 44. würket, nicht im Stande, alles Pulver anzuzünden, weil die Luft, worin sich dasselbe gleich nach der Zersprengung der Blase befindet, zu sehr verdünnet ist.

S. 46. Um aber diese Eigenschaft des Pulvers außer allen Zweifel zu setzen, lade man das Rohr auf die vorhin beschriebene Weise: an dem Ende BB schraube man den Deckel NO und steche in dem Loch bey O einen Propf, damit das Pulver nicht herausfalle; die Blase binde man feste bey qq an, und nehme alsdenn mit aller Gewalt die Luft unter dem Recipienten weg. Je kleiner nun das Loch bey O ist, je größer

fer ist die Quantität des Pulvers, welches sich entzündet; und wenn dieses Loch ben nahe so groß ist als das Loch I der kleinen Röhre AHI, so entzündet sich alles Pulver in dem Raum DP und wird gänzlich von der Flamme verzehret.

Bei dem vorigen Versuch entzündete sich nur $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ von dem Pulver, nachdem die Luft mit ganzer Gewalt aus dem Recipienten weggenommen war; während der Entzündung stürzte sich ein gut Theil der Flamme in den Recipienten, nachdem sie die Blase zerrissen, und der zurückgebliebene Theil breitete sich in den ganzen Raum des Rohres aus, dessen innere Oberfläche von der Flamme selbst angegriffen wurde. In diesem Versuch aber kann die Luft zwischen den Pulverkörnern, und die Flamme, welche gleich nach der ersten Entzündung des Pulvers hervorbricht, nicht mit solcher Gewalt in den Recipienten dringen, denn das Loch O welches kleiner als die Mündung

Mündung D D ist, hält beyde in dem Raum D P stärker zurück, der Grad des Feuers wird also darinnen heftiger, und verursacht, daß das Pulver sich in grösserer Menge entzünden muß: und diese Entzündung wird allgemein in dem Pulver, wenn das Loch in dem Deckel die vorhin angezeigte Grösse hat.

Eben dieselbe Wirkungen wird man bey allen übrigen Arten vom Pulver (S. 40.) gewahr, den blossen Unterscheid macht die Menge der Pulverkörner aus, welche von der Flamme nicht angegriffen werden.

§. 47. Diese im § 44. 45. und 46. angezeigte Versuche beweisen also auf deutlichste, daß ein desto grösserer Grad des Feuers erfordert wird, um das Pulver in Brand zu bringen, je dünner die Luft um denselben ist. Sie geben uns auch dabey ein Mittel an die Hand, diesen Grad des Feuers zu vermehren. Man muß nemlich der heftigen Ausdehnung der Flamme,
welche



welche durch die Entzündung des Pulvers entsteht, einen Widerstand entgegen setzen.

Nummehro wollen wir noch beweisen, daß ebenfalls ein grösserer Grad des Feuers erfordert wird, um das Pulver in Brand zu setzen, je dicker der Rauch in der Gegend ist, wo es angezündet wird.

Es ist eine Erfahrung, welche die Artilleristen häufig Gelegenheit haben zu machen, daß, wenn eine Bombe auf dem Zünder in festes Erdreich fällt, der Zünder auslöscht, weil der Rauch keinen Ausgang findet, und die Bombe also nicht zerspringt. Fällt hingegen eine Bombe ins Wasser, so vermischt sich der Rauch sehr geschwinde mit dem Wasser, das Feuer aber löscht nicht aus, und die Bombe zerspringt endlich.

Man pflegt diese Zünder, oder Brandröhren mit einer Vermischung zu füllen, welche aus Mehlpulver, Schwefel und Salpeter besteht. Wenn man drey, vier u. solche

solche Vermischungen macht, davon die eine immer stärker ist als die andre, und diese Brandröhren damit füllet, sie anzündet, und gleich drauf in einer gleich dichten Erde setzet, oder sonst auf eine andere Art die Ausdünstung des Rauchs verhindert, so wird man beständig gewahr werden, daß, wenn man nach einigen Minuten das Loch aufmacht, in diesen verschiedenen Brandröhren die Quantität, welche von dieser Vermischung verbrandt ist, desto grösser ist, je stärker die Vermischung und folglich der Grad des Feuers heftiger ist, wodurch nothwendig ein grösserer Theil dieser Vermischung verbrennen muß; ohngeachtet die Dichtigkeit des Rauchs in allen diesen Zündern beynahe gleich ist, weil sie in einer gleich festen und dichten Erde gesetzt worden.

Man muß sich bey diesen Versuchen in acht nehmen, daß man die Vermischung nicht gar zu stark macht, damit die Zünder nicht

nicht zerspringen, welches ohnedem gewiß erfolgen würde.

§. 48. Nachdem wir diese beyden ersten Eigenschaften des Pulvers bewiesen haben, so wollen wir weiter gehen, und zeigen, daß, wenn das Feuer einige Pulverkörner ergreift, die Entzündung der benachbarten Körner und die gänzliche Verbrennung eines jeden Körnches nur nach und nach erfolgt, (S. 36. n. 3.) und die Geschwindigkeit, mit der sich das Feuer ausbreitet, um die andern Körner anzustecken, grösser ist, als die Geschwindigkeit, mit der das Feuer in das Innerste eines Körnchens dringet.

In der Mechanick wird bewiesen, daß eine jede Bewegung, so schnell und kurz dieselbe auch ist, dennoch eine gewisse Zeit erfordert, ob wir gleich bisweilen glauben, daß diese Zeit wegen der Kürze nur ein Augenblick und untheilbar ist. Da nun die Anzündung und völlige Verbrennung des Pulvers

vers durch die Bewegung der feurigen Materie hervorgebracht wird, welche sich von dem Punkt, wo sich die Entzündung anfängt, überall herum fortpflanzet, so wird die Wirkung von beyden nothwendig in einer bestimmten Zeit erfolgen, welche nach der Heftigkeit des Feuers, der Verhältniß zwischen den Bestandtheilen des Pulvers, der Sorgfalt, welche man bey der Vermischung beobachtet, der Grösse der Körner, und so weiter, immer einige Veränderungen leiden wird.

So bald man genugsames Feuer an einem Pulverkörnchen bringet, so wirkt es erstlich auf die Oberfläche desselben, und dringt hernach weiter in das Innre (S. 43.). Indem sich die äußere Materie des Körnchens entzündet, so verbreitet sich rund um denselben eine Flamme, welche die anliegenden Körner anzündet, wenn der Grad der Hitze, mit dem sie sich demselben nähert, hinreichend, und die Luft, welche dieselben



selben umgiebt, nicht allzu dünne ist. Das Feuer, welches das erste Körnchen angebrannt hat, bewegt sich indessen weiter nach dem Mittelpunkt, bis es völlig verzehrt ist. Bey der Anzündung und gänzlichen Verzehrung des Pulvers muß man zweyerley wohl von einander unterscheiden. Das eine ist, die Ausdehnung der feurigen flüssigen Materie nach allen Seiten, welche sich von der Oberfläche der schon entzündeten Körner entfernt, und die umliegende Körner umschließt: das andre ist, das Eindringen des Feuers von der Oberfläche eines jeden Körnchens bis an den Mittelpunkt desselben; die Geschwindigkeit aber, mit der das Feuer in die Bestandtheile eines jeden Körperchens dringet, ist allezeit kleiner als diejenige, mit der sich dasselbe in Gestalt einer Flamme überall herum verbreitet und durch die Zwischenräumchen, welche sich zwischen den Körnern befinden, hindurch gehet.

§. 49. Ich glaube nicht, daß, wenn man die folgende Beobachtungen anstellt, jemand läugnen sollte, daß nicht eine bestimmte Zeit zur gänzlichen Verbrennung eines jeden Pulverkörnchens erfordert werde. Man mache aus der gewöhnlichen Vermischung, die man zum Pulver annimmt, einige grosse Körner als Pistolenkugeln, trockne solche und zünde sie in einem Punkt an, so wird man aufs deutlichste gewahr werden, daß das Feuer eine gewisse Zeit gebraucht, um von der Oberfläche bis an den Mittelpunkt des Körnchens zu kommen. Diese ist indessen nach der verschiedenen Grösse der Körner grösser oder kleiner. Nun ist zwischen den Pulverkörnern und den vorhin angezeigten kein anderer Unterscheid, als die Grösse, folglich muß das Feuer auch nothwendig eine bestimmte obzwar kürzere Zeit gebrauchen, um dieselben zu zerstöhren. Da dieses seine Wichtigkeit hat, so folgt auch offenbahr,
 Erst. Th. E daß



daß die Entzündung der übrigen anliegenden Körner ebenfalls in einer bestimmten Zeit erfolgen muß; und wenn man eine gewisse Menge Pulver in einer Linie streuet, und es an dem einen Ende anzündet, so kann man dieses mit Augen sehen.

S. 50. Wir wollen aber durch die Erfahrung zeigen, daß eben dieses seine Nichtigkeit hat, wenn das Pulver in einem Raum eingeschlossen, und die flüssige feurige Materie also dichter und folglich weit heftiger ist, als wenn man das Pulver in freyer Luft anzündet.

Fig. 3 Man schraube an das S. 45. beschriebene Rohr den Deckel NO, und mache das Loch O so groß, daß, wenn man die Luft mit aller Gewalt aus dem Recipienten weggeschafft hat, sich ohngefähr die Hälfte oder der dritte Theil des Pulvers entzündet, welches in der Röhre enthalten ist. Nachdem man vermittelst dem glühenden Eisen das Feuer angebracht hat, so lasse

man dasselbe kalt werden, und die Luft nach und nach in den Recipienten. Hierauf nehme man den Deckel ganz sanfte von dem Rohre weg, und verfahre überhaupt bey dem ganzen Versuch sehr behutsam; so wird man Folgendes gewahr:

1) Die Spitze M des eisernen Stabes lieget ganz frey; denn da das Pulver auf allen Seiten herum verbrannt ist, so entstehet dadurch eine beynahе kugelförmige Höhlung.

2) Ein jedes von den Körnchen, welche die Oberfläche dieser Höhlung ausmachen, ist etwas nach der Höhlung zu vom Brande verzehrt; dieses siehet man aus dem aufgelösten Salpeter (nitro fixo) der sich an jedem Körnchen in einer ziemlich glatten Oberfläche gesetzt.

3) Die übrigen Körner, welche sich zwischen den andern, so die Oberfläche dieser Höhlung ausmachen, und der



innern Oberfläche des Rohres befinden, sind von dem verbrannten Schwefel ganz weiß geworden, und die innere Oberfläche des Rohres ist vom Feuer angelausen. Dieses beweist also, daß sich das Feuer durch die Zwischenräumen der andern Körner überall herum nach und nach verbreitet, wie S. 45. 46. gesagt worden, und daß das Feuer nach und nach von der Oberfläche bis zu dem Mittelpunkt eines jeden Körnchens dringet.

S. 51. Es ist aber nicht genug, daß wir bewiesen haben, daß ein jedes Körnchen nur nach und nach verbrennet, und die Körner, so um die schon brennende liegen, sich nach und nach entzünden; wir müssen auch noch beweisen, daß die Geschwindigkeit, mit der sich das Feuer durch die Zwischenräume der Körner, überall herum verbreitet, grösser ist, als die Geschwindigkeit, mit der dasselbe von der Oberfläche eines jeden Körn-



Körnchens nach dem Mittelpunkt bringet. Zu dem Ende bedenke man erstlich nur daß das Feuer, indem es durch die Räume zwischen den Körnern bringet, keinen andern Widerstand antrifft, als die natürliche Luft, so sich zwischen denselben befindet, die, weil sie sehr dünne ist, leicht durchdrungen werden kann; hingegen muß das Feuer eine weit dichtere Materie aus dem Wege räumen, wenn es nach dem Mittelpunkt des Körnchens zu geht. Da nun der Widerstand in diesem zweiten Falle merklich größer ist als in dem ersten, so muß auch die Geschwindigkeit dadurch mehr vermindert werden.

Von den häufigen Versuchen, die man machen kann, um zu beweisen, wollen wir nur diesen vornehmen. Man nehme einen Pistolenlauf, mache an demselben das Zündloch zu, und fülle ihn ganz bis an die Mündung mit Pulver: legt man nun Feuer an diesen letztern Ort, so wird der



Lauf mit einem plötzlichen Knalle leer.
 Man fülle diesen Lauf aufs neue eben wieder
 so, und drücke das Pulver, mit die Zwischen-
 räumen zwischen den Körnern weg-
 zubringen, so feste zusammen als möglich,
 dergestalt, daß man daraus so zu sagen ei-
 nen einzigen Körper bekommt, zünde das
 Pulver wieder an der Mündung an: so
 wird die Zeit in der das Pulver völlig ver-
 zehrt wird, in diesem zweiten Falle sehr
 merklich und lang seyn. Bey dem ersten
 Versuch sieht man also, wie geschwinde sich
 das Feuer von der Mündung durch die
 Zwischenräumen zwischen den Körnern
 bis an den Boden fortbeweget; der zwei-
 te hingegen zeigt, daß das Feuer viel Mü-
 he hat, von der Mündung an in das In-
 nere des Pulvers und bis an den Boden zu
 dringen, wodurch die Geschwindigkeit des
 selben sehr vermindert wird.

S. 52. Aus den drey vorhergehenden
 Paragraphen folget also:

1) Daß,

1) Daß, wenn man zwey gleiche Quantitäten Pulver, in denen die Bestandtheile einerley Verhältniß untereinander haben, aber nur in Ansehung der Grösse der Körner verschieden sind, z. E. Musqueten- und Canon-Pulver, anzündet, die Quantität von dem erstern in weit kürzerer Zeit völlig verzehrt seyn wird, als die von dem zweyten; denn da die Körner von dem Musquetenpulver kleiner sind als die Körner von dem Canonpulver (S. 40.), so umgiebt das Feuer weit mehr Oberflächen, und es entzündet sich gleich anfänglich eine grössere Menge und alles wird weit geschwinder verzehrt, weil der Raum, den das Feuer von der Oberfläche eines jeden Körnchens bis zu dessen Mittelpunkt zu durchlaufen hat, weit kleiner ist.

2) Daß diese kürzere Zeit nicht allein von der kleinern Grösse der Körner, son-

und derit auch von der Leichtigkeit abhängt,
mit der das Feuer durch die Zwischen-
räumchen hindurch dringen kann.
Indessen ist offenbahr, daß diese klei-
nere Grösse der Körner auch ihre
Gränze hat. Denn wenn die Körner
gar zur klein sind, und die Zwischen-
räumchen so geringe werden, daß sich
das Feuer mit Mühe durch dieselben
ausbreiten muß, so wird nothwendig
eine längere Zeit erfordert werden, ehe
das Pulver gänzlich verbrennet.

S. 54. Die Ungleichheit der Oberfläche
und die verschiedene Figur der Pulverkör-
ner macht auch eine Veränderung in der
Entzündung und der daraus entstehenden
gänzlichen Verzehrung des Pulvers. Seit
dem man das Pulver mit einem Siebe kör-
net, wird die Oberfläche der Körner sehr
rauh und uneben, und ihre Figur sehr irre-
gular. Damit dieselben mit einander ähn-
liche Figuren bekommen, schüttet man in
einigen

einigen Pulvermühlen das Pulver in eine
Tonne, die man an zwey Spindeln eine
Zeit lang herum drehet; dadurch sondert
sich der Staub von die Körner ab, und sie
werden rund und ziemlich glatt. Wenn man
indessen dieses so zubereitete Pulver mit
anderem Pulver vergleicht, von dem die
Körner irreguläre Figuren und rauhe Ober-
flächen haben, so wird man gewahr wer-
den, daß ohngeachtet die Verhältniß zwis-
schen den Bestandtheilen einerley ist, sich
dennoch dieses letztere um deswegen, weil
die Oberfläche der Körner so rauh ist, weit
leichter entzündet. Da nun die Räume
zwischen den Körnern, deren Oberfläche
glatt und deren Figur rund ist, grösser
sind, als die, so die irregulären Körner
zwischen sich lassen, diese Zwischenräume
aber dazu dienen, die Entzündung und
völlige Verzehrung derselben mehr oder we-
niger leichter und geschwinder zu bewerk-
stelligen; so könnte man die Grösse der run-

E 5

den

den Körner so annehmen, daß die Zwischenräume bey dem einem Pulver sowohl als bey dem andern gleich groß würden, und sich das Feuer in beyden mit einerley Leichtigkeit und Geschwindigkeit ausbreiten und desto plözlicher alles in Brand setzen könnte. Aus dieser Ursach muß man, weil das irreguläre und rauhe Pulver sich weit leichter entzündet, eine solche Verhältniß zwischen der Grösse der Körner desselben, und der Grösse der glänzenden und runden Körner, ausfindig zu machen suchen, daß man durch die geschwindeste und plözlichste Verbrennung, den größten Theil der Schwürigkeiten, welche sich äußern um die Entzündung zu bewerkstellen, entweder gänzlich aus dem Wege räumte, oder doch eines durch das andere aufhobe.

§. 54. Alle die bisher angeführte Eigenschaften findet man bey einer jeden von den §. 40. beschriebenen Arten von Pulver, wenn sie gut gemacht, und gute Materialien

lien dazu genommen, sie auch bis auf einzelley Grad getrocknet worden. Wenn also dabey einige Veränderungen vorkommen, so entstehen dieselben von nichts anders als von der verschiedenen Verhältniß der Bestandtheile, der Grösse der Körner, ihrer Figur und Beschaffenheit der Oberflächen, nachdem sie glatt oder rauh sind. Indessen mögen die Materialien noch so gut seyn, so wird doch, wenn sie nicht recht gut untereinander gemischt worden, die Entzündung der Körner und ihre gänzliche Verzehrung durch das Feuer weit schwerer erfolgen, und die Veränderungen in den Wirkungen werden desto merklicher seyn.

§. 55. Es ist noch übrig zu beweisen, daß aus dem Pulver, wenn es von dem Feuer verzehret worden, eine Menge von elastischer flüssiger Materie, die so lange als man will, dauret, (§. 35. n. 2.) erzeugt wird, und daß von derselben die größte Kraft des Pulvers herrühret.

Fig. 4 ABCZ ist ein metallener hohler Zylinder. In der Mutterschraube BC schraubet man ein Stück Metall DEF. GG ist ein kleiner Schlüssel, um die Gemeinschaft zwischen den beiden Theilen der Röhre HH aufzuheben. An die Schraube FF befestigt man eine Art von Windbüchse MM um darin die flüssige elastische Materie, welche in dem Raum BP erzeugt wird, aufzufangen. Die metallene Schraube IKL befestigt man in die Mutter AP und schüttet das Pulver in den innern Raum BP.

Lm ist das Zündloch, no eine eiserne Platte, welche beweglich und an der ein kleiner Zünder op angebracht ist; diese Stücke werden an den Zapfen K & befestiget. qr ist ein Stück Eisen, welches gut polirt seyn muß; dieses läßt sich vermittlest der Feder Vy in einer dazu eingerichteten Rinne hin und her bewegen, und setzt sich, so bald die Feder los gelassen wird, in die Lage ts, schließt das Zündloch bey m zu, und verhindert, daß

daß daselbst die Luft weder aus noch ein kann. Sind nun alle diese Stücke an der Schraube gehöriges Orts befestiget, und das Stück Eisen q r hat die Lage t s, so kann die flüssige elastische Materie, welche in dem inneren Raum P B eingeschlossen ist, ohngeachtet dieselbe ziemlich dicht ist, an keinem Orte durchkommen. Q Q sind die Zapfen, und die ganze Maschine auf ein dazu verfertigtes Gestelle zu legen.

Wenn man diese Maschine gebrauchen will, so muß man sie vertikal stellen, damit das Pulver in dem innern Raum BP die Lage B X annehmen kann, in die kleine Röhre H h füllet man Schweinsfett, damit das Pulver in B X nicht unmittelbar auf den Schlüssel G G würet, und der Schleim, welcher nach der Entzündung zurück bleibt, nicht verhindere, daß man demselben heraus drehen kann. Neben dem Loch m bindet man an zwey kleinen Hacken seidene Faden, um das Eisen q r in dieser Lage zu erhalten.

erhalten. Hierauf ladet man den Zünder mit Pulver, und schüttet das Zündloch Lm voll Mehlpulver. Wenn dieses geschehen, schraubt man die Schraube A mit die Mutter AP, und zündet das Pulver bey L an. Das Feuer läuft alsdenn bis m, setzt den Zünder bey o in Brand, und ergreift zu gleicher Zeit die seidene Faden, so daß dieselben abbrennen, und das Eisen qr die Freyheit bekommt, sich vermittelst der Feder Vy in die Lage st zu setzen, um das Loch m zuzuschließen. Unterdessen dringet das Feuer in dem Zünder von o bis p, und zündet das Pulver BX erst nach der Zeit an, da das Loch m schon zugeschlossen ist. Zu mehrerer Sicherheit kann man, vermittelst einer kleinen Schraube das Zündloch bey L auch noch verschließen, so bald man gewahr wird, daß sich das Pulver BX völlig entzündet hat (dieses kann man, weil keine Bewegung in der Maschine erfolgt, bloß aus der stärkern Hitze des Zünders

linders

linbers ABCZ abnehmen). In der Windbüchse (Fig. 5.) ladet man alsdenn eine Kugel von gehörigen Caliber, und richtet die Maschiene vermittelst dem eisernen halben Zirkel BB nach einer Tafel. Diesen halben Zirkel, welcher durch die Mitte des Gestelles C geht, kann man vermittelst einer Schraube in einer beliebigen Lage bringen. Hierauf drehet man den Schlüssel GG halb herum (Fig. 4.), weil die innere Höhlung BP und die Windbüchse mit einander eine Gemeinschaft haben, und drückt den Abzug A loß. Den Augenblick dringet die Kugel mit der größten Heftigkeit aus dem Rohre, und durchbohret das Brett eben so, als wenn die Büchse mit Luft angefüllt wäre, und man dieselbe mit der größten Gewalt zusammen gedrückt hätte.

In der innern Höhlung BP gehen zehn Unzen ordinair Pulver. Zündet man darinnen eine Unze an, so behält die Kugel in



16 bis 18 Schüssen solche Gewalt, daß sie in einer Entfernung von 40 Schritt bey jedem Schusse ein hölzernes Brett, welches $\frac{1}{48}$ Fuß dicke ist, durchbohret. Nachdem man so viel Schüsse gethan, drehet man den Schlüssel G G wieder herum und verschließt die Defnung, und nimmt die Büchse von der Schraube FF wieder weg. Statt dessen aber befestiget man daselbst eine grosse Blase, und macht vermittelst den Schlüssel G das Loch wieder offen; den Augenblick dringt eine unsichtbare flüssige Materie in die Blase, welche man zubindet, um viele Tage lang diese flüssige Materie darinnen aufbehalten zu können, ohne daß der Raum, denn sie einnimmt, merklich kleiner wird. Wenn man mit dieser flüssigen Materie im Winter Versuche anstellt, so findet man, daß sie auch alsdenn noch immer elastisch bleibet. Wegen dieser Elasticität pflegt man also diese flüssige Materie mit der Luft zu vergleichen, in welcher wir leben.

Nimmt man die Schraube KI weg, so findet man, daß die innere Oberfläche der Höhlung BPX mit vielem Schleim bedeckt ist; untersucht man denselben, so wird man gewahr, daß er ein Alkali fixum ist, welches leicht Feuchtigkeiten anzieht und gänzlich zerfließt, wenn es einer mit vielen Dünsten anfüllten Luft ausgesetzt ist.

S. 56. Die elastische Kraft dieser flüssigen Materie, welche sich häufig aus dem durch das Feuer verzehrten Pulver erzeugt, und ihre Wirkungen nach einer jeden verfloßnen Zeit noch äußert, ist indessen während dem Brande weit stärker, als wenn sie, nachdem sie sich bereits völlig entwickelt hat, den größten Theil der Wärme verlohren.

Um dieses zu beweisen, befestige man einen Barometer an die Luftpumpe, und zünde das Pulver in dem Zylinder C (Fig. 1.) an, nachdem man vorher die Luft unter dem Recipienten weggenommen. So

Erst. Th.

§

lange



lange die Flamme dauret, fällt der Mercurius ziemlich tief herab, und bleibt nach einigen Oscillationen endlich eine gute Zeit unter der Höhe stehen, in der er sich vor der Entzündung befand.

Ven diesem Stand des Mercurii scheint also die flüssige fortdaurende elastische Materie mit der natürlichen Luft einerley Grad der Wärme zu haben, und der anfänglich tiefe Fall des Mercurii von der Flamme herzurühren, welche die Wirkung dieser elastischen Materie weit stärker und grösser gemacht.

Wenn man das Pulver, statt solches in einem leeren Raum anzuzünden, in einem mit Luft angefüllten Raum abbrennet, so wird man allezeit finden, daß die Elasticität dieser flüssigen Materie während der Flamme weit grösser ist, als wenn dieselbe verloschen, wenn man nur den Versuch so einrichtet, daß man die Wirkungen derselben in diesen verschiedenen Zeitpunkten, nemlich wenn

wenn die Flamme da ist und wenn dieselbe vergangen, genau unterscheiden kann.

§. 57. Aus dem was §. 32. und 34. gesagt worden, ist offenbahr, daß die Menge der erzeugten elastischen Materie allezeit dem Salpeter proportional ist, welcher in der Quantität Pulver, welche durch die Flamme verzehret worden, enthalten ist: und daß dieselbe einzig und allein aus dem Salpeter und nicht das geringste davon aus dem Schwefel und Kohlen hervorgebracht wird. Will man indessen dieses durch andere Versuche noch mehr beweisen, so muß man verschiedene Quantitäten von Pulver, entweder von eben der Gattung oder von verschiedenen unter dem Recipienten anstecken, und unter demselben vorher bey jedem Versuch gleich viel Luft wegnehmen. Untersucht man alsdenn jedesmal den Stand des Mercurii, so wird man finden, daß der Fall desselben bey nahe dem Salpeter proportional ist, welcher in jeder



Quantität und jeder Gattung von Pulver enthalten ist.

§. 58. Ohngeachtet in den Versuchen §. 55, 56, 57, das Eindringen der Kugel in dem Brette, und die scheinbare Höhe des Mercurii einzig und allein von der elastischen flüssigen Materie herrühren, welche aus dem Salpeter erzeugt worden, der in dem Pulver enthalten ist: so kann man doch die Gewalt des Pulvers während der Zeit, da die Flamme dauret, nicht dieser flüssigen Materie allein zuschreiben. Denn der Rauch und die natürliche Luft, welche in den Materialien des Pulvers und in den Räumchen zwischen den Pulverkörnern enthalten sind, werden während dieser Zeit ebenfalls von der Flamme ausgedehnet.

§. 59. Aus allen Versuchen, die man bishero über den Rauch oder Dampf angestellet, kann man nichts anders schliessen, als daß derselbe elastisch ist. Man muß also den Dampf, welcher sich aus dem an-
gezün-

gezündeten Pulver entwickelt, ebenfalls mit
 unter die Ursachen rechnen, welche etwas
 zu der Gewalt desselben beytragen; so bald
 aber derselbe kalt geworden, verliert er
 nicht nur seine Elasticität, sondern zieht
 auch eine gewisse Quantität von dieser fort-
 daurenden flüssigen Materie in sich. Ob
 man nun zwar während der Zeit, da das
 Pulver brennet, den Dampf nicht von der
 fortdaurenden flüssigen Materie absondern,
 und also den Antheil bestimmen kann, wel-
 chen eine jede von diesen Materien an der
 Gewalt des Pulvers hat, so kann man doch
 sicher schliessen, daß der größte Theil der
 Kraft des Pulvers von der flüssigen ela-
 stischen Materie herrühret.

S. 60. Die natürliche Luft, welche sich
 theils zwischen den Pulverkörnern aufhält,
 theils in denselben selbst enthalten ist, dehnet
 sich während der Flamme ebenfalls aus, und
 trägt mit etwas zu der Gewalt des Pulvers
 bey. Es ist nicht schwer, die Wirkung



dieser letztern zu bestimmen, ob sie gleich in Absicht auf der fortdaurenden elastischen flüssigen Materie, welche aus dem hentigen Schießpulver entsteht, sehr geringe ist.

§. 61. Aus dem vorhergehenden läßt sich leicht die Ursache angeben, warum die Schüsse, welche mit einerley Ladung geschehen, nicht so weit gehen als vorher, wenn das Rohr von den bereits gethanen Schüssen erhizet, oder die äußere Luft durch die Hitze bisweilen dünner geworden. Der Grund davon liegt nicht in der geringern Elasticität der äußern Luft, sondern in der zweiten Eigenschaft des Pulvers. Denn da dasselbe von einer dünnern Luft umgeben wird, so entzündet sich davon nicht mehr so viel als erst, wenn gleich die Ladung wieder eben so stark ist, und der Schuß kann also nicht mehr so weit gehen. Wir werden Gelegenheit haben, dieses durch einige Versuche mit Schießgewehren weitläuftiger zu beweisen.

S. 62. Es ist bekannt, daß das Pulver, wenn es lange gestampfet oder gemahlen wird, eine größere Kraft bekommt. Dieses rührt ebenfalls nicht von der grössern Quantität Luft, welche mit ganzer Gewalt in dem Pulver herein getrieben wird, wie einige glauben; sondern durch das lange stampfen werden die Materialien besser untereinander gemischt, und dieses verursacht nachgehends, daß sich ein jedes Körnchen schneller und eine grössere Quantität derselben in eben der Zeit entzündet.

S. 73. Um diesem Schlusse ein desto größeres Gewicht zu geben, wollen wir die Ursachen anzeigen, wodurch das gut gearbeitete Pulver vieles von seiner Güte verliert. Dieses sind gemeiniglich nur zwey, nemlich:

- 1) Die allzugroße Hitze, oder
- 2) Die Feuchtigkeit.

Wenn die Pulvermacher das Pulver trocknen, so rühren sie es öfters um, und lassen



lassen dasselbe, nachdem sie es aus der Sonne genommen, erst kalt werden, ehe sie es in die Sonnen schütten, weil, wie sie zu sagen pflegen, das Pulver, wenn es zu warm ist, inwendig gewisser massen anfängt zu kochen. Und in der That wird man gewahr, daß, wenn man das heisse Pulver einige Stunden in einer Sonne zugedeckt stehen läßt und dasselbe hernach ganz gemacht auf ein Stück Leinwand schüttet, ein grosser Theil der Körner, besonders derjenigen, welche sich in der Mitte befinden, gleichsam als mit einer Art von Leim aneinander geflebt sind. Wenn man dieses genauer untersucht, so findet man wirklich, daß die grosse Hitze des Pulvers diese Vereinigung der Körner hervorbringt. Denn der Schwefel schmelzt dadurch, und fließt aus einem Körnchen nach dem andern, und indem derselbe wieder kalt wird, bleiben solche Pulverkörner in einander. Läßt man hingegen das Pulver kalt werden, ehe man es

in

in Fässer schüttet, so wird man niemals gewahr werden, daß die Körner an einander hangen. Geschiehet es, daß der Schwefel in dem Pulver völlig oder doch größtentheils schmelzet, so ist dieses nothwendig höchst schädlich und verhindert die schnelle und völlige Entzündung des Pulvers (S. 27. 28.), die Bestandtheile bleiben nicht mehr in der gehörigen Vermischung, und um diese wieder zu erhalten, muß man die ganze Masse von neuen wieder stampfen.

Ist die Hitze nicht vermögend den Schwefel zu schmelzen, so wird man besonders bey dem Pulver, welches lange gelegen und etwas feucht geworden, eine grosse Menge sogenanntes verkucktes Pulver gewahr. Was ist dieses verkuckte Pulver? Der größte Theil davon ist Schwefel und Kohlen. Das Pulver also, von dem sich dergleichen Theile abgesondert, wird ganz andre Eigenschaften haben, wenn man es trocken werden läßt. Ein jedes Körnchen,



von dem sich der Schwefel und die Kohlen so häufig abgesondert, bekommt in der That zwey Eigenschaften. Es bleibt inwendig so wie es vorher war, und verliert an der Oberfläche den größten Theil des Schwefels und der Kohlen, welche Stücke zur schnellen und leichten Entzündung höchst nöthig sind. Wenn man also diese Körner ansticht, so fangen sie sehr langsam an zu brennen, bis das Feuer nach und nach in das Innerste der Masse derselben dringet. und daselbst eine hinlängliche Quantität Schwefel und Kohlen antrifft, wodurch denn endlich die Entzündung beschleuniget wird. Da also mehr Zeit erfordert wird um alles in Flammen zu setzen, so ist offenbahr, daß dergleichen Pulver sehr eben keine grosse Kraft haben kann.

Wenn man aber das matte Pulver aufs neue auf die Mühle gehen läßt, so werden die Körner durch diese neue Vermischung so wohl an der Oberfläche als auch

1103 2 8 inwendig

inwendig homogen, und das Pulver verliert vieles von den Kohlen und Schwefel, und wird in einen solchen Zustand versetzt, darin der Salpeter in Absicht auf den Schwefel und Kohlen weit häufiger ist als vorher: dergestalt, daß wenn das Pulver ehe es feuchte geworden, wegen dem wenigen Salpeter nicht das stärkste gewesen, es dadurch, daß es aufs neue gestampft wird, mehrere Kraft bekommt, als es vorher hatte. Ist hingegen das Pulver wegen der guten Verhältniß zwischen den Bestandtheilen sehr stark und gut gewesen, ehe es die Feuchtigkeiten an sich gezogen, und man trocknet es hernach, so verliert es Schwefel und Kohlen, und wird allezeit schwächer bleiben als es vorher war, wenn man es auch noch so oft durchmalet.

Man kann hieraus den Schluß machen, daß das Mahlen zu nichts weiter dienet, als die Bestandtheile des Pulvers recht gut zu zerreiben und sie untereinander zu mischen;



mischen; und daß das öftere Mahlen und Stampfen in der That unnöthig und überflüssig ist, sobald sich die brennbare und salpetrichte Theile durch das Reiben und öftere Durchmischen in dem Grade berühren als erfordert wird.

S. 64. Es ist ausgemacht, daß das gut gearbeitete und trockne Pulver leicht Feuchtigkeiten annimmt und dadurch vieles von seiner Kraft verlieret; und wenn die tägliche Erfahrung dieses nicht durch das Pulver bewiese, welches in sehr feuchten Magazinen in gute und fest verwahrte Fässer aufbehalten wird, so könnte der folgende Versuch diese Wahrheit außer allen Zweifel setzen.

Man nehme eine Quantität Pulver, welches man so gut als möglich getrocknet, wiege sie auf das genaueste und lege sie in eine kühle und verschlossene Kammer, die aber nicht allzu feucht ist. Wenn man dieselbe nach Verlauf von drey oder vier Stunden

den wieder wieget, so wird man finden, daß das Pulver merklich am Gewichte zugenommen. Wenn man aber dieses Pulver in einer mit vielen Dünsten angefüllten Luft sezet, so nimmt es in kurzer Zeit ein gut Theil am Gewichte zu. Da nun der Zuwachs an dem Gewichte dieses Pulvers um desto grösser ist, je häufiger die Dünste in der Luft sind, und je länger es demselben ausgesetzt ist, so ist offenbar, daß die Feuchtigkeit sehr leicht in das Pulver dringet.

§. 65. Wenn ein gewisser Grad des Feuers, der nur im Stande ist, das trockne Pulver in Brand zu sezen, feuchtes Pulver umgiebt, so wird die Feuchtigkeit, welche die brennbaren Theile gleichsam eingeschlossen hält, entweder völlig oder doch zum Theil verhindern, daß das Feuer die brennbaren Körper berühret. Die Folge davon ist, daß sich die Körner entweder ganz und gar nicht entzünden, oder doch das Feuer in einem jeden sehr schwach ist; folglich kann
das



daß Feuer sich nicht sehr weit ausbreiten, und die Anzahl der anliegenden Körner, welche dadurch entzündet werden, ist sehr geringe. Eben dieses erfolgt, wenn das Feuer von der Oberfläche der Körner nach dem Mittelpunkt derselben dringen will. Dahero wird eine weit längere Zeit erfordert, ehe dieselben völlig von dem Feuer verzehret werden. Man kann dieses mit Augen sehen, wenn man feuchtes Pulver anzünden will. Es ist also ausgemacht, daß die Feuchtigkeith, so geringe dieselbe auch ist, jederzeit die Kraft und die Wirkung des Pulvers vermindert.

Wenn der Salpeter nicht gut gereinigt ist, so zieht er leicht Feuchtigkeiten an sich, und die fremde Materien, welche denselben unrein machen, verhindern zugleich, daß sich derselbe nicht geschwinde genug auflösen kann, wenn er vom Feuer angegriffen wird, zu geschweigen, daß sie die Quantität desselben vermindern. Man muß also

den



den Salpeter, welchen man zu dem Pulver nimmt, auf das beste zu reinigen und von allen fremden Materien zu befreien suchen.

S. 66. Damit aber das feuchte Pulver die verlohrene Kraft wieder bekomme, darf man es nur wieder trocknen. Doch muß der Ort, wo dieses geschieht, nicht zu warm seyn, um die Unbequemlichkeiten, die S. 63. angezeigt worden, zu vermeiden. Ist aber die Feuchtigkeit so stark in das Pulver gedrungen, daß davon der Salpeter flüßig geworden, so muß man das Pulver nothwendig wieder durchmahlen, um die genaue Vermischung unter den salpetrichen und brennbaren Theilen, wieder herzustellen. Wenn endlich das Pulver etwas von dem Salpeter selbst verlohren hat, (welches man leicht wissen kann, wenn man eine gewisse Quantität trocknes Pulver nimmt, dieselbe wiegt, und nachgehends filtrirt) so muß man wieder so viel Salpeter als verlohren

lohren gegangen, zu dem Pulver hinzusetzen, und die ganze Masse aufs neue eben so lange auf der Mühle durchgehen lassen, als wenn man ganz neues Pulver machen wolte.

§. 67. Aus allen diesen Eigenschaften des Pulvers siehet man, daß seine Kraft von einer flüssigen elastischen Materie herrühret, die sich aus demselben während der Zeit, welche die Flamme anwendet, um dasselbe zu verzehren, entwickelt; und daß das Feuer allezeit eine gewisse Zeit braucht, um dasselbe aufzureiben: und daß dieses manchmal langsamer, manchmal geschwinde geschieht, nachdem die Verhältniß zwischen den Bestandtheilen desselben beschaffen ist, und die salpetrichen Theile einander mehr oder weniger berühren, und die Körner groß oder klein sind. Dasjenige Pulver hat also die meiste Kraft, aus welchem sich, wenn man es mit einer Gattung von Pulver vergleicht, welches gleich trocken ist,

ist, und in einer gleich dichten Luft angezündet wird, in einerley Zeit die größte Quantität von der fortdaurenden elastischen flüssigen Materie entwickelt.

Viertes Capitel.

Eben diese Eigenschaften behält das Pulver auch in allen Arten von Geschütz, so verschieden auch ihre Calieber seyn mögen,

§. 68.

Wenn ich mich nicht irre, so habe ich so deutlich und allgemein als es möglich ist, bewiesen, daß nicht ein jeder Grad des Feuers im Stande ist das Pulver zu entzünden: und daß die Gewalt desselben beständig von der elastischen flüssigen Materie herrühret, welche währendem Brande erzeugt wird. Es würde also überflüssig seyn, mehrere Versuche anzuführen, um dieses außer allen Zweifel zu setzen.

Erst. Th.

§

Mit



Mit der zweiten und dritten Eigenschaft des Pulvers (S. 44. 48. 49.) verhält es sich aber ganz anders. Sie sind noch nicht so allgemein und hinlänglich genug bekannt, und haben daher bey der Artillerie öfters Gelegenheit zu verschiedenen Meinungen in Ansehung der Ladung und der Länge der Stücke gegeben. Inzwischen offenbahren sich diese beyde Eigenschaften des Pulvers eben so gut als die erste, man mag es in Schießgewehren oder in andern Behältnissen anzünden; und eben die Ursachen, welche S. 41. angezeigt worden, und noch verschiedene andre bringen in demselben allerhand Veränderungen vor.

S. 69. Die zweite Eigenschaft findet man in der That bey allen Arten von Geschütz, wenn man in demselben verschiedene Ladungen von einerley Pulver anzündet. Denn es zünden sich entweder alle Körner oder nur ein Theil derselben, nachdem der Grad des Feuers, welcher sie umgiebt, grösser

oder

oder kleiner, und die natürliche Luft um dieselben mehr oder weniger dichte ist.

Wenn z. E. eine gewisse Quantität Pulver sich in einem Geschütz, dessen Caliber etwas groß ist, völlig entzündet, so wird eine gleiche Quantität von eben demselben Pulver in einem andern Geschütz, dessen Caliber kleiner ist, keinesweges völlig in Brand gerathen. Ladet man eben dasselbe Stück mit zwey verschiedenen Quantitäten von eben demselben Pulver, so entzündet sich diejenige Ladung, welche nicht allzu groß ist, völlig, die übermäßige aber geräth nur zum Theil in Brand. Nimmt man bey dieser übermäßigen Ladung eine Kugel, die sich genau in dem Geschütz paßet, oder setzt einen guten Vorschlag auf das Pulver, damit dasselbe einen größern Widerstand findet, so ist die Quantität des Pulvers, welche sich entzündet, allezeit größer, als wenn man das Stück ohne Vorschlag und ohne Kugel abfeuert. Hierin

G 2

besteht



besteht aber die zweite Eigenschaft des Pulvers, wie wir schon oben S. 44. 45. 46. 47. gesehen haben.

S. 70. Aber das Pulver zeigt auch seine dritte Eigenschaft in allen Arten von Geschütz und in allen andern Behältnissen, worinnen es angezündet wird. Es wird nemlich in allen Arten von Pulver, ein jedes Körnchen nur nach und nach von dem Feuer aufgerieben, und alle umliegende Körner werden nur nach und nach von der Flamme ergriffen. Die verschiedene Modificationen, welche dabey vorgehen, hängen nicht bloß von der Grösse der Körner oder der Verhältnisse, welche die Bestandtheile des Pulvers gegen einander haben, *ic.* sondern auch von dem Verhältnisse ab, worin die Entzündung geschieht. Wenn man zum Beispiel in zweyen Behältnissen, davon das eine grösser ist als das andre, zwey gleiche Quantitäten von Pulver anzündet, so ist das Feuer in dem kleinern Behältniß weit



weit dichter, und verzehrt also ein jedes Körnchen viel geschwinder, und das Pulver wird überall in einer weit kürzern Zeit vom Brande aufgerieben, als in dem größern Behältniß. Eben dieses wird geschehen, wenn man zwey gleiche Quantitäten von eben demselben Pulver in zwey gleich grossen Behältnissen anzündet, davon aber das eine der Gewalt des Pulvers hinlänglichen Widerstand leistet, das andre aber nachgiebt, und so bald sich nur die Entzündung anfängt, zerspringt. Denn da in dem kleinern Behältniß die Hitze so zu sagen, sehr stark in einander gedrengt ist, so muß auch in denselben ein jedes Körnchen weit eher von der Flamme verzehrt werden, als in dem andern.

§. 71. Um zu beweisen, daß die Entzündung des Pulvers in jedem Geschütz, es sey von welchem Caliber es wolle, von der Dichtigkeit der Luft, so sich zwischen den Körnern befindet, und von der Stärke



oder Schwäche des Feuers abhänget, welches dieselben umgiebt (§. 69.), nehme man einen Flinten- oder Pistolenlauf, und lade denselben dergestalt mit ordinair Pulver, daß die Ladung einen Raum von vier oder fünf Diameter des Caliebers einnimmt; und setze auf der Ladung, bloß in der Absicht das Pulver zurück zu halten, einen kleinen Vorschlag von einer Materie, die sich nicht leicht entzündet. Diesen Lauf halte man mit der Mündung in ein geräumiges Gefäß, welches man mit Fleiß hat machen lassen, um die Theile, so aus dem Lauf herausgeworfen werden, aufzufangen, und schieße alsdenn loß; so wird man nach dem Schuß verschiedene Pulverkörner finden, welche von dem Feuer unverfehrt geblieben sind. Diese Körner muß man zusammen nehmen, und so genau als es möglich ist, wiegen. Wenn man diesen Versuch mit eben dem Lauf und mit eben dergleichen Quantität von eben demselben

Pulver

Pulver etlichemahl wiederholet, und nur die Vorsicht gebraucht, daß man jedesmahl den Lauf wieder kalt werden läßt, so wird man finden, daß die Quantität des Pulvers, welches bey jedem Schuß unversehrte heraus geworfen worden, bey nahe immer einerley ist. Man kann auch zwey, drey oder mehrere Läufe von eben dem Calieber, aber von verschiedenen Längen, z. E. in der Verhältniß, 1, 2, 3. u. s. w. nehmen, und jeden mit eben der Quantität von einerley Art Pulver, und genau auf die vorhin beschriebene Art laden. Schießet man diese Läufe nach und nach loß, so wird man finden, daß durch jeden Schuß bey nahe gleich viel Pulver unversehrte in dem Gefäß geworfen worden. Hieraus kann man also sehen, daß die Länge des Laufs nichts zu der Entzündung einer größern oder kleinern Anzahl von Körner beyträgt, wenn man nur den Versuch mit gutem trocknen Pulver und zu einer solchen Zeit vornimmt, da



die Atmosphäre beynahe von allen Dünsten leer ist.

Eben dieses wird man auch bey allem Geschütz gewahr, welches einen größern Caliber hat. Man lade eine 32pfündige Canon mit 10 Pfund Pulver, so daß alles Pulver am Boden herunter kommt, und nicht etwa Körner in der Seele zerstreut liegen bleiben. Nachdem man das Pulver alles herunter gebracht, setze man darauf einen Vorschlag, damit das Pulver nicht weiter vorgehen kann, und feure das Canon auf hart gefrorenem Schnee oder auf dem Eise ab. Nach dem Schuß werden sich zwar viel Unreinigkeiten vor der Mündung finden, allein man wird schwerlich ein Körnchen Pulver gewahr werden, welches von dem Feuer unversehrt geblieben wäre. Man lade das Canon aufs neue mit 30 Pfund Pulver, und bediene sich dabey der angezeigten Vorsicht, richte es aber nach einer andern Gegend, damit man die Schüsse von

von einander unterscheiden könne. Nach dem Schuß wird man verschiedene Körner auf dem Schnee finden, welche das Feuer nicht angerühret. Wenn man endlich das Canon mit 60 Pfund ladet, wird man eine größere Menge von Körnern, als bey dem zweiten Schuß, auf dem Schnee gewahr werden, welche von dem Feuer unverfehrt geblieben sind.

Diese Versuche zeigen alle einstimmig, daß die Quantität des Pulvers, welche sich in einer jeden Art von Geschütz entzündet, seine bestimmte Gränzen hat. Jetzt wollen wir beweisen, daß dieses von der Dichtigkeit oder Intensität des Feuers und der Dichtigkeit der Luft herrühret, welche sich zwischen den Körnern befindet, und daß, so bald eine Veränderung in diesen Stücken vorgehet, auch eine Veränderung in der Quantität des Pulvers erfolgt, welches sich in eben dem Geschütz entzündet, wenn man nur zu jedem Schuß einerley Ladung nimmt.



§. 72. Man lade die vorhin erwähnte Läufe mit eben der Quantität von eben demselben Pulver, nehme aber an statt den leichten, einen stärkern Vorschlag, und stoße denselben mit ganzer Gewalt auf das Pulver, oder setze sonst auf eine andere Art der Gewalt des Pulvers einen hinlänglichen Widerstand entgegen. Feuert man hierauf die Läufe ab, so wird man in dem Gefäß eine weit geringere Quantität unverfhrter Pulverkörner finden. Dieses stimmt nicht allein mit dem, was bereits §. 46. bewiesen worden, vortreflich überein, daß nemlich der Grad des Feuers durch diesen Widerstand ungemein verstärkt wird, und in dem innersten der Ladung eine grössere Intensität bekommt, sondern beweist auch augenscheinlich, daß die Entzündung der Körner nur nach und nach geschieht.

Die Quantität des Pulvers, welches sich entzündet, richtet sich inzwischen nicht allezeit nach der Grösse des Widerstandes, welchen

welchen man der Gewalt des Pulvers entgegen gesetzt. Dahero ereignet es sich zuweilen, daß, wenn man bey gewissen Umständen, den Widerstand um etwas vermehret, sich weit mehr Pulver entzündet, als bey andern Umständen geschieht, wo man den Widerstand weit stärker gemacht hat.

Ohngeachtet die Maschine, welche wir in der dritten Figur beschrieben haben, und schon die bündigsten Beweise an die Hand giebet, daß die verschiedene Dichtigkeit der Luft, welche sich zwischen den Körnern befindet, eine grosse Veränderung in der Quantität des Pulvers hervorbringt, welche sich in einem Gewehr entzündet, so können wir solches doch auch noch durch andre Versuche, die ein jeder leicht nachmachen kann, bestätigen. Wir wollen indessen nur einen anführen. Man lade einen Flintenlauf mit einer grossen Quantität Pulver, und setze darauf nur einen bloßen Propf.

Propf. Wenn die Luft trocken, aber sehr dichte ist, schieße man denselben gegen ein grosses Gefäß loß. Hierauf lade man eben diesen Lauf auf eben dieselbe Art, und schieße ihn wieder loß, wenn die Luft sehr dünne ist, welches sich zuweilen im Sommer bey einigen Stunden des Nachmittagszutragen kann; und lasse, um die Wirkung desto empfindlicher zu machen, den Lauf an der Sonne etwas heiß werden. Nimmt man nun das Pulver, welches nach jedem Schuß in dem Gefäß liegen geblieben, und wieget es, so wird man finden, daß in dem zweiten Fall das Feuer eine weit grössere Quantität unversehrt gelassen, als in dem erstern. Da nun bey beyden alle Umstände, bis auf die Dichtigkeit der Luft zwischen den Körnern, gleich sind, so ist offenbahr, daß die verschiedene Dichtigkeit der Luft den Unterschied in der Quantität des entzündeten Pulvers hervor gebracht hat.

Man hat angemerkt, daß bey einer sehr grossen Hitze, oder wenn das Geschütz durch das starke Schiessen sehr heiß geworden, die Schüsse immer kürzer werden; dieses rühret keinesweges von der geringen Elasticität der natürlichen Luft her, welche sich zwischen den Pulverkörnern befindet; denn ihre Wirkung ist in Vergleichung der elastischen flüssigen Materie, welche aus dem Pulver hervorgebracht wird, gar nicht merklich; sondern die wahre Ursache davon ist die Quantität des Pulvers, welche sich von eben der Ladung entzündet, und allezeit kleiner ist, wenn die Luft, in der sich dasselbe befindet, dünner geworden.

S. 73. Außer den bisher angezeigten Modificationen, denen diese Eigenschaft des Pulvers in dem Geschütz unterworfen ist, finden sich noch einige andere, welche von der Grösse des Zündlochs und dessen Lage abhängen. Man schieße zwey Flintenläufe von einerley Calieber, deren Zündlöcher



Löcher aber von verschiedener Größe sind gegen das vorhin erwähnte Gefäß, so wird man finden, daß aus dem Laufe, dessen Zündloch grösser ist, weniger Pulver von dem Feuer unverfehrt herausgeworfen worden, als aus dem andern.

Eben dieses geschiehet, wenn das Zündloch des einen Laufs weiter von dem Boden nach der Mündung zu gebohrt ist, obungeachtet es mit dem Zündloch des andern, welches näher am Boden liegt, einerley Weite hat.

S. 74. Von dieser zweiten Eigenschaft des Pulvers hängt auch die Ladung ab, mit der man unter einer jeden gegebenen Erhöhung mit einem gegebenen Geschütz am weitesten schießt. Diese Ladungen verändern sich, wie man schon gesehen, und es in der Folge noch deutlicher gezeigt werden wird, nachdem sich entweder die Dichtigkeit der Luft, welche zwischen den Pulverkörnern enthalten ist, verändert, oder
das



das Geschütz unter verschiedenen Erhöhungswinkeln abgefeuert wird, oder der Zustand der Atmosphäre in Absicht auf die Dünste, die in derselben enthalten sind, verschieden ist. Jedoch nimmt man in diesem Stücke beständig wahr, daß, wenn man zu gleicher Zeit zwey Canons von einerley Caliber, aber von verschiedener Länge, und in denen die Zündlöcher gleich groß und auf einerley Art gesetzt sind, abfeuert, diejenige Ladung, welche die Kugel aus dem längern Canon am weitesten treibet, eben diejenige ist, welche die Kugel aus dem kürzern am weitesten treibet; wohl zu verstehen, daß die weiteste Schüsse aus beyden Geschütz, wenn man sie gegen einander hält, an und vor sich nicht gleich sind.

§. 75. Wenn man die Ladung, mit der man aus einem gewissen Geschütz den weitesten Schuß bekommt, durch Versuche bestimmen will, so fängt man gemeiniglich mit kleinen Ladungen an, und setzt nach
und



und nach immer mehr und mehr Pulver hinzuzugeben; dabei wird man gewahr, daß die Weite der Schüsse bis auf einer bestimmten Ladung zunimmt; setzt man zu dieser noch mehr Pulver zu, so gehen die Schüsse nicht nur nicht weiter, sondern nehmen sogar ab, ob gleich das Canon immer weiter zurückschleudert, je größer man die Ladung annimmt. Dieses aber ist eine richtige Folge aus dem, was wir vorher bewiesen haben, und stimmt mit den Grundsätzen der Mechanik vollkommen überein. Wenn wir den Widerstand, den die Kugel und das Canon leiden, nicht in Betrachtung ziehen, so muß der Raum, den das Stück zurückschleudert, zu der Weite des Schusses die Verhältnisse haben, welche die Kugel zu der Schwere des ganzen Stücks hat; so lange man also eine solche Ladung nimmt, welche sich in dem Geschütze völlig entzündet, so wird der Raum, den das Canon zurückschleudert, zu der Weite des Schusses die gedachte



Gedachte Verhältniß haben: so bald aber die Ladung so stark ist, daß sie sich nur zum Theil entzündet, so muß das angezündete Pulver nicht allein den Vorschlag und die Kugel, sondern auch den Theil des Pulvers vor sich her stoßen, der sich nicht entzündet. Da also die ganze Masse, welche nach der Mündung zu getrieben wird, grösser ist, so wird auch ihre Verhältniß zu dem Gewichte des Canons, welches unveränderlich bleibt, immer grösser, und daher kommt es, daß die Schüsse weit kürzer werden.

§. 76. Folgende Versuche sollen dazu dienen, die dritte Eigenschaft des Pulvers (§. 70) in allen Arten von Geschütz zu beweisen.

Man nehme ein Canon von welchem Calieber man will, und, um den Versuch desto einfacher zu machen, dazu eine solche Ladung, welche sich völlig in der Seele entzündet. Hierauf thue man einige Schüsse mit gleichen Ladungen von zweyerley Pulver, welches aber doch in Ansehung der

Erst. Th. 5 Vers



Verhältniß der Bestandtheile einerley und nur in Ansehung der Grösse der Körner verschieden ist, wie z. E. Canon- und Musqueten-Pulver. Nach angestellter Untersuchung wird man beständig finden, daß wenn alle übrige Umstände einerley sind, das Musqueten-Pulver die Kugel viel weiter getrieben als das Canon-Pulver. Nun kommt aber die Wirkung des Pulvers von der flüssigen elastischen Materie her, welche aus demselben durch die Flamme hervorgebracht wird. Es muß sich also nothwendig aus dem Musqueten-Pulver, weil damit der weiteste Schuß geschehen, eine weit grössere Quantität von dieser flüssigen Materie entwickelt haben, welche durch ihre Kraft die Kugel fortgetrieben hat. Inzwischen erzeugt eine gewisse Quantität Canon-Pulver eben so viel von dieser elastischen flüssigen Materie, als eine gleich grosse Quantität Musqueten-Pulver, wenn beyde gänzlich vom Feuer verzehret werden. (S. 57)



Hieraus folgt also, daß sich diese flüssige elastische Materie in der Zeit, welche die Kugel in dem Laufe zugebracht hat, noch nicht völlig aus dem Canon-Pulver entwickelt gehabt, und also ist offenbar, daß dazu eine gewisse Zeit erfordert wird. Eben dieses geschieht auch bey zwey andern Sorten von Pulver, in denen die Verhältniß zwischen den Bestandtheilen einerley, die Grösse der Körner aber verschieden ist. Man kann also hieraus sicher schliessen, daß in jedem Geschütz, es sey von welchem Calieber es wolle, ein jedes Körnchen von dem angezündeten Pulver nur nach und nach verbrennet, und man siehet offenbar, daß der Unterscheid, welcher sich bey dieser Eigenschaft äußert, bloß von der längern oder kürzern Zeit herühret, in der sich ein jedes Körnchen entzündet, und von der Flamme verzehret wird.

S. 77. Verschiedene sind der Meinung, daß, wenn ein Canon oder sonst ein schweres Geschütz, besonders mit ganzer



Ladung abgefeuert wird, das Feuer sich gleich in dem ersten Augenblick mit solcher Hefigkeit ausbreitet, daß es ihnen unmöglich zu seyn scheint, daß auch nur der geringste Theil der Ladung unentzündet bleiben sollte; sie glauben vielmehr, daß schon alles Pulver von der Flamme verzehrt wird, ehe die Kugel merklich von der Stelle gekommen. Ohngeachtet wir nun schon (§. 71. 72.) hinlänglich bewiesen, daß die Quantität des Pulvers, welches sich in jedem Geschütz entzündet, ihre Gränzen hat; so wollen wir doch noch einen andern Versuch anführen, welcher diese Materie in ihr völliges Licht setzen, und alle Zweifel in Ansehung der Entzündung und allmählichen Verbrennung eines jeden Körnchens aus dem Wege räumen wird.

Ein jeder Artillerist weiß, daß das feine Pulver jederzeit besser und stärker ist, als das Musquetenpulver; und wenn man ein und eben dasselbe Canon mit gleicher

Quantität von diesem verschiedenen Pulver ladet, das feine Pulver die Kugel jederzeit weiter treibet. Man nehme also eben die Masse, aus der man das feine Pulver verfertigt, und mache daraus eine Art von Pulver, so, daß die Körner desselben vier- oder fünfmahl so groß werden, als die Körner von dem Musqueten-Pulver. Hierauf lade man das Canon mit einer gewissen Quantität von diesem neu verfertigten Pulver, und thue damit einige Schüsse; alsdenn nehme man eine gleiche Quantität von Musqueten-Pulver, und thue damit ebenfalls etliche Schüsse: so werden diese letztern allezeit weiter gehen, als die erstern. Dieses ist also ein Beweis, daß aus dem Musqueten-Pulver eine weit größere Quantität von der flüssigen elastischen Materie, wodurch die Kugel fortgetrieben wird, hervorgebracht werde. Wenn aber das vorhin gedachte Pulver, dessen Körner so groß sind, völlig von der



Flamme verzehrt wird, so entsteht daraus eine eben so grosse Quantität von der flüssigen Materie, als aus einer gleich grossen Menge von feinem Pulver: und die elastische Materie, die aus dieser Art von Pulver erzeugt wird, ist wieder viel häufiger als diejenige, welche eine gleich grosse Quantität Musketen = Pulver hervorbringt (S. 57.). Hieraus folgt also, daß sich bei diesem Versuch die flüssige Materie noch nicht völlig aus dem Pulver, dessen Körner so groß sind, entwickelt gehabt; folglich wird eine gewisse Zeit erfordert, damit ein jedes Körnchen verbrennen kann; weil man voraussetzt, die Ladung sey so beschaffen, daß sich alle Körner in der Seele entzündeten.

