Ueber das Schießpulver,

seine Bestandtheile,

die Stärke und die Art seiner Wirkung,

auf

Veranlassung einer Aufgabe

der Kön. Societät der Wissenschaften in Göttingen

von

G. W. Muncke,

Dr. der Philosophie und öffentl. ordentl. Professor der Physik
in Heidelberg.

Marburg,
in der Kriegerschen Buchhandlung, 1817.

Vorrede.

Die Veranlassung zur öffentlichen Bekanntmachung der vorliegenden kleinen Schrift ist theils an sich vollkommen deutlich, theils erlaube ich mir dieselbe etwas näher anzudeuten. Es ist nämlich sicher nicht dem mindesten Zweifel unterworfen, daß der Gegenstand an sich schon seit längerer Zeit den Scharfsinn der Gelehrten beschäftigt hat, ohne daß man bis jetzt die eigentliche Aufgabe hat zur Entscheidung bringen können, und daß meine Bearbeitung derselben nicht ohne einigen Werth sey, dafür bürgt das günstige Urtheil einer in der Geschichte der Gelehrsamkeit so hochberühmten Societät, welches ich zur Vollständigkeit des Ganzen, und um die Uebersicht zu erleichtern, beygefügt habe. Inzwischen würde ich, selbst ohne die durch die Preisfrage gegebene Veranlassuug diesen Gegen-

stand, wenn gleich in sehr veränderter Form bearbeitet und die erhaltenen Resultate dem gelehrten Publicum zur Beurtheilung vorgelegt haben, weil diese Untersuchungen in sehr naher Verbindung mit andern sehr wichtigen stehen, welche mich schon seit langer Zeit beschäftigt haben. Unleugbar nämlich sind die Naturwissenschaften in den letzteren Jahren unglaublich erweitert, und wenigstens einzelne Abtheilungen sind in einem Umfange und mit einer Tiefe behandelt, welche immerwährend für musterhaft gelten dürfen. Daneben hat man nicht unterlassen zu versuchen, ob sich die gesamten Naturgesetze unter ein Ganzes vereinigen und auf eins oder wenigstens einige allgemeine Principien zurückführen lassen, ein Unternehmen, welches nie aufgegeben werden muß, da wir mit Gewißheit voraussetzen dürfen, daß die Natur, der großen Mannigfaltigkeit ungeachtet, welche sie uns darbietet, und obwohl wir nicht vermögen sie anders als im Einzelnen zu untersuchen, sicher der Einheit und Allgemeinheit ihrer Grundgesetze nicht ermangelt. Zwar sind einige bisher gemachte Versuche, eine allgemeine Dynamik der Natur zu begründen, fehlgeschlagen, und haben mitunter zu einer Anhäufung

von Worten ohne Sinn geführt; allein dieses vermag gegen die Sache selbst im mindesten nichts zu beweisen.

Die größten Schwierigkeiten bey allen diesen Versuchen lagen immer darin, daß die Inponderabilien, so genau auch ihre Erscheinungen construirt waren, ihrem eigentlichen Wesen nach sich in kein System fügen wollten. Besitzen wir gleich eine vollendete mathematische Theorie der Lichterscheinungen durch Newton, haben gleich J. T. Mayer, Fouvier u. a. das Verhalten der Wärme auf eine ähnliche Weise unter die Gewalt des Calcüls gebracht; so bleiben die Erscheinungen an sich doch immer noch problematisch, und namentlich gehören die Explosionen mit unter diejenigen Phänomene, welche schon durch ihren eigenthümlichen Charakter den Forscher dringend zu Erklärung auffordern. Bevor nicht solche ausgezeichnete Modificationen, unter denen sich die Inponderabilien zeigen, genügend und dem Systeme im Ganzen anpassend erklärt sind, ist an die Begründung einer Theorie der Inponderabilien nicht zu denken. Indem ich nun schon seit geraumer Zeit mit dem Gedanken beschäftigt war, die wesentlichsten Data zu einer allgemei-

nen Dynamik der Naturerscheinungen zu sammeln, war es mir sehr interessant, einige von mir abstrahirte eigenthümliche Ansichten an der Erklärung der Explosionen zu versuchen, und einige von mir angestellte Versuche bestätigten und erweiterten meine früheren Hypothesen. Die Ursache, warum sich das Schießpulver im Vacuo nicht entzündet, wurde völlig aufgefunden, eine genaue Berechnung diente dazu, die Theorie über die Kraft des Schießpulvers den Resultaten der Rumfordschen Versuche näher zu bringen, und auch für die Theorie der Wärme glaube ich nicht unbedeutende Beyträge geliefert zu haben, indem theils das Wesen ihrer Unwägbarkeit angedeutet, theils ihr Verhalten auf das allgemeine Gesetz der Affinitäten zurückgeführt ist, wodurch, falls die Theorie ganz durchgeführt werden kann, alle Naturerscheinungen nur aus einem einzigen Gesetze, nämlich dem der Attraction der Materie construirt werden müßten.

Inzwischen war die Zeit, welche ich der Bearbeitung der Abhandlung selbst widmen konnte, sehr beschränkt, und ich muß daher glauben, daß ich mich in einigen Stücken etwas zu kurz gefaßt habe, außerdem aber hatte ich nicht berücksichtigt,

daß vielleicht einige der Versuche, worauf ich mich bezog, von der Kön. Societät in Zweifel gezogen werden könnten. Um diesen Mängeln abzuhelfen, sandte ich im Januar dieses Jahres einige Proben der in den Versuchen erhaltenen Producte mit einer kurzen Erläuterung begleitet an die Kön. Societät, namentlich drey kleine silberne Schüsselchen, in deren einer Haarsilber gebildet, in den beyden andern das Pulver unvollständig und vollständig zerlegt war; zwey Teller, worauf das in Kohle und Salpeter geschiedene Pulver neben einander lag, und endlich drey krummgebogene Glasröhren mit den Theilen des Schießpulvers, welche im guerikschen Vacuo getrennt waren. Inzwischen ist mir bis jetzt noch keine Aeußerung der Kön. Societät über diese Gegenstände zu Gesichte gekommen, welche, wie ich nicht zweifle, richtig angelangt seyn werden. Dem Wunsche des Verlegers gemäß habe ich die deutsche Sprache gewählt, und daher das lateinische Original wörtlich übersetzt, da doch der Inhalt und die ganze Tendenz sich zunächst auf die Preisfrage beziehen, so daß die Abhandlung nur als eine Beantwortung derselben ein selbstständiges Ganzes ausmacht. An denjenigen Stellen, wo

ich die Sache durch wenige Worte etwas deutlicher zu machen hoffte, habe ich diese eingeschoben, aber allezeit durch Queerstriche kenntlich gemacht, die wesentlicheren Punkte aber, mit Beziehung auf die vorausgeschickte Beurtheilung der Kön. Societät in eigenen Anmerkungen erläutert. Auf diese Weise hoffe ich, wird die kleine Schrift weder ganz ohne Nutzen für die Wissenschaft, noch ohne Interesse für das Publikum seyn, und ich werde meine Wünsche völlig befriedigt sehen, wenn ich gelehrte Physiker dadurch veranlasse, meine Bemühungen um die Auffindung der allgemeinen Gesetze, denen die Erscheinungen der Inponderabilien unterworfen sind, durch ihre Belehrungen zu unterstützen und zu leiten.

Heidelberg im May 1817.

Der Verfasser.

Die Frage, welche von der berühmten Kön. Societät der Wissenschaften in Göttingen für den Hauptpreis auf das Jahr 1816 aufgegeben worden ist, heißt wörtlich so: (G. G. Anz. 1815. Nr. 196.)

Die physische Theorie des Schießpulvers ist bis jetzt noch immer sehr dunkel und räthselhaft. Zwar kennen wir jetzt nach Ingenhaußens und Rumfords Versuchen genauer als ehemals die elastischen Flüssigkeiten, deren plötzlicher Entwickelung aus dem angezündeten Schießpulver wir die erstaunliche Kraft desselben zuschreiben müssen; aber noch immer ist der Hauptumstand nicht gehörig erörtert, nämlich aus welcher Quelle auch durch das kleinste Fünkchen plötzlich die ungeheure Menge von Wärme hervorbricht, welche fast in einem Augenblicke eine große Quantität Pulver in Dämpfe und Gasarten zu verflüchtigen vermag, und zwar selbst in dem Falle, wenn das Pulver in einem genau verschlossenen, mithin vor allem Zutritte der äußern Luft verwahrten Raume sich befindet, wie aus einigen Versuchen Rumfords und aus andern, wo genau verschlossenes Schießpulver vermittelst des Funkens aus einer Leidner Flasche selbst unter Wasser entzün-

det wird, hinlänglich bekannt ist. Wo ist hier die erforderliche Menge von Sauerstoffgas, durch dessen Zersetzung, wie bey gewöhnlichen, dem freyen Zutritte der Luft ausgesetzten Verbrennungsprocessen, eine so große Hitze erzeugt werden könnte?

Da aber auf der andern Seite auch wieder bekannt ist, daß keine Entzündung und Verpuffung des Schießpulvers unter einem möglichst luftleeren Recipienten statt findet, so könnte man fragen, was die geringe, zwischen den Körnern einer verschlossenen Quantität Pulvers gewöhnlich noch zurückbleibende Menge von atmosphärischer Luft, in so fern dieselbe Sauerstoffgas enthält, dennoch zur Entzündung des Pulvers beytragen dürfte, und wo überhaupt die Wärmequelle ihren Sitz hat, die bey den bewundernswürdigen Wirkungen des Schießpulvers eine so große, aber bis jetzt noch nicht hinlänglich bekannte Rolle spielt.

Da nähere Versuche und Aufschlüsse über diesen Gegenstand unstreitig auch für die ganze Wärmelehre von höchstem Interesse sind, so wünscht die Kön. Societät der Wissenschaften eine unsern gegenwärtigen Kenntnissen über die Natur der Wärme und der durch sie hervorgebrachten gasförmigen Flüssigkeiten möglichst angemessene und auf Versuche gegründete Theorie der Entzündung des Schießpulvers, mit gehöriger Rücksicht auf das Mangelhafte aller bisherigen Erklärungsarten, zu erhalten.

So oft und vielfach auch die gelehrtesten Männer nicht ohne bedeutenden Erfolg für die Wissenschaften diesen Gegenstand mit großem Scharfsinne bearbeitet haben, und so sehr derselbe auch durch ihre Bemühungen aufgeklärt ist, so bleibt doch immer noch vieles dunkel und räthselhaft. Inzwischen sollen die Schwierigkeiten, an denen ihre Bemühungen scheiterten, mich keineswegs abhalten, meine geringen Kräfte an der Auflösung dieses Problems zu versuchen. Eine Zusammenstellung dessen, was früher über diesen Gegenstand geschrieben ist, der hochverehrten Societät vorzulegen, halte ich um so viel weniger für nöthig, da ich voraussetzen muß, daß alle diese Sachen denjenigen gelehrten Männern hinlänglich bekannt sind, welche über meine Arbeit ein Urtheil fällen werden, und ich würde mir einen Vorwurf daraus machen, wenn ich es wagte, ihre edle Zeit durch unnöthige Weitläuftigkeit zu verkürzen.

Die Bestandtheile des Schießpulvers sind bey den verschiedenen Sorten desselben verschieden gemischt. Ohngeachtet diese Verschiedenheit der Mischung zur Erklärung der Erscheinungen, welche dasselbe darbietet, von geringem oder vielmehr von gar keinem Einflusse ist, so hielt ich es doch nicht für überflüssig einen Theil desjenigen, wovon ich in meinen Experimenten Gebrauch machte, nach der von Chaptal angegebenen Methode zu analysiren, und das Mittel aus mehreren Versuchen [1]) gab mir 75,5 Salpeter

14,2 Kohle
9,5 Schwefel
0,8 Verlust.

100,

Der äußeren Beschaffenheit nach war dasselbe sogenanntes

Jagd- oder Pirsch-Pulver, sehr gut gekörnt und etwas polirt, und soll nach Aussage des Verkäufers auf der Hannöverschen Pulvermühle bey Erzen verfertigt seyn.

Um ein genaueres Maß zur Bestimmung kleiner Quantitäten zu erhalten, legte ich mehrmals die Körner in unmittelbarer Berührung auf einer geraden Linie neben einander, und fand, daß im Mittel 38 die Länge eines par. Zolles ausmachten, wonach der mittlere Durchmesser = 0,0263 oder in runder Zahl = 0,027 par. Zoll anzunehmen ist. [2]) Außerdem wog ich auf der eben so feinen als genauen hydrostatischen Waage des hiesigen Cabinets, welche von Hurter in London verfertigt ist, 5 Gr. Nürnb. Medicinalgewicht Pulver genau ab, und fand durch Zählung, daß diese gewogene Quantität 986 Körner enthielt, wonach man ohne bedeutenden Fehler annehmen kann, daß 200 Körner auf einen Gran gehen, oder daß das Gewicht eines Körnchens 0,005 Gr. Medicinalgewicht beträgt.

Berechnen wir nach der ersteren Messung die Menge der Pulverkörner, welche auf einen pariser Cubikzoll gehen, so betragen diese 54872 Körner, und das Gewicht derselben = 287 Gr.; wobey aber vorausgesetzt wird, daß die Axen der aufgeschichteten Körner durch Berührung ihrer Pole eine gerade Linie bilden müßten. Auf diese Weise können sie aber nicht liegen, sondern sie werden in die Zwischenräume gleiten, und man kann annehmen, daß sie ohngefähr einen Winkel von 60° mit der Basis bilden. Hiernach muß die vorige Größe im Verhältnisse des Radius zum sin. 60° genommen werden, und giebt dann 331 Gr. Diese Bestimmung ist aus leicht begreiflichen Gründen, und unter andern auch deswegen zu groß, weil

oben in runder Zahl 0,027 statt 0,0263 gesetzt ist, weicht aber dennoch nicht viel von einer andern ab, welche ich auf einem viel sicherern Wege erhielt. Ich nahm einen sehr genau gearbeiteten hohlen Cubus von Messingblech, füllte denselben so gut wie möglich bis zur ganz ebenen Oberfläche mit dem Schießpulver an, und fand das Gewicht desselben im Mittel genau 316,5 Gr., wog alsdann den nämlichen Cubus voll destillirtes Wasser bey einer Temperatur von 12° R. und fand dessen Gewicht = 311,5 Gr. (Bekanntlich ist bey der Kön. Preuß. Maßregulirung der par. Cubikzoll Regenwasser bey 3,5 R. = 319,55 Gr. Medicinalgewicht gefunden. Nach Eytelwein Vergleichung der in den Preuß. Staaten eingeführten Maße und Gewichte. Berl. 1798). Um aber zugleich das specifische Gewicht des Pulvers genau zu bestimmen, goß ich die Zwischenräume desselben in dem angefüllten Würfel voll absoluten Alcohol, dessen Menge, nach gehöriger Reduction des specifischen Gewichts, so viel als 81,3 Gr. Wasser betrug. Rechnen wir beyde Größen zusammen, so findet sich — abgesehen von der ungleichen Ausdehnung dieser verschiedenen Substanzen durch Temperatur, welche wohl kaum in Betrachtung kommen kann — das specifische Gewicht des Schießpulvers $= \frac{397,8}{311,5} = 1,277 \ldots$ nach einem sehr genäherten Werthe. [3]) Es wird aber das specifische Gewicht des Salpeters = 1,9369 (S. Stromeyer Chemie Th. 1.) des Schwefels = 1,990 (S. Klaproth und Wolf chem. Wörterb.) und der Kohle zwischen 0,28 und 0,44, also im Mittel = 0,36 angegeben (S. Hildebrandt Physik. Th. 1.), wonach das spec. Gewicht eines in den oben angegebenen Verhältnissen gemischten Körpers = 1,6 seyn müßte. Indem nun das specif. Gewicht des

Schießpulvers nach meinen eigenen und fremden Versuchen (S. Meineke über das Schießpulver. Halle 1814.) geringer ist als das mittlere seiner Bestandtheile, so sieht man hieraus, daß diese letzteren locker und nicht sehr fest mit einander verbunden sind.

Alle zur Beantwortung der Aufgabe angestellten Experimente ausführlich zu erzählen, verbieten mir theils die engen Grenzen der Zeit, theils glaube ich auch, daß der eigentliche Zweck dieser Abhandlung solches nicht fordert. Sollte aber die hochverehrliche Kön. Societät, welcher unleugbar ein competentes Urtheil in dieser Sache zusteht, meine Arbeit der Aufmerksamkeit der gelehrten Welt nicht für unwürdig erachten, so bin ich entschlossen bey gelegenerer Zeit den Gegenstand ausführlicher zu behandeln, die Apparate, deren ich mich bediente, genauer zu beschreiben, die Methode, welche ich bey Anstellung der Experimente und bey den Beobachtungen anwandte, umständlicher zu erzählen, und so das Ganze dem Publikum vorzulegen, indem für den Augenblick die schon fast ganz verflossene Zeit der Concurrenz mir Eile gebietet, damit ich den Hauptzweck nicht verfehle. Uebrigens stimmen im Ganzen meine Beobachtungen mit denen anderer Gelehrten, als der HH. Chaptal, Rumford, Ingenhauß, Proust, Howard, Sage, Cruikshank, Caußigny, Meineke und mehrerer anderer sehr überein. Was also zur Erläuterung der Phänomene der Aufmerksamkeit und Erwähnung würdig scheint, erlaube ich mir mit wenigen Worten darzustellen.

§. 1.

Wenn das Schießpulver plötzlich oder nur schnell bis ohngefähr 240° R. erhitzt wird, so entzündet es sich ohne sonstige Veränderung. Versuche hierüber habe ich mehrere mit genau gearbeiteten Thermometern angestellt. [4])

§. 2.

Ganz anders verhält es sich, wenn man dasselbe in einem silbernen oder eisernen Löffel allmälig erhitzt, indem diese langsam steigende Wärme dasselbe jederzeit, ohne irgend eine Explosion, in seine Bestandtheile zerlegt. Bey einer Hitze von ohngefähr 230° R. fängt nämlich der Schwefel mit sehr wenig Kohle verbunden, gleichsam wie bey der Bereitung von Hombergs Pyrophor an, sich zu verflüchtigen, — wobey allezeit, wenigstens im Dunkeln, ein phosphorescirendes Flämmchen wahrgenommen wird. — Verstärkt man die Hitze etwas mehr, so bemerkt man vorzüglich bey größeren Quantitäten, daß das kleine Flämmchen des brennenden Schwefels auf der Oberfläche vergrössert wird, worauf sogleich eine Entzündung und Explosion erfolgt — wenn man nicht alsobald das Pulver vom Feuer entfernt oder dagegen bläst, um es abzukühlen. — Ist aber der Schwefel verflüchtigt, so kann man die Hitze leicht bis 250° und weiter vermehren, worauf die Körner anfangen im Wasser des Salpeters zu zerfließen, sich zur doppelten und vielfachen Größe aufzublähen, und in eine einzige Masse zusammenzuschmelzen. Durch allmälig vermehrte Hitze werden Wasser, Kohle und Salpetersäure gleichfalls verflüchtigt, bis endlich beym Rothglühen des Löffels bloß das Cali übrig bleibt, welches nach Maßgabe der angewandten stärkeren oder geringeren Glühhitze we-

niger oder mehr, auf allen Fall dem Anschein nach nur wenig mit Kohlensäure verbunden zurückbleibt. [5])

Es scheint mir nicht unwichtig zu seyn, hierbey gelegentlich zu erwähnen, daß das Schießpulver bey dieser Zerlegung in dem Augenblicke, wenn der Schwefel verflüchtigt ist, und es selbst zu zerfließen beginnt, eine geringe Quantität salpetersauren Silbers, falls diese zufällig in dem Löffel sich findet [6]), ohne Ausnahme zu reduciren pflegt, und damit ein Product bildet, welches dem sogenannten Haarsilber der Mineralogen frappant ähnlich ist.

Auch Salpeter mit Kohle in gehöriger Quantität gemischt — wozu ich den ersteren fein pulverisirt, und die letztere so genommen habe, wie sie aus dem Pulver geschieden war —, lassen sich auf die angegebene Weise in ihre Bestandtheile zerlegen, und bewirkten dann gleichfalls die Reduction des salpetersauren Silbers, jedoch habe ich nie die kleinen silbernen Zweige — welche aus den Pulverkörnern gleichsam herauszuwachsen pflegen — sich bilden gesehen. Uebrigens kann man sich durch diese Versuche leicht von der Wahrheit der längst bekannten Behauptung überzeugen, daß das Schießpulver den Zusatz von Schwefel nicht nothwendig bedarf, auch schien mir immer die Explosion dieser Mischung derjenigen völlig gleich zu seyn, welche das ächte Schießpulver hervorzubringen pflegt, allein der Schwefel macht, daß die Körner besser zusammenhalten, fängt leicht Feuer und verbreitet dann die Entzündung schnell durch die ganze Masse des Schießpulvers. Hiernach zweifle ich also keinesweges, daß der Schwefel nach den Erfahrungen des H. Saluce (S. Miscell. Taur. II. 119.) die Explosion und Brauchbarkeit des Pulvers vermehrt.

§. 3.

Wird Schießpulver im Guerickschen Vacuum, welches bis auf die Differenz des Barometerstandes von einer Linie genau ist, im Brennpunkte einer hinlänglich starken Linse erhitzt, so steigt ein grauschwarzer, dicker Dunst von demselben auf, welcher die zur Unterlage dienenden Tellerchen, imgleichen die Wände der Campanen mit Schmutz überzieht, und die weitere Wirkung der Sonnenstrahlen abhält. Nicht selten habe ich auch bemerkt, daß kleine Theilchen des Pulvers nach allen Seiten umhergeworfen wurden, aber nie blähete sich dasselbe auf, sondern schmolz vielmehr zusammen, ohne entzündet zu werden. Gewöhnlich befand sich unter den Campanen, womit ich diese Versuche anstellte, ein genaues Heberbarometer, welches bey der Einwirkung der Sonnenstrahlen auf das Pulver zu steigen pflegte, zuweilen bis zu vier Linien, jederzeit aber so viel höher, je größer die Quantität des untersuchten Pulvers war, und es leidet wohl keinen Zweifel, daß diese Wirkung dem im Pulver eingeschlossenen Wasser beyzumessen ist. Eben die nämlichen Erscheinungen zeigt das aus Salpeter und Kohle in gehöriger Proportion gemischte Pulver, mit Ausnahme des Rauches, welcher weniger dick ist, auch bemerkte ich hierbey nicht selten, daß sich kleine Wassertröpfchen auf dem Tellerchen fanden, worauf das Pulver erhitzt war.

§. 4.