S. 78. Bei den Ladungen, welche man heutiges Tages im Felde zu den Canons gebraucht, wird ein jedes Körnchen erst vor der Mündung völlig von der Flamme verzehrt; denn man wird beständig eine Menge

Menge von Feuer gewahr werden, welches zu der Mündung herausfährt, welches nicht geschehen würde, wenn die ganze Ladung schon völlig von dem Feuer aufgerieben wäre, ehe die Kugel sich merklich von der Stelle bewegt hätte.

§. 79. Von dieser dritten Eigenschaft des Pulvers kommt zum Theil mit der Unterschied her, welcher sich zwischen den Schüssen findet, die aus zweyen Canons von einerley Calieber, aber ungleicher Länge, mit gleichen Ladungen von einerley Art Pulver geschehen. Die längere Canone schießet nicht allein aus der Ursach weiter, weil die Kugel sich länger in demselben aufhält, und also die flüssige elastische Materie länger auf dieselbe würfet, sondern auch, weil sich in dem längern Laufe eine weit grössere Menge von der flüssigen Materie aus einem jeden Pulverkörnchen entwickeln kann.

Die lange Canons schießen aber alle in dem Falle weiter, wenn die Kugel bey



dem Ausgang aus denselben noch von der elastischen Materie getrieben wird, das ist, wenn die Geschwindigkeit, welche die Kugel an der Mündung hat, kleiner, als die Geschwindigkeit ist, mit der sich die flüssige elastische Materie an eben diesen Ort fortbeweget.

§. 80. Die Wirkung dieser elastischen Materie auf die Kugel, so lange sie sich in dem Canon befindet, ist bey dem Anfang der Bewegung so heftig, daß eine geringere Ladung die Kugel zuweilen eben so weit, ja öfters noch weiter treibet, als eine grössere, ohngeachtet die Körner in beyden Ladungen sich schon entzündet haben, ehe die Kugel in Bewegung geräth. Dieses rühret daher, weil bey einer kleinern Ladung, welche also auch einen kleinern Raum einnimmt, der Theil der Seele, welchen die Kugel durchlaufen muß, länger ist, und demnach die flüssige elastische Materie länger auf die Kugel wirken kann. Wenn
man

Wenn man dieses sehen will, nehme man einen Lauf, welcher anderthalb Diameter von seinem Calieber lang ist, und lade ihn dergestalt, daß die Ladung in demselben einen halben Diameter von dessen Calieber einnimmt: so wird der Schuß allezeit weiter gehen, oder die Kugel tiefer in das lockere Erdreich hinein dringen, als wenn man eine noch einmahl so starke Ladung nimmt.

Die kürzern Schüsse also, welche erfolgen, wenn man ein Canon mit zu viel Pulver ladet, kommen nicht allein daher, weil der Theil des schon entzündeten Pulvers die Kugel, und das übrige noch unentzündete Pulver herausstossen muß (S. 75.); sondern auch, weil die Kugel in dem Raum, den sie in dem kürzern Stücke zu durchlaufen hat, ehe sie an die Mündung kommt, nicht so lange der Wirkung der flüssigen elastischen Materie ausgesetzt ist.

S. 81. Durch Hülfe dieser bisher erwiesenen Eigenschaften des Pulvers,



läßt sich nunmehr leicht erklären, warum in den Schießgeweren, wenn sie auf die gewöhnliche Art geladen werden, sich nur eine gewisse und bestimmte Quantität Pulver anzünden kann.

Um diese Sache aber in ihr gehöriges Licht zu setzen, so wollen wir bey der flüssigen elastischen Materie, welche sich aus dem Pulver entwickelt, die Wirkung des Feuers und die Wirkung der Elasticität, jede besonders untersuchen. Indem sich diese flüssige Materie aus den brennbaren Körnern entwickelt und von denselben entfernt, nimmt sie zu gleicher Zeit viel von den brennbaren Theilen mit, welche sich entzündet haben. Das Feuer ist also in dieser flüssigen Materie nicht mehr so heftig, theils weil es einen größern Raum einnimmt, theils auch, weil die Flamme aufhört, so bald die brennbare Theile verbrannt sind. Daher kommt es, daß diese flüssige Materie in einer gewissen Entfernung von den brennend

brennenden Körnern nicht Feuer genug in sich hat, um das andere Pulver anzuzünden. Im Gegentheil setzt die Elasticität ihre Wirkungen gegen die innere Oberfläche des Behältnisses, worin sich das Pulver befindet, immer fort, ob dieselben gleich wegen der Schwäche des Feuers ebenfalls geringer werden.

Nun fängt sich die Entzündung des Pulvers in dem Geschütz gleich bey dem Zündloche an, welches am Boden der Seele angebracht ist, und die mit Feuer angefüllte elastische Materie entwickelt sich gleich aus den erstern Körnern, welche in Brand gerathen, und dringet in die Räume zwischen die andern Körner. Je weiter sich also diese flüssige fortdauernde Materie, welche sich sogleich anfänglich entwickelt, ausdehnet, und je geschwinder die brennbaren Theile, welche mit derselben vermischt sind, verzehrt werden, je weniger Kraft behält das sich in dieser Materie befindliche Feuer.

Feuer. Obngeachtet nun diese flüssige Materie die nächst anliegende Körner zwar anzündet, so wird sie doch in einer gewissen Entfernung von dem Zündloch nicht genugsame Feuer enthalten, um daselbst andre Körner in Brand zu setzen. Unterdesseñ wird dieser Abgang durch die flüssige Materie, welche sich aus den angezündeten Körnern auß neue entwickelt, nach und nach wieder ersetzt, und die übrige Körner, welche das in der ersten flüssigen Materie enthaltene Feuer nicht vermögend war anzuzünden, gerathen endlich auch in Brand. Nach und nach vermehrt sich diese flüssige Materie, und die Hitze wird in dem ganzen Raum, den die Ladung einnimmt, immer stärker, so daß sich endlich der Vorschlag und die Kugel zu bewegen anfangen. So bald dieses geschieht, wird der Raum, welchen das Feuer, die flüssige elastische Materie und die noch unentzündete Pulverförner einnehmen, immer grösser, und die
Inten

Intensität des Feuers, ohngeachtet dadurch immer mehr und mehr von der flüssigen Materie entwickelt wird, nimmt nicht mehr in der vorigen Verhältniß zu, dergestalt, daß, wenn die Intensität in keiner größern Verhältniß zunimmt, als der Raum, der durch den Fortgang des Vorschlages und der Kugel entsteht, die noch unangezündete Körner unentzündet bleiben; weil die Intensität des Feuers nicht von der Beschaffenheit ist, welche erfordert wird, um die Körner, welche durch die Hitze in einer sehr verdünnten Luft gesetzt worden, völlig in Brand zu setzen.

Hieraus läßt sich numehro leicht begreifen, warum die flüssige Materie, welche sich aus einer mäßigen Ladung, die aber gut angesetzt ist, entwickelt, vermöge ihrer Elasticität nicht allein den Vorschlag und die Kugel forttreiben, sondern zu gleicher Zeit auch den erforderlichen Grad der Hitze haben kann, um alle Körner anzuzünden; und

und wie es möglich ist, daß eben diese Materie bey einer allzu grossen Ladung, ohngeachtet dieselbe eben so stark angefezt worden, nicht den gehörigen Grad der Hitze enthalten kann, um die Körner, welche etwas weit von dem Zündloch entfernt sind, anzuzünden, ob dieselbe gleich vermöge ihrer Elasticität im Stande ist, den Widerstand des Vorschlages und der Kugel zu überwältigen und beyde Körper in Bewegung zu setzen.

S. 83. Man siehet hieraus, daß die Figur des Behältnisses in dem die Entzündung geschieht, nicht das geringste dazu beitragen kann, die Kraft der flüssigen elastischen Materie, welche sich aus dem Pulver entwickelt, entweder zu vermehren oder zu vermindern. Es kann zwar geschehen, daß, da in zweyen gleich grossen Behältnissen, die aber der Figur nach ganz verschieden sind, die Theile einer und eben derselben Quantität Pulver mehr oder weniger

niger nahe aneinander liegen, und die ersten Körner sich allezeit da entzünden, wo das Zündloch angebracht ist: das Feuer, welches sich überall ausbreitet, eine verschiedene Anzahl von Körnern in eben der Zeit anzündet, und sich also in eben der Zeit eine kleinere oder grössere Quantität von der elastischen flüssigen Materie entwickelt; man kann aber nicht sagen, daß wegen der Figur dieser Behältnisse, diese elastische Materie eine grössere oder geringere Kraft habe.

Das erste ist eben die Ursache, warum man mit einem Mörser, der eine kugelförmige Kammer hat, weiter wirft, als mit einem andern. Denn, wie aus der Geometrie bekannt ist, unter allen Figuren, welche einerley Raum einschliessen, ist die sphärische Figur diejenige, welche zu gleicher Zeit die kleinste Oberfläche hat; und aus diesem Grunde liegt alles Pulver in einer solchen Kammer dem Zündloche weit näher als in einer jeden andern.



S. 83. Es ist also hinlänglich bewiesen, daß das Pulver, wenn es sich entzündet, eben die Eigenschaften habe, welche man an den Bestandtheilen desselben zusammengenommen wahrnimmt, und diese Eigenschaften in jedem Geschütz, es sey von welchem Caliber es wolle, behalte; zu gleicher Zeit ist aber auch gezeigt worden, in wie fern eben diese Eigenschaften durch die Art, wie es in der Gegend des Zündlochs lieget, durch den Widerstand, welcher der Gewalt desselben entgegen gesetzt wird, durch den Zustand der Luft in der Atmosphäre in Ansehung ihrer Dichtigkeit und der Feuchtigkeiten, welche sich in derselben befinden, verändert werden. Nicht weniger ist offenbar, daß, wenn man ein gewisses Geschütz mit einer gewissen Quantität Pulver von einer gewissen Sorte ladet, die Wirkungen, welche dasselbe hervorbringt, nach den verschiedenen Zeiten und Gegenden, ebenfalls verschieden seyn müssen.

Kommen zu den Veränderungen in der Dichtigkeit der Luft noch die Feuchtigkeiten hinzu, welche das Pulver selbst an sich gezogen, so werden die Schüsse, die mit demselben geschehen, merklich kürzer als sonst, weil die gänzliche Verbrennung der Körner mehr Zeit erfordert. Dieses siehet man öfters, wenn man die Canons auf der See, neben Teichen und sumpfigten Orten, aus denen die Dünste häufiger aufsteigen, abfeuert. In dem zweiten Theile wird man gewisse Versuche anführen, durch die man beweisen kann, daß die Geschwindigkeit, welche der Kugel in einem Gewehr von einer gewissen Quantität Pulver mitgetheilet wird, wenn die Witterung sehr feucht ist, sich zu der Geschwindigkeit, welche der Kugel von einer gleichen Ladung, aber bey sehr trockenem Wetter, eingedrückt wird, wie 6 zu 7 verhält.

S. 84. Wir müssen also behaupten, daß die Versuche, welche man mit verschiedenen

Mortiers, die aber doch nach einerley Proportion und nach einerley Modell gegossen sind, in verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten anstellt, um die Güte und die Kraft von einer gewissen Art Pulver zu untersuchen, im Grunde nichts entscheiden können. Denn außer den Veränderungen, welche die verschiedene Dichtigkeit der Luft, und die Feuchtigkeiten bey der Entzündung des Pulvers in verschiedenen Zeiten hervorbringen, finden sich öfters in der Construction der Mortiere selbst einige Irregularitäten, ohngeachtet sie auf das sorgfältigste nach einem Modell gegossen worden. Unsere Sinnen können zwar nicht allemahl diese Abweichungen merken, so aufmerksam wir auch sind, nichts desto weniger aber können die Schüsse aus eben dem Mortier, an eben demselben Orte, und unter einerley Richtung, und wenn auch alle übrige Umstände einander vollkommen gleich und ähnlich sind, unter einander sehr verschieden seyn.

§. 85. Will man sich aber dem allen ohngeachtet durch Hülfe eines Mortiers von der Güte und Kraft des Pulvers versichern, so muß man nothwendig

1) eine gewisse Quantität Pulver haben, welches mit allem möglichen Fleiß versertiget und auf das sorgfältigste verwahret worden, und man Probier-Pulver (Polvere di Norma) nennen kann, und mit demselben einige Würse thun: Nachgehends den Mortier mit einer gleich grossen Quantität von dem Pulver, welches man probieren will, und welches mit dem Probier-Pulver einerley Güte haben soll, wieder laden, und die Würse, so damit geschehen, mit den erstern vergleichen. Sind nun diese Würse einander gleich, so kann man von der Güte und Kraft des Pulvers, welches man untersucht hat, gewiß versichert seyn, und es also auch vor gut annehmen, wenn gleich zu einer andern Zeit und in



einer andern Gegend die Schüsse, so mit dem Probier-Pulver geschehen, (dafern es nur gut aufbehalten worden) weiter oder kürzer gegangen. Denn durch diesen Versuch sind wir allemahl versichert, daß das Pulver, welches man vor gut erkennet, mit dem Probierpulver einerley Kraft habe.

2) Ehe man das Pulver probiert, muß man beyde Arten, sowohl diejenige, welche man probieren will, als auch das Probierpulver selbst einige Zeit an die Sonne legen, wobey man die Vorsicht gebraucht, die S. 63. 66. angezeigt worden; und die Würfe zu solcher Zeit thun, wenn die Luft nicht mit zu viel Dünsten angefüllt ist.

3) Um die Veränderungen zu vermeiden, welche die Luft, nachdem sie von der Hitze mehr oder weniger verdünnt worden, bey der Entzündung des Pulvers und dem Wiederstand der Kugel, welche aus dem Mortier geworfen wird, hervor-

vorbringen kann, muß man die Würfe kurz hintereinander thun, und den Mortier nur mit wenigem Pulver laden, damit sich alles, auch wenn die Luft noch so dünne geworden, entzünden kann. Aus dieser Ursache muß man, wenn die Kammer, wie solches bey den Mortiers, die zum probieren gebraucht werden, gemeiniglich zu seyn pflegt, cylindrisch, und das Zündloch am Boden angebracht ist, die Ladung so annehmen, daß der Raum, den dieselbe ausfüllt, aufs höchste einen Diameter der Kammer lang ist, ohngeachtet sich eine grössere Quantität Pulver, wenn es sehr gut ist, darinnen entzünden kann.

4) Endlich muß der Mortier auf einem starken und schweren Klotz dergestalt befestiget werden, daß er nicht von der Stelle weichen, und bey den verschiedenen Schüssen irreguläre Bewegungen machen kann. Ferner muß derselbe be-



ständig im 45ten Grad elevirt seyn. Endlich muß man auch allezeit eben dieselbe Kugel behalten, und das Centrum gravitatis muß so viel möglich, im Mittelpunkte derselben befindlich seyn. Gebraucht man diese angezeigte Vorsicht nicht, so darf man sich nicht wundern, wenn die Würse so verschieden und unordentlich sind.

Auf diese Art, und wenn man mit der vorhin gezeigten Behutsamkeit verfährt, wird man die Güte und die Kraft des Pulvers mit mehrerer Zuverlässigkeit untersuchen können, als mit allen den zusammengesetzten Maschienen, deren man sich bis hero in dieser Absicht bedienet.

Diese zusammengesetzte und künstliche Maschienen sind gemeiniglich wegen der innern Verbindung ihrer Theile vielen Unbequemlichkeiten unterworfen, welche bey einem Mortier nicht statt finden können, wenn derselbe auf einem schweren Klobe so stark als möglich befestigt ist: denn indem man
diese

diese beyde Theile mit einander vereinigt,
so entsteht daraus eine ganz einfache und
fast unbewegliche Maschiene.

Fünftes Capitel.

Von der Ladung, mit der man aus
einem gegebenen Geschütz am wei-
testen schießt.

§. 86.

Die Bestimmung der Ladung, mit der man
aus einem gegebenen Canon am weitesten
schießt, ist von je her ein würdiger Gegen-
stand der Betrachtungen der Artilleristen
gewesen. Es hängt aber die Kenntnis der-
selben von der zweiten Eigenschaft des Pul-
vers ab, und man kann in diesem Stücke
blos durch die Versuche, welche man in ge-
wissen besondern Fällen anstellt, etwas ge-
wissenes ausmachen. Denn da wir §. 47. 71.
bewiesen haben, daß in einem jedem Ge-
schütz, in welchen sich diese zweite Eigen-
schaft des Pulvers offenbahret, die Quan-
tität



tät des Pulvers, welches sich entzündet ihre gewisse Gränzen hat, und nachdem sich entweder der Widerstand, welcher der Gewalt der flüssigen elastischen Materie entgegen gesetzt wird, oder die Dichtigkeit der Luft zwischen den Körnern (S. 72. 74.), die Grösse des Zündlochs; und die Lage desselben, oder die Figur der Kammer, in welcher das Pulver geladen wird, und der Zustand der Atmosphäre in Absicht auf die Dünste, welche sich in derselben befinden (S. 82), nachdem, sage ich, sich alle diese Dinge ändern, auch diese Quantität selbst vielen andern Veränderungen unterworfen ist: so ist es offenbar, daß es unmöglich ist, die richtige Quantität des Pulvers, welches zu dergleichen Ladung erfordert wird, zu bestimmen; sondern daß sich in diesem Stücke nur etwas vor gewisse und ganz besondere Umstände festsetzen läßt.

Um hierinnen etwas entscheidendes und brauchbares zu bekommen, muß man mit den Canons, vor die man diese Ladung bestimmen will,

will, einige Versuche anstellen, und dieselben so wie es im Felde gewöhnlich ist, laden.

§. 87. Bei dergleichen Versuchen hat man sein Augenmerk gemeiniglich auf zwei Stücke gerichtet.

1) Man sucht entweder von einer gewissen Art Pulver diejenige Ladung zu bestimmen, welche wenn eben die Umstände wieder vorkommen, die Kugel am weitesten treibt.

2) Oder man will die größte Quantität von einer gewissen Art Pulver wissen, welche sich in einem gegebenen Geschütz unter eben den Umständen entzündet.

Man muß nothwendig diese beyde Stücke mit der größten Sorgfalt von einander unterscheiden. Wenn von sehr kurzem Geschütz die Rede ist, so haben wir §. 80. bewiesen, daß der weiteste Schuß nicht eben von der größern Anzahl der Pulverkörner abhängt, welche sich in demselben entzünden. Diesen Beweis aber kann man



leicht allgemein machen, und auf alle übrige Arten von Geschütz ausdehnen, ihre Länge mag beschaffen seyn wie sie wolle, wenn man nur dabey voraussetzet, daß eine jede Ladung in einem jeden Geschütz völlig in einer flüssigen elastischen Materie aufgelöst wird, ehe die Kugel sich merklich von ihrer Stelle bewegt, und daß sich in dieser flüssigen Materie beständig einerley Grad der Hitze befindet. Denn bey dieser Voraussetzung leidet die flüssige elastische Materie keine andere Modifications, als die, welche von der Ausdehnung derselben durch die ganze Länge des Laufs abhängen, und die Ladung, wodurch der weiteste Schuß erhalten wird, nimmt ohngefähr $\frac{10}{27}$ von der ganzen Länge der Seele ein, wie solches aus unsern physisch-mechanischen Anfangsgründen zu ersehen ist. Bey allen übrigen Ladungen aber sind die Schüsse um desto kürzer, je mehr oder weniger dieselben von der angezeigten Ladung abweichen.

abweichen. Es ist also weit gefehlt, daß sich aus den Versuchen, welche mit denen S. 40. beschriebenen Arten von Pulver angestellt werden können, etwas wieder unsere Beobachtungen sollte herleiten lassen, vielmehr ist es gewiß, daß sich nicht alle Körner in dem Geschütz entzündet, wenn die Ladung übermäßig groß ist, und auf derselben den Vorschlag und die Kugel fest angesetzt worden: so wie es nicht minder richtig ist, daß sich die flüssige elastische Materie aus dem einen Theil der angezündeten Körner erst vor der Mündung des Stückes entwickelt.

Aus diesem Grunde findet man zuweilen, daß, wenn man zwei ungleiche Ladungen von eben demselben Pulver, davon die kleinere sich völlig, die andre aber sich nur zum Theil in dem Stück entzündet, ohngeachtet sich in diesem Theile mehr Pulverkörner befinden als in der kleinern Ladung, mit einander vergleicht, in der Ausübung öfters
eine



eine solche Verbindung der Umstände kommen kann, daß, ohngeachtet die Anzahl der Pulverkörner, welche sich von der starken Ladung entzündet haben, grösser ist, dennoch der Schuß nicht so weit geht, als mit der kleinern Ladung, von der sich alle Körner entzündet haben; es sey nun, daß das Pulver, welches noch unentzündet gegen die Mündung getrieben wird, oder die Kürze des Stückes selbst, in welchem die Kugel fortgestossen wird, daran schuld ist.

Da also die Ladungen, von denen sich eine grössere Anzahl der Körner entzündet, die Kugel vors erste nicht allezeit am weitesten treiben, andern theils dabey viel mehr Pulver draufgehet, und das Geschütz selbst heftig dadurch leidet; so müssen wir unser Haupt Augenmerk darauf richten, unter allen diesen Ladungen diejenige zu bestimmen, mit der man aus einem gegebenen Geschütz, es sey von welchem Calieber es wolle, am weitesten schießt.



§. 88. Man kann die Erfahrungen, um die Ladung, welche der Kugel die größte Geschwindigkeit beybringt, und durch die man also die größte Schußweite bekommt, unmittelbar zu bestimmen, auf dreyerley Art anstellen. Die erste Art besteht darinnen, daß man die Geschwindigkeit zu bekommen sucht, mit der die Kugel zur Mündung herausfährt. Die zweyte besteht darinnen, daß man mit einem gewissen Geschuß gegen ein festes und homogenes Ziel schießt, und hernachmals die Tiefe mißt, auf welcher die Kugel in dasselbe eingedrungen. Die dritte Art bestehet endlich darin, daß man die Weiten der Schüsse mißt. Diese letztere aber ist am meisten zusammengesetzt, und weil sich dabey so viel Zufälle ereignen können, welche die Bewegung der Kugel verändern, und sie von ihrem Flug abbringen können, so kann man darauf auch am wenigsten bauen. Inzwischen wollen wir doch diese letztere am ersten untersuchen, welche



welche in der Ausübung am meisten gebraucht wird, weil man die Schußweiten gleich vor Augen hat. In der Folge werden wir die andern beyde auch vornehmen, und diese werden uns noch außerdem zu der Auflösung verschiedener wichtigen Aufgaben führen.

Um also die Ladung zu finden, welche die größte Schußweite giebt, muß man

1) mit Ein und eben dasselbe Geschütz viele Schüsse vollkommen unter einerley Umständen, so weit dieselben von uns abhängen, und mit eben den Regeln thun, welche man im Felde gebraucht, und die Vorschläge so fest auf das Pulver ansetzen, als es in dergleichen Fällen zu geschehen pflegt. Besonders muß man wohl zusehen, daß man bey diesem Schüssen nichts als die Quantität von ein und eben demselben Pulver verändert.

2) Muß

2) Muß man mit diesen Schüssen so lange fortfahren, bis man diejenige Ladung findet, die so beschaffen ist, daß, wenn man eine andere Ladung nimmt, welche grösser oder kleiner ist, die Schüsse entweder kürzer oder doch einander gleich werden.

3) Muß man das Stück unter einer andern Erhöhung wieder so lange abfeuern, bis man auch von dieser Erhöhung die verlangte Ladung ausfündig gemacht.

Unter Beobachtung aller dieser Umstände, und um die Langwierigkeit bey den Versuchen zu vermeiden, welche zu ihrer Richtigkeit nichts beynträgt, wurden von den Herrn Officiers von der Artillerie zu Turin, erstlich drey Horizontal-Richtungen, nachgehends die größte Erhöhung genommen, welche ein Canon haben kann, wenn es ganz bis auf den Ruhriegel herunter gelassen wird, und unter diesen Erhöhungen folgende Versuche gemacht.



S. 89. Die ersten Versuche wurden unter der Direction des Herrn Commendators De-Vincenzi den 7. Februar 1746. angefangen, und den 30 Merz wieder geendigt. Dabey wurden aus jedem Canon bey guter Witterung und in den Nachmittagsstunden allezeit mit einerley Ladung verschiedene Schüsse gethan.

In den Festungswerken dieser Stadt wurde ein Platz ausgesucht, wo man die Canons hinpflanzte, dergestalt, daß die Mündung derselben siebenzehn Fuß höher lag als die horizontale Fläche des Feldes. Nach der Richtung, wo die Schüsse hingingen, wurden ferner viel Stangen in einer geraden Linie und sechzig Fuß weit von einander gestochen, und um alle Zweydeutigkeit zu vermeiden, an jeder Stange angeschrieben, wie weit dieselbe von dem Canon entfernt war.

Zur Rechten und Linken dieser Linie befanden sich verschiedene Personen, welche mit der äußersten Sorgfalt bey jedem Schuß

Schuß den Punkt merkten, wo die Kugel zum erstenmal aufsetzte. Auf der Batterie waren verschiedene Officiers, welche auf alles genau acht hatten, und die erforderliche Anmerkungen machten. Die Canons selbst standen auf einer guten und festen Betung, auf der sie ungehindert zurückspielen konnten, und die so viel als möglich, horizontal, und 12 Fuß lang und 6 breit war.

Man bediente sich aber 4, 8, 16 und 32pfündigen Canons, die Seele war durchaus cylindrisch und die Zündlöcher hinten am Boden angebracht; übrigens waren sie nach der in der practischen Artillerie angezeigten Proportion versfertiget, das ist:

Canons.	Länge der Seele in Caliebern.		Gewicht in Pfunden.	
4pfündig	—	27	—	1275
8pfündig	—	27	—	2540
16pfündig	—	28	—	4375
32pfündig	—	20	—	7875

Erst. Th.

R

Sie



Sie wurden auf der Laffete abgefeuert, und durch Hülfe einer Ladeschaukel mit verschiedener Quantität ordinaire Pulver geladen. Man bediente sich dabey der Vorsicht den Vorschlag auf dem Pulver mit vier starken Schlägen ansetzen zu lassen, und eben dergleichen drey Schläge bekam der Vorschlag auf die Kugel von eben dieselben Canoniers, und so viel als es möglich ist, wurde darauf gesehen, daß alle diese Schläge gleich stark gegeben wurden. Die Vorschläge waren von Heu gemacht, welches man zusammengedrehet hatte, und die Kugeln wurden gewogen, damit eine jede beynähe so schwer war, als die andre. Der Diameter der Kugeln verhielt sich zum Diameter der Mündung ohngefähr wie 20 zu 21.

Nachdem die Canons auf diese Art geladen worden, so richtete man dieselben nach der abgestochenen Linie, und bey allen den Schüssen war die Lage der Arx derselben

horte

horizontal, welches man durch Hülfe einer Wasserrage mit einem Pendulo, und einer andern mit bloßem Wasser, bewerkstelligte.

Nach einem jedem Schuß wurde der Raum gemessen, welchen das Canon zurückgespielt hatte; und man war darauf bedacht, die Räder bey jedem neuen Schuß genau auf die vorige Stelle zu bringen, so daß sie immer auf eben der Felge und auf eben dieselben Nägel zu stehen kamen. Hierdurch vermied man so viel als möglich, alle äußerliche Veränderungen, die einen Einfluß auf den Schuß haben konnten. Ehe man Feuer gab, bezeichnete man auf dem Richtkeil genau, wo ein gewisser Punkt von dem Boden des Canons hinkam, und rechnete die Schüsse vor nichts, die wegen der Bewegung der Richtkeile etwas irreguläres zeigten.

Mit dieser angeführten Behutsamkeit wurden die Versuche ausgeführt. Die ersten Schüsse geschahen mit kleinen Ladungen,



welche man nach und nach immer stärker machte. Man wurde dabey gewahr, daß von drehen Schüssen, welche zum wenigsten mit einer jeden Ladung geschahen, die letztern immer kürzer giengen.

Nachdem man also durch verschiedene Schüsse die Ladung bestimmt hatte, mit der man aus einem jeden Canon am weitesten geschossen; so wiederholte man in den fünf letztern Tagen diese Versuche, um alle die Veränderungen zu vermeiden, welche der verschiedene Zustand der Luft in der Weite der Schüsse etwa hervorbringen konnte. An einem jeden von diesen letztern Tagen that man in den Nachmittags-Stunden allezeit nur mit einem Canon und mit den in nachfolgender Tafel angezeigten Ladungen verschiedene Schüsse, das ist: In dem einen Nachmittag that man aus einem 4pfündigen Canon dreu Schüsse mit einer jeden Ladung von $1\frac{1}{2}$ Pfund, 2 Pfund, $2\frac{1}{2}$ Pfund Pulver.

Den

Den andern Tag aus einem 8pfündigen Canon und mit 3 Pfund, 4 Pfund, 5 Pfund Ladung, eben so viel Schüsse; und ebendasselbe am vierten und fünften Tage mit 16 und 32pfündigen Canons.

Um endlich die Schüsse aus den verschiedenen Canons mit einander vergleichen zu können, so wurden die 4 und 8pfündige Canons mit Halb-Kugel schwer Pulver, und die 16 und 32pfündige Canons mit $\frac{1}{3}$ Kugel schwer Pulver geladen.

Folgende Tabelle zeigt das Resultat, aus den in den fünf letzten Tagen gemachten Versuchen.

Calieber der Canons.	Ladung in Pfund.	Weite der Schüsse in Fuß.	Raum, den das Canon zurückge- spielt in Zoll
4 pfün- dige	1 $\frac{3}{4}$ --	852 --	26
	2 --	870 --	37
	2 $\frac{1}{2}$ --	840 --	43
		R 3	Calie-



Caliber der Ca- non.	Ladung in Pfund.	Weite der Schüsse in Fuß.	Raum, den das Canon zurückge- spielt in Zoll		
8	3	--	912	--	27
pfün- {	4	--	948	--	38
dige. {	5	--	948	--	49
16	4	--	900	--	25
pfün- {	5 $\frac{1}{3}$	--	936	--	33
dige. {	6	--	930	--	46
32	8	--	864	--	32
pfün- {	10 $\frac{2}{3}$	--	876	--	42
dige. {	12	--	870	--	49

S. 90. Aus diesen Versuchen, bey denen man alle mögliche Sorgfalt angewendet hatte, läßt sich also schliessen und so ziemlich der Wahrheit gemäß festsetzen, daß von der Art Pulver, dessen man sich bedienet, die Ladung, durch welche man den weitesten Schuß bekommt, bey 4 und 8pfündigen Canons ohngefähr die Hälfte, und bey 16 und 32pfündigen Canons ein Drittel von dem

dem Gewicht der Kugel ausmacht, und daß die Schüsse aus dergleichen Canons, wenn unter den angeführten Umständen andre Ladungen genommen werden, allezeit kürzer gehen. Außerdem kann man daraus folgende Wirkungen, welche beständig erfolgen, erklären.

1) Der Raum, den das Canon zurückspielt, nimmt mit der Ladung beständig um sehr merklich zu; da indessen die Weite der Schüsse nur bis auf einen gewissen Punkt zunimmt, und nachgehends in einer weit kleinern Verhältniß wieder abnimmt, als nach welcher der Raum, welchen das Canon zurückspielt, grösser wird.

2) Die Ladung, durch welche man bey Canons von einem kleinen Caliber den weitesten Schuß bekommt, ist a proportion grösser, als bey den großen Canons.



§. 91. Um die erste Wirkung zu erklären (§. 90. n. 1.) kann man folgenden Versuch machen:

Man nehme nach Gefallen ein ordinaires Canon, und lade dasselbe mit einer solchen Quantität Pulver, welche sich völlig in der Seele entzündet, setze aber keinen Vorschlag darauf; feure hernach das Stück ab, und messe den Raum, welchen dasselbe zurückgespielt. Eben dieses Canon lade man mit einer gleich grossen Quantität von eben dem Pulver, und setze auf denselben einen starken Vorschlag; so wird der Raum, welchen das Canon zurückgespielt, weit grösser seyn als vorher. Bey dem dritten Schuß, nehme man wieder dieselbe Ladung, setze auf derselben einen starken Vorschlag, ausser diesem aber noch auf die Kugel einen andern Vorschlag, und messe den Raum, welchen das Canon zurückgespielt, so wird dieser wieder grösser seyn als nach dem zweiten Schuß. Endlich thue man mit

mit derselben Ladung und dergleichen Vorschlägen andre Schüsse, nehme aber nach und nach zwey, drey etc. Kugeln; so wird man finden, daß der Raum, welchen das Canon zurückspielt, immer grösser wird, je mehr Kugeln man nimmt, zu gleicher Zeit aber die Weite der Schüsse merklich abnimmt.

§. 92. Diese Erfahrung nun wollen wir auf die Versuche im Jahr 1746. anwenden.

Es ist §. 71. 75. bewiesen worden, daß sich in dem schweren Geschütz nur eine bestimmte Quantität Pulver entzündet. Wenn die Ladungen nun so beschaffen sind, daß sie sich völlig in dem Canon entzündet, so ist die Quantität der flüssigen elastischen Materie, welche sich in der Seele entwickelt, um desto grösser, je stärker die Ladung angenommen wird. Wenn man also auf das Reiben der Kugel, und den Widerstand der Luft nicht acht hat, und



das Gewicht des Canons samt der Laffete, welches unveränderlich bleibet, C, und die Materien, welche nach der Mündung zu getrieben werden, nemlich die beyde Vorschläge und die Kugel, und ebenfalls unveränderlich sind, P setzet, so muß die Verhältniß der Schußweite zu dem Raum, welchen das Canon zurückläuft, der Verhältniß C: P gleich seyn.

Je stärker man aber die Ladung annimmt, je kleiner wird der Raum, welchen die Kugel innerhalb dem Canon durchlaufen muß, und folglich auch diejenige Länge, in der sie die Wirkung der elastischen Materie empfindet. Man muß also diese Verminderung des Triebes von der Wirkung der grössern Quantität der elastischen Materie, welche aus der stärkern Ladung erzeugt worden, abziehen; und denn wird man leicht einsehen, daß die Weiten der Schüsse und die Räume, welche das Canon zurückspielt, nicht beständig einerley Verhält-

Verhältniß gegen einander haben können, obgleich beyde Gröſſen mit der ſtärkern Ladung zunehmen. Vermehrt man aber die Ladung dergestalt, daß sich ein Theil derselben, den wir I nennen wollen, nicht innerhalb dem Canon entzündet, so ist die Quantität der Materie, welche nach der Mündung zu getrieben wird, in diesem Falle gröſſer, und es erfolgt alsdenn dasjenige, was erfolgt, wenn man zwey Kugeln in das Canon ladet. Wenn also bey dieser Ladung, die Anzahl der Körner, welche sich entzündet, eben nur so groß ist, als bey einer kleinen Ladung, welche sich völlig entzündet, so empfängt die Kugel eine kleinere Geschwindigkeit, und weil die Reaction gegen C zu gleicher Zeit stärker wird, so wird das Canon auch weiter zurückspielen, als vorhero.

Die Masse P + I aber, welche gegen die Mündung zu getrieben wird, ſetzt der Gewalt des Pulvers einen gröſſern Widerstand



stand entgegen, als die bloße Masse P :
 folglich muß die Anzahl der Körner, welche
 sich entzünden, indem die Kugel die Länge
 der Seele durchläuft, und die Quantität
 der flüssigen elastischen Materie, welche sich
 aus dem Pulver entwickelt, größer seyn;
 dadurch wird aber die absolute Kraft, wel-
 che auf die Canone und die Laffete zusam-
 mengenommen, oder auf C wirkt, stärker,
 und das Canon muß weiter zurückspielen:
 da dem allem ohngeachtet die Weite des
 Schusses größer oder kleiner, oder auch der
 Weite gleich seyn kann, auf welche die Ku-
 gel von einer Ladung getrieben wird, welche
 sich völlig in dem Canon entzündet, nach-
 dem die Verhältniß beschaffen ist, welche
 die größere Quantität der flüssigen elastis-
 schen Materie, und die vermehrte Masse
 $P + I$, und die kleinere Länge, welche die Ku-
 gel durchlaufen muß, gegen einander haben.

Hieraus ist also offenbar, daß die Ver-
 hältniß der Schußweiten, oder der anfäng-
 lichen



lichen Geschwindigkeiten gegen einander kleiner seyn muß, als diejenige, welche die Räume gegen einander haben, welche das Canon zurückspielt; ja daß, wenn man die Ladung immer mehr und mehr verstärkt, von einem gewissen Punkt an die Schußweiten wieder abnehmen müssen, da indessen das Canon immer weiter und weiter zurückspielt, je stärker man die Ladung nimmt.

§. 93. Es ist also höchst nothwendig, bey der Artillerie alle die übermäßige Ladungen abzuschaffen, mit denen man nur eben so weit, oder nicht einmal so weit schießen kann. Denn, des Pulvers nicht zu gedenken, welches unnöthiger Weise verschwendet wird, so leidet das Geschütz wegen der heftigen Erschütterung, welche dasselbe ausstehen muß, gar gewaltig, so daß man öfters eine Belagerung, oder die Vertheidigung einer Festung nicht mit dem gehörigen Nachdruck fortsetzen kann, und

und eine Menge Schüsse vergebens thut.

S. 94. Das Zurückspielen der Canons erfordert indessen eine etwas genauere Untersuchung.

So bald ein Canon abgefeuert wird, beobachtet man zweyerley Bewegungen an dem Boden desselben: die eine ist die, welche das Bodenstück von oben nach unten zu macht, dergestalt, daß dadurch der Richtkeil öfters eingedrückt oder gar herausgeworfen wird, wenn er allzu stumpf oder nicht recht gesetzt ist. Eben deswegen geschieht es auch, daß, wenn das Centrum gravitatis des Canons zu nahe an die Schildezapfen liegt, oder der Richtkeil sehr elastisch ist, das Canon wieder hinten in die Höhe springt. Die andre Bewegung ist diejenige, wodurch das Canon mit samt der Laffete zurückgeht, welches man zurückspielen heißt.

S. 95. Um die Ursache von diesen beyden Bewegungen einzusehen, stelle man sich ein

ein Behältniß vor, in dem eine gewisse Quantität Pulver angezündet wird, dergestalt, daß das Zündloch gleich zu ist, so bald sich das Pulver anfängt zu entzünden.

In diesem Fall wird man äußerlich keine sonderliche Bewegung gewahr werden. Denn die elastische flüssige Materie, welche aus dem Pulver hervorgebracht wird, drückt die innre Oberfläche dieses Behältnisses gleich stark nach allen Seiten; und da ein jedes Theilchen des ganzen Behältnisses das andre, vermöge der Adhäsion, an sich zieht, und von diesem wieder gleich stark zurückgezogen wird, so sind alle diese Kräfte im Gleichgewicht; und weil das ganze innere Behältniß nach allen Seiten gleich stark getrieben wird, so kann es sich nach keiner Seite bewegen. Wir haben dieses schon S. 55. an der vierten Figur gesehen, und eine mit Luft angefüllte Blase giebt ein anderes schon bekanntes Beispiel an die Hand.



§. 96. Findet hingegen die flüssige elastische Materie, entweder wegen einem Loche, welches in dem Behältniß gemacht worden, oder einem Riß, der von der Gewalt desselben gegen das Behältniß entstanden ist, irgendwo einen Ausgang; so wird in diesem Fall die Höhlung nach der entgegengesetzten Seite mit desto größerer Gewalt getrieben werden, je dichter die elastische Materie ist, und folglich sich mit einer grossen Geschwindigkeit ausdehnet. Da nun die äußere Luft mit dem Behältniß nicht feste genug zusammen hängt, so wird die flüssige Materie, der die Luft, auf welcher sie stößt, widersteht, die Luft selbst und das Behältniß nach entgegengesetzten Richtungen treiben: wenn also das Gewicht des Behältnisses der Kraft der flüssigen Materie nicht hinlänglichen Widerstand thun kann, so wird sich das Behältniß selbst bewegen; die Luft-Säule, welche von hinten auf dasselbe drückt, wird nicht
im

im Stande seyn, diese Bewegung zu hindern, weil der Widerstand der Luft um desto grösser ist, je größer die Geschwindigkeit des Körpers ist, welcher sich darin bewegt: da nun die flüssige elastische Materie mit einer grössern Geschwindigkeit herausbricht, als mit der das Behältniß zurückgeht, so trifft diese flüssige Materie in der Luft einen grössern Widerstand an, als das Behältniß, indem es zurücke weicht. Schwärmer, Racketen und andere Feuerwerksachen zeigen dieses hinlänglich; anderer Erfahrungen nicht zu gedenken.

§. 97. So bald man also durch Hülfe des Zündlochs, Feuer in einem Canon bringt, so wird die Gewalt, mit der das Bodestück auf den Richtkeil würfet, desto grösser, je dichter die flüssige elastische Materie ist, welche in dem Raum, welchen die Ladung einnimmt, hervorgebracht wird.

Damit aber der Vorschlag, und die Regeln, welche sich in dem Canon befinden,

Erst. Th. § in



in Bewegung gesetzt werden können, muß sich nothwendig eine so grosse Quantität von der elastischen Materie entwickeln, als erfordert wird, den Widerstand dieser beyden Körper zu überwältigen, und die Luftsäule aus der Seele zu treiben. Ist nun der Vorschlag starkangesehet, oder mehr als eine Kugel in dem Canon geladen worden, oder dieses ist bey einem Schuß mehr oder weniger elevirt, als bey einem andern, so wird der Widerstand, den die flüssige Materie empfindet, durch alle diese Umstände vergrößert, folglich muß sich auch eine grössere Quantität von der flüssigen elastischen Materie entwickeln, ehe sie sich von ihrer Stelle bewegen; und ehe dieses nicht geschieht, ehe wird das Canon auch nicht anfangen zurück zu weichen (S. 95.), denn in diesem Fall muß man sich vorstellen, als wenn der Vorschlag und die Kugel selbst mit dem Canon verbunden wären. Stellt man sich nun eine solche Masse vor, welche

wenn

Wenn sie in dem Canon geladen würde, von der Gewalt der flüssigen elastischen Materie nicht überwältiget und in Bewegung gesetzt werden könnte, sondern dieselbe gänzlich zurückhielte, so würde keine andre Bewegung bey dem Canon vorgehen, als diejenige, welche aus dem Drucke des Bodestücks auf den Nichtkeil erfolgt. Dieses könnte man durch viele Versuche beweisen, wenn es nicht schon von selbst aus demjenigen folgte, was ich vorhin gesagt habe.

Außerdem fährt gleich ein Theil der flüssigen elastischen Materie, so bald sich dieselbe in dem Raume, worin die Ladung eingeschlossen ist, entwickelt, zu dem Zündloche heraus: und es ist also offenbar, daß das Bodestück gleich auf den Nichtkeil zu drücken anfängt, so bald sich nur etwas Pulver entzündet: das Zurückspielen sich aber mehr oder weniger später anfängt, nachdem der Widerstand, welchen die flüssige



Materie auf der Seite, wo die Mündung ist, findet, grösser oder kleiner ist.

§. 98. Man kann aus dem, was gesagt worden, leicht abnehmen, daß, wenn die Bewegung des Bodestückes in die Höhe noch nicht geendiget ist, wenn sich die Kugel in der Seele befindet, und man hat das Canon nach einem gewissen Ziel gerichtet, der Schuß allezeit tiefer gehen muß. Der Schuß wird ebenfalls jedesmal anders seyn, wenn entweder die Diameter der Kugeln einander ungleich sind, oder dieselben nicht auf dem Zwischenraum zwischen ein und eben dieselbe Speichen, oder auf eben die Kugel wieder zu stehen kommen, oder der Boden, worauf das Canon steht, und auf welchen dasselbe zurückspielet, nicht glatt und feste genug ist. Denn bey allen diesen Umständen gehet das Canon nicht nach der Richtung zurück, welche es vor dem Schuß hatte.

§. 99. Wenn man nun bestimmen will, wie weit das Canon, während der Zeit, da

die

die Kugel die Länge der Seele durchläuft, sich zurück beweget, so muß man merken, daß die Länge des Raums, welchen das Canon zurückgehet, nach den verschiedenen Umständen, worin sich dasselbe bey dem ersten Augenblick der Entzündung befindet, sehr verschieden ist. Zum Beispiel, wenn der Vorschlag, wie es im Felde geschieht, stark angesetzt ist, und das Canon auf einer sehr glatten und ebenen horizontalen Bettung stehet, so wird eine grössere Gewalt erfordert, den Vorschlag in Bewegung zu setzen, als man braucht, um das Canon selbst auf diese Fläche fort zu stoßen. Man kann dieses gewahr werden, wenn man den Vorschlag aus einem Canon vermittelst einem Dampfzieher wieder herausziehen will; denn alsdenn folget das Canon dem Zuge so lange nach, bis sich der Vorschlag gelöst hat. Macht hingegen die Fläche der Bettung mit dem Horizont einen kleinen Winkel, so wird eben diese Kraft, mit der



man den Vorschlag herauszieht, nicht hinreichend seyn, das Canon die Fläche herauf zu ziehen. Eben dergleichen Veränderungen zeigen sich, wenn man entweder dem Canon eine andre Elevation giebt, oder wenn sich die Räder leichter um die Ase bewegen. Um eine praktische Auflösung von dieser Aufgabe vor diejenigen Ladungen zu geben, welche sich in dem Canon völlig entzünden, sey das Gewicht des Canons mit samt der Laffete $= C$, das Gewicht der Kugel nebst dem Vorschlag $= P$, die Länge der Seele von dem Raum, welchen die Kugel einnimmt, bis an die Mündung angerechnet $= D$, so wird der Raum, welchen das Canon zurückspielt $= \frac{P \cdot D}{C}$ seyn.

Gesetzt nun, man feuert das Canon mit einem blossen Vorschlag ab, und findet die Länge des Raums, welchen das Canon zurückgespielt $= A$, und nachdem man eben dieselbe Ladung genommen, und den Vorschlag

Schlag eben wieder so stark angesetzt als vorhin, aber außerdem noch eine Kugel in das Canon gebracht, welches wieder in eben die Umstände so viel möglich versetzt wird, als es bey dem ersten Schuß war, findet man, daß die Länge des Raums, welchen dasselbe zurückgespielt = B ist, welcher nothwendig grösser als A seyn muß, so wird $A : B = P. D : B. P. D$ und das vierte Glied die:

$$\frac{C}{A. C}$$

fer Proportion drückt alsdenn die Länge des Raums aus, welchen das Canon während der Zeit zurückgespielt, da sich die Kugel in der Seele befunden.

Nachdem man diesen Versuch mit einem 32pfündigen Canon gemacht hatte, welches mit 10 Pfund ordinaire Pulver geladen, und nach einer horizontalen Richtung abgefeuert wurde, so war das Resultat $B. P. D = \frac{1}{24}$ Fuß. Hieraus stehet

$$\frac{A. C}{24}$$

man also, daß, wenn die Bettung nur da,

wo die Räder stehen, und wo der Schwanz der Laffete auflieget, $\frac{1}{4}$ Zoll fest und glatt ist, das übrige derselben zu weiter nichts hilft, als den Canoniers die Arbeit zu erleichtern; es ist indessen ohne mein Erinnern klar, daß der gefundene Werth von P. B. D. sich sehr verändern kann, weil
A. C

derselbe, wie man gesehen, von verschiedenen Umständen abhängt.

§. 100. Nunmehr wollen wir das zweite Stück (§. 90. n. 2.) nemlich die Ladung, mit der man am weitesten schießt, untersuchen, und da zeigte die Erfahrung, daß dieselbe bey Canons von einem kleinen Caliber in gewisser Verhältniß grösser ist, als bey denen, deren Caliber grösser ist. Da dieses bey den angeführten Versuchen beständig geschieht, so kann der Grund davon nirgend anders, als in den Zündlöchern, welche in allen den vier Canons, deren man sich bediente, gleich weit waren, und in den
Vorschläg

Vorschlägen liegen, welche in allen diesen Canonen gleich stark angefetzt wurden. Denn aus der Gleichheit der Zündlöcher folgt nothwendig, daß sich dadurch in den kleinern Canons eine weit grössere Quantität Pulverkörner in gewisser Verhältniß entzündet, wie man schon oben gesehen: und weil die Vorschläge gleich stark angefetzt werden, so liegen die Pulverkörner in den Canons, deren Calieber kleiner ist, dichter aneinander, und die Vorschläge hängen gewisser massen feste mit dem Körper des Canons zusammen, daher muß sich wegen dem grössern Widerstand, nothwendig eine grössere Quantität Pulver in Absicht auf jedem Canon entzünden.

§. 101. Im Jahre 1750 wurden im Frühlinge von einigen Officiers von der Artillerie, welche verschiedene Materien aus der Artillerie untersuchen solten, unter der Aufsicht des Herrn Ferrero di Ponsiglioni Versuche angestellt, um die Ladung zu fin-



den, mit der man aus einem gegebenen Canon am weitesten schießt, wenn dasselbe am höchsten elevirt oder bis auf den Ruhriegel heruntergelassen wird. Man bediente sich dazu eben solcher Canons, und die nach eben der Proportion verfertiget waren, als man zu den Versuchen im Jahr 1746 genommen hatte. Der einzige Unterschied dabey war, daß die Kugeln bey den Versuchen, wovon jetzt die Rede ist, etwas grösser waren, und also in den Canons weniger Spielraum hatten.

Die Canons wurden mit der Ladeschaufel und mit verschiedenen Quantitäten ordinaire Pulver geladen, und mit jeder Ladung geschahen drey Schüsse aus jedem Geschütz. Zwen Canonier setzten beständig den Vorschlag auf dem Pulver mit fünf, und den Vorschlag auf die Kugel mit drey Schlägen an. Die Canons lagen auf ihren Paffeten, und waren auf eine bretteerne horizontale Bettung gestellt. Man trug jetzt



derzeit alle mögliche Sorge, daß sie einmal wie das andre zu stehen kamen, und auf einerley Art geladen wurden. Die Weiten der Schüsse maasß man so genau als möglich auf der Ebene, auf welcher die Kugeln bey dem ersten Aufschlag niederfielen, und diese Ebene lag mit der Batterie horizontal.

Erfolg von den Versuchen, welche im Frühling des 1750. Jahres gemacht wurden.

Caliber der Ca- nons.	Ladung in Pfund.	Weite der Schüsse in Fuß.	Raum, den das Canon zurückge- spielt in Zoll
-----------------------------	------------------------	------------------------------------	---

4 pfün- dige im 140 elevirt	2½	--	4232	--	31
	3	--	3948	--	36
	3½	--	4310	--	44
	4	--	4495	--	48
8 pfün- dige im 110 elevirt	4	--	4130	--	28
	5	--	4382	--	39
	6	--	4424	--	51
	7	--	4232	--	61
	8	--	4760	--	71

Calies



Caliber der Ca- non's.	Ladung in Pfund.	Weite der Schüsse in Fuß.	Raum, den das Canon zurückge- spielt in Zoll
16 pfün- dige im 12° elevirt	7	-- 4732	-- 45
	8	-- 5090	-- 48
	9	-- 4738	-- 54
	10	-- 5000	-- 58
	11	-- 4918	-- 65
	12	-- 5146	-- 68
32 pfün- dige im 11½° elevirt	14	-- 5644	-- 70
	16	-- 5396	-- 72
	18	-- 5330	-- 74
	20	-- 5730	-- 87
	22	-- 5488	-- 100

102. Der Erfolg von diesen Versuchen zeigt hinlänglich, daß die Ladung, mit der man aus einem gegebenen Canon am weitesten schießt, wenn man dasselbe so hoch elevirt, als es die Einrichtung der Laffete erlaubt, allezeit grösser ist, als diejenige, mit der man den weitesten Schuß bekommt, wenn das Canon horizontal gerichtet wird (§. 89.)

(S. 89.). Man wird aber unter den Schußweiten keinen so ordentlichen Fortgang gewahr, als man billig hätte vermuthen können. Bey dem 16pfündigen Canon wird man, zum Beyspiel, gewahr, daß 7 Pfund und 9 Pfund Pulver die Kugel beynahe gleich weit getrieben, da man indessen mit 8 Pfund um ein merkliches weiter geschossen.

Dieser unregelmäßige Fortgang rühret aber daher, daß man bey diesen Versuchen die Ladung vor ein und eben dasselbe Canon von einem Tage zum andern verändert. Z. B. bey dem 16pfündigen Canons wurde die Ladung 7 Pfund den 23. März, und 8 Pfund den folgenden Tag, und den 1. April 9 Pfund genommen. Man nahm überhaupt alle diese Ladungen niemals an einem Tage zu eben demselben Canon, um die Veränderungen zu vermeiden, welche der Zustand der Atmosphäre in Ansehung der darin befindlichen Dünste, und die verschiedene

schiedene Dichtigkeit der Luft, welche sie von einem Tage zum andern hat, bey der Entzündung der Ladung und dem Wiederstande, welchen die Kugel in ihrer Bahn antrifft, hervorbringen. Man wird, außerdem was schon gesagt worden, im vierten und fünften Capitel deutlich sehen, daß diese Veränderungen in gewissen Fällen sehr beträchtlich sind.

Wenn man sich auf diese Art die Mühe giebt, die angezeigte Veränderungen, welche von der Atmosphäre herrühren, zu vermeiden, so wird man finden, daß die Ladungen, mit denen man bey den Umständen, welche im vorhergehenden Paragraphen angezeigt worden, den weitsten Schuß thut, beynähe noch einmal so groß sind, als diejenigen, welche man im Jahr 1746 gefunden. Indessen wird man auch gewahr, daß man durch die grössere Schußweiten, welche man durch diese stärkere Ladungen bekommt, in Absicht auf den Raum, welchen das Kanon

non zurückspielt, und folglich in Ansehung der grossen Erschütterung, welche das Canon leidet, und davon das weitere Zurücklaufen ein Beweis ist, eben keinen sonderlichen Vortheil erhält. Dahero muß man diese doppelte Ladungen im Felde gar nicht gebrauchen.

S. 103. Bey dergleichen Versuchen finden sich überhaupt von Zeit zu Zeit sehr beträchtliche Abweichungen unter den Schüssen, welche mit einerley Ladung geschehen, ohngeachtet man alle mögliche Vorsicht angewandt, damit die Umstände bey dem einen Schusse so waren wie bey den andern.

Hingegen ereignen sich dergleichen Irregularitäten bey den Schüssen, welche im Jahr 1746 gethan worden, seltner, als bey denen im Jahr 1750. Es kann dieses aber auch nicht anders seyn. Denn, wenn man auch annimmt, daß das Canon durch das Abfeuern nicht aus seiner Lage und Richtung kommt, so sind doch noch zwey Ursachen

sachen da, welche etweder vor sich, oder zusammen genommen, die Schußweiten, welche man durch einerley Ladung erhält, auf eine ganz unordentliche Art verändern können.

Die erste Ursache, welche in gleicher Verhältniß bey beyden Versuchen statt finden kann, ist; wenn sich die Kugel nicht nach der Richtung der Axe der Seele, sondern nach einer solchen Richtung bewegt, welche mit derselben einen Winkel macht, und also, indem sie aus der Mündung herausgeht, ihre erste Richtung verändert.

§. 104. Die zweyte Ursache bestehet darin, daß man in der Ausübung das Pulver nicht allezeit einmal so wie das andre, in das Kanon bringet; dergestalt, daß der Raum, den dasselbe bey einer gleichen Ladung einnimmt allezeit eine andre Figur hat.

Diese Figur verändert sich leichter und weit öfterer, wenn die Ladung größer, und

und mit eben so viel Schlägen, als eine kleinere, angesetzt wird.

In dergleichen Fällen entzündet sich von der stärkern Ladung allezeit eine grössere oder kleinere Anzahl von Körnern bey einem Schuß, nachdem die innere Lage der Entzündung mehr oder weniger günstig ist. Weil nun, wenn das Canon über den Horizont elevirt ist, sich wegen des grössern Widerstandes, welchen die flüssige elastische Materie bey der Kugel antrifft, eine grössere Anzahl von Körner entzündet, so folgt hieraus, daß, wenn das Canon noch dazu mit einer stärkern Ladung abgefeuert wird, sich weit mehr Irregularitäten bey den Schußweiten müssen antreffen lassen. Nimmt man nun noch die Irregularitäten dazu, welche aus der heftigen Erschütterung des Canons bey dem Abfeuern erfolgen und desto stärker sind, je stärker die Ladung angenommen wird, so ist leicht zu begreifen, daß die starken Ladungen weit mehrere Irregularitäten



regularitäten in den Schußweiten hervorbringen müssen.

§. 105. Wenn man also im Felde genau schießen will, ohne daß dadurch das Geschütz einen grossen Schaden leiden soll, so muß man folgende beyde Stücke zu beobachten suchen.

Erstlich: Muß man niemals eine allzu starke Ladung annehmen, wenns nicht die höchste Noth erfordert. Denn wenn man auch die häufigen Irregularitäten, welche bey den Schußweiten, auf welchen doch alles ankommt, daraus entstehen, beyseite setzen wolte, so ist es doch ausgemacht, daß das Geschütz dadurch heftig erschüttert wird und folglich entseßlich leidet. Die etwas grössere Schußweite, welche man durch eine stärkere und folglich eine solche Ladung, welche die Kugel im Stande setzet, in einer grossen Entfernung noch eine grosse Gewalt auszuüben, erhält, ist nicht hinreichend uns wegen der heftigen Erschütterung, die das

das Geschütz leidet, schadlos zu halten. Um sich davon zu überzeugen, darf man nur einen Blick auf die Versuche von 1746 werfen, und die Ladungen untersuchen, durch die man die größte Schußweite bekommen, und diese mit dem Raum vergleichen, welche das Canon zurücke gespielt.

Zweitens muß man auch die Ladung nicht gar zu klein annehmen. Denn wenn bey dieser nur eine kleine Veränderung bey dem Ansetzen des Vorschlages oder in der Dicke desselben vorgeht, so hat dieses gleich auf die Bewegung der Kugel, folglich auf den ganzen Erfolg des Schusses einen gar grossen Einfluß, wie man solches hinlänglich bey den Canons, welche von hinten abgefeuert werden, oder bey den Mortiers, wenn die Ladung sehr klein ist, gewahr werden kann.

S. 106. Die Artillerie in Turin hat zuerst in der Absicht diejenige Ladung zu bestimmen,



stimmen, mit der man aus einem gegebenen Canon am weitesten schießt, häufige Versuche angestellt, und ihnen ist die Französische Artillerie-Schule gefolget, und hat noch einige andre gemacht. Es wäre zu wünschen, daß der Erfolg desselben bekannt wäre, damit man denselben mit den vorhin beschriebenen Versuchen vergleichen könnte. Indessen hat man bis jetzt davon weiter nichts erfahren können, als daß die Französische Artillerie die Ladung, mit der man am weitesten schießt, ohngefähr $\frac{3}{4}$ von dem Gewichte der Kugel annimmt.

Die Herrn Maltheser sind ebenfalls durch die Nachrichten von den Französischen Versuchen bewogen worden zu versuchen, ob es nicht möglich wäre, etwas in dieser Absicht zu entdecken. Sie trugen also dem Herrn Marandone, einen Piemonteser und Ingenieur bey ihrem Orden, auf dieselben im August 1747 zu wiederholen.

Nach

Nach der Beschreibung, welche derselbe davon an die Artillerie zu Turin geschickt, um sich die Meinung derselben über die Folgen, welche er daraus herleitet, auszubitten, müssen sie mit der größten Sorgfalt angestellt worden seyn. Da dieser Ingenieur durch seine angestellte Versuche fand, daß die Schüsse noch weiter giengen, wenn man mehr als $\frac{3}{4}$ von dem Gewichte der Kugel zur Ladung annahm, so setzte er seine Versuche, um die Ladung zu bestimmen, mit der man weitesten schießt, nicht weiter fort. Weil er nehmlich glaubte, daß das Französische Pulver schlechter, als dasjenige gewesen seyn müste, dessen er sich bediente, so schloß er daraus, daß, wenn man die Canons von großem Calieber mit stärkern Pulver, als das Französische, ladete, die Ladung, mit der man am weitesten schießt, größer, als $\frac{3}{4}$ von dem Gewicht der Kugel seyn müste. Dieser Schluß stimmt nach dem vorhergehenden sehr wohl mit unserer



Theorie überein, und wird auch durch alle Erfahrungen bekräftiget.

Es ist hieraus offenbar, daß unsere Vorfahren in der Artillerie, das Pulver ohne Noth verschwendeten, wenn sie ihr Geschütz mit so viel Pulver ludeten, daß das Gewicht desselben dem Gewicht der Kugel gleich, ja manchmal noch grösser war als dasselbe, zudem, da ihr Pulver weit schlechter war, als dasjenige, dessen wir uns heut zu Tage im Kriege bedienen.

§. 107. Die Gränzen, in welche die Ladung eingeschlossen ist, mit der man aus einem gegebenen Canon am weitesten schießt (§. 89. 102.), erstrecken sich auf alle Canons von eben demselben Caliber; sie mögen von einerley oder verschiedener Länge seyn, wenn nur die übrige Umstände, welche wir bey unsern Versuchen angezeigt haben, einerley sind. Man hat §. 71. gesehen, daß die grössere Länge der Canons gemeiniglich wenig dazu beiträgt, daß sich eine

eine größere Anzahl Pulverkörner entzündet; folglich wird die Ladung, mit der man aus einem Canon am weitesten schießt, auch eben diejenige seyn, mit der man aus einem andern Canon von eben dem Kaliber den weitesten Schuß bekommt, wenn die Längen auch gleich verschieden sind (§. 74), und man kann davon weiter nichts als die gar zu kurze Canons ausnehmen. Denn bei diesen letztern ist die Wirkung der flüssigen elastischen Materie, welche aus zwey ungleichen Ladungen erzeugt wird, auf die Kugel, wenn man auch voraus setzt, daß sich alles Pulver entzündet, sehr verschieden; ja öfters thut selbst eine kleinere Ladung eine stärkere Wirkung, weil die Kugel von der Kraft dieser elastischen Materie in ein und eben dem Canon durch einen größern Raum getrieben wird (§. 80.).

§. 108. Endlich müssen wir noch diejenige Ladungen untersuchen, deren man sich



im Felde bedienen muß, um den größten Vortheil zu erhalten. In dieser Absicht bedenke man, daß der größte Nutzen, den man von dem Geschütz erwarten kann, auf zwey Stücke beruhet.

Erstlich: Daß man den Gegenstand, nach dem man zielt, genau trifft, und dieses ist das vornehmste.

Zweitens: Daß man den Gegenstand mit derjenigen Gewalt zu treffen sucht, welche erfordert wird.

Das erste ist allezeit nothwendig, und man sollte billig darin nichts nachgeben: das zweite aber leidet einige Einschränkungen.

Es ist eben nicht bey allen Gelegenheiten im Kriege nöthig, den Gegenstand mit der größten Gewalt zu treffen, welche man durch ein Geschütz hervorbringen kann, um einen grossen, und solchen Schaden anzurichten, der sich nicht so leicht wieder ersetzen läßt (Einleitung zur Physic und Mech.).

Mech.). Wenn solches ja erfordert würde, deswegen aber gemeiniglich die Schüsse nicht sehr ordentlich gehen, und man leicht den Gegenstand gar nicht trifft, so thut man besser, wenn man von dieser Gewalt etwas nachläßt, und öfterer und mit mehrerer Sicherheit schießt. Dieses ist an und vor sich so klar und eine so allgemeine Regel, daß dabey keine Ausnahme statt findet.

Die metallene Kanons leiden ohnedem sehr viel, wenn sie mit starken Ladungen abgefeuert werden, und sind in kurzer Zeit gar nicht mehr zu gebrauchen, so daß man öfters außer Stande gesetzt wird, eine gewisse Unternehmung fortzusetzen und völlig auszuführen. Man muß also die Vortheile, die man auf der einen Seite erhält, mit dem Schaden, der durch die allzustarken Ladungen auf der andern Seite entstehen kann, genau gegen einander abwiegen, und denn wird es nicht schwer fallen, denjenigen



jenigen Endschluß zu fassen, welcher uns im Stande setzt, die Unternehmung zu Ende zu bringen.

S. 109. Diese angestellte Betrachtungen wollen wir nunmehr, so viel möglich, in Ausübung zu bringen, und die Sicherheit der Schüsse mit ihrer Gewalt und der Festigkeit des metallenen Geschützes zu verbinden suchen. In dieser Absicht halte ich davor, daß man bey vorfallenden Gelegenheiten, als bey dem Angrif und Vertheidigung der Plätze, zu die Canons, bey denen das Bodenstück die gehörige Schwere hat, und deren Gewicht so ist, wie S. 89. angegeben worden, und mit denen man die Weiten beschießen will, welche im 2ten und 3ten Buch der Festungsbaukunst, und in dem 2ten Buch der praktischen Artillerie angezeigt worden sind, wenn es 16 oder 32pfündige sind, die Ladung, ordinaire Pulver zu verstehen, außs höchste dem halben Gewicht

Gewicht der Kugel gleich annehmen darf. Diese Ladung will ich die größte Ladung im Felde nennen, und man muß sich ihrer nicht eher bedienen, als wenn es die höchste Noth erfordert. Hingegen darf die Ladung niemals unter einem Viertel von dem Gewicht der Kugel seyn. Diese Ladung soll die kleinste Ladung im Felde heißen. Endlich muß die gewöhnliche Ladung bey Belagerungen ohngefähr $\frac{1}{3}$ oder $\frac{2}{3}$ von dem Gewichte der Kugel betragen.

Zu den Canons von einem kleinern Caliber kann man nach Befinden eine halb oder drey viertel Kugel schwere Ladung nehmen. Dabey muß man einmal vor allemal so wohl als bey den 16 und 32pfündigen Canons drauf halten, daß der Vorschlag auf der Ladung desto stärker angesetzt werde, je stärker dieselbe ist, damit man mit der stärkern Ladung auch den Endzweck, den man sich vorsetzt, nemlich eine grössere Wirkung, erhalte.



erhalte. Man kann den Vorschlag ohne Gefahr stark genug ansetzen, doch muß man sich in Acht nehmen, daß man das Pulver nicht zerknirscht, und dadurch die Pulverkörner so in einander drängt, daß die Flamme kaum im Stande ist durch die Zwischenräumen zu bringen, welches doch zur schnellern Entzündung des Pulvers höchst nothwendig ist.

Die Ladung zu den Canons, mit denen man von den Ricochet Batterien feuert, oder glühende Kugeln schießt, pflegt in Absicht auf den Calieber derselben, gemeinlich sehr schwach zu seyn. Bey einer Belagerung bestimmt man sie gleich auf der Batterie, indem man dabey sein Augenmerk hauptsächlich auf die Entfernung richtet, welche zwischen der Batterie und dem Gegenstand ist, den man treffen will. Die Ladung zu dem leichten Geschütz, welches man bey der Armee mit sich führet,
um

Am sich desselben in Gefechten und Feldschlachten, oder bey dem Angrif und Vertheidigung verschanzter Posten und andern Vorfällen zu bedienen, ist gemeiniglich zwischen ein viertel und drey achtel von dem Gewicht der Kugel, nachdem der Caselieber und die Dicke des Canons beschaffen sind.

S. 110. Indem wir die Gränzen ausgemacht haben, zwischen denen die Ladungen liegen, so haben wir zwar nur unsre Absicht auf die Canons gerichtet, indessen ist kein Zweifel, daß man nicht auch vor die Mortiers dieselben sollte ausfündig machen können, wenn man die Beschaffenheit des Pulvers und die Figur der Kammer dabey zu Rathe zieht.

Die Mortiers, die heut zu Tage im Gebrauch sind, und gemeiniglich solche Kammern haben, welche nach der Mündung zu enger sind als in der Mitten, wie die



die kugelförmige, elliptische, parabolische und birnförmige Kammern zu seyn pflegen, werfen gemeinlich am weitesten, wenn die Kammer ganz voll geladen wird, und die Ladung aus ordinair Pulver besteht. Als denn aber muß man den Hebespiegel fest auf das Pulver setzen, und die Bombe überall mit durchgeseibter oder lockerer Erde verdammen. Hiervaus ist offenbar, daß man in diesem Falle die Grenzen der Ladung nicht weiter ausdehnen kann.

Außerdem leiden diese Mortier bey dem Abfeuern einen gewaltigen Stoß, wenn die Kammer nicht voll geladen wird, und daher bekommt man alsdenn selten einen guten Wurf. Wenn man also nach einem bestimmten Punkt werfen soll, so muß man sich einer solchen Ladung bedienen, welche die ganze Kammer ausfüllt, und die gewiß im Stande ist, die Bombe so weit zu treiben,

ben, und in jedem besondern Fall den Mortier in dem gehörigen Grad eleviren.

S. III. Wir wollen dieses Kapitel mit einer Anzeige von einigen besondern Versuchen beschließen, welche man anstellen kann, um zu bestimmen, in wie weit die Weite des Zündlochs auf die Gewalt, mit der die Kugel fortgetrieben wird, einen Einfluß hat.

Man nehme einen Flintenlauf, dessen Seele 20 Zoll lang, und der Diameter derselben 5 Linien oder 60 Scrupel ist. An der Axe der Schwanzschraube mache man ein Loch, dessen Diameter 35 Scrupel, und welches mit Schraubengängen versehen ist, damit man darin eine andre Schraube befestigen kann, welche kürzer ist als die Schwanzschraube. Diese kurze Schraube dienet dazu, um an dem einen Ende derselben, welches in die Schwanzschraube gehet, ein kleines Stück glühend Eisen zu befestigen



festigen, mit dem man das Pulver in dem Lauf anzündet. An dem andern Ende dieser Schraube befestige man einen Handgrif, durch Hülfe dessen man die Schraube selbst geschwinde herum drehen kann, und die unterdessen, daß man sie in der Schwanzschraube befestiget, das Pulver in dem Lauf mit dem glühenden Eisen berührt, und es in Brand setzt.

An dem Ort, wo gemeiniglich das Zündloch angebracht wird, bohre man ein rundes Loch mit Schraubengängen, dessen Diameter 35 Scrupel, in den man drey verschiedene Schrauben, eine nach die andere, befestigen kann. Durch die eine Schraube verschließt man das Loch völlig, so daß das entzündete Pulver bloß durch die Mündung einen Ausgang findet. Die zweite Schraube hat in ihrer Axe ein rundes Loch, dessen Diameter 9 Scrupel ist, durch welches also die flüssige Materie, die sich in dem

dem Lauf entwickelt, zum Theil heraus gehen kann. In der Aye der dritten Schraube befindet sich ein Loch, dessen Diameter 16 Scrupel.

Nachdem man auf die vorhin beschriebene Art, den Lauf und die Schrauben gehörig zubereitet hatte, wurden einige Versuche gemacht. Zur Ladung nahm man beständig 9 Denar fein Pulver, und schoß damit eine Kugel, welche $23\frac{1}{2}$ Denar wog, und deren Diameter 59 Scrupel war. Das Pulver füllte man in Patronen, und setzte einen Propf auf das Pulver und einen andern auf die Kugel und ließ dieselbe von einem und eben demselben Menschen allezeit so viel möglich, gleichstark ansetzen.

Man verschloß hierauf den Lauf mit der Schraube, welche kein Loch hatte, so, daß das Pulver alles zur Mündung heraus mußte, und that einen Schuß. Nachdem dieser geschehen, schoß man eben diesen

Erst. Th. Lauf



Lauf wieder mit der zweiten Schraube los,
in der ein Loch von 9''' im Diameter war.
Den dritten Schuß that man mit der
Schraube, welche ein Loch von 16''' im
Diameter hatte. Und endlich schoß man
den Lauf los ohne eine Schraube in dem
Loch, dessen Diameter 35''' war, zu setzen.
Diese Ladungen wurden allezeit mit dem
glühenden Eisen angezündet, welches an
dem Ende der kurzen Schraube, welche in
die Schwanzschraube gieng, befestigt war.
Die Kugeln wurden gegen ein hölzernes
Brett geschossen, welches drey Fuß von der
Mündung des Laufs entfernt war. Folgend
des Täfelchen zeigt, wie tief die Kugeln unter
24 Schüssen in das Brett hereingebrungen.
Diesen, auf welche die Kugel
im Brett hereingebrungen.

bey den Schüssen	ohne Zündloch	44	Linien
	mit dem Zündloch zu 9'''	54	—
	mit dem Zündloch zu 16'''	45	—
	mit dem Zündloch zu 35'''	28	—

Aus dem Erfolg dieser Versuche kann man abnehmen, daß, wenn kein Zündloch da ist, sich entweder weniger Pulver entzündet, oder daß das schon entzündete nicht so geschwinde völlig verzehrt wird. Schießt man im Gegentheil den Lauf los, indem man das grosse Loch offen läßt, und spannt in der Entfernung von einem Fuß diesem Loche gerade gegen über einen Bogen Papier aus, so wird man nach dem Schuß darinnen eine Menge kleiner Löcher gewahr werden, welche von den Pulverkörnern herrühren, die mit Gewalt aus dem Zündloch geworfen worden. Wenn die Infanterie im Felde als in Feldschlachten, zum kleinen Gewehrfener kommt, so geschieht es öfters, daß den Soldaten Pulverkörner ins Gesicht fliegen, und sie dadurch beschädigt werden. Diese werden von der Heftigkeit der Flamme aus dem Zündloch des Gewehres geworfen, welches

N 2

der



der Nebenmann linker Hand abfeuert;
ohngeachtet man gemeiniglich ohne allen
Grund glaubet, daß diese Pulverkörner
blos mit dem Flintenstein von der Pfanne
geworfen werden.

Ende des ersten Theils.



Zweyter

Zwenter Theil.

Von

der Kraft des Pulvers.

Der Herrmann hat das
 abgekauft und verkauft
 und ist der Herrmann
 das mit dem Herrnmann
 gemacht worden.

Der Herrmann hat das

von

der Herrmann hat das



S. 112.



Aus der im ersten Theil angestellten Untersuchung des Pulvers, erhellet offenbar, daß die Wirkungen, welche daselbe, vermöge seiner Haupteigenschaften, hervorbringt, vielen Veränderungen, ja selbst alsdenn unterworfen sind, wenn man dieselben beobachten und durch Versuche, die mit der größten Vorsichtigkeit und einem unermüdeten Fleiß angestellt werden, kennen lernen will. Es ist also leicht zu erachten, daß diese Wirkungen um desto verschiedener und mannigfaltiger seyn werden, je weniger es möglich ist, bey den im Kriege vorkommenden Gelegenheiten, wo man Gebrauch von eben der Art Pulver macht, mit einer gleichen Vorsicht zu verfahren, zu geschweigen, daß die Maschienen nicht allezeit mit der gehörigen Sorgfalt verfertiget sind.

N 4.

Wenn



Wenn man die Begebenheiten in der Natur und ihre Wirkungen aus irgend einem Theile der physisch-mechanischen Wissenschaften erklären will, so wird man niemals eine Aufgabe von dieser Art in der größten Schärfe auflösen, und sie völlig bestimmen können. Alles, was in unserer Gewalt steht, ist, daß wir uns bemühen, die Gränzen ausfindig zu machen, zwischen welche die Auflösung eingeschlossen ist, und die gemeiniglich nahe oder weit von einander liegen, nachdem das Phänomenon von mehr oder weniger Ursachen abhängt. Wenn man also die Wirkungen des Pulvers, welches bey verschiedenen Gelegenheiten im Kriege in Brand gesetzt wird, bestimmen will, so kann dieses ebenfalls nicht mit der größten Schärfe geschehn; indessen sind alle die Aufgaben, welche dabey vorkommen, und sich nach verschiedenen Umständen, die weder beständig, noch in einerley Verhältniß einander gleich sind, richten



richten, in gewissen Gränzen eingeschlossen und die Kenntniß derselben kann in besondern Fällen mit grossem Nutzen angewendet werden.

Es geschiehet auch nicht selten, daß man in der Artillerie gewisse bloß praktische Aussichten hat, welche verursachen, daß man von den Vortheilen, welche man durch die Theorie erhalten könnte, etwas nachlassen muß. In dergleichen Fällen muß man die Aufgabe mit allem Fleiß und sehr genau durchgehen, um alle Umstände, welche dabey vorfallen können, zu entdecken, und alsdenn einen jeden besonders in Erwägung ziehen, damit man die Theorie mit der Praxin auf die vortheilhafteste Art verbinden kann. Durch die Betrachtungen, welche wir in der Folge noch über verschiedene Materien anstellen werden, wird man überzeugt werden, daß es höchst nothwendig ist, die Theorie mit der Praxin auf eine vernünftige und fluge Art zu verbinden.



S. 113. Nach dieser vorläufigen Erinnerung, will ich zur genauern Untersuchung der Gewalt des Pulvers fortschreiten. Wir haben oben gesehen, daß die Entzündung der Pulverkörner und ihre völlige Auflösung durch die Flamme allzeit nur nach und nach und in verschiedenen Zeiten, nachdem die innere Güte des Pulvers, die Größe der Körner, und viele andere Umstände, die ich schon angezeigt habe, beschaffen sind, vor sich gehet; und daß die Gewalt des Pulvers größtentheils von der fortdauernden flüssigen Materie herkommt, welche die Flamme aus ihren Behältnissen befreyt, und deren Elasticität durch die Gegenwart des Feuers sehr vermehrt wird. Hieraus folgt, daß gleich von der ersten Entzündung bis zu dem Zeitpunkt, da alles Pulver durch das Feuer aufgerieben worden, sich die Ursachen, welche die Kraft des Pulvers hervorbringen, immer mehr und mehr häufen, und

und diese Kraft, so bald die Hitze abnimmt, welches nach geendigtem Brande, bald geschieht, der bloßen Elasticität, der flüssigen fortdauernden Materie immer näher kommt. Bey dieser Erscheinung wird man indessen gewahr, daß die Kraft, welche erzeugt wird, ein gewisses Ziel nicht übersteigen kann, und dieses besteht so zu sagen, in einen gewissen Punkt, einen gewissen Augenblick der Entzündung, welcher sich selbst bey eben demselben Pulver verschiedentlich offenbahret, wenn entweder das Pulver in einem unveränderlichen und verschlossenen Ort angezündet wird, oder wenn die mit Feuer angefüllte flüssige Materie ungehindert ausbrechen kann, oder bey ihrer Ausdehnung einen Widerstand antrifft, oder die Dünste in der Atmosphäre verschieden sind. Da man nun kein allgemeines und beständiges Gesetz hat, welches bey dieser Erscheinung zu statten käme, so muß man mit einer solchen Regel zufrieden seyn, durch



durch die man in besondern Fällen, dieses Ziel, welches die Kraft erreichen kann, bestimmen kann; damit, wenn man die Gränzen dieser großen Gewalt in gewissen bestimmten Umständen kennet, man im Stande sey, dieselben so vortheilhaft als möglich, bey vorfallenden Gelegenheiten im Kriege anzuwenden.

Um aber die Schwürigkeiten, welche sich bey dieser Untersuchung zeigen, vor Augen zu legen, und die Zeit nicht mit lächerlichen Hypothesen zu verderben; so wollen wir erstlich die Kraft des Pulvers in dem einfachsten Zustande betrachten, den man haben kann, und bloß die Elasticität der fortwauernden flüssigen Materie messen, wenn sie mit der Luft einerley Grad der Wärme hat. Nachgehends wollen wir die Kraft des Pulvers auch in einem zusammengesetzten Zustande, nemlich wärend der Flamme, untersuchen.

Erstes

Erstes Capitel.

Worin gezeigt wird, wie man die Dichtigkeit und Elasticität der flüssigen Materie, welche aus dem Pulver erzeugt worden, messen muß, wenn dieselbe mit der Luft einerley Grad der Wärme hat.

S. 114.

Wenn man die Elasticität der flüssigen fortdauernden Materie bestimmen will, so wird dazu erfordert, daß man das Pulver, indem es brennet, und nachdem es durch die Flamme aufgelöst worden, feste verschlossen hält. Wenn wir nun den Druck, den diese flüssige Materie ausübt, festsetzen wollen, so finden sich dabey viele Schwierigkeiten. Denn, da man den Grad der Wärme, welcher in dem Behältniß zurückbleibt, worin man das Pulver angezündet, und der die Elasticität der flüssigen Materie zugleich vermehret, nicht bestimmen kann



kann, so siehet man wohl, daß man keinen bestimmten Punkt hat, von dem man den Druck anrechnen könnte. Wolte man so lange warten, bis diese flüssige Materie mit der äußerlichen Luft einerley Wärme bekommen, und alsdenn den Druck derselben messen, so kann dieses auch nicht in der größten Schärfe geschehen, weil die schwefelichten Dünste gleich nach der Entzündung etwas von dieser flüssigen Materie an sich ziehen, und so zu sagen, plötzlich verzehren. Es ist also nicht so leicht, die Gewalt dieser flüssigen Materie ganz genau zu bestimmen, sondern man muß mit einer so genauen Näherung, als möglich, zu frieden seyn. Um nun diese Näherung so genau zu bekommen, als es angehen will, ist die Maschine erfunden worden, welche in der 6ten Figur vorgestellt wird. Durch Hülfe derselben läßt sich die flüssige Materie, so bald der Brand aufgehöret, von dem schwefelichten Dampfe und den gröbern Theilen, welche

welche übrig bleiben, absondern, und die Hitze wird gleich auf einen weit geringern Grad herunter gesetzt.

AA BB ist ein messingner Würfel, der Fig. 6 auf zweyen Seiten cylindrisch, doch aber so ausgehöhlt ist, daß der Boden der Aushöhlung ein Theil von einer Kugel ist. In einer jeden von diesen Aushöhlungen sind die Schraubengänge AA, BB. In der Mutter AA kommt die Schraube EE eines andern messingnenen Cylinders EDDE, welcher inwendig hohl ist. FGL sind kupferne Gefäße von verschiedenem Inhalt, und mit einer Schraube FF versehen, welche sich in der Mutter BB passen muß.

HGH ist ein kleiner messingner Cylinder, welcher durch Hülfe der Schrauben HH an dem Würfel AB befestiget wird. In diesem kleinen Cylinder befindet sich ein Schieber K, der sich genau darinnen paßt, und vermittelst der Schraube I nahe oder weit von die Löcher o, p gebracht werden kann,



kann, um die Röhren oo, pp welche die Gemeinschaft zwischen die obere Höhlung AA und die untere BB unterhalten, auf- und zu schließen. MNNM ist ein Parallelepipedum, ebenfalls von Messing, welches mit die Schraube MM an den Würfel AB dergestalt befestigt wird, daß sich die Röhre qq in demselben genau an die Röhre rr in den Würfel AB paßt.

SS ist ein anderes messingnes Parallelepipedum, welches inwendig cylindrisch ausgehölet, und zwey Oefnungen tt hat, die man mit einer gläsernen Flasche zumacht, in welcher man eine flüssige Materie gießt, dergestalt, daß man die Oberfläche derselben & durch das Glas sehen kann. Oben an dem Parrallelepipedo ist ein Loch R, welches durch daßelbe bis an die Flasche geht.

VW ist eine lange gläserne Röhre, die an beyden Seiten offen, und an einem schmalen messingnen Brete befestiget ist, welche man nach einem angenommenen

Maßstabe

Maßstabe von Lienie zu Lienie, oder sonst nach Gefallen nach Art der Barometer theilet. Dieses Brett muß an das Parrallelepipedum SRS gut befestiget werden.

yy ist eine Schraube, welche in dem Boden SS des Parrallelepipedi SRS hereingehet, und vermittelt welcher man die Oberfläche & der flüssigen Materie höher oder niedriger bringen kann. Dieses Parrallelepipedum SRS bringt man in den eisernen Bügel 2, 3, welcher durch die Schrauben 4, 4, an das Parrallelepipedum MNNM befestigt ist. Durch Hülfe der Schraube 16 hält man die Oberfläche RS des Parrallelepipedi SRS an die Oberfläche NN des Parrallelepipedi MNNM, dergestalt feste, daß das Loch R genau an das Loch q komme.

10, 12, 10, ist ein Zylinder durchaus von Messing, und bey 12 eine kleine Vertiefung, in der man das Pulver, welches man bey dem Versuch anzünden will, zweyten Theil. D schüttet



schüttet. Diesen Zylinder schiebt man in den Zylinder EDDE dergestalt, daß die Base 10, 10, auf den Absatz II, II, in der Höhlung A A zu stehen kommt. Der Diameter 17, 17 des Zylinders 10, 12, 10 muß ohngefähr eine Linie kürzer seyn als 18, 18 der Diameter der innern Höhlung des Zylinders EE DD.

5, 7, 9 ist ein Stück Eisen mit einer Schraube, welches sich in die Mutter DD paßen muß. Durch dieses Eisen geht eine mit Schraubengänge versehene Röhre 5, 9, in der man auf der Seite 5 die Schraube 8, 6, 8, schrauben kann.

Damit man den Versuch mit Bequemlichkeit anstellen, und die Gefäße FGL leicht wegnehmen und wieder anschrauben kann, so befestigt man den Würfel AB an einen metallenen Bügel TT, der in Form eines Hufeisens, und so hoch als es nöthig zu seyn scheint, gemacht wird. Hernach befestigt man denselben durch Hülfe der Schraube

Schrauben m, m an einen Tisch oder einer hölzernen Bank.

§. 115. Wenn man sich dieser Maschine bedienen will, so befestige man erstlich das Parallelepipedium SRS mit der Oberfläche RS an der Seite NN des Parallelepipedi MNNM und eines von den Gefäßen FGL in der Mutter BB, den Zylinder 10, 12, 10 setze man auf den Absatz 11, 11, schütte daß Pulver, welches man anzünden will, in der Vertiefung 12, und schraube den Zylinder EDDE in die Mutter AA. An dem Ende 9 des Stücke Eisens 5, 7, 9 schiebe man ein dünnes hölzernes Plättchen in der Röhre 5, 9 und indem man dieses Stück Eisen in die Mutter DD gebracht, lasse man in die Röhre 5, 9, ein kleines eisernes Kügelchen fallen, welches man recht glühend gemacht hat. Das bleyerne Plättchen bey 9 verhindert, daß das Kügelchen nicht durchfallen kann. Als denn bringe man die Schraube 8, 6, 8, auf das ge-

D 2

schwin-



schwindeste in die Mutter 5, 9, und schraube sie vermittelst dem Griff 13, 13, so feste zu als möglich. Die Oberfläche 8, 8 wird alsdenn dichte an die Fläche 14, 14 gepreßt, und drückt auf die glühende eiserne Kugel so stark, daß sie bey dem Loch 9 heraus und auf das Pulver in 12 fällt. Dieses wird alsdenn in dem Augenblick angezündet, da das Loch 5, 9 schon feste zugeschlossen ist. Wenn das Pulver verbrannt ist, so mache man das Loch 00 vermittelst dem Schieber K offen, indem man denselben durch Hülfe der Schraube I zurücke zieht. Die flüssige Materie, welche aus dem Pulver erzeugt worden, dringt alsdenn sogleich durch die Röhren 00 und p p in die untere Höhlung B L B, und von da durch die Röhren r r, q q und das Loch R in die gläserne Flasche. So bald die Oberfläche des Wassers & den Druck dieser flüssigen Materie empfindet, steigt das Wasser in die Röhre U W in die Höhe, und bleibt nach etlichen

etlichen Oscillationen in der Röhre mehr oder weniger höher stehen, nachdem mehr oder weniger Pulver angezündet worden.

S. 116. Wenn man die Höhe anzeichnet, auf welcher das Wasser gleich nach den etlichen Oscillationen stehen geblieben, und läßt die Maschiene unverrückt stehen, und zeichnet hernach wieder an, wie hoch das Wasser nach Verfließung gleicher Zeiten steht, so wird man gewahr werden, daß das Wasser in jedem Zeitraum herab sinket, in dem zweiten Zeitraum aber weniger als in dem ersten, und in dem dritten wieder weniger als in dem zweiten, und so weiter, bis es endlich so wenig herabfällt, daß man es kaum merken kann, ausgenommen, wenn man eine gute Zeit verstreichen läßt. Nach Verlauf von 24 Stunden bleibt das Wasser stehen, und verändert seinen Stand, wie die Thermometer, bloß nach Beschaffenheit der Wärme. Dieses Fallen



des Wassers kommt daher, weil der schwefelichte Dampf und die gröbern Theile, welche von dem Pulver übrig bleiben, etwas von der elastischen Materie verzehren, welches gleich nach der Entzündung häufig geschieht, bis es endlich gar aufhört, wie wir schon gesehen haben. Wenn man nun die Höhe des Wassers, wenn es sich völlig gesetzt, aufzeichnet, und den Unterschied zwischen dieser und derjenigen Höhe nimmt, auf der es stand, nachdem es sich nicht mehr auf- und niederbewegte, so verhält sich dieser Unterschied zu der ersten Höhe, wie der Theil der elastischen Materie, welcher von dem Dampf verzehret worden, zu der ganzen Quantität der elastischen Materie, welche durch den Versuch erzeugt worden.

Wenn man nun den Schieber K vorschiebt, so bald das Wasser aufhört auf- und nieder zu steigen, und dadurch die Gemeinschaft zwischen dem obern und untern Behältniß aufhebt, so bleibt das Wasser den

Augen

Augenblick stehen, und verändert seine Höhe in der Röhre nicht eher, als bis sich die Wärme in der Atmosphäre ändert. Zieht man hingegen nach Verfließung einiger Zeit den Schieber wieder zurück, und verursacht dadurch, daß das untere und obere Behältniß wieder eine Gemeinschaft mit einander bekommen, so fällt das Wasser gleich wieder in die Röhre; denn die flüssige elastische Materie dringt aus dem untern Behältniß in das obere, weil ein Theil derselben von dem schweflichten Dampfe und den größern zurückgebliebenen Theilen verzehret worden.

§. 117. Ehe wir weiter gehen, und zeigen, wie man durch Hülfe dieser Maschiene die Dichtigkeit und Elasticität der flüssigen Materie, welche aus den Salpeter erzeugt wird, bestimmen muß, müssen wir noch einige physikalische Anmerkungen über einige Stücke machen, welche in der Maschine vorgehen, und genauere Gründe



anführen, warum sie auf diese Art eingerichtet worden.

Wenn man, nachdem das Pulver völlig von der Flamme verzehrt worden, so lange wartet, bis die Hitze sich völlig verlohren, und alsdenn den Zylinder EDE wegnimmt, so wird man finden, daß, wenn der Theil des angezündeten Pulvers $\frac{1}{500}$ von demjenigen ist, welches das ganze obere Behältniß ausfüllen würde, sich der Rauch und die größere zurückgebliebene Theile inwendig an der obersten Fläche DD, des Zylinders EDE, und an dem obern Theil 12 des andern dichten Zylinders 10, 12, 10 gesetzt, und daß dieser Zylinder ohngefähr von oben nach unten zu um $\frac{1}{3}$ von seiner ganzen Länge von der Flamme angelaufen, sich aber keine Spur von Dampf oder Feuer an dem Boden A, 10, A zeigt. Schraubt man das Gefäß FGL ab, so findet man darinnen nicht das geringste Merkmal vom Dampf oder Feuer. Hieraus folgt also
offen

offenbar, daß, wenn man vermittelst den Schieber K die Gemeinschaft zwischen dem obern und untern Behältniß frey macht, die flüssige elastische Materie aus dem einen in das andere geht, ohne daß sich der Rauch merklich mit derselben vermischt. Eben dieses beweist auch, daß, wenn diese Gemeinschaft offen ist, das Fallen des Wassers in der Röhre VW, und der feste Stand desselben, wenn die Gemeinschaft verschlossen ist, bloß davon herrühret, daß ein Theil der flüssigen Materie von dem Dampfe und den größern Theilen verzehret worden. Man siehet also ganz deutlich, daß man diese beyde Behältnisse auf die vorhin beschriebene oder auf eine andre gleichgültige Art verbinden muß. Verbrennt man an statt $\frac{1}{500}$ nur $\frac{1}{250}$ von dem Pulver, welches das ganze obere Behältniß ausfüllen würde, so wird eben dieses nur mit dem Unterschiede erfolgen, daß sich die Wirkungen des Feuers und des Dampfes



mehr nach unten zu gegen den Absatz II, 10, II zeigen, ohne daß der Dampf in die kleine Röhre 00 herein dringt. Nimmt man aber eine ziemliche Quantität Pulver zu dem Versuch, so dringt ein Theil des Dampfes mit der flüssigen Materie zugleich in das untere Behältniß, so bald man die Gemeinschaft zwischen den beyden Behältnissen aufmacht, folglich wird auch ein Theil dieser Materie vom Dampfe verzehret, und der Druck dieser flüssigen Materie auf der Oberfläche des Wassers in dem Glase S R S ist nicht mehr so stark als er billig seyn sollte.

Um aber die Wirkung der Wärme in der flüssigen Materie so sehr als möglich zu vermindern, und zugleich zu verhindern, daß der Dampf nicht aus dem obern in das untere Behältniß dringen kann, bedienet man sich des Zylinders 10, 12, 10. Denn 1) wenn man das Pulver, anstatt es in der Vertiefung 12 des gedachten Zylinders anzuzünden, am Boden der Höhlung

Höhlung A, II, A anzündete, so könnte leicht ein Theil des Dampfes und der gröbern Theile in der kleinen Röhre oo und in das untere Behältnis dringen, welches nicht allein etwas von der flüssigen Materie verzehren, sondern auch den Schieber K. um die Gemeinschaft zwischen den beyden Behältnissen zu verschliessen, unbrauchbar machen würde.

- 2) Durch eben diesen Zylinder 10, 12, 10 wird die innere Oberfläche des obern Behältnisses grösser; weil also das Feuer eine größere Anzahl physikalischer Punkte antrifft, und sich auch über eine größere Quantität Materie ausbreitet, so ist der Grad des Feuers, so bald das Pulver völlig verzehrt, gleich weit geringer, als wenn der Zylinder 10, 12, 10 nicht angebracht wird, wie solches im ersten Theil im ersten Capitel bewiesen worden.

3) Ist



3) Ist die Hitze, welche aus dem entzündeten Pulver und dem glühenden Eisen entsteht, gewisser Maßen bloß in der Vertiefung 12, D. zusammen. Da sie also nur einen Theil der flüssigen elastischen Materie und der natürlichen Luft, welche in dem Behältniß ist, erhizet, so folget, daß in diesem Falle die Elasticität weit weniger von dieser Hitze vermehrt wird, als wenn sich die Hitze über alle die erzeugte elastische Materie, und die natürliche Luft in dem Behältniß ausbreiten könnte.

Ohngeachtet sich dieser Satz durch der angeführten Theorie vom Feuer, bestätigen läßt, so kann man denselben doch auch durch diese Maschine beweisen. In dieser Absicht vereinige man alle Theile dieser Maschine, schütte aber kein Pulver in die Vertiefung 12, und nachdem man die Gemeinschaft zwischen dem obern und untern Behältniß offen gelassen, lasse man die glühende Kugel
in

in 12, eben so, als wenn man das Pulver entzünden wolte (S. 115.) herabfallen; so wird man gewahr werden, daß, weil das durch die Luft in dem Behältniß ausgedehnet wird, das Wasser in der Röhre steigt. Diese Höhe des Wassers merke man, und nehme den inwendigen Zylinder 10, 12, 10 weg, damit bey dem folgenden Versuch die Kugel bis auf dem Boden A, 11, A fallen kann. Wenn man nun eben so, wie vorhin, ohne Pulver den Versuch anstellt, so wird man finden, daß die glühende Kugel die ganze Luftsäule in dem Behältniß A D A während dem Fallen dergestalt erhizet und ausdehnet, daß das Wasser in der Röhre 15 bis 20 mahl höher steigt als in dem ersten Fall, aber bald wieder fällt, und ohngefähr zwey bis drey mahl höher stehen bleibet, als nach dem ersten Versuch.

S. 118. Nachdem wir also die Einrichtung der ganzen Maschiene und die Ursachen angezeigt, warum sie dergestalt verfertigt worden

worden, auch zu gleicher Zeit die physikalische Wirkungen, welche in derselben erfolgen, wenn das Pulver entzündet worden, gehörig einzusehen gelernt haben; so wollen wir, ehe wir weiter gehen und zeigen, wie man die Dichtigkeit und Elasticität der flüssigen Materie messen muß, vorher die ganze Maschine genau untersuchen, um zu sehen, ob alle Theile derselben bestmöglichst mit einander verbunden sind, daß die flüssige elastische Materie, welche in derselben eingeschlossen ist, an keinem Orte heraus kommen kann. In dieser Absicht verdickt man die Luft etwas in der Maschine und läßt dieselbe einige Minuten in diesem Zustande, um zu sehen, ob sich das Wasser in der Röhre bloß nach den Veränderungen eines Thermometers bewegt, welches sich nicht weit von der Maschine befindet.

Ferner muß man bestimmen, wie viel die Quantität des Salpeters wiegen würde, wenn damit das ganze obere Verhältniß bis an

An den Schieber K, wenn derselbe die Löcher schließt, und das ganze untere Behältniß von dem Schieber K bis auf die Oberfläche & & des Wassers in dem Glase, zusammen genommen, wiegen würde. Dieses Gewicht findet man, wenn man das Gewicht des Wassers bestimmt, welches alle diese Behältnisse ausfüllen würde, und welches in meiner Maschiene 16580 Gran ist. Da sich nun die besondere Schwere des Wassers zur besondern Schwere des Salpeters wie 10 zu 19 verhält, so ist 19×16580

oder 19×1658 Gran das Gewicht des Salpeters, welcher einen eben so großen Raum einnehmen würde, als alle diese Behältnisse zusammen genommen.

S. 119. Nachdem diese Dinge ausgemacht worden, und man will zu den Versuchen schreiten, so muß man wenig Pulver nehmen, damit nicht viel Dampf aus dem obern in das untere Behältniß dringen kann.



kann. Hierauf setzt man die Theile der Maschine gehörig zusammen, schließt die Gemeinschaft zwischen die beyde Behälter zu, schüttet das Pulver in 12, und läßt alsdenn die glühende Kugel in die Röhre 5, 9 fallen, welche alsdenn auf dem bleyernen Plättchen liegen bleibt. Wenn dieses geschehen, so nimmt man geschwinde die Schraube 8, 6, 8, drehet den Griff 13, 13 auf das geschwindeste herum, damit die Röhre 5, 9 auf das genaueste verschlossen werde, die Kugel falle, und das Pulver entzündet. Hierauf macht man die Gemeinschaft zwischen den beyden Behältnissen offen, und verschließt dieselbe wieder so bald das Wasser in der Röhre aufhöret, Bewegungen zu machen. Weil aber durch das Aufsteigen des Wassers in der Röhre die Oberfläche & & desselben in dem Glase gefallen, so drehe man die Schraube y y herum, damit das Wasser wieder steige, und eben wieder so hoch in dem Glase SRS zu stehen

stehen konnte als vorher, und also das
 unterste Behältniß unveränderlich bleibe.
 Als denn merke man sich die Höhe des Was-
 sers in der Röhre VW, indem man solche
 von der Oberfläche & an rechnet, und ziehe
 von dieser Höhe den Theil ab, um wel-
 chen das Wasser wegen der anziehenden
 Kraft des Glases höher gestiegen, und die-
 sen letztern Theil muß man bestimmen, ehe
 man den Versuch unternimmt: denn so bald
 diese anziehende Kraft anfängt zu wirken,
 so steigt das Wasser in der Röhre gleich et-
 was höher als die Oberfläche & &.

Diesen Versuch wiederhole man auf
 eben die Art und mit eben der Quantität
 von eben der Art Pulver so oft, bis ein
 Thermometer stehen bleibt, welches die
 kleinste Veränderungen der Wärme anzeigt,
 und in der Stube, worin der Versuch vor-
 genommen wird, gesetzt worden, und
 schreibe jedesmahl die Höhe des Wassers
 in der Röhre auf. Man muß sich dabei

vorsehen, daß man niemals mit der Hand das unterste Gefäß FLG oder den Zylinder EDE unmittelbar berühre, sondern man nehme, um sie zu bewegen, eine Serviette, die man drey- oder viermal über einander gelegt, denn das Wasser steigt den Augens- blick in die Röhre, wenn man das Gefäß auch nur mit einem Finger berühret.

Aus allen diesen Höhen suche man die mittle- re und in dieser werden gewisser massen, die Veränderungen einander aufheben, wel- che von der Wärme, so in dem Behältniß zu- rückgeblieben, und dem Theil der flüssigen Materie herrühren, welche von dem Dampf und den gröbern Theilen verzehrt worden. Wenn man nun diese mittlere Höhe = a und die mittlere Höhe eines Barometers, welcher mit eben dem Wasser angefüllt ist, welches sich in der Flasche befindet, = A setzet, so zeigt $a:A$ die Verhältniß an, welche die Elasticität der flüssigen Materie zu der Elasticität der natürlichen Luft hat.

§. 120. Wenn man wenig Pulver nimmt, so kann es zuweilen geschehen, daß sich der Salpeter in den Körnern nicht mit den brennbaren Theilen in eben der Verhältniß befindet, in der derselbe in der ganzen Masse des Satzes ist, aus dem das Pulver verfertigt worden. In solchem Falle findet sich ein merklicher Unterschied zwischen den Höhen, auf welche das Wasser in der Röhre steigt. Um dergleichen Veränderungen zu vermeiden, nehme man Salpeter, Schwefel und Kohlen, und reibe jede Materie besonders, wiege alsdenn eine gewisse Quantität Salpeter, und vermische dieselbe mit so viel Schwefel und Kohlen, als erfordert werden, um den Schwefel plötzlich aufzulösen. Man hat nicht nöthig diesen Satz zu können, weil man durch diesen Versuch bloß die Dichtigkeit und Elasticität der flüssigen Materie bestimmen will, welche in dem Salpeter enthalten ist. Die phlogistische Materie betrachtet man dabey bloß als ein Mit-



tel, welches unumgänglich erfordert wird, um die flüssige Materie aus seinem Behältniß zu befreien, und hernachmals die Dichtigkeit und Elasticität derselben zu bestimmen.

121. Um aber aus dem angeführten Versuche (S. 119.) die Quantität der elastischen Materie zu bestimmen, welche in dem Salpeter eingeschlossen ist, kann man, weil die flüssige Materie sich in den beyden Behältnissen stark ausgedehnet hat, die Elasticität derselben der Dichtigkeit im strengsten Verstande proportional annehmen. Der Bruch a welcher die Elasticität $= n$

der flüssigen Materie ausdrückt, zeigt also denn auch die Dichtigkeit derselben an. Setzt man die beyde Behältnisse zusammen genommen $= c = 19 \times 1658$ (S. 118.) $= 31502$ Gran, und ist der Salpeter, den in jedem Versuch entzündet worden, $= f$ so ist $n \cdot c$ die Dichtigkeit eben der Quantität

der

der flüssigen Materie, wenn solche in einem Behältniß $= f$ zusammengepreßt ist. Es ist aber der Raum f wegen der Materie $= m$, welche nicht elastisch ist, und sich in dem Salpeter befindet, kleiner; ist nun $r m =$ der Raum, den diese Materie einnimmt, so ist der Raum, den die flüssige Materie in dem Salpeter einnimmt, $= f - r m$, folglich drückt der Bruch $\frac{nc}{f - rm}$

die Dichtigkeit der elastischen Materie aus, wenn sie im Salpeter eingeschlossen ist.

§. 122. Diejenige Gelehrten, welche die flüssige Materie, so in dem Salpeter eingeschlossen ist, auf das sorgfältigste untersucht haben, eignen ihr mit der natürlichen Luft einerley besondere Schwere zu. Wenn man dieses annimmt, so folgt, daß, weil sich die besondere Schwere der Luft zur besondern Schwere des Salpeters wie 1 zu 1520 verhält, und in diesen beyden Behältnissen zusammen c das Gewicht des Salpe-



ters seyn würde, die Quantität der Luft, die, wenn sie in der Maschine (Fig. 6.) eingeschlossen ist, eben die Wirkung $= n$ hervorbringt, welche die flüssige Materie $f - m$, die in dem Salpeter eingeschlossen ist, hervorbringt, durch das Gewicht $\frac{n c}{f}$ ausge-

drückt werden muß. Also ist $f - m = \frac{n c}{f}$ D wenn man in diesem Ausdruck vor
1520

die Buchstaben, den Werth derselben, welche in unserm Versuch gegeben worden, nemlich $c = 31502$; $f = 6$ Gran, $n = \frac{1}{2}$ setzt, so wird $m = 4$ Gran. Weil nun die Quantität der flüssigen Materie, welche in dem Salpeter enthalten ist, der Quantität dieses letztern proportional ist (S. 57), so ist $f - m = \frac{1}{3}$ der ganze Theil der flüssigen Materie, welche sich in der ganzen Masse des Salpeters befindet.

Ohngeachtet nun aber die flüssige Materie mit der Luft einerley besondere Schwere haben kann, so folgt doch hieraus noch nicht, daß sie auch alle übrige Eigenschaften der Luft haben muß, und noch viel weniger, daß dieselbe selbst reine Luft sey. Wir haben bereits im ersten Theil durch zuverlässige und entscheidende Versuche bewiesen, daß das Pulver sich desto langsamer und schwerer entzündet, je dünner die Luft ist, welche dasselbe umgiebt; zu gleicher Zeit haben wir auch gezeigt, daß wenn die flüssige Materie eine wirkliche Luft ist, solche doch zur Zeit, wenn sie sich aus dem Salpeter entwickelt, nicht diejenige Eigenschaft der natürlichen Luft bey sich hat, welche zur leichtern Fortpflanzung des Feuers in den brennbaren Körpern so vieles beiträgt. Es hilft indessen zu unsern Vorhaben nichts, wenn wir auch bestimmen könnten, ob die gedachte flüssige Materie einige Zeit drauf nachdem sich dieselbe schon völlig ent-



entwickelt, diese erforderliche Eigenschaft erlangt.

S. 123. Wenn man in der Formel $\frac{nc}{f - rm}$ (S. 121) vor c , n , f und m den Werth derselben, welcher bekant ist, setzt und $r = \frac{1}{2}$ das ist, wenn die Dichtigkeit der Materien, welche nicht elastisch sind, der Dichtigkeit des nitri fixi, und der angezündeten Kohlen gleich ist, so ist $\frac{nc}{f - rm} = 942$; oder die flüssige Materie, so lange sie in dem Salpeter eingeschlossen ist, ist 942 mahl dichter als

diejenige, welche dem Druck der Atmosphäre das Gleichgewicht hält.

S. 124. Wenn man die Quantität und die Dichtigkeit der flüssigen elastischen Materie weiß, welche in dem Salpeter eingeschlossen ist, so kann man die Dichtigkeit der elastischen Materie finden, welche sich aus einer gewissen Quantität Pulver, das in einem gegebenen Verhältniß entzündet wird,

wird, entwickelt: Gesezt, G sey die Masse des Salpeters, welcher das Behältniß ganz ausfüllen würde, so ist $\frac{1}{3} G$ die flüssige elastische Materie, $\frac{2}{3} G$ die Materien, welche nicht elastisch sind, und $\frac{3}{4} G$ der geometrische Raum, welchen diese letztern ausfüllen (S. 122), folglich ist $G - \frac{3}{4} G = \frac{1}{4} G$ der Raum, den die flüssige Materie $\frac{1}{3} G$ einnimmt.

Man nenne $h + p$ das Pulver, welches in dem Behältniß G angezündet wird; h bedeute die Quantität der flüssigen Materie, welche in demselben enthalten ist, und p den Schwefel, Kohlen und das nitrum fixum zusammengenommen; ferner setze man, daß der geometrische Raum, den diese letztern nach der geschehenen Entzündung einnehmen, durch qp ausgedrückt werde, so ist $G - qp$ der Raum, welchen die flüssige Materie nach der Entzündung des Pulvers einnimmt. Wäre nun die flüssige Materie, welche aus dem Pulver erzeugt worden,

$\frac{1}{3} G$

$= \frac{1}{3} G,$



$= \frac{1}{3} G$, so verhält sich die Dichtigkeit derselben in dem Raum $G - qp$ zur Dichtigkeit derselben in dem Raum $\frac{43}{81} G$ wie

$$\frac{nc}{f - rm} : \frac{nc}{f - rm} \times \frac{43 G}{81 \cdot (G - qp)} \\ = 942 : \frac{942 \times 43 G}{81 (G - qp)} = \frac{500 G}{G - qp}$$

Nun ist aber h die Quantität der flüssigen Materie, welche sich aus dem Pulver entwickelt, folglich ist $\frac{1}{3} G : h = \frac{500 G}{G - pq}$ die

Dichtigkeit, welche man sucht, diese ist also $= \frac{1500 h}{G - pq}$.

Um hiervon ein Beispiel zu geben, setze man, daß der ganze Raum G mit Pulver ausgefüllt wäre. Aus dem Satz, welcher zu diesem Pulver genommen wird, bekommt man $p = 3 h$. Wenn nun der Raum ganz dichte voll von Salpeter wäre, so würde G das Gewicht desselben seyn, folglich ist $\frac{1}{3} \frac{5}{8} G$ das Gewicht des Pulvers in eben diesem Raum.

Gesetzt



Gesetzt ferner: man wüßte aus andern Versuchen, daß $q = \frac{7}{3}$ ohngefehr wäre, so wird $h + p = \frac{15}{8} G$. Wenn man nun in der vorigen Formel vor G und p , den Werth derselben, welcher in h ausgedrückt wird, setzt, so wird $\frac{1500 h}{G - qp} = \frac{1500}{\frac{152}{15} - \frac{7}{3}} = 192$.

$$\frac{1500 h}{G - qp} = \frac{1500}{\frac{152}{15} - \frac{7}{3}} = 192$$

Das ist, die flüssige Materie, welche in dem Raum G erzeugt worden, ist im gegenwärtigen Fall 192 mahl dichter, als eben diese flüssige Materie, wenn sie vermöge ihrer Elasticität dem mitleren Druck der Atmosphäre das Gleichgewicht hält.

S. 125. Wenn man ferner die Elasticität der flüssigen Materie bestimmen will, welche aus einer gewissen Quantität Pulver erzeugt worden, die in einem gewissen Behältniß eingeschlossen ist, so kann man sich dazu einer von den Formeln bedienen, welche sich in den Phys. Mech. Anfangsgründen befinden, und folgende sind:



$$1. 7200 nS$$

$$2. 7200 S \left(\frac{3}{2} q - \frac{3}{2} \sqrt[3]{(q \cdot (q - n)^2)} \right)$$

Der erstern kann man sich bedienen, wenn die Dichtigkeit der flüssigen Materie, welche erzeugt worden, kleiner als 20 ist: ist sie aber grösser als 20, so muß man die zweite nehmen. Im ersten Fall ist es genug, wenn man nach S. 124. die Dichtigkeit der elastischen Materie bestimmt, welche sich entwickelt hat. Diesen Werth setze man vor n in der ersten Formel, so bekommt man ein Gewicht, welches dem Drucke gleich ist, den die flüssige elastische Materie gegen eine gegebene Fläche $= S$ ausübet.

Im zweiten Fall schreibe man vor q die Zahl 942, welche die Dichtigkeit der flüssigen Materie andeutet, wenn dieselbe im Salpeter eingeschlossen ist (S. 123), und vor n eben wie vorhin den Werth der gedachten Dichtigkeit, welchen man bekommt, wenn man nach dem vorhergehenden Paragraphen verfährt: so bekommt man wieder ein Gewicht,

Gewicht, welches dem Drucke gleich ist, den die flüssige Materie vermöge ihrer Elasticität gegen die Oberfläche $= S$ ausübet.

In diesen beyden Formeln und in allen übrigen, deren wir uns aus den Phys. Mech. Anfangsgründen in dieser Abhandlung bedienen werden, ist die Einheit des Längens Maasses der Piede d'Eliprando, und die Einheit vor die Gewichte, ein Pfund. Die Länge eines einfachen Penduli, welches in Turin Secunden von der mittlern Zeit schlägt, ist $\frac{31}{16}$ von diesem Fuß. Und ein Cubick Fuß reines Wassers, so wie wir uns dessen bey den Versuchen bedienen, wiegt 366 Pfund $\frac{7}{8}$ Turinische Pfunde.

Anmerkung zum §. 125.

Der Verfasser führet hier zwey Formeln an, um die Elasticität der flüssigen Materie, welche aus dem Pulver erzeugt wird, zu bestimmen; zu gleicher Zeit weist er uns auf seine Anfangsgründe der Physik und



und Mechanick zurück, wo der Beweis davon enthalten ist. Da dieselbe aber noch nicht zum Vorschein gekommen, und ich erfahren, daß sie der Verfasser bloß im Manuscript liegen hat, so glaube ich, daß es dem deutschen Leser nicht unangenehm seyn wird, wenn er den Beweis zu gleich hier findet.

Zu diesem Ende sey h die mittlere Höhe der Atmosphäre. S die Oberfläche, auf welche dieselbe drückt. R das Gewicht in Pfunden, welches dem Drucke der Atmosphäre auf eine gegebene Oberfläche a gleich ist, und die wir als 1 ansehen. Da nun der Druck der Atmosphäre einer Luftsäule gleich ist, dessen Höhe die mittlere Höhe der Atmosphäre, und die Basis der gegebenen Base gleich ist, so wird $R = a h$. Ist nun eine andere flüssige Materie n mahl elastischer als die natürliche Luft in ihrem mittlern Zustande, so ist der Druck derselben auf eine gegebene Oberfläche n mahl stärker als der Druck der Atmosphäre auf eben diese

diese Oberfläche, folglich wäre der Druck der flüssigen Materie auf die Fläche a , $n \times R$ und folglich wenn $nR = Q$ so wäre $Q = nha$ Pfund. Nun sey P ein Gewicht in Pfunden, welches dem Druck der flüssigen Materie auf die Fläche S gleich wäre, so würde $Q : P = a : S$, folglich $P = \frac{Q \times S}{a}$

oder $P = nRS$. Hier ist also P das Gewicht eines Zylinders Luft, dessen Höhe der Höhe der Atmosphäre gleich ist.

Der Verfasser giebt nun an, daß 1 Cubick-Fuß Wasser in Turin 366 $\frac{1}{2}$ Pfund wiegt. Er setzt ferner, daß der Piede Eliprando so eingerichtet ist, daß die Länge des einfachen Penduli, welches in Turin 1 Secunde schlägt, $\frac{3}{4}$ von diesem Fuß hält: nun schlägt ein Pendulum, welches 3,16628 Rheinländische Fuß lang ist, auch Secunden, es sind also $\frac{3}{4}$ vom Piede Eliprando = 3,16628 Rheinländische Fuß. Hieraus wird

wird also 1 Rheint. Fuß $\frac{31}{1683}$ vom
 Piede Eliprando, oder wenn E. den Piede
 Eliprando, r den Rheinländischen Fuß be-
 deutet, so wird $r = 0,6119$ E. Wenn
 man nun annimmt, daß der mittlere Druck
 der Atmosphäre einer Wassersäule gleich ist,
 deren Höhe etwas über 32 Fuß ist, so wird
 die Höhe einer solchen Wassersäule in Su-
 rin 19,5808 von diesem Fuß, und ihr Ge-
 wicht 7183,41250 Pfund. Vor diese Zahl
 hat nun der Verfasser 7200 als eine runde
 Zahl genommen. Diese Anzahl Pfun-
 de ist nun das vorhin genannte Gewicht R
 und da $a = 1$ ist, so wird $P = 7200n$.

Dieses wäre also die erste Formel.