Von diesen Erscheinungen sind diejenigen nur wenig verschieden, welche das Pulver darbietet, wenn es im torricellischen Vacuum der Einwirkung des Brennpunktes einer Linse ausgesetzt wird. Allein es ist nicht bloß höchst schwie-

rig, sondern eigentlich unmöglich, der größten Vorsicht ungeachtet, die kleinen Pulverkörner ohne alle adhärirende Luft durch die Quecksilbersäule in den leeren Raum zu bringen, und wenn dieses nach unglaublichen Schwierigkeiten endlich, wiewohl unvollkommen, bewerkstelligt worden ist, so läßt sich nur mit Mühe der Brennpunkt des Glases oder die Hitze glühender Kohlen auf dieselben richten, und alsdann wird auch bey geringen Quantitäten Pulvers die innere Seite der Röhre sogleich mit Schmutz überzogen, welcher die fernere Einwirkung der Sonnenstrahlen hindert. Aus diesen Ursachen habe ich diesen Versuch nur einige wenige Male wiederholt, und übrigens nichts Merkwürdiges dabey entdeckt.

§. 5.

Die allerbeste Methode, um den Grund dieser Erscheinungen sichtbar darzustellen, beruht auf folgenden Versuchen. Man nehme eine gewöhnliche Barometerröhre, 12 — 18 par. Zoll lang, etwa 2 Lin. weit, reinige sie sehr sauber von allem Schmutze und besonders von aller Feuchtigkeit — eine zum Gelingen des Versuches durchaus erforderliche Bedingung, — biege sie krumm, schmelze sie an einem Ende so zu, daß sie in eine nicht lange Spitze zuläuft, und kitte sie in eine Fassung, damit man sie mit Hülfe einer guten Luftpumpe bis zu 1 Lin. Differenz des Barometers exantliren kann. Wenn man demnächst eine beliebige Quantität, etwa 100 bis 300 Pulverkörner in die Spitze wirft, die Röhre möglichst genau evacuirt, vermittelst eines Hahns verschließt, und über stark ziehenden Kohlen schnell erhitzt, so erfolgt augenblicklich eine bewundernswürdige Trennung der Bestandtheile. Ohne ir-

gend eine Flamme nämlich, ingleichen ganz alle Explosion erhebt sich etwas dicker, grau-weißlicher Pulverdampf, welcher aus Schwefel, mit etwas Kohle verbunden, besteht, nnd sich meistens durch die ganze Röhre verbreitet, wo er sich bald an der kalten innern Wand anlegt. Der sublimirte Schwefel zeigt sich völlig geschieden als ein dicker und gelblicher Ueberzug der Röhre; die Kohle, vom Salpeter getrennt, liegt ihm zunächst, und der Salpeter bleibt weiß und durchscheinend, oft kaum mit irgend einer Spur von eingesprengter Kohle vermischt, in der Spitze zurück, wo er nach dem Erkalten bald fest wird. [7])

§. 6.

In atmosphärischer Luft, im Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, kohlensaurem Gas, Salpeterstoffgas, oxydulirtem und oxydirtem Salpeterstoffgas, unter einem Drucke von 20 bis 28 Zoll Quecksilber, wird das Pulver durch den Brennpunkt einer hinlänglich wirksamen Linse leicht entzündet, und verbrennt mit einer mehr oder minder heftigen Explosion, — welche übrigens allezeit dem Drucke der Atmosphäre proportional ist —. Nach meinen Versuchen, welchen es zur Bestimmung der Stärke der Explosion an genügender Genauigkeit fehlte, oder welche vielmehr gar nicht in der Absicht und in der Art angestellt wurden, daß diese durch dieselben genau bestimmt werden konnte, war die Explosion in allen diesen expansibelen Medien gleich stark, denn wenn es mir gleich einigemale schien, als ob sie in kohlensaurem Gas etwas geringer sey, so vermuthe ich doch, daß diese Ausnahme durch anderweitige Umstände bedingt wurde. [8]) Uebrigens ist es wohl keinem Zweifel unterworfen, daß diese Explosion eine Wirkung der

aus dem entzündeten Pulver gebildeten Gasarten und Wasserdämpfe sey, wenn beyde durch die entstehende Wärme ausgedehnt werden.

§. 7.

Um die veränderliche Stärke dieser Explosion unter verschiedenem Luftdrucke genauer zu erforschen, habe ich diese und ähnliche Experimente oft wiederholt, und glaube folgende Gesetze dieser Erscheinungen aufgefunden zu haben. Die Verbrennung, oder eigentlicher zu reden, die bloße Entzündung des Schießpulvers läßt sich eben so leicht unter einem geringeren atmosphärischem Drucke bewerkstelligen, als unter einem größeren, allein die Verpuffung nimmt mit der Verminderung des Druckes im geraden Verhältnisse ab, verschwindet bald fast gänzlich, und wenn das Vacuum unter einen Luftdruck von zwey Linien des Barometers gebracht wird, so findet zwar eine Art von Schmelzung, aber keineswegs eine eigentliche Verbrennung und noch viel weniger eine Explosion statt. Es scheint mir nicht ganz unerheblich zu bemerken, daß bey den Entzündungen des Schießpulvers in verdünnter Luft nicht alle Körner eine solche Zersetzung, als sonst durch das Verbrennen bewirkt wird, erleiden, sondern daß immer mehrere, einer allgemeinen Einwirkung des Brennpunktes ungeachtet, anscheinend unverändert bleiben, und außerdem habe ich zum öftern bemerkt, daß auf der Oberfläche der Tellerchen, auf welche ich das Schießpulver unter die Campane zu bringen pflegte, kleine Kügelchen Salpeter von der Größe der Pulverkörner, und sogar noch größere, umhergestreut waren, eine Beobachtung, welche mir sehr merkwürdig, und mit den im 5ten §. beschriebenen zusam-

menhängend zu seyn scheint. Es sey mir erlaubt einige dieser Versuche mit genauer Angabe der Maße und Gewichte ausführlicher zu beschreiben.

Erster Vers. Ich ließ einen Gr. Medicinalgewicht oder 0,00316 par. Cub. Zoll Pulver unter einer Klocke, welche bis auf einen Barometerstand von 95 Lin. exantlirt war, durch den Brennpunkt einer starken Brennlinse verpuffen, und wählte absichtlich diese geringe Quantität, damit der Brennraum sie ganz treffen und desto vollständiger verzehren mögte. Wirklich war auch die Verbrennung vollständig, eine Verpuffung aber war nicht merkbar, und das Heberbarometer unter der Campane stieg bis 99 Lin. Da die Klocke nach genauer Messung 59,5 Cubikzoll faßte, so läßt sich hieraus die Quantität des entbundenen Pulvergas leicht durch Rechnung finden. Reduciren wir nämlich die gegebene Größe auf einen Barometerstand von 28 Zoll — ohne Rücksicht auf die nicht wesentlich veränderte Temperatur — so beträgt der Inhalt der Campane vor der Explosion 16,845 und nach derselben 17,554.. Cubikzoll Luft, woraus hervorgeht, daß durch die Verbrennung des einen Gran Schießpulver 0,709 Cubikzoll Gas und Dämpfe — welche letztere nur unbedeutend seyn können —, erzeugt wurden. Die Prüfung der unter der Campane enthaltenen Luft vermittelst des Volta'schen und Gay-Lyssacschen Eudiometers zeigte übereinstimmend 0,203 Sauerstoffgas, und ich hielt es für überflüssig, sie auch auf andere Gasarten, namentlich auf Kohlensäure, wegen der Absorbtion derselben durch das Wasser der pneumatischen Wanne, zu untersuchen.

Zweyter Vers. Bald nachher stellte ich einen ähnlichen Versuch abermals mit einem Gran Pulver an, wel-

ches ich unter der nämlichen Campane durch den Brennpunkt ebenderselben Linse entzündete. Die Verbrennung war eben so vollkommen als vorher, und eben so wenig eine eigentliche Explosion wahrnehmbar. Die Barometerstände des Heberbarometers unter der Campane von 98 Lin. vor der Verbrennung und 102 Lin. nach derselben geben durch Reduction eine Vermehrung der eingeschlossenen Luft um 0,708 Cubikzoll für 28 Zoll Barometerstand, und auch diese Gasart war nach einer oberflächlichen Prüfung von atmosphärischer Luft nicht verschieden.

Dritter Vers. Da es mir darauf ankam, die Quantität der erzeugten elastischen Flüssigkeiten etwas genauer zu bestimmen, so wiederholte ich diesen Versuch nochmals mit ganz gleichen Resultaten.

Vierter Vers. Ich exantlirte die Campane bis zu einer Differenz des Barometerstandes von 7 Linien, und verbrannte abermals einen Gran Pulver unter derselben durch den Brennpunkt der Linse. Es schien mir, als wollte sich das Pulver nicht entzünden, indem wenigstens die Einwirkung des Brennpunktes länger dauerte, wodurch aber endlich die Verbrennung ohne alle Explosionn erfolgte, jedoch nicht vollständig, indem vielmehr noch einige Körnchen Pulver unversehrt lagen. Das Heberbarometer zeigte vor der Verbrennung 7 Lin. unmittelbar nach derselben 11 und nach wiederhergestellter Temperatur 9 Lin. Diese Größen geben etwas andere Resultate, als die drey vorhergehenden, allein ich glaube nicht, daß sie mit in Rechnung genommen werden dürfen, da der Einfluß der erzeugten Wasserdämpfe nicht gehörig geschieden werden kann, und doch zugleich das Ganze zu sehr modificirt.

Die Menge der, nach den drey ersten Versuchen durch

Verbrennung des Pulvers erzeugten elastischen Flüssigkeiten beträgt im arithmetischen Mittel 0,7083 par. Cubikzoll für einen Gran, woraus folgt, daß diese das Volumen des Pulvers selbst 224,1 mal übertreffen. Diese Größe kommt genau genug mit derjenigen überein, welche H. Meineke (S. dessen Schrift über das Schießpulver. Halle 1814. p. 79) durch eigene und fremde Versuche gefunden haben will, indem dieser im Mittel 220 angiebt. — Der Ueberschuß der meinigen kann füglich dem größeren Einflusse der erzeugten Wasserdämpfe beygemessen werden. —

§. 8.

Viele höchst scharfsinnige Forscher der Natur hegen über die Ursache, wodurch die ungeheuern Wirkungen des Schießpulvers hervorgebracht werden, ja selbst über die Stärke dieser Wirkungen die allerverschiedensten Ansichten. Ohne Zweifel ist der Graf Rumford, dieser allgemein geschätzte und hochberühmte Physiker, als der letzte und wichtigste Bearbeiter dieses Gegenstandes anzusehen. Dieser erklärt sich über die Kraft des Schießpulvers vor allen andern sehr verschieden von einem älteren klassischen Gelehrten, H. Robin, indem er dieselbe viel größer, als letzterer sie aus den Berechnungen der Kraft abgeschossener Kugeln folgerte, durch seine bekannten, im Großen angestellten Münchener Versuche gefunden haben will. Mit genauer Angabe aller Umstände und der hierbey in Rechnung kommenden Größen findet er nämlich die Expansion des explodirenden Schießpulvers dem Drucke von 55000 Atmosphären gleich, ja sogar noch größer, und leitet diese wahrhaft ungeheure und alle Begriffe übersteigende Größe von der Kraft der aus dem Pulver gebildeten Wasserdämpfe her.

Hiergegen erklärt sich H. Meineke, und mit ihm der Recensent seiner Schrift in der Jen. Lit. Zeitung (1816. Nr. 76.), indem er ohne genaueren Calcul die Kraft zu 2200 Atmosphären anschlägt, mit dem Zusatze, daß die Dämpfe aus dem im Pulver befindlichen Wasser zwar dem Volumen nach 1728 mal größer wären, von diesem Punkte ihrer wirklichen Expansion an aber mit der Luft gleichmäßig ausgedehnt würden. Weiter folgert derselbe aus der Quantität des im Pulver befindlichen Wassers, daß dieses nach seiner Verwandlung in Dämpfe, wenn es durch die Hitze des verbrennenden Pulvers ausgedehnt werde, keine grössere Gewalt geben könne, als der Druck von 148 Atmosphären, woraus hervorgehe, daß die außerordentliche und ganz ungewöhnliche Wirkung in den Versuchen des Grafen Rumford von der eigenthümlichen Art der Verbrennung des Pulvers abzuleiten sey — indem es bekanntlich in einem fest verschlossenen Raume durch eine von außen einwirkende glühende Kugel entzündet wurde. —

§. 9.

Bey einer näheren Prüfung der im genauesten Detail erzählten unvergleichlichen Versuche des Grafen Rumford, und der auf anderweitig bekannte Größen gebaueten Rechnungen muß jeder Physiker fühlen, daß es etwas gewagt ist, dieselben mit einem in meinen Augen wenig oder nichts sagenden Argumente, nämlich der eigenthümlichen Art der Verbrennung des Schießpulvers von der Hand zu weisen —. Wenn man aber außerdem die Kraft des Pulvers von der Expansion der entbundenen Gasarten ableitet, — wie dieses durch H. Meineke geschieht —,

so verdient noch besonders der Umstand berücksichtigt zu werden, daß das explodirende Pulver einen eigenthümlichen Knall erzeugt, welcher mit entzündetem Knallgas eine unverkennbare Aehnlichkeit hat. So oft man nämlich, wie ich aus verschieden wiederholten Versuchen weiß, eine Kugel aus einer Windbüchse durch comprimirte Luft, mit gleicher oder noch größerer Kraft abschießt, als eine andere hat, welche mit Pulver aus einer Pistole geschossen wird, so giebt erstere zwar auch ein Geräusch, aber keineswegs einen solchen Knall als letztere. Wenn also hierbey gleiche Compressionen elastischer Medien gleiche Wirkungen hervorbringen, zugleich aber ganz verschiedene Getöse zeigen, so ist es allerdings der Mühe werth, der Ursache dieser Verschiedenheit näher nachzuspüren. Doch wird die Sache, wie mich dünkt, bald klar, denn bey dem einen Versuche wirkt kalte, bey dem andern höchst erhitzte, Luft; bey jenem trockene, wie man zu sagen pflegt, bey diesem unleugbar eine mit Wasserdämpfen vermischte. Was für Wirkungen beyde hervorbringen können, möge die nachfolgende Untersuchung lehren.

§. 10.

Aus einer Berechnung über die Menge des aus dem Pulver entstehenden Gas kann man die Kraft desselben nicht finden, wenn nicht vorher der Grad der Hitze bey seiner Verbrennung, und die derselben proportionale Ausdehnung dieser luftförmigen Medien gegeben sind. Um diese Größen durch Versuche auszumitteln, verbrannte ich durch Einwirkung der Hitze glühender Kohlen dreyßigmal 25 Körner Pulver in drey verschiedenen Glasröhren, deren offenes Ende krum gebogen und ins Wasser gesenkt

wurde. Indem ich die durch die schnelle Erhitzung bis zum Augenblicke der Explosion aus den Röhren ausgetriebene Luft vermittelst kleiner Becher auffieng, und die Quantität derselben nebst allen sonstigen Correctionen vorsichtig mit in Rechnung nahm, erhielt ich die Ausdehnung der durch Verpuffung des Pulvers erzeugten expansibelen Flüssigkeiten im arithmetischen Mittel aller drey Röhren jedesmal = 0,5892; 0,64560; 0,66324; 0,61728; 0,61728; 0,62200; 0,65776; 0,68992; 0,68724; 0,70052, von welchen allen das arithmetische Mittel = 0,639076 par. Cub. Zoll ist. Da nun 25 Körnchen Pulver nach den obigen Bestimmungen 0,00041312 ... par. Cub. Zoll betragen, so hatten dieselben in den erzählten Versuchen eine Quantität gasförmiger Substanzen erzeugt, welche das Volumen der Pulverkörner nicht mehr als 1549 mal übertrafen. —

§. 11.

Die hierdurch im arithmetischen Mittel erhaltene Größe ist zu klein, als daß nach derselben die Kraft des Schießpulvers, wie sie von andern, vorzüglich vom Grafen Rumford gleichfalls durch Beobachtung gefunden ist, erklärt werden könnte. Leicht ließe sich hier die Einwendung machen, daß nicht die ganze Quantität Pulver in den engen Röhren verbrannt seyn mögte; allein theils wurde ich gleich anfangs auf dieses Hinderniß aufmerksam, theils überzeugte ich mich auf einem andern Wege, daß dieses Hinderniß nicht Statt fand. Damit nämlich beym abermaligen Hineinschütten einer neuen Quantität Pulvers kein Körnchen am Rande hängen bleiben mögte, und um zugleich die entstandenen Wasserdämpfe zu entfernen — eine nichts weniger als leichte Sache — erhitzte ich die

Röhren über glühenden Kohlen nach jedem Versuche sehr stark, und dabey habe ich niemals auch nur ein einziges etwa zurückgebliebenes Körnchen verpuffen gesehen. Inzwischen bin ich vollkommen überzeugt, daß diese meine, übrigens sehr genauen, Versuche keineswegs mit denjenigen im Widerspruche stehen, nach welchen die Ausdehnung der elastischen Medien des Schießpulvers viel größer zu seyn scheint, denn aus den Beobachtungen selbst habe ich hinreichenden Grund zu schließen, daß die Hitze der luftförmigen Substanzen und der Wasserdämpfe, welche aus dem Schießpulver entstehen, im Augenblicke ihrer Bildung sowohl durch die Wände der Röhre, als auch durch das Sperrwasser zum Theil abgeleitet wurde, so daß die Expansion viel geringer ausfiel, als sonst der Fall gewesen seyn würde. Eigentlich ist dieses auch gar nichts Neues oder Ungewöhnliches, indem uns das bekannte Simmern des Wassers eine ganz ähnliche Erscheinung darbietet, welches doch offenbar gleichfalls von den ersten entstehenden im kälteren Wasser sogleich bey ihrer Bildung wieder zersetzten Dampfblasen hervorgebracht wird. Ein Umstand, welcher mich von der Richtigkeit dieser Ansicht noch vorzüglich überzeugte, ist dieser, daß ich mehrere Versuche deswegen ganz verwerfen mußte, weil die erhaltenen Grössen gegen die früheren und späteren so unverhältnißmäßig klein ausfielen, und ich entdeckte dann bald, daß dieses allezeit der Fall war, wenn zufällig durch Abkühlung der Röhren, selbst nach dem Hineinschütten des Pulvers, in ihrem Inneren Wasserdämpfe niedergeschlagen waren, und sich in kleinen Tropfen angesetzt hatten. Darf man auch die Reaction des Sperrwassers im Gefäße und der Luft in der langen Röhre, so unbedeutend diese Größen an

sich sind, in Rechnung bringen, so zeigt sich klar, daß auf diesem Wege die Frage nicht beantwortet werden kann.

§. 12.

Um über diesen Gegenstand zu urtheilen, kommt insbesondere die Wärme in Betrachtung, welche das verbrennende Schießpulver hervorbringt. Auf allen Fall ist übrigens dieselbe bloß momentan, und wird zur Bildung elastischer Medien so augenblicklich verwandt, daß man mit keinem Instrumente dieselbe zu messen im Stande ist. Vielleicht aber läßt sie sich aus den anderweitigen Wirkungen dieser Substanz wenigstens ziemlich genau bestimmen. Bekanntlich schmelzt eine kleine Silbermünze in einer brennenden Mischung von Schwefel, Salpeter und Sägespähnen (Beaumé's sogenannter schneller Fluß). Weil nun die Verbrennung des Schießpulvers viel schneller erfolgt, so muß die hierdurch hervorgebrachte Hitze — nach Gründen, welche in der Folge näher entwickelt werden sollen — auch viel stärker seyn, und kann nicht füglich kleiner als 1500° bis 1600° R. angenommen werden. Außerdem aber wird allgemein angegeben, daß kleine Stückchen Kupfer, Messing und Silber im Schießpulver geschmolzen angetroffen werden, woraus folgt, daß die Hitze des verbrennenden Schießpulvers auf allen Fall noch größer ist. Indem aber das Volumen der luftförmigen Substanzen durch 1° R. 0,0048mal größer wird, so müssen diesemnach die nach bekannten Versuchen aus dem Pulver entstehenden Gasarten so ausgedehnt werden, daß sie das Volumen des Pulvers 1836,8mal übertreffen. Wenn wir also auch auf diesem Wege der Untersuchung fortfahren, so ergiebt sich, daß entweder die Angaben des Grafen Rumford falsch sind,

oder daß die Ausdehnung luftförmiger Körper nicht nach den bisher darüber allgemein angenommenen Gesetzen geschieht, es sey denn, daß sich eine andere wirkende Ursache nachweisen ließe, welche auch wirklich von jenem tiefblickenden Naturforscher in der Kraft der Wasserdämpfe zur Erklärung der ganz unermeßlichen Wirkungen des Schießpulvers angegeben wird. In wie fern diese zulässig ist, mag folgende Berechnung in ein näheres Licht setzen.

§. 13.

Nach der Berechnung, welche H. Meineke auf bekannte Untersuchungen stützt, enthält das Pulver 1,875 + 3,13215 = 5,00715 Gr. Wasser in hundert. Diese Angabe — abgesehen von dem verschiedenen und ganz unbestimmbaren Grade der Trockenheit des Schießpulvers — ist auf allen Fall etwas zu klein, denn bekanntlich enthält auch die Kohle ein Element des Wassers, nämlich Hydrogen, welches im Prozesse der Verbrennung füglich mit Sauerstoff zur Erzeugung des Wassers sich vereinigen, und in dieser neuen Gestalt in Dämpfe aufgelöset werden könnte. Wenn aber dieser Antheil Wasserstoff auf die genannte Weise mit in Rechnung genommen wird, so muß dadurch die Quantität des Kohlenstoffs, mithin auch die Menge des gebildeten kohlensaueren Gas um eben so viel verringert werden, und es ist daher am besten, diese Correction ganz wegzulassen, oder der runden Zahl wegen dafür 0,003 zu setzen, wodurch die Quantität des im Pulver befindlichen Wassers = 5,01 Procent oder = 0,0501 wird, wenn man die Menge des Pulvers selbst als Einheit ansieht. Eigentlich müßte bey der nachfolgenden Berechnung auch das specifische Gewicht des Pulvers berücksichtigt werden

allein da man im Allgemeinen nicht weiß, ob das Wasser durch sein Gebundenseyn an die Bestandtheile des Schießpulvers hinsichtlich seines Volumens eine Veränderung erleidet [9]) und außerdem beyde, sowohl Wasser als Pulver, im specifischen Gewichte mit einander nahe übereinkommen, wenn man die Gestalt der Körner und die hierdurch entstehenden Zwischenräume nicht mit berücksichtigt, so kann diese Größe gleichfalls füglich vernachlässigt werden.

§. 14.