Was die zweite anbelangt, so muß man
 merken, daß, wenn q. den höchsten Grad der
 Dichtigkeit bedeutet, auf dem die natürliche
 Luft gebracht werden kann, p die Elastici-
 tät einer Luft, welche m mahl dichter ist,
 als die natürliche, Herr Euler in dem 2ten

Theil

Theil der Comment. der Academie zu Petersburg bewiesen hat, daß sich die Elasticität der natürlichen Luft, zu der Elasticität einer Luft, welche n mahl dichter ist als die natürliche, oder zu p verhält, wie $\sqrt[3]{q^2 - \sqrt[3]{(q-1)^2}}$ zu $\sqrt[3]{q^2 - \sqrt[3]{(q-n)^2}}$

Nimmt man nun an, daß dieses seine Richtigkeit hat, so ist bekannt, daß die Elasticität der Luft durch den Druck einer Wassersäule ausgedrückt wird, dessen Höhe 32 Rheinländische Fuß, oder durch das Gewicht R , welches in Turin, damit wir dem Verfasser folgen, 7200 Turinische Pfund. Es ist also

$$7200 : p = \sqrt[3]{q^2 - \sqrt[3]{(q-1)^2}} : \sqrt[3]{q^2 - \sqrt[3]{(q-n)^2}}$$

$$\text{folglich ist } p = \frac{7200 (\sqrt[3]{q^2 - \sqrt[3]{(q-n)^2}})}{\sqrt[3]{q^2 - \sqrt[3]{(q-1)^2}}}$$

Da nun die Luft bis auf einen sehr grossen Grad zusammengedrückt werden kann, und wir nehmen an, daß dieser größte Grad der Dichtigkeit derjenige ist, welchen die in dem



Salpeter eingeschlossene Luft hat, so wird
 q eine sehr grosse Zahl. Nun ist bey-
 nahe $\sqrt[3]{(q-1)^2} = \sqrt[3]{q^2} - \frac{2}{3\sqrt[3]{q}} - \frac{1}{9q\sqrt[3]{q}}$

wo man die Brüche, in deren Nenner höhere
 Potenzen von q vorkommen, weg läßt. Folg-
 lich ist: $\sqrt[3]{q^2} - \sqrt[3]{q-1}^2 = \frac{2}{3\sqrt[3]{q}} + \frac{1}{9q\sqrt[3]{q}}$

Hieraus wird also

$$p = \frac{7200 \left(\sqrt[3]{q^2} - \sqrt[3]{(q-n)^2} \right)}{\frac{6}{9\sqrt[3]{q}} + \frac{1}{9q\sqrt[3]{q}}}$$

$$\text{ob. } p = \frac{7200 \times 9q\sqrt[3]{q} \left(\sqrt[3]{q^2} - \sqrt[3]{(q-n)^2} \right) \text{ Pf.}}{6q + 1}$$

So groß wäre also das Gewicht der flüssi-
 gen Materie, wenn dieselbe mit der natür-
 lichen Luft auf eine Oberfläche drückte, die
 $a = 1$. der Druck auf die Oberfläche Salso ist
 Sp. folglich, wenn P diesen Druck anzeigt, wird

$$P. = \frac{7200 S \left(9q^2 - 9q\sqrt[3]{q} \left(\sqrt[3]{(q-n)^2} \right) \right)}{6q + 1}$$

Ist nun q eine sehr große Zahl, so kann man schon den Bruch $\frac{1}{9q\sqrt[3]{q}}$ weglassen, und alsdenn

verwandelt sich diese Formel in die Formel des Verfassers, und man bekommt

$$P = 7200 S \times \left(\frac{3}{2} q - \frac{3}{2} \sqrt[3]{q} (q - n)^2 \right)$$

und das Gewicht P in Pfunde, dergleichen sich der Verfasser bedient, indem er vor q die Dichtigkeit der Luft im Salpeter annimmt. Die erste Formel des Verfassers ist alsdenn zu gebrauchen, wenn man annimmt, daß die Elasticität der Luft beständig ihrer Dichtigkeit proportional ist; da es aber ausgemacht ist, daß dieses nicht anders seine Richtigkeit hat, als wenn die Luft nicht sehr zusammengepreßt ist; so sieht man hieraus den Grund, warum der Verfasser bey grosser Dichtigkeit die zweite Formel vorschlägt.

Damit aber diese Formel vor deutsche Leser desto bequemer falle, so will ich dieselbe in ein solches Maaß und Gewicht ausdrücken,



drucken, dessen wir uns im gemeinen Leben bedienen. In dieser Absicht dürfen wir also nur das Gewichte bestimmen, welches dem mitlern Drucke der Atmosphäre gleich ist, und welches R genennet worden. Gesezt nun, ein Cubick-Fuß Wasser Rheinländisches Maaß wöge b Pfund, so wird das Gewicht einer Wassersäule, welche 32 Fuß hoch, und deren Fläche $a = 1$ Quadrat Fuß ist, 32 b Pfund wiegen, und alsdenn ist $R = 32 b$ Pfund; und folglich die Elasticität der flüssigen Materie, wenn sie n mahl dichter ist als die natürliche Luft, nachdem sie sich aus dem Salpeter entwickelt, und einen gewissen Raum eingenommen, oder

$$P = 32. b S \times \left(\frac{1}{2} q - \frac{1}{2} \sqrt[3]{q(q-n)^2} \right)$$

wenn man es nicht sehr genau nimmt, wie in practischen Sachen, im strengeren Verstande aber

$$P = \frac{32. b S q (q - \sqrt[3]{q(q-n)^2})}{6q + 1}$$

Den Buchstaben b muß man an jedem Ort
aus

ausmachen, und sich dabey nach dem daselbst
im Gebrauche üblichen Gewichte richten.
Z. E. wiegt ein Cubickfuß Wasser Rheinlän-
disch Maß an einem gewissen Orte 64 Pfund,
so ist $b = 64$, und also der Werth von R.
$$= \frac{18432 \text{ S } q (q - \sqrt[3]{q (q - n)^2})}{6q + 1} \text{ Pfund.}$$

Hieraus siehet man auch, daß wenn $n = q$
dem größten Grade der Dichtigkeit der Luft
gleich ist, alsdenn

$$P = \frac{18432 \cdot S n^2}{6n + 1}$$

Die erste Formel des Verfassers wird aber
diese seyn

$$P = 32 \cdot b \cdot n \cdot S.$$

wenn S. in Rheinländisch Maaß, davon
1 Fuß die Einheit ist, ausgedruckt werden
muß. Die Anwendung dieser Formeln ist
im besondern Falle leicht zu machen, daher
ich mich hierbey nicht aufhalten will.



Zweites Capitel.

Worin die vornehmste Methoden angeführet werden, nach denen man die größte Kraft des Pulvers während der Entzündung in einem gewissen und unveränderlichen Behältnisse, bestimmen kann.

S. 126.

Wenn man die Elasticität der fortbauern den flüssigen Materie in dem allereinfachsten Zustande bestimmen will, so hat man gesehen, daß sich dabey so viele Schwierigkeiten zeigen, daß man kaum eine bequeme Näherung finden kann, so bald die flüssige Materie sehr dichte ist. In dem Augenblick nun, wenn sich das Pulver entzündet, ist die flüssige Materie sehr dichte, und verschiedene Ursachen kommen dabey entweder zugleich, oder nach und nach zusammen, welche die Elasticität derselben vermehren, daher ist es schwer, die Kraft des Pulvers mit

mit einiger Zuverlässigkeit zu bestimmen. In der That wissen wir nicht, wie groß die Quantität der flüssigen Materie ist, welche sich in jedem Augenblick, so lange die Flamme währet, entwickelt, wir wissen nicht, wie groß der Grad des Feuers ist, wir kennen die verschiedene Arten nicht, auf die sich dasselbe ausbreitet, und sich in den verschiedenen Sorten von Pulver, ja selbst in eben demselben Pulver, wenn es in andre Umstände versetzt wird, fortpflanzet. Es ist uns auch unbekannt, wie weit die Luft zwischen den Pulverkörnern und in der Materie des Pulvers selbst verdünnt ist; wir kennen auch die Elasticität des Dampfes und die Ausdehnung der Materien nicht, die in Absicht auf die andern, nicht elastisch sind, die aber, nachdem der Raum, den dieselbe einnehmen, grösser wird, die flüssige fortdauernde Materie mehr und mehr einschränken, und dadurch die Elasticität derselben vermehren. Die Kräfte des



menschlichen Verstandes scheinen also nicht hinreichend zu seyn, alle diese Dinge aus einander zu setzen.

Das ganze Phänomenon geschieht zu geschwinde und die kurze Zeit erlaubt nicht, eine jede von den Ursachen, welche dasselbe entweder hervorbringen, oder begleiten, besonders zu untersuchen. Man kann auch kein Mittel ausfindig machen solche Versuche anzustellen, wodurch man den Dampf von dem übrigen während der Flamme absondern, die Ausdehnung der Materien, welche nicht elastisch sind, verhindern, und das eigentliche Gesetz entdecken könnte, nach dem sich die flüssige Materie entwickelt: Und so lange dieses nicht angeht, siehet man wohl, daß es unmöglich ist zu bestimmen, wie viel eine jede von diesen Ursachen zu der Gewalt des Pulvers beiträgt.

Wir müssen also zufrieden seyn, wenn wir nur die Gränzen entdecken können, in welche die Gewalt des Pulvers während
der

der Zeit eingeschlossen ist, da die Flamme
würket, und uns dazu aller der Umstände
bedienen, welche wir vermögend sind fest-
zusetzen.

Um aber diese Untersuchung nicht gar
zu weitläufig zu machen, so wollen wir
annehmen, daß sich das Pulver in einem
Behältniß anzündet, welches bis auf die
Räume, die sich zwischen den Körnern be-
finden, und von der verschiedenen Figur
derselben herrühren, ganz ausgefüllt ist.
Unter dieser Bedingung kann sich das Pul-
ver, in einem gewissen Behältniß auf dreys
erley Art entzünden.

1) Wenn das Zündloch, so bald sich die
Entzündung anfängt, verschlossen ist,
und das Behältniß unveränderlich
bleibt.

2) Wenn das Behältniß unveränderlich
bleibt, und die mit Feuer angefüllte
flüssige Materie an einem Ort durch-
brechen kann.

3) Wenn das Behältniß während der Flamme nach und nach grösser wird, und die flüssige Materie einen Ausgang findet.

Wenn man nun eine gewisse Quantität Pulver nimmt, so ist offenbar, daß die größte Gewalt, die dasselbe im ersten Fall ausübet (S. 113.), grösser seyn wird, als die größte Gewalt, welche eine gleiche Quantität von eben demselben Pulver in einem ähnlichen und gleich grossen Behältniß in den beyden übrigen Fällen ausübet; und daß diese größte Gewalt im zweiten Fall grösser seyn wird als im dritten.

S. 127. Der erste von diesen drey Fällen, ist noch niemals bey der Verfassung, wie wir uns des Pulvers bedienen, vorgekommen.

Der zweite Fall findet zuweilen bey den Mienen statt, welche in solchen Materien angelegt werden, die sich nicht leicht zusammen drücken lassen, und bey Bomben und Grenat

Grenaden, welche so stark gemacht worden, daß sie der Gewalt des Pulvers, welches in denselben entzündet wird, hinlänglich widerstehen können.

Der dritte Fall endlich kommt bey dergleichen Mienen vor, welche in solchen Materien angelegt werden, die sich leicht zusammen drücken lassen und bey allen Arten von Schießgewehren, wenn sie so, wie im Felde, geladen werden.

In diesem Capitel will ich einige Methoden anzeigen, nach welche man die größte Gewalt des Pulvers im zweiten Falle bestimmen kann; in den beyden folgenden will ich auch zeigen, wie man die größte Gewalt des Pulvers bloß in dem Geschütze, indem es, wie im dritten Fall, angezündet wird, festsetzen kann. Was die Mienen anbelangt, welche in solche Materien angelegt werden, welche sich leicht zusammen drücken lassen, so ist davon schon im dritten Buch der Festungsbauskunst,

kunst, und im zweiten Buch der praktischen Artillerie, so umständlich gehandelt, daß man alle Aufgaben, die über der Wirkung des Pulvers in den Mienen vorkommen können, so nahe als möglich der Wahrheit gemäß auflösen kann.

§ 128. Wenn man die größte Elasticität der mit Feuer angefüllten flüssigen Materie, die aus dem Pulver erzeugt wird, messen will, so kann man dieselbe gleich unmittelbar mit dem Widerstande vergleichen, welcher von der Schwere, der Adhäsion und der Elasticität der Körper herrühret. Aus den Versuchen, welche in der Folge vorkommen werden, läßt sich abnehmen, daß, wenn das Pulver in einem unveränderlichen Behältniß dergestalt entzündet wird, daß die flüssige elastische Materie bloß durch das Zündloch heraus kommen kann (§. 126. n. 1.), die größte Elasticität während dem Brande ohngefähr 1800 mahl größer ist als der Druck der Atmosphäre. Die Maschi-
nen

nen also, um die größte Gewalt der S. 40. beschriebenen Arten vom Pulver zu bestimmen, müssen sehr dauerhaft und feste, und die Gewichte, welche diese Gewalt ausdrücken, sehr groß seyn. Dieses verursacht aber viele Unbequemlichkeiten, wenn man die Theile dieser Maschinen zusammensetzen und etwas Zuverlässiges und Vollkommenes haben will, um die Versuche mit einiger Gewißheit anstellen zu können.

S. 129. Wenn die Maschinen nicht sehr zusammengesetzt seyn sollen, und man will keine allzu große Gewichte haben, so muß man sehr wenig Pulver nehmen, welches also nur einen kleinen Theil des Behältnisses ausfüllt. Dahero geschieht es, daß, so bald sich das Pulver entzündet, die flüssige Materie, welche sich gleich aus den ersten entzündeten Körnern entwickelt, den ganzen Raum des Behältnisses ausfüllt; dahero ist alsdenn die Hitze in derselben weit geringer, als wenn das ganze Behältniß



niß angefüllt wäre, und die Entzündung in jedem Theile derselben vorgienge; die Elasticität einer und eben derselben Quantität von der flüssigen Materie, wird also von dem Feuer mehr oder weniger vermehrt, nachdem das Behältniß, indem eine gleich grosse Quantität Pulver entzündet wird, kleiner oder größer, oder auch in eben dem Behältniß die Quantität des Pulvers, welches in Brand gesetzt wird, veränderlich ist. Wenn man also in einem grossen Behältniß eine kleine Quantität Pulver entzünden will, um aus den Wirkungen desselben die größte Elasticität des Pulvers zu entdecken, so muß man eine Reihe von Versuchen mit verschiedenen Quantitäten von Pulver anstellen, bis man ein gewisses Gesetz entdeckt, welches die Elasticität der mit Feuer angefüllten flüssigen Materie beobachtet, um dadurch den größten Druck, welchen dieselbe ausübet, zu bestimmen.

§. 130. Die Figur dieses Behältnisses muß außer dem, was schon gesagt worden, so beschaffen seyn, daß sich das Pulver in derselben so geschwinde als möglich, entzünden kan, und die Oberfläche des Körpers, aus dessen Bewegung man die verlangte Elasticität bestimmen will, muß das Pulver berühren. Wäre dieses nicht, und die mit Feuer angefüllte elastische Materie müßte sich erst durch einen gewissen Raum bewegen, ehe sie auf die Oberfläche des gedachten Körpers wirken könnte, so würde dieselbe, anstatt zu drücken, mit einem Stoß, und folglich mit einer weit größern Gewalt würcken, als man zu wissen verlangt, wie man solches hernach sehen wird. Auf diesen Punkt muß man also sehr genau acht haben, wenn man aus dem Versuch etwas Zuverlässiges schließen will.

§. 131. Die gewöhnliche Art des Pulvers zu untersuchen, ist, daß man in einem kleinen Mortier eine Kugelladet, und durch
das

das Gewicht derselben, wenn sie geworfen worden, die Kraft des Pulvers zu bestimmen sucht. Durch diesen Versuch kann man aber nichts Zuverlässiges in Absicht auf die Elasticität des Pulvers schliessen. Denn das Gewicht der Kugel ist in Ansehung der Elasticität des Pulvers zu geringe, der Körper bewegt sich also schon, ehe die Gewalt des Pulvers in der Kammer den größten Grad erreicht hat, und der Raum, in dem sich die flüssige Materie ausbreitet, verändert sich zugleich alle Augenblick.

Das Instrument, welches senkrecht steht und bey uns unter dem Rahmen der Pulverprobe (Epreuve) bekannt ist, ist eine Maschine, welche erfunden worden, um die verschiedene Arten des Pulvers und ihre Kraft vermittlest der Schwere zu vergleichen. Um aber dadurch die größte Elasticität des Pulvers zu bestimmen, muß das Gewicht QMNQS, welches in die Höhe getrieben

trieben wird, weit grösser angenommen wor-
 den, als es gemeiniglich zu seyn pflegt:
 damit es sich erst zu bewegen anfängt, wenn
 die Elasticität des Pulvers am stärksten ge-
 worden, nur einen sehr kleinen Raum durch-
 laufe, und nur so hoch gehoben werde als
 es nöthig ist, um zu sehen, daß die Elastici-
 tät der flüssigen Materie das Gewicht des-
 selben überwältiget. Damit man aber das
 Gewicht nach Gefallen kleiner oder grösser
 machen kann, nachdem man die verschiede-
 ne Grade der Elasticität messen will, so
 muß man daßelbe hohl machen, wie Q S Q,
 und in dieser Höhlung kleine Gewichte le-
 gen, als bleyerne Kugeln, welche in dem
 Verhältniß eine gleiche Lage annehmen.
 Dadurch erhält man, welches höchst nöthig
 ist, den Schwerpunkt des Gewichts QMNQS
 in der Aye S T der zylindrischen Kammer
 der Probe, welche allezeit auf dem Horizont
 senkrecht seyn muß. Endlich müssen auf bey-
 den Seiten der Probe zwey ausgehölte Säulen



len senkrecht angebracht werden, damit die beyde Zähne LL des Gewichts QMNS in der Hölung heraufgehen können, um das Gewicht während der Bewegung senkrecht zu erhalten.

In S. 132. Die Formel $7200 n S = P$, (Anfangsgründe der Physic und Mech.) in welcher n die Elasticität der flüssigen Materie und S die Oberfläche, auf welcher der Druck geschieht, bedeuten, zeigt, daß, wenn bey dieser Pulverprobe der Diameter EF der zylindrischen Kammer $\frac{1}{24}$ Fuß ist, $S = \frac{1}{778}$; setzt man nun $n = 1800$, so wird $7200 n S = 7200 \times 1800 \times \frac{1}{778} = 16658$ Pfund. Hieraus sieht man also, daß das Gewicht QMNR nicht kleiner als diese angeführte Anzahl Pfunde seyn darf, wenn die Elasticität des entzündeten Pulvers das selbe nur ein klein wenig in die Höhe heben soll. Ein solches Gewicht ist aber an und vor sich sehr groß, und folglich schwer zu regieren; um es also leichter zu machen,

und dem ohngeachtet im Stande zu seyn, die Gewalt des Pulvers zu messen, muß man darauf denken, den Werth des Buchstaben S kleiner zu bekommen, ohne daß dadurch das cylindrische Behältniß etwas von seiner Gröſſe verliert. Dieses kann aber auf folgende Art geschehen.

§. 133 In der Pulverprobe A B C D mache man den hohlen Zylinder C I K D dergestalt, daß man darin die Schraube G C P H D anbringen kann. Die Länge G C dieser Schraube muß so angenommen werden, daß dieselbe der größten Gewalt des Pulvers hinlänglich widerstehen kann; und wenn dieselbe eingeschraubt worden, muß die Höhe G I des Raums I K H G, in dem das Pulver kommen soll, beynabe den Diameter G H gleich seyn. Mitten durch diese Schraube gehet eine Röhre P O, welche cylindrisch ist, und oben bey P etwas breiter gemacht wird. Zu dieser Röhre wird ein eiserner Schlüssel verfertigt, welcher



sich auf das genaueste darin passen muß, das mit die flüssige Materie, wenn sie mit Feuer angefüllt ist, nicht an den Seiten herausdringen kann. Dieser Schlüssel muß sehr gut gehärtet und auf das beste polirt werden; und bey P wird er etwas breiter gemacht, damit derselbe nicht auf das Pulver fallen kann. Man stellt alsdenn die Axe UP des Zylinders senkrecht, und legt auf den Kopf P des Schlüssels ein Gewicht, dessen Schwerpunkt in der Axe UP fallen muß. Dieses Gewicht muß aber, wie bey der vorhergehenden Figur, zwey Zapfen haben, welche in die Höhlungen der beyden Säulen gehen, und durch Hülfe derselben es sich nach der Richtung der Linie UP herauf bewegen kann. Wenn man nun den Raum GIKH mit Pulver anfüllet, und daselbe durch Hülfe des Zündlochs X anzündet, so drückt die flüssige Materie auf den Schlüssel OP, und treibt denselben in die Höhe und folglich auch das Gewicht, welches



welches auf denselben bey P lieget. Dieses Gewicht macht man bald grösser oder kleiner, nachdem wie S. 131. gesagt worden, bis man ein solches findet, welches von der Gewalt des Pulvers ein wenig in die Höhe gehoben wird, alsdenn kann man den Druck der flüssigen Materie also bestimmen. Man drücke dieses Gewicht P in Pfunde aus, so bekommt man $7200 nS = P$. In dieser Formel ist der Werth des Buchstabens S durch die Erfahrung bekannt, denn derselbe ist der Grundfläche O des Schlüssels OP gleich, folglich bestimmt man die Elasticität der flüssigen Materie durch den Werth, welchen der Buchstabe n bey den angezeigten Umständen bekommt.

S. 134. Die Adhäsion der Körper giebt auch verschiedene Mittel an die Hand, die größte Gewalt des Pulvers zu bestimmen.

Nach der in den Anfangsgründen der Physik und Mechanick gegebenen Anleitung kann man schon verschiedene einfache Ver-



suche anstellen um die Aufgabe aufzulösen. Man nehme, zum Beispiel, einen Zylinder von Metall, der überall gleich dicke ist, fülle denselben mit Pulver, und verschließe dieses mittelst einer starken Schraube. Als denn setze man dieses Pulver durch ein kleines Loch in Brand, welches man in der Mitte der ganzen Länge des Zylinders anbringt, damit die Entzündung desto schneller vor sich gehe. Wenn es sich nun zeigt, daß der Zylinder der Länge nach aufgerissen worden, und man hat vorher die beyde einander entgegengesetzte Grundflächen desselben äußerlich stark befestiget, damit die bloße Gewalt des Pulvers, welche auf die Oberfläche innerhalb dem Zylinder wirkt, diese Wirkung hervorbringen muß, so bekommt man durch diesen Versuch die Kraft, mit welcher die innere Oberfläche des Zylinders der größten Gewalt des Pulvers widerstehet, und derselben das Gleichgewicht hält.

Die Formel, welche dieses Gleichgewicht ausdrückt, ist $720 nr = mq$ (Anfangsgr. der Physik und Mechanik) worin r den halben Durchmesser des innern Zylinders, m die Dicke des Metals, und q das Gewicht bedeutet, welches erfordert wird, um einen Cubick Fuß von dem Metalle, aus welchem der Zylinder verfertiget ist, zu zerreißen. Nun wird der Werth von r und m durch den Versuch selbst gegeben. Den Werth von q bekommt man, wenn man ein Stück von dem aufgerissenen Zylinder nimmt, und die Kraft untersucht, mit der die Theile zusammen hängen. Setzt man nun in der Formel vor jeden Buchstaben den gefundenen Werth, so bestimmt man dadurch den Werth des Buchstabens n , welcher die größte Elasticität der flüssigen Materie ausdrückt.

Wenn man dergleichen Versuche unternehmen will, so thut man wohl, wenn man die Zylinder lieber etwas dicker machen läßt, als es nöthig wäre, und sie nach jedem



dem Schuß immer dünner macht, bis man diejenige Dicke erreicht, welche der Gewalt des Pulvers endlich nachgiebt.

S. 135. Um die größte Elasticität der flüssigen Materie auf eine andere Art vermittlest der Adhäsion der Körper zu bestimmen, ist folgende Maschine erdacht worden.

Fig. 9. ^{10.} ABCD ist ein metallener oder auch ein ferner Zylinder, der inwendig eine zylindrische Kammer EFGH hat, in der das Pulver kommt. Diese Kammer verschließt man durch Hülse der Schraube IEFK, welche nicht kleiner als $\frac{2}{3}$ von dem Durchmesser EF seyn muß, und in derselben befindet sich das Zündloch LM. Aus dem Boden GH der Kammer geht eine zylindrische Röhre, in der man einen gestählten und aufs beste polirten Zylinder OP schiebet, welcher senkrecht auf ein anderes gestähltes Stück Eisen QQ stehet, welches quer durch den grossen Zylinder gehet, und auf beyden Seiten hervorspringt, unten aber frey ist. SS ist eine

elne eiserne Platte, die aber in der Mitte XY etwas schmähler ist. An den äußersten Enden derselben befinden sich zwey Löcher 8, 8, diese dienen dazu, um die Platte an die eiserne Füße RT zu schieben, welche an dem Zylinder ABCD auf das stärkste befestiget seyn müssen. Auf dieser Platte legt man ein Stück Eisen VV, welches mit Bley WW bedeckt ist, und alles dieses wird durch die Schraube ZZ fest aneinander gehalten.

Nachdem man alles dieses eingerichtet hat, zünde man das Pulver in der Kammer EFGH an; die mit Feuer angefüllte flüssige Materie drückt alsdenn auf die Grundfläche des Zylinders OP, und folglich auch auf das Stück Eisen QQ; dieses liegt aber auf dem dünnern Theil XY der Platte SS, und sucht also dieselbe zu zerbrechen, welches auch wirklich geschiehet, so bald die Gewalt des Pulvers den Widerstand desselben überwältigt. Das Stücke Bley WW



und das Eisen UU verhindern, daß der kleine Zylinder O P nicht gar zu weit herausfährt, wenn die Platte SS zerbrochen wird, und daß sich also der Inhalt der Kammer EFGH so wenig als möglich verändere. Diesen Versuch muß man mit eben der Quantität von einem Pulver so lange wiederholen, bis man eine solche Platte SYXS findet, welche so kaum von der Gewalt des Pulvers zerbrochen werden kann. Hat man endlich eine solche Platte ausfindig gemacht, so nehme man eine andere, welche derselben vollkommen gleich und ähnlich ist, und bringe sie auf die Stelle, wo die zerbrochene gewesen, befestige die ganze Maschine vermittelst die Dehnen IO, IO, etwas in die Höhe, und hänge an das Eisen QQ einen starken eisernen Bügel 12, 11, 12, in dessen Mitte man eine Wagschale durch Hülfe der Ketten 11 hänge, und in derselben so viel Gewichte legt als erfordert werden um die Platte SS zu zerbrechen.

Hat

Hat man auf diese Art das Gewichte R bestimmt, welches erfordert wird, um die gedachte Platte zu zerbrechen, so drücke man dieses in Pfunden aus, und setze die Zahl, welche dasselbe anzeigt, in der Formel $7200 nS = P$, und vor S setze man die obere Fläche des Zylinders OP, so bekommt man den verlangten Werth von n.

136. Man kann die vorhin beschriebene Maschine noch auf eine andere Art einrichten, ohne dabey auf das Loch OP in dem Boden GH der Kammer und die andern Stücke der untern Theile des Zylinders CD acht zu haben. In dieser Absicht mache man die zylindrische Röhre 2, 3, in der man einen andern Zylinder 2, 3, welcher dieselbe genau ausfüllt, schiebet; dieser stößt an ein Stück Eisen 4, 5, welches in dem Körper der Maschine eingepaßt worden. Um den Zylinder ABCD lege man einen eisernen Ring 6, 7, so, daß derselbe sich an den Zylinder gut schließt, und notwendig



wendig das Eisen 4, 5, dessen äußere Oberfläche mit der Oberfläche des Zylinders gleich ist, genau berührt. Dieser Ring muß an den Zylinder AB so weit herunter geschoben werden, bis er dem kleinen Zylinder 2, 3, gerade gegen über liegt, und ziemlich dicke gemacht werden. Nach jedem Schuß feilt man denselben bey 7, 7, immer etwas ab, bis man die Dicke trifft, bey der derselbe von der Gewalt des Pulvers zersprengt wird. Damit aber das Eisen 4, 5, und der kleine Zylinder 2, 3, sich nur so wenig bewegen als möglich, wenn der Ring zersprengt wird, so muß man an der Seite 7, 7, wo der Ring springen soll, einen festen Gegenstand in einer ganz kleinen Entfernung setzen.

Nachdem man die Dicke des Ringes bestimmt hat, welche derselbe haben muß, wenn er bey 7, 7, von der Gewalt des Pulvers zersprengt werden soll; so nimmt man einen andern Ring von eben dem Metall, welcher

welcher eben so groß und dicke ist als der vorige, und sucht das Gewicht ausföndig zu machen, welches im Stande ist, diesen leßtern zu zerreißen. Um aber dieses zu bewerkstelligen, lege man diesen Ring um einen Zylinder von harten Holz. Dieser muß aber nicht gar zu lang seyn, damit das Eisen 4, 5, auf beyden Seiten desselben so weit hervorrage, als erfordert wird, um daran den eisernen Bügel QIIQ zu hängen, und die Fläche, welche alsden auf den Ring drückt, eben so groß sey als vorhin, und der Ring selbst nicht seine Figur verändere, indem er von dem Gewichte, welches denselben zerreißen soll, gezogen wird. Weiß man nun auf diese Art das Gewicht $= P$, so muß man, um die Elasticität $= n$ zu bestimmen, eine besondere Formel zu bekommen suchen, worin die GröÖße des Kopfes 2 des kleinen Zylinders, 2, 3, der eine Halbmesser des Ringes, und die Dicke desselben an dem Ort, wo er zersprengt worden, enthalten sind.



S. 137. Wenn die Versuche auf die (S. 133, 134, 135,) angezeigte Art angestellt werden, und man bedienet sich dabey des feinen Pulvers (S. 40) dergestalt, daß, man die Kammer genau ganz voll füllt, aber daselbe doch nicht zusammengedrückt; so findet man, daß die größte Elasticität dieses Pulvers oder n bey trockner Witterung 1900 mahl grösser ist als der mittlere Druck der Atmosphäre, und ohngefähr 1400 mahl grösser als eben dieser mittlere Druck der Atmosphäre, wenn dieselbe stark mit Dünsten angefüllt ist. Das feine Pulver giebt also gewisser maßen ein Aerometer ab. Der Durchmesser der innern zylindrischen Kammer und die Höhe derselben, waren jede etwas über 5 Lienten, und es gingen also in derselben $3\frac{1}{2}$ Denar Pulver.

Wenn man über das vorhergehende einige Betrachtungen anstellet, so ist leicht einzusehen, daß, wenn man die Kammer nach und nach grösser macht, und dieselbe

Dieselbe wie vorhero geschehen, mit Pulver anfüllt, die Größe des Zündlochs aber unverändert läßt, sich die größte Elasticität des Pulvers grösser zeigen wird, als wir vorherin gesehen haben. Denn theils ist das Feuer heftiger, theils kann sich die flüssige Materie in Absicht auf die ganze Masse nicht mehr so stark ausdehnen. Wenn man wissen will, wie weit die größte Elasticität der flüssigen Materie gehet, wenn das Zündloch gleich nach der Entzündung des Pulvers wieder verschlossen ist, so kann man sich dazu der (S. 111.) beschriebenen oder einer andern ähnlichen Methode bedienen.

Mitten durch die Schraube IEFK mache man eine Röhre LM mit Schraubengängen, um darinnen eine Schraube G & anzubringen, deren Länge dergestalt bestimmt wird, daß, wenn man die Spitze & glühend macht, und dieselbe vermittelt dem Griff NN schnell herumdrehet, sich der Kopf G genau an der Oberfläche I K schließt, so bald
die



die Spitze über das Loch M hervorragt, und das Pulver in der Kammer EFGH anzündet.

§. 138. Wenn man das, was in den Anfangsgründen der Physik und Mechanik gelehrt worden, zu Hülfe nimmt, so kann man außer den vorhergezeigten Arten, die größte Gewalt des Pulvers zu messen, noch verschiedene andre herleiten, eben diese Gewalt durch Hülfe der Elasticität der Körper zu messen (§. 127.). Man darf in dieser Absicht der Bewegung des kleinen Zylinders 2, 3, oder OP nur eine stark gespannte Feder entgegen setzen, die von der Gewalt des Pulvers zwar noch stärker gespannt werden kann, aber doch nur so stark, als es nöthig ist, um die Stärke der größern Spannung entweder vermittelt eines Index von Wachs, welches durch die Bewegung der Feder zusammengedrückt wird, oder auf eine andere bequeme Art zu bemerken.

S. 139. Ehe wir dieses Capitel schließen, wollen wir einige Betrachtungen über der verschiedenen Hestigkeit des Feuers anstellen, welche man gewahr wird, wenn man eben dieselbe Quantität Pulver in verschiedenen Behältnissen anzündet.

Zu den drey Maschinen Fig. 8, 9, und 10, und zum Beyspiel zu der Fig. 8. lasse man noch eine andere Schraube EFMN machen, welche man bey CDGH in der Pulverprobe schrauben kann; und in dieser Schraube muß eine sehr enge Röhre TY gemacht werden. An dem untern Theil Y mache man eine Höhlung in Form eines abgekürzten Kegels MNRS, und in dieser schiebe man ein Stück Zinn von eben der Figur, welches aber in die Mitte durchbohret ist, damit die kleine Röhre TY nicht verstopfet wird. Das Zündloch XY schliesse man feste zu, und fülle das ganze Behältniß IKGH voll Pulver. Alsdenn setze man die Schraube EFMN in CDGH, und

Zweyt. Th.

S

zünde



zünde das Pulver in dem Raum GHIK durch Hülfe der Röhre TY an, so wird dieses mit einem grossen Knall gänzlich aus der Röhre bringen. Nimmt man hierauf die Schraube EFMN weg, so wird man gewahr, daß das Zinn während der Zeit des Knalles etwas geschmolzen. Den geschmolzenen Theil kann man auffammeln, wenn man nur vorher, ehe der Schuß geschiehet, vor der kleinen Röhre TY in der Entfernung von einem Fuß ein Brett leget, dessen Oberfläche rauch ist, damit das flüssige Zinn an derselben sitzen bleibt.

Wenn nun alle übrige Umstände einerley sind, und man zündet eine gleiche Quantität Pulver in einem andern Raum an, welcher merklich grösser ist als der erstere, so wird das Zinn gar nicht schmelzen. Wenn man endlich eine gleich grosse Quantität Pulver auf einem Blatt Papier in freyer Luft anzündet, so werden nur zuweilen einige kleine Löcher von dem Feuer in dem



dem Papiere gebrannt. Diese verschiedene Wirkungen beweisen offenbar, daß die Hefigkeit des Feuers sehr verschieden ist. So lange also die flüssige Materie noch mit Feuer angefüllt ist, so muß auch ihre Elasticität in den angeführten Fällen sehr verschieden seyn.

Hieraus nun und aus dem, was noch in der Folge gezeigt werden wird, erhellet die Ursache, warum sich ein Geschütz weit eher erhitzt, und das Zündloch desselben weit geschwinder erweitert wird, wenn man dasselbe etlichemahl hinter einander abfeuert, und die Ladung und den Vorschlag stark ansetzet: als wenn man dasselbe zwar mit eben der Ladung abfeuert, und auch zwischen jeden Schuß eben so lange inne hält als vorhin, aber die Vorschläge gar nicht stark ansetzet.

Durch Hülfe der Schraube EFMN kann man auch das Metall festsetzen, welches am besten ist, um daraus die Kanons zu gießen. Aus jeder Art von dem Metall,



tall, welches man untersuchen will, mache man abgekürzte Regel, und bringe sie in den Raum M N R S; dasjenige nun, welches durch den Schuß die wenigste Veränderung leidet, ist das beste.

Anmerkung zum §. 134.

Die Formel von diesem Gleichgewicht ist

$$7200 nr = mq.$$

Ich habe bereits in der Anmerkung zum §. 125 gezeigt, daß 7200 n dem Drucke der flüssigen Materie gleich ist, wenn dieselbe n mahl elastischer ist als die natürliche Luft. Um nun zu zeigen, wie diese Formel gefunden werden kann, so stelle a b c d (Fig. A) den Durchschnitt des Zylinders vor, in dem das Pulver angezündet wird, B C D E sey ein Theil von der Dicke desselben. So bald sich nun die flüssige Materie entwickelt, so wirkt dieselbe vermöge ihrer Elasticität, auf die innere Oberfläche des Zylinders perpendicular. Wenn wir also die Kraft bestimmen wollen,

wollen, mit der dieselbe gegen den Theil AC
 wirkt, so ziehe man von C und B die Per-
 pendicular-Linien BA, CA, welche sich in
 den Punkt C durchschneiden, welcher der
 Mittelpunkt der Bogen BC und ED ist.
 Die flüssige Materie sucht nun den Theil
 BCDE von dem andern Theil des Zylins-
 ders abzusondern. Es sey AF die mittlere
 Direction aller der Kräfte, welche auf
 den Bogen BC wirken, die also den Win-
 kel CAB in zwey gleiche Theile thei-
 let. Nun sey $d\phi$ das Element des Bo-
 gens BC, so kann man sich vorstel-
 len, daß auf diesem Element eine Kraft
 nach der Direction AC wirkt. Diese
 zerfalle man in zwey andre Kräfte, davon
 eine mit der Direction der Linie AF pa-
 rallel, und die andere perpendicular auf die-
 selbe ist. Ferner sey der Bogen IC = ϕ
 so wird die Kraft, welche mit AF parallel
 ist, $7200 n \times r d\phi \cdot \cos \phi$ seyn. Die Kraft,
 welche nach der Direction AF auf BC wür-

let, ist also der Summe aller dieser Kräfte
 zweimal gleich, folglich $2f7200n \sin \varphi \cos \varphi =$
 $2 \cdot 7200n \cdot r \sin \varphi$. Diese Kräfte würden
 also machen, daß der Theil BCDE sich von
 den andern absonderte und nach der Di-
 rection der Liniē AF fortginge, wenn er
 nicht durch die Adhäsions-Kraft des Metals
 zurückgehalten würde. Diese Kraft
 müssen wir uns nun vorstellen, als wenn
 dieselbe ein Gewicht wäre, welche den Theil
 BCDE nach der Direction KG, KH, zieht,
 welche auf CD und BE perpendicular sind.
 Diese Directions-Liniē müssen sich nun
 in dem Punkt K durchschneiden, welcher
 in der mittlern Directions-Liniē IF liegt.
 Nun ist's einerley, ob diese Kräfte in den
 Punkten G und H, oder nach eben den Di-
 rections-Liniē in K angebracht werden.
 Folglich kann man sich vorstellen, daß alle
 drey Kräfte wirklich in dem Punkt K an-
 gebracht sind. Damit nun der Theil BC
 DE nicht fortgehe, so müssen diese drey
 Kräfte

Kräfte im Gleichgewicht seyn, folglich muß die Kraft Kg , welche aus einer jeden Kraft, die nach KG und KH würkt, hergeleitet wird, zweymahl genommen der Kraft 2.7200 nr $\sin \varphi$ gleich seyn. Stellt nun q das Gewicht vor, welches der Kraft gleich ist, mit der die Theile des Metalles zusammenhangen, und m ist die Dicke des Metalles, so ist mq die Kraft, welche auf der einen Seite der Linie AF nach der Richtung KG , und auf der andern Seite nach der Richtung KH würkt, und wenn man eine jede nach der Direction Kg und gG zertheilt, so ist die Kraft nach $Kg = mq \sin \varphi$. Da nun aus einer jeden eine solche Kraft entsteht, so ist die Kraft, mit der der Theil $BCDE$ nach KA zurückgehalten wird, $2mq \sin \varphi$. Diese muß der Kraft nach AF , welche von der Elasticität der flüssigen Materie herrührt, gleich seyn, folglich muß, wenn das Gleichgewicht erhalten werden soll,



$$7200 n \times 2 r \sin \phi = 2 m q \sin \phi \text{ oder}$$

$$7200 n r = m q$$

sehn, welches die Regel des Herrn Verfassers ist.

Drittes Capitel.

Von den Modificationen, welche sich bey der flüssigen Materie offenbahren, wenn die Seele des Geschützes, worin sich dieselbe entwickelt, cylindrisch ist, und die von dem Widerstande herrühren, welcher der Gewalt, mit der dieselbe nach der Mündung zudringt, entgegen gesetzt wird.

§. 140.

Alle Körper, welche aus dem Geschütz geschossen werden, werden beständig von der elastischen Materie, welche sich aus dem Pulver entwickelt, durch den ganzen Raum, den sie in dem Geschütz von der Ladung bis an



an die Mündung durchlaufen müssen, getrieben, wenn nur die Ladung nicht gar zu klein, oder das Geschütz gar zu lang ist. Diese accelerirte Bewegung rühret alsdenn bloß von dem beständigen Druck der elastischen Materie her, wenn der Vorschlag oder Propf stark angesetzet worden, oder die Kugel auf eine andre Art, als in gezogenen Röhren, aufgehalten wird; kurz, allezeit, wenn der Körper, welcher fortgetrieben werden soll, gleich zu Anfang seiner Bewegung einen solchen Widerstand antrifft, der entweder der Kraft, welche derselbe von dem Druck der flüssigen Materie bekommen kann, gleich, oder noch grösser als dieselbe ist. Wenn aber der Körper, welcher geschossen wird, keinen Widerstand antrifft, oder wenn er ja einen findet, derselbe doch kleiner ist, als die Kraft, welche derselbe von dem ersten Stoß des Pulvers empfängt, wie solches geschehen kann, wenn man entweder gar keinen Vorschlag auf den Körper setzet, oder

S 5

den



den Vorschlag auf die Kugel nicht ansetzet, so wird die Kugel von dem Stoß der flüßigen Materie in Bewegung gesetzt, weil der Vorschlag, welcher sich zwischen der Kugel und dem Pulver befindet, ohngeachtet derselbe gut angesetzt worden, leicht von der elastischen Materie durchdringen wird, besonders wenn derselbe von Heu oder Stroh ist. Im ersten Falle ist die Geschwindigkeit, welche die Kugel bey einem jeden Punkte in der Länge der Seele hat, den Quadrat-Wurzeln aus der Fläche proportional, welche den ganzen Druck der elastischen Materie an diesen Punkt ausdrückt. Allein im zweiten Fall ist dieselbe aus dieser Quadrat-Wurzel und der ersten beständigen Geschwindigkeit zusammengesetzt, welche derselben von dem Stoß der elastischen Materie mitgetheilet worden (Anf. Gr. der Ph. und Mech.). Wir wollen über den ersten Fall einige Betrachtungen anstellen, weil derselbe in der Ausübung am meisten

meisten vorkommt, und bey den Ladungen vorfällt, welche stark angesetzt werden, und S. 109. beschrieben worden.

S. 141. Wenn die flüssige Materie, in dem sie sich aus dem Pulver entwickelt, und die Flamme, von der ein grosser Theil der Elasticität der flüssigen Materie abhängt, bey ihrer Festigkeit ein gewisses unveränderliches Gesetz beobachteten; so könnte man durch etliche wenige Erfahrungen die Scala dieses Drucks, in jedem Punkte der Länge der Seele ausmachen, und sich derselben bey allen Arten von Schießgewehr bedienen. Da aber dieses Gesetz nach den verschiedenen Umständen sehr vielen Veränderungen unterworfen ist, so ist leicht zu vermuthen, daß der Erfolg aller Versuche solche Auflösungen von dieser Aufgabe giebt, welche nur auf besondere Fälle eingerichtet werden können.

Ehe wir diese besondere Auflösungen bestimmen, wollen wir die Modifications, welche



welche von dem verschiedenen Widerstande herrühren, welchen die flüssige Materie antrifft, indem sie nach die Mündung zu dringt, erst etwas umständlich betrachten. Damit man aber sehe, wie wichtig diese Untersuchung ist, will ich alles das, was ich schon gesagt habe, gänzlich übergehen, und durch einige neue und leichte Versuche beweisen, daß die Art, wie sich die flüssige Materie in dem Geschütz aus dem Pulver entwickelt, viele Veränderungen leidet, nachdem der Widerstand, welchen dieselbe bey ihrer Bewegung nach der Mündung zu antrifft, verschieden ist.

§. 142. In den Schießgewehren findet die Gewalt, mit welcher die flüssige Materie nach der Mündung zu dringet, einen Widerstand, der nicht allein von der Quantität der Materie der Kugel und der Vorschläge oder Propfen herrührt, sondern auch, daß von der Hestigkeit abhängt, mit der sich diese letztern an die innere Oberfläche

fläche des Geschützes reiben. Um das Reiben zu erhalten, bedienet man sich solcher Vorschläge, welche mit ganzer Gewalt herunter gestossen und auf dem Pulver feste ange-setzt werden. Dadurch wird das Pulver zusammengepreßt, und gezwungen, einen kleinern Raum einzunehmen, folglich dem Zündloch gewisser maßen näher zu kommen. Wenn nun das Feuer, welches sich gleich aus den ersten angezündeten Körnern überall verbreitet, nur so viel Platz zwischen den andern Körnern findet, daß es frey durchdringen kann, so werden sich alle Körner in diesem zusammengedrückten Pulver weit geschwinder entzünden, und jedes Körnchen wird auf das plößlichste von der Flamme verzehret werden; dahero denn die Gewalt der flüssigen Materie sich in dem Gewehre weit stärker äußert, wie man solches schon in dem ersten Theil bewiesen findet.

§. 143. Ich nahm einige trockne und recht reif gewordene Rohrstengel, schnitte jeden bey dem Absatz ab, und verfertigte daraus eine Anzahl einer Art von Läufe, welche ich in drey Classen eintheilte. Jede Classe bestand aus Läufen von verschiedenem Diameter und Länge, und sie waren dergestalt numerirt, daß z. E. der Lauf in der einen Classe, auf welchen No. 1. geschrieben war, mit den Läufen aus den beyden übrigen Classen, auf welchen auch No. 1. stand, einerley Länge und Diameter hatte, und eben so war es mit den Läufen beschaffen, welche in jeder Classe mit No. 2, No. 3, u. bezeichnet waren. Alle diese Läufe lud ich mit Musketenpulver, dergestalt, daß in einem jedem Lauf die Quantität desselben einen Raum einnahm, dessen Länge dem Diameter des Laufs gleich war, so daß die drey Läufe, welche mit einerley Nummer bezeichnet waren, eine gleich starke Ladung bekamen.

In die Läufe von der ersten Classe setzte ich einen leichten leinenen Propfen auf die Ladung; in die Läufe von der zweyten aber, einen eben dergleichen Vorschlag, und noch eine bleyerne Kugel oben darauf. Endlich brachte ich in die Läufe von der dritten Classe, den Propfen mit solcher Gewalt, als sie es nur aushalten wolten, herunter, setzte aber keine Kugel drauf.

Nachdem ich alle diese Läufe abgeschossen hatte, so fand ich, daß alle diejenigen, welche ich in der dritten Classe gestellt hatte, völlig zersprungen waren. Die in der zweyten Classe waren bis auf die Hälfte aufgerissen, aber die ganz erste Classe war unverseht geblieben, so daß einige davon vier- fünfmahl auf eben dieselbe Art geladen und abgefeuert werden konnten, ohne daß sie entzwey gegangen wären.

Eben dergleichen Wirkungen äußerten sich bey nahe bey drey Classen von blecherne Läufen, davon ein jeder $\frac{1}{4}$ Fuß lang war,



war, und zum Diameter den Diameter einer $\frac{7}{8}$ Unze schweren bleiernen Kugel hatte.

Bei allen den Läufen, welche 3. E. mit No. 1. bezeichnet waren, findet sich nun kein anderer Unterschied, als daß der Widerstand, welchen die flüssige Materie bey ihrer Bewegung nach der Mündung zu antraf, in einem jeden anders beschaffen ist. Denn in dem ersten Lauf von der zweiten Classe, war derselbe wegen der Inertia der Kugel stärker, als in dem ersten Lauf von der ersten Classe, und in dem ersten Lauf von der dritten Reihe war derselbe bloß wegen dem starken Reiben des Propfes weit stärker, als in dem ersten Lauf von der ersten Classe. Hieraus folgt also augenscheinlich, daß sich die flüssige Materie weit häufiger und geschwinder in den Läufen entwickelt, worin der Widerstand stärker ist, und daß der Widerstand, welcher von dem Reiben des Propfen herrühret, so weit getrieben werden kann, daß er größer als der
Wider-

Widerstand wird, welcher von der Inertia der Kugel herrühret.

Wie sehr die Gewalt der flüssigen Materie durch den Widerstand vermehrt werden kann, welcher von dem Reiben der Materien, die derselben entgegen gesetzt werden, herrührt, kann man aus dem Verfahren der Steinbrecher ersehen, wenn sie grosse Steine zersprengen wollen. Sie machen darinnen ein Loch einen halben oder $\frac{2}{3}$ Fuß tief, füllen es ohngefähr halb mit Pulver, und in den übrigen Theil stampfen sie Erde so fest als möglich, und zünden alsdenn das Pulver durch ein Zündloch an, welche durch die gestampfte Erde durchgehet. Diese Erde hängt alsdenn so feste zusammen und reibet sich so stark an die innere Wände des Lochs, daß, da die Gewalt des Pulvers auf dieser Seite einen so starken Widerstand findet, der Stein in viele Stücke zerschmettert wird.



S. 114. Bey den vorhergehenden Versuchen (S. 143.) haben wir uns des Wieserstandes in der Absicht bedienet, um zu beweisen, daß die Elasticität der flüssigen Materie, welche aus dem Pulver in der Seele von allen Arten von Geschütz erzeugt wird, desto grösser ist, je stärker der Wieserstand ist, welcher der Gewalt, mit der sie sich auszudehnen sucht, entgegen gesetzt wird. Jetzt wollen wir eben dieses durch die verschiedene Geschwindigkeiten beweisen, mit denen die Kugeln aus dem Geschütz getrieben werden.

Fg. 11 Man nehme drey Pistolen-Läufe von einerley Länge, davon zwey durchgängig eine cylindrische Seele haben; die Seele des dritten aber, da wo das Pulver und die Kugel hinkommt, als in A B zwar auch cylindrisch, und mit den beyden vorigen einerley Diameter hat, von B bis C aber etwas kleiner im Diameter ist, so, daß die bleyerne Kugel P, wenn sie durch die Länge B C getrieben

wiehen wird, ihre Figur zu verändern gezwungen wird.

Wenn man diesen letztern Lauf laden will, so nimmt man die Schraube A F ab, hält die Mündung unterwärts, bringt die Kugel P zuerst hinein, und schüttet alsdenn so lange Pulver darauf, bis es bis A kommt. Die Quantität desselben muß aber so groß angenommen werden, daß es sich völlig in der Kammer entzündet. Wenn dieses geschehen, so setzt man die Schraube wieder an, und der Lauf, den wir No. 3. nennen wollen, ist zum Abfeuern fertig.

Die andere beyde Läufe ladet man mit einer gleichen Quantität von eben dem Pulver, und mit einer Kugel von eben dem Diameter und Gewicht, und setzt in einem von diesen Läufen, den wir No. 1. nennen wollen, bloß in der Absicht, um das Pulver feste zu halten, einen kleinen Vorschlag auf dasselbe. Zu dem dritten Lauf, den wir mit No. 2. bezeichnen wollen, nimmt man ei-



nen Vorschlag, welcher gedränge herein gehet, und stößet ihn auf das Pulver herrunter; man muß ihn aber nicht ansetzen, damit das Pulver nicht zusammengepreßt werde, sondern in allen drey Läufen einen gleich grossen Raum einnehme.

Schießt man nun diese drey Läufe gegen ein gewisses Ziel loß, welches durchaus von einerley Materie und durchdringlich ist, so wird man finden, daß die Kugel aus dem Laufe No. 2. weit tiefer eingedrungen als die Kugel aus No. 1. Hingegen ist die Kugel aus No. 3. merklich tiefer eingedrungen, als die, so aus No. 2. geschossen worden. Diese Kugel aus No. 3. dringt so gar eben so tief in das Ziel, als eine andere gleich große Kugel, wenn sie aus einem Laufe geschossen wird, der drey- bis viermal länger ist als No. 3. und der so wie No. 1. geladen worden.

S. 145. Dieses beweist also auf eine ganz überzeugende Art, daß der angeführte Unterschied

terschied in dem Widerstande, welchen das Pulver, nachdem es entzündet worden, auf Seiten der Mündung antrifft, eine merkliche Veränderung in der Erzeugung der flüssigen Materie hervorbringt; so daß es überflüssig wäre, noch mehrere Versuche von dieser Art anzugeben. Wir wollen aber über diese Modifications einige nähere Betrachtungen anstellen, und damit diese Untersuchung desto glücklicher von statten gehe, das Pulver unter folgende bestimmte Umstände betrachten:

- 1) Wenn die Ladung beständig auf einerley Art am Boden der Seele lieget, und diese cylindrisch ist; das Geschütz beständig nach einerley Direction abgeschossen wird; und der Widerstand, welchen die flüssige Materie antrifft, bloß von der Schwere eines cylindrischen Körpers herrühret, welcher sich ganz genau in der Seele schließt, dergestalt, daß der Widerstand nach der



verschiedenen Länge dieses Körpers verändert werden kann.

2) Daben wollen wir annehmen, daß sich alle Pulverkörner der ganzen Ladung zwar in den Raum, den sie einnehmen, entzünden, ehe der Körper sich zu bewegen anfängt, wenn sie auch gleich noch nicht völlig von der Flamme aufgerieben worden. Diese Voraussetzung kann durch verschiedene Versuche bewiesen werden, so bald die Ladung nicht allzu stark ist, und die flüssige Materie einen hinlänglichen Widerstand antrifft.

Fig. 12 Nachdem wir dieses vorausgesetzt, nehme man den Zylinder BACD, welcher in A zugeschlossen ist, fülle den Raum AE mit Pulver, und R sey der Körper, welcher bey E an dem Pulver liegt. Würde nun das Pulver gänzlich in einer elastischen Materie verwandelt, ehe sich der Körper R anfängt zu bewegen, und bliebe

bliebe die Hitze, welche durch den Brand
 erregt wird, in der flüssigen Materie so lang
 dieselbe sich in der Seele EB befindet, be-
 ständig einerley, so wäre der Druck der
 flüssigen Materie in dem Raum AE am
 stärksten. Diesen Druck in E drücke man
 durch die Lienie EF aus, welche auf AB
 perpendicular ist, und den Druck der flüssi-
 gen Materie in den verschiedenen Räumen
 AH, AG, AI, &c. durch die Lienien HL,
 GM, IN, &c. welche ebenfalls auf AB perpen-
 dikular sind. Diese Lienen nebst EF stehen
 mit den Entfernungen AE, AH, AG, AI,
 respective in umgekehrter Verhältniß, der-
 gestalt also, daß die Lienie, welche durch die
 Endpunkte F, L, M, N, O, &c. gehet, eine
 gleichseitige Hyperbel zwischen den Asympto-
 ten AB, AW, ist. Dabey wird aber vor-
 aus gesetzt, daß die flüssige Materie keinen
 andern Modifications unterworfen ist, als
 diejenigen sind, welche von ihrer Ausdeh-
 nung in dem längern Raum herrühren.

§. 146. Diese Auflösung würde also statt finden, wenn sich alles Pulver schon in einer flüssigen elastischen Materie verwandelt hätte, ehe der Körper merklich von der Stelle verrückt wird, und wenn der Grad der Wärme, welcher durch die Entzündung hervorgebracht wird, in der flüssigen Materie beständig einerley bliebe. Diese letztere Bedingung ist nun aber offenbar unmöglich. Denn, wenn das Pulver gut ist, so entsteht die flüssige Materie bloß durch die völlige Auflösung der salpetrichen und brennbaren Theile; so bald nun die Flamme aufhört, so nimmt auch den Augenblick die Wärme ab, weil sie sich überall ausbreitet, und wird um desto geringer, je weiter sich die flüssige Materie in der Seele fort bewegt. Hieraus folgt nun, daß der Druck bey den Punkten H, G, I, K, nothwendig kleiner seyn muß, als die denselben entsprechende Perpendikular-Linien HL, GM, IN, KO, &c.

Die

Die erste Bedingung kann aber auch nur in dem Falle statt finden, wenn der Körper R entweder dem stärksten Druck der flüssigen Materie in dem Raum AE das Gleichgewicht hält, oder denselben überwieget. Wenn aber der Körper R dem Druck der flüssigen Materie nachgiebet, und bewiesen ist, daß die flüssige Materie sich nur nach und nach erzeuget, so wird sich derselbe den Augenblick zu bewegen anfangen, so bald sich nur so viel von der flüssigen Materie entwickelt hat, als vermögend ist, den Widerstand des Körpers R zu überwältigen, und der Druck auf jeden physischen Punkt der Seele ACE wird durch eine gerade Linie ausgedrückt werden, welche kleiner seyn wird als EF. Stellt man sich nun vor, daß der Widerstand des Körpers R nach und nach so weit abnimmt, bis derselbe ein Kleinstes (Minimum) ist, so wird der Druck der flüssigen Materie in dem Augenblick, wenn der Körper R in Bewegung



gesetzt wird, durch die kürzeste von allen Lini-
 en zwischen F und ausgedrückt werden.
 S. 147. Der kleinste Widerstand, den
 die flüssige Materie antreffen kann, so bald
 sie sich in dem Raum A E entwickelt hat, ist
 die Luftsäule, welche sich in der Seele des
 Geschüßes befindet, und mit der äußerlichen
 Luft verbunden ist. Wenn nun E U den
 Druck der flüssigen Materie andeutet, welche
 schon im Stande ist, diesen Widerstand
 aus dem Wege zu räumen, so wird der
 Druck in dem Raum A H durch eine Linie
 H T ausgedrückt werden, welche grösser
 ist, als die vierte Proportional-Linie zu
 A H, A E, E U. Denn indem sich die flüssige
 Materie durch den Raum E H bewege, so
 entwickelt sich beständig ein neuer Theil der
 derselben aus den angezündeten Kör-
 nern, und folglich bekommt dadurch ihre
 Elasticität beständig einen neuen Zuwachs.
 Eben dieses läßt sich auch von dem Raum
 A G, A I, &c. sagen, so lange jedes Körn-
 chen

chen noch nicht völlig von der Flamme verzehrt worden. Wenn man sich nun eine Linie UTS_2 vorstellt, welche durch die äußerste Punkte der Perpendikular-Linien gehet, welche den Druck der flüssigen Materie vorstellen, so nennt man dieselbe die Scale, welche die Gränzen des kleinsten Drucks der flüssigen Materie bestimmt.

S. 148. So bald aber ein jedes Kömchen von der Flamme völlig aufgerieben worden, so verändert sich plötzlich die Proportion dieser geraden Linien, welche den Druck vorstellen.

Gesetzt, der Brand hört in dem Punkt 1 auf. Drückt nun 12 den Druck der flüssigen Materie in den Raum AI aus, so muß diese Linie nothwendig kleiner seyn als IN . Denn der Druck, welcher durch die Linie IN angedeutet wird, kommt nach dem, was vorausgesetzt worden, nicht bloß von der flüssigen Materie, sondern auch von der großen Hitze her, welche entsteht, wenn alle brennt.



Brennbare Theile durch die Flamme verzehret worden. Ob nun zwar die gerade Linie 1 2 ebenfalls die Wirkung aller der flüssigen Materie ausdrückt, so ist sie doch nur von einem Theil des Brandes erhizet, sie ist also weniger elastisch, und folglich muß sie auch einen kleinern Druck ausüben. Hieraus folgt also, daß die Scala dieses Drucks niemals der Hyperbel FLMNO begegnet wird. Diese Hyperbel also bestimmt die Gränzen des stärksten Druckes.

Wenn die flüssige Materie sich bis K ausgedehnet, so wird der Druck K Q kleiner seyn, als die vierte Proportional-Linie zu den Linien AK. AI, 12. Denn von I bis K entwickelt sich keine flüssige Materie mehr, und die Hitze wird auch geringer: daher auch aus diesen Gründen die Elasticität der flüssigen Materie abnimmt.

Eben dieses findet statt, wenn die flüssige Materie in 3 und in den übrigen Punkten kommt. Die Scala UTS₂QP
des

des Drucks hat also in 2 einen Wendungs-
Punkt, und von diesem an nähert sich der
Theil 2 QP dieser Lienie immer mehr und
mehr der geraden Lienie AB, bis der Druck
der flüssigen Materie mit dem Druck der
Atmosphäre im Gleichgewicht ist. Dieses
Gleichgewicht könnte man, wenn man auf
die Ladung siehet, durch Hülfe eines langen
Laufs erhalten, wenn die flüssige Materie
nur nicht zum Zündloch heraus könnte.

§. 149. Was den Theil UTS 2 anbe-
langet, so muß sich derselbegleich im Anfange
von U nach 2 zu nothwendig von der gera-
den Lienie entfernen; hernach kann der-
selbe entweder noch fortfahren, sich weiter
zu entfernen, oder er kann mit AB parral-
lel werden, oder endlich sich nach derselben
zu lenken. Alles dieses kommt auf die Be-
schaffenheit des Pulvers und auf andere
Umstände an, welche schon oben angeführet
worden.



§. 150. Wenn der Widerstand des Körpers R grösser wird, so muß sich nothwendig eine größere Quantität dieser flüssigen Materie in dem Raum AE entwickeln, folglich sich eine größere Quantität Körner entzünden, um diesen Widerstand zu überwältigen (§. 145.), daher wird auch die Hitze in dem Raum AE grösser, und jedes Körnchen weit plötzlicher von der Flamme aufgerieben. Hieraus folgt, daß alle das Pulver in einem Punkte aufhört zu brennen, welcher der Lage, welchen die Ladung eingenommen, um desto näher ist, je grösser der Widerstand R ist. Indessen ist doch die wahre Scala des Drucks XYZ beständig in die (§. 147. 148. 149.) angezeigte Gränzen eingeschlossen, und kann sie niemahls berühren, außer wenn sich der Brand völlig geendiget. Die Proportion aber, nach der die Hitze die Verzehrung des Pulvers durch die Flamme in der Seele beschleunigt, läßt sich nur in einigen Fällen bestim-

bestimmen, und dabey muß man genau auf die Umstände sehen, welche dabey vorkommen, und darunter sind einige, welche nicht in unserer Gewalt sind, wie wir solches schon gezeigt haben.

§. 151. Der Druck der flüssigen Materie in dem Raum AE um den Körper R in Bewegung zu setzen, verändert sich mit dem Körper R . Bleibt nun R unveränderlich, so ist der Druck, welcher vermögend ist, den Körper in Bewegung zu setzen, beständig gleich groß, das Pulver mag beschaffen seyn, wie es will, und die Ladung mag so groß seyn als sie wolle, und die flüssige Materie mag sich mehr oder weniger geschwin- der entzünden, wenn sie sich nur völlig in dem Raum AE entzündet.

§. 152. Der übrige Druck in dem Raum AH, AG, AI , hängt nicht allein von der Fg. 13 verschiedenen Quantität der flüssigen Materie ab, welche sich in dem Raum AE entwickelt, sondern wird auch nach der Beschaf-



schaffenheit und der Quantität des Pul-
 vers, dessen man sich bedienet, und auch
 von der Grösse der Körner modificirt.
 Man setze z. B. daß XYZ die Scale des
 Drucks ist, wenn die Ladung den Raum
 AE einnimmt. Man mache nun den Raum
 AE kleiner, und fülle KE mit eben dem Pul-
 ver, und stelle sich vor, daß es in diesem Raum
 eben so stark zusammengedrückt ist, als vor-
 hin in AE; so wird eben die Linie EX,
 wenn der Widerstand R unverändert bleibt,
 den Druck in den Raum AE vorstellen
 (S. 151.). Allein in den Raum KH, KG,
 ist der Druck HL, GM, kleiner als HY,
 GZ. Denn der Druck EX, welcher bey
 beyden Ladungen einerley ist, kommt da-
 her, weil sich in den beyden Behältnissen
 AE, EK, gleich viel von der flüssigen Ma-
 terie entwickeln muß, um den Widerstand
 R zu überwältigen. Wenn sich nun von
 E bis H keine flüssige Materie mehr ent-
 wickelte, und man setzt $EH = AE$, und
KE



$KE = AE$, so wird sich der Druck der Ladung KE in dem Raum KH (wenn die Elasticität der Dichtigkeit proportional ist,) wie $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} = 3 : 2$ verhalten. Wenn sich aber von E bis H noch ein Theil von der flüssigen Materie bey den Ladungen entwickelt, so wird dieser Theil bey der stärkern Ladung allemahl grösser seyn, weil mehr Körner schon wirklich im Brand sind: der Druck also, welcher von der kleinern Ladung, in dem Raum KH ausgeübet wird, muß aus diesem Grunde weit kleiner in Verhältniß auf den Druck seyn, welchen die stärkere Ladung in dem Raum AH ausübet. Eben dieses gilt auch, wenn man den Druck, der durch die Lienten GZ, GM, ausgedrückt wird, untersuchen will.

Macht man hingegen den Raum AE grösser, als bis P, und stellt sich vor, daß EP mit eben dem Pulver angefüllt ist, und daß dieses auch in diesem Raum nur eben so

Zweyt. Th. 4 stark

stark zusammengedrückt ist, als vorhin in dem Raum A E, so ist auch in diesem Falle der Druck E X in dem Raum P E wieder eben so groß als vorhin, wenn der Widerstand R unverändert geblieben (§. 151.). In den Räumen P H, P G, aber wird der Druck, der von der stärkern Ladung herrühret, und durch die Linien H N, G O angedeutet wird, respective grösser seyn, als der Druck, den die Linien H Y, G Z. vorstellen.

153. Wenn die Quantität A E des Pulvers, und der Widerstand R einerley bleiben, die Güte des Pulvers verändert sich aber, so fängt sich die Scale des zweiten Pulvers, wenn X Y Z die Scale des Drucks von der ersten Art Pulver ist, zwar auch bey X an (§. 151.); der übrige Theil dieser Scale geht aber entweder über oder unter X Y Z fort, nachdem dieses zweite Pulver entweder mit einer grössern oder kleinern Geschwindigkeit von der Flamme verzehret wird, und sich also in einer gegebenen Zeit mehr

mehr oder weniger von der flüssigen elastischen Materie entwickelt.

§. 154. Hieraus kann man den Unterschied abnehmen, welcher zwischen den Scalen des Drucks statt finden muß, welchen die elastische Materie in zwey Stück Geschütz von verschiedenen Calieber ausübet, wenn dieselbe mit einer verhältnißmäßigen Quantität von eben der Art Pulver und mit verhältnißmäßigen Kugeln geladen werden.

BACD, DHPM, sollen zwey cylindrische Läufe, und der Diameter DM grösser als DB, und $DM = D$, und $DB = d$ seyn. Die Verhältniß $D^3 : d^3$ drückt also sowohl die Verhältniß der Kräfte aus, mit denen die Kugeln in N dem Pulver widerstehen, als auch die Verhältniß der Ladungen HN, CN. Die Höhen NU, NX, also, welche den Druck vorstellen, welcher erfordert wird, um die Kugel in Bewegung zu setzen, verhalten sich, wie die Diameter D, d, der Kugeln. Um dieses zu beweisen, bedenke man,

u 2

daß



daß die Anzahl der physikalischen Punkte, auf der Oberfläche der Kugeln, auf welche die flüssige elastische Materie würfet, den Quadraten der Diameter der Kugeln proportional oder $= D^2 : d^2$ ist; wenn also das Gleichgewicht da ist, so ist $NU \times D^2 = D^3$ und $NX \times d^2 = d^3$ folglich $NU : NX = D : d$. Die Verhältniß der ordinaten LI, LY , ist aber grösser als die Verhältniß $NU : NX$. Denn wenn die flüssige Materie in den Räumen HPN, ACN gleich elastisch wäre, und der Theil der flüssigen Materie, welcher sich ausbreitet aus den angezündeten Körnern entwickelt, indem dieselbe den Raum NL durchläuft, wäre den Ladungen proportional, so würde der Druck in dem Raum HPL grösser seyn als in dem Raum ACL ; weil die flüssige Materie in HPL in einem kleinern Raum eingeschlossen, folglich auch dichter ist. Allein der Druck der flüssigen Materie in dem Raum HPN ist schon an und vor sich grösser,

größer, als der Druck in dem Raume ACN, weil derselbe in diesen beyden Räumen der Verhältniß $NU : NX$ gleich ist; weil also dieser Druck stärker, und die Dichtigkeit des Feuers auch größer ist, so wird sich die flüssige Materie aus jedem Körnchen in dem grossen Zylinder, weit plözlicher und schneller entwickeln, indem sie sich durch den Raum NL bewege; folglich wird der Druck bey dem Punkt L des grössern Zylinders im ersten Falle weit grösser seyn, als der Druck bey eben diesem Punkte des kleinen Zylinders, und die Verhältniß $LI : LY$ wird grösser seyn als die Verhältniß $NU : NX$.

Eben dieses gilt von dem Druck bey dem Punkt D in beyden Zylindern. Hieraus erhellet also, daß sich unter den angeführten Umständen die Pulverkörner in einem Geschütz, dessen Caliber etwas groß ist, weit näher an dem Raume, welchen die Ladung einnimmt, völlig auflösen.

Fig. 15 S. 155. Aus dem, was bisher gesagt worden, ist offenbar, daß, da der Druck EX im Stande des Gleichgewichts, dem Widerstand R gleich ist, sich dieser letztere durch eben die Linie DX ausdrücken läßt. Wenn also das Stück einerley bleibt, so ist dieser Widerstand der Höhe des Zylinders proportional, welcher der Gewalt der flüssigen Materie widersteht: ist aber der Caliber des Geschützes verschieden, so ist dieser Widerstand den Diametern der Kugeln proportional. Eben dieses gilt auch von den Vorschlägen, welche nach dem Caliber des Geschützes eingerichtet, und nicht angesetzt oder in einander gedrückt werden. Die Linie XFZ wird alsdenn die Scale des Drucks seyn, die am Anfang stark die vergiren wird. Wenn man aber den Vorschlag so stark ansetzt, als möglich, so wird durch das Reiben gegen die Oberfläche der Seele, der Widerstand merklich vermehret, die Scale des Druckes



Drucks verwandelt sich alsdenn in die Linie KHY , und in dieser ist der erste Druck EK um desto grösser, als der andre Druck EX . je mehr das Reiben der Vorschläge grösser, als die Kraft der Trägheit der ersten Vorschläge oder der Kugel ist. Die ganze Scale KHY ist auch in diesem Falle viel weiter von der Aye EG entfernt, als die Linie XFZ . Beym Anfange kann die Scale KHY zwar etwas stärker von der Aye EG divergiren als die andere, sie wird aber sehr geschwinde convergirend, folglich liegt die größte Ordinate in denselben dem Punkte E weit näher als die größte Ordinate der andern Scale XFZ .

Es würde zu langweilig seyn, alle die Versuche zu beschreiben, durch welche man alles das, was von S. 150. bis am Ende des vorigen gesagt worden, beweisen könnte. Ich hoffe auch, daß man von der Grundsichtigkeit der vorigen Schlüsse viel leichter überzeugt werden wird, wenn man sich nur die



Mühe nimmt, etwas darüber nachzudenken. Allenfalls kann man aus dem, was noch kommen wird, verschiedene einfache und in der Ausübung sehr bequeme Mittel herleiten, um die Richtigkeit der vorigen Sätze zu beweisen.

§. 156. Aus dem, was bewiesen worden, erhellet auch, wie dick der Körper eines gewissen Geschüzes bey jedem Punkte der Seele seyn muß. Denn da die Dicke des Geschüzes bey jedem Punkte der Seele dem Drucke der elastischen Materie in eben diesem Punkte das Gleichgewicht halten muß, so muß diese Dicke den diesen Punkten entsprechenden Ordinaten proportional seyn (Anfangsgründe der Physik und Mechanik.)

Obngeachtet diese Scalen sehr verschieden seyn könnten, so kommen dabey doch nur vier Fälle vor:

1) Die Scale des Drucks kann dem Zylinder der Seele parrallel seyn, und

in



In diesem Falle muß das Geschütz überall gleich dick seyn.

2) Die Scale kann sich von E bis G von der Aye AFG entfernen. In diesem Falle muß das Geschütz ebenfalls überall gleich dick seyn, weil die Dicke desselben der größten Ordinate der Scale proportional seyn muß. Eben so verhält es sich damit, wenn die Scale sich erstlich von der Aye bis auf einen gewissen Punkte entfernt, und von diesem an mit der Aye parrallel fortgehet.

3) Die Scale des Drucks kann sich von E an bis auf einen gewissen Punkt von der Aye entfernen, und von demselben an sich dem Zylinder der Seele wieder nähern. In diesem Falle muß die Dicke des Geschützes bis an diesen Punkt gleich stark und mit der größten Ordinate im Gleichgewicht seyn, und von diesem Punkte an kann sie nach



der Verhältniß der entsprechenden Ordinaten wieder abnehmen.

4) Endlich kann sich die Scale von dem Punkte E an schon dem Zylinder beliebig nähern, und in diesem Falle kann die Dicke des Geschüßes auch von dem Boden bis an der Mündung abnehmen.

S. 157. Wenn die Dicke eines Geschüßes auf diese Weise proportionirt ist, so kann man daraus die ganze Scale des Drucks im vierten Falle des vorhergehenden Paragraphen herleiten, und einen Theil der Scale im dritten Falle, von dem Punkt an, wo sich dieselbe der Axe zu nähern anfängt. In den beiden übrigen Fällen kann man aus der Dicke des Geschüßes bloß den größten Druck der flüssigen Materie bestimmen.

S. 158. Die Erfahrung zeigt, daß, wenn man Schießgewehre, als Flinten, Büchsen, *cc.* mit Luft-Pulver, Pirsch-Pulver, Cannon

non-Pulver, zc. ladet, und die Vorschläge stark ansehet, man die Scale des Drucks in praktischen Fällen nach dem vierten Fall betrachten kann; und wenn man die Vorschläge etwas weniger ansehet, so kann man auch die Scale im dritten Falle ziemlich genau bekommen, weil sich die größte Ordinate in dieser Scale desto weiter von dem Raum E, worin die Kugel lieget, entfernt, je schwächer der Vorschlag angesehet und dadurch zusammengedrückt wird. In dem folgenden Capitel werden Regeln angegeben werden, um dergleichen Erfahrungen gehörig anzustellen, und dadurch werden wir uns auch in den Stand setzen, die Scalen des Drucks in einem jeden Geschütz, es sey von welchem Caliber es wolle, zu bestimmen.



Vier-

Viertes Capitel.

Von der anfänglichen Geschwindigkeit der Körper, welche aus dem Geschütz geschossen werden, und von dem Gesetz, nach welchem die bewegende Kraft in dergleichen Arten von Geschütze wirket, deren Seele cylindrisch ist.

S. 159.

Man kann die anfängliche Geschwindigkeit der Körper, welche aus einem gewissen Geschütz getrieben werden, auf dreierley Art bestimmen. Die erste Art bestehet darin, wenn man die Linie weiß, welche der Körper beschreibt, und aus der Natur derselben die anfängliche Geschwindigkeit herleitet. Bey der zweiten Art bedienet man sich einer Maschine, durch deren Hülfe man die Geschwindigkeit bestimmt, mit der der Körper aus der Mündung fährt.

und

Und wenn die Dicke eines gewissen Geschützes überall dem Drucke der flüssigen Materie proportional ist, so kann man daraus die dritte Art herleiten.

Die erste Art ist schon in den Anfangsgründen der Physik und Mechanik hinlänglich abgehandelt worden, und in dem folgenden Capitel soll auch noch etwas davon gesagt werden. Es bleibt uns in diesem Capitel also nur noch übrig, die zweite und dritte Art abzuhandeln.

§. 160. Der Herr Benjamin Robins, ein Englischer Geometer, ist, so viel ich weiß, der erste gewesen, der darauf gedacht hat, die anfängliche Geschwindigkeit, mit der die Kugel bey einem kleinen Gewehr aus der Mündung fährt, durch Hülfe einer Maschiene zu bestimmen.

Die Art, nach welcher derselbe verfährt, bestehet darinnen, daß er seine Kugeln gegen ein Pendulum schießt, welches sich so frey als möglich um seine Aze bewegt; der-
gestalt

gestalt, daß, wenn die Kugel in das Pendulum dringt, dieses vermöge dem Stoß einen kleinen Bogen beschreiben muß.

Wenn man nun die Sehne dieses Bogens auf das genaueste mißt, und das Gewicht der Kugel und des Penduli, das Centrum gravitatis und oscillationis, dieses letztern, nebst der Entfernung des Punkts, worin der Stoß geschehen, von der Ase bekannt sind, so kann man daraus die absolute Geschwindigkeit bestimmen, mit der die Kugel auf das Pendulum gestossen.

Wenn man sich eines solchen Penduli
 Fig. 16. C E zu Flinten und Büchsen bedienen will, so muß man es sowohl als die Ase A B, um der es sich bewegt, von Eisen machen, und diese Ase A B muß ohngefähr einen Fuß lang und perpendicular auf das Pendulum C E seyn. In dem Theil D E befestiget man durch Hülfe einiger Schrauben ein dickes hölzernes Brett, welches ohngefähr $\frac{3}{4}$ Fuß lang, und eben so breit ist, damit die Kugeln
 geln

geln, welche in dasselbe bringen, nicht bis
hinten an das Eisen schlagen können.

Um dieses Pendulum zum Gebrauch so
bequem als möglich einzurichten, so befesti-
get man die Uhr desselben an einem Gerüste, Fig. 17
welches nach Art eines Hebezeuges gemacht
ist, so daß sich dieselbe frey bewegen kann,
und unten legt man ein Stück Holz GKH,
welches zirkelförmig ausgerundet ist. Die-
ser Zirkel wird aus dem Mittelpunkt C mit
einem Halbmesser beschrieben, welcher et-
was grösser ist, als CE, und die Fläche des-
selben muß in eben der Fläche liegen, wora-
in das Pendulum oscillirt, dergestalt, daß,
wenn man in E einen kleinen Stift EF be-
festigt, derselbe auf der Oberfläche GKH,
welche man mit etwas Staub bedeckt,
den Bogen bezeichnen kann, welchen das
Pendulum durch seinen ersten Schwung be-
schreibet.

Der Erfinder bedienet sich anstatt des
ausgeholtten Holzes eines Bandes, welches
bey



ben E angeheftet ist, und sich bey dem Schwunge des Penduli unter zwey Platten durchziehet, die in einem Stücke Holz befestiget sind, welches quer durch die Schenkel des Gerüstes gehet. Die Länge des beschriebenen Bogens wird alsdenn durch die Länge des Bandes gemessen, welches sich zwischen die Platten durchgezogen.

§. 161. Wenn man bey diesem Instrument, nachdem es auf die vorhin gezeigte Art gestellt worden, das Gewicht P des ganzen Penduli, die Entfernung des Centri gravitatis L von dem Punkt C in der Axe um der sich das Pendulum bewegt, weiß, und diese Entfernung $CL = a$ setzt; ferner die Entfernung des Centri oscillationis M von dem Punkt C in der Axe oder $CM = d$; und die bekannte Länge $CF = b =$ den Halbmesser setzt, mit dem der Bogen GKH auf dem Stück Holz beschrieben worden; wenn ferner das Gewicht der Kugel $= q$, und endlich die Sehne $= c$ des durch

durch den ersten Schwung beschriebenen Bogens auf dem Holze GKH bekannt sind. so findet man durch diese bekannte Stücke die Geschwindigkeit, welche dem Pendulo durch den Stoß mitgetheilet worden, und folglich auch die Geschwindigkeit, mit der die Kugel gegen das Brett angefahren.

Die Entfernungen CL, CM findet man nach der in den Anfangsgründen der Ph. und Mech. gegebenen Anleitung. Daselbst findet sich auch, daß das momentum inertiae eines Körpers, welcher sich um eine Ase drehet, dem Producte aus der Entfernung des Centri gravitatis von der Ase in die Entfernung des Centri oscillationis von eben der Ase gleich ist, und daß die Grösse der Bewegung durch das Product aus dem momento inertiae in der Geschwindigkeit des Penduli, welche der Quadratwurzel aus dem Sinu versu des Bogens gleich ist, welcher durch das Centrum oscillationis beschrieben worden, ausgedrückt wird.



Nachdem dieses vorausgesetzt worden, wollen wir erstlich annehmen, daß die Kugel gegen das Centrum oscillationis M des Penduli geschossen wird. Um die Geschwindigkeit dieses Punktes zu finden, so setze man $b : c = d : \frac{c \cdot d}{b}$, so ist $\frac{c \cdot d}{b}$ die

Gehne, und $\frac{c^2 d}{2b^2}$ der Sinus versus des vort

diesem Punkt beschriebenen Bogens; und die Geschwindigkeit dieses Punktes in einer Sekunde ist $= \frac{\sqrt{38 c^2 d}}{2b^2} = \frac{c \sqrt{19 d}}{b}$ (Auf.

Gr. der Ph. und Mech.). Wenn man nun diese Geschwindigkeit durch das momentum inertiae des Penduli und der Kugel, weil diese nicht zurück springt, das ist, durch $Pad + qd^2$ multiplicirt, so ist die Grösse der Bewegung $= \frac{c}{b} \times (Pad + qd^2) \times \sqrt{19 d}$

Es sey ferner u die Geschwindigkeit, mit der die Kugel gegen das Pendulum stößt.

stößt. So bald die Kugel in das Pendulum dringt, nimmt dieselbe die Bewegung dieses letztern mit an, folglich ist $u q d^2$ die Grösse der Bewegung der Kugel, folglich ist beim Gleichgewichte $u q d^2 = \frac{c}{b} \times (P a d + q d^2) \sqrt{19 d}$ folglich

$$u = \frac{c}{b d q} \times (P a + q d) \sqrt{19 d} \text{ und also die}$$

verlangte Geschwindigkeit bekannt.

§. 162. Zweitens stosse die Kugel gegen einen andern Punkt D, welcher von dem Centro oscillationis verschieden ist. Es sey ferner f = der Entfernung des Punktes D von der Aye, um der sich das Pendulum bewegt, x die Geschwindigkeit dieses Punktes, so wird die Grösse der Bewegung des Punktes D durch $x (P a d + q d^2)$ ausge- Fig. 18
drückt. Ist nun wieder u die Geschwindigkeit der Kugel, mit der dieselbe gegen das Pendulum anfährt, so ist $u q f^2$ die
Z 2 Grösse



Größe der Bewegung desselben. Wir haben also diese Gleichungen

$$x (P a d + q d^2) = u q f^2$$

$$\text{in } x = \frac{u q f^2}{P a d + q d^2}$$

Weil nun die Bewegung des Penduli eben so erfolgt, als wenn die ganze Masse desselben in dem Centro oscillationis vereinigt wäre, welches Centrum sich verändert, wenn die Kugel in das Pendulum gedrungen; und die Entfernung dieses neuen Centri oscillationis G von der Aze, durch das momentum inertiae $P a d + q f^2$ dividirt, durch $P a + q f$, ausgedruckt wird, so ist

$$CG = \frac{P a d + q f^2}{P a + q f}$$

Nun verhalten sich

die Halbmesser CD , CG wie die Geschwindigkeiten der Punkte D , G , weil sie die Bögen DO , GH in einerley Zeit beschreiben. Folglich ist $CD : CG = f : \frac{P a d + q f^2}{P a + q f}$

Und eben so verhält sich auch die Geschwindigkeit

digkeit des Punkts $D = x = \frac{u q f^2}{P a d + q f^2}$ zu der

Geschwindigkeit des Punkts $G = \frac{u q f}{P a + q f}$

$= \sqrt{38 G I}$, indem hier $G I$ den Sinus ver-
sus des Bogens $G H$ bedeutet.

Wenn man die Geschwindigkeit u , mit
der die Kugel auf das Pendulum stößt, be-
stimmen will, so muß man noch einen an-
dern Werth von $\sqrt{38 G I}$ suchen. Nun ist die
Sehne c des Bogens bekannt, welchen das
Pendulum beschrieben, der Halbmesser
 $C F = b$ ist ebenfalls bekannt, folglich ist
der Sinus versus dieses beschriebenen Bo-
gens $= \frac{c^2}{2b}$. Es verhält sich nun der Halb-

messer $C F$ zu dem dazu gehörigen Sinu verso
wie die Halbmesser $C G$ zu seinem Sinu verso
 $G I$, oder es ist $b : \frac{c^2}{2b} = \frac{P a d + q f^2}{P a + q f}$:

$\frac{c^2 \times (P a d + q f^2)}{2b^2} \div \frac{P a + q f}{P a + q f}$ folglich wird die Ge-

geschwindigkeit des Punktes G durch

$$\sqrt{\frac{38 c^2 \times (Pa d + q f^2)}{2 b^2 (Pa + q f)}} \text{ ausgedrückt.}$$

Hält man nun diese zwey verschiedene Ausdrücke, von eben der Geschwindigkeit gegen einander, so wird

$$\frac{q f u}{Pa + q f} = \frac{c}{b} \sqrt{\frac{19 (Pa d + q f^2)}{Pa + q f}}$$

und also die verlangte Geschwindigkeit

$$u = \frac{c}{b q f} \sqrt{19 (Pa d + q f^2) (Pa + q f)}$$

§. 163. Man merke indessen hierbey:

1) Daß das ganze Gewicht und die Länge des Penduli so beschaffen seyn müssen, daß dasselbe nach dem Stoß einen sehr kleinen Bogen, ohngefähr von 4 oder 5 Grad beschreibt.

2) Weil die Kugeln in das Pendulum stecken bleiben, so wird das ganze Gewicht desselben vermehrt, das Centrum gravitatis und oscillationis verändern sich also, folglich muß man nach jedem Schuß

Schuß den Werth von P, a, d, auß
neue bestimmen.

§. 164. Die Maschiene, welche die 19
Figur vorstellet, ist von dem Herrn Mat-
ten, Königlichen Mechanicus, erfunden
worden, und dienet dazu, um die Geschwin-
digkeit zu bestimmen, mit der die Kugel aus
der Mündung eines Gewehres fährt. Der
Haupt-Theil dieser Maschiene ist ein hori-
zontales Rad A B, welches oben in C an ei-
ner verticalen Ase C D befestigt ist. Um
diese Ase kann das Rad durch Hülfe der
Gewichte und Gegengewichte Q, welche
an dem Seile G G angebracht sind, herum
gedrehet werden, indem man dieselben ver-
mittelt der Kurbel N beständig in die Hö-
he windet. Man kann auch dieses Rad auf
eine beliebige andere Art herum drehen,
wenn nur die Bewegung desselben schnell,
gleichförmig, und nicht unterbrochen oder
ruckweise geschieht. Rund um das Rad
A B herum, befestiget man einen Kranz von



Schreib-Papier, der ohngefähr $\frac{1}{3}$ von einem Fuß, wie AE, BF, hoch ist. Der Lauf M, welchen man lösschießen will, muß 10 bis 12 Fuß von dem Rade entfernt seyn, und auf einem festen und unbeweglichen Gestelle befestigt werden, und die Richtung desselben muß so beschaffen seyn, daß die Kugel, indem sie das Papier in H und K durchdringt, die Linie HK beschreibt, welche dem Diameter AB des Rades gleich ist. Endlich setzt man in der Entfernung KR ohngefähr von zwey oder drey Fuß ein unbewegliches hölzernes Brett, und zwar von büchen Holz, damit die Kugeln darinnen ein reguläres Loch machen.

Um sich dieser Maschine zu bedienen, muß man wissen, wenn das Rad AB, indem es herumgedrehet wird, eine gleichförmige Bewegung hat, und wie groß die Zeit ist, welche dasselbe anwendet, um sich einmal ganz herum zu drehen. Dieses kann man durch verschiedene Kunstgriffe erfah-

ren

ren. Ich habe mich bey meiner Maschiene des folgenden bedienet. Ich ließ an der Axc CD ein kleines Rad IL dergestalt befestigen, daß der Mittelpunkt desselben außerhalb der Axc fiel. Dieses kleine Rad stieß jedesmahl, wenn es sich ganz herum gedrehet, an eine hölzerne Zunge dergestalt, daß sich dieselbe horizontal bewegen mußte. Oberhalb oder nicht weit von dem Ende der Zunge hieng ich ein einfaches Pendulum auf, welches ich so lange bald lang, bald kurz machte, bis es seine Schwingungen in eben der Zeit machte, in der die Zunge eine horizontale Bewegung machte.

Die Länge dieses Penduli dienet dazu, und die Zeit zu bestimmen, welche das Rad anwendet, um sich einmal herum zu drehen. So bald man gewahr wird, daß das Pendulum und die Zunge einen Schwung in einerley Zeit machen, schießt man das Gewehr loß. Wenn man alsdenn das Rad stille stehen läßt, so wird man in dem Pa-



piere zwey Löcher gewahr, davon das eine bey dem Eingang und das andere bey dem Ausgang der Kugel durch das Papier gemacht worden. Man kann diese beyde Löcher leicht von einander unterscheiden; denn da, wo die Kugel herausgegangen, ist das Papier ein wenig nach außen zu gebogen. Alsdenn zieht man einen Faden nach der Richtung der Lienie MR , und bringt den Mittelpunkt des Lochs H , welches die Kugel bey dem Eingange gemacht hat, in dieser Lienie, und alsdenn siehet man, wie weit das Loch K , durch welches die Kugel heraus gegangen, von der geraden Lienie MR entfernt ist. Diese Entfernung drückt den Raum aus, den ein Punkt des Rades während der Zeit beschreiben, welche die Kugel angewendet, um den Diameter des Rades zu durchlaufen.

S. 165. Nachdem man nun die ganze Einrichtung und den Gebrauch dieser Maschine gesehen, so wird es nicht schwer seyn,

sehn, die Geschwindigkeit, mit der sich die Kugel durch den Diameter des Rades bewegt, und folglich die Geschwindigkeit derselben in einer Secunde zu bestimmen. Es sey D der Diameter des Rades, C die Peripherie desselben, t die Zeit, welche das Rad anwendet um einmahl herum zu kommen, m der Raum, den ein Punkt in der Peripherie des Rades in eben der Zeit beschreiben, welche die Kugel angewendet, um den Diameter zu durchlaufen; so ist $m : D = C : C \times D$ und das vierte Glied dieser Proporz

m

tion ist der Raum, welchen die Kugel mit einer gleichförmigen Bewegung in eben der Zeit beschreiben würde, in der das Rad einmahl herum kömmt. Wenn man nun den Raum wissen will, den die Kugel in einer Secunde mit einer gleichförmigen Bewegung beschreiben würde, das ist die anfängliche Geschwindigkeit der Kugel, und diese

u nem



u nenhet, so ist $t: 1 = \frac{C \times D}{m} : \frac{C \times D}{t m}$
 und also $u = \frac{C \times D}{t m}$ die verlangte Geschwindigkeit.

Bei meiner Maschine, wenn ihre Bewegung gleichförmig ist, war $t = \frac{3}{4}$ Sekunden, $D = 6$ Fuß, und folglich $C = 22 \times 6$;

Wenn man nun diese Zahlen in der Formel vor die Geschwindigkeit setzet, so ist
 $\frac{C \times D}{t, m} = \frac{3960}{21, m} = u$ Wenn man also

den Buchstaben m durch einen Bruch ausdrückt, dessen Einheit ein Fuß ist, so bekommt man die Geschwindigkeit u in Fußmaße. Wenn z. B. die Erfahrung $m = \frac{1}{4}$ Fuß angiebt, so wird $\frac{3960}{21, m} = \frac{3960}{21 \cdot \frac{1}{4}} = 754\frac{2}{3}$ Fuß = u.

S. 166. Mit dieser beschriebenen Maschine sind nachfolgende Versuche angestellt worden.

worden. Der Erfolg derselben bahnet uns den Weg, verschiedene wichtige Aufgaben in der Artillerie aufzulösen. Die Gewehre, deren man sich bei diesen Versuchen bedient, waren folgende:

1) Ein Musqueten-Lauf von $2\frac{1}{2}$ Unze Kaliber, dessen Diameter 6, 10 Liniem, und die Länge 3 Fuß, 4 Zoll, 3''' war. Die bleyerne Kugeln dazu wogen 59, 20 bis 60, 4 Denar, und ihr Diameter war 6 Zoll 8''' Liniem.

2) Ein anderer Musqueten-Lauf, dessen Kaliber $3\frac{1}{2}$ Unze, und die Länge der Seele 3 Fuß, 5 Zoll, 8 Lin. war. Die bleyerne Kugeln dazu wogen $82\frac{1}{2}$ bis 83 Denar, und ihr Diameter war 7 Zoll, 5 Liniem ohngefähr.

3) Ein Lauf, der inwendig schneckenförmig gezogen, und dessen Seele 1 Fuß, 11 $\frac{1}{2}$ Z. lang und der Kaliber $\frac{2}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ Unzen war. Die bleyerne Kugeln dazu wogen $\frac{6}{8}$ Unzen, folglich mußten sie mit aller Gewalt in der Kugel hereingestossen werden.

4) Ver:

4) Verschiedene Flinten-Läufe von verschiedener Länge, deren Calieber 1 Unze, und der Diameter also 5 Liniem war. Die bleyerne Kugel dazu wogen 23, 8 bis 23, 10 Denar, und ihr Diameter war 4 Zoll, 10 Liniem.

Das Pulver, dessen man sich bey diesen Versuchen bediente, war von der S. 40. beschriebenen Art.

Der Propf auf dem Musquetenlauf war $\frac{1}{2}$ von einem Bogen Concept-Papier, und in kleine Stücke zerrissen, damit er nicht den papiernen Kranz um den Kade zerreißen konnte. Der Propf in die Flinten-Läufe und in dem gezogenen Rohr war $\frac{1}{2}$ von eben dem Papier, und so, wie gesagt, zubereitet. Alle diese Pröpfe schob man bis auf das Pulver ohne sie anzusetzen, sondern ein und eben derselbe Mensch drückte sie nur etwas zusammen.

Endlich hat man bey diesen Versuchen mit auf die Feuchtigkeit der Luft gesehen; weil

weil die Wirkungen nach dem verschiedenen Zustande derselben sehr verschieden sind (S. 137.).

S. 167. Folgende Versuche sind bey drey verschiedenen Zuständen der Atmosphäre in Absicht auf die Feuchtigkeit gemacht worden, und man siehet daraus die anfängliche Geschwindigkeit, welche vor dem Flintenzug, welcher 2 Fuß, 1 Zoll, 7 Linien lang war, gefunden worden.

Anfängliche Geschwindigkeit.

Pulver zur Ladung 9 Denar am Gewicht.	Bey sehr feuchtem Wetter.	Bey dem mittleren Zustande der Atmosphäre.	Bey sehr trockenem Wetter.
		Fuß.	
Ordin. Pulver	826	915	960
Fein Pulver	931	1030	1085
Pirsch-Pulver	929	1010	1058
Lust-Pulver	929	1012	1055

Außer:

Außerdem beobachtete man nicht allein die Aerometer, sondern man merkte auch an, daß bey sehr feuchter Witterung fünf Minuten nach dem Schuß die Seele unwendig so naß war, daß das Nitrum fixum völlig zerging oder deliquescirte. Dahero war der Auswischer, mit dem man den Lauf jedesmal reinigte, allemahl voller Unreinigkeiten. Bey sehr trockenem Wetter hingegen war nach vielen Minuten noch kein Zeichen der Feuchtigkeit in dem Lauf zu spühren, und der Wischer war kaum etwas beschmiert.

Der Erfolg dieser Versuche zeigt:

- 1) Daß die Geschwindigkeit bey trockenem Wetter ohngefähr $\frac{1}{2}$ grösser ist, als die Geschwindigkeit, welche bey sehr feuchten Wetter gefunden worden.
- 2) Daß der Satz zu dem feinem Pulver die vortheilhafteste Verbindung ist, welche man aus Salpeter, Schwefel und Kohlen vor Flintenläufe machen kann.

Jch

Ich muß hier noch als einen besonders merkwürdigen Umstand anmerken, daß die Geschwindigkeiten, welche bey feuchten Wetter von dieser Art Pulver hervorgebracht wurden, bey nahe immer einander gleich waren. Bey dem mitlern Zustand der Atmosphäre hingegen, waren die Abweichungen zwischen diesen Geschwindigkeiten bis $1\frac{1}{2}$ aufs Hundert, und bey sehr trocknen Wetter stiegen sie bis auf viere aufs Hundert.

§. 168. Aus den folgenden Versuchen, welche mit Läusen von verschiedener Länge und Calieber bey dem mitlern Zustande der Atmosphäre angestellet worden, siehet man ebenfalls, daß das feine Pulver das stärkste ist.

Art der Läufe.	Art Pulver	Gewicht in Den.	Anfängliche Geschwindigkeit.
Flintenl. der Seele 1 F.	Fein Pulv.	9	825 Fuß
13.5 L. lang.	Wirschpulv	9	811 —
	Lustpulver	9	814 —
Zweit. Th.		D	Art



Art der Läufe.	Art Pulver	Ge- wicht in Den.	Anfänge liche Ge- schwindig- keit.
Gezognes Rohr	Fein Pulv.	9	1160 Fuß
	Pirschpulv	9	1138 —
	Lustpulver	9	1147 —
Musqueten- Lauf von 2 $\frac{1}{2}$ Unze Calieber	Fein Pulv.	22 $\frac{1}{2}$	1160 —
	Pirschpulv	22 $\frac{1}{2}$	1143 —
	Lustpulver.	22 $\frac{1}{2}$	1140 —
Flintenl. des sen Seele 2 Fuß 1 Zoll, 7 L. lang.	Fein Pulv.	9	1030 —

Eben dieses zeigen auch die Versuche, welche der Herr Major Ronzini im August 1761 mit einem sehr gut verfertigten kleinen Mortier vorgenommen. Dieser war im 45° elevirt, und warf eine eiserne Kugel 33, 4 Pfund schwer, und war auf ein Klob befestigt, der 750 Pfund wog. In seiner Kammer ging eine Unze Pulver, und die Würfe geschahen allezeit mit einer Unze Pulver, auf den kein Vorschlag gesetzt wurde, um bey jedem Schuß so viel möglich, alle Umstände

Umstände einander gleich zu bekommen.
 Bey dieser Vorsichtigkeit gingen die Würfe
 folgender maßen:

Pulver.	Weite der Würfe.	
Musqueten-Pulver	—	444 Fuß
Fein Pulver	— —	531 —
Pirsch-Pulver	— —	524 —
Lust-Pulver	— —	528 —

S. 169. Um zu zeigen, wie viel das Ge-
 wicht der Kugel, und der Raum, welcher
 zwischen der Kugel und der innern Ober-
 fläche der Seele bleibt, und den man
 den Spiel-Raum nennet, dazu beitra-
 gen, um die Geschwindigkeit der Kugel zu
 verändern, so bediente ich mich dreyerley
 Arten von Kugeln zu dem großen Musque-
 ten-Lauf, und zweyerley zu dem Flinten-
 Lauf, dessen Länge 2Fuß, 1 Zoll, 7 Lien. war.

Der Calieber der ersten Art von Ku-
 geln zu dem grossen Musqueten-Lauf war
 3½ Unze, und der Diameter der Kugeln
 7 Lienen, ohngefähr, und eine jede wog



ohngefähr $8\frac{1}{2}$ bis 83 Denar. Der Calieber der Kugeln von der zweiten Art war etwas über 3 Unzen, ihr Diameter war 7 Lienen $1'''$ und ihr Gewicht 70 bis 71 Denar.

Und endlich war der Diameter der Kugeln von der dritten Art 7 Lienen $5'''$ wie bey den Kugeln von der ersten Art, sie wogen aber nur 70 bis 71 Denar, wie die Kugeln von der zweiten Art. Um sie so leicht zu bekommen, wurde beyhm großen ein kleiner leichter Stein in dieselbe gebracht.

Die Kugeln von der ersten Art zu dem Flintenlauf, waren die (S. 166 N. 4.) beschriebene von 1 Unze im Calieber. Die von der zweiten Art aber waren von eben dem Calieber, von dem die Kugeln (S. 166 N. 3) zu dem gezogenen Rohre waren, und wogen $\frac{7}{8}$ Denar. Um endlich noch eine dritte Art von Kugeln zu bekommen, so wickelte man die Kugeln zu dem gezogenen Lauf in Papier, so wie in die Patronen vor die Infanterie, so daß sie von sich selbst bis auf den Boden

den des Laufs gingen, wenn derselbe rein war.

Zu dem grossen Musqueten-Lauf nahm man 30 Denar fein Pulver zu jeder Ladung, und bey den Flinten 9 Gran von eben dem Pulver. Dadurch bekam man folgende anfängliche Geschwindigkeiten bey dem mitlern Zustande der Luft in Absicht auf die Dünste.

	Kugeln.	Anfängliche Geschwindigkeit.
Großer Musqueten-Lauf	{ 1. Art —	1050 Fuß
	{ 2. Art —	1100 —
	{ 3. Art —	1227 —
Flintenlauf	{ 1. Art —	1030 —
	{ 2. Art —	1088 —
	{ 3. Art —	1106 —

Aus diesen Erfahrungen siehet man also, daß die Kugeln von der zweiten Art eine grössere Geschwindigkeit erhalten haben, als die Kugeln von der ersten Art, ohngesachtet die flüssige Materie, wegen den gröss-



fern Spiel-Raum, häufiger neben der Kugel durchstreichen konnte. Man siehet auch hieraus, daß, indem man durch die Kugeln von der dritten Art, den Spiel-Raum kleiner gemacht, und also verhindert, daß die flüssige Materie nicht durchwischen können, und den Kugeln selbst ein kleiner Gewicht gegeben, man dadurch die größte anfängliche Geschwindigkeit erhalten.

S. 170. Folgende Erfahrungen zeigen die anfängliche Geschwindigkeiten, welche von verschiedenen Ladungen fein Pulver bey dem mittlern Zustande der Atmosphäre in Absicht auf die Dünste hervorgebracht werden.

	Fein Pul- ver zur Ladung.	Anfängliche Geschwin- digkeit.
Flintenlauf 2 Fuß	6 Denar	830 Fuß
1 Zoll 7 Lin. lang	9 —	1030 —
	12 —	1177 —
Grosser Musquetenlauf 2½ Unze Caliber.	15 —	892 —
	22½ —	1120 —
	30 —	1222 —

Ich muß hier anmerken, daß man die Ladung zu die Flinten im Felde nicht deswegen 9 Denar annimmt, damit man mit dieser Ladung einen gleichen und weitem Schuß bekömmt, als man mit einer stärkern Ladung erhalten würde, sondern damit der Lauf nicht gar zu bald zu heiß werde, wenn er oft hinter einander abgefeuert wird, und also wegen der grossen Hitze schwer zu handthieren wäre.

Dhngeachtet diese, und die S. 168. und 169. mit Flinten-Läufen gemachte Versuche bey dem mittlern Zustande der Luft angestellet worden, und nur die Geschwindigkeiten von dem Flintenlauf der 2 Fuß, 1 Zoll, 7 Lin. lang war, in diesem und S. 167. gegebenen Verzeichniß stehen; so kann man nichts desto weniger daraus durch die Regeln der Proportion die Geschwindigkeiten vor die andern Läufe bey sehr feuchter, oder sehr trockner Witterung finden.



3. B. Wenn man die Geschwindigkeit in dem grossen Musquetenlauf, der mit 30 Denar Pulver geladen worden, bey sehr trockenem Wetter wissen wolte, so bekommt man dieselbe durch folgende Proportion: Man weiß, daß diese Geschwindigkeit bey dem mittlern Zustande der Atmosphäre, 1222 Fuß, und daß die Geschwindigkeiten in dem Flintenlauf bey dem mittlern Zustande der Luft und bey sehr trockenem Wetter, 1030, 1085 Fuß waren, folglich macht man diese Analogie $1030: 1085 = 1222:$
 $\frac{1222 \times 1085}{1030} = 1287 =$ der verlangten
 1030

Geschwindigkeit.

§. 171. Diese Methode um die anfängliche Geschwindigkeit zu finden, läßt sich bey allen Arten von Schießgewehren anbringen, sie mögen lang oder kurz seyn, und wenn man diese anfänglichen Geschwindigkeiten weiß, so ist man im Stande das Gesetz zu bestimmen, nachdem die flüssige elastische

stische Materie bey den verschiedenen Punk-
 ten in der Länge einer zylindrischen Seele auf
 die Kugel würfet. In dieser Absicht nimmt
 man drey, vier, oder mehrere Läufe von
 verschiedener Länge, aber einerley Calieber,
 ladet sie mit einerley Quantität von einer-
 ley Pulver, schießt sie loß, und mißt alsdenn
 die anfängliche Geschwindigkeit, welche die
 Kugel in einem jeden von diesen Läufen
 bekommen. Nachdem dieses geschehen, so
 trage man auf einer geraden Lienie A R von *Eg. 20*
 A nach R zu die Länge dieser Läufe von dem
 Punkt, wo die Kugel liegt, bis an der Mün-
 dung, z. B. A C sey diese Länge des kürze-
 sten, A D die Länge des mitlern, A B die
 Länge des grossen Laufs. In den Punkten
 C, D, B, ziehe man auf A R die Lienien CE,
 DF, BG, u. s. w. perpendicular, und da-
 von eine jede der Geschwindigkeit der Ku-
 gel in dem dazu gehörigen Laufe proportio-
 nal ist; ziehet man nun durch die Punkte
 A, E, F, G, u. s. w. eine gerade Lienie, so
 ist



ist dieselbe die Scale der Geschwindigkeiten in den Räumen AC, AD. AB, welche die Kugel mit einer beständig beschleunigten Bewegung beschrieb. Drückt man nun die Natur dieser krummen Lienie durch eine Gleichung aus, so kann man daraus auch nachgehend die Scale SMNO des Drucks der flüssigen Materie auf die Kugel finden.

§. 172. Um dieses zu bewerkstelligen, nahm ich vier Flintenläufe von 1 Unze Caliber, lud dieselben mit 9 Denar fein Pulver; die übrige Umstände waren wie im §. 166. und bey dem mitlern Zustande der Luft sandt sich folgendes:

Länge des Laufs von dem Punkt, wo die Kugel liegt, bis zur Mündung.	Anfängliche mitlere Ge- schwindigkeiten
---	---

0 Fuß, 6 Zoll, 1 Lin.	—	615 Fuß.
-----------------------	---	----------

1 — 0 — 2 —	—	825 —
-------------	---	-------

2 — 0 — 4 —	—	1030 —
-------------	---	--------

2 — 10 — — —	—	1077 —
--------------	---	--------

Wenn

Wenn man nun hiermit nach der in vorigen Paragraphen gezeigten Methode verfährt, und das Verhältniß zwischen den Abscissen und Ordinaten untersucht, so ergiebt es sich, daß die Scale A E F G der Geschwindigkeiten eine Ellipse ist, dessen kleine halbe Ase A R, 2 Fuß, 10 Zoll, und die halbe grosse Ase 1077 Fuß ohngefähr lang ist, und von H nach R, und so weiter fortgeht. Hieraus folgt also:

- 1.) Daß im gegenwärtigem Falle die Scale des Drucks, nemlich S M N O eine gerade Lienie ist, welche, wenn sie verlängert wird, die gerade Lienie A R in dem Mittelpunkt R der Ellipse durchschneidet.
- 2) Daß, wenn unter den beschriebenen Umständen die Läufe länger sind, als A R, die überflüssige Länge keinesweges etwas zur Vermehrung der Geschwindigkeit beyträgt.



Um eine Formel zu geben, durch die man die anfängliche Geschwindigkeit vor solche Läufe bestimmen kann, welche kürzer als AR sind, und mit 9 Denar fein Pulver in horizontaler Richtung abgefeuert werden, und zwar, wenn sich die Atmosphäre im mittlern Zustande befindet, so ist, weil die Summe des Drucks $ARS = RH^2$, hieraus $AS = 409386$ Fuß. Nun lasse man AD die Länge eines nach Gefallen angenommenen Laufes bedeuten, so drückt der Inhalt des Vierecks $ADNS$ die Summe des Drucks aus, und ist also $AS \times (AR^2 - DR^2)$

$$\frac{2 AR}{2 AR}$$

$$= 144489 \times (\frac{289}{36} - DR^2)$$
 Die anfängliche Geschwindigkeit aber, welche zu diesem Viereck gehört, wird durch die Quadratwurzel aus eben demselben ausgedrückt, und ist $DF = u = \sqrt{144489 (\frac{289}{36} - DR^2)}$ die verlangte Formel.

Um hiervon ein Beispiel zu geben, sey $AD = \frac{1}{2}$ Fuß, und $DR = 2$ Fuß, 8 Z. dessen Quadrat

brat $\frac{64}{9} = \frac{256}{36}$ setzet man nun diesen Werth in
 die Formel, so wird $DF = v = \sqrt{(144489 \times$
 $(\frac{289}{36} - \frac{256}{36}))} = \sqrt{(144489 \times \frac{33}{36})} = 363$
 Fuß vor die anfängliche Geschwindigkeit.

§. 173. Die §. 172. gezeigte Art, und
 die Geschwindigkeit von jeder Länge zu be-
 stimmen, ist in der Ausübung und zwar in
 den Fällen sehr bequem, wenn der Propf
 stark zusammengedrückt und auf das heft-
 igitste angefetzt worden, und sich also die
 größte Ordinate in der Scale des Drucks
 dicht bey der Kugel, oder doch nicht sehr
 weit davon befindet. In diesem Falle ist
 es nicht schwer, die krumme Lienien, deren
 Ordinaten die Geschwindigkeiten angeben,
 regulär zu machen, wenigstens durch eine
 Näherung, und alsdenn die Natur dersel-
 ben geometrisch auszudrücken, um davon
 die Scale des Drucks zu bekommen. Wenn
 aber die größte Ordinate in der Scale des
 Drucks weit von dem Raum abliegt, den
 die Kugel einnimmt, wie solches bey schlech-
 tem

tem Pulver, oder wenn der Vorschlag nicht gut angesetzt worden, ohngeachtet das Pulver gut ist, zuweilen geschieht: so muß man, um die krumme Lienie, welche die Geschwindigkeiten ausdrückt, zu bekommen, die Versuche nicht allein mit solchen Läusen anstellen, deren Länge im vorigen Paragraphen angegeben worden; sondern auch noch andere Läufe nehmen, in denen die Kugel von dem Punkt, wo sie liegt, bis zur Mündung, nur einen sehr kleinen Raum, z. E. zwey, drey, oder vier Calieber des Laufs, zu beschreiben hat. Alsdenn kann man die krumme Lienie vor die Geschwindigkeiten von ihrem Anfangspunkt an beschreiben, und dieselbe durch eine bequeme Näherung regulär machen, wenn sie die Erfahrung nicht schon selber so bestimmt.

§. 174. Wenn man nun wissen will, wie die Scale des Drucks fortgeht, so weiß man, daß die Geschwindigkeit der Quadrat-Wurzel aus der Summe des Drucks
pro:

proportional ist. Wenn also diese Geschwindigkeiten CE , DF , eine kleinere Verhältniß gegen einander haben, als die Quadrat=Wurzeln aus den von der Kugel beschriebenen Räumen AC , AD oder der Länge der Läufe von dem Punkt wo die Kugel liegt, bis zur Mündung; so wird der dazu gehörige Theil SMN von der Scale des Drucks bis zur Mündung convergiren, und wenn diese gebachte Scale mit der Linie AR parrallel ist, so verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Quadrat=Wurzeln aus den dazu gehörigen Längen der Läufe. Ist aber die Verhältniß der Geschwindigkeiten CE , DF gegen einander grösser als die Verhältniß der Quadrat=Wurzeln aus den Längen AC , AD , so wird sich die Scale SMN von der Directions=Linie AR von dem Punkt, wo die Kugel liegt, bis zur Mündung entfernen.

S. 175. Endlich kann man, wenn die anfängliche Geschwindigkeit $= U$ und die
Natur

Natur der Scale des Drucks der flüssigen Materie bekant sind, vermittelst der Formel
$$U = \frac{\sqrt{57 n p l A}}{2r}$$
 (welche ich in dem

Anfangs-Gründen der Physik und Mechanick angegeben habe:) in der A die Höhe eines Barometers der mit der Kugel aus einerley Materie verfertigt ist, und l die Länge des Laufs von dem Punkt wo die Kugel ausfliegt bis zur Mündung, p die Verhältniß zwischen dem Inhalt der Fläche ASND und das Rectangel aus AS und AD, r den halben Diameter der Kugel, bedeuten: den Werth des Buchstaben n finden, welcher anzeigt, wie viel mal die flüssige Materie welche auf die Kugel wirkt, wann sie die größte Kraft ausübt, elastischer ist als die natürliche Luft.

Um hiervon ein Beyspiel zu geben, nehme man den Flinten-Lauf (§ 172) dessen Seele 2 Fuß 4 Linnen lang war, so ist $r = 2$ Fuß 9. Zoll 4 Linnen und $A = 1$ Fuß

1 Fuß, 8 Zoll, 8 Lin. $r = 2$ Lin. $5'''$; $v = 1030$ Fuß, nimmt man nun $p = \frac{12}{30}$ an, und setzt alle die Werthe in der Formel, so bekommt man

$$1030 = \sqrt{\frac{57 \times 1' 8'' 8''' \times 2' 0'' 4''' \times \frac{12}{30} n}{0' 0'' 4''' 10'''}}$$

und also $n = 280$ mahl ohngefähr grösser, als die mitlere Elasticität der Atmosphäre.

§. 176. Wenn man die anfängliche Geschwindigkeit der Kugel in kleinen Gewehren zu finden weiß (§. 165.), so kann man dadurch nicht allein die anfängliche Geschwindigkeit finden, mit der eine Kugel aus einem Canon herausgeht; sondern auch von dieser Art von Geschuß diejenige Ladung bestimmen, mit der man am weitesten schießt (§. 88.). Außerdem kann man auch das Gesetz bestimmen, nach welchen die mit Feuer angefüllte flüssige Materie auf die Kugel in dem Canon würfet, die große Elasticität derselben, und bey welchem Punkte der Seele sich dieselbe äußert; kurz, man kann



ben den Kanons alle die Aufgaben auflösen,
welche bey den Flinten- und grossen Musqueten-
Läufen vorgefallen, und von S. 167.
bis hieher aufgelöset worden.

Um nun die anfängliche Geschwindigkeit
der Canon-Kugeln zu bestimmen, muß
man ein grosses und breites Ziel aussuchen,
welches überall von gleicher Materie ist,
und leicht durchdrungen werden kann.
Kann man dergleichen nicht bekommen,
so muß man eins von guter und durchge-
siebter Erde machen lassen, die man her-
nach überall, so viel möglich, gleich fest
schlägt. Gegen dieses Ziel thut man ver-
schiedene Schüsse aus Kanons, die man
dichte dabey pflanzet. Die Kanons müssen
aber so weit von einander stehen, daß,
wenn die Kugel aus dem einen Canon in
das Erdreich gedrungen, durch die Er-
schütterung der Erde nicht das Eindringen
der Kugeln aus den andern Kanons erleich-
tert werde. Nachdem man alle diese Ka-



nons abgeseuret hat, so mißt man auf das genaueste wie tief jede Kugel in das Erdreich eingedrungen. Die gefundene Tiefe setzet man vor s in der Formel $s = f d u$ welche sich in den Anfangsgr. der Ph. und Mech. befindet, und in der d den Diameter der Kugel, f ihre besondere Schwehre und u die Geschwindigkeit bedeutet, mit der die Kugel auf das Erdreich gestossen; und alsdann bekommt man $u = \sqrt{s}$

Nachdem dieses geschehen, so schieße man gegen eben dieses Erdreich einen grossen Musketen-Lauf los, aus dem die Kugel mit einer Geschwindigkeit geht, welche wir schon oben gefunden haben; messe die Tiefe des Eindrucks der Kugel in das Erdreich und setze diesen Werth wieder vor s in der vorigen Formel; da nun f u. d bekannt sind, so bekommt man einen relativen Werth von u . Hierauf schliesse man also.



Diese relative Geschwindigkeit der Musketen-Kugel verhält sich zu ihrer wirklichen anfänglichen Geschwindigkeit, wie die relative Geschwindigkeit der Kanon-Kugel zu ihrer wahren anfänglichen Geschwindigkeit. Z. E. Man setze, daß der Diameter der blehernen Musketen-Kugel oder $d = \frac{1}{4}$ F. und daß die Kugel 2 Fuß $= S$ in den Wall hinein gedrungen wäre. Da nun die besondere Schwebre des Blehes oder $f = 9060$ so ist $u = \sqrt{\frac{S}{fd}} = \sqrt{\frac{48}{9060}}$

Der Diameter der Kanon-Kugel sey ferner $\frac{1}{4}$ Fuß $= d$ und diese sey 7 Fuß $= S$ tief in das Erdreich gedrungen: da nun die besondere Schwebre des Eisens oder $f = 6115$ so wird $u = \sqrt{\frac{S}{fd}} = \sqrt{\frac{28}{6115}}$

Ist nun die Geschwindigkeit der Musketen-Kugel 1200 Fuß, so bekommt man $\sqrt{\frac{48}{9060}} : 1200 = \sqrt{\frac{28}{6115}} : \frac{1200 \sqrt{\frac{28}{6115}}}{\sqrt{\frac{48}{9060}}} = 1036$

— 1036 Fuß, vor die verlangte anfängliche Geschwindigkeit der Kanon-Kugel.

Durch Hülfe der angegebenen Formel lassen sich noch andere Dinge bestimmen: 1. E. wie tief die Kugeln von verschiedenen Calibern, und verschiedenen Materien, und wenn sie sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen, eindringen; wenn man weiß wie tief eine gewisse Kugel, deren Diameter, besondere Schwehre, und Geschwindigkeit gegeben sind, in das gedachte Ziel eingedrungen.

§. 177. Wenn man mit den § 89 beschriebenen Kanons nach Anleitung des vorhergehenden Paragraphen dergleichen Versuche anstellt, und sie mit ordinairn Pulver, als die 32- und 16pfündigen mit $\frac{3}{8}$ von dem Gewicht der Kugel, und die kleinern mit der Helfte von dem Gewicht der Kugel, ladet, so findet man, daß, wenn das Wetter weder zu trocken noch zu feucht ist, die mitlere Geschwindigkeit der



32pfündigen ohngefähr 800, der 16pfündigen 850 bis 860 Fuß ist. Bey den 8pfündigen ist dieselbe etwas grösser als 900. F. und bey den 4pfündigen etwas kleiner.