Nach derjenigen Formel, welche der um die Naturwissenschaften so verdiente T. Mayer für das Gesetz der Elasticität der Wasserdämpfe aufgestellt hat (S. commentat. de vi elastica vaporum in Comment. Soc. Reg. Gott. p. 33) und welche vor allen andern zur Berechnung dieser Größen mir am zweckmäßigsten scheint, würde die Expansion der Wasserdämpfe in maximo der Dichtigkeit bey einer Temperatur von 1500° R. eine Kraft von 146920 Atmosphären erreichen, mithin viel größer seyn, als Rumford sie aus seinen Versuchen mit Schießpulver gefunden haben will. Nimmt man also keine Rücksicht auf die Dichtigkeit derselben, so wäre hiermit das ganze Phänomen genügend erklärt. Allein da nach der nämlichen Formel, wenn man zugleich die Dichtigkeit der gebildeten Wasserdämpfe berücksichtigt, und zu der Bestimmung derselben die neuesten Versuche hierüber benutzt, welche doch unleugbar sehr genau übereinstimmende Resultate geben (S. Muncke physical. Abhandl. Gießen 1816. [10]); so würde diese ihre Dichtigkeit diejenige des Wassers selbst mehr als 25 mal übertroffen, und hiermit scheint dieser ganze Calcul als gänzlich unanwendbar, verworfen werden zu müssen,

wenn sich gleich auf der andern Seite nicht leugnen läßt, daß die hierbey in Betrachtung kommenden ganz ungeheuern, und wahrhaft bis ins Unendliche gehenden Kräfte von der Art sind, daß sie allerdings im Allgemeinen und auch in Hinsicht auf das Wasser selbst ganz ungewöhnliche, und unsern bisherigen Erfahrungen anscheinend völlig widersprechende Erscheinungen hervorbringen könnten. Wegen Kürze der Zeit übergehe ich übrigens auch dasjenige, was sich bey dieser Gelegenheit zur Erläuterung der Sache über die von Rumford in seinem Apparate entdeckte steinharte Masse beybringen ließe. [11])

§. 15.

Uebrigens ist es nicht bloß wahrscheinlich, daß der im Experimentiren so vorzüglich geübte Graf Rumford die eigentlichen Resultate seiner wirklich angestellten Versuche genau erzählt habe, sondern man kann sich hiervon mit völliger Gewißheit überzeugen, wenn man die Erzählung derselben einer genauen Prüfung unterwirft, und wir müssen also entweder die Erklärung der von ihm beobachteten Erscheinung als ein unlösbares Problem bis zu größerer Erweiterung unserer Kenntnisse gänzlich aufgeben, oder auf einem andern Wege ihre Uebereinstimmung mit bekannten Naturgesetzen nachweisen.

Das Schießpulver war in jenen bekannten Versuchen in einen engen Raum ohne irgend einen Ausweg eingeschlossen und mußte also ohne alle Beschränkung die ganze Kraft der gebildeten Gasarten und Dämpfe zeigen, so wie sie durch die Entzündung hervorgebracht und zugleich expandirt wurden. Die aus den Bestandtheilen erzeugte Luftmenge, durch die mit vieler Wahrscheinlichkeit ange-

nommene Hitze des entzündeten Pulvers nach bekannten Gesetzen ausgedehnt, erhielt nach der oben hierüber erwähnten Berechnung eine Expansion, welche einem Drucke von 1836,8 Atmosphären gleich kam. Nach den in meiner vorher genannten Abhandlung (S. physical. Abh. Gießen 1816.) mitgetheilten sehr ausführlichen Versuchen und Rechnungen würde das Wasser durch eine Hitze von 425° in Dämpfe verwandelt werden, welche bey einer Dichtigkeit, gleich der des Wassers selbst, eine Elasticität von 1631 Atmosphären erhalten müßten. Nehmen wir nun an, daß das von Dalton und Gay-Lüssac aufgestellte Gesetz der Ausdehnung aller expansibelen Medien richtig ist, wie mir aus triftigen Gründen sehr zu bezweifeln scheint [12]), so würden die hiernach entstandenen Dämpfe von diesem Punkte der Temperatur an nicht mehr den Gesetzen der Ausdehnung folgen, wie sie für das Maximum der Dichtigkeit aufgefunden sind, sondern denjenigen unterworfen seyn, welche für atmosphärische Luft gelten. Die für diese Wirkung noch übrige Wärme beträgt (1500° — 425°) = 1075° R. und muß eine Expansion hervorbringen, wie sie von 10047 Atmosphären ausgeübt wird. Rechnet man hierzu die vorige Größe von 1836,8 Atmosphären, so giebt die Gesamtkraft des entzündeten Schießpulvers einen Druck von 11883 Atmosphären, eine Größe, welche zur Bewunderung genau mit den von Rumford gefundenen Resultaten (S. Gilbert. Ann. IV. 381) übereinstimmt. Indem derselbe nämlich 0,702 Theile des inneren Raumes seines Apparates mit Schießpulver angefüllt hatte, übten bey der Verbrennung desselben die entstandenen elastischen Medien einen Druck aus, welcher im Mittel 10977 und 11815 Atmosphären gleich war. Hierbey

blieben also 0,298 Theile des ganzen Raumes leer (wie man zu sagen pflegt) d. h. mit Ausnahme der darin befindlichen, durch Hitze gleichfalls ausgedehnten Luft. Nach meiner Berechnung aber müssen noch 0,3868 Theile, welche als feste Bestandtheile nach der Zersetzung des Schießpulvers übrig bleiben, in Rechnung gebracht werden. Wenn wir nun annehmen, daß beyde, mit Rücksicht auf die in den Experimenten nicht mit berechnete Luft ohnehin nur wenig von einander abweichenden Größen gegen einander aufgehoben werden dürfen, so kommt nicht bloß eine ganz ausnehmend überraschende Genauigkeit heraus, sondern die von mir berechnete Größe übertrifft die durch Erfahrung gefundene nur sehr wenig, ein Unterschied, welcher aus nicht berücksichtigten Nebenumständen, namentlich aus einer etwanigen sehr geringen Ableitung der Wärme nur zu leicht erklärt werden kann.

§. 16.

Ohngeachtet die hier erwähnten und genau beurtheilten Versuche eigentlich allein als diejenigen anzusehen sind, welche wegen detaillirter Angabe aller dabey in Betrachtung kommenden Bedingungen allein eine schärfere Berechnung zulassen — so erwähnt der Graf Rumford doch zugleich noch andere, worin er die Kraft des Schießpulvers viel größer gefunden haben will, und es scheint daher aus Rücksicht auf einen so wohlbekannten vorzüglich genauen Beobachter allerdings der Mühe werth, auf dem einmal betretenen Wege mit Rücksicht auf alle Nebenumstände das Maximum der Gewalt des Schießpulvers aufzusuchen. Namentlich muß hierbey eine größere, durch keine Ableitung verminderte Wärme, das specifische Gewicht des Pul-

vers, und der Raum, welchen die nicht zersetzten Bestandtheile desselben nach der Verpuffung einnehmen, mit in Rechnung gebracht werden. Außerdem ist es nach meinen eigenen Versuchen (S. Abhandl. p. 176) höchst wahrscheinlich, daß die Dichtigkeit der Dämpfe, wie sie nach der Mayerschen Formel berechnet wird, noch einer berichtigenden Correction bedarf, wodurch sie für höhere Grade etwas geringer wird, und es scheint demnach mit der Wahrheit am genauesten übereinzukommen, wenn wir 450° R. als höchsten Grad der Temperatur festsetzen, wobey die Wasserdämpfe im Maximo der Dichtigkeit diejenige des Wassers selbst erreichen. Alle übrigen, dieser Berechnung zum Grunde liegenden Werthe können übrigens keine Abänderung erleiden, indem ich unmöglich die aus der eigenen Zerlegung erhaltenen, mit andern hinlänglich übereinstimmenden Größen als unstatthaft verwerfen kann. Bloß über die Wärme müssen noch einige Bemerkungen hinzugefügt werden. Rumford giebt die Hitze, bey welcher Kupfer schmelzt, und welche wir daher bey der Verpuffung des Pulvers als das Minimum anzusehen haben, zu 1677°,77 R. an. Hiermit stimmen die Angaben, welche ich bey andern Schriftstellern finde, nicht überein. Namentlich giebt Schmidt (S. Handbuch p. 269) 2082° R. als denjenigen Punkt an, wobey das Kupfer schmelzt. Daß wir übrigens völlig berechtigt sind, diese Temperatur gleichfalls bey den Berechnungen zum Grunde zu legen, läßt sich schon daraus folgern, weil kein Körper durch die Anwendung der Hitze seines Schmelzpunktes sogleich flüssig wird, sondern diese meistens höher steigen und eine längere Zeit einwirken muß.

Stellen wir hiernach die Rechnung an, so würden

durch die festgesetzte Temperaturerhöhung die aus dem Pulver entwickelten Gasarten eine Expansion von 2464 Atmosphären erhalten, die Wasserdämpfe aber im Maximo der Dichtigkeit einen Druck von 18492,4 Atmosphären erreichen, die Summe beyder also 20956,4 betragen, und wenn diese Größe nach dem specifischen Gewichte des Schießpulvers und dem Raume corrigirt wird, welchen die zurückbleibenden festen Bestandtheile desselben nach der Explosion einnehmen; so kommt eine Größe von 37100 Atmosphären heraus, welche nach dieser Art der Berechnung und den ihr zum Grunde liegenden Werthen als das Maximum der Kraft anzusehen ist, welche wir dem explodirenden Schießpulver beymessen dürfen, und deren Größe auf allen Fall über unsere deutlichen Vorstellungen von solchen Dingen und über jedes genaue Maß bey angestellten Versuchen hinausgeht. Indem aber der Graf Rumford eine noch viel größere bis auf 120000 Atmosphären angegebene Gewalt dem entzündeten Schießpulver zuschreiben zu müssen glaubt, so muß wohl berücksichtigt werden, daß in den erzählten Versuchen das Pulver in einen gänzlich damit erfüllten Raum zusammengepreßt war, und daß bey der Entzündung desselben nicht bloß der zersprungene eiserne Apparat an sich schon erhitzt war, sondern daß auch die ganze Wärme der durch eine ungeheure Kraft zusammengepreßten elastischen Medien auf denselben wirkte. Nehmen wir aber dennoch an, daß die auß dem Zerreißen des Apparats abgeleiteten Größen wirklich richtig sind, so ist nach meiner Ansicht die Erklärung nicht sowohl aus der Kraft der Expansion elastischer Medien abzuleiten, als vielmehr daraus, daß die veränderten Bestandtheile des entzündeten Schießpulvers eine andere Lage gegen einander

annahmen, mithin Erscheinungen darbieten mußten, wie alle solche Verbindungen sie zeigen, namentlich das Eis bey seiner Bildung, und welche nach einer Menge darüber angestellter Beobachtungen allerdings unendlich große Kraftäußerungen hervorbringen zu können scheinen. Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand hier anzustellen scheint mir nicht zweckmäßig zu seyn. [13])

§. 17.

Weit entfernt aber, daß diese unendliche Kraft des Schießpulvers sich allezeit und sonder Ausnahme zeigen sollte, wird dieselbe vielmehr oft sogleich im Entstehen bedeutend vermindert durch eine eben so schnelle Entziehung des — in einer ungewöhnlichen oder, wenn man will, unnatürlichen Spannung befindlichen — Wärmestoffes, welcher theils durch das kalte Metall der Geschütze, theils durch die Luft angezogen wird. Eine solche Verminderung war namentlich im Maximo ihrer Größe in den von mir §. 10. erzählten Versuchen, weil hier kaltes Wasser die Mündung der Röhre verschloß; sie ist im Mittel bey kleineren Schießgewehren, noch geringer bey größerem Geschütze und war fast = 0 bey den Versuchen, welche der Graf Rumford mit seinem erhitzten Apparate anstellte.

Anm. Aus diesen Untersuchungen lassen sich einige Gründe folgern, weswegen die Wirkungen des Schießpulvers und anderer explodirenden Mischungen so außerordentlich verschieden sind, worüber ich an einem andern Orte zu gelegener Zeit meine Meynung zu äußern mir vorgenommen habe. [14])

§. 18.

Es wird oft behauptet, daß das Schießpulver bloß durch einen Funken von Stahl und Stein oder durch glühende Kohlen, aber keineswegs durch die Flamme entzündet werden könne, und da es zur Beantwortung der aufgegebenen Frage nicht gleichgültig ist, auch hierüber etwas zu bestimmen, so erlaube ich mir diesen Gegenstand näher zu erörtern. Die Erscheinungen, worauf sich die bekannte Behauptung stützt, sind diese, daß das Schießpulver allerdings durch die genäherte Flamme des Papiers, des Holzes, des Wergs, Leinens und anderer brennender Körper entweder schwer, oder gar nicht; durch die Flamme des darüber gegossenen brennenden Weingeistes aber unter keiner Bedingung entzündet werden kann.

§. 19.

Diese Behauptung, welche durch unzählbare Versuche der verschiedensten Beobachter bewiesen ist, läßt sich leicht erklären. Wenn das Schießpulver plötzlich auf 240° R. erhitzt wird, so entzündet es sich ohne alle Ausnahme. Daher wird dasselbe gar leicht durch den kleinsten Funken eines Feuerzeugs explodiren, eben weil ein solches abgerissenes Theilchen glühenden Stahls sich so innig mit dem Pulver verbindet, und leicht ein Körnchen entzündet, dessen Flamme sich sogleich durch die nahe anliegenden Körnchen verbreitet, die Bestandtheile desselben, Kohle und Schwefel begierig ergreift, gleichfalls entzündet, und zur Explosion bringt, weswegen auch bekanntlich gekörntes Pulver leichter und vollständiger als Mehlpulver verbrennt. Einzelne Pulverkörner, welche an einem Spahn, an einer Glasröhre, oder an einem sonstigen Körper festkleben,

werden daher in der Flamme eines Lichtes, des Papiers, Leinens, Weingeistes und anderer brennbarer Körper sehr leicht verbrennen. Liegen sie dagegen auf einem Haufen, und man nähert ihnen einen mit Flamme brennenden Körper; so können sie natürlich nicht entzündet werden, weil die Flamme oder der brennende Rauch, eben wie die erhitzte Luft, aufwärts steigt, mithin sich von dem Pulver entfernt, und mit ihm gar nicht in Berührung kommt.

§. 20.

Eine specielle, und von der eben erwähnten völlig verschiedene Ursache verhindert die Entzündung des Schießpulvers durch brennenden Weingeist. Allerdings vermag nämlich absoluter Alcohol, wenn er nur kurze Zeit der freyen Luft ausgesetzt, dann sogleich über das Schießpulver gegossen und in Brand gesetzt wird, im letzten Augenblicke des Verbrennens, dasselbe, wenn es etwas höher und nicht flach ausgebreitet aufgeschüttet ist, zu entzünden; wenn derselbe aber, wie gewöhnlich, wegen seiner größen Affinität zum Wasser nicht absolut ist, so sondert sich während dem Verbrennen Wasser ab, und dieses verhindert die Flamme das Pulver zu ergreifen. Letzteres ist in der Regel beständig der Fall, ja es ist mir zum öftern vorgekommen, als wenn der Weingeist selbst während des Brennens entweder aus seiner eigenen Flamme oder aus der atmosphärischen Luft — oder aus dem Salpeter? — Wasser anzog; welche Hypothese ich einer anderweitigen genaueren Untersuchung anheimstelle. Daß aber die Flamme des Weingeistes das Pulver unter den gewöhnlichen Bedingungen nicht zu entzünden vermag, wird niemanden wunderbar erscheinen, welcher überlegt, daß diese Flamme

am untern Theile, wo sie noch bläulich ist, zwar eine Hitze von 160° erreicht, daß aber die Wärme des brennenden Weingeistes selbst nicht höher steigt als bis 62° R. Ich habe diese Größen allezeit bey sogenanntem spir. vini rectif. der Officinen, soweit es bey solchen Versuchen möglich ist, constant gefunden, — und es läßt sich an der Richtigkeit der letzteren Angabe, worauf es hier allein ankommt, um so viel weniger zweifeln, da bekanntlich der Weingeist bey 64° R. schon siedet, welches beym Verbrennen desselben nicht der Fall ist. Gegen das Ende der Verbrennung pflegt allerdings die Flamme die Körnchen selbst zu umgeben, allein es ist unmöglich, daß diese, indem sie ohnehin feucht geworden sind, von der schon ersterbenden Flamme des Weingeistes die zum Entzünden erforderliche Hitze erhalten. Uebrigens ergiebt sich die Wahrheit dieser Erklärung vorzüglich daraus, daß das Schießpulver allerdings jederzeit mit verbrennt, wenn man Schwefelnaphtha, Terpentingeist, oder auch Weingeist, worin etwas Phosphor aufgelöset ist, darauf gießt und entzündet.

§. 21.

Bey dieser Gelegenheit erlaube ich mir einige Phänomene kurz zu erwähnen, welche mit denen in §. 2. erzählten auf das Genaueste zusammenhängen. Wenn man Schießpulver in kleineren oder größeren Haufen auf irgend eine Platte schüttet, dasselbe etwas benetzt, oder noch besser durch darüber gegossenen und abgebrannten Weingeist anfeuchtet, dann — mit Rücksicht darauf, daß ein gewisser Zustand der Feuchtigkeit desselben bey diesem Versuche beständig bleiben muß — wiederholt mit Terpentinspiritus übergießt, und diesen anzündet, so wird dasselbe in seine

Bestandtheile zerlegt, und zwar in der Art, daß der größte Theil des Schwefels verflüchtigt wird, die Kohle aber vom Salpeter sich völlig trennt. Nach der ersten Verbrennung des übergegossenen Terpentinspiritus nämlich findet sich der Haufe des Schießpulvers schon mit einem weißlichen Ueberzuge bedeckt, welcher sich deutlich als Salpeter charakterisirt, und wenn man dann vorsichtig das nämliche Verfahren wiederholt, dabey aber dasselbe so oft als es — nach der Menge des Pulvers — nöthig scheint, mit etwas wenigem Wasser wieder anfeuchtet, so trennen sich zuletzt Salpeter und Kohle, nicht selten sogar mit Geräusch und gewaltsam, wobey die Kohle in einem Haufen in der Mitte zurückzubleiben pflegt. Ich habe diese völlig gefahrlosen Versuche oft mit einer halben oder sogar mit einer ganzen Unze Pulver zu meinem größten Vergnügen angestellt.

§. 22.

Unter mehreren Versuchen hat mich einer, welchen ich oft wiederholt habe, sehr ergötzt. Ich preßte einige wenige Körnchen Pulver in einer starken Glasröhre zusammen, und goß dann eine Lage von etwa 1 bis 2 Zoll Quecksilber darauf, wobey ich das Zurückbleiben von Luftpartikeln zwischen dem Pulver und Quecksilber sorgfältig vermied. Die so gefüllten Röhren erhitzte ich an einer langen Stange gehalten über glühenden Kohlen schnell, so daß eine auffallend starke Explosion dieser geringen Quantität erfolgte, wodurch das Quecksilber in die feinsten Partikeln zerstreut und mit solcher Gewalt in die Oberfläche der noch 8 Fuß hohen Decke des Zimmers getrieben wurde, daß ich niemals auch nur ein einziges zurückgefallenes Kügelchen auf dem Tische wiederfinden konnte, über welchem die Ver-

suche angestellt waren. Hierdurch wurde der längstbekannte Satz aufs Neue bestätigt, daß der ganze Effect des Schießpulvers lediglich und allein aus seinen eigenen Bestandtheilen abzuleiten ist, ohne daß irgend ein Körper oder irgend ein Beförderungsmittel von außen hinzukommt.

---

§. 23.

Nach diesen vorausgeschickten Bemerkungen ist es zunächst erforderlich, die hauptsächlichsten Punkte der Aufgabe einzeln zu beleuchten und zu beantworten. Es sind deren vorzüglich drey, welche mir einer näheren Untersuchung zu bedürfen scheinen. Den ersten glaube ich — mit Inbegriff dessen, was die Frage fordert und aus den erzählten Versuchen hervorgeht — mit folgenden Worten bestimmt ausdrücken zu können: Wie geht es zu, daß der kleinste Funke jede gegebene Masse Pulver, sobald sie nur nicht von allen elastischen Medien ausgeschlossen ist, es mögen diese übrigens die verschiedensten Luftarten oder selbst Dämpfe seyn, entzünden und die heftigste Explosion veranlassen kann?

§. 24.

Diese ganze Erscheinung erhält sowohl aus früher bekannten Thatsachen, und hierauf gegründeten Gesetzen, als auch aus demjenigen, was ich im 18ten u. ff. §§. erwähnt habe, hinlängliche Aufklärung. Ohne Zweifel beruhet die so außerordentliche Wirkung des Schießpulvers darauf, daß die ausnehmend feinen Partikeln der Kohle oder auch des Schwefels vermöge ihrer eigenthüm-

lichen Qualitäten so leicht entzündet werden. Sofort zerlegt dann der Schwefel, vorzüglich aber die Kohle, nach den bey allen Naturerscheinungen so höchst wirksamen Gesetzen der Verwandtschaft, den Salpeter in seine Bestandtheile, und bildet diejenigen luftförmigen Substanzen, welche unter andern Meineke in seiner oft erwähnten Schrift recht gut nebeneinander gestellt hat, und denen zugleich mit den Wasserdämpfen die ungeheure Kraft des Schießpulvers beyzumessen ist. Alle diese Erscheinungen sind nicht sowohl schwer zu erklären, als sie vielmehr ein Gegenstand unserer größten Bewunderung genannt zu werden verdienen.

§. 25.

Vor allen andern muß hierbey als hauptsächliche, wo nicht als einzige Ursache dieser ganzen Erscheinung das bewundernswürdige, und unsere höchste Aufmerksamkeit fordernde Gesetz der Affinitäten berücksichtigt werden, wonach die unzählbaren, überall zerstreuten und unendlich kleinen Bestandtheilchen des Schießpulvers in einem unnennbar kleinen Zeitraume und mit einer alle Begriffe übersteigenden Gewalt sich vereinigen. Diese gesammten Verwandtschaftgesetze, von denen nur ein geringer Theil hierbey in Betrachtung kommt, und welche vielleicht im weiten Raume des Himmels und der Erde die bewegenden Ursachen aller Erscheinungen sind (Man sehe, was Mayer hierüber in seiner Abhandlung de affinitate chemica corporum coelestium sagt) scheinen noch keineswegs von allen Naturforschern nach ihrem mannigfaltigen und wichtigen Einflusse gehörig gewürdigt zu werden, wiewohl nach dem Urtheile der fleißigsten und scharfsinnigsten unter ihnen an

der Sache selbst nicht mehr zu zweifeln ist. Nur wenige Beyspiele mögen über dasjenige, wovon hier zunächst geredet wird, nämlich über die Allgemeinheit und die Allgewalt der Wirkungen durch Affinitätsgesetze ein näheres Licht verbreiten. Am merkwürdigsten scheint mir in dieser Hinsicht dasjenige, was erst vor kurzer Zeit vorzüglich durch Malus, Seebeck und Mayer sowohl durch Versuche als auch auf dem Wege der Speculation über die Polarität des Lichtes aufgefunden worden ist. Ohngeachtet es nämlich immer zweifelhaft gewesen ist und obgleich bis jetzt die Frage noch nicht mit Gewißheit hat entschieden werden können, ob die Elemente des Lichtes als Körper anzusehen sind, oder nicht, so legen doch die eben genannten berühmten Gelehrten demselben nicht bloß eine gewisse Gestalt bey, sondern sogar Pole und Axen, welche nach eigenthümlichen Affinitätsgesetzen von den Elementen durchsichtiger Körper auf eine solche Weise angezogen und modificirt werden, daß hierdurch die Empfindungen der verschiedenen in bestimmter Ordnung neben einander liegenden Farben im Auge hervorgebracht werden. Eben diese Bewandtniß hat es mit den eben so mannigfaltigen als schönen und bewundernswürdigen Formen der Crystalle, welche nach der Theorie des sinnreichen und tiefforschenden Haug gleichfalls ihre Entstehung den Gesetzen der Affinität verdanken.