Im Julio 1764. erfand der Hr. Lieutenant Debutet eine sehr artige und einfache Manier die Geschwindigkeit der Kugeln bey allen Arten von Schieß-Gewehren zu bestimmen; und diese bestehet darinnen. Er befestigt, an einer Maschiene, an der sich ein Rad befindet, welches sich mit einer hinlänglichen Geschwindigkeit gleichförmig bewegen kann, eine kleine Platte, in der sich ein kleiner beweglicher Stift befindet. Dieser Stift wird vermittlest einem Faden, der quer über die Mündung geht, in einer kleinen Entfernung von der Oberflache des Rades erhalten. So bald nun die Kugel zur Mündung heraus geht, so reißt sie den Faden entzwey, und dadurch bekommt eine sehr elastische Feder Gelegenheit zu würcken. Diese drückt den Stift gegen
das

das Rad, welches sich herum bewegt. In diesem Rade wird alsdenn ein Bogen so lange beschrieben, bis die Kugel gegen ein bewegliches Ziel stößt, welches wenig Fuß entfernt ist, und alsdenn verursacht, daß der Stift zurücke geht. In diesem Ziel befestigt man einen Stock dessen anderes Ende an der Platte fest gemacht ist, derdestalt, daß, wenn das Ziel zurücke geht, der Stock den Stift zurücke zieht; und alsdenn hört den Augenblick der Stift auf einen Bogen zu beschreiben.

Wenn man nun die Geschwindigkeit mit der sich das Rad bewegt, die Entfernung von der Mündung bis an das Ziel und die Grösse des beschriebenen Bogens weiß, so kann man daraus den Raum finden den die Kugel in einer Secunde mit einer gleichförmigen Bewegung beschreiben würde, welches ihre anfängliche Geschwindigkeit ist.



Um aber das Reiben zu verhindern, welches den Erfolg dieser Untersuchung zweydeutig machen würde, so macht man in der Oberfläche des Rades eine Rinne, in welcher der Stift herrein schlägt, und klebt sie mit Zalg wieder zu; alsdenn macht der Stift darinnen einen Eindruck, ohne sonderlich durch den Widerstand aufgehalten zu werden. Durch Hülfe eben dieser Platte, kann man die Zeit bestimmen, welche die Kugel anwendet, um die Länge der Seele zu durchlaufen, desgleichen die anfängliche Geschwindigkeit der Bomben, und den Widerstand, welchen dieselbe von der Luft leiden; wenn man nur bey Untersuchungen von dieser Art die gehörige Veränderungen mit der ganzen Einrichtung vornimmt.

§. 178. Wir wollen nunmehr zu der dritten Art gehen, die anfängliche Geschwindigkeit zu bestimmen, mit der sich die Kugeln aus dem Geschütz bewegen, dessen Seele cylindrisch ist. (§ 159) Hierbey muß man
nun

nun hauptsächlich bedencken, daß, weil die Kugel, indem sie von der Ruhe zu der Bewegung übergeht, beständig neue Grade der Geschwindigkeit bekommt, indem sie von ihrer ersten Lage E bis an die Mündung G fortgeht, hieraus folgt, daß sie den Druck der flüssigen Materie zum Theil aufhebt, und daß diese bloß mit dem Ueberschuß ihrer Geschwindigkeit, über die Geschwindigkeit der Kugel, auf diese letztere wirken kann. Dieser Ueberschuß der Geschwindigkeit der flüssigen Materie über die Geschwindigkeit der Kugel nimmt aber immer mehr und mehr ab, je näher die Kugel der Mündung kommt, dergestalt daß, wenn die Seele gar zu lang wäre, der Druck der flüssigen Materie auf die Kugel völlig aufhören würde; nichts desto weniger aber, würde der Druck der flüssigen Materie gegen die innere Oberfläche der Scale noch immer fortdauern. In die Fig. 13

Scale XYZ des Drucks auf die Kugel,



die mit der Scale XNO des Druckes gegen die innere Oberfläche der Seele eben den Anfangs-Punkt X hat, sind also die Ordinaten HY, GZ kleiner als die zu eben den Abscissen gehörige Ordinaten HN, GO ; folglich werden die Differenzen NY, OZ immer grösser je mehr sich die Kugel der Mündung G nähert.

Wenn also die Dicke des Geschützes der ganzen Länge der Seele nach, der Ladung proportionirt ist, deren man sich bedient, so bekommt man bey jedem Schuss allezeit zwey Scalen. Eine davon drückt den Druck aus, den die innere Oberfläche der Seele von der Gewalt der flüssigen Materie auszustehen hat; die andre zeigt den Druck der flüssigen Materie auf die Kugel bey jedem Punkte in der Länge der Seele an. Die erste Scale, welche beständig nach der Mündung zu convergirt, wird aus dem Durchschnitt hergeleitet, welche der Länge der Seele nach gemacht wird, und

und dienet dazu, um die Gränzen anzuzeigen, welche die Geschwindigkeit der Kugel niemals überschreiten kann.

S. 179. Die Erfahrung zeigt uns, daß bey allen Arten von Schießgewehren, die Dicke des Laufs von dem Boden an bis nach der Mündung zu, immer abnehmen muß, wenn sie so starck geladen werden, als es im Gebrauch ist, und die Vorschläge darinnen so starck angefezet werden, als es erfordert wird um den unnöthigen leeren Raum wegzuschaffen, und nur den nöthigen Raum zwischen den Körnern übrig zu lassen, um die Entzündung desto besser zu befördern. Auf diese Art ist das Gewehr hinlänglich im Stande der Gewalt des Pulvers an allen Orten zu widerstehen. Hieraus siehet man also, daß die Scale des Drucks gegen die innere Oberfläche der Seele, nach der Mündung zu convergirt, und daß sich die größte Dröinate in dieser Scale nicht weit von
der



der Gegend befindet, welche die Kugel einnimmt.

Wenn man nun diese Scale des Druckes durch eine Gleichung ausdrücken will, so ziehe man die gerade Linie KI mit der Directions = Linie EG parrallel, welche man als die Aye der rechtwinklichten Ordinaten betrachtet. Es sey ferner der Druck $KE = p$, die Abscisse $EL = KI = x$. Nun ist die Ordinate IH der Linie KHY beständig eine Function der Abscisse KI, folglich kann man KI beständig durch nx ausdrücken. Wenn man nun nx durch x multiplicirt, und in den Bruch bedeuten läßt, welcher dazu dienet, um die Fläche KIH zu quadriren, so wird das Product $nm x^2$ die Oberfläche KIH ausdrücken; nun ist das Rectangel $EKIL = px$, folglich ist die Fläche $EKHL = px - nm x^2$, und wenn u die Geschwindigkeit bedeutet, welche zu dieser Fläche gehört, so ist $u = \sqrt{px - nm x^2}$

S. 180. Um nun diese Formel auf einen besondern Fall anzuwenden, so wollen wir eine von den häufigen Erfahrungen vornehmen, welche über 30 Jahr hinter einander in dem königlichen Zeughause angestellet worden, seit dem man in Piemont eine Gewehrfabrick angelegt hat. Ehe diese Gewehre ins Zeughaus gebracht und aufbehalten werden, werden sie allezeit probirt, und dabey ist jederzeit nur ein Officier von der Artillerie commandirt.

Mehr als 100000 dergleichen Gewehre sind alle nach einem Modell verfertigt. Bey der Probe werden sie mit 22 Denar ordinaire Pulver geladen, auf der Ladung wird ein fester Propf von Werk gesetzt, der sehr gedrungen in den Lauf gehet, und vermittlest einem eisernen Ladestock herunter gestossen wird; wenn dieser Propf auf das Pulver herunter ist, so wird derselbe noch mit einem Schlag mit dem Ladestock, der mit ganzer Gewalt herunter geschmissen wird, ange-

angesehet. Auf diese Ladung setzt man eine Kugel von Blei $23\frac{1}{2}$ Denar ohngefähr schwer, und auf dieser wieder eben dergleichen Vorschlag, und setzt denselben auf die vorhin erwähnte Art an. Nachdem alle Läufe, welche probirt werden sollen, auf diese Weise geladen worden, so werden sie alle horizontal gerichtet, so, daß der Boden derselben hinten an einen Balken stößt, damit sie nicht zurücke fliegen; und denn werden sie zweymal hinter einander abgefeuert.

Bei dergleichen Proben springen gemeinlich einige Läufe, und die Risse zeigen sich bald an dem Boden, bald mitten in der Länge des Laufs, bald an der Mündung. Die Anzahl der Läufe, welche zerspringen, ist von einem Jahre zum andern, nachdem die Anzahl der probirten Läufe groß oder klein ist, verschieden. Da indessen die Anzahl der Läufe, welche aufreißen, gemeinlich geringe ist, und beynähe eben so viel

am

am Boden springen, als in der Mitte oder an der Mündung, so haben die Herrn Officiers, welche sie untersuchen, und die Fabrikanten noch niemals vor nöthig gehalten, eine Veränderung in der Proportion dieser Gewehre vorzunehmen. Man kann also von diesen Läusen mit gutem Grunde behaupten, daß ihre Länge überall so proportionirt ist, daß sie die größte Gewalt der flüssigen Materie, welche sich unter den vorhin beschriebenen Umständen aus ordinärem Pulver entwickelt, aushalten können, wenn man dabey mit auf den Theil der flüssigen Materie sieht, der durch das Zündloch und neben der Kugel fortgeht. Wenn man also einen von diesen Läusen mit einer Fläche durch die Aze der Seele schneidet so kann man durch die S. 179. gegebenen Formel, die Gränzen finden, zwischen welche die Geschwindigkeit der Kugel bey jedem Punkte der Länge der Seele eingeschlossen ist,



§. 181. Die Dicke der gedachten Läufe
Fig. 21 bey jedem Punkte der Seele, wird durch ei-
 ne gerade Lienie FD bestimmt, welche sich
 von dem Boden an bis nach der Mündung
 zu neiget. Sind nun in dem Lauf $DCAP$ die
 Länge BE , BH und die Dicke EF , HL bekannt,
 so kann man daraus die Lage der geraden Lie-
 nie MON bestimmen, welche die Scale des
 Drucks ist, den die innere Oberfläche der See-
 le auszustehen hat; und die Ordinaten EM ,
 HO , BN stehen mit den Lienien EF , HL , BD ,
 in einerley Verhältniß. Wenn man die
 gerade Lienien EE , FD verlängert, so wer-
 den sie sich in dem Punkt R durchschneiden,
 durch welche auch die gerade Lienie MN gehet
 (dieses trifft beständig zu, wenn auch FLD ,
 MON zwey krumme Lienien sind). Die Lienie
 ER , welche wir b nennen wollen, ist also
 bekannt, läßt man nun $p = EM$ bedeuten,
 so bekommt man in diesem Fall bey den vor-
 hin gedachten Längen, $n = \frac{p}{b}$ folglich $\phi O =$

$$= \frac{px}{b} = nx \text{ und } m = \frac{1}{2} \text{ weil } M \phi O \text{ ein}$$

Triangel ist, folglich $nm x^2 = \frac{px^2}{2b}$ und dems

$$\text{nach } U = \sqrt{(px - nm x^2)} = \sqrt{(px - \frac{px^2}{2b})}$$

eine Gleichung vor die Ellipse, die man nach S. 172. beschreiben kann.

Nimmt man $p = 2b$, so ist in diesem Falle $U = \sqrt{(2bx - x^2)}$ eine Gleichung vor dem Zirkel, dessen Diameter $2b$: Man beschreibe also aus dem Mittelpunkt R mit der Entfernung $RE = b$ den Bogen EGK, so drücken die Ordinaten HG, BK die relative Geschwindigkeiten aus, welche die Kugel in den Punkten H, B haben würde, wenn der Druck der flüssigen Materie auf dieselbe das durch die Scale MON angegebene Gesetz beobachtete. Man merke

- 1) Wenn man bey den vorhergedachten Läufen den Widerstand des Propfes und der Kugel unveränderlich beybe-
- Zweyt. Th. A a hält,

hält, allein eine geringere Quantität von eben dem Pulver zur Ladung nimmt; so ist der Druck der flüssigen Materie bey dem Punkt E zwar beständig gleich groß, allein in den Punkten H, B, 2c. ist dieser Druck kleiner S. 152: folglich ist auch die Geschwindigkeit der Kugel bey diesen Punkten kleiner.

2) Macht man bey der kleinern Ladung auch den Widerstand kleiner, indem man entweder einen kleinern Propf nimmt, oder denselben nicht mehr so stark ansetzt, so ist der Druck der flüssigen Materie sowohl in E, als auch in H, B geringer.

3) Endlich ist die Verhältniß des Drucks bey den gedachten Punkten entweder kleiner, oder grösser, oder der Verhältniß gleich, welche zwischen dem Druck entsteht, wenn man in der Formel die Dicke der gedachten Läufe nach



nach dem verschiedenen Widerstande
setzt. Alles dieses folgt aus der vor-
hin erklärten Theorie, und die Er-
fahrung stimmt damit vollkommen
überein.

§. 182. Diese Formel $U = \sqrt{(2bx - xx)}$
ist besonders bequem, wenn man durch
eine Näherung bestimmen will, wie viel die
Länge eines Gewehrs zu der Weite der
Schüsse beiträgt. Es sey zum Exempel
ADP ein Gewehr, dessen Dicke von dem
Punkt E, wo die Kugel liegt, bis an der
Mündung durch eine gerade Lienie bestimmt
wird, und diese Dicke soll nach der größten
Ladung, welche man im Felde gebraucht,
proportionirt seyn: Man will die Verän-
derung bestimmen, welche in den Geschwin-
digkeiten der Kugel, oder in der Weite der
Schüsse vorgeht, wenn man den Lauf kür-
zer, z. E. wie AH oder länger, wie z. E.
AQ macht. Um diese Frage zu entschei-
den, verlängere man die gerade Lienien



EB, FD, bis sie sich in R durchschneiden: aus dem Mittelpunkt R beschreibe man mit der Entfernung RE einen Zirkel = Bogen EGK, und ziehe auf der geraden Lienie AR die Lienen HG, BK, QT, perpendicular, so werden diese ziemlich genau die Verhältniß der Schußweiten ausdrücken, welche zu der Länge der Läufe gehören.

Ich sage ziemlich genau; Denn wenn MON die Scale des Drucks der flüssigen Materie gegen die innere Oberfläche der Seele vorstellt, so wird die andere Scale MYZ des Drucks eben der flüssigen Materie gegen die innere Oberfläche der Seele sich der Lienie ER weit geschwinder nähern und sie berühren, oder auch wohl in einem Punkte S durchschneiden. Aus dieser Ursache wird EIUX die wahre Scale der Geschwindigkeit der Kugel seyn, in der der Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten der Kugel bey den Punkten H, B, Q kleiner ist als in der andern Scale EGK. Die Natur

Natur der krummen Liente MYZ mag nun beschaffen seyn, wie sie will, so muß sie doch die gerade Liente RE nothwendig in einem gewissen Punkte S durchschneiden, wenn sie verlängert wird. Denn weil die flüssige Materie sich immer mehr und mehr in der Länge der Seele ausdehnet, und zum Theil durch das Zündloch und den Spielraum herausfährt, so muß nothwendig ihre Geschwindigkeit auf die letzt so klein werden, daß sie nicht mehr im Stande ist, die Kugel fortzutreiben.

Dieser Punkt S ist allezeit der Mittelpunkt einer in sich selbst wieder zurück gehenden und endlichen krummen Liente EIX , dessen halbe Axe SE und der Parameter EM ist; dieser Punkt S dienet dazu um diejenige Länge eines jeden Gewehres, dessen Seele zylindrisch ist, zu bestimmen, wo der Druck der flüssigen Materie auf die Kugel aufhört, und also die Geschwindigkeit derselben nicht weiter ver-



mehret wird. Aus dem vorhergehenden ist offenbahr, daß dieser Punkt S in ein und eben demselben Gewehr von dem Punt A verschiedentlich entfernt ist, nachdem sich entweder das Pulver selbst, oder die zur Ladung angenommene Quantität oder der Spielraum, oder die besondere Schwehre der Kugel u. s. w. verändern.

§ 183. Die Kraft, welche die Theile des Metalles zusammen hält, aus dem der Lauf verfertigt, oder den Werth des Buchstaben q kann man durch die Erfahrung bestimmen; denn der Diameter der Seele des Laufs oder $\frac{BP}{2} = r$ und die Dicke

des Metalles oder $EF = m$ ist bekannt: wenn man diese bekannte Gröffen in der Formel $7200 nr = mq$ (Anfangsgr. der Ph. und Mech.) setzt, so kann man das durch die Elasticität der flüssigen Materie oder $n = \frac{mq}{7200 r}$ bestimmen.

Wenn

Wenn man ferner in der andern Formel

$$U = \sqrt{\frac{57 n A p l}{2 r}} \quad (\S 175)$$
den Werth

der Buchstaben n, r , und $l = EB$; $A =$
der Höhe eines Barometers welches mit
der Kugel aus einerley Materie verfertigt
worden, p die Grösse, welche die Verhält-
niß zwischen das Trapezium $EMNB$ und
das Rechteck $EM \times EB$ anzeigt, setzt, so
bekommt man die anfängliche Geschwin-
digkeit U der Kugel.

Um hiervon ein Beyspiel zu geben, sey
 DAP ein Falkonet, dessen Dicke zu einer
gegebenen Ladung proportionirt ist, der
Diameter $DP = 2r = \frac{1}{12}$ Fuß, EF die
größte Dicke des Metalles, in der Gegend,
wo die Kugel liegt, oder doch sehr nahe da-
bey, oder $m = \frac{1}{24}$ Fuß; Wird nun die
Fähigkeit des Metalles, aus dem das
Rohr besteht, oder diejenige Kraft welche
erfordert wird, um einen Fuß von diesem
Metalle zu zerbrechen, durch $5760000 = q$

Ala 4

aus



ausgedrückt, und man setzt diese Zahlen in der Formel $7200 \, r \, n = m \, q$ so bekommt man $7200 \times \frac{1}{24} \, n = \frac{1}{24} \times 5760000$, und hieraus die größte Elasticität der Materie, welche sich aus dem Pulver in diesem Geschütz entwickelt hat, oder $n = 800$ mal größer als der mitlere Druck der Atmosphäre.

Um nun ferner die anfängliche Geschwindigkeit, welche der Kugel von dieser Ladung mitgetheilet worden, zu bekommen, sey $EB = 1 = 2$ Fuß, $P = \frac{2}{3}$; ist nun die Kugel von Blei, so wird $A = 1\frac{3}{4}$ Fuß ohngefehr. Diese Zahlen setze man in der Formel $U = \sqrt[2r]{(57 \, n \, A \, P \, l)}$ so wird $U =$

$$\sqrt[2r]{(57 \times 800 \times (1\frac{3}{4}) \times \frac{2}{3} \times 2)} = 1130 \frac{1}{2} \text{ Fuß}$$

die verlangte Geschwindigkeit der bleiernen Kugel.

Ist aber die Kugel von Eisen, so ist in diesem Falle $A = 2\frac{1}{2}$ Fuß, folglich die

anfängliche Geschwindigkeit der entfernten
Kugel oder $U = \sqrt{(57 \times 800 \times 2\frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times 2)}$

= ohngefahr 1355 Fuß.

Anmerkung.

§. I.

Da man sich öfters in practischen Fällen
der Pendulen bedienet, so will ich hier
ganz kürzlich zeigen, was bey der Bewe-
gung derselben vorkommt.

Es sey ABCD der Durchschnitt eines ^{Fg 27}
Körpers, welcher vermittelst einer vertica-
len Fläche gemacht worden. Durch O ge-
he die Axe mit dem Horizont parrallel,
diese ist also in diesem Punkt perpendicular
auf die verticale Fläche. I sey das Centrum
gravitatis des Körpers und die verticale
Fläche soll durch dasselbe gehen. Wenn
man nun die Linie OC ziehet, so ist dies
selbe auf die Axe, um die sich der Körper
drehet, perpendicular.



Es sey ferner die Maße des Körpers $= M$
 die Länge $O I = \dots = f$

Das Momentum inertiae des Körpers in
 Absicht auf die Axe, welche durch das
 Centrum gravitatis I, mit der Axe um welche
 sich der Körper drehet, parrallel geht, sey
 $M k k$ so ist $M (f f + k k)$ das Momen-
 tum inertiae in Absicht auf die Axe um wel-
 che sich der Körper drehet. Der Körper
 wird nun von der Schwehre sollicitirt,
 deren Direction auf den Horizont perpendi-
 kulär ist, und wenn man durch I die
 Lienie IH mit OC parrallel und beyde auf
 dem Horizont perpendikulär zieht, so ist
 IH die mittlere Direction der sollicitirenden
 Kräfte. Man ziehe OH auf IH perpendi-
 kulär, so wird $M \times OH$ das moment der
 Kräfte.

Nach Verfließung der Zeit t befinde sich
 die Lienie in die Lage wie die Figur zeigt,
 und der Winkel COH sey ϕ so ist $1 : \sin$
 $\phi = f : OH$ folglich $OH = f \sin \phi$ und als
 so



so ist $Mf \sin \phi$ das moment der Kräfte.

Ist nun x die Winkelgeschwindigkeit, so wird

$$dx = \frac{2g Mf \sin \phi dt}{M(f^2 + k^2)} = \frac{2gf \sin \phi dt}{f^2 + k^2}$$

wenn sich die Linie OI nach OC bewegt, geht aber OI von OC weg, so wird die Winkelgeschwindigkeit vermindert, und es ist

$$dx = - \frac{2g \sin \phi dt}{f^2 + k^2}$$

Wenn sich aber die Linie OI nach OC bewegt, so nimmt der Winkel ϕ ab, und es ist

$$x = - \frac{d\phi}{dt}$$

auf der andern Seite ist aber $x = \frac{d\phi}{dt}$

folglich in beyden Fällen

$$dd\phi = - \frac{2g f dt^2 \cdot \sin \phi}{ff + kk}$$

S. II. Durch diese Formel ist man im Stande, die ganze Bewegung der Pendulen zu bestimmen; denn man findet dadurch erstlich die Geschwindigkeit, welche dasselbe nach



nach Verfließung der Zeit t hat, oder in dem sich die Linie OI in einer gewissen Entfernung von der Perpendikulär Linie OC befindet. Denn wenn man die vorige Formel mit $2 d\phi$ multiplicirt, so wird nach geschehener Integration

$$d\phi^2 = \alpha dt^2 + \frac{2fg dt^2 \cos \phi}{ff + kk}$$

$$\text{und also } \frac{d\phi^2}{dt^2} = \alpha\alpha = \alpha + \frac{4fg \cos \phi}{ff + kk}$$

man weiß also die Winkelgeschwindigkeit. Die beständige Gröſſe α kann man auf zweyerley Art bestimmen. Gesezt α wäre $= c$ wenn die Linie OI in OC fällt, so wird $\cos \phi$ alsdenn $= 1$ folglich ist in diesem Falle $\alpha = cc - \frac{4gf}{ff + kk}$

Ist aber der Winkel ϕ bekannt, wenn $\alpha = 0$ ist, und dieser wäre $= \omega$ so wird in diesem Falle $\alpha = -\frac{4fg \cos \omega}{ff + kk}$ und also $\alpha\alpha = \frac{4fg}{ff + kk} (\cos \phi - \cos \omega)$

§. III. Um die Zeit zu bestimmen, kann man vor α den zuerst gefundenen Werth setzen, so wird

$$\alpha^2 = c^2 - \frac{4gf(1 + \cos \varphi)}{ff + kk}$$

Der Bequemlichkeit wegen setze man $\frac{4gf}{ff + kk} = \lambda$

so wird $dt = \frac{d\varphi}{\sqrt{(c^2 - \lambda(1 + \cos \varphi))}}$

Es ist aber $\frac{d\varphi}{\lambda \sin \varphi} = \frac{2\alpha ds}{\lambda \sin \varphi}$ folglich

$$dt = \frac{2\alpha ds}{\sqrt{(c^2 - \alpha^2)(2\lambda - c^2 + \alpha^2)}}$$

oder $dt = \frac{2\alpha ds (1 + \alpha^2)^{-\frac{1}{2}}}{\frac{2\lambda - c^2}{\sqrt{(2\lambda - c^2) \times \sqrt{(c^2 - \alpha^2)}}}}$

Es sey $2\lambda - c^2 = b^2$ so wird

$$dt = \frac{2\alpha ds (1 + \alpha^2)^{-\frac{1}{2}}}{b} = \frac{2\alpha ds}{b \sqrt{(c^2 - \alpha^2)}} \times$$

$$\left(1 - \frac{\alpha^2}{ab^2} + \frac{1.3.\alpha^4}{2.4.b^4} - \frac{1.3.5.\alpha^6}{2.4.6.b^6} + \&c.\right)$$

und



und also $t = \frac{2}{b} \text{Arc. Sin } \frac{s}{c} - \frac{2f}{b} \frac{ds}{\sqrt{(c^2 - s^2)}} \times$
 $\left(\frac{s^2}{2b^2} - \frac{1.3.s^4}{2.4.b^4} + \frac{1.3.5.s^6}{2.4.6.b^6} - \&c. \right)$

wenn nun s und c sehr klein in Absicht auf b sind, so wird ohne merklichen Fehler

$$t = \frac{2}{b} \times \text{Arc. Sin } \frac{s}{c} \sqrt{(2\lambda - c^2)}$$

also wenn $s = c$ wird $t = \frac{\pi}{\sqrt{(2\lambda - c^2)}}$ wo π die

halbe Peripherie bedeutet, und die ganze Zeit einer Oscillation oder $2t = \frac{\pi \sqrt{(ff + kk)}}{\sqrt{2gf}}$

indem man c wegläßt, weil der Werth dieses Buchstaben in Absicht auf gf sehr klein ist.

§. IV. Will man nun ein einfaches Pendul haben, welches mit dem Körper oder dem zusammengesetzten Pendul isochron seyn soll, daß ist, ein Pendul welches so beschaffen ist, daß, wenn man dasselbe zu Anfangs mit der Lienie OI in einerley Lage bringt, die Winkel welche diese Lienie OI

um

um das einfache Pendul und die Aye in gleichen Zeiten beschreiben, man mag diese Zeiten groß oder klein annehmen, allezeit einander gleich sind, so setze man die Länge dieses Penduls δ und stelle sich vor, die Masse des ganzen Körpers sey in dem äußersten Punkt dieser Linie vereinigt. Es fällt also auch das Centrum Gravitatis in diesem äußersten Punkt, und also ist der Werth des Buchstaben $k = 0$. Setzet man nun vor f in der vorigen Formel δ , so wird die Bewegung des einfachen Penduls durch
$$dd\varphi = - \frac{2g \, dt \, \sin \varphi}{\delta}$$

ausgedrückt; weil das einfache Pendul mit dem zusammengesetzten isochron seyn soll, so wird
$$- \frac{2g \, dt \, f \, \sin \varphi}{ff + kk} = - \frac{2g \, dt \, \sin \varphi}{\delta}$$

folglich
$$\delta = \frac{ff + kk}{f}$$

Ein solches Pendul macht also eine Oscillation in $\pi \sqrt{\frac{\delta}{2g}}$ Sekunden, welches leicht aus



aus der vorigen Formel vor die Zeit zu ers
sehen. (§ III)

§. V. Die Länge dieses einfachen Pend
duls bestimmt nun das sogenannte Cen
trum oscillationis des Körpers; und darun
ter versteht man also denjenigen Punkt in
dem Körper, der so beschaffen ist, daß
wenn man die ganze Masse sich in demsel
ben vereinigt vorstellt, und man zöge durch
diesen Punkt eine gerade Linie, auf die
Axe perpendicular, diese gerade Linie eine
Oscillation in eben der Zeit vollendet, in
der sie der Körper vollendet.

§. VI. Man siehet auch aus der vori
gen Formel vor die Zeit leicht ein, daß, wenn
man die Zeit weiß in der ein Pendulum
eine Oscillation macht, man leicht das
Centrum oscillationis des Körpers bestim
men kann. Gesezt diese Zeit ist τ Secun
den so wird $\tau = \pi \sqrt{\frac{d}{2g}}$ folglich wird
daraus $d = \frac{2g \tau \tau}{\pi \pi}$ z. E. ein Körper
macht

macht m Oscillations in n Secunden so wird er eine Oscillation in $\frac{n}{m}$ Secunden

machen, folglich wird $\tau = \frac{n}{m}$ und also

$$d = \frac{2g n^2}{m^2 \pi \pi}. \text{ Es sey z. E. } n = 7, m = 30$$

$$\text{so wird } d = \frac{2g 7^2}{30^2 \pi \pi} = 0,506 \text{ Rhein-$$

ländische Fuß.

Will man z. E. die Länge des einfachen Penduls wissen, welches eine Oscillation in einer Sekunde macht, so wird $\tau = 1$ Sekunde, folglich $d = \frac{2g}{\pi \pi}$

Da nun $g = 15,625$ Rheinländische Fuß, so wird $d = 3,166287$ Rheinl. Fuß. Dieses ist also die Länge eines einfachen Penduls, welches Sekunden schlägt.

S. VII. Man kann ferner, wenn man das Centrum oscillationis des Körpers weiß, das momentum inertiae in Absicht auf die

Zweit. Th.

B b

Arc



Axe finden, um welche sich der Körper drehet. Denn da $d = \frac{ff + kk}{f}$ so wird

$Mdf = M(ff + kk)$. Man bekommt also dieses momentum inertia, wenn man die Entfernung des Centri gravitatis von der Axe in die Entfernung des Centri oscillationis von der Axe, und das Product wieder durch das Gewicht des Körpers multiplicirt.

§. VIII. Wenn man die Winkelgeschwindigkeit des Penduls weiß, so kann man das durch leicht die Geschwindigkeit eines jeden andern Punktes finden, dessen Entfernung von der Axe gegeben ist. Es sey u die Geschwindigkeit eines gewissen Punktes in dem Körper, dessen Entfernung von der Axe $= p$ ist, so ist $1:z = p:u$ folglich $u = pz$. Wenn nun alles das Vorhergehende bleibt, so wird $\frac{uu}{pp} = z + \frac{4g \cos \varphi}{d}$

ist nun b die Geschwindigkeit dieses Punktes, wenn



wenn die Kienie, die von demselben auf die
 Are perpendicularär gezogen worden, in OC
 fällt, so wird $a = \frac{bb}{pp} - \frac{4g}{\delta}$ folglich

$$\frac{uu}{pp} = \frac{bb}{pp} + \frac{4g \cos \varphi}{\delta} - \frac{4g}{\delta} \quad \text{Weiß}$$

man nun den Winkel φ wenn $u = 0$ so kann
 man dadurch die anfängliche Geschwindig-
 keit bestimmen. Es sey $\varphi = \omega$ wenn $u = 0$
 so wird $bb = \frac{4gpp}{\delta} (1 - \cos \omega) =$

$$\frac{4gpp \sin \text{Vers } \omega}{\delta}$$

S. IX. Auf diese letztere Formel beruhet
 die Erfindung der Maschienen des Herrn
 Robins und des Ritter d'Arcy, wenn dar-
 mit die Lehre von dem Stoß der Körper
 verbunden wird. Um zu zeigen, woraufes
 dabey ankomme, sey AB ein Pendul, dessen
 Centrum oscillationis in dem Punkt O in
 der Kienie AB ist, welche durch das Cen-
 trum gravitatis des Körpers geht, und OA



sey = d . Wenn nun eine Kugel gegen das
 Pendulum stößt und demselben eine Ge-
 schwindigkeit beibringt, dergestalt, daß es
 den Winkel BAC beschreibt, so kann man
 die Sehne BC des beschriebenen Winkels
 messen, und folglich die Geschwindigkeit ei-
 nes jeden Punktes des Penduls finden.
 Z. E. Man wolte die Geschwindigkeit des
 Punktes P finden. Es sey also $AP = p$.
 Die Sehne $BC = c$. Zieheth man CD
 auf AB perpendicular, so wird BD der Si-
 nus versus des Winkels BAC , wenn der
 Radius AB . Ist nun die ganze Länge des
 Penduls oder $AB = a$, so verhalten sich
 der Sinus versus der Winkel wie die Radii,
 folglich ist $a : 1 = BD : \text{Sin. versus } BAC$.
 Es ist aber $DB : BC = BC : 2AB$, folglich
 $BC = \frac{c c}{2 a}$ und demnach $\text{Sin. vers. } BAC = \frac{c c}{2 a}$.

Wenn nun b die anfängliche Geschwindig-
 keit des Punktes P ist, so wird nach der vor-
 rigen Formel $b b = \frac{2 g p p c c}{d a a}$ Rheinländische
 Fuß:

Fuß: und wenn P selbst das Centrum oscillationis wäre, so ist die Geschwindigkeit des Centri oscillationis, weil $p = r$ alsdenn $2g \text{ r cc}$ Rheinländische Fuß.

§. X. Wenn man aber die Geschwindigkeit, auf der die Kugel in P gegen das Pendulum stößt, bestimmen will, so sey das Gewicht des ganzen Penduls $= P$, die Entfernung des Centri gravitatis von der Aze $= f$. Die Geschwindigkeit der Kugel $= v$. So bald die Kugel gegen das Pendul stößt, so äußert sie gegen dasselbe eine gewisse Kraft, und bringt demselben eine gewisse Geschwindigkeit bey, und diese Kraft wirkt so lange, bis die Geschwindigkeit der Kugel und des Punktes wo sie anschlägt, gleich geworden. Dadurch aber wird die Geschwindigkeit der Kugel immer kleiner, weil das Pendulum zurückwirkt. Man stelle sich also vor, V sey die Kraft, welche in das Pendul, und ebenfalls in die Kugel zurücke wirkt, und



diese Kraft bringe dem Pendul in der Zeit dt die Winkelgeschwindigkeit $d\alpha$ bey, so ist $p d\alpha$ die Geschwindigkeit des Punktes P . Wenn nun die Kugel perpendicularär auf AB anschlägt, so ist Vp das moment der Kraft V . Hieraus wird also $p d\alpha$ oder $dz = \frac{Vp^2 dt}{P \delta f}$, wo dz

die Geschwindigkeit des Punktes P und $P \delta f$ das momentum inertiae bedeutet.

Es sey ferner dy der Grad der Geschwindigkeit, welchen die Kugel verliert. Weil sich nun die Kugel mit um die Ase bewegt, so muß ihre Bewegung auch als die Bewegung eines andern Penduls angesehen werden. Ist nun q das Gewicht der Kugel, so wird qpp das momentum inertiae der Kugel in Absicht auf die Ase, und Vp das moment der Kraft, welche in die Kugel würkt. Also ist $dy = \frac{Vpp dt}{qpp}$

Es ist demnach $dz : dy = \frac{Vpp dt}{P \delta f} : \frac{Vpp dt}{qpp}$
 folge



folglich $z: y = qpp: P\delta f$. Nun hört die Kraft V auf, wenn die Geschwindigkeit der Kugel und des Penduls einander gleich sind, folglich muß $u - y = z$ seyn. Also wird $u = y + z = \frac{P\delta f z + z}{qpp}$

$$\text{oder } u = \frac{(P\delta f + qpp)z}{qpp}$$

Wenn nun die Kugel in das Pendul bleibt, so wird dadurch das Centrum gravitaris verändert. Ist nun k die Entfernung desselben von der Aze, so ist aus der Statik bekannt, daß weil die Kugel im Pendul steht $(P + q)k = Pf + qp$ wo f und p die vorhin angenommene Werthe haben. Also ist $k = \frac{Pf + qp}{P + q}$ Das momentum iner-

tia des Penduls aber, wenn die Kugel darinnen ist, ist $Pf\delta + qpp$, folglich ist die Entfernung des neuen Centri oscillationis von der Aze, wenn nemlich die Kugel in das Pendul ist, das ich l nennen



will $= \frac{Pf\delta + qpp}{Ff + qp}$. Weil nun $z^2 =$

$$\frac{2gp^2c^2}{a^2l} \text{ (§. IX).}$$

$$\text{so wird } z = \sqrt{\frac{2gp^2c^2}{a^2d} \times \frac{Pf + qp}{Pf\delta + qpp}}$$

$$\text{folglich } u = \frac{c}{apq} \sqrt{2g(Pf + qp)(Pf\delta + qpp)}$$

Wäre nun die Kugel im Centro oscillationis
des Penduls angeschlagen, so wäre $p = \delta$
folglich $u = \frac{c}{aq} (Pf + q\delta) \sqrt{\frac{2g}{\delta}}$

Und beyde Formeln drücken die Geschwin-
digkeit der Kugel in Rheinländischen Maaß
aus. Diese Formeln verwandeln sich in
die Formeln des Verfassers, wenn man hier
b vor a, f vor p, und a vor f, und d vor δ ,
setzet. Die Formel des Verfassers ist aber
nach dem Piede d'Eliprando eingerichtet,
nach diesem Maaß ist $g = 9, 56$ Fuß, und
folglich $2g = 19, 12$. Folglich, wenn
man dieses Maaß gebraucht,

$$u =$$

$$u = \frac{c}{a q} (P f + q d) \sqrt{\frac{19}{d}}$$

In Deutschland kann man sich des Rhein-
ländischen Maasses bedienen.

Zweite Anmerkung.

Mit der Maschiene, welche der Verfasser *Fg. 29*
(S 164) beschreibt, kann man eine andere
verbinden, deren Einrichtung zwar sehr
einfach ist, durch die man aber im Stande
ist, die anfängliche Geschwindigkeit vor
alle Arten von Geschütz zu bestimmen.

In der Entfernung von 15 bis 30 Fuß *Fg. 30*
von dem Geschütz, dessen man sich bedienet,
lasse man die Seulen A B, A B, die durch die
Riegel A A, T U mit einander verbunden
sind, und auf einem Gestelle ruhen mit
dem Fuß B in die Erde setzen, damit sie
unbeweglich stehen. Die Höhe dieser Seu-
len und ihre Breite und Dicke ist willkühr-
lich; doch kann man dieselbe etwas hoch
machen lassen, damit eine Bombe, wenn



der Mortier im 45° elevirt ist, zwischen sie durchgehen kann. Die eise Seule AB ist von a bis d ausgeschnitten und auf der einen Seite sind Löcher l, l, 2c. ohngefähr 2 Zoll von einander eingebohrt, und dieses in der Absicht um dadurch einen kleinen eisernen Zylinder b b zu stechen, um den sich eine kleine Rolle RR drehen kann.

ED, EF sind ein paar starke elastische Federn, die an der eisernen Platte GH befestiget sind. Die Feder ED ist nach dem Kanon zu gekehrt, und vornen sehr spitz. Die andere Feder EF aber ist nach der Spitze der Seule AB zu gekehrt, und hat vornen bey F eine kleine Schneide die mäßig scharf ist. Die Platte GH mit den Federn, schraubt man an die Seule AB, welche ausgeschnitten ist, vermittelst Schrauben feste an.

Wenn man nun die Geschwindigkeit einer gewissen Kugel bestimmen will, so spannt man die Feder EF vermittelst eines dazu

dazu bequemen Seiles, welches über die Rolle R geht und an der andern Seule AB in S befestiget wird.

Die Feder CD spannt man ebenfalls vermittlest eines andern Seiles, welches nach der Mündung des Kanons zu geht, und vorher über eine kleine horizontale Rolle r gezogen wird. Ueber der Mündung des Kanons wird ein ander Seil gespannt, in dessen Mitte das Seil, wodurch die Feder CD gespannt wird, befestiget wird.

Wenn nun die Federn stark genug gespannt sind, welches man durch die an der Seule AB angebrachten Schrauben P, Q bewerkstelligen kann, so stelle man das Rad, welches der Verfasser beschrieben, dichte an die Federn, dergestalt, daß wenn die Federn loschnellen, sie in dem Rande des Rades einschlagen. In dieser Absicht, muß man den ganzen Rand des Rades mit Wachs ohngefehr $\frac{1}{4}$ Zoll dicke auslegen.

Das



Das Kanon richte man nach dem Seile RS wodurch die Feder EF gespannt wird. So bald nun das Kanon abgeseuret wird, so reißt die Kugel den über die Mündung gespannten Faden entzwey, die Feder CD schnelt alsdenn los und macht in der Peripherie des Rades einen Eindruck und beschreibet einen kleinen Bogen so lange bis die Kugel das zweite Seil entzwey reißt, und dadurch die Feder EF Freiheit bekommt, auch loszuschellen. Diese schlägt von oben herrunter und macht einen kleinen Strich in der Peripherie des Rades; Wenn nun das Rad in Bewegung gesetzt worden, so weiß man auf diese Art den Bogen, den das Rad, dessen Bewegung gleichförmig seyn muß, während der Zeit beschreiben, welche die Kugel angewendet, um von der Mündung G bis an dem Seile RS zu kommen. Weil nun die Zeit bekannt ist, in der das Rad einmal herum kommt, so kann man dadurch die Zeit finden, in der ein

ein Punkt des Rades den gegebenen Bogen beschrieben. Folglich kann man dadurch auch, weil die Entfernung des Kanons von dem Seile RS bekannt ist, die Geschwindigkeit wissen, mit der die Kugel aus der Mündung gegangen.

Dabey merke man, daß man zu dem auf der Peripherie des Rades, durch die Federn bezeichneten Bogen, noch die Entfernung der Spitzen der Federn von einander hinzu rechnen muß.

Ich habe diese Maschine in der Absicht erdacht, um auch mit grossen Geschütz einige Versuche über den Widerstand der Luft zu machen, welche nicht mit sonderlichen Erfolge angestellt werden können, wenn man nicht die anfängliche Geschwindigkeit der Kugel weiß. Aus der Beschreibung ist leicht zu sehen, daß der Erfolg derselben allezeit richtig seyn muß, sobald man nur ein Mittel hat, die Bewegung des Rades gleichförmig zu erhalten, welches

ches gewiß geschehen kann, da es der Verfasser selbst zu wege gebracht hat. Ein jeder kann selbst diese ganze Maschine zu seinem Gebrauch so bequem einrichten als er es vor nöthig befindet, und noch allerhand Verbesserungen hinzu setzen.

Dritte Anmerkung.

In dem 175 § giebt der Verfasser eine Formel an, davon ich den Beweis hier geben will. Es sey n die größte Gewalt der flüssigen Materie oder vielmehr diejenige Zahl welche anzeigt, wie vielmahl die größte Elasticität der flüssigen Materie stärker ist als die Elasticität der natürlichen Luft, und man setze daß diese größte Elasticität durch den Raum oder die Länge AD des Laufs gleichförmig würket. Der Diameter der Kugel sey $= 2r$; g sey der Raum den ein schwehrender Körper in Luft-leeren Raum in einer Secunde frey herabfallen würde.

Ferner

Ferner sey $AC = x$ und die Geschwindigkeit der Kugel bey C sey z .

Man weiß aber daß der Druck oder die Elasticität der Luft einer Wasser = Seele gleich ist, deren Höhe ohngefehr 32 Rheintl. Fuß ist. Die größte Elasticität der flüssigen Materie ist also einer Luft = Seele gleich, deren Höhe 32. n Rheintl. Fuß. Man setze ferner die Materie aus der die Kugel besteht sey m mahl schwehrer als das Wasser; so ist die Wasser = Seele deren Höhe 32 n, so schwehr als eine andere Seele, welche aus eben der Materie besteht, woraus die Kugel verfertigt worden, und deren Höhe $\frac{32 n}{m}$ Rheintl. Fuß ist.

Da also die Seele und die Kugel von einerley Materie sind, folglich einerley Dichtigkeit haben, so verhalten sich die Gewichte derselben wie die geometrische Räume. Wenn man nun die Kugel in einen Zylinder verwandelt, dessen Base der größte Zirkel



Zirkel der Kugel, so ist die Base dieser beiden Zylinder einander gleich. Ist nun P das Gewicht der Kugel so wird

$$\frac{4r}{3} : \frac{32n}{m} = P : \text{Gewicht der Seele.}$$

Diese Seele ist die sollicitirende Kraft, welche die Kugel in Bewegung setzt, und diese Kraft ist also $= \frac{32 \cdot 3 \cdot n \cdot P}{4 \cdot m \cdot r}$

Wenn nun dz das Element der Geschwindigkeit in C ist, und dx das Element der Länge AC ; so ist nach den Grundsätzen der Mechanick.

$$z \, dz = \frac{2g \times 3 \cdot 32n \, dx}{4 \, m \, r}$$

Weil nun voraus gesetzt wird, daß die *Vis acceleratrix* unveränderlich bleibt oder gleichförmig wirkt, so wird

$$z^2 = \frac{4 \cdot g \cdot 3 \cdot 32 \cdot nx}{4 \, m \, r}$$

Will man nun die Geschwindigkeit wissen, mit der die Kugel aus dem Lauf getrieben



ben wird, so setze man $x = AD = 1$ so wird

$$z^2 = \frac{4 \cdot g \cdot 3 \cdot 32 \cdot n l}{4 m r}$$

setzt man aber mit dem Verfasser $\frac{32 \cdot 3 \cdot n P}{4 m r} =$

$$a = AS \text{ so wird } z dz = \frac{2 g a dx}{P}$$

folglich $zz = \frac{4 g a x}{P}$ oder das Quadrat

der Geschwindigkeit an der Mündung.

$$zz = \frac{4 g a l}{P}$$

Der Verfasser giebt ferner eine Scale an, welche das Gesetz bestimmt, nachdem die veränderliche Kraft drückt, und jede Ordinate y derselben stellt die Grösse der Kraft in dem Punkte der Abscisse x vor, welche zu der Ordinate gehört. Wenn nun u die Geschwindigkeit ist, welche die Kugel von der veränderlichen Kraft einge-
druckt wird, so ist $u du = \frac{2 g y dx}{P}$



$$\text{folglich } uu = \frac{4g \int v dx}{P}$$

Nun stellt der Mann ASND das Integral $\int v dx$ vor, folglich ist das Quadrat der Geschwindigkeit, welche die Kugel bey der Mündung durch die Wirkung dieser veränderlichen Kraft erhalten, oder

$$uu = \frac{4g ASND}{P}$$

Von der beständig gleichförmig wirkenden Kraft a würde aber die Kugel eine Geschwindigkeit erhalten, deren Quadrat $zz = \frac{4gal}{P}$

$$\text{Folglich ist } uu : zz = \frac{4g ASND}{P} : \frac{4gal}{P}$$

$$\text{Folglich } uu = \frac{ASND \times zz}{al}$$

$$\text{Es ist aber auch } zz = \frac{4g \cdot 3 \cdot 32 nl}{4 mr}$$

$$\text{Also ist } uu = \frac{96 \cdot gnl \cdot ASND}{mr al}$$

Nun ist die Höhe eines Barometers, der mit

mit der Kugel von einerley Materie ist,
 $\frac{32}{m} = A$ nach dem Verfasser. Ferner setzt

$$\text{der Verfasser } \frac{ASND}{al} = p$$

Wenn man sich nun der Benennungen des
 Verfassers bedient, so wird

$$uu = \frac{6gnlpA}{2r}$$

Es bedient sich aber der Verfasser des Piede
 d'Eliprando, und ein Rheinländischer Fuß
 ist 0,6119 vom Piede Eliprando; da nun
 $g = 15,625$ Rheintl. Fuß, und man ver-
 wandelt diese Zahl in dem Maaß, davon
 der Piede d'Eliprando die Einheit ist so
 $g = 9,56$ und also $6g = 57,3656$
 vor welche Zahl der Verfasser nur bloß 57
 genommen. Hieraus wird

$$uu = \frac{57. nlpA}{2mr}$$

$$\text{folglich } u = \sqrt{\frac{57. nlpA}{2mr}}$$



Um aber diese Formel nach dem Rheinländischen Maass zu gebrauchen, welches bey uns üblich ist, muß man die erstere Formel

$$u = 4\sqrt{\frac{6g n l A S N D}{m r a l}}$$

Rheinländ. Fuß

nehmen, welche ohne Zweifel auch deutlicher seyn wird, weil darin kein Barometer vorkommt, über welches man sich den Kopf zerbrechen darf.

Vierte Anmerkung.

Die Formel welche der Verfasser in 176 S. angiebt um die Geschwindigkeit der Canonen Kugeln zu bestimmen, bedarf einiger Erklärung. Indem eine Kugel gegen einen Wall geschossen wird, so dringt sie darinnen ein, und bleibt darinnen stecken, und es ist offenbar daß sie bey dem Eindringen überall gleichen Widerstand antrifft. Man kann sich also dabey einer Kraft gedenken, welche unveränderlich ist, und die Geschwindigkeit der Kugel vermindert. Diese widerstehende Kraft sey also p . Man setze, daß

daß diese Kraft dem Gewichte einer Wasser-
 Seule gleich sey, deren Base der größte
 Zirkel der Kugel die Höhe aber h ist. Die
 Dichtigkeit der Kugel verhalte sich zur Dicht-
 tigkeit des Wassers wie $n : 1$. Wenn also
 B der größte Zirkel der Kugel und D der
 Diameter ist, so ist die Kugel einem Zylind-
 er gleich, dessen Base B und die Höhe $\frac{2}{3} D$,
 das Gewicht der Kugel ist also dem Ge-
 wichte eines gleich dicken Zylinders von
 Wasser gleich, dessen Höhe $\frac{2}{3} n D$. Da-
 nun die Kraft p einer gleich dicken Wasser-
 Seule gleich ist, deren Base auch B und
 die Höhe h ; so ist $p : P = h : \frac{2}{3} n D$ wenn
 P das Gewicht der Kugel bedeutet: also ist
 die widerstehende Kraft $p = \frac{3 P h}{2 n D}$

Es sey c die Geschwindigkeit mit der
 die Kugel an den Ball stößt, und die
 Kugel sey bis auf die Tiefe x hinein
 gedrungen und u sey die Geschwindigkeit
 derselben auf der Tiefe x , ist nun, ferner g

$C c \quad 3$

der



der Raum den ein Körper im luftlee-
ren Raum in Zeit von einer Secunde her-
ab fällt, so bekommt man aus den Ge-
setzen der Mechanick $u du = - \frac{2 g \cdot 3 \cdot h dx}{2 n D}$

Da nun p eine gleichförmig wirkende
Kraft ist, so wird auch h unveränderlich
bleiben, folglich ist $u u = a - \frac{4 g \cdot 3 \cdot h x}{2 n D}$

Weil nun $u = c$ wenn $x = 0$ so wird
 $a = c c$ folglich ist $u u = c c - \frac{4 g \cdot 3 \cdot h x}{2 n D}$

Ist nun S die Tiefe des Lochs, so wird
 $u = 0$ wenn die Kugel auf diese Tiefe ein-
gedrungen, denn daselbst muß nothwendig
die Geschwindigkeit der Kugel aufhören,
hieraus wird aber $c c = \frac{6 g h S}{n D}$

Vor einer andern Kugel deren Dimes-
ter d ist, und die mit der Geschwindigkeit
 b an den Ball stößt wäre also $b b = \frac{6 g h s}{m d}$

Wenn



wenn m die Dichtigkeit dieser Kugel und
 f die Tiefe des Lochs wäre. Folglich ist

$$cc: bb = \frac{S: f}{nD: m\delta}$$

$$\text{also } cc = \frac{bb. m\delta S}{nD s}$$

Wenn man demnach die Geschwindig-
 keit b der letztern Kugel weiß, ihren Dia-
 meter, die Tiefe des Lochs und die beson-
 dere Schwebre oder die Dichtigkeit der Ku-
 gel, so kann man leicht die Geschwindig-
 keit c der erstern Kugel in eben dem Maas
 finden, in dem die Geschwindigkeit b aus-
 gedrückt wird. Vor n setzt der Verfasser
 in dieser letztern Formel g . Man kann
 nunmehr leicht die Methode des Verfas-
 sers begreifen, welche er anwendet, um
 die Geschwindigkeit zu bestimmen.





Fünftes Capitel.

Von den Versuchen, die man anstellen kann, um den Widerstand der Luft zu bestimmen.

S. 184.

Wenn man Kanons von verschiedenem Kalieber und von verschiedener Länge, mit einer gewissen Quantität von einer gewissen Art Pulver ladet, und diese Ladung dem Gewichte der Kugel proportional annimmt, und die Vorschläge in allen Kanons gleich stark ansetzet, so wird man beständig finden, daß, wenn man die anfängliche Geschwindigkeit der Kugel bestimmt, dieselbe desto grösser ist, je kleiner der Kalieber des Kanons ist.

Wenn man aber bey eben diesen Umständen dieselbe Kanons in einer Gegend abfeuert, die man mit Fleiß ausgesucht hat, um die Schußweiten auf verschiedenen horizontalen Flächen zu messen, davon die eine
immer

immer niedriger ist als die andere, und alle niedriger sind, als diejenige, auf der die Kanons stehen, so wird man gewahr werden, daß die Schußweite eines Kanons von einem grossen Kalieber sich der Schußweite aus einem Canon von einem kleinern Kalieber immer mehr und mehr nähert, endlich grösser wird, und dieses um besto merklicher, je niedriger die horizontale Fläche ist, auf der die Kugel das erstemal aufgeschlagen.

§. 185. Da nun aber ausgemacht ist, daß die Geschwindigkeit der Kugeln in den Kanons von einem kleinern Kalieber, unter den gegebenen Umständen grösser ist, so ist offenbar, daß in diesem Falle die Summe des Drucks auf die Kugel bey den Kanons von einem kleinern Kalieber zu dem Diameter der Kugel eine grössere Verhältniß hat. Dieses kann man daraus abnehmen. Wenn der Widerstand gegen der Gewalt der flüssigen elastischen Materie bloss



von der Kraft der Trägheit der Vorschläge und der Kugel herrührte, so wäre derselbe aus diesem Grunde dem Diameter der Kugel proportional, folglich würde die gedachte Summe des Drucks in den grossen Kanons zu dem Diameter der Kugel eine grössere Verhältniß haben, als in dem kleinern (S. 154.). Im gegenwärtigem Falle aber ist der Widerstand, welcher von dem Reiben der Vorschläge herrühret, die in die Kanons von verschiedenen Kalieber gleich stark angesetzt worden, in den Kanons von einem kleinen Kalieber stärker, folglich muß so wohl aus diesem Grunde, als auch weil das Pulver in diesen Kanons dichter an einander liegt, die aus dem Pulver erzeugte flüssige Materie in den Raum, den die Ladung einnimmt, eine grössere Elasticität als in dem ersten Falle haben, folglich muß auch ein jedes Körnchen weit plötzlicher von der Flamme verzehrt werden, und die Summe des Drucks auf die Kugel, in
den

den Kanons von einem kleinern Calieber, zu dem Diameter der Kugel eine grössere Verhältniß haben. Hierzu kommt noch, daß die kleinern Kanons nach Proportion länger sind, und also die Kugeln in denselben den Druck der elastischen Materie länger empfinden; und aus diesem Grunde allein folgt schon, daß die Geschwindigkeit der Kugel grösser seyn muß, als in den Kanons von einem grössern Calieber.

§. 186. Die zweite Erfahrung, die §. 184 angeführt worden, rühret blos von dem Widerstande der Luft auf die Kugel her, welcher bey sehr schneller Bewegung sehr beträchtlich ist; und da die Schußweiten bey den kleinen Kanons desto kleiner werden, so sieht man daraus, daß der Widerstand dabey weit heftiger seyn muß. Will man sich überzeugen, daß dieses lediglich von dem Widerstand der Luft auf die Kugel her rühret, so darf man nur die Schußweiten, welche man im Junio 1764. auf einer
Fläche



Fläche längst dem Po gemessen, gegen die Schußweiten halten, welche man mit der gegebenen anfänglichen Geschwindigkeit bekommen würde, wenn die Kugel nicht widerstände.

Bei diesen Versuchen bediente man sich nebst den schon oben angezeigten Ladungen und Kugeln, auch eben der Vorsicht, um die in der Tafel angezeigte anfängliche Geschwindigkeit zu bekommen. Man that ferner damit verschiedene Schüsse, dergestalt, daß die Kugel durch diejenige Luft gehen mußte, welche sich über dem Fluß befindet. In dieser Absicht suchte man die beynahe vollkommene ebene Fläche längst dem Po aus, welche zwischen den Mühlen von Rocca franca und der Capelle des Crucifixes liegt, die unter dem Namen Pilonetto bekannt ist. In den fünf hinter einander folgenden Vormittagsstunden, die man zu diesen Versuchen anwandte, war die Höhe des Barometers auf der Batterie beständig 17 Zoll,

17 Zoll, 6 Lienen, ausgenommen den dritten Tag gegen Mittag, wo dasselbe eine Lienie höher stieg.

Verzeichniß der Schußweiten, welche im Junio 1764 längst dem Po beobachtet worden, und derjenigen, welche man mit der gegebenen anfänglichen Geschwindigkeit bekommen würde, wenn die Luft der Bewegung der Kugel nicht widerstände.

	Anfangliche Geschwindigkeit	Elevation Winkel	Schußweit.	
			im Junio 1764	wenn die Luft nicht widerstände
1) Gezogenes Rohr von $\frac{5}{8}$ Unzen im Caliber, dazu die bleyerne Kugel das Gewicht zu einem andern Rohr hatte, dessen Caliber $\frac{6}{8}$ Unzen war.	Fuß	grad	Fuß	Fuß
		15°	1596	35410
	1160	24 $\frac{1}{2}$	1662	53 15
		45	1584	70821

2) Flint



		An- fäng- liche Ge- schwin- digkeit	Ele- vari- ons- Win- kel	Schußweit.	
				im Ju- nio 1764	wenn die Luft nicht wie- der- stände
2) Flinte v. 1 Un- ze im Calieber, die bleyerne Ku- geln waren von eben dem Calie- ber, und wogen $23\frac{1}{3}$ bis $23\frac{1}{2}$ Den.		7 Fuß	grad	Fuß	Fuß
			$7\frac{1}{4}$	1680	13959
			15	2310	27918
		1030	$24\frac{1}{3}$	2364	41877
			45	2090	55836
3) Große Musch- quete von $3\frac{1}{2}$ Unze im Ca- lieber, die Ku- geln dazu waren	Kugeln von 3 Unz. im Gew. und Calieber.		15	3544	31842
		1100	$24\frac{1}{3}$	3102	47563
			45	2940	63684
	Kugeln von $3\frac{1}{2}$ Unze im Gew. und Calieber.	1050	15	3006	29013
	Kugeln von $3\frac{1}{2}$ Unze Calieber, aber 3 u. schwer	1227	15	2890	39619

Aus dieser Tabelle siehet man also, z. E. daß aus dem gezogenen Rohr unter den 45° die Kugel mit einer Geschwindigkeit von 1560 Fuß nur auf 1584 Fuß getrieben worden, da sie doch im Luft-leeren Raum 70821 Fuß weit, hätte gehen sollen. Wenn man aber die anfängliche Geschwindigkeit der Kugel nahe an der Mündung mißt, so geht die Kugel durch einen sehr kleinen Raum der mit Luft angefüllt ist, wenn sie aber im 45° abgeschossen wird, so beschreibt sie in der Luft einen grossen Raum. Im ersten Falle also hat sie wenig von der Geschwindigkeit verlohren, so daß sie im Luft-leeren Raum auf die in der Tabelle angezeigte Weite gehen würde. Da sie aber doch wirklich nicht so weit gehet, so sieht man augenscheinlich, daß der grosse Unterschied welcher sich zwischen diesen beyden Schußweiten zeigt, lediglich dem Widerstand der Luft auf die Kugel zuzuschreiben ist.