Ueber die Gewalt, welche durch die Wirkungen dieser Gesetze hervorgebracht wird, und wie sehr dagegen alle mechanischen Kräfte gleichsam verschwindend klein werden, belehrt uns vorzüglich die Entstehung des Eises. Im Allgemeinen giebt es nur zwey Theorien über dieses schon oben von mir erwähnte Phänomen, welche beyde, wie-

wohl auf sehr verschiedene Weise, den von mir aufgestellten Satz von der ungeheuern Wirksamkeit dieser Verwandtschaftsgesetze beweisen. Die eine derselben gehört zunächst Dalton an (deren Zulässigkeit ich an einem andern Orte zu beweisen suchen werde), die andere H. Parrot. Jener nimmt an, daß die Axen der Elemente des Wassers durch Entziehung der Wärme eine eigenthümliche Lage erhalten, wodurch die stupende Ausdehnungskraft der gebildeten Crystalle des Eises erzeugt wird; dieser dagegen postulirt ähnliche Gesetze der Attraction, wonach die atmosphärische Luft vom Wasser mit einer solchen Kraft angezogen wird, als ob sie einen Druck von 800 Atmosphären erlitte [15]). Hierzu nehme man eine Bemerkung von Berzelius, wonach kleine Quantitäten Wasser gewissen Salzen mit einer solchen Kraft anhängen, daß sie selbst durch Weißglühhitze nicht getrennt werden können. Wenn also in so vielen und mannigfaltigen Naturerscheinungen diese Gesetze der Verwandtschaft eine weder an irgend eine Zeit gebundene (d. h. die in unendlich kleinen Zeiten erfolgen) noch durch ein endliches Maß der Kräfte beschränkte (d. h. unendlich große) Wirkungen hervorbringen, wie können wir es wunderbar finden, daß sich etwas Aehnliches bey den Verbindungen der Kohle und des Schwefels mit dem Sauerstoff des Salpeters zeigt?

§. 26.

Ein zweyter Punkt der Aufgabe ist derjenige, wonach gefordert wird, die Ursachen anzugeben, welche die Verbrennung des Schießpulvers im möglichst luftleeren Raume hindern.

Da es sowohl durch meine eigenen, als auch durch eine

Menge andere Versuche über allen Zweifel erhoben ist, daß das Pulver weder Sauerstoffgas noch irgend ein anderes Gas zu seiner vollkommenen Verbrennung bedarf, sondern daß es alle seine Verpuffung und gänzliche Zerlegung bedingender Substanzen in sich selbst enthält, so würde diese Aufgabe unter die durchaus unauflösbaren gehören, wenn nicht außer den allgemeinen Gesetzen der Verwandtschaft noch ein anderes eben so wichtiges die Naturerscheinungen bedingte. Es ist nämlich keinem Zweifel unterworfen, daß die ganze Kraft und Wirkungsfähigkeit des Schießpulvers auf der plötzlichen Verbindung des Schwefels und der Kohle mit dem Sauerstoffe des Salpeters beruhe, daß diese Verbindung durch eine gewisse Temperaturerhöhung eingeleitet wird, und als eine bloße Aeußerung der so höchst merkwürdigen Affinitätsgesetze anzusehen ist. Aber eben so ausgemacht ist es auch, daß diese nämlichen Gesetze durch die geringsten Ursachen auf eine solche Weise modificirt und abgeändert werden können, daß sie von der vorigen gänzlich abweichende, ja selbst ihnen anscheinend widersprechende Erscheinungen hervorbringen. Ein allgemeiner Beweis hierfür liegt schon darin, daß wir sonst nicht einzusehen vermögten, wie die Natur durch die einfachsten Gesetze so viele und so verschiedene Erscheinungen hervorzubringen im Stande seyn könnte, wenn wir nicht annehmen, daß die nämliche Ursache durch das Hinzukommen einer unbedeutenden Bedingung auffallend veränderte Wirkungen zu erzeugen im Stande ist. Hieraus aber ersieht man am auffallendsten die Weißheit des Schöpfers der Natur und die Schönheit der letzteren selbst, daß nämlich durch sehr wenige, und noch dazu sehr einfache, allgemeine Grundursachen die gesammten höchst be-

wunderungswürdigen Naturerscheinungen hervorgebracht werden. Das Schießpulver dient unter mehreren andern vorzüglich dazu, diese Behauptung in ein näheres Licht zu setzen. Jahrelang, ja man darf sagen eine unbestimmbar lange Zeit hindurch liegen die feinsten Theilchen des Schwefels, der Kohle, und des Salpeters in künstlich bereiteter Mischung und möglichst naher Berührung ruhig ohne irgend eine Wirkung hervorzubringen, neben einander und es bedarf nichts weiter, als einer an sich unbedeutenden Temperaturerhöhung, damit sofort diese nämlichen Bestandtheile zu neuen Verbindungen in einem Augenblicke zusammentreten, und hierdurch die furchtbarsten Explosionen hervorbringen.

Es scheint mir sowohl unnöthig, als auch hier insbesondere überflüssig zu seyn, mit mehreren allbekannten Beyspielen die aufgestellte Behauptung zu erweisen, daß die Gesetze, wonach die Bestandtheile, oder wenn man lieber will, die Elemente der Körper sich verbinden, hinsichtlich der hieraus hervorgehenden neuen Körper durch die geringsten Ursachen sehr bedeutend modificirt werden, und hiernach die allerverschiedensten Wirkungen zeigen. Sollte diese Behauptung noch irgend einen Zweifel leiden, so würde es genügen, auf die in §. 2 und §. 21 erzählten Thatsachen hinzuweisen, wodurch dieser Satz über allen Zweifel erhoben wird.

§. 27.

Hiernach würde die ganze Frage damit beantwortet seyn, daß man auch bey ihr das eben erwähnte allgemeine Gesetz geltend machte, und es würde dessen specielle An-

wendung dann in folgenden Worten sich ausdrücken lassen: daß gerade diejenige Verbindung der Bestandtheile des Schießpulvers, welche wir Verbrennung nennen, und welche zur Erzeugung der erforderlichen elastischen Medien und also zur Hervorbringung einer Explosion erforderlich ist, durch den Mangel aller umgebenden expansibelen Medien, als der nothwendig bedingenden Ursache, völlig unmöglich werde. Dieses dürfte dann nicht eben sehr wunderbar scheinen, weil das Verbrennen auch durch andere, noch nicht hinlänglich bekannte Ursachen verhindert wird. So beobachten wir unter andern auch, daß geringere Antheile von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, wenn sie im Volta'schen Eudiometer mit mephitischen Gasarten gemischt sind, durch den electrischen Funken nicht entzündet werden, und was noch mehr ist, selbst Knallgas im richtigen Mischungsverhältnisse gemischt, entzündet sich nicht, wenn es nicht durch äußern Druck eine gewisse Dichtigkeit hat, welche durch den Druck einer Quecksilbersäule von ohngefähr 10 Zoll hervorgebracht wird. [16]). Auf gleiche Weise als beym Schießpulver liegen auch in dieser Mischung gasförmiger Substanzen die verschiedenen Elemente jede beliebige Zeit neben einander, ohne sich zu verbinden, so groß auch die Verwandtschaft beyder ist. Sobald aber durch den kleinsten electrischen Funken oder durch eine Lichtflamme, oder nur durch Compression eine Veranlassung zur Vereinigung derselben gegeben ist, so entsteht die Verbindung von einer gewaltsamen Explosion begleitet.

§. 28.

Wenn es daher gleich ein dem menschlichen Verstande vielleicht für immer unauflösbares Problem bleiben wird, die eigenthümlichen Ursachen mit Bestimmtheit anzugeben, welche bey diesem Phänomene wirksam sind, oder auf das genaueste den wesentlichen Zusammenhang nachzuweisen, vermöge dessen die Entfernung aller expansibelen Flüssigkeiten eine Verbindung der Kohle mit dem Sauerstoffe des Salpeters aufhebt, wenigstens so lange noch nicht alle in der Natur wirksamen Gesetze deutlich erkannt sind; so lassen sich doch aus den in §. 5 erzählten Versuchen leicht die hierbey zunächst wirkenden Ursachen nachweisen. Keineswegs wird dieses nämlich durch den Mangel des Sauerstoffgas bewirkt, wie man gemeiniglich anzunehmen pflegt; denn das Schießpulver entzündet sich in allen mephitischen Gasarten und sogar auch unter dem Drucke der Wasserdämpfe, weil es die Bedingungen der Verbrennung in sich selbst hat. Wohl aber werden in einem möglichst luftleeren Raume sowohl das Wasser, als auch der Schwefel des Schießpulvers zum Theil in Dämpfe verwandelt, auch ein Theil Kohle verbindet sich theils mit dem Schwefel, theils mit den Wasserdämpfen, oder wird für sich selbst verflüchtigt und bildet einen mehr oder weniger dicken und wegen des beygemischten Schwefels weißlichen Rauch. Gerade diese Dampfbildung geschieht am leichtesten im luftverdünnten Raume, der größte Theil der zugeführten Wärme wird hierzu verwandt, das Schießpulver wird demnach nur langsam erhitzt, der erweichte, und nach den Gesetzen der Verwandtschaft zusammenschmelzende Salpeter trennt sich von der Kohle, und alsdann kann die größere Masse desselben von der geringen Quantität der darüber

liegenden Kohle, selbst wenn sie endlich glühet, nicht mehr zerlegt werden. Daß diese Ansicht durchaus richtig sey, davon kann man sich durch Wiederholung des §. 5 erzählten Versuches durch den Augenschein überzeugen.

§. 29.

Der dritte und letzte Theil der Frage, bey weitem der schwerste unter allen, ist in folgenden Worten eben so deutlich als bestimmt ausgedrückt: „aber noch immer „ist der Hauptumstand nicht gehörig erörtert, „nämlich aus welcher Quelle auch durch das „kleinste Fünkchen plötzlich die ungeheure „Menge von Wärme hervorbricht, welche fast „in einem Augenblicke eine große Quantität „Pulver in Dämpfe und Gasarten zu ver„flüchtigen vermag.“ Die Kön. Societät bemerkt hierbey zugleich, daß diese Untersuchungen ohne Zweifel die Theorie der Wärme selbst vervollkommnen würden; welches so absolut richtig ist, daß nicht bloß eine Erweiterung, sondern vielmehr eine ursprüngliche Begründung dieser Theorie von einer genügenden Beantwortung dieser Aufgabe erwartet werden könnte. Denn wahrlich, wenn wir auf die Grundursache aller Wärmeerscheinungen zurückgehen wollen, so läßt sich billig fragen, ob wir denn überhaupt schon eine eigentliche Theorie derselben haben, wenn wir uns anders nicht mit einer gewissen systematischen Zusammenstellung oder vielmehr nur einer zur leichteren Uebersicht eingerichteten Aneinanderreihung der Erscheinungen selbst begnügen wollen. Aber wer unter den Sterblichen will es schon jetzt wagen, als der Begründer dieser Theorie der Wärme, welche mit denen des Lichtes,

der Electricität und überhaupt aller Inponderabilien so genau zusammenhängt, aufzutreten? Daß ich selbst dieses keineswegs von mir zu behaupten wage, ist wohl sehr begreiflich, allein es sey mir dennoch erlaubt, dasjenige kurz beyzubringen, was ich Neues und noch nicht Bekanntes über diesen höchst schwierigen Gegenstand denke.

§. 30.

Zuvörderst ist so viel einmal ausgemacht, daß die ausserordentliche Quantität Wärme, welche das Schießpulver in gasförmige Flüssigkeiten zerlegt, weder in dem ersten Funken, wodurch dasselbe entzündet wird, noch in dem Antheile der atmosphärischen Luft, welcher sich zwischen den Kügelchen desselben aufhält, noch überhaupt in umgebenden Medien enthalten seyn kann, sondern in den Elementen des Schießpulvers selbst, welche sich nach den Gesetzen der Verwandtschaft plötzlich verbinden, gesucht werden muß. [17]) Demnächst ist man auch darüber allgemein einverstanden, daß nach einem eigenthümlichen Naturgesetze durch plötzliche Verbindungen der verschiedenartigsten Elemente zu neuen Körpern Wärme entbunden wird, denn hierhin müssen wir unter andern alle Prozesse des Verbrennens rechnen. Aber in Hinsicht der Erklärung gerade dieser Erscheinung herrschen unter den Physikern verschiedene Ansichten, welche ich wenigstens mit einem Worte berühren zu müssen glaube. Einige nämlich sind der Meinung, daß die Wärmeentbindung bey den Prozessen des Verbrennens dem Sauerstoffgas allein zugeschrieben werden müsse, andere, man sollte fast glauben aus einer Sucht nach Neuerung oder um zu widersprechen, sind der Meinung, die Wärmequelle liege bloß in den Combustibilien

— namentlich dem Wasserstoffe (S. Journ. de phys. par de la Metherie LXXVI. p. 296) — mit dem Zusatze, daß das verzehrte Sauerstoffgas überall zur Erzeugung der Wärme nichts beytrage. Am meisten dürfte die Wahrheit auf der Seite derjenigen liegen, welche zwischen beyden klüglich die Mittelstraße haltend beyden Stoffen die Ursache der Wärmeentbindung beymessen. Nach denjenigen vielen Thatsachen zu urtheilen, welche in unsern Zeiten als ausgemachte Wahrheiten allgemein bekannt sind, scheint es fast, als könne kein Streit mehr obwalten, daß diese letztere Ansicht die richtige sey; denn die Wärme, welche durch Reiben, durch Compression, namentlich der Luft im Tachogyrio, durch Mischung von Schwefelsäure und Wasser, durch schnelle Crystallisation und durch viele anderweitige chemische Verbindungen hervorgebracht wird, kann auf keine Weise der Zersetzung des Sauerstoffgas beygemessen werden. Ein Argument, welches mir vor allen andern diese Hypothese zu beweisen scheint, läßt sich aus den außerordentlichen Wirkungen hernehmen, welche Marcet's neuerdings erfundene Lampe in Hinsicht auf ganz unglaubliche Wärmeproduction zeigt: Ohngeachtet durch dieselbe nicht mehr, ja vielleicht noch weniger Sauerstoffgas verzehrt wird, als durch die bekannte Ehrmannsche Lampe, so sind doch die Hitzegrade durch jene erzeugt ungleich stärker, als diejenigen, welche man mit dieser bis jetzt hat hervorbringen können. [18])

Aus diesen Thatsachen ersieht man also, daß auf allen Fall durch die Vereinigung der Elemente, welche zur Bildung der verschiedenen Körper sich mit einander verbinden, Wärme erzeugt werde, und — indem die bey der Entwickelung der gasförmigen Substanzen aus dem Schieß-

pulver sich zeigenden Phänomene im Allgemeinen unter diese Categorie gehören — so sind sie in dieser Hinsicht weder absolut neu, noch ganz unerhört, vielweniger aber den allgemeinen Naturgesetzen widersprechend. Daß die Kön. Societät dieses alles bey der Aufgabe der Frage sehr wohl eingesehen habe, leidet wohl keinen Zweifel. Sofern also gefordert wird, über diese Gegenstände Untersuchungen anzustellen, und die Phänomene, welche als solche an sich bekannt genug sind, zu erklären; so zerfällt diese Aufgabe in zwey Fragen, welche einzeln erläutert werden müssen.

§. 31.

Zuerst kommt die Menge der erzeugten Wärme (die Quantität derselben, wenn man so reden darf) in Betrachtung, welche allerdings ungeheuer und wahrhaft erstaunenswürdig ist. Und diese an sich unzweifelhafte Behauptung noch deutlicher einzusehen, darf man nur die Wasserdämpfe berücksichtigen, welche nicht ohne die größte Menge von Wärme aus der geringen Quantität Wasser gebildet werden können. Außerdem aber muß noch der Umstand berücksichtigt werden, daß nach allen bisherigen Untersuchungen die specifische Wärme der gleichfalls durch dieses Medium aus den festen Bestandtheilen des Schießpulvers gebildeten gasförmigen Flüssigkeiten auf keinen Fall geringer ist, nach unsern bisherigen Erfahrungen vielmehr größer als die jener festen Bestandtheile, welche zu ihrer Bildung vorhanden sind. Es scheint mir völlig überflüssig, mich zur ferneren Erläuterung der Sache auf Berechnungen und bestimmte Zahlenverhältnisse einzulassen, um so mehr, da so viele hierbey in Betrachtung kommen,

de Größen noch nicht bestimmt sind, und vielleicht gar nicht bestimmt werden können. Soviel ist aber einmal ausgemacht und über allen Zweifel erhoben, daß nach dem, was bis jetzt die Erfahrung uns hierüber gegeben hat, aus einer sehr geringen Quantität fester Bestandtheile bey ihrer Verbrennung und eigenthümlichen Verbindung zu neuen Substanzen eine wahrhaft ungeheure Menge Wärme entbunden werde. [19])

§. 32.

So gewiß übrigens das eben Gesagte auch ist, und obgleich alle Physiker nach den bis jetzt über die Wärme und deren Modificationen aufgestellten haltbaren Theorien die Sache so, und nicht anders ansehen müssen, wonach diese äußerst schwierigen Erscheinungen allerdings Gegenstände der höchsten Bewunderung, zugleich aber noch immer in ein solches undurchdringliches Dunkel gehüllt sind, daß weder die angestrengteste Beharrlichkeit noch auch der tief eindringendste Scharfsinn der größten Naturforscher dieselben scheint enträthseln zu können; eben so sicher glaube ich behaupten zu dürfen, daß durch eine neue, von der bisher gangbaren ganz verschiedene Art der Ansicht dieser Phänomene und der Beurtheilung der ihnen zum Grunde liegenden Gesetze die Sache allerdings etwas aufgeklärt werden könne. Meine Meinung über diesen Gegenstand ist nämlich folgende:

Seit der glänzenden Reform, welche durch den unsterblichen Lavoisier in den gesammten Naturwissenschaften bewirkt wurde, sind die Physiker gewöhnt — und zwar mit Recht — bey allen ihren Untersuchungen das Maß und das Gewicht der allerkleinsten Körpertheilchen, und selbst

auch derjenigen zu bestimmen, welche früher kaum für Körper gehalten wurden, vielweniger daß man geglaubt hätte ihre Größe und ihr Gewicht durch die genauesten Meßwerkzeuge und Waagen auffinden zu können. Daß wir durch diese Art der Behandlung außerordentliche Fortschritte in den physicalischen Wissenschaften gemacht haben, wer wollte dieses einen Augenblick in Zweifel ziehen? So lange diese Methode bloß bey der Untersuchung der Ponderabilien angewandt wird, ist sie völlig an ihrer rechten Stelle, aber es ist eine eigentliche petitio principii, sie auch bey Bestimmungen über Inponderabilien anwenden zu wollen, deren eigenthümliche Beschaffenheit gerade einer solchen Behandlung mit Maß und Gewicht zuwider zu seyn scheint. Im Gegentheil glaube ich durch eine Menge der triftigsten Beweisgründe zur Evidenz darthun zu können, daß bey der Untersuchung und Erklärung aller Phänomene, welche diese uns darbieten, vom Quantitativen überall die Rede nicht seyn kann.

Um dieses deutlich einzusehen, darf man nur sein Augenmerk auf die höchst wundervollen Erscheinungen des Lichtes richten, und sich fragen, ob es wohl möglich seyn wird, bey der Bestimmung seiner Elemente von Quantität, Gewicht und Größe zu reden? Mich dünkt, nein; denn wenn es durch die unwiderleglichsten Beweisgründe dargethan ist, daß die Elemente desselben kleiner sind als $\frac{1}{300}$ Billiontheil einer Linie, so haben wir allerdings eine Zahl — welche übrigens leicht eben so weit von der eigentlichen Größe, als diese von der Einheit entfernt seyn kann — aber doch keine solche, die wir mit unserm Verstande fassen können. Inzwischen ist es gar nicht nöthig, die Erläuterungen von den Inponderabilien herzunehmen,

indem selbst wägbare Stoffe ganz ähnliche Erscheinungen darbieten. Bekanntlich giebt es Pigmente, welche das Wasser so färben, daß nach einer leichten Berechnung die einzelnen Farbenpunkte kleiner als ein Billiontheilchen einer Linie seyn müssen. Berücksichtigen wir aber endlich die riechbaren Stoffe, so erhalten wir hierbey eine Theilung in solche unendlich kleine Theile, daß das Maß derselben unsern Begriffen entschwindet. Wenn wir aber die Kleinheit der Elemente, aus denen selbst die wägbaren Körper zusammengesetzt sind, nicht mit unserm Verstande zu fassen die Fähigkeit haben, wie können wir uns wundern, daß wir über die Quantität der Inponderabilien überall nichts zu bestimmen vermögen, da diese durch ein räumliches Maß an sich unmeßbar zwar wohl den Gesetzen der Affinität — nicht aber der Gravitation — unterworfen sind.

Wie groß also die Quantität der Wärme sey, welche den verschiedenen Körpern inhärirt, und bey den mannigfaltigen Veränderungen derselben gebunden oder frey wird — wovon die noch sehr unvollkommenen Gesetze bloß aus der Erfahrung abstrahirt sind — dieses kann auf keine Weise bestimmt werden, und wenn gleich verschiedene allbekannte Verbindungen der Körper die auffallendsten Erscheinungen in den Aeußerungen des freywerdenden oder gebundenen Wärmestoffes zeigen, so läßt sich doch nicht zweifeln, daß uns die Zukunft noch viele andere enthüllen wird, wobey diese Wirkungen noch viel erstaunenswürdiger seyn werden. Diese Ansicht des Gegenstandes ist übrigens nicht die gemeine, aber auch weder absolut neu noch wunderbar, vielmehr liegt sie eigentlich schon in einem höchst merkwürdigen Ausspruche des scharfblickenden Biot,

wenn er sagt: und warum erstaunen wir überhaupt? An sich ist nichts klein oder groß, nichts langsam oder schnell. Zeit und Raum sind zwey Unendlichkeiten, welche die ganze Natur umfassen u. s. w.

§. 33.

Wenn wir es also als ausgemacht ansehen dürfen, daß sich über das Quantitative der Inponderabilien überall nichts bestimmen läßt, indem sie aus einer unendlichen Menge unendlich kleiner Elemente bestehen — welche nach La Place's gewiß richtiger Ansicht der Attractionsgesetze unendlich in ihrer Gesamtwirkung, mithin durch kein endliches Maß bestimmbar seyn müssen — bey denen uns daher bloß eine vergleichende Bestimmung ihrer Wirkungen zusteht; so bleibt noch übrig zu zeigen, daß nach dieser Ansicht die Wirkungen des explodirenden Schießpulvers zwar erstaunenswürdig, aber keineswegs den wohlerkannten Naturgesetzen zuwider sind.

Vor allen Dingen glaube ich es als einen ausgemachten Satz annehmen zu dürfen, daß die durch Verbrennung des Schießpulvers entbundene Wärme durch die Verbindung seiner Elemente zu neuen Körpern hervorgebracht wird. Hiernach muß also die Wirkung der Ursache proportional, d. h. jene muß desto größer seyn, je stärker die Energie der letzteren ist. Giebt man dieses zu, so darf man nur die eigenthümliche Art der Verbrennung des Schießpulvers berücksichtigen, um die Menge der erzeugten Wärme weniger bewundernswürdig zu finden. Die kleinsten Elemente desselben liegen in einer solchen Lage dicht neben einander, daß eine Verbindung derselben in einem einzigen Zeitmomente geschehen kann; und ob-

gleich auch diese Verbrennung, so wie alle Veränderungen in der Natur sowohl den metaphysischen Gründen der Naturphilosophen gemäß, als auch nach den bekannten Erfahrungen des H. d'Arcy über diesen speciellen Gegenstand eines gewissen Zeitalters bedürfen; so darf man doch nur die Anwendung der sogenannten Blickfeuer zur Bestimmung der geographischen Länge und überhaupt nur den Gebrauch des Schießgewehrs berücksichtigen, um sich zu überzeugen, daß die zur Verbrennung des Schießpulvers erforderliche Zeit — im Allgemeinen — über alle Bestimmung klein ist. Alle theoretischen Untersuchungen aber eben sowohl als die mannigfaltigsten Erfahrungen der Physiker, worunter ich vorzugsweise bloß Biot nennen will, ergeben zur Gnüge, daß nicht bloß bey Verbrennungen, sondern auch bey allen andern Vereinigungen der Elemente zu neuen Verbindungen eine desto größere Wärme erzeugt wird, je schneller sie erfolgen. Hierzu kommt noch der Umstand, daß die Bestandtheile des Schießpulvers, welche sich beym Verbrennen zu neuen Verbindungen vereinigen, außerordentlich fein sind — weswegen eben diese Feinheit ein wesentliches Erforderniß seiner Güte ist — so daß die aus grösseren Massen entstehende stärkere Attraction der gleichartigen Substanzen die schnelle Verbindung der ungleichartigen nicht hindert. [20]) Damit aber der Einfluß dieses sonst gewiß wirksamen Hindernisses noch geringer werde, ist selbst das specifische Gewicht des Pulvers — dieser Mischung der drey verschiedenen Substanzen — geringer als das mittlere specifische Gewicht seiner Bestandtheile.

Endlich muß noch besonders der Umstand berücksichtigt werden, daß die Schnelligkeit der Verbrennung wo nicht überhaupt gar keine, doch wenigstens nur eine sehr ge-

ringe Ableitung der Wärme verstattet — d. h. mit sehr vieler Rücksicht auf die bedingenden Umstände, wonach die Ableitung größer oder geringer ist, auf allen Fall nicht so stark, daß nicht die Bildung der expansibelen Medien und ihre mehr oder minder starke Ausdehnung statt finden könnte. — Ohne Zweifel giebt es noch viele andere Prozesse, wobey durch die mannigfaltigen Verbindungen verschiedener Elemente eine gleich große Quantität Wärme erzeugt wird, aber weil sie sogleich im Momente der Entbindung durch ihren Uebergang an andere Körper wieder verschluckt wird, so scheint uns die Wirkung viel geringer zu seyn. Eben deswegen aber, weil auf allen Fall die Ableitung dieser, auf eine so eigenthümliche Art erzeugten außerordentlichen Hitze in sehr kurzer Zeit geschieht (es sey denn, daß wir irgend eine uns noch unbekannte Modification der Wärme, wodurch ihre Wirkungen bedingt werden könnten, statuiren müßten) ist es nach meiner Ueberzeugung durchaus unmöglich, bey den verschiedenen Erscheinungen die Quantität der Wärme, welche durch Ableitung entzogen wird, genau zu messen. Daß aber wirklich solche sehr mannigfaltige Ableitungen der Wärme durch die verschiedenen umgebenden Körper statt finden, und vor allen Dingen viel schneller geschehen, als wir nach der gemein herrschenden Theorie zu glauben geneigt und anzunehmen gewohnt sind, dieses folgt meinem Bedünken nach ganz evident aus einer Vergleichung der Rumfordschen Versuche unter sich und mit andern Explosionen des Schießpulvers, imgleichen vorzüglich aus der so plötzlichen Erkaltung der elastischen Medien, welche in höchster Expansion durch die Verbrennung des Pulvers erzeugt werden. Ohne diese plötzliche Erkältung — (wenn wir uns dieses Ausdrucks

bedienen dürfen) — würde es unerklärbar seyn, wie sogleich im ersten Momente nach dem Verbrennen die Expansion der elastischen Medien so sehr abnehmen kann, daß hierdurch der eigenthümliche Ton der Feuergewehre entsteht, welcher sich von dem der Windbüchsen sehr wesentlich unterscheidet. Uebrigens steht diese Erscheinung keineswegs isolirt und ohne ihres gleichen zu haben im Reiche der Natur, sondern ihr völlig analog ist die Explosion des verbrennenden Knallgas, die Zersetzung der von Davy dargestellten Euchlarine, die Detonation des furchtbaren Oels von Dulong und endlich die Erscheinung, welche sich zeigt, wenn man Terpentinspiritus, Schwefelsäure und rauchende Salpetersäure zusammengießt. [21])

§. 34.

Der zweyte und zugleich der schwierigste Theil der Aufgabe fordert die eigenthümliche Art und die ganz specielle Ursache nachzuweisen, welcher gemäß durch die Verbindung der Elemente des Schießpulvers vermittelst der Verbrennung diese unglaubliche Menge frey wird. Daß diese Untersuchung unter allen die schwierigste sey, hat die Kön. Societät sehr bestimmt in folgenden Worten ausgedrückt, wenn sie sagt: „Aber die eigentliche Ursache der Wirkun„gen des Schießpulvers ist uns noch gänzlich unbekannt, „aus welcher Quelle nämlich so plötzlich jene ungeheure „Menge Wärme hervorbricht. Und wer wollte es in Zweifel ziehen, daß diese berühmte Societät hierüber ein competentes Urtheil habe?

Hierbey muß ich nun aufrichtig bekennen, daß ich keineswegs zu mir das Zutrauen hege, dieses höchst schwierige Problem zu lösen und von einer so verwickelten Er-

scheinung die eigentliche Grundursache nachzuweisen. Zugleich aber bezweifle ich eben so sehr, daß irgend ein anderer, so sehr er mir übrigens an gelehrten Kenntnissen und eindringendem Scharfsinne überlegen seyn mögte, dieses von sich wird behaupten können; denn bey diesem viel schwererem Räthsel, als jenem berühmten der Thebaner, dürfte es wohl nicht in Frage kommen, ob jemand ein Davus oder ein Oedipus ist, sondern vielmehr, wenn wir einmal in die mythischen Sagen der Vorwelt eingehen wollen, könnte man sich fürchten, diesen Schleyer mit kühner Hand aufzuheben, womit die Natur absichtlich ihre verborgenen Geheimnisse bedeckt zu haben scheint, um nicht das Schicksal derer zu theilen, welche nach der Vorstellung der Alten mit den Göttern selbst zu reden sich erdreistet hatten. Doch was ist den Sterblichen zu schwer und vor welcher Aufgabe sollte der Forscher zurückschrecken? Dreist wagt er sich an die Untersuchung jeder Aufgabe, und versucht mit Recht durch Hypothesen der Wahrheit nahe zu kommen, wenn ihm absolut unbestreitbare Gewißheit zu erlangen versagt ist.

§. 35.

Zuvörderst muß ich eine Bemerkung vorausschicken, welche mir zur Beurtheilung des Ganzen nicht überflüssig scheint. Nach meiner Ansicht beruht die große Ordnung in der Körperwelt und der bewundernswürdige Zusammenhang aller Erscheinungen, welche sie uns darbietet, vorzüglich darauf, daß die allgemeinen Grundursachen und Kräfte der Natur bloß einer kleinen Modification bedürfen, um die anscheinend verschiedenartigsten Wirkungen hervorzubringen. Diese Einfachheit, sowohl der Naturge-

setze, als auch der Elemente aller Körper, wird ohngeachtet der unendlichen Mannigfaltigkeit, welche wir um uns her erblicken, immer auffallender werden, je tiefer wir in die Geheimnisse der Natur einzudringen vermögen, und so wie die Astronomen dadurch gleichsam den höchsten Triumph im Wettkampfe der Seelenfähigkeiten errungen haben, daß sie alle Bewegungen der unzähligen Welten im unendlichen Raume des Himmels auf das einzige Gesetz der Gravitation zurückzuführen sich erkühnten; eben so müssen auch die Physiker, wo nicht ein einziges diesem ähnliches, doch wenigstens nur eine geringe Menge allgemeiner Gesetze aufsuchen, wonach sie die Phänomene der Körperwelt construiren. So scheint mir namentlich das bekannte Gesetz der Attraction, welches allen Verwandtschaften der Körper zum Grunde liegt, in einer solchen Art sich auch bey irdischen Gegenständen wirksam zu zeigen, daß die verbundenen Atome der Körper durch das Hinzukommen neuer heterogener Elemente im Augenblicke der Einwirkung auf einander nicht bloß getrennt werden, sondern nach aufgehobener Verwandtschaft, im Streben nach anderweitiger Verbindung, sich gleichsam fliehen — bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. —

§. 36.

Es giebt sehr viele Erscheinungen, aus denen ich gar leicht die Beweise zur Unterstützung dieser Hypothesen hernehmen könnte, vorzüglich bey den Inponderabilien, denn die Ponderabilien setzen wegen des ihnen allen zukommenden Gesetzes der Trägheit allen Veränderungen und Bewegungen ein allgemeines Hinderniß entgegen. Dennoch treffen wir auch bey diesen zuweilen ganz eigenthümliche,

den sonstigen Verwandtschaftsgesetzen nicht analoge Verbindungen an, welche, ohne daß wir eine specielle, diese Wirkung bedingende Ursache nachweisen können, sich wieder trennen. Viele Beyspiele zum Beweise anzuführen, halte ich bey sachkundigen Lesern für ganz überflüßig, und glaube bey dieser Gelegenheit bloß auf die noch unbekannten Erscheinungen verweisen zu dürfen, welche sich mir bey den Bemühungen, die Eigenthümlichkeiten des Schießpulvers zu erforschen, gelegentlich darboten, und welche ich in §. 2 und §. 21 ausführlich erzählt habe. Wie groß nämlich auch immer die Verwandtschaft der Kohle und des Schwefels mit dem Sauerstoff des Salpeters seyn mag, worauf ja allein die ganze Kraft und die erstaunliche Wirkung des Schießpulvers beruhet, so bedarf es dennoch nur der kleinsten Modification dieser Gesetze, um die ganze Thätigkeit desselben aufzuheben, so daß überall gar keine eigentliche Verbrennung erfolgt, und daß die nämlichen Substanzen, welche sonst die gewaltsamsten und furchtbarsten Explosionen bewirken, ruhig sich von einander trennen. Ein ähnliches Phänomen glaube ich in der Wärmeentbindung durch starke Compression atmosphärischer Luft zu finden. Ein eben so glänzendes als jetzt allgemein bekanntes Experiment, welches, wie so manches andere, dem blinden Zufalle seine Entstehung verdankt, belehrt uns nämlich, daß durch eine gewöhnliche, aber schnelle Compression der atmosphärischen Luft im Tachopyrion eine Hitze erzeugt wird, welche leicht flüßige Körper schmelzt, und leicht verbrennliche entzündet. Diese an sich höchst merkwürdige Erscheinung wird dadurch noch viel bewundernswürdiger, daß eine etwas weniger langsamere Compression zwar Wärme, aber keineswegs eine solche Hitze er-

zeugt, als zum Verbrennen erforderlich ist. Wer mit Vorsicht und ruhiger Beobachtung diese Versuche oft wiederholt, der wird bald finden, daß im letzteren Falle die geringere Erhitzung keineswegs eine Folge der Ableitung durch die Wände des Instrumentes ist.

§. 37.

Auf alle diese und mehrere andere Erscheinungen, welche ich der Kürze wegen nicht ausführlicher erörtern kann, gründe ich folgende Hypothese, die ich kurz zusammenzufassen und mit bescheidener Würdigung einer hochverehrten Kön. Societät zur Prüfung vorzulegen mir erlaube.

Wir müssen vorerst annehmen, daß die Elemente der Inponderabilien so unendlich klein sind, daß sie weder von den Himmelskörpern noch von der Erde, ihrer Masse nach, angezogen werden können, noch auch unter einander diesen Gesetzen der Gravitation folgen; denn da die Gravitation der Massen proportional ist, so muß für eine verschwindende Gravitation die Masse unendlich klein seyn, als welches eben den auszeichnenden Charakter der Inponderabilität hervorbringt. Dagegen aber sind sie allerdings den Gesetzen der Attraction durch die Elemente aller Körper unterworfen, wobey aber, wie im Allgemeinen in der Natur, gewisse specielle Verwandtschaften in Betrachtung kommen. Durch diese den verschiedenen Körpern eigenthümlichen Affinitäten oder specifischen Anziehungsgesetze werden die mannigfaltigen Erscheinungen modificirt — worauf namentlich die noch räthselhaften Phänomene des latenten Wärmestoffes, der specifischen Wärmecapacität und des Leitungsvermögens wahrscheinlich ganz nach stähiometrischen Grundsätzen beruhen, ohne daß wir bis jetzt über-

haupt angefangen haben, diese Gesetze aufzusuchen, viel weniger aber daß wir sie schon genau kennen sollten. Durch den Einfluß der Attractionen dieser Inponderabilien auf die Attractionsgesetze der Ponderabilien, durch welche alle Erscheinungen in der Natur absolut bedingt zu seyn scheinen, verbunden mit ihrer so eben namhaft gemachten specifischen Affinität, wird es möglich, daß nicht die letzteren vermöge ihrer Gravitation in eine einzige absolut dichte und harte Masse zusammenfallen. Denn sofern ihre Elemente und deren Attractionsgesetze allezeit dem bedingenden Einflusse der Inponderabilien unterworfen sind, welche dem Gesetze der Gravitation nicht unterliegen, vereinigen sie sich zu den mannigfaltigsten Gestalten und Verbindungen, welche wir lange schon bewundert, bis jetzt aber noch niemals ihrem Wesen nach erklärt haben. Viele Naturphilosophen entdeckten allerdings diese Kraft der Natur und bezeichneten sie mit dem Namen Dehnkraft, aber sie versahen es darin, daß sie dieselbe der Materie im Allgemeinen, und ich möchte sagen, ganz unbestimmt beylegten, zugleich aber sie der Attraction absolut entgegensetzten; als ob es in der Natur zwey absolut entgegengesetzte Kräfte geben könnte, und diese sich nicht zum Theil einander aufheben müßten, abgesehen davon, daß eine solche Hypothese gegen die Einheit und Einfachheit der Natur streiten muß.

Die Inponderabilien insgesamt also sind mit den Elementen aller Körper nach den specifischen Verwandtschaftsgesetzen verbunden, — umgeben sie, namentlich der Wärmestoff nach Davy's Hypothese als Atmosphären — ohne daß wir weder über ihre Quantität noch über ihre Bewegung in irdischen Räumen etwas bestimmen können, denn

wegen ihrer unendlichen Feinheit — wonach also jede endliche Kraft nur eine unendlich kleine Masse und deren Widerstand zu überwinden hat, um sie in Bewegung zu setzen — können alle diese Größen nur in gleichsam unendlichen Räumen, wie die Bewegung des Lichtes, gemessen werden. Alle ihre Veränderungen bey irdischen Körpern und in irdischen Räumen beruhen auf den Gesetzen ihrer Verwandtschaft zu den Flamenten der Körper, welche übrigens von der Art ist, daß sie durch die speciellen Verwandtschaftsgesetze der ponderabilen Elemente unter sich bedingt wird. Sobald daher diese Körper auf irgend eine Weise so afficirt werden, daß dadurch die Gesetze des Zusammenhanges dieser letzteren einer Aufhebung nahe kommen z. B. durch Reiben, Stoßen, Ausdehnen, insbesondere aber durch chemische Zersetzungen, so wird dadurch der Zusammenhang der Inponderabilien mit ihnen — welcher auf allen Fall geringer ist, als derjenigen, welchen wir zwischen den constituirenden Bestandtheilen der Körper selbst anzunehmen haben — alsobald aufgehoben; sie entweichen wegen ihrer unendlich großen Elasticität und Feinheit im ersten Augenblicke, wenn sie gleich nicht gänzlich verscheucht werden können, setzen sich aber eben so schnell wieder ins Gleichgewicht, indem sie auf eine uns verborgene Weise sich wieder in den vorher stattgefundenen Verhältnissen oder in neuen mit den alten oder neuen Körpern, u. z. oft so schnell verbinden, daß wir gar keine Veränderung entdecken können. [22]) Nach diesem allgemeinen Gesetze geschehen die Erzeugungen oder Entbindungen der Wärme, des Lichtes, der Electricität, und ich würde hinzusetzen des Magnetismus, wenn ich mich nicht fürchtete, über das demselben zum Grunde liegende räthselhafte

Etwas irgend eine nähere Bestimmung zu wagen, als daß dasselbe vielleicht gleichfalls den Gesetzen der Attraction, wie alle Inponderabilien, unterworfen ist.

§. 38.

Der Gegenstand der Abhandlung fordert, daß ich diese — gewiß neue, vielleicht kühne Hypothese — welche ich reiflich durchdacht und bey gelegenerer Zeit und Muße weitläuftiger auseinander zu setzen und näher zu bestimmen, auch durch mehrere Beyspiele zu erläutern mir vorgenommen habe, gegenwärtig aber nur gleichsam im Umrisse den gelehrten Mitgliedern einer um die Wissenschaften hochverdienten Societät vorzulegen, mir erlaube, auch auf die Wirkungen des Schießpulvers anzuwenden. Das Schießpulver besteht aus den feinsten Theilchen dreyer Körper, welche zwar mit einander verbunden, aber doch in meßbaren Räumen von einander abstehend gedacht werden müssen. Diese Theilchen bestehen wieder aus gewissen wägbaren (gravitirenden) Elementen, welche noch näher mit einander verbunden sind, und deren Zusammenhang, durch die Gesetze der Attraction bedingt, ohne eine von Außen hinzukommende neue Ursache nie aufgehoben werden kann. Jedes dieser Elemente ist mit einer größeren oder geringeren, dichteren oder dünneren Atmosphäre derjenigen Inponderabilien umgeben, welche uns bis jetzt bekannt sind, und vielleicht mit noch mehreren andern uns noch unbekannten — nach der nämlichen Art, als jeder Weltkörper von einer gemischten Atmosphäre umgeben ist — welche sich durch beliebige Veränderungen dieser Elemente um so leichter und schneller von ihnen trennen können, je weniger irgend eine eigene Kraft der Trägheit oder ein Wider-

stand fester Körper — für unendlich kleine Elemente ohnehin undenkbar — ihre freye Bewegung hindert, so daß eine eben so schleunige als allgemeine und vollständige Trennung und eine eben so schnelle, höchst wunderbare Verbindung zu neuen Körpern jene erstaunenswürdigen Wirkungen hervorbringen, welche wir mit Recht bewundern. Sobald dagegen die Körper langsam verändert werden, fällt die neue Verbindung dieser Inponderabilien mit den Elementen der Ponderabilien mit ihrer vorhergehenden Trennung zusammen, so daß diese ganze und bey allen Operationen der Natur höchst bedeutende Veränderung weder mit unsern Sinnen wahrgenommen, noch vermittelst unserer Instrumente gemessen werden kann. Noch muß hierbey bemerkt wereen, daß diejenigen Inponderabilien durch unsere Sinne nicht wahrgenommen werden können, welche zwar durch die Veränderung oder Afficirung der Ponderabilien frey werden, jedoch im Augenblicke des Entstehens durch ein eigenthümliches Ableitungsvermögen der mit ihnen in Berührung kommenden Körper wieder verschluckt werden. Hierauf beruhet es, daß wir z. B. nicht bey allen Veränderungen der Körper freye Electricität wahrnehmen, wenn wir es jetzt gleich als ausgemacht anzusehen haben, daß überall keine Veränderungen der Körper von allem Einflusse oder von aller gleichzeitigen Aeußerung der Electricität frey sind.

Haec fere sunt, quae ad has res difficillimas explicandas proferre me posse arbitror, quaeque Vos, viri excellentissimi, doctissimi atque perillustres ut benigno animo accipiatis, itentidem oro rogoque.

Vobis deditissimus auctor.

Beurtheilung der Preisschrift in den G. G. A. St. 304. p. 2028.

Weit umfassender und gründlicher ist dagegen allerdings die andere der gedachten Schriften. Der Verf. dieser Abhandlung beschäftigt sich in derselben zuerst mit einigen allgemeinen Bemerkungen über die Bestandtheile des Schießpulvers, über den zur Entzündung desselben erforderlichen Grad von Hitze, über die mehr oder mindere Entzündungsfähigkeit desselben in Räumen, worin die Luft einem geringeren Drucke, als dem der ganzen Atmosphäre, ausgesetzt ist u. dergl. Er findet, daß in stark verdünnter Luft sich die Theile des Schießpulvers zwar zusammenschmelzen und in Dämpfe verflüchtigen lassen, aber nicht eigentlich mit einer Flamme sich entzünden und verpuffen. Unter dem gehörigen Drucke entzünde sich aber dasselbe nicht allein in atmosphärischer Luft und Sauerstoffgas, sondern auch in Wasserstoffgas, Stickgas, kohlensaurem Gas, und mehr andern Gasarten, welches jedoch der Verf. nur im Allgemeinen anführt, ohne das besondere Detail dieser Versuche anzugeben, das doch von einigem Interesse gewesen seyn möchte. Hierauf wendet er sich zur Berechnung der Expansivkraft des durch die Entzündung des Pulvers erzeugten elastischen Fluidums, und vergleicht das Resultat seiner Rechnung mit Rumfords Versuchen, nach denen jene Kraft wenigstens 55000 mal größer als der Druck der Atmosphäre ist. Da indessen diese und mehr andere Untersuchungen des Verf. nicht die Hauptfrage der Socie-

tät betreffen, nämlich, „aus welcher Quelle, auch durch das kleinste Fünkchen, plötzlich die ungeheure Menge von Wärme hervorbreche, welche fast [2029] in einem Augenblicke die größte Quantität Pulvers in Dämpfe und Gasarten zu verflüchtigen vermag u. s. w.“ so begnügen wir uns bloß mit einer kurzen Darstellung der Ansicht, welche der Verfasser, in Beziehung auf jene Frage, der Societät mitgetheilt hat.