§. 187. Aus folgenden angestellten Erfahrungen wird man ferner sehen, daß der Widerstand, den die Kugel leidet indem sie sich durch die Luft bewegt, welche gerade über das Wasser befindlich ist, grösser ist als der Widerstand den sie in einer weit von dem Wasser entfernten Luft antrifft.

Im Junio 1764. that man in eben der Gegend bey den Mühlen von Roccafranca mit dem grossen Musqueten-Lauf von $3\frac{1}{2}$ Unze Calieber unter einen Winkel von 15° einige Schüsse, mit Kugeln, welche eine Geschwindigkeit von 1050 Fuß bekommen, und nahm aus verschiedenen Schußweiten die mitlere Schußweite 3006 Fuß. Darauf brachte man diesen Lauf geschwinde seitwärts nach der Straße von Stupinigi zu, und that in dieser Gegend, so viel als möglich unter eben den vorigen Umständen und unter eben dem Erhöhungswinkel andere Schüsse, und fand aus diesen 3300 Fuß vor die mittlere Schußweite.

§. 188. Wenn man die beyde vorhergehende Paragraphen gegen einander hält, so kann man daraus einige Folgen herleiten, welche (in den Anfangs-Gründen der Physik und Mechanik) bey der Theorie von dem Widerstande der Luft vorkommen.

1) Der Widerstand der Luft ist bey Kugeln von einem kleinen Kalieber grösser als bey andern, wenn die Kugeln einerley besondere Schwere haben.

2) Der Widerstand der Luft ist bey Kugeln von einerley Diameter, auf diejenigen stärker deren besondere Schwere kleiner ist.

3) Den weitesten Schuß bekommt man unter einen Winkel welcher kleiner ist als 45° wenn das Geschütz und der Gegenstand den man treffen will, auf einer horizontalen Fläche liegen.

4) Der Erhöhungs-Winkel, unter dem die Schußweite am grössten ist, weicht desto mehr von 45° ab, je kleiner der



Calieber und die besondere Schwere der Kugel ist.

5) Der weitste Schuß, den man aus einem gewissen Geschütz bekommt, wenn man die stärkste übliche Ladung nimmt, hängt von der Richtung des Geschüzes, von der anfänglichen Geschwindigkeit der Kugel, von dem Diameter und dem Gewichte derselben, ferner von der Dichtigkeit der Luft, welche die Kugel durchstreicht, und von der Lage des Geschüzes und des Punkts ab, der getroffen werden soll, ob beyde in einem Horizont oder in verschiedenem liegen.

Wenn man diese Folgen in Erwägung zieht, und mit dem was (§ 102, 103, 104) gesagt worden, verbindet, so wird man leicht überzeugt werden, daß die Versuche welche man anstellt, um aus den verschiedenen Schußweiten, diejenige Ladung zu bestimmen, welche die Kugel am weitesten

weitesten treibt, und also derselben die größte Geschwindigkeit beybringt, (§ 88) ihrer Natur nach sehr zusammen gesetzt sind, und der Erfolg aus denselben häufigen Veränderungen unterworfen ist, besonders wenn die Kugel einen grossen Raum beschreiben muß ehe sie aufschlägt, und viele Tage erfordert werden um diese Erfahrungen anzustellen.

§. 189. In dem Verzeichniß, worin ich die Schußweiten welche wirklich beobachtet worden, mit den Schußweiten verglichen habe, auf welche die Kugel getrieben werden würde, wenn der Widerstand der Luft nicht da wäre, wird voraus gesetzt, daß, die Ladung beständig der Kugel einerley Geschwindigkeit beybringt, man mag das Geschütz horizontal richten oder daßelbe sonst unter einer gewissen Elevation abfeuret.

Diese Voraussetzung findet bey den kleinen Gewehren deren ich mich bedienet,



vollkommen statt, und die Versuche § 169 sind dieser Wahrheit gar nicht entgegen. Um aber doch dieses zu beweisen, nahm ich den Flintenlauf, richtete denselben vollkommen horizontal, und schoß ihn unter den Umständen, worin die Kugel eine Geschwindigkeit von 1030 Fuß bekommt, gegen ein ziemlich homogenes und drey Fuß davon entferntes Ziel: hierauf nahm ich eben dieselbe Ladung, und richtete den Lauf vertikal und schoß ihn gegen eben das Ziel, welches wieder drey Fuß davon entfernt war. Darauf fand ich, daß die Kugel bey diesen beyden Richtungen gleich tief in eben das Ziel, nemlich $7\frac{1}{2}$ Zoll eingedrungen war.

§. 190. Weil also bey kleinen Kugeln die Geschwindigkeit, welche aus einer gewissen Ladung erzeugt wird, bey jedem Erhöhungswinkel einerley ist, sich aber bey einem größern Erhöhungswinkel nothwendig eine grössere Quantität der flüssigen Materie in dem

dem Laufe entwickelt, so folgt daraus, daß die Summe des Drucks auf die Kugel zu dem grössern Widerstand, welchen die Kugel der Gewalt der flüssigen Materie entgegen setzt, eben die Verhältniß hat, welche sich zwischen diesen beyden Kräften bey einem horizontalen Schuß befindet.

§. 191. Es sey AE eine gerade horizontale Liente. Man ziehe die Lienten AF, AG, AH, AK, dergestalt, daß die Winkel FAE, GAE, HAE, KAE, so groß als diejenigen sind, unter denen man §. 186. die Schüsse gethan. Auf die Liente AE trage man die dazu gehörige Schußweiten AB, AC, AD, AE, welche man mit einem gewissen Gewehre bekommen, und richte alsdenn in den Punkten B, C, D, E die Lienten BF, CK, DG, H, perpendicularär auf, so drücken die Lienten AG, AF, AH, AK die Räume aus, welche die Kugel vermöge der ihr eingedruckten Bewegung, und die Vertical-Lienten BF, DG, CK, EH, diejenigen



welche die Kugel vermöge der Wurfung der Schwere beschrieben. Man kann also durch Hülfe des Instruments des Herrn Dulacq die Bahn der Kugel entweder geometrisch oder mechanisch beschreiben.

S. 192. Wenn man durch die Punkte A, F, G, H, K eine Linie zieht, so bekommt man eine Linie AFGHK, durch welche man die Schußweiten bey jedem gegebenen Erhöhungswinkel unter 45° von einer gewissen Ladung bestimmen kann: und eben so kann man den Winkel finden, unter dem ein gewisses Geschütz mit einer gegebenen Ladung abgefeuert werden muß, wenn man einen auf eben der horizontalen Fläche liegenden Gegenstand treffen will, ohne daß man nöthig hat, die Bahn der Kugel zu zeichnen. Hätte man im Junio 1764. noch einige Schüsse unter einem größern Erhöhungswinkel als 45° gethan, z. E. nach der Richtung der Linie AM, so würde man eine Linie AFGKML bekommen, durch deren Hülfe

Hülfe man die Schußweiten vor einen jeden gegebenen Erhöhungswinkel bekommen könnte.

§. 193. Die §. 191. angegebene Art, um die Bahn, oder vielmehr die Schußweiten zu bestimmen, ist aber nur in den Fällen zu gebrauchen, wenn die anfängliche Geschwindigkeit, welche die Kugel von einer gewissen Ladung bekommt, beständig gleich groß ist, ohngeachtet das Gewehr unter verschiedenen Erhöhungswinkeln abgefeuert wird. Wenn sich aber die Geschwindigkeit mit dem Erhöhungswinkel zugleich verändert, so muß man in dergleichen Fällen, um die Schußweiten und die Bahn der Kugel zu bekommen, sich der folgenden oder einer andern Regel, die zu dieser Absicht bequem ist, bedienen.

Man suche sich eine Gegend aus, in der *Fig. 23* man verschiedene Schüsse auf Flächen thun kann, davon die eine immer niedriger ist als die andre, oder man suche eine solche



bergigte Gegend aus, in der man das Ca-
 non immer höher bringen kann, als in
 A, C, D, &c. Wenn das Canon in A ge-
 stellt, so thut man damit einige Schüsse mit
 einer unveränderlichen Ladung und nach ei-
 ner beliebigen Direction, z. E. horizontal,
 und merke bey jedem Schuß den Punkt I,
 wo die Kugel zum erstenmahl aufschläget.
 Hierauf thut man unter eben den Umstän-
 den und nach eben der Direction aus C, D, E,
 andre Schüsse, und merkt wieder die Punkte
 L, B, Q, wo die Kugel zum erstenmahle auf-
 schlägt. Wenn dieses geschehen, ziehe man
 die Vertikal-Lienien IH, LK, BM, Qe, so
 sind dieselben die Abscissen der Bahn der
 Kugel und die Horizontal-Lienien AH, CK,
 DM, Ee die dazu gehörige Ordinaten. Da
 man nun diese Lienien weiß, so kann man
 die Natur der Bahn der Kugel entweder
 geometrisch oder mechanisch bestimmen;
 und man hat alsdenn die krumme Linie
 vor diejenige Elevation, die man erwählet,
 und

und in der sich die anfängliche Geschwindigkeit nicht sonderlich ändert.

Fügt es sich, daß die Kugel in I. L. B. Q. nach der Direktion in das Erdreich dringen kann, in der sie aufschlägt, so bekommt man durch die Lage der Löcher die Lage der Tangenten der krummen Linien. Man kann also auch die Subtangenten, Subnormalen, welche zu diesen Punkten gehören, folglich auch durch die umgekehrte Methode der Tangenten, die Gleichung vor die krumme Linie selbst finden.

§. 194. Um aus der gefundenen Bahn der Kugel die Bewegung derselben in einfache aufzulösen, muß man nothwendig die Zeit wissen, welche die Kugel anwendet, ehe sie das Erdreich berührt. Dieses geschieht am besten durch Hülfe eines einfachen Penduls oder einer andern Uhr welche sehr kleine Theile der Zeit z. E. $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ Sekunden schlägt. Diese Uhr müssen diejenigen haben, welche es auf

D d 5

sich



sich genommen den ersten Aufschlag der Kugel zu bemerken, und diese müssen gleich anfangen zu zählen, sobald sie sehen, daß Feuer aus der Mündung geht, und damit so lange fortfahren, bis die Kugel aufschlägt.

Gesetzt also a, b, d, f sind die Zeiten welche die Kugel angewendet um von A, C, D, E bis F, L, B, Q, zu kommen; so *Fig. 24* nehme man auf der Linie AE die Zeiten $AB = a, AC = b, AD = d, AE = f$ etc. und richte in den Punkten B, C, D, E etc. die Ordinaten BH, CI, DK, EL etc. auf, davon eine jede den Raum vorstellt, welchen die Kugel durch die von dem Pulver ihr allein eingedrückten Bewegung in den dazu gehörigen Zeiten beschrieben, und der durch die § 193 gemachte Versuche bekannt ist; so ist AHIKL die Scale der Zeiten, aus der man hernach die Scale der Geschwindigkeit und der retardirenden Kräfte bestimmen kann.

Wenn

Wenn man auf eben diese Art auf die gerade Linie MU die Zeiten $MR = a$, $MT = b$, $MS = d$, $MU = f$ annimmt und durch die Ordinaten Rr , Tt , Ss , Uu diejenigen Räume ausdrückt, welche die Kugel in diesen Zeiten vermöge der Würfung der Schwere herabgefallen, und die man auch aus den § 193 gemachten Versuchen bekommt, so ist $Mr : fu$ die Scale dieser Räume durch die man hernach die Scale der Geschwindigkeiten und ebenfalls die Scale des Widerstandes welchen die Luft der Direction der Schwere entgegen setzt, bekommen kann.

§. 195. Will man das Gesetz bestimmen, nach welchen die Luft widersteht, so kann man folgender maßen auf zweyerley Art dazu dienliche Versuche anstellen, davon das Resultat sich der Wahrheit weit geschwinder nähert als (§ 186, 193, 194.).

Die erste Art bestehet darinnen, daß man die Scale der Räume bestimmt, welche
der



der Körper in gewissen Zeiten beschreibt, wenn er mit der von der Gewalt des Pulvers ihm eingedrückten Bewegung fortgesetzt. Und die zweite Art kommt darauf an, die Scale zu bestimmen, welche anzeigt wie viel die Geschwindigkeit des Körpers alle Augenblick abnimmt. Um die erste Scale zu bekommen, thue man aus S viele Schüsse hinter einander und nach der Richtung Sr, gegen ein vertikal aufgerichtetes Ziel, welches in verschiedenen Entfernungen S o, S l, S m, S n gestellt wird, und von der Kugel bey jeden Schuß getroffen werden kann. Bey jeden Schuß muß man aber das Kanon mit einerley Art und Quantität Pulver laden, und bey der Ladung selbst alle Umstände, so viel dieselben von uns abhängen, vollkommen gleich zu machen suchen. In einem solchen Ziel sind nun beständig zwey Punkte bekannt: nemlich der Punkt, welcher sich in der Disrections-Linie Sr befindet, und der andere

in

in dem die Kugel das Ziel trifft. Es sind also die Räume oa , lb , mc , nd , re bekannt, durch welche der Körper vermöge der Wirkung der Schwere herabgefallen, und die dazu gehörige Räume so , st , sm , sn welche derselbe in eben der Zeit durch die demselben von der Gewalt des Pulvers mitgetheilte Bewegung beschrieben, folglich ist die Bahn der Kugel $sabcd$ ebenfalls bekannt.

Wenn man bey diesen Versuchen das Ziel dergestalt setzet, daß die größte Fallhöhe nicht über 90 Fuß seyn kann, damit der Widerstand der Luft nach der Direction der Schwebre nicht merklich sey, so kann man aus der Formel $\frac{19 t^2}{2}$ (An-

satzgr. der Ph. und Mech.) die Zeit t bestimmen, welche die Kugel angewendet, um die Räume oa , lb , mc , nd und folglich auch die Räume so , sl , sm , sn , zu beschreiben.

Nun



Fig. 24 Nun ziehe man eine gerade Linie AE und nehme $AB = \sqrt{\frac{2 \cdot oa}{19}}$, $AC = \sqrt{\frac{2 \cdot lb}{19}}$

$AD = \sqrt{\frac{2 \cdot mc}{19}}$; $AE = \sqrt{\frac{2 \cdot nd}{19}}$ und

richte in den Punkten B, C, D, E , die Perpendikulär-Linien $BH = So$, $CI = Sl$, $DK = Sm$, $EL = Sn$ auf, so wird die Linie $AHLKL$ die Scale der Räume seyn, welche der Körper beschrieben hat, da indessen die ihm von der Kugel mitgetheilte Bewegung retardirt worden.

Da man nun diese Scale kennt, so kann man daraus die Scale $MNOPQ$ der dazu gehörigen Geschwindigkeiten finden, und endlich aus derselben auch die Scale des Widerstandes der Luft herleiten, aus der man alsdenn ersehen wird, wie viel die Kugel alle Augenblick von der ihr von der Gewalt des Pulvers eingedrückten Geschwindigkeit verlohren.

§. 196. Bey diesen vorgeschlagenen Methoden, den Widerstand der Luft zu bestimmen, wird allezeit voraus gesetzt, daß die Kugel beständig nach der Richtung der Axe des Kanons aus demselben heraus gehet. Dieses geschieht aber nicht allezeit, und man muß darauf bedacht seyn, diese Unbequemlichkeit zu heben.

In dieser Absicht nehme man eine Ladung, durch welche die Kugel eine grosse Geschwindigkeit bekommt, und schieße das Kanon gegen ein Ziel los, welches in verschiedenen Entfernungen So, Sl, Sm, Sn, &c. gesetzt wird. Hierauf messe man die Geschwindigkeit, mit der die Kugel gegen das Ziel in den verschiedenen Entfernungen anschlägt. Dieses kann entweder vermittelst der Tiefen geschehen, auf welche die Kugel eindringt (§. 176), oder durch Hülfe einer dazu gehörig eingerichteten Masschiene. Wenn dieses geschehen, so nehme man auf einer geraden Linie die Entfernungen



nungen S_c , S_l , S_m , S_n , als Abscissen, und die Geschwindigkeit der Kugel als die dazu gehörigen Ordinaten an. In dem Anfangspunkt der Abscissen drückt die Ordinate die GröÙe oder die anfängliche Geschwindigkeit der Kugel aus. Auf diese Art bekommt man die Scale der Geschwindigkeiten, wie solche von dem Widerstande der Luft vermindert werden (§. 195.), aus der man hernach den Widerstand auf der Kugel selbst bestimmen kann. Es ist offenbahr, daß es bey diesen Versuchen einerley ist, ob die Kugel nach der Richtung der Aze aus dem Canon geht oder nicht.

§. 197. Man kann den Widerstand der Luft und die Bahn der Kugel noch auf verschiedene andere Arten bestimmen (§. 177.). Die vorhin angezeigte leichte Arten können dazu dienen, um durch Hülfe derselben ähnliche Entdeckungen zu machen, und in Praxi die Theorie von dem Widerstande der Luft, welche in den Anfangsgründen der

Physik

Physik und Mechanik angegeben wird, anzuwenden. Wenn man indessen sich dasjenige, was in diesem Capitel und besonders in S. 188. 190. 191. 192. gesagt wird, gut bekannt macht, so kann man durch wenige Probeschüsse im Kriege leicht den größten Vortheil erhalten, den man von Kanons, und besonders Mortier, erwarten kann; dessen man aber jederzeit verlustig geht, wenn man entweder diese Dinge aus der Acht läßt, oder nur aufs Gerathewohl in die Luft schießt.

Anmerkung.

Der Widerstand der Luft, den der Verfasser hier abgehandelt, ist eins von den größten Hindernissen in der Artillerie, weil es noch nicht gewiß ausgemacht ist, nach welchem Gesetz sich derselbe richtet. Indessen ist es höchst wahrscheinlich, daß derselbe den Quadraten der Geschwindigkeit proportional ist. Man setze also, der Widerstand

Zweit. Th. E e der



der Luft sey dem Gewicht einer Luftsäule gleich, deren Base der größte Zirkel der Kugel, die Höhe aber λ mahl so groß ist, als die Höhe, welche ein schwerer Körper herabfallen müste, um mit der Kugel einerley Geschwindigkeit zu erhalten. Ist nun u die Geschwindigkeit der Kugel in einem Punkte in ihrer Bahn, so ist die Höhe, der diese Geschwindigkeit zugehört, $\frac{1}{2} u u$, folglich ist der Widerstand

$$4g$$

der Gewichte der Luftsäule gleich, deren Höhe $\lambda u u$.

$$4g$$

Dieses Gewicht wird also gesucht. Es sey M das Gewicht der Kugel, D die Dichtigkeit der Kugel, d die Dichtigkeit der Luft, R das Gewicht der Luftsäule, so wird $M: R = D \times V: d \times v$.

Indem v und V den geometrischen Inhalt der Luftsäule und der Kugel bedeuten.

Es sey f die Dichtigkeit des Wassers, und man setze

$$D: f = m: 1$$

$$f: d = n: 1$$

so wird $D: d = m. n: 1$

Ist nun d der Diameter der Kugel, und $1:$
 π die Verhältniß des halben Diameters zur
halben Peripherie, so wird der Inhalt der
Kugel

$$\frac{1}{6} \pi d^3 = V \text{ und } v = \frac{1}{4} \pi d d \times \lambda u u \quad \frac{4g}{4g}$$

$$\text{folglich } R = \frac{6 \pi d d \times \lambda u u. M}{4 \times 4g \times m. n d^3 \pi} \quad \text{oder}$$

$$R = \frac{3 M \lambda u u}{4. 2 g m n d}$$

Ist aber die Kugel hohl, und A ihr Gewicht,
 M aber das Gewicht derselben, wenn sie
voll wäre, so sey $M: A = a: b$ und in die-
sem Falle ist

$$R = \frac{3}{4} \times \frac{a A \lambda u u}{2 g m. n. b d}$$



Und wenn man der Bequemlichkeit wegen
 $\frac{\frac{4}{3} m n b d}{a \lambda} = q$ setzt, so wird

$$R = \frac{u u A}{2 g q}$$

Wenn man die anfängliche Geschwindigkeit
 der Kugel weiß, so kann man den Werth
 des Buchstaben λ leicht durch die Erfah-
 rung bestimmen, wie ich hernach zeigen will.

Um nun die Linie zu bestimmen, welche
 Fig. 30 ein geworfener Körper beschreibt, sey $A M C$
 diese Linie, $B A C$ der Erhöhungswinkel $= \omega$:
 die anfängliche Geschwindigkeit sey c : die
 Abcisse $A P = x$: $P M = y$. der Bogen
 $A M = s$. Zieheth man nun $p n$ mit $P M$ und
 endlich nahe, und die Tangente $M N$ in R und
 $M m$ mit $A C$ parallel, so wird $P p = dx$
 $= M m$ und $m n = dy$.

Es sey der Winkel $N M m = \varphi$, und
 die Geschwindigkeit in $M = u$. Das
 Gewicht des Körpers sey A und der Wider-
 stand der Luft $R = \frac{u u A}{2 g q}$. Q das Ge-
 wicht

wicht des Körpers in der Luft oder die Wirkung der Kraft der Schwere. Die Geschwindigkeit u , welche der Körper in dem Punkt M hat, läßt sich in zwey andre zerfallen, mit denen der Körper zu gleicher Zeit nach den Richtungen Mm und MQ fortgeht. Den Widerstand R , welcher überall auf die Kugel nach der Richtung der Tangente MN würkt, aber die Geschwindigkeit der Kugel vermindert, kann man wieder in zwey andre Kräfte zerlegen, davon die eine nach der Richtung der Linie Mm die andere nach der Richtung der Linie MQ würkt. Beyde müssen als negativ angesehen werden. Die Kraft nun, welche aus dem Widerstand hergeleitet wird, und nach der Richtung Mm würkt, ist

$$-\frac{R dx}{ds}$$

und diejenige, welche nach der Richtung MQ würkt,

$$-\frac{R dy}{ds}$$

E e 3

Diese



Diese letztere verbindet sich mit der Kraft der Schwere um die Geschwindigkeit der Kugel nach MQ zu vermindern. Es ist also aus den Grundsätzen der Mechanik

$$1) \frac{ddx}{dt^2} = - \frac{2gRdx}{A ds}$$

$$2) \frac{ddy}{dt^2} = - \frac{2g(Q + Rdy)}{A ds}$$

wo dt das Element der Zeit bedeutet in der das Element Mn des Bogen AM beschrieben wird.

Um hieraus eine Gleichung zwischen AP und PM zu bekommen, setze man $dy = p dx$, multiplicire die erste Gleichung mit dy , und die zweite mit dx , und subtrahire die erste von der letzten, so wird

$$\frac{dp dx}{dt^2} = - \frac{egQ}{A} = (A)$$

Man multiplicire die erste Gleichung mit dx , in die zweite mit dy , und addire. Weil nun $ds^2 = dy^2 + dx^2$ so wird

$$dx ddx$$

$$\frac{dx ddx + dy ddy}{dt^2} = - \frac{2gQdy}{A} - \frac{2gRds}{A}$$

$$\text{oder } \frac{ds dds}{dt^2} = - \frac{2g(Qdy + Rds)}{A}$$

nun ist $ds = u dt$, und wenn dt als unveränderlich betrachtet wird, $ds dds = du du$ folglich ist $udu = - \frac{2g(Qdy + Rds)}{A}$

weil aber $dy = p dx$ und $p = \operatorname{tg} \phi$ so wird $ds^2 = dx^2 (1 + pp) = dx^2 \operatorname{Sec} \phi^2$ also ist die Gleichung A diese:

$$- \frac{2gQ}{A} = \frac{u u d. \operatorname{tg} \phi}{dx (\operatorname{Sec} \phi)^2}$$

Setzt man diesen Werth in der andern Gleichung, so wird, weil $R = \frac{uuA}{2gq}$

$$udu = \frac{u u dy d. (\operatorname{tg} \phi)}{dx \operatorname{Sec} \phi^2} - \frac{u u ds}{q}$$

und da $\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \phi$.

$$udu = \frac{u u \operatorname{Tg} \phi. d(\operatorname{tg} \phi)}{\operatorname{Sec} \phi^2} - \frac{u u ds}{q}$$



und demnach
$$\frac{du}{u} = \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot d(\operatorname{tg} \varphi)}{\operatorname{Sec} \varphi^2} - \frac{ds}{q}$$

folglich wenn man integrirt

$$\log u = \log \operatorname{Sec} \varphi - \frac{s}{q} + C$$

weil nun, wenn $s = 0$, alsdenn $\operatorname{Sec} \varphi = \operatorname{Sec} \omega$ und $u = c$ wird, so ist

$$\log u = \log c \frac{\operatorname{Cos} \omega}{\operatorname{Cos} \varphi} - \frac{s}{q}$$

oder
$$u = \frac{c \cdot \operatorname{Cos} \omega \cdot e^{-\frac{s}{q}}}{\operatorname{Cos} \varphi}$$

wo e die Base der hyperbolischen Logarithmen bedeutet.

Weil
$$\frac{dp dx}{dt^2} = - \frac{2gQ}{A} \text{ und } dt^2 = \frac{ds^2}{uu}$$

so ist
$$\frac{u dp dx}{ds^2} = - \frac{2gQ}{A}$$

folglich
$$uu = - \frac{2gQ ds^2}{A \cdot dp dx}$$

Hieraus wird also

$$e^2 \operatorname{Cos}$$

$$\frac{c^2 \cos \omega^2 c^{\frac{2s}{q}}}{\cos \varphi^2} = - \frac{2g Q dx}{Adp \cos \varphi^2}$$

$$\text{folglich } c^{\frac{2s}{q}} = - \frac{c^2 \cos \omega^2 Adp}{2g Q dx}$$

Durch diese Gleichung wird man im Stande seyn, die Natur der krummen Linie zu bestimmen, welche ein geworfener Körper beschreibt, wenn der Widerstand der Luft den Quadraten der Geschwindigkeit proportional ist. — = a m (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) (k) (l) (m) (n) (o) (p) (q) (r) (s) (t) (u) (v) (w) (x) (y) (z) (aa) (ab) (ac) (ad) (ae) (af) (ag) (ah) (ai) (aj) (ak) (al) (am) (an) (ao) (ap) (aq) (ar) (as) (at) (au) (av) (aw) (ax) (ay) (az) (ba) (bb) (bc) (bd) (be) (bf) (bg) (bh) (bi) (bj) (bk) (bl) (bm) (bn) (bo) (bp) (bq) (br) (bs) (bt) (bu) (bv) (bw) (bx) (by) (bz) (ca) (cb) (cc) (cd) (ce) (cf) (cg) (ch) (ci) (cj) (ck) (cl) (cm) (cn) (co) (cp) (cq) (cr) (cs) (ct) (cu) (cv) (cw) (cx) (cy) (cz) (da) (db) (dc) (dd) (de) (df) (dg) (dh) (di) (dj) (dk) (dl) (dm) (dn) (do) (dp) (dq) (dr) (ds) (dt) (du) (dv) (dw) (dx) (dy) (dz) (ea) (eb) (ec) (ed) (ee) (ef) (eg) (eh) (ei) (ej) (ek) (el) (em) (en) (eo) (ep) (eq) (er) (es) (et) (eu) (ev) (ew) (ex) (ey) (ez) (fa) (fb) (fc) (fd) (fe) (ff) (fg) (fh) (fi) (fj) (fk) (fl) (fm) (fn) (fo) (fp) (fq) (fr) (fs) (ft) (fu) (fv) (fw) (fx) (fy) (fz) (ga) (gb) (gc) (gd) (ge) (gf) (gg) (gh) (gi) (gj) (gk) (gl) (gm) (gn) (go) (gp) (gq) (gr) (gs) (gt) (gu) (gv) (gw) (gx) (gy) (gz) (ha) (hb) (hc) (hd) (he) (hf) (hg) (hh) (hi) (hj) (hk) (hl) (hm) (hn) (ho) (hp) (hq) (hr) (hs) (ht) (hu) (hv) (hw) (hx) (hy) (hz) (ia) (ib) (ic) (id) (ie) (if) (ig) (ih) (ii) (ij) (ik) (il) (im) (in) (io) (ip) (iq) (ir) (is) (it) (iu) (iv) (iw) (ix) (iy) (iz) (ja) (jb) (jc) (jd) (je) (jf) (jg) (jh) (ji) (jj) (jk) (jl) (jm) (jn) (jo) (jp) (jq) (jr) (js) (jt) (ju) (jv) (jw) (jx) (jy) (jz) (ka) (kb) (kc) (kd) (ke) (kf) (kg) (kh) (ki) (kj) (kk) (kl) (km) (kn) (ko) (kp) (kq) (kr) (ks) (kt) (ku) (kv) (kw) (kx) (ky) (kz) (la) (lb) (lc) (ld) (le) (lf) (lg) (lh) (li) (lj) (lk) (ll) (lm) (ln) (lo) (lp) (lq) (lr) (ls) (lt) (lu) (lv) (lw) (lx) (ly) (lz) (ma) (mb) (mc) (md) (me) (mf) (mg) (mh) (mi) (mj) (mk) (ml) (mm) (mn) (mo) (mp) (mq) (mr) (ms) (mt) (mu) (mv) (mw) (mx) (my) (mz) (na) (nb) (nc) (nd) (ne) (nf) (ng) (nh) (ni) (nj) (nk) (nl) (nm) (nn) (no) (np) (nq) (nr) (ns) (nt) (nu) (nv) (nw) (nx) (ny) (nz) (oa) (ob) (oc) (od) (oe) (of) (og) (oh) (oi) (oj) (ok) (ol) (om) (on) (oo) (op) (oq) (or) (os) (ot) (ou) (ov) (ow) (ox) (oy) (oz) (pa) (pb) (pc) (pd) (pe) (pf) (pg) (ph) (pi) (pj) (pk) (pl) (pm) (pn) (po) (pp) (pq) (pr) (ps) (pt) (pu) (pv) (pw) (px) (py) (pz) (qa) (qb) (qc) (qd) (qe) (qf) (qg) (qh) (qi) (qj) (qk) (ql) (qm) (qn) (qo) (qp) (qq) (qr) (qs) (qt) (qu) (qv) (qw) (qx) (qy) (qz) (ra) (rb) (rc) (rd) (re) (rf) (rg) (rh) (ri) (rj) (rk) (rl) (rm) (rn) (ro) (rp) (rq) (rr) (rs) (rt) (ru) (rv) (rw) (rx) (ry) (rz) (sa) (sb) (sc) (sd) (se) (sf) (sg) (sh) (si) (sj) (sk) (sl) (sm) (sn) (so) (sp) (sq) (sr) (ss) (st) (su) (sv) (sw) (sx) (sy) (sz) (ta) (tb) (tc) (td) (te) (tf) (tg) (th) (ti) (tj) (tk) (tl) (tm) (tn) (to) (tp) (tq) (tr) (ts) (tt) (tu) (tv) (tw) (tx) (ty) (tz) (ua) (ub) (uc) (ud) (ue) (uf) (ug) (uh) (ui) (uj) (uk) (ul) (um) (un) (uo) (up) (uq) (ur) (us) (ut) (uu) (uv) (uw) (ux) (uy) (uz) (va) (vb) (vc) (vd) (ve) (vf) (vg) (vh) (vi) (vj) (vk) (vl) (vm) (vn) (vo) (vp) (vq) (vr) (vs) (vt) (vu) (vv) (vw) (vx) (vy) (vz) (wa) (wb) (wc) (wd) (we) (wf) (wg) (wh) (wi) (wj) (wk) (wl) (wm) (wn) (wo) (wp) (wq) (wr) (ws) (wt) (wu) (wv) (ww) (wx) (wy) (wz) (xa) (xb) (xc) (xd) (xe) (xf) (xg) (xh) (xi) (xj) (xk) (xl) (xm) (xn) (xo) (xp) (xq) (xr) (xs) (xt) (xu) (xv) (xw) (xx) (xy) (xz) (ya) (yb) (yc) (yd) (ye) (yf) (yg) (yh) (yi) (yj) (yk) (yl) (ym) (yn) (yo) (yp) (yq) (yr) (ys) (yt) (yu) (yv) (yw) (yx) (yy) (yz) (za) (zb) (zc) (zd) (ze) (zf) (zg) (zh) (zi) (zj) (zk) (zl) (zm) (zn) (zo) (zp) (zq) (zr) (zs) (zt) (zu) (zv) (zw) (zx) (zy) (zz) (aa) (ab) (ac) (ad) (ae) (af) (ag) (ah) (ai) (aj) (ak) (al) (am) (an) (ao) (ap) (aq) (ar) (as) (at) (au) (av) (aw) (ax) (ay) (az) (ba) (bb) (bc) (bd) (be) (bf) (bg) (bh) (bi) (bj) (bk) (bl) (bm) (bn) (bo) (bp) (bq) (br) (bs) (bt) (bu) (bv) (bw) (bx) (by) (bz) (ca) (cb) (cc) (cd) (ce) (cf) (cg) (ch) (ci) (cj) (ck) (cl) (cm) (cn) (co) (cp) (cq) (cr) (cs) (ct) (cu) (cv) (cw) (cx) (cy) (cz) (da) (db) (dc) (dd) (de) (df) (dg) (dh) (di) (dj) (dk) (dl) (dm) (dn) (do) (dp) (dq) (dr) (ds) (dt) (du) (dv) (dw) (dx) (dy) (dz) (ea) (eb) (ec) (ed) (ee) (ef) (eg) (eh) (ei) (ej) (ek) (el) (em) (en) (eo) (ep) (eq) (er) (es) (et) (eu) (ev) (ew) (ex) (ey) (ez) (fa) (fb) (fc) (fd) (fe) (ff) (fg) (fh) (fi) (fj) (fk) (fl) (fm) (fn) (fo) (fp) (fq) (fr) (fs) (ft) (fu) (fv) (fw) (fx) (fy) (fz) (ga) (gb) (gc) (gd) (ge) (gf) (gg) (gh) (gi) (gj) (gk) (gl) (gm) (gn) (go) (gp) (gq) (gr) (gs) (gt) (gu) (gv) (gw) (gx) (gy) (gz) (ha) (hb) (hc) (hd) (he) (hf) (hg) (hh) (hi) (hj) (hk) (hl) (hm) (hn) (ho) (hp) (hq) (hr) (hs) (ht) (hu) (hv) (hw) (hx) (hy) (hz) (ia) (ib) (ic) (id) (ie) (if) (ig) (ih) (ii) (ij) (ik) (il) (im) (in) (io) (ip) (iq) (ir) (is) (it) (iu) (iv) (iw) (ix) (iy) (iz) (ja) (jb) (jc) (jd) (je) (jf) (jg) (jh) (ji) (jj) (jk) (jl) (jm) (jn) (jo) (jp) (jq) (jr) (js) (jt) (ju) (jv) (jw) (jx) (jy) (jz) (ka) (kb) (kc) (kd) (ke) (kf) (kg) (kh) (ki) (kj) (kk) (kl) (km) (kn) (ko) (kp) (kq) (kr) (ks) (kt) (ku) (kv) (kw) (kx) (ky) (kz) (la) (lb) (lc) (ld) (le) (lf) (lg) (lh) (li) (lj) (lk) (ll) (lm) (ln) (lo) (lp) (lq) (lr) (ls) (lt) (lu) (lv) (lw) (lx) (ly) (lz) (ma) (mb) (mc) (md) (me) (mf) (mg) (mh) (mi) (mj) (mk) (ml) (mm) (mn) (mo) (mp) (mq) (mr) (ms) (mt) (mu) (mv) (mw) (mx) (my) (mz) (na) (nb) (nc) (nd) (ne) (nf) (ng) (nh) (ni) (nj) (nk) (nl) (nm) (nn) (no) (np) (nq) (nr) (ns) (nt) (nu) (nv) (nw) (nx) (ny) (nz) (oa) (ob) (oc) (od) (oe) (of) (og) (oh) (oi) (oj) (ok) (ol) (om) (on) (oo) (op) (oq) (or) (os) (ot) (ou) (ov) (ow) (ox) (oy) (oz) (pa) (pb) (pc) (pd) (pe) (pf) (pg) (ph) (pi) (pj) (pk) (pl) (pm) (pn) (po) (pp) (pq) (pr) (ps) (pt) (pu) (pv) (pw) (px) (py) (pz) (qa) (qb) (qc) (qd) (qe) (qf) (qg) (qh) (qi) (qj) (qk) (ql) (qm) (qn) (qo) (qp) (qq) (qr) (qs) (qt) (qu) (qv) (qw) (qx) (qy) (qz) (ra) (rb) (rc) (rd) (re) (rf) (rg) (rh) (ri) (rj) (rk) (rl) (rm) (rn) (ro) (rp) (rq) (rr) (rs) (rt) (ru) (rv) (rw) (rx) (ry) (rz) (sa) (sb) (sc) (sd) (se) (sf) (sg) (sh) (si) (sj) (sk) (sl) (sm) (sn) (so) (sp) (sq) (sr) (ss) (st) (su) (sv) (sw) (sx) (sy) (sz) (ta) (tb) (tc) (td) (te) (tf) (tg) (th) (ti) (tj) (tk) (tl) (tm) (tn) (to) (tp) (tq) (tr) (ts) (tt) (tu) (tv) (tw) (tx) (ty) (tz) (ua) (ub) (uc) (ud) (ue) (uf) (ug) (uh) (ui) (uj) (uk) (ul) (um) (un) (uo) (up) (uq) (ur) (us) (ut) (uu) (uv) (uw) (ux) (uy) (uz) (va) (vb) (vc) (vd) (ve) (vf) (vg) (vh) (vi) (vj) (vk) (vl) (vm) (vn) (vo) (vp) (vq) (vr) (vs) (vt) (vu) (vv) (vw) (vx) (vy) (vz) (wa) (wb) (wc) (wd) (we) (wf) (wg) (wh) (wi) (wj) (wk) (wl) (wm) (wn) (wo) (wp) (wq) (wr) (ws) (wt) (wu) (wv) (ww) (wx) (wy) (wz) (xa) (xb) (xc) (xd) (xe) (xf) (xg) (xh) (xi) (xj) (xk) (xl) (xm) (xn) (xo) (xp) (xq) (xr) (xs) (xt) (xu) (xv) (xw) (xx) (xy) (xz) (ya) (yb) (yc) (yd) (ye) (yf) (yg) (yh) (yi) (yj) (yk) (yl) (ym) (yn) (yo) (yp) (yq) (yr) (ys) (yt) (yu) (yv) (yw) (yx) (yy) (yz) (za) (zb) (zc) (zd) (ze) (zf) (zg) (zh) (zi) (zj) (zk) (zl) (zm) (zn) (zo) (zp) (zq) (zr) (zs) (zt) (zu) (zv) (zw) (zx) (zy) (zz)

Gesetzt, die Natur der verlangten krummen Linie würde durch folgende Gleichung ausgedrückt, nemlich

$$y = \alpha x + \beta x^2 + \gamma x^3 + \delta x^4 + \epsilon x^5 + \zeta x^6 + \eta x^7 + \theta x^8 + \lambda x^9 + \mu x^{10} + \&c.$$

so ist offenbar, daß man nur die Coefficienten bestimmen darf, um dieselbe zu kennen. Wenn man nun differentiirt, so wird

$$\frac{dy}{dx} = p = \alpha + 2\beta x + 3\gamma x^2 + 4\delta x^3 + 5\epsilon x^4 + 6\zeta x^5 + 7\eta x^6 + 8\theta x^7 + \&c.$$

Ge 5

folgt



folglich

$$\frac{dp}{dx} = 2\beta + 2.3.\gamma x + 3.4.\delta x^2 + 4.5.\epsilon x^3 + 5.6.\zeta x^4 + 6.7.\eta x^5 + 7.8.\theta x^6 \text{ \&c.}$$

Man setze $x = 0$ so wird $p = tg \omega$ folglich ist $\alpha = tg \omega$.

$$\text{Es ist also } e^{\frac{2s}{q}} = \frac{c^2 \cos \omega^2 A (2\beta + 2.3.\gamma x + 3.4.\delta x + 4.5.\epsilon x^3 + 5.6.\zeta x^4 + \&c.)}{2gQ}$$

$$\Rightarrow (B) \text{ setzt man nun wieder } s = 0 \text{ so ist auch } x = 0 \text{ folglich ist } \beta = \frac{gQ}{c^2 \cos \omega^2 A}$$

Um nun das Gesetz zu entdecken, durch welches die übrige Coefficienten $\gamma, \delta \text{ \&c.}$ bestimmt werden, differentiire man die Gleichung B, so wird

$$\frac{2s}{q} \frac{de}{e} = -\Delta dx (2.3.\gamma + 2.3.4.\delta x + 3.4.5.\epsilon x^2 + 4.5.6.\zeta x^3 + 5.6.7.\eta x^4 + \&c.)$$

indem

indem man $\Delta = \frac{c^2 \cos \omega^2 A}{2gQ}$ setzt,

$$= -\frac{2}{q} \Delta df (2\beta + 2.3.\gamma x + 3.4.\delta x^2 + 4.5.\varepsilon x^3 + \&c.)$$

Es ist aber $df = dx \sqrt{(1 + p p)}$

Wenn man nun $1 + p^2 = 1 + A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4 + Fx^5 + \&c.$ setzt, so werden die Coefficienten dergestalt bestimmt, daß $A = \alpha^2$ folglich $1 + A = 1 + \alpha^2 = \sec \omega^2 = aa$ ferner

$$B = 4\beta\alpha$$

$$C = 6\alpha\gamma + 4\beta^2$$

$$D = 8\alpha\delta + 12\beta\gamma$$

$$E = 10\alpha\varepsilon + 16\beta\delta + 9\gamma\gamma$$

$$F = 12\alpha\zeta + 20\beta\varepsilon + 24\gamma\delta$$

$$G = 14\alpha\eta + 24\beta\zeta + 30\gamma\varepsilon + 16\delta\delta$$

$$H = 16\alpha\theta + 28\beta\eta + 36\gamma\zeta + 40\delta\varepsilon$$

Ueberhaupt ist das Gesetz, nachdem diese Coefficienten fortgehen, folgendes: erstlich ist, wenn der Coefficient der nte von Anfang der Reihe ist, und n ist eine gerade Zahl,



Zahl, die Anzahl der Glieder $\frac{n}{2}$; ist n aber

eine ungerade Zahl, so ist die Anzahl der Glieder $\frac{n+1}{2}$. E. H ist der Coefficient

des achten Gliedes vom Anfange, also ist die Anzahl der Glieder, durch die H bestimmt wird, $\frac{n}{2} = \frac{8}{2} = 4$. Hernach wer-

den eben so viel Coefficienten aus der Reihe genommen, wodurch p ausgedrückt wird, und diejenigen, welche von dem Coefficienten des mittelften Gliedes gleich weit entfernt sind, in einander, und denn durch 2 multiplicirt; wenn die Summe der Glieder aber eine ungerade Zahl ist, so wird noch zu dem vorigen das Quadrat des mittelften Gliedes in der Reihe p hinzu gesetzt. Wenn man den Fortgang der vorigen Coefficienten A, B, C, &c. betrachtet, so fällt dieses leicht in die Augen.



Um nun $d f$ zu bekommen, setze man:
 $ds = dx(A' + B'x + C'x^2 + D'x^3 +$
 $E'x^4 + \&c.)$ so wird

$$A' = a$$

$$B' = B$$

$$2a$$

$$C' = C - \frac{(B')^2}{2a}$$

$$D' = D - \frac{2B'C'}{2a}$$

$$E' = E - \frac{2B'D' - (C')^2}{2a}$$

$$F' = F - \frac{2B'E' - 2C'D'}{2a}$$

$$G' = G - \frac{2B'F' - 2C'E' - (D')^2}{2a}$$

$$H' = H - \frac{2B'G' - 2C'F' - 2D'E' + \&c.}{2a}$$

Der Fortgang bey diesen Coefficienten ist leicht einzusehen. Hieraus wird also

$$2.3\gamma + 2.3.4\delta x + 3.4.5\epsilon x^2 + \&c. -$$

$$\frac{2(2\beta + 2.3.\gamma x + 3.4.\delta x^2 + 4.5.\epsilon x^3 + \&c.) \times}{9}$$

$$(a +$$



$$(a + B'x + C'x^2 + D'x^3 + E'x^4 \&c.)$$

Multiplieirt man nun wirklich und vergleicht die Coefficienten, so bekommt man

$$\alpha = \operatorname{tg} \omega$$

$$\beta = - \frac{g \operatorname{Sec} \omega^2}{cc} = - \frac{gaa}{cc}$$

$$\gamma = \frac{2.2 A' \beta}{1.2.3.q}$$

$$\delta = \frac{2 (2 B' \beta + 2.3 \gamma a)}{2.3.4.q}$$

$$\epsilon = \frac{2 (2 C' \beta + 2.3. B' \gamma + 3.4. a \delta)}{3.4.5.q}$$

$$\zeta = \frac{2 (2 D' \beta + 2.3. C' \gamma + 3.4. B' \delta + 4.5. a \epsilon)}{4.5.6.q}$$

$$\eta = \frac{2 (2 E' \beta + 2.3. D' \gamma + 3.4. C' \delta + 4.5. B' \epsilon + 5.6. a \zeta)}{5.6.7.q}$$

$$\theta = \frac{2 (2 F' \beta + 2.3. E' \gamma + 3.4. D' \delta + 4.5. C' \epsilon + 5.6. B' \zeta + 6.7. a \eta)}{6.7.8.q}$$

$$+ 4.5. C' \epsilon + 5.6. B' \zeta + 6.7. a \eta)$$

und



und so weiter. Das Gesetz, nachdem diese Coefficienten fortgehen, fällt auf das deutlichste in die Augen.

Hieraus bekommt man

$$\alpha = \operatorname{tg} \omega$$

$$\beta = - \frac{g \operatorname{Sec} \omega^2}{cc} = - \frac{g a a}{cc}$$

$$\gamma = \frac{2 \cdot 2 \cdot \alpha \beta}{1 \cdot 2 \cdot 3 q}$$

$$\delta = \frac{8 \beta}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot q} \left(\frac{a^2}{q} + \alpha \beta \right)$$

$$\epsilon = \frac{16 \beta}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot q} \left(\frac{a^3}{q^2} + \frac{4 \alpha \beta}{q} + \frac{\beta^2}{a^3} \right)$$

$$\zeta = \frac{32 \beta}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot q} \left(\frac{a^4}{q^3} + \frac{11 \alpha \alpha \beta}{q^2} + \frac{4 a^2 \beta^2}{q a^2} + \frac{3 \beta^2}{a^4} - \frac{3 \alpha \beta^3}{a^4} \right)$$

Die übrigen Coefficienten kann man nach dem vorhin gegebenem Gesetz bestimmen, die Rechnung wird aber so weitläufig, daß man alle Geduld nöthig hat, um dieselbe fortzusetzen.

Die



Die Zeit, welche die Kugel anwendet, um einen gewissen Theil ihrer Bahn, oder die ganze Bahn zu beschreiben, bekommt man aus der Gleichung

$$dp dx = - \frac{2g Q dt^2}{A}$$

Da man aber alle diese Gleichungen nicht eher gebrauchen kann, als bis man den Widerstand der Luft genau weiß, so will ich erslich zeigen, wie man denselben am besten bestimmen kann, und in dieser Absicht will ich die horizontalen Schüsse betrachten. Wenn aber ein Kanon horizontal gerichtet wird, so ist alsdenn $\alpha = \operatorname{tg} \omega = 0$ und $a = \operatorname{Sec} \omega = 1$. Dahero wird auch $B = 0$ folglich auch $B^1 = 0$ und man bekommt die Coefficienten folgendergestalt:

$$\alpha = 0$$

$$\beta = - \frac{g}{cc}$$

$$\gamma = \frac{2.2\beta}{1.2.3.4}$$

$$\delta =$$

$$\delta = \frac{8\beta^1}{1.2.3.4.q^2}$$

$$\epsilon = \frac{16\beta}{1.2.3.4.5.q} \left(\frac{1}{q^2} + \beta^2 \right)$$

$$\zeta = \frac{32\beta}{1.2.3.4.5.6.q} \left(\frac{1}{q^3} + \frac{7\beta^2}{q} \right)$$

$$\eta = \frac{64\beta}{1.2.3.4.5.6.7.q} \left(\frac{1}{q^4} - \frac{32\beta^2}{q^3} + \frac{3\beta^2}{q} \right)$$

Vor die Horizontal-Schüsse ist also

$$y = - \frac{g x^2}{c c} - \frac{4 g x^3}{1.2.3. c^2 q} - \frac{8 g x^4}{1.2.3.4. c^2 q^2}$$

$$- \frac{16 g x^5}{1.2.3.4.5. q^3 c^2} - \frac{32 g x^6}{1.2.3.4.5.6. c^2 q^4}$$

$$- \frac{16 g^3 x^5}{1.2.3.4.5. q^2 c^6} - \frac{32.7 g^3 x^6}{1.2.3.4.5.6. q^2 c^6}$$



$$\begin{aligned}
 & - \frac{64 g x^7}{1.2.3.4.5.6.7.q^5 c^2} - \&c. \\
 & - \frac{64.32 g^3 x^7}{1.2.3.4.5.6.7.c^6 q^4} \\
 & - \frac{3.64. g^3 x^7}{1.2.3.4.5.6.7.c^6 q^2}
 \end{aligned}$$

Setzet man nun $\frac{2x}{q} = z$ so bekommt diese

Reihe eine etwas einfachere Gestalt. Es ist nemlich

$$\begin{aligned}
 y = & - \frac{g q^2}{2 c^2} \left(\frac{z^2}{1.2.} + \frac{z^3}{1.2.3.} + \frac{z^4}{1.2.3.4.} \right. \\
 & + \frac{z^5}{1.2.3.4.5.} + \frac{z^6}{1.2.3.4.5.6.} + \&c. \\
 & \left. + \frac{g^2 q^2 z^5}{1.2.3.4.5.c^4} + \frac{7 g^2 q^2 z^6}{1.2.3.4.5.6.c^4} + \&c. \right)
 \end{aligned}$$

Die Zeit t ist aber durch die Integration der Formel $dp dx = - \frac{2 g Q dt^2}{A}$ leicht

zu finden, und es ist vor Horizontal-Schüsse

$$t = \frac{q}{2c} \left(z + \frac{z^2}{4} + \frac{z^3}{24} + \frac{z^4}{192} + \&c. \right) \\ + \frac{g^2 q^2 z^4}{48 c^4} + \&c. \quad \left. \vphantom{\frac{q}{2c}} \right\}$$

Dieser beyden Formeln kann man sich mit gutem Erfolge bedienen, wenn man den Widerstand der Luft bestimmen will. Dieser beruhet aber auf dem Werth des Buchstaben q , welchen man aus beyden Formeln bestimmen kann, wenn man die anfängliche Geschwindigkeit weiß. Man kann aber auch durch die eine Reihe den Werth des Buchstaben c oder die anfängliche Geschwindigkeit bestimmen, und denselben in die andre Reihe setzen, so wird man eine neue Reihe bekommen, in welcher der Buchstabe c nicht ist, und folglich kann man q bestimmen. Dieses geht besonders am besten von stat-
ten, wenn die anfängliche Geschwindigkeit c sehr groß, z. E. 1000, 1200 u. s. w. Fuß ist; denn, aldenn kann man in beyden Rei-

F f 2

hen



hen die höhern Potenzen von c weglassen,
und es wird

$$c = \frac{q}{2t} \left(z + \frac{z^2}{4} + \frac{z^3}{24} + \frac{z^4}{192} + \&c. \right)$$

$$\text{folglich } y = -2gt^2 \left(\frac{z^2}{1.2.} + \frac{z^3}{1.2.3.} + \frac{z^4}{1.2.3.4.} + \frac{z^5}{1.2.3.4.5.} + \&c. \right)$$

$$\times \frac{1}{z^2 \left(1 + \frac{z}{4} + \frac{z^2}{24} + \frac{z^3}{192} + \&c. \right)^2}$$

$$\text{Setzt man nun } I = 1$$

$$b = \frac{1}{4}$$

$$c = \frac{1}{24}$$

$$d = \frac{1}{192} \quad \&c.$$

und

$$\frac{1}{\left(1 + \frac{z}{4} + \frac{z^2}{24} + \frac{z^3}{192} + \&c. \right)^2} =$$

$A + Bz + Cz^2 + Dz^3 + \&c.$ so wird

$$A = 1$$

$$B = -2b$$

$$C = -\frac{3.b.B - 4c}{2}$$

$$D = -\frac{4bC - 5cB - 6d}{3}$$

$$E = -\frac{5bD - 6cC - 7dB - 8e}{4}$$

u. s. w. Wobey das Gesetz, nach dem die Coefficienten fortgehen, leicht in die Augen fällt. Wenn man nun beyde Reihen in einander multiplicirt, so bekommt man folgende Reihe vor y. Es ist nemlich

$$y = -gr^2 \left(1 + \frac{2x}{3q} + \frac{4x^2}{3 \cdot 4 \cdot q^2} + \frac{2Bx}{q} + \frac{4Bx^2}{3q^2} + \frac{4Cx^2}{q^2} + 8 \right)$$



$$\begin{aligned}
 & + \frac{8x^3}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot q^3} + \frac{16x^4}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot q^4} + \&c.) \\
 & + \frac{8\mathfrak{B}x^3}{3 \cdot 4 \cdot q^3} + \frac{16x^4}{3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot q^4} \\
 & + \frac{8\mathfrak{C}x^3}{3q^3} + \frac{16\mathfrak{C}x^4}{3 \cdot 4 \cdot q^4} \\
 & + \frac{8\mathfrak{D}x^3}{q^3} + \frac{16\mathfrak{D}x^4}{3q^4} \\
 & \qquad \qquad \qquad + \frac{16\mathfrak{E}x^4}{q^4}
 \end{aligned}$$

Man setze ferner

$$\frac{2x}{3} + 2\mathfrak{B}x = A$$

$$\frac{4x^2}{3 \cdot 4} + \frac{4\mathfrak{B}x^2}{3} + 4\mathfrak{C}x^2 = B$$

$$\frac{8x^3}{3 \cdot 4 \cdot 5} + \frac{8\mathfrak{B}x^3}{3 \cdot 4} + \frac{8\mathfrak{C}x^3}{3} + 8\mathfrak{D}x^3 = C$$

und so weiter, und dividire mit $-2gt^2$
so wird, weil y negativ ist,

$y -$



$$\frac{y - gt^2}{gt^2} = \frac{A}{q} + \frac{B}{q^2} + \frac{C}{q^3} + \frac{D}{q^4} + \&c.$$

Um nun den Werth von q zu bestimmen,

setze man $\frac{y - gt^2}{gt^2} = u.$

und

$$1 = \alpha u + \beta u^2 + \gamma u^3 + \delta u^4 + \epsilon u^5 + \&c.$$

so werden diese Coefficienten dergestalt bestimmt, wie bekannt, daß

$$\alpha = \frac{1}{A}$$

$$\beta = -\frac{B\alpha^2}{A}$$

$$\gamma = -\frac{2B\alpha\beta - C\alpha^3}{A}$$

$$\delta = -\frac{B\beta^2 - 2B\alpha\gamma - 3C\alpha^2\beta - D\alpha^4}{A}$$



$$\begin{array}{r}
 = \frac{2B\beta\gamma - 2B\alpha\delta - 3C\alpha\beta^2}{A} \\
 \frac{3C\alpha^2\gamma - 4D\alpha^3\beta - E\alpha^5}{A}
 \end{array}$$

und so weiter. Wenn man nun auf diese Art den Werth dieser Coefficienten bestimmt hat, so findet man den Werth des Bruchs $\frac{1}{1}$ und folglich auch den Werth des Buchstaben q selbst aus der obigen Reihe, die man so weit fortführen kann als man will. Ist nun der Buchstaben q beynahe ausgemacht, so weiß man dadurch den Widerstand der Luft.

Durch Hülfe dieser Formel nun läßt sich der Widerstand der Luft durch die Erfahrung bestimmen, und man hat nicht nöthig, die anfängliche Geschwindigkeit zu wissen. Dieses ist ein ganz besonderer Vortheil,

theil, da es sehr schwer ist, die anfängliche Geschwindigkeit genau zu bestimmen. Wenn man nun Erfahrungen in dieser Absicht anstellen will, so hat man dabey folgendes zu beobachten.

Erstlich muß man sich eine kleine Anhöhe, die ohngefähr 50 bis 60 Fuß über den Horizont liegt, aussuchen, und in einer Entfernung von 900 bis 1000 Schritt einen Ball aufwerfen lassen, wenn nicht die Natur schon von selbst einen kleinen Berg gemacht hat. Fig. 32 Gesezt nun, man wolte einige Versuche anstellen, so setzt man das Kanon auf die Anhöhe in A, richtet es vollkommen horizontal, und befestigt es dergestalt, daß es bey dem Abfeuern nicht aus seiner Lage kommen kann. Dieses kann allemahl geschehen, so bald man sich angelegen seyn läßt, etwas brauchbares und entscheidendes auszumachen.



Wenn nun das Kanon abgefeuert wird, und die Kugel schlägt in B an, so kann man eine gerade Linie AC mit dem Horizont parallel ziehen, und die Entfernung des Punktes B von C oder die Länge der Linie CB auf das genaueste messen; die Länge der Linie AC läßt sich auch auf das genaueste bestimmen; folglich weiß man dadurch den Werth von x und y in den vorhin gegebenen Reihen.

Nun ist noch übrig, die Zeit auf das genaueste zu bestimmen. Dieses kann aber ganz füglich durch ein dazu eingerichtetes Pendul geschehen, welches, wenn es angeht, halbe Sekunden schlägt. Damit man aber nicht früher oder später zu zählen anfange, so kann man an den Pendul einen ganz zarten seidenen Faden binden, und es damit ein klein wenig in die Höhe ziehen. Diesen Faden bindet man alsdenn an einen

nen andern Faden, welcher über die Mündung gespannt worden, dergestalt, daß der Punkt, wo derselbe an diesen letztern angebunden worden, genau in die Axe der Seele des Kanons fällt. Wenn nun die Kugel an die Mündung kommt, und diesen Faden entzwey reißt, so fängt das Pendul von selbst an zu oscilliren, und man kann die Zeit, die die Kugel anwendet, um von A bis B zu kommen, so genau als möglich bekommen, weil man allemal sieht, wenn die Kugel aufschlägt. Auf diese Art hat man alle Größen bestimmt, welche in der Formel vor $\frac{1}{q}$

vorkommen; und man kann alsdenn leicht den Werth von q durch die Rechnung bestimmen.

Weiß man aber die anfängliche Geschwindigkeit, so kann man den Werth von q ebenfalls entweder durch die beobachtete Zeit

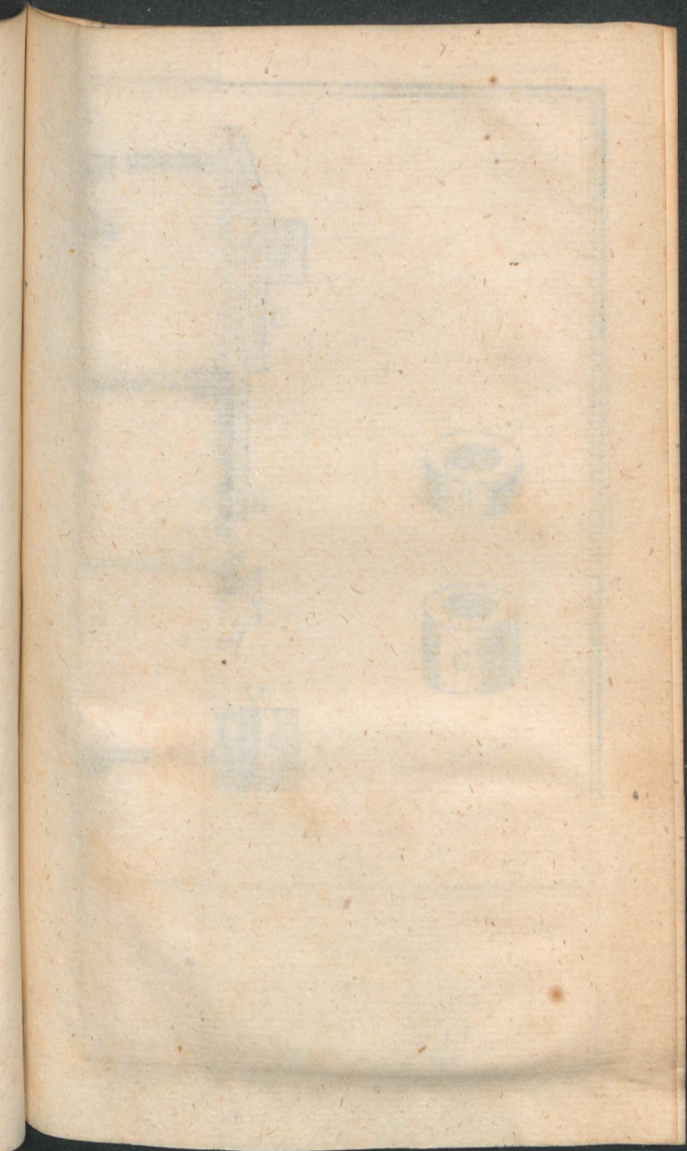
Zeit und den Werth von der Schußweite auf dem Horizont, oder durch BC und die Schußweite AC bestimmen. Auf diese Art ließe sich also durch einige sorgfältig angestellte Versuche der Widerstand der Luft ausmachen.

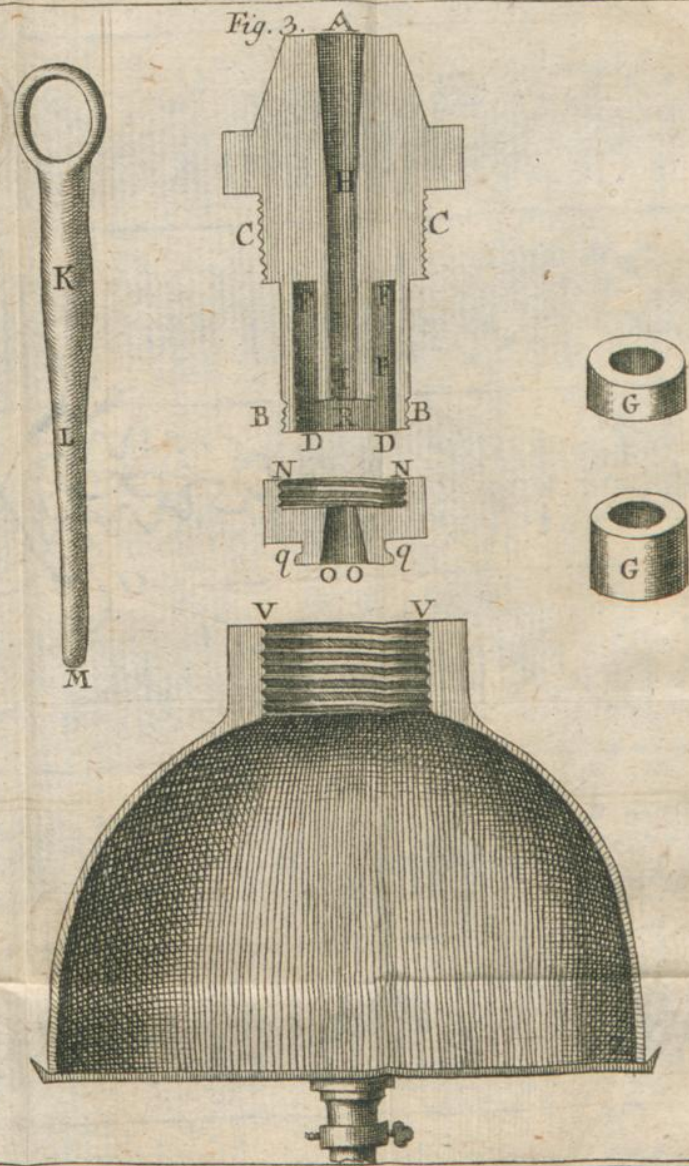
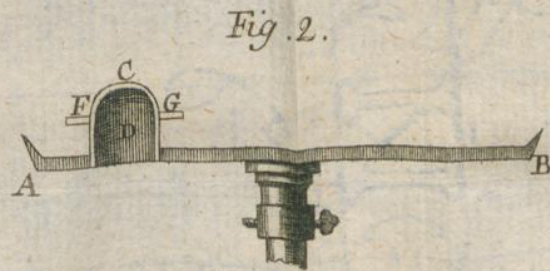
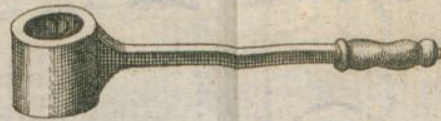
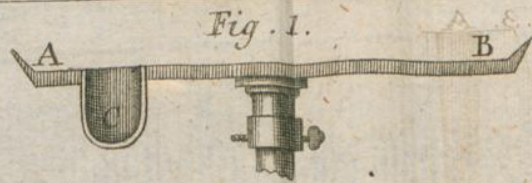


189. 1. 6.

Zeit und den Werth von der Größe
auf dem Punkte, oder durch die
Eigenschaften zu bestimmen. Die
Zeit läßt sich also durch einen
angewandten Vergleich der
Zeit bestimmen.







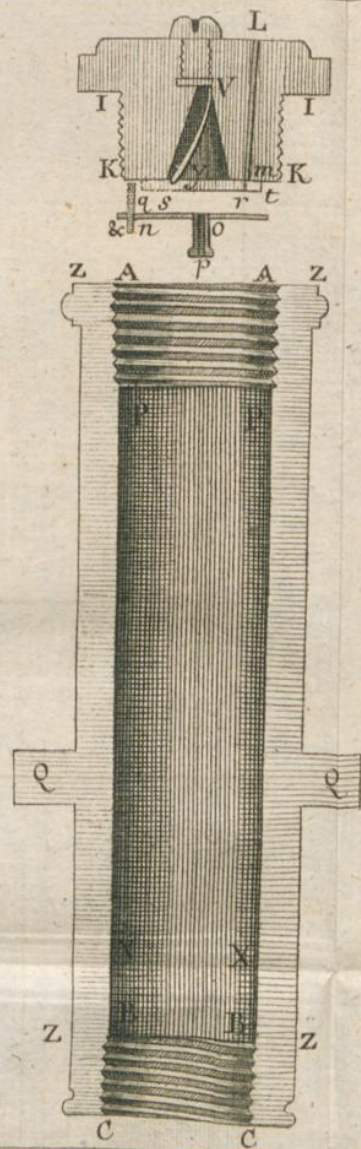


Fig. 4.

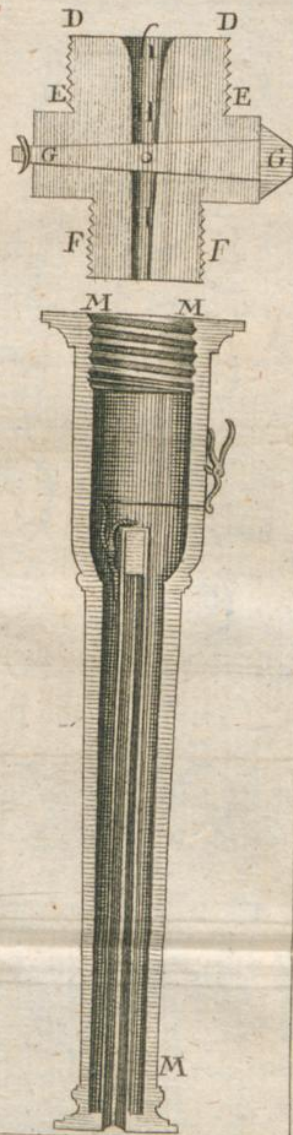
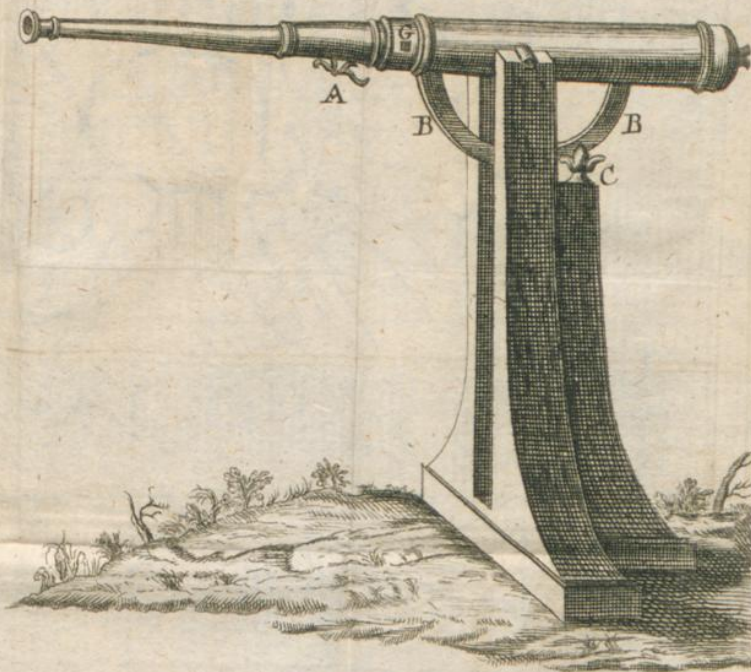
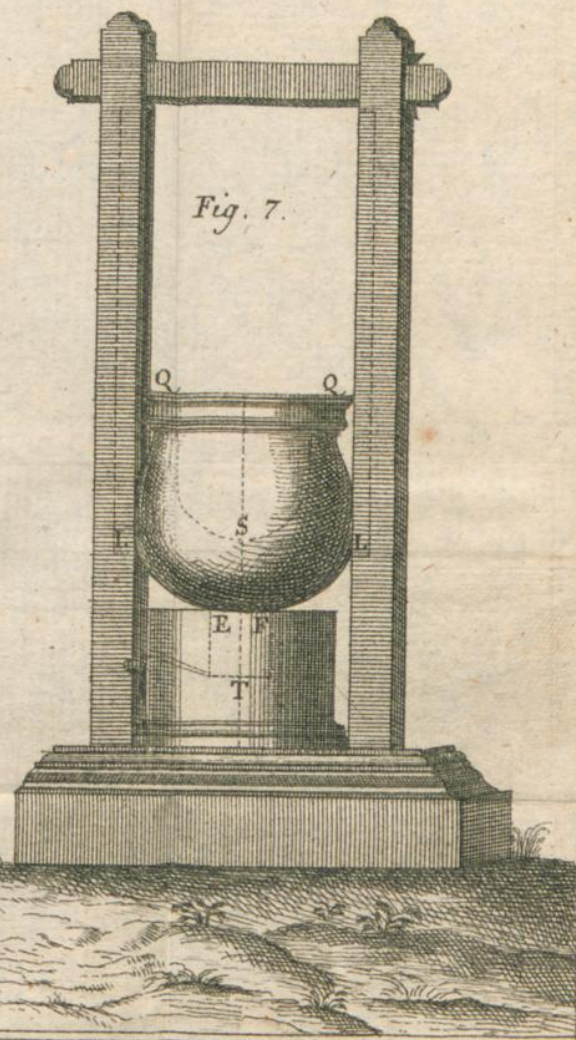
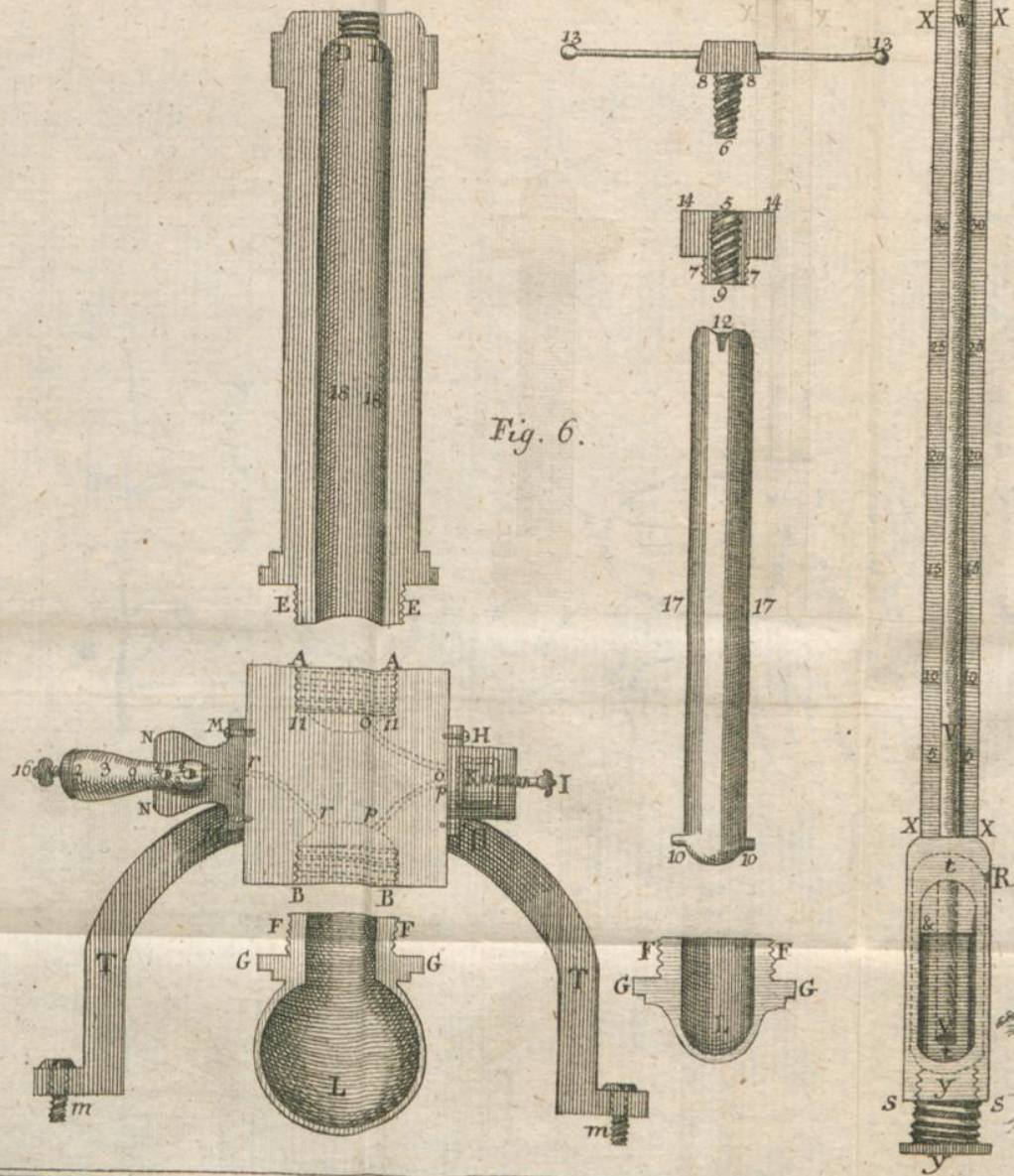


Fig. 5.





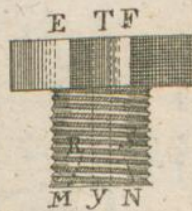


Fig. 8.

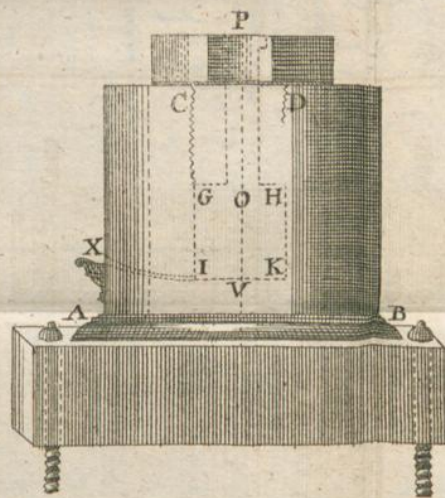


Fig. 9.

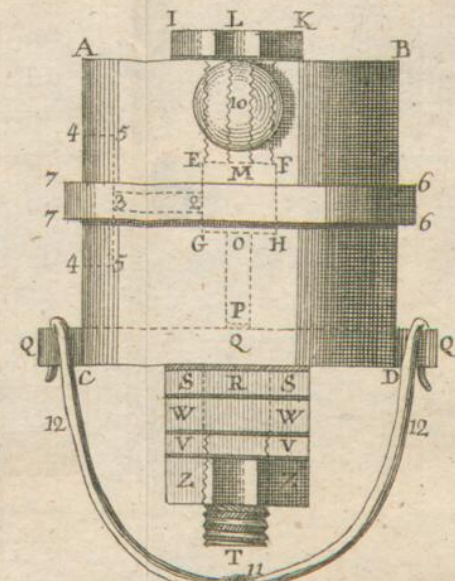
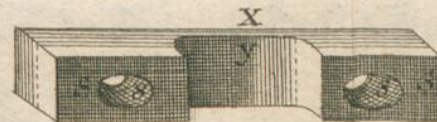
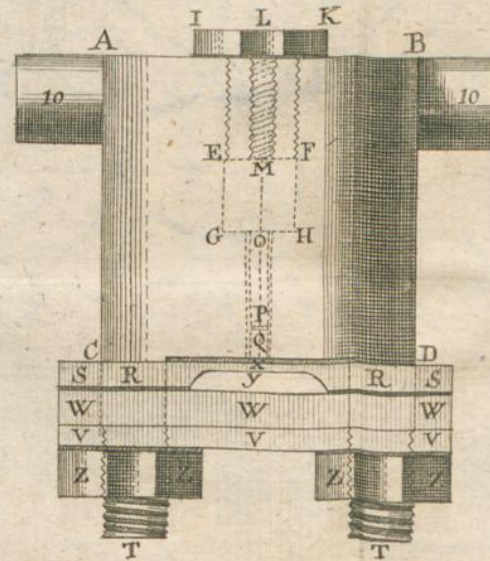


Fig. 10.

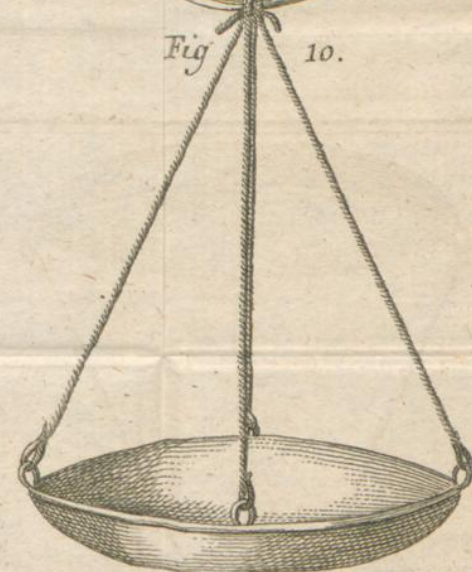


Fig. 11.

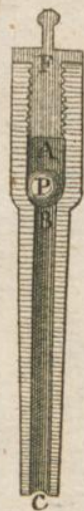


Fig. 12.

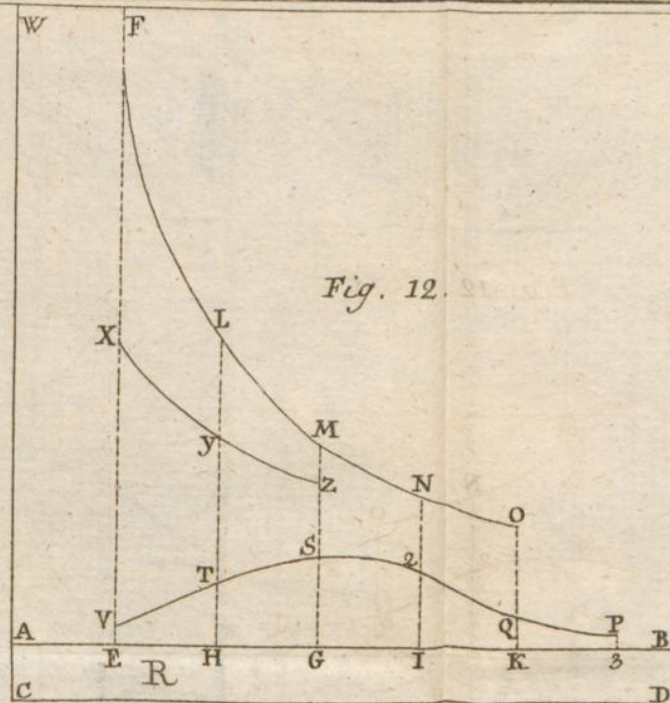


Fig. 15.

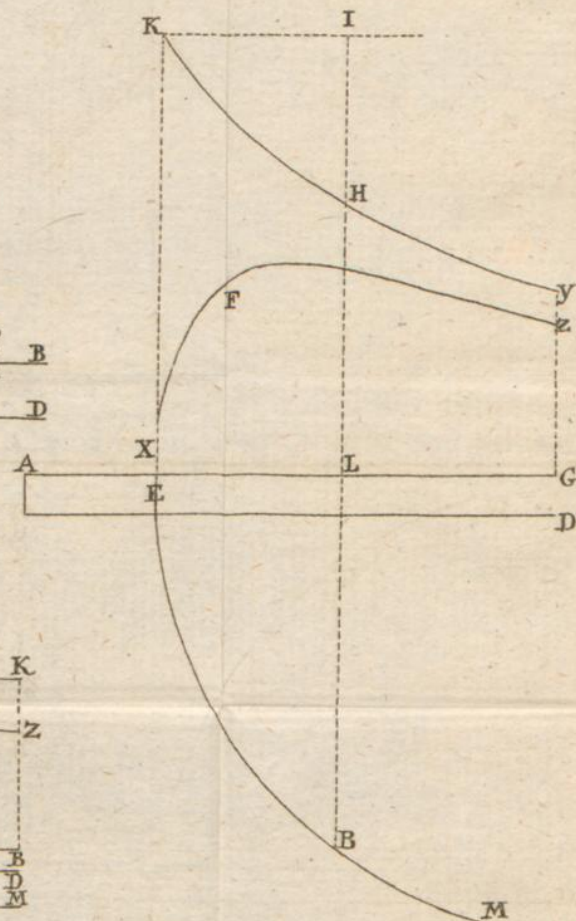


Fig. 13.

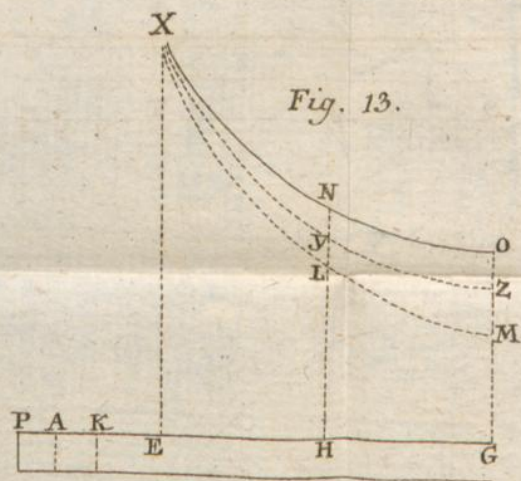


Fig. 14.

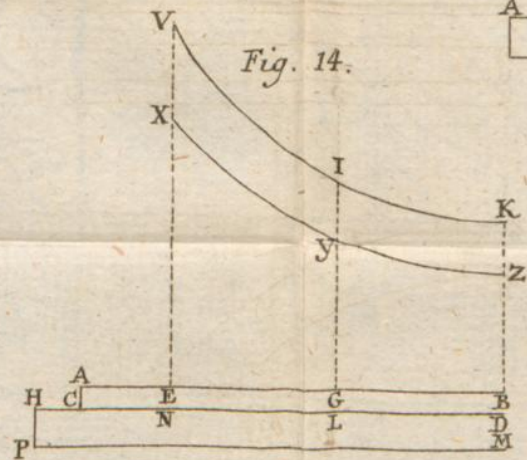


Fig. 16.

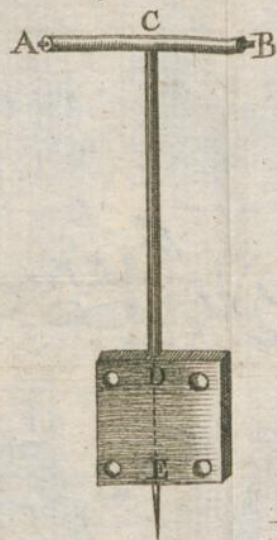


Fig. 17.

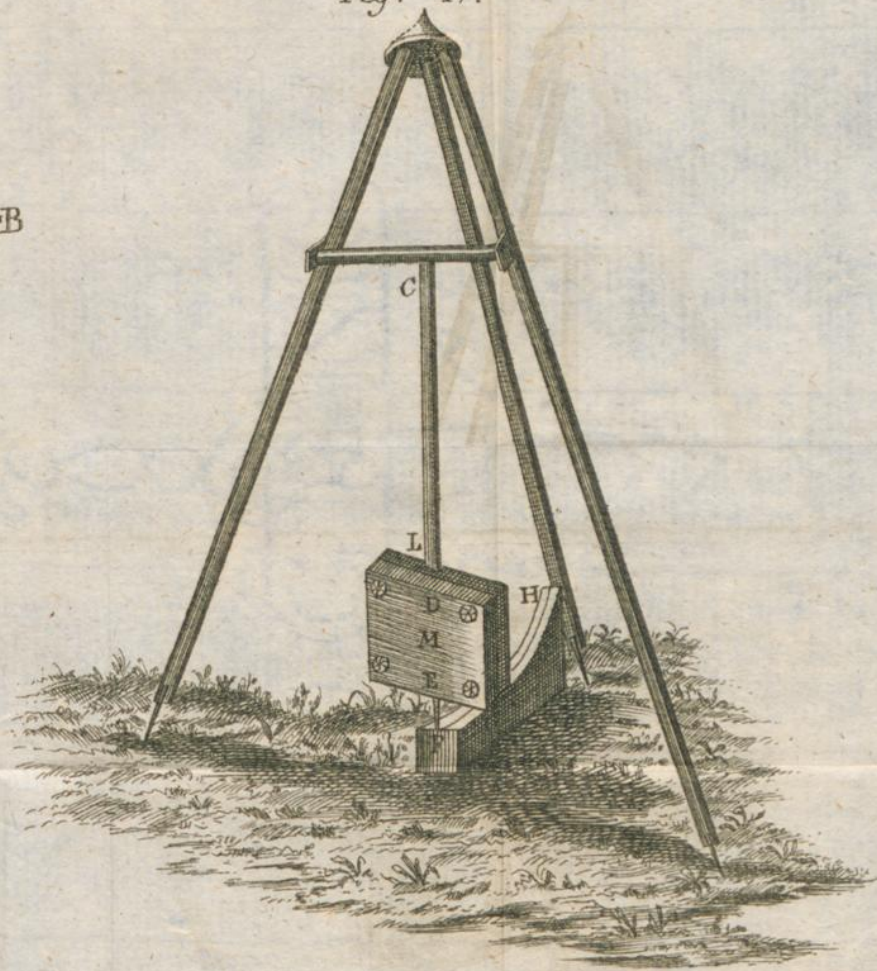
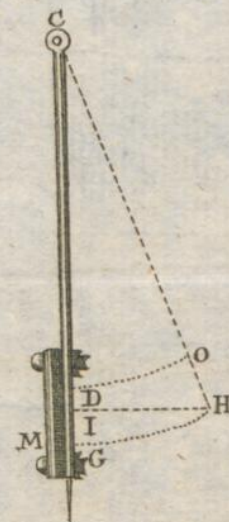


Fig. 18.



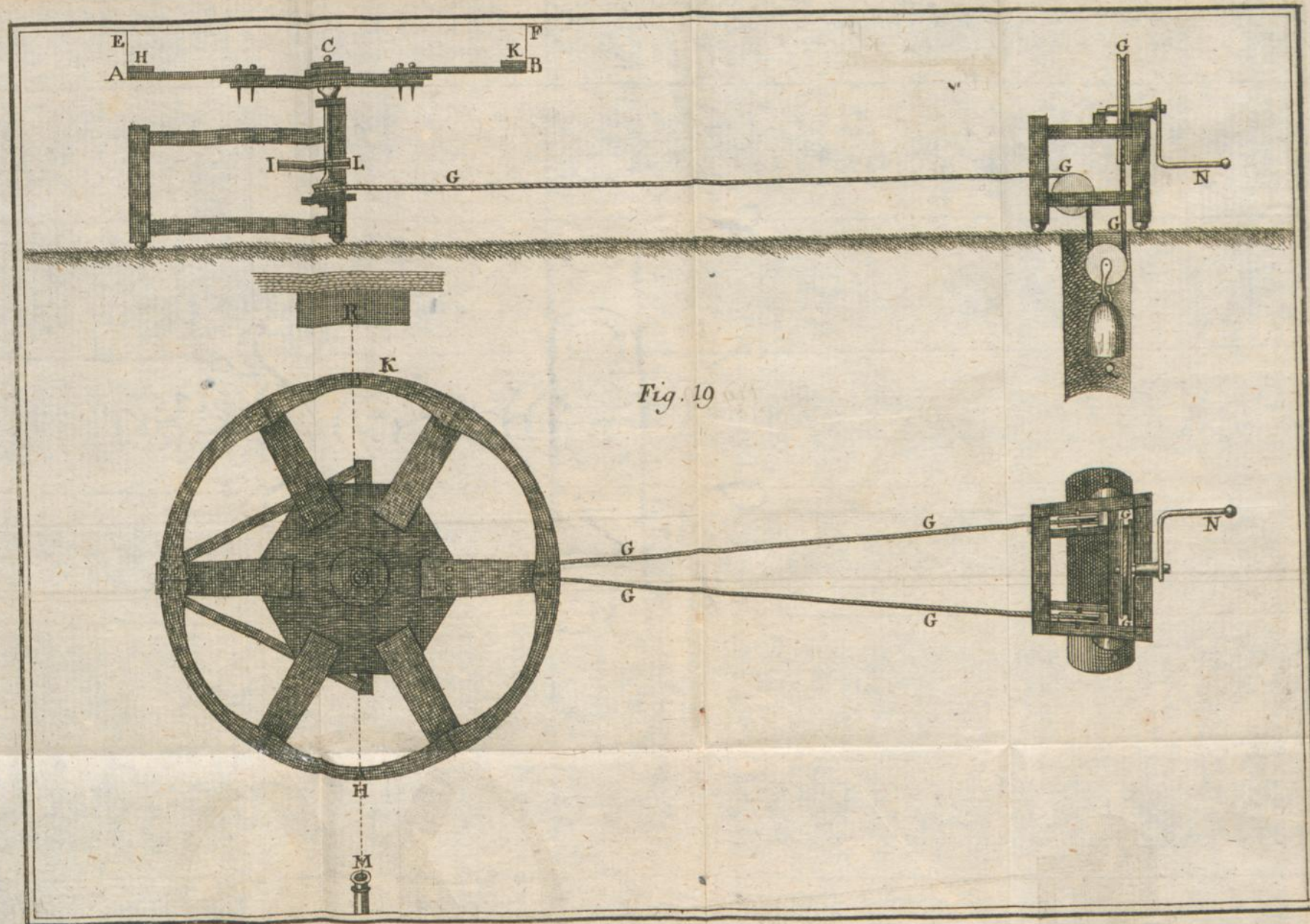


Fig. 21

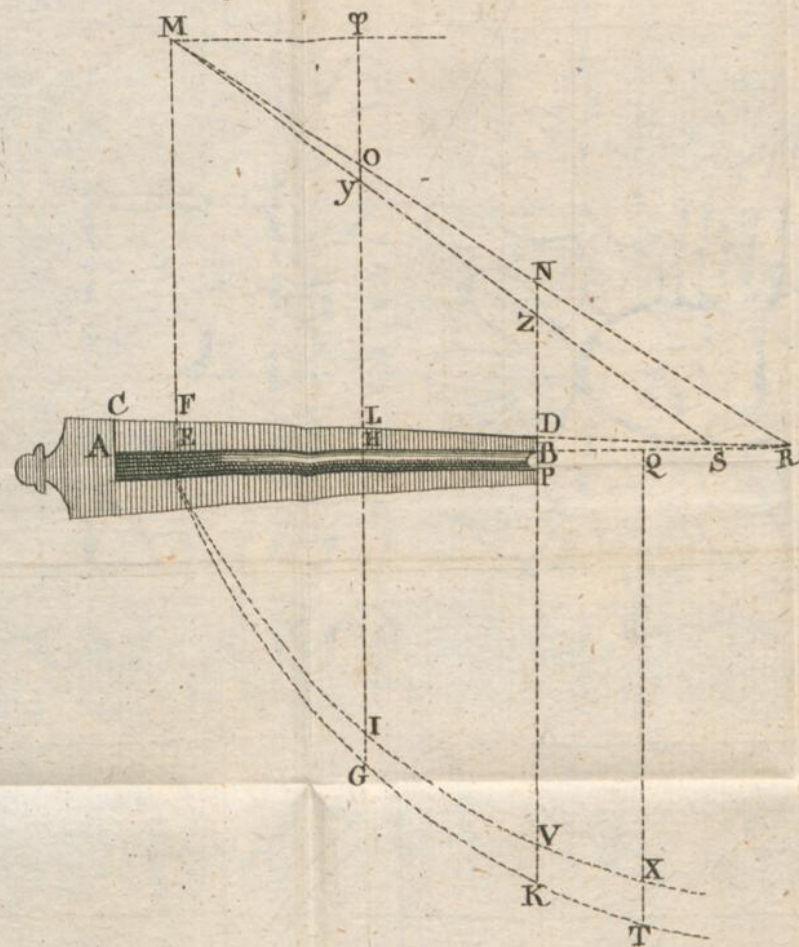


Fig. 20.

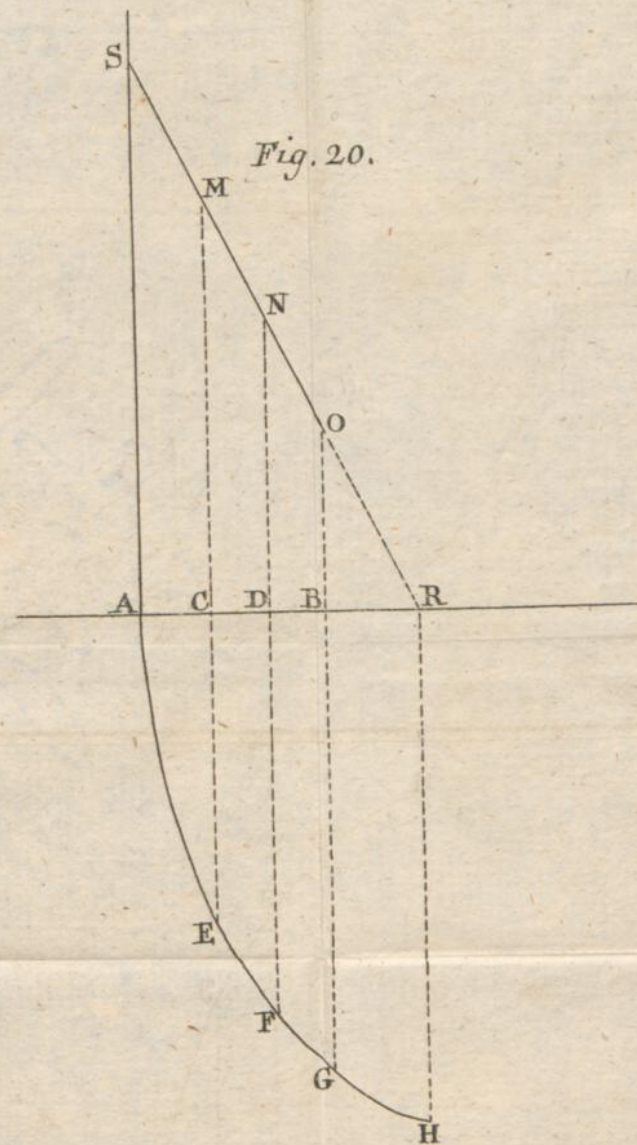


Fig. 26.

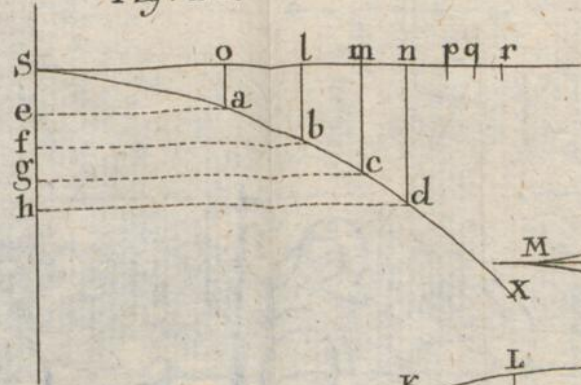


Fig. 25.

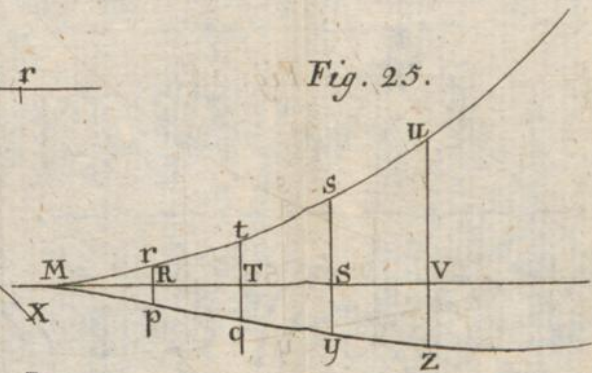


Fig. 24.

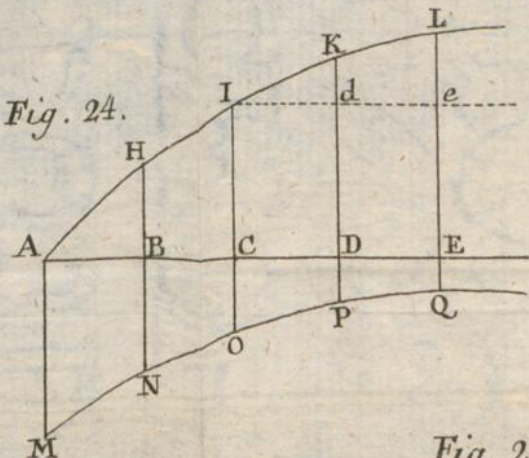


Fig. 23.

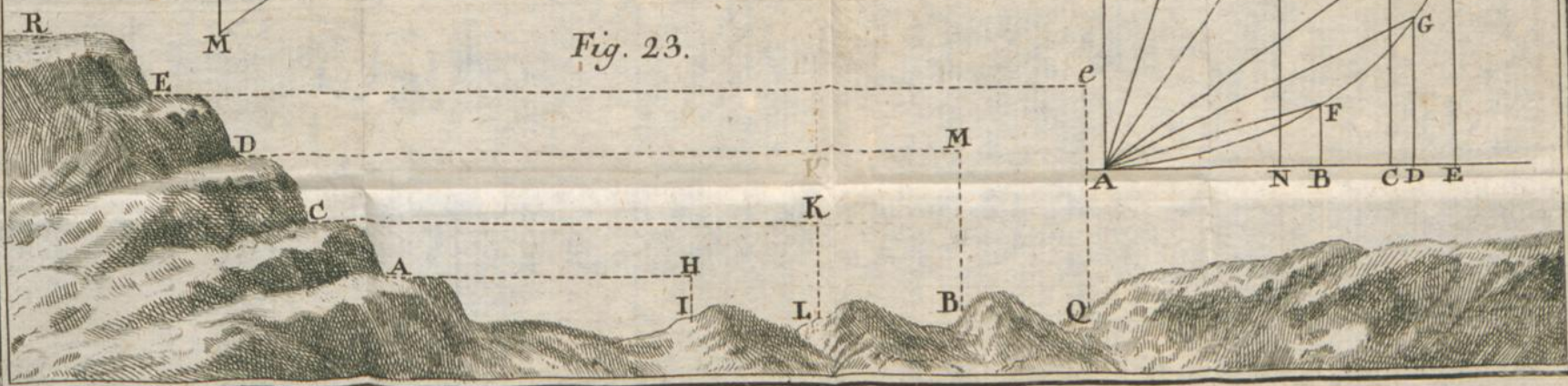
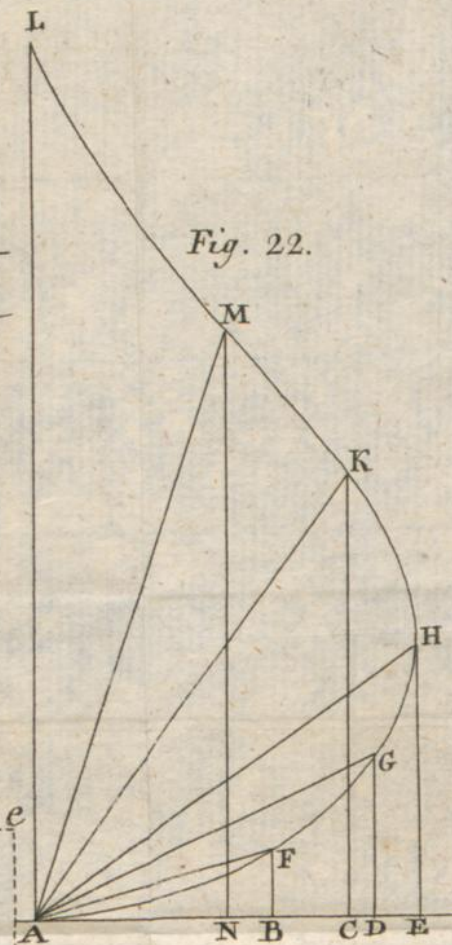


Fig. 22.



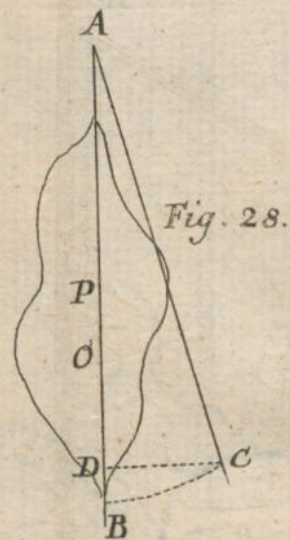
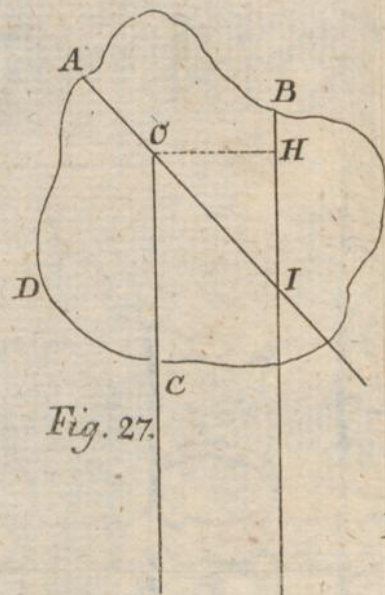


Fig. A.

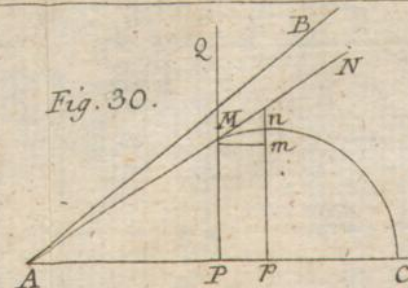
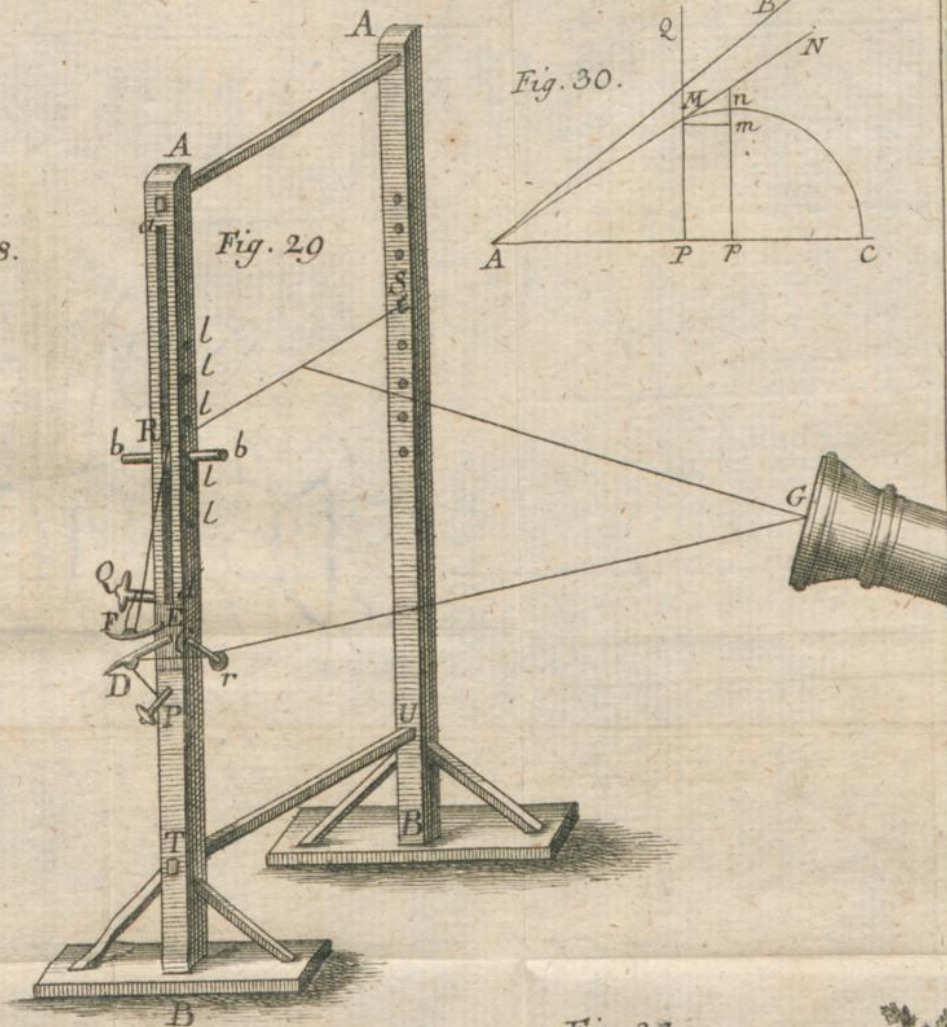
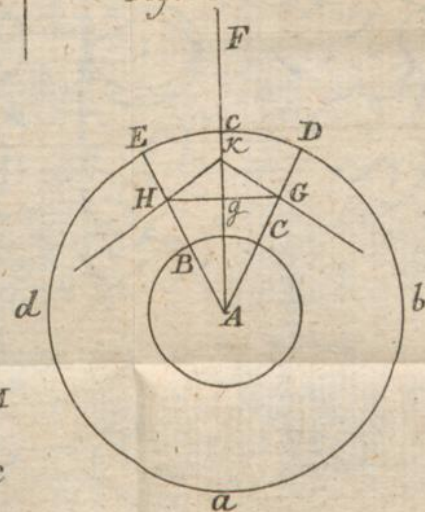
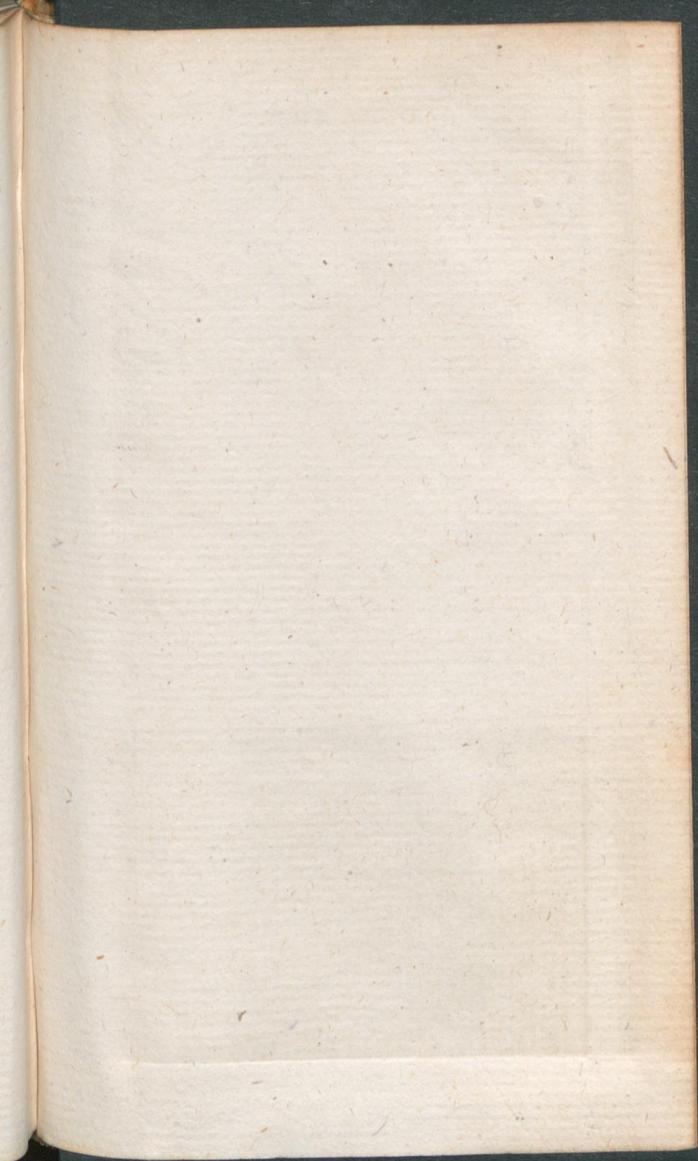
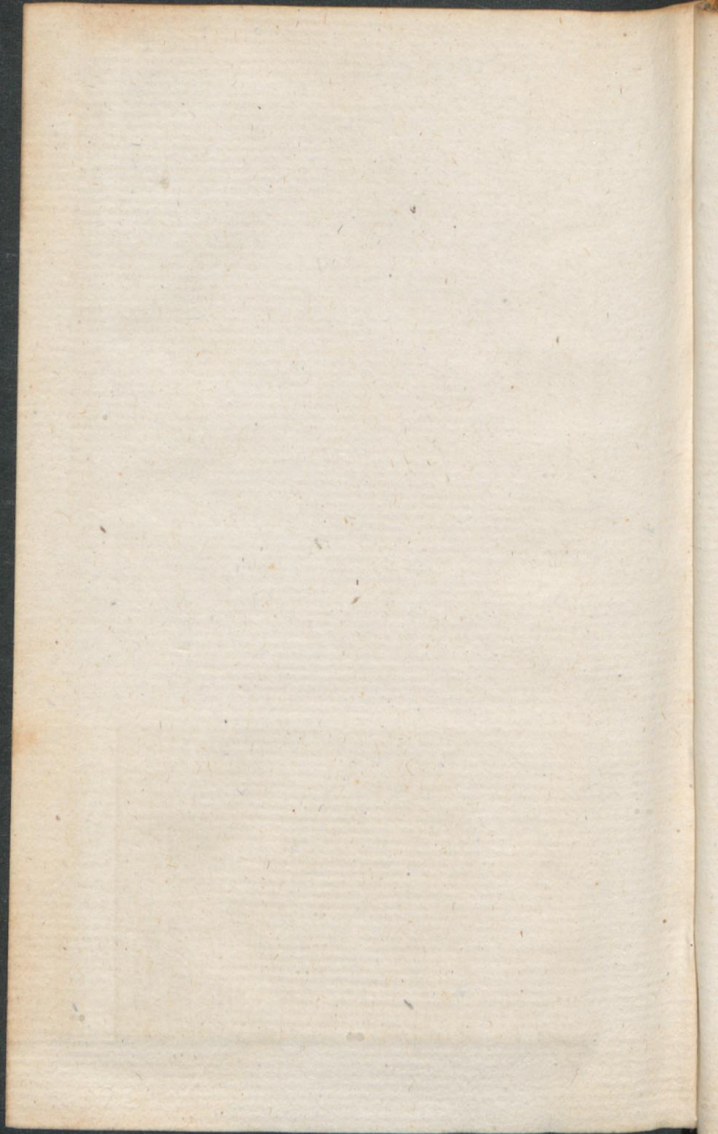
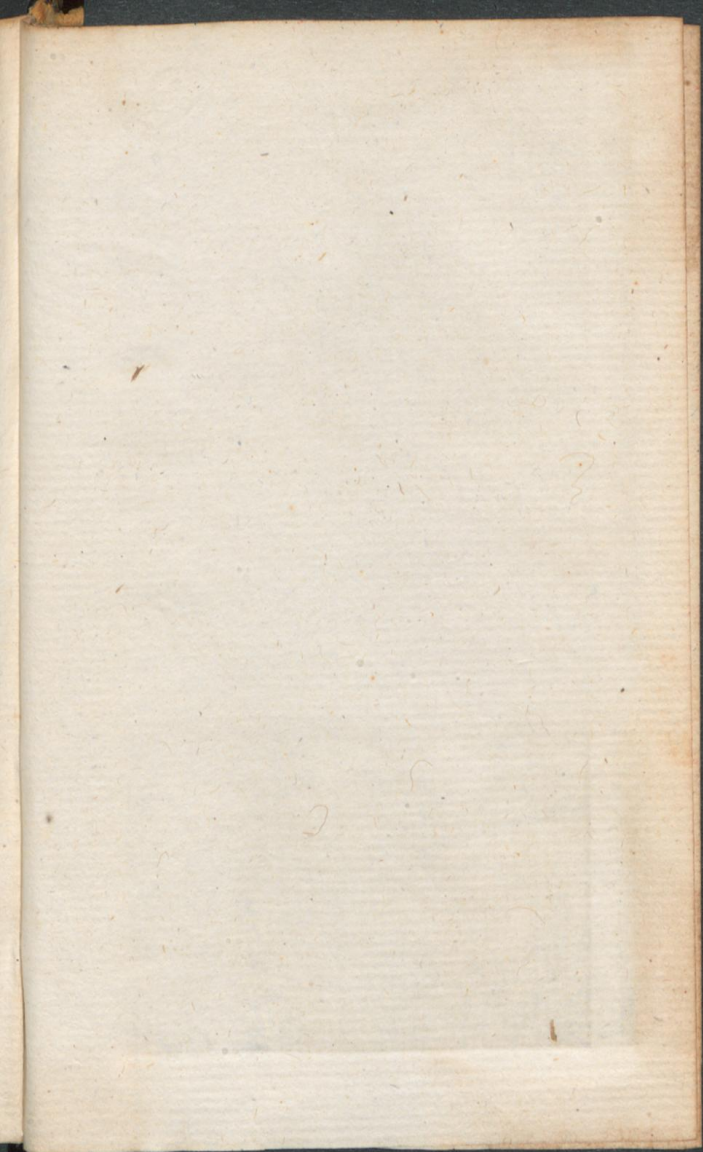


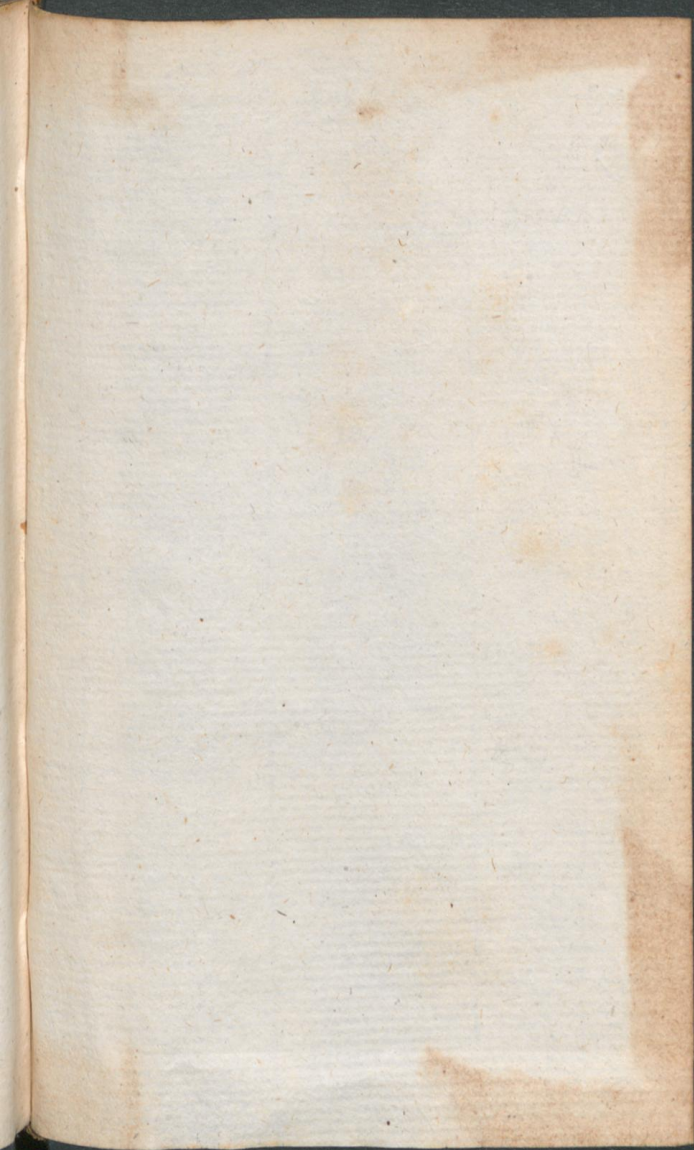
Fig. 31.











247