Daß diese Wärme nicht durch Zesetzung von Oxygengas, wie bey gewöhnlichen Verbrennungsprocessen erzeugt werden kann, liegt schon in der Natur der von der Societät aufgegebenen Frage an sich, und wenn dieser Frage hinzugefügt ist, was dennoch die geringe Menge von atmosphärischer Luft, welche zwischen den Körnern einer eingeschlossenen Portion Pulvers noch zurückbleibt, zur Entzündung des Pulvers beytragen dürfte, so konnte die Meinung der Societät nicht seyn, jene Quantität von Wärme aus der Zersetzung des Oxygengases jener geringen Menge atmosphärischer Luft abzuleiten, sondern vielmehr was diese Luft, deren Elasticität doch immer dem Drucke der ganzen Atmosphäre entspricht, vielleicht in Beziehung auf diesen Druck selbst für eine Nebenrolle bey der Entzündung des Pulvers spielen dürfte, da die Versuche gelehrt haben, daß Pulver, welches gar keinem solchen Drucke ausgesetzt ist, sich nicht entzünden zu können scheint. Es liegt also schon in der von der Societät aufgestellten Frage selbst, daß die plötzliche Entwickelung von Wärme sich wohl zunächst aus der specifischen und durch irgend einen Umstand in völlige Freyheit versetzten Wärme des Schießpulvers selbst, wenigstens zum Theil dürfte ableiten lassen, und daß es nur dar-

auf ankomme, die Umstände zu bestimmen, unter denen dieses geschehen kann, und auf welche Weise auch das kleinste Fünkchen diese zu bewerkstelligen vermag. Nach dem Verf. liegt die Wärmequelle allerdings auch in dem Schießpulver, aber ihre plötzliche Entwickelung wisse er [2030] sich freylich nicht vollkommen zu erklären, wenn er sie gleich nach dem bewundernswürdigen Spiel der Verwandtschaften, welche oft durch die geringste Ursache in Thätigkeit versetzt würden, nicht unbegreiflich finde. Durch Beyhülfe eines Fünkchens, also durch die geringe Temperaturerhöhung auch nur in einem Körnchen einer noch so großen Pulvermasse, würden nähmlich diejenigen Verwandtschaften der einzelnen Bestandtheile des Pulvers in Thätigkeit gesetzt, wodurch sich diese zu Kohlensäure, Schwefelsäure, Wasser u. s. w. vereinigten, welche dann durch die hiebey zugleich sich entwickelnde Wärme sich in diejenigen elastischen Flüßigkeiten verwandelten, denen man die Wirkung des Schießpulvers zuschreibe, indem diese Wärme selbst sich zuvor in dem Schießpulver in einem Zustande befunden habe, in welchem sie unfähig gewesen sey ihre Wirkung zu äußern. Daß aber mit einer solchen allgemeinen Darstellung die Societät sich nicht begnügen könne, ist leicht zu erachten. Betrachten wir nähmlich die elastischen Flüßigkeiten, in welche sich das Schießpulver verwandelt, so leidet es fast keinen Zweifel, daß ihre specifische Wärme größer seyn muß als zuvor, da sie noch zu einer festen Masse vereinigt waren, wenn anders unsere bisherigen Ansichten über die Natur der elastischen Flüßigkeiten und ihrer Bildung durch den Beytritt der Wärme ihre Richtigkeit haben. So ist also z. B. die specifische Wärme des liquiden Wassers größer als die des

Eises, und diejenige des Wasserdampfes wieder größer als diejenige des liquiden Wassers u. s. w. Wir hätten also gewünscht, daß der Verf. zur Erläuterung seiner Theorie einige Berechnungen über die specifische Wärme der elastischen Flüßigkeiten, in welche sich das Schießpulver verwandelt, in Vergleich derjenigen, welche das Pulver selbst enthält, beygebracht hätte. Aber es [2031] ist hier der Ort nicht zu zeigen, wie Berechnungen dieser Art, sowohl nach gewissen bereits bekannten Datis, als auch noch durch Beyhülfe einiger Versuche, sich würden bewerkstelligen lassen. Fände sich, wie höchst wahrscheinlich ist, daß die specifische Wärme des Schießpulvers allein nicht hinreicht, dasselbe in elastische Dämpfe rc. zu verwandeln, so müßte man also entweder verschiedenes in unsern bisherigen Ansichten der Wärme selbst, noch modificiren, oder zur Bildung jener elastischen Flüßigkeiten noch Wärmeabsorptionen aus andern Quellen herbeyrufen, worüber wir uns hier nicht weiter erklären können. Aus allem erhellet, daß die Hauptschwierigkeit in der von der Societät aufgegebenen Frage von dem Verf. noch nicht so gehoben ist, daß wir uns damit befriedigen könnten. Der Verf. scheint dieß selbst gefühlt zu haben, indem er die Kraft des Schießpulvers nicht bloß den Dämpfen, sondern auch der neuen Verbindung, in welche sich die Theile des Pulvers selbst, bey der Entzündung desselben, versetzen, zuschreibt, und wobey eine ausdehnende Kraft wirken soll, ungefähr derjenigen ähnlich, welche beym Gefrieren des Wassers statt findet, welche Vorstellungsart aber bey Schießpulver, dessen Körner so lose neben einander liegen, wohl nicht gut Statt finden kann.

Diese ausführliche Beurtheilung der gedachten, übrigens ihrem Verf. Ehre machenden Schrift, verglichen mit den eben so ausführlich als bestimmt abgefaßten Forderungen der Aufgabe, zeigt hinreichend, warum die Königl. Societät das Vergnügen nicht haben konnte, derselben den Preis zu ertheilen.

Anmerkungen.

Anmerk. 1.

Die Analyse des Schießpulvers gehört bekanntlich unter die leichtesten chemischen Arbeiten. Weil ich indeß in solchen Operationen keine vorzügliche Fertigkeit zu besitzen mir anmaße, so suchte ich durch mehrmalige Wiederholung die erforderliche Genauigkeit zu erreichen. Den Schwefel habe ich theils verflüchtigt, theils durch Kali aufgelöset, ersteres Verfahren aber genauer gefunden, muß jedoch hinzusetzen, daß der Antheil Schwefel im untersuchten Schießpulver wohl etwas zu klein angegeben seyn mögte, welches übrigens auf die untersuchte Frage keinen Einfluß hat.

Anmerk. 2.

Wenn man sehr große Genauigkeit sucht, so ist die Auffindung des Durchmessers der Pulverkörner auf diesem Wege eben nicht leicht. So vollkommen auch die dabey gebrauchten Maße waren, so wollte doch nicht immer eine abgemessene Zahl Pulverkörner auf die Länge eines Zolles passen, und ich mußte daher verschiedene Reihen hinlegen, und aus den Zahlen, welche sie gaben, das Mittel neh-

men. Auf diese Weise glaube ich ein genaues Resultat erhalten zu haben. Die Vergrößerung zur runden Zahl schien mir anfangs unbedeutender, als sie wirklich ist.

Anmerk. 3.

Ein jeder sieht leicht ein, daß diese angegebene Größe nur genähert richtig ist, und daß es sehr leicht gewesen seyn würde, sie viel genauer zu erhalten. Das Schießpulver ist nämlich specifisch schwerer als das Wasser, und der Raum, welchen die 81,3 Gr. auf Wasser reducirter Alcohol einnahmen, hätte daher mehr Pulver fassen können. Allein ich muß hier bekennen, daß ich diese vorläufigen Untersuchungen gleich anfangs anstellte, ehe ich wußte, ob ich solche Resultate erhalten würde, die ich der Kön. Societät vorzulegen wagen dürfte, und wozu ich überhaupt solche Bestimmungen noch gebrauchen könnte. Als ich späterhin Entdeckungen machte, worauf ich eine Beantwortung der Frage gründen zu können glaubte, war die Zeit zu kurz, um alle diese Kleinigkeiten zu verbessern, welche übrigens im Wesentlichen nichts ausmachen. Da nun aber einmal die Rede davon ist, und ich meine Versuche als genau verbürgen kann, so möge folgende richtigere Berechnung hier einen Platz finden.

Der leere Zwischenraum zwischen den Pulverkörnern betrug $= \frac{81,3}{311,5} = 0,26099 \ldots$ Wir setzen 0,261. Mithin ist das absolute Gewicht von einem Cubikzoll Schießpulver $= 316,5\ (1,26099 \ldots) = 399,1$ und also das specif. Gewicht $= 1,281 \ldots$ Schließlich bemerke ich noch, daß ich das spec. Gewicht des Schießpulvers in der Tabelle nicht finde, welche der Aräometrie des H. Meisner (Wien 1816. Fol.) angehängt ist. Wenn aber H. Mei-

neke dasselbe = 1 setzt, so scheint mir hiergegen schon die Erfahrung zu streiten, daß dasselbe, in's Wasser geworfen, mit einem merklichen Uebergewichte schnell untersinkt.

Anmerk. 4.

Es bedarf wohl kaum der Mühe, die Methode anzugeben, durch welche diese Bestimmung in höchster Genauigkeit gefunden werden kann. Man darf nämlich nur ein Thermometer nehmen, welches bis auf den Siedepunkt des Quecksilbers graduirt ist, die Kugel desselben etwas anhauchen, und einen Haufen Pulver damit berühren, so bleiben allezeit einige Körnchen daran hängen. Alsdann muß die Kugel über lebhaft brennenden Kohlen zuerst langsam bis 80° R. dann sehr schnell erhitzt werden, so verpuffen die Körnchen allezeit bey der angegebenen Temperatur, wodurch das Thermometer, wenn die Kugel klein ist, plötzlich einige Grade steigt. Noch besser bedient man sich der Muschelthermometer. Sind diese bis 240° erhitzt, und man wirft einzelne Körnchen hinein, so explodiren sie sogleich. Bey langsamer Erhitzung kommt der Punkt des Verbrennens etwas höher zu liegen.

Anmerk. 5.

Diese Versuche, das Schießpulver zu zerlegen, habe ich sehr häufig, und allezeit mit gleichem Erfolge angestellt. Theils interessirte mich diese neue Erscheinung an sich, theils hoffte ich im Anfange durch dieselbe die Lösung der Aufgabe zu finden, warum das Pulver im luftleeren Raume sich gleichfalls nicht entzündet, ehe ich nämlich durch die im §. 5 erzählten Versuche eines besseren

belehrt war. Uebrigens läßt sich dieser sonderbare Zerlegungsprozeß in der Art, wie ich ihn anstellte, d. h. mit so geringen Quantitäten von etwa 1 Gr. sehr leicht wiederholen; der Schwefel wird ziemlich schnell verflüchtigt, die Kohle gleichfalls bald zerlegt, und in einer halben bis anderthalb Stunden ist das Ganze beendigt. Dabey erhält man begreiflich nur eine sehr geringe Quantität Cali, welches sich übrigens durch das Blaufärben des gerötheten Lacmuspapiers sehr kenntlich als solches zeigt.

Ganz anders aber, viel schwieriger, und fast unmöglich wird der Versuch, wenn man größere Quantitäten nimmt, wie ich dieses nachher erfahren habe, als ich die zur Abhandlung gehörigen Präparate der Kön. Societät in Göttingen vorlegen wollte, wie in der Vorrede gesagt ist. Um eine größere Quantität Cali zu erhalten, versuchte ich etwa ½ Loth Schießpulver in einem silbernen Schälchen zu zerlegen, mußte deswegen eine ermüdend lange Zeit die Verdunstung des Schwefels abwarten, das zunächst am Metalle liegende Pulver fieng denn, wie gewöhnlich, an zu schmelzen und zerlegt zu werden, allein weil diese Substanz zugleich die Wärme schlecht leitet, so blieben in der Mitte immer noch unzerlegte Körner, welche in viermal nach einander wiederholten Versuchen verpufften, und jederzeit nur eine Lage Cali zurückließen, woran man deutlich die erfolgte Verpuffung wahrnehmen konnte. Zum fünften Male endlich glückte es mir, die Zerlegung wirklich zu bewerkstelligen, allein weil das Schälchen an sich sehr dünn, und noch obendrein von Salpetersäure inwendig angefressen war, so schmolz ein Theil desselben beym Glühen mit dem Cali zusammen. Ich glaube für alle diejenigen, welche den Versuch wiederholen

wollen, hierauf aufmerksam machen zu müssen, daß man nie größere Mengen dazu nehmen darf.

Anmerk. 6.

Die Kenntniß dieses interessanten Präparates verdanke ich dem Zufalle. Anfangs zerlegte ich das Schießpulver auf die eben angezeigte Weise in einem eisernen Löffel, indem ich durch genaue Aufmerksamkeit bey der Entzündung desselben die hierzu erforderlichen Bedingungen aufzufinden hoffte, um zugleich zu entdecken, welche derselben im luftleeren Raume fehlte. So wenig ich in dieser Hinsicht meinen Zweck erreichte, so merkwürdig waren die Resultate, welche ich beyläufig erhielt. Hierhin rechne ich den sehr bedeutenden Umstand, daß das Schießpulver durch langsame Erhitzung in seine Bestandtheile zerlegt werden kann, und zugleich die interessante Entdeckung einer metallischen Vegetation, welche alle bisher bekannten bey weitem übertrifft. Um nämlich nicht in der Beurtheilung der Versuche zu irren, weil immerhin das Eisen auf die Zerlegung des Schießpulvers einen Einfluß haben konnte, wiederholte ich dieselben mit einem silbernen Theelöffel, worin zufällig vorher mehrmals salpetersaures Kupfer in Alcohol aufgelöset, verbrannt war. Es überraschte mich sehr, als ich aus den Pulverkörnern kleine weiße Zweige herauswachsen sah, welche den Durchmesser der Körner selbst um das doppelte ja bis zum vierfachen übertrafen, und eine solche Stärke hatten, daß sie diese Körner selbst in die Höhe hoben, so daß sie wie eine Frucht an einem kleinen Stiele festsaßen. Mit Recht setze ich diese metallischen Vegetationen über alle anderen, weil bey keiner so kleine Massen, als ein Pulverkörnchen ist, solche Wirkun-

gen hervorbringen, und keine einen solchen Grad der Festigkeit erhält, daß man sie mit einem Zängelchen festhalten, und das reducirende Medium daran bewegen kann, wie ich denn einige aus einem Löffel gebrochen, auf etwas Papier geleimt und in eine kleine Schachtel gepackt der Kön. Societät zu Göttingen vorgelegt habe. Noch ist besonders zu berücksichtigen, daß alle bisher bekannten Vegetationen bloß durch Metalle oder durch galvanische Action hervorgebracht werden, diese aber ohne ein Metall, und da wir uns berechtigt glauben, sie insgesamt durch den Einfluß der galvanischen Electricität bedingt zu halten; so frägt sich hierbey mit Recht, welche Substanz oder welche Mischung bringt eigentlich diese Wirkung hervor, und in wie fern läßt sich auch hierbey die galvanische Thätigkeit nachweisen. Alles dieses bleibt einer weiteren Untersuchung vorbehalten, wozu hier der Ort nicht zu seyn scheint.

Anmerk. 7.

Dieser Versuch ist klassisch, und zeigt auf das deutlichste die Ursache der Nichtentzündung des Schießpulvers im luftleeren und stark luftverdünnten Raume, wie in der Abhandlung selbst weiter erläutert wird. Aus dieser Ursache habe ich drey Röhren, womit der Versuch angestellt war, und welche ich zufällig aufgehoben hatte, der Kön. Societät zur Ansicht übersandt. Sie gehörten zwar nicht unter die besten, indem zuweilen der Salpeter so völlig getrennt wurde, daß er durchscheinend und ganz rein abgesondert in der Spitze zusammengeschmolzen festsaß, wie dieses sehr kenntlich gleichfalls in einer der übersandten Röhren geschehen war.

Anmerk. 8.

Auf die in diesem §. enthaltene Erzählung muß ich die Bemerkung beziehen, wenn es in der Beurtheilung meiner Schrift heißt: „welches jedoch der Verf. nur im Allgemeinen anführt, ohne das besondere Detail dieser „Versuche anzugeben, das doch von einigem Interesse gewesen seyn mögte.“ Ich gestehe gern, daß diese Resultate nur ganz kurz erzählt sind, allein ich glaubte hierzu nicht bloß befugt, sondern durch die Obliegenheit, alles Ueberflüßige vermeiden zu müssen, gleichsam gezwungen zu seyn. Das eigentliche punctum quaestionis war, ob das Pulver in allen Gasarten entzündet werden kann und explodirt, oder ob die Anwesenheit des Sauerstoffgas zu seiner Entzündung nothwendig ist. Die Entscheidung dieser Frage ist so allgemein von mir ausgesprochen und die aufgestellte Behauptung so innig mit der ganzen nachfolgenden Erklärung verflochten, daß im Falle eines Mistrauens ein jeder Physiker leicht einen Versuch darüber anstellen konnte, und es schien mir daher gar keiner näheren Beschreibung der dabey befolgten Methode zu bedürfen. Denn obgleich ich unter verschiedenen Bedingungen diese Versuche sehr oft wiederholt habe, so kann ich doch noch jetzt nichts anders darüber sagen, als was im § selbst gesagt ist, nämlich daß sich das Schießpulver in allen den genannten und ohne Zweifel in allen expansibelen Medien unter dem gehörigen Drucke entzünden läßt und explodirt. Weil ich indeß einmal zur weiteren Erörterung dieser Frage veranlaßt bin, so füge ich hier noch etwas hinzu, was sich nach meinem Ermessen für die Preisschrift nicht eignete.

Es haben schon viele, und sicher mehrere, welche die

Resultate bekannt zu machen nicht der Mühe werth hielten, Versuche über die Entzündung des Schießpulvers in verschiedenen Gasarten angestellt. Am bekanntesten sind diejenigen, welche H. Meineke in seiner Schrift erwähnt, und welche noch detaillirter in Schweiggers Journale (X. 201.) erzählt sind. Inzwischen unterscheiden sich unsere beyderseitigen Versuche durch einige nicht unwichtige Nebenumstände, auf welche ich aufmerksam zu machen nicht unterlassen kann. Zuerst scheint die Stärke der Explosion in den Versuchen des H. Meineke viel geringer gewesen zu seyn, als in den meinigen. Es sollen nämlich verbrannt seyn nach rheinl. Maß

10	Gr.	Pulver	in	6	Kub. Z.	Stickgas
16	—	—	—	12	—	—
10	—	—	—	12	—	atm. Luft.
6	—	—	—	12	—	Wasserst.g. aus Zink u. Salzs.
10	—	—	—	20	—	— durch Wasserzers.
12	—	—	—	30	—	Salpetergas.
3	—	—	—	12	—	oxyd. Stickgas.
20	—	—	—	34	—	kohlens. Gas.
16	—	—	—	18	—	kohlenh. Wssgas.
10	—	—	—	10	—	Schwef. Wssgas.
6	—	—	—	8	—	Phosphor. Wssgas.
6	—	—	—	12	—	Chloringas.

Dagegen habe ich mich allezeit einer und derselben Campane bedient, welche nach genauer Messung 59,5 Kub. Z. pariser Maß enthielt, und unter dieser auf einem Teller nicht mehr als ein Gr. und nur einmal 1,5 Gr. verbrannt, und dennoch riß die Gewalt des explodirenden Schießpulvers diese Campane, ohngeachtet sie mit harter Pomade und einem dicken umhergelegten Rande von Wachs

auf dem Teller festgeklebt war, und noch obendrein von mir selbst oder von einem Gehülfen festgehalten wurde, jederzeit los, jedoch nicht so heftig, daß sie durch das Wiederaufschlagen auf den Teller beschädigt wäre; vorausgesetzt, daß die Dichtigkeit der eingeschlossenen Luft der äusseren völlig gleich war. Ich will daher niemanden rathen, diese Versuche nach der von mir beobachteten Methode mit solchen Quantitäten zu wiederholen, als H. P. Meineke gebrauchte, weil sonst unfehlbar die Campane entweder zerschlagen oder hoch in die Luft geworfen werden würde.

Ein zweyter nicht unwichtiger Unterschied besteht darin, daß bey H. Meineke das Brennen von verschiedenen Nebenbedingungen begleitet war, die ich gar nicht wahrgenommen habe. Namentlich verbrannte das Pulver im Salpetergas mit einem röthlichen das Gas durchschlängelnden Lichte, und in Wasserstoffgas wollte dasselbe ohne 10 Procent zugesetzter atmosphärischer Luft überhaupt nicht brennen. Von diesen Erscheinungen habe ich keine entdeckt, vielmehr entzündete sich und explodirte das Schießpulver in allen den verschiedenen Luftarten anscheinend mit gleicher Leichtigkeit und Stärke der Explosion; ohne daß selbst der entstehende Pulverdampf eine merkliche Verschiedenheit oder die jedesmalige Gasart eine wahrnehmbare Veränderung gezeigt hätten. Uebrigens waren die Gasarten sämtlich rein, und enthielten nach der Prüfung bey einigen expreß in dieser Absicht angestellten Versuchen folgende verunreinigenden Bestandtheile. Das Sauerstoffgas aus Braunstein enthielt 0,035 Th. Stickgas, das Wasserstoffgas aus Zink und Salzsäure 0,015 atmosphärische Luft, das Stickgas aus atmosphärischer Luft durch Phosphor bereitet war ganz rein, das Salpetergas aus Ku-

pferschnitzeln und Salpetersäure gewonnen, enthielt höchstens 0,02 Stickgas, das kohlensaure Gas aus Kreide und Schwefelsäure nicht völlig so viel, und die übrigen wurden nicht untersucht. Schwerlich sind die Gasarten in den Versuchen des H. P. Meineke reiner gewesen, und es ist wohl unmöglich, daß solche kleine Verunreinigungen die Resultate verändert haben sollten.

Dabey darf übrigens nicht übersehen werden, daß die Versuche von uns beyden unter verschiedenen, nicht unbedeutend abweichenden, Bedingungen angestellt wurden. Namentlich habe ich jederzeit gekörntes Pulver genommen, statt des dort gebrauchten Mehlpulvers. Bey mir lag dasselbe unter einer Campane auf einem kleinen Teller von Weißblech, war also überall von festen und nicht ausweichenden Wänden an der Grenze des umgebenden elastischen Medii eingeschlossen, statt daß die Gefäße des H. P. Meineke durch Wasser gesperrt waren, welches der Explosion nachgeben und dadurch ihren Effect mildern konnte. Auch war es nicht ohne Einfluß, daß bey mir die ganze Masse mit einem Male verbrannte, statt daß dort die Verbrennung des in ein enges Rohr eingeschlossenen Mehls mehr successiv vor sich gehen mußte. Endlich ist von H. P. Meineke nicht angegeben, wie er die mit dem feingeriebenen Schießpulver angefüllten Röhren, ohne sie selbst und ihren Inhalt feucht zu machen, durch das Sperrwasser in die mit verschiedenen Gasarten gefüllten Röhren brachte. Bey meinen Versuchen legte ich das Schießpulver auf den kleinen Teller von Weißblech, stürzte die Campane vermittelst harter Pomade und einem um den Rand geklebten Ringe von Wachs luftdicht über denselben, exantlirte den Apparat, steckte dann in den Canal desselben die ein-

geschliffene Spitze einer Röhre, in welche sich eine im hydropneumatischen Apparate stehende, mit der erforderlichen Gasart gefüllte Klocke endigte, worauf die obere Campane nach geöfneten Hähnen sich mit derselben bis zum Drucke der Atmosphäre, oder einem geringeren, wenn ich wollte, wieder füllte. Uebrigens kann ich die Richtigkeit der von mir angestellten Versuche und der aus ihnen erhaltenen Resultate in jeder Hinsicht verbürgen.

Anmerk. 9.

Es schien mir nicht unwichtig, an dieser Stelle die aufgeworfene Frage gelegentlich einzuschalten, welche mir allerdings dazu geeignet scheint, neue Untersuchungen zu veranlassen. Die Sache selbst stützt sich auf allgemein bekannte Erscheinungen, welche eine höchst seltsame und sehr bedeutende Modification des allgemeinen Gesetzes der Attraction zum Grunde haben. Wenn luftförmige Körper mit flüssigen oder festen verbunden werden, so verändern sie ihren Aggregatzustand auf eine solche Weise, daß ihre Bestandtheilchen einander mehrere hundert Male näher kommen, als in ihrer gasförmigen Gestalt. Auch die Mischungen fester und flüssiger Körper nehmen in der Regel einen geringeren Raum ein, als die Summe desjenigen ist, welcher ihren Bestandtheilen zusammengenommen zugehört. In wie fern die Verminderung verschieden und mit gewissen anderweitigen Gesetzen, namentlich der stärkeren oder schwächeren Verwandtschaft zusammenhängend ist, verdiente allerdings einmal genauer untersucht zu werden.

Anmerk. 10.

In der Schrift selbst konnte ich nicht füglich mehr thun, als auf diese meine eigene Arbeit verweisen, und darf dieselbe wohl im Allgemeinen als bekannt voraussetzen, da sie seit dem Ende des Jahrs 1815 im Buchhandel gewesen ist. Daß die darin erzählten Versuche mit größter Genauigkeit angestellt, und daher die Resultate der Aufmerksamkeit sehr werth sind, scheint mir noch jetzt nicht zweifelhaft zu seyn. Gern würde ich so manche dort bloß angezeigte und gleichsam eingeleitete Untersuchungen weiter fortsetzen, wenn ich nicht zuvor die Urtheile sachverständiger Männer zu erfahren wünschte, und es wundert mich daher, die Schrift noch überall nirgend berücksichtigt oder beurtheilt gefunden zu haben. Wartet man vielleicht auf die längst versprochene Arbeit des H. Gay-Lüssac, so bedaure ich eines Theils, daß deutsche Physiker noch immer ihr Augenmerk wo nicht ausschließlich, doch vorzüglich auf die Werke der Ausländer richten, während die letzteren es meistens nicht einmal der Mühe werth halten, die unsrigen, selbst wenn sie von recht eigentlich classischem Werthe sind, kennen zu lernen; andern Theils aber weiß ich aus sichern Nachrichten, daß dieser, übrigens so bedeutende, Gelehrte das Problem über die Dichtigkeiten der Dämpfe durch Versuche im torricellischen Raume auszumitteln sucht, auf welchem Wege die Wahrheit nimmermehr gefunden werden kann.

Was übrigens die Dichtigkeit des Wasserdunstes selbst betrifft, so ist in der erwähnten Abhandlung dieselbe bestimmt und in einer weitläuftigen Tabelle für sehr große Unterschiede der Temperatur berechnet. Schon damals habe ich aus den Resultaten der Versuche, von welchen

ich durchaus nicht abgehen wollte, gefolgert, daß dieselbe für höhere Grade etwas abzunehmen scheine. (p. 177) Hiermit stimmt auf eine frappante Weise die Rechnung überein, indem das Verhältniß der Dichtigkeiten des Wasserdunstes zu dem der atmosphärischen Luft bey gleichem Drucke zwischen — 30° bis + 400° R. von 0,6543 bis 0,6689 wächst. Wie wenn man annähme, daß das Verhältniß beyder ein constantes wäre, dann ließe sich berechnen, durch welchen Druck die atmosphärische Luft in einen tropfbar flüssigen (oder festen?) Körper verwandelt werden würde, nämlich aus einer Vergleichung desjenigen Druckes, wodurch die Wasserdämpfe die Dichtigkeit des Wassers selbst erreichen würden, mit Rücksicht auf die specifischen Dichtigkeiten beyder; woraus unter andern nicht uninteressante Betrachtungen über die absolute Elasticität des Wärmestoffes gefolgert werden könnten. Alle diese Untersuchungen muß ich jetzt übrigens bis zur gelegenern Zeit an seinen Ort gestellt seyn lassen.

Anmerk. 11.

Es scheint mir gar nicht schwierig, die Entstehung dieser steinharten, mit einem Meißel kaum zerstörbaren Masse zu erklären, und wundert mich sehr, daß der Graf Rumford die Sache als gänzlich neu und räthselhaft darstellt. Die steinharte Masse konnte nämlich nichts anders seyn, als das aus dem Salpeter zurückbleibende Cali (welches auch bey der im §. 2 erzählten Zerlegung des Schießpulvers als eine harte Masse zurückbleibt) verbunden mit condensirtem Pulverdampfe. Das gewaltsame Zusammendrücken des letzteren war in Hinsicht auf das erzeugte Product nach Rumfords Angabe nicht ohne Bedeutung, und

dieses stimmt auch vollkommen mit der bis jetzt allgemein angenommenen Theorie überein. Dieser Pulverdampf besteht nämlich aus den bekannten Gasarten, worunter das kohlensaure Gas vorzüglich in Betrachtung kommt, und aus einem geringen Antheile Kohle nebst etwas wenigen noch unzersetzten Schwefel, welcher letztere auf den Geruch desselben einen merklichen Einfluß hat, und deswegen zurückbleibt, weil er in Hinsicht der Verwandtschaft zum Sauerstoffe des zerlegten Salpeters der Kohle nachsteht. Wenn nun dieser Dampf einige Minuten gewaltsam zusammengepreßt wurde, so verlor er seinen Wärmestoff in abnehmender Progression, und indem dieser sich dem Apparate mittheilte, mußte das Cali mit der Kohlensäure, der färbenden Kohle und einem geringen Antheile Schwefel zu einer steinharten Masse erhärten. Daß aber der Apparat, worin das Pulver explodirte, dann vorzüglich heiß wurde, wenn die entstandenen expansibelen Flüßigkeiten einige Minuten comprimirt blieben (Gilb. IV. 269) hängt mit den allgemeinen Gesetzen dieser Phänomene innig zusammen, und ist von mir bey der aufgestellten Theorie sehr wohl berücksichtigt worden. Wenn aber der Graf Rumford, bekanntlich der gewiegteste Gegner gegen die Annahme eines materiellen Wärmestoffes hierin einen Grund für denselben findet, so ist dieses für den Phyker nicht ohne Interesse, und werde ich mir hierüber in der Folge noch einige Bemerkungen erlauben.

Anmerk. 12.

Diese Behauptung, welche ich schon in meiner vorerwähnten Abhandlung aufgestellt habe, wiederhole ich hier nochmals und mit gleicher Bestimmtheit. Gern würde ich

unterdessen die Versuche unter abgeänderten Bedingungen wiederholt haben, wenn ich einen schicklichen Apparat hierzu bis jetzt hätte auffinden können, bin aber in diesem Augenblicke damit beschäftigt, diese und einige verwandte Fragen zur definitiven Entscheidung zu bringen. Sicher ist übrigens die bey den Deutschen so auffallende Verehrung alles dessen, was durch die Ausländer aufgefunden wird, die Ursache davon, daß die Behauptung der gleichmäßigen Ausdehnung aller expansibelen Flüssigkeiten so allgemein für absolut gewiß gehalten wird, da doch Gay-Lüssac gar keine und Dalton nur sehr unzulässige Versuche zu ihrer Begründung angestellt hat. Die von mir erzählten sehr ausführlichen Versuche sprechen übrigens directe dagegen, und nach theoretischen Gründen ist es doch kaum glaublich, so wie zugleich aller Analogie widersprechend, daß alle expansibeln Flüßigkeiten, so verschieden auch ihre Bestandtheile, Dichtigkeiten und specifischen Wärmecapacitäten sind, ohne Ausnahme den nämlichen Gesetzen der Ausdehnung unterworfen seyn sollen. Die Arbeiten des H. Paoli über diese Frage sind mir bis jetzt noch unbekannt. Uebrigens ist es für die hier erforderlichen Berechnungen nicht eben von großer Bedeutung, ob wir für Wasserdämpfe die gewöhnliche oder eine auf allen Fall nicht viel größere Ausdehnung durch Wärme annehmen.

Anmerk. 13.

Auf diese Aeußerungen muß ich eine Stelle in der Beurtheilung meiner Schrift beziehen, welche in Hinsicht der Hauptsache von großer Wichtigkeit ist, und mich sehr bedauern läßt, durch diese unbedeutenden, für das Ganze so höchst unwichtigen Bemerkungen ein mir nicht angenehmes

Mißverständniß veranlaßt zu haben. Es heißt nämlich (G. G. A. p. 2031). „Aus allem erhellet, daß die Haupt„schwierigkeit in der von der Societät aufgegebenen Fra„ge von dem Verf. noch nicht so gehoben ist, daß wir „uns damit befriedigen könnten.“ Hiergegen kann ich nicht füglich etwas einwenden, indem die Kön. Societät nicht geneigt seyn kann, der von mir aufgestellten Theorie beyzupflichten und demnach die Aufgabe für gelöset zu halten. Weiter heißt es: „Der Verf. scheint dieses selbst „gefühlt zu haben, indem er die Kraft des Schießpul„vers nicht bloß den Dämpfen, sondern auch der neuen „Verbindung, in welche sich die Theile des Pulvers selbst, „bey der Entzündung desselben, versetzen, zuschreibt, und „wobey eine ausdehnende Kraft wirken soll, ungefähr der„jenigen ähnlich, welche beym Gefrieren des Wassers „statt findet, welche Vorstellungsart aber bey Schießpul„ver, dessen Körner so lose neben einander liegen, wohl „nicht gut Statt finden kann.“

Hiergegen muß ich feyerlich protestiren, und begreife kaum, wie ich diese Ansicht veranlaßt haben kann, als wäre ich in meiner Ansicht der Phänomene des explodirenden Schießpulvers selbst schwankend und ungewiß. Meine Erklärung der Phänomene des entzündeten Schießpulvers, mit wörtlicher Beziehung auf die einzelnen Theile der Preisfrage, fängt mit dem 23sten §. an, und war von den vorhergehenden, zwar nicht unwichtigen, aber in Rücksicht der eigentlichen Aufgabe doch immer außerwesentlichen, Bemerkungen im übersandten Originale durch einen dicken Strich getrennt. Sie liegt jetzt vor den Augen des gelehrten Publikums, und dieses mag entscheiden, ob die aufgestellte Theorie zulässig, d. h. den Naturphänomenen

hauptsächlich in Beziehung auf das räthselhafte Verhalten der Imponderabilien ganz oder zum Theil angemessen sey oder nicht. Daß ich aber die Gewalt des Schießpulvers ausschließlich den expansibelen Flüßigkeiten zuschreibe, welche beym Verbrennen aus denselben entbunden werden, und keineswegs einer hierbey allerdings unzulässigen Crystallbildung ist unter andern an zwey Stellen mit ausdrücklichen Worten gesagt, wenn es §. 24 heißt „und „bildet diejenigen luftförmigen Substanzen, ... denen „zugleich mit den Wasserdämpfen die ungeheure Kraft des „Schießpulvers beyzumessen ist.“ und §. 6. „Uebrigens „ist es wohl keinem Zweifel unterworfen, daß diese Ex„plosion eine Wirkung der aus dem entzündeten Pulver „gebildeten Gasarten und Wasserdämpfe sey, wenn beyde „durch die entstehende Wärme ausgedehnt werden.“ Bey diesen so absolut bestimmten, mit der ganzen Erklärung aller auf die Frage sich beziehenden Erscheinungen so innig verwebten Behauptungen mögte ich wünschen nur eine Zeile nachgewiesen zu sehen, wo ich selbst dieselben im mindesten in Zweifel zu ziehen, oder für die Erklärung der Wirkungen des Schießpulvers zu einer Crystallbildung meine Zuflucht zu nehmen scheine.

Ist dieses aber durch die hier erörterte Stelle geschehen; so füge ich zur Erklärung derselben, und um fernere Mißverständnisse zu vermeiden, Folgendes hinzu. Man darf es an sich einem übrigens consequent denkenden und sich auch so ausdrückenden Schriftsteller doch kaum zutrauen, daß derselbe eine so genaue, auf ausführliche und detaillirte Rechnungen und bestimmt angegebene Zahlen gebauete Erklärung aufzustellen, dieselbe dann sofort zu verlassen, und zu einer andern ohne weiteren Grund über-

zugehen im Stande seyn sollte. Wäre dieses durch mich geschehen, so hätte ich doch wenigstens einmal andeuten müssen, daß die so weitläuftig dargelegte Berechnung der Rumfordschen Versuche dennoch unzulässig sey, und selbst hiergegen müßte der forschende Leser protestiren, wenn nicht dieses Verfahren durch entscheidende Gründe gerechtfertigt wäre. Letzteres ist aber durch mich nicht bloß nicht geschehen, sondern die ganze ausführliche Berechnung zeigt sichtbar, daß ich einen nicht unbedeutenden Werth auf dieselbe lege, und wirklich thue ich dieses nicht bloß jetzt, sondern ich habe es in der Schrift selbst gethan, wenn ich sage §. 15. quae quantitas cum ea *mire* convenit, quam Rumfordius in experimentis suis observasse narrat. In der That ist es sehr überraschend, daß eine Formel über die Elasticität der Wasserdämpfe durch H. H. Mayer aus allgemeinen Principien entwickelt, durch meine eigenen Versuche und Rechnungen erweitert und näher bestimmt; die von verschiedenen Chemikern auf mannigfaltige Weise aufgefundenen Bestandtheile des Schießpulvers und die auf mehrfache Beobachtungen gegründete Bestimmung der Hitze bey der Verbrennung desselben; daß alles dieses zusammengenommen zu einem Resultate führt, welches mit den genauen Versuchen des Grafen Rumford, welche er theils selbst theils durch andere vor einer großen Menge Zuschauer in München anstellte, so vollkommen übereinstimmen, als sich bey einer so verwickelten Untersuchung kaum hoffen ließ. Ich sage mit Absicht genauen Versuchen, denn unter diese Categorien gehören bloß diejenigen, welche in der erwähnten Stelle von mir verglichen sind. Höchst ungenau, und für eine Berechnung gänzlich unzulässig sind aber diejenigen, worauf sich der §. 16

meiner Schrift bezieht, und sind auch als solche sogleich von dem H. H. Gilbert (S. Anm. zu p. 273) dargestellt. Ueberhaupt aber läßt sich auf das Zerreißen einer größeren Masse Eisen nach Versuchen mit sehr kleinen, wie hier geschehen ist, keine genaue Berechnung bauen, worüber unter Sachverständigen kein Streit seyn kann, denn eben der genannte Gr. Rumford fand durch seine schätzbaren Versuche über die Cohärenz verschiedener Substanzen (Gilb. XIII. 389) daß die Festigkeit gleichartiger Körper keineswegs mit ihrer Dicke in gleichem Verhältnisse wächst, denn namentlich zerriß eine Stange Eisen von 350 Linien Fläche von 17300 ℔, da sie doch der Berechnung nach erst von 171500 ℔ zerreißen mußte. Bringt man aber in den genannten Versuchen noch obendrein die so sehr veränderte und für die verschiedenen Stellen so ungleiche Temperatur in Anschlag, dann fällt die Sache noch mehr in die Augen. Wirklich darf man auch den §. 16 der Abhandlung nur aufmerksam lesen, um sich zu überzeugen, daß derselbe in keiner andern Absicht geschrieben wurde, als um einestheils zu versuchen, wie groß die Berechnung die Kraft des explodirenden Schießpulvers geben könne, und um anderntheils einige von Rumford einmal aufgestellte Behauptungen nicht ganz mit Stillschweigen zu übergehen. Ohngeachtet ich nun diese Versuche, woraus Rumford eine fast unendliche Kraft des Schießpulvers folgert, immer für unzulässig gehalten habe, und auch noch jetzt halte, so glaubte ich doch aus Achtung gegen die Manen dieses unsterblichen Physikers eine hingeworfene Idee zu ihrer Rechtfertigung beybringen zu dürfen, welche ich übrigens, als solche, noch wohl zu vertheidigen mich getraue. Angenommen nämlich, daß die ganze Oeffnung des Appa-

rats gepreßt voll Schießpulver war, welches specifisch schwerer, und folglich dichter, und zwar beträchtlich dichter als das Wasser ist; angenommen ferner, daß durch die Entzündung desselben ein oder mehrere neue Körper gebildet wurden, welche nicht specifisch schwerer, folglich nicht dichter als das Wasser werden können; so konnten hier die elastischen und comprimirten Medien nicht in Betrachtung kommen, weil sie in diesen Zustand der Expansion überzugehen verhindert wurden, sondern es mußte dann nothwendig eine unendliche Kraft in Thätigkeit gesetzt werden, welche gar füglich mit der des entstehenden Eises verglichen werden kann.

Anmerk. 14.

Das Wesentlichste, was sich hierüber in kurzen Bemerkungen zusammenfassen läßt, bezieht sich theils auf die verschiedenen Wirkungen des Schießpulvers an sich, theils auf eine Vergleichung derselben mit denjenigen, welche andere explodirende Substanzen zeigen. Die Verschiedenheit der Wirkungen des Schießpulvers an sich beruhet theils auf dem Mischungsverhältnisse der Bestandtheile, theils auf bedingenden Nebenumständen; wenn wir auf allen Fall die Reinheit und Güte der Substanzen als nothwendige Bedingung voraussetzen. Daß ein verschiedenes Mischungsverhältniß der Bestandtheile durchaus eine Verschiedenheit der Wirkungen hervorbringen müsse, ist sowohl an sich auf allgemeine Naturgesetze gegründet, als es insbesondere in Hinsicht des hier in Frage stehenden Gegenstandes auch aus der aufgestellten Theorie unmittelbar folgt. Enthielte z. B. das Schießpulver zu viele Kohle, so könnte nicht die ganze Quantität derselben im

Sauerstoffgas des Salpeters verbrennen, und es würde daher einerseits eine vorhandene, gleichsam todte, Masse den Effect hindern, andererseits aber würden die Wirkungen der Verwandtschaftsgesetze, wonach sich beyde in bestimmten Quantitäten verbinden, durch das Uebergewicht der chemischen Masse der Kohle geschwächt werden. Eben dieses läßt sich über den Salpeter sagen, und es leidet keinen Zweifel, daß feuchtgewordenes und wieder getrocknetes Pulver eben deswegen viel schwächere Wirkungen zeigt, weil der Salpeter zwar nicht sichtbar, aber durch den Effect merklich von den Elementen der Kohle mehr getrennt ist. Die große Feinheit der Pulvermasse, welche bekanntlich nie übertrieben werden kann, äußert ihren Einfluß eben dadurch, daß sie die Verbindung der Elemente zu neuen Producten so außerordentlich erleichtert.

Die eben genannte Eigenschaft des Schießpulvers gehört daher ohne Zweifel vor allen andern unter die bedingenden Nebenumständen seiner Wirksamkeit. Eben dahin ist auch das Körnen desselben zu rechnen, indem sich die Entzündung viel schneller vermittelst der feinsten, auf der Oberfläche abgeriebenen Theilchen der Körner, durch ihre Zwischenräume fortpflanzt; weswegen das feinkörnige nach den eben so interessanten als entscheidenden Versuchen des Grafen Rumford (Gilb. IV. 391.) schneller verbrennt, mithin auch stärker in seinen Wirkungen seyn muß, als das grobkörnige. Nach einstimmiger Erfahrung aller Sachverständigen erfordert die höhere Brauchbarkeit des Pulvers übrigens einen gewissen Grad der Trockenheit, und es muß daher stets gegen den Einfluß der feuchten Witterung geschützt werden. Dieses Letztere scheint sowohl mit der aufgestellten Theorie als mit einer andern Erfahrung

im Widerstreite zu seyn, wonach die Kraft desselben durch etwas übergespritzten rectificirten Weingeist merklich erhöhet wird; allein ich glaube, daß der Widerspruch nur scheinbar ist. Was zuerst den Grad der Feuchtigkeit betrifft, so verliert bekanntlich der Salpeter das ihm adhärirende Wasser erst bey einer Temperatur weit über der Siedehitze, und nach den im §. 2. beschriebenen Versuchen wenigstens seinen hauptsächlichsten Antheil erst bey 250° R., eine Hitze, bis zu welcher man die zum Trocknen desselben erforderliche nie erhöhet. Da dieselbe vielmehr die mittlere nicht viel zu übersteigen pflegt, so verliert selbst die Kohle ihren gebührenden Antheil Feuchtigkeit nicht, und das zur Explosion erforderliche Wasser ist demnach jederzeit im Pulver vorhanden. Wird ein größerer Antheil mit demselben verbunden, so tritt gar zu leicht der erwähnte Nachtheil des Zusammenfließens des Salpeters ein, und selbst wenn dieses nicht wäre, so ist es leicht möglich, daß die größere Quantität Wassers wegen seiner großen Wärmecapacität zu viele Hitze absorbirt, und dadurch die Wirkung vermindert, indem nasses Pulver bekanntlich gar nicht explodirt. Ein kleiner Zusatz von Weingeist kann demnach die Wirkung nur in so fern vermehren, als die Dämpfe desselben durch geringere Grade der Hitze eine größere Expansion erlangen, und außerdem kenne ich dieses Mittel nur unter der Modification, daß man das Schießpulver an einem warmen Orte auf einem Tische, wo möglich im Sonnenscheine ausbreiten, und es dann, wenn es wohl getrocknet worden ist, mit etwas rectificirtem Weingeiste bespritzen soll, um seine Wirksamkeit zu erhöhen. Ist diese Vorschrift wirklich gegründet, wie ich nach der Aussage unpartheiischer und im Beobachten

geübter, an sich erfahrnen Schützen allerdings zu glauben geneigt bin; so ist zu vermuthen, daß durch das vorgeschlagene Verfahren ein Antheil Wasser verdunstet, und durch etwas Weingeist ersetzt wird, welcher nothwendig die Kraft desselben vermehren muß, weil er wahrscheinlich mit weniger Wärme einen viel elastischeren Dampf liefert. Daß übrigens dieses Mittel schwerlich im Allgemeinen zur Erhöhung der Kraft des Schießpulvers angewandt werden könne, fällt von selbst in die Augen.

Eine zweyte, nicht minder wichtige, bis jetzt noch nirgends ausführlich angestellte, Untersuchung bezieht sich auf eine Vergleichung der Wirkungen des Schießpulvers mit denjenigen, welche andere explodirende Mischungen hervorzubringen vermögen. Diese interessante Aufgabe durch neue Untersuchungen zu erweitern, lag diesesmal ganz außer den Grenzen, innerhalb deren ich mich beschränken zu müssen glaubte, und ich gestehe, daß mir die vielen, großentheils vergeblichen Versuche, wodurch ich zur Beantwortung der aufgestellten Frage zu kommen suchte, zu viele Zeit raubten, als daß ich mich zugleich auf andere, entfernter liegende, hätte einlassen können. Bloß einen einzigen erlaube ich mir hier kürzlich zu erwähnen, welchen ich oft wiederholt habe, und in Hinsicht auf den hier in Sprache kommenden Gegenstand keineswegs für ganz unwichtig halte. Ich habe nämlich zu wiederholten Malen eine starke electrische Pistole von 16 Cub. Z. Inhalt mit Knallgas geladen, auf dem möglichst dünnen Korke in der Mündung eine Bleykugel befestigt oder mit der letzteren unmittelbar vermittelst eines aus Leder und Fett gemachten Pflasters die Mündung verschlossen und dann das Gas entzündet. So heftig auch der entstehende Knall ist, so wird

die Kugel doch nur mit geringer Kraft fortgeschleudert, denn sie ließ in den erwähnten Versuchen auf eine Entfernung von 20 Fuß in einem tannenen Brette kaum einen sichtbaren Eindruck zurück. Indem nun hierbey die ganze Kraft auf der Expansion der entstandenen Wasserdämpfe beruhet, und zugleich nach der vom Grafen Rumford zuerst aufgestellten, durch die in meiner Abhandlung mitgetheilten Rechnungen bestätigten Theorie auch die Wirkungen des Schießpulvers dieser nämlichen Ursache vorzüglich beyzumessen sind, so scheint jene äußerst geringe Kraftäußerung diese Ansicht zu widerlegen. Allein es bedarf nur einer genauen Prüfung beyder Erscheinungen, um die Richtigkeit eines solchen Gegenbeweises klar einzusehen. Nehmen wir an, daß das Knallgas 9 mal leichter als atmosphärische Luft, und die letztere 0,0013 mal leichter als Wasser sey, so betrug die ganze in Thätigkeit kommende Quantität Wassers nicht mehr als 0,0023 Cub. Z. oder nicht volle 4 Cub. Linien Wasser. Rechnen wir nun auf einen Pistolenschuß nur 0,1 Cub. Zoll oder 172,8 Cub. Lin. Schießpulver, und nehmen nach der im 13ten §. aufgestellten Berechnung den Antheil Wasser in demselben zu 0,05 an; so würde dasselbe doch 8,64 Cub. Lin. Wasser, folglich bedeutend mehr als das Doppelte jener Quantität enthalten. Aber hiervon abgesehen ist die Art der Wirkung bey beyden sehr verschieden. Wenn wir nämlich das specifische Gewicht des Schießpulvers so wenig, als die sich sonst noch bildenden expansibelen Flüßigkeiten berücksichtigen, und zugleich annehmen, daß das Wasser im Schießpulver keine größere Dichtigkeit, als außer dieser Verbindung habe; so ist dasselbe im Knallgas, als seinen constituirenden Bestandtheilen, schon in einen 6957 mal

größeren Raum ausgedehnt, und würde daher bey einem schnellen Uebergange in diesen Zustand eine Expansion von eben so viel Atmosphären auszuüben im Stande seyn. Manche nicht unfruchtbare Folgerungen aus diesen Berechnungen übergehe ich hier der Kürze wegen, und will nur noch bemerken, daß Wasserstoffgas der Natur der Sache nach bey gleichem Drucke und bey gleicher Temperatur leichter seyn muß als Wasserdampf, weil es nur den leichteren Bestandtheil des Wassers enthält, wie dieses aus der von mir berechneten Tabelle (S. phys. Abh. p. 224) leicht zu ersehen ist. Wenn aber, wie ebendaselbst die Berechnung ergeben hat, der Wasserdampf schwerer ist, als Knallgas; so ist dieses eine natürliche Folge davon, daß bey letzterem eine weit stärkere Verbindung mit dem Wärmestoffe statt findet, als bey ersterem, welches mit ihren beyderseitigen specifischen Wärmecapacitäten genau genug übereinstimmt. Außerdem aber liegt noch ein Grund der geringeren Kraftäußerung des verbrennenden Knallgas darin, daß der plötzlich durch die condensirten Wasserdämpfe entstehende sehr große leere Raum eine bedeutende Reaction hervorbringt, so daß die ohnehin geringere Wurfbewegung, welche der Kugel durch die Explosion mitgetheilt worden ist, hierdurch noch mehr geschwächt werden muß. Uebrigens würde es eine sehr interessante Reihe von Versuchen abgeben, wenn jemand Knallgas von verschiedener Dichtigkeit, vorzüglich möglichst stark comprimirtes entzünden, und die Kraft der hierdurch entstehenden Explosion auf irgend eine Art messen könnte.

Eine Vergleichung der Wirkungen des Schießpulvers mit denjenigen, welche durch andere explodirende Substanzen hervorgebracht werden, läßt sich fast einzig auf die

interessanten Versuche gründen, welche von Howard mit dem von ihm erfundenen Knallquecksilber angestellt sind, und kann sich eben daher bloß auf diese beziehen (Gilb. XXXVII. 75). Indeß würden vervielfältigte Versuche mit anderen Knallsalzen schwerlich im Wesentlichen verschiedene Resultate liefern, und die erwähnten, mit so vieler Genauigkeit eingerichteten und beschriebenen sind daher vollkommen hinreichend, den eigentlichen Unterschied der Wirkungen aufzufinden. Howard selbst hat einiges, was sich hierüber sagen läßt, beygebracht, und ich kann daher leicht das Ganze in wenigen Worten zusammenfassen. Zuerst dürfen wir nicht lange nach dem Grunde suchen, warum der Erfinder des Knallquecksilbers keine ähnlichen Knallsalze aus den nicht für sich reducirbaren Metallen bereiten konnte, welches zu bewerkstelligen er sich seiner Aussage nach vergebens bemühete. Die Natur solcher Substanzen fordert, daß ihre Grundlage den Sauerstoff leicht und gern an eine andere näher verwandte abtrete, und daher können sie nur aus Quecksilber und den edeln Metallen gemacht werden. Im Allgemeinen unterscheiden sie sich übrigens in ihren Wirkungen vom Schießpulver dadurch, daß sie in ihrer Nähe einen weit größeren Effect leisten, zum Fortschleudern der Geschützkugeln aber bey weitem dem Schießpulver nachstehen. Um dieses nun durch ein einziges Beyspiel aus den Versuchen des H. Howard zu beweisen, führe ich an, daß eine Ladung Knallquecksilber, welche eine Kanonenkugel kaum bis auf den vierten Theil der Entfernung zu werfen vermag, wohin sie durch eine gewöhnliche Ladung Pulver getrieben wird, die ganze Seele der Kanone zu zerreissen pflegt. Da man übrigens schon so viele Untersuchungen über die Verstärkung der

Kraft des Schießpulvers angestellt hat, und dieser Gegenstand außerdem nicht ohne wissenschaftliches Interesse ist; so erlaube ich mir hier einige vielleicht neue Ansichten darzulegen.

Wenn man die mittlere Ladung Pulver als Norm annimmt, so läßt sich bekanntlich die Wirkung des Schusses durch verstärkte Ladung vergrößern. Angenommen daß dieses Mittel, welches offenbar auf einer Vermehrung der wirkenden Ursache beruhet, unbegrenzt zulässig wäre, wie es dieses eigentlich zu seyn scheint, so würde man die Wurfmassen bis in unendliche Entfernungen fortschleudern können, wenn man die Dicke der Wände und die Quantität Pulver immerfort verstärkte. Allein die Erfahrung ergiebt, daß dieses Mittel begrenzt ist, und daß durch verstärkte Ladung die Weite, bis auf welche die Kugeln fortgeschleudert werden können, ihr Maximum erreicht, und bey fortgesetzter Vermehrung des Pulvers sogar von diesem Maximo wieder zurückkommt. Es fragt sich, welche Ursache diesen anscheinenden Widerspruch, wonach die Wirkung der wirkenden Ursache nicht proportional zu seyn scheint, hervorgebracht wird, und wenn diese aufgefunden ist, dann wird es nicht schwer seyn, auch die hier in Untersuchung kommende Frage genügend zu beantworten.

Es leidet wohl keinen Zweifel, daß die Kraft des explodirenden Schießpulvers mit der Vermehrung der Ladung in einem bestimmten und unveränderten Verhältnisse wachsen würde, wenn nicht der Widerstand sowohl der zu bewegenden Kugel als auch der Flüssigkeiten, worin sie sich bewegt, imgleichen die Zeit, welche zur vollständigen Verbrennung der ganzen Masse erforderlich ist, ein Hinderniß hervorbrächten. Hierbey scheint es, als ob beyde durch

eine verstärkte Kraft auch leichter und mehr überwunden werden könnten, wie auch aus der Erfahrung, jedoch nur innerhalb gewisser Grenzen, hervorgeht. Abgesehen von der Schwierigkeit der Untersuchung über den Widerstand der Luft, worin sich die Kugeln bewegen, und welche hier weniger in Frage kommen kann, da der Erfahrung zufolge die mit Knallsalzen abgeschossenen Kugeln überhaupt diejenige anfängliche Geschwindigkeit nicht erlangen, als mit Schießpulver, bedarf es bloß einer Würdigung des Widerstandes, welchen die Kugel selbst nach mechanischen Gesetzen der explodirenden Masse entgegensetzt, um die bekannten abnormen Erscheinungen auf eine einfache Art zu erklären. Es kommt hierbey hauptsächlich in Betrachtung, daß wir überall keine absolute, sondern nur relative Bewegung kennen und zu construiren vermögen. Wenn daher zwey Körper durch den Stoß oder durch eine sonstige bewegende Ursache auf einander einwirken und in Bewegung kommen, so pflegen wir zwar nach einem gewissen, gleichsam auf Empirie gegründeten Verfahren der bewegenden von dem bewegten zu unterscheiden. Allein dieser Unterschied ist keinesweges absolut zulässig, indem wir vielmehr bloß annehmen müssen, daß beyde sich von einander entfernen, ohne den ruhenden, oder den minder stark bewegten von dem stärker bewegten anders als durch Vergleichung unterscheiden zu können. Verfolgen wir diese Ansicht weiter, so geht daraus in Hinsicht auf das bekannte Gesetz der Trägheit das Resultat hervor, daß von zwey einander stoßenden Körpern die Wirksamkeit eines jeden, sey sie nun Wirkung oder Gegenwirkung, Kraft oder Widerstand, durch die Formel mc^u; Mc^n ausgedrückt werden kann, d. h. sie ist gleich der Masse des jedesmaligen Kör-

pers multiplicirt in die gegebene Geschwindigkeit auf einer bis jetzt noch nicht mit absoluter Gewißheit ausgemittelten Potenz. Diese Darstellung, welche eben so klar als einfach und richtig die Erscheinungen der Trägheit der Körper erläutert, führt unmittelbar zu der Folgerung, daß für eine unendliche Geschwindigkeit der Widerstand des zu bewegenden Körpers unendlich, und seine Bewegung = o werden muß. Denn es sey die Bewegung nach dem Stoße $C' = \frac{MC^n - mC^n}{M + m}$, so wird diese für ein wachsendes C erst zunehmen, so lange der Factor M gegen C eine meßbare Größe hat, die Zunahme wird sich aber für ein noch mehr wachsendes C wieder vermindern, und für ein unendliches C, wogegen M = o ist, gänzlich verschwinden. Hätten wir daher explodirende Mischungen, bey welchen die Entzündung wirklich instantan wäre, so würde eine unendliche Geschwindigkeit hervorgebracht werden, und wenn keine Fluida von bleibender Expansion entwickelt würden, so könnte gar keine Bewegung statt finden. Man könnte hiernach die Bewegung des Lichtes unendlich groß annehmen, und hieraus die Folgerung ableiten, daß seine bewegende Kraft gegen die Körper = o seyn müßte, welches übrigens strenge genommen doch schwerlich zulässig seyn dürfte.

Alle Knallsalze entwickeln bey ihrer Zersetzung viel weniger bleibend expansibele Flüssigkeiten, als das Schießpulver (10 grains nur 4 Cub. Zoll nach Howard. Gilb. XXXVII. 84.) und wirken vorzüglich nur durch die ausnehmende Expansion der erzeugten Wasserdämpfe. Die Zersetzung geschieht ungleich schneller und in Zeiträumen, welche schwerlich genau zu bestimmen seyn mögten, weil

die Verwandtschaft des Sauerstoffs zur metallischen Grundlage in ihnen viel geringer ist, als zum Cali im Salpeter des Schießpulvers. Eben daher ist ihre Wirkung bloß auf ihre nächste Umgebung beschränkt, so daß feste Körper kaum eine Wurfbewegung erhalten, und gleichsam nur in eine so heftige Erschütterung gesetzt werden, daß sie leicht zerspringen und zerschlagen werden. Die plötzliche Zersetzung der Wasserdämpfe, welche wegen geringerer Verwandtschaft den Wärmestoff viel leichter abgeben, als die Gasarten, ist dann die Ursache des empfindlichen und widrigen Knalles. Die Explosion des Schießpulvers dagegen ist ein weitläuftiger Zersetzungsprozeß verschiedener Substanzen, welcher eine viel längere Zeit erfordert, deswegen aber den Widerstand der Geschützkugeln nach und nach überwindet, und auf diese Weise eine allmählig, wiewohl sehr schnell beschleunigte Bewegung hervorbringt. Daß dieses wirklich der Fall sey, läßt sich leicht aus der auf Erfahrung gegründeten Art beweisen, wie die Reifen in den gezogenen Kugelbüchsen gewunden sind. Die ganze Windung dieser Einschnitte beträgt $\frac{3}{4}$ bis höchstens $\frac{4}{3}$ einer ganzen Umdrehung um die lothrechte Axe der hineingesenkten Kugel, jedoch so, daß die Windungen nahe am Zündloche viel stärker sind, und sich gegen die Mündung des Laufes fast gänzlich verlieren. Ist diese Einrichtung nicht fehlerhaft, wie die Erfahrung ergiebt, so muß die Kugel mit stark beschleunigter Bewegung fortgeschleudert werden, und die bewegende Kraft des Pulvers ist daher nicht, wie es scheinen könnte, eine abnehmende, sondern eine wachsende, wenn wir vom ersten Momente der Entzündung an rechnen. Sie müßte aber eine abnehmende seyn, wenn die Entwickelung der gesamten expansibelen

Flüßigkeiten instantan wäre, und diese folglich schon im ersten Zeitmomente den höchsten Grad der Compression erreichten.

Wenn es daher gleich keinen Augenblick in Zweifel gezogen werden kann, daß die Kraft des Schießpulvers durch die schnellere Entzündung desselben erhöhet wird, daß daher das feinste und am feinsten gekörnte im Effecte viel vorzüglicher ist, als das gröbere und grobkörnige, so ist es doch von der andern Seite keinen Augenblick zu bezweifeln, daß dieses in theoretischer Hinsicht nur bis für einen gewissen Grad zulässig ist, wodurch das Maximum erreicht wird, und daß über diese Grenze hinaus seine Wirkung wieder abnehmen würde. Ob wir in der Mischung des Schießpulvers dieses Maximum schon erreicht haben, oder damit überhaupt erreichen können, oder ob dieses durch andere Mischungen erreichbar ist, diese Frage kann hier überall nicht in Untersuchung genommen werden.

Anmerk. 15.

Gern benutze ich die sich darbietende Gelegenheit, um auch diesen hier in Frage stehenden Gegenstand etwas näher zu erörtern. Daß das Eis bey seiner Entstehung über das Volumen des Wassers ausgedehnt wird, ist bekannt, und eben so die unglaubliche Kraftäußerung, welche diese Erscheinung begleitet. Die älteren Versuche von Huyghens, der Academie del Cimento und des H. Williams in Quebeck darf ich als allgemein bekannt voraussetzen. Weniger dürften es diejenigen seyn, welche H. Wahl zu Michelstädt zur Zersprengung alter Bomben veranstaltete (Voigt. Mag. VIII. 1. 74). Wenn es gleich unmöglich ist, die hierbey beobachtete Kraftäußerung genau zu berech-

nen, so mag doch folgende genäherte Rechnung dazu dienen, die Uebersicht des Phänomens zu erleichtern. Der Beschreibung nach hatten die Bomben 19 Z. rheinisch im Durchmesser und 35 Lin. Eisendicke. Nehmen wir nun das Verhältniß des rheinl. Fußes zum Pariser $= \frac{139,13}{144}$ an, so war der Durchmesser 18,357 .. Zoll, die Eisendicke 33,186 .. Lin. und wenn wir annehmen, daß die Kraft des Eises gegen die innere Fläche so, wie gegen zwey Halbkugel wirkte, so ist die Fläche, wogegen diese Wirkung nach beyden Seiten geäußert wurde = 0,8825 .. Quadratfuß, der Ring des Eisens, welcher gesprengt wurde = 0,95508 .... Quadratfuß. Nach Reichenbachs Versuchen zerreißt ein Stab mittelmäßigen Gußeisen von einem bayerschen Quadratzoll Fläche durch $76\frac{1}{3}$ Ct. (Sibert Phys. 23). Es sey der Centner zu 100 ℔, der bayersche Zoll zu 128,2 par. Lin. gerechnet, so wurde zum Zerreißen der Bombe eine nach beyden Seiten wirkende Gesamtkraft von 2647936 ℔ erfordert. Ist der Druck der Atmosphäre gegen einen Quadratfuß bey 28 Z. Bar. Stand = 2221 ℔; so wäre er gegen die berechnete Fläche = 1960 ℔, und es würden daher 1350 Atmosphären erfordert worden seyn, um eine gleiche Kraft auszuüben. Diese Kraftäußerung wurde übrigens durch eine Kälte von — 17° R. hervorgebracht, und da dieselbe bekanntlich mit der Abnahme der Temperatur zunimmt, so läßt sich gar nicht schätzen, wie groß sie bey einer Temperatur von — 30° oder — 60° oder gar — 100° bis — 300° seyn würde.

Von der einen Seite geht hieraus von selbst hervor, daß die Theorie des H. Parrot über die Kraftäußerung des entstehenden Eises unzulässig ist, indem die Erfahrung

dieselbe größer nachweiset, als jene sie angiebt, von der andern Seite aber mag diese Untersuchung zu einer nicht uninteressanten Anwendung dienen. Der cubische Inhalt der Wasserkugel, deren Kraftäußerung hier in Betrachtung kommt, betrug 1078 Cub. Zoll oder 1862500 Cub. Linien Wasser, und hiernach mußte jede Cub. Linie eine Kraft von 1,4217 .. ℔ ausüben. Mich dünkt, diese Berechnung zeigt sehr klar, mit welchem Rechte ich die bey der Eisbildung, also bey der Crystallisation thätigen Kräfte unter die unendlichen zählen durfte.

Uebrigens habe ich im Winter 181⅝ mehrere Versuche, zur Prüfung dieser Frage auf dem Wege der Erfahrung, angestellt, und auch diese stimmen mit den theoretischen Untersuchungen vollkommen überein. Ich nahm Gläser, füllte sie mit Schneewasser bis etwa zur Hälfte an, und ließ dasselbe mehrmals verkorkt und offen gefrieren. Es entstand allezeit ein blasiges Eis, gewöhnlich in der Mitte etwas in die Höhe getrieben, aber die Gläser blieben unversehrt, selbst dünne Medicingläser. Alsdann nahm ich dieselben ohne irgend eine Veränderung, ließ die nämliche Quantität Wasser etwa eine halbe Stunde im Sandbade in denselben kochen, verkorkte und verpichte sie sogleich, jedoch so vorsichtig, daß die Dämpfe das Glas nicht zerschlagen konnten, und hatte dann den interessanten Anblick, daß das Wasser bey allmäliger Abkühlung von aussen recht lange zu kochen fortfuhr, indem die Dämpfe bey immer kälterer Temperatur mehr und mehr an Expansion verloren. Das Wasser gefror nun im luftleeren Raume, gab ein sehr helles, fast ganz blaasenleeres Eis, und ohne in der Mitte aufgetrieben zu seyn, aber die Gläser zersprangen jederzeit und ohne Ausnahme. Ob die Glases-

dicke geringe oder groß war, machte, soweit ich dieses beobachten konnte, keinen Unterschied, aber interessant war für mich eine gewisse, oft wiederholte Modificirung des Versuches. Zuweilen ließ ich das Wasser eine geraume Zeit ruhig stehen, bis ich vermuthen konnte, daß es beträchtlich unter den Gefrierpunkt erkaltet war. Wenn ich es dann schüttelte, so konnte ich oft noch das Schlagen, wie beym Wasserhammer, deutlich wahrnehmen, und alsobald gefror eine Quantität, welche aus unzähligen, sich mannigfaltig durchkreutzenden, Eisnadeln bestehend, ein undurchsichtiges Eis bildete, und meistens den vierten Theil bis zur Hälfte des Ganzen ausmachte. Ließ ich die Masse dann ruhig in der Kälte stehen, so wurde dieser obere Theil allmälig in klares Eis verwandelt, das darunter befindliche Wasser gefror gleichfalls, und auch dann wurde das Glas jederzeit zersprengt. Man sieht hieraus, daß die dem Wasser adhärirende Luft das Zersprengen der Gefäße nicht bloß nicht verursacht, sondern oft sogar hindert, weil sie die einzelnen entstehenden Eiscrystalle auseinander treibt, und verursacht, daß die neu entstehenden mehr in die Höhe gehoben werden und sich über die andern lagern. Niemals habe ich bey dieser Gelegenheit einen Eisschaum, statt festen Eises, erhalten, und es geht hieraus hervor, daß dieses Product, welches Lichtenberg als eine sehr seltene Ausnahme entstehen sah, unter die merkwürdigen Abnormitäten gehört, und daher nicht nach der Meinung einiger Physiker als eine nothwendige Folge der Eisbildung im Vacuo angesehen werden kann.

Anmerk. 16.

Diese Behauptung stützt sich auf die bekannten sehr wichtigen Versuche des H. v. Grothuß (in Schweigers Journal Bd. IV.), welche ich damals in der Geschwindigkeit nicht auffinden konnte. Beyläufig mache ich auf einen interessanten Versuch aufmerksam, welchen ich wegen Kürze der Zeit jetzt nicht anstellen kann. Wie wird sich Knallgas verhalten, wenn man dasselbe in eine Röhre einschließt, deren Mündung so unter Wasser sperrt, daß dasselbe bey größerer Ausdehnung entweichen kann, und das verschlossene Ende allmälig bis zum Glühen erhitzt? Wird dasselbe dann verpuffen, oder nicht. Ich vermuthe vorläufig das Letztere, doch müßte der Versuch entscheiden. Wenn es übrigens darauf ankommt, durch Beyspiele zu zeigen, wie sehr die allgemeinen Affinitätsgesetze durch unbedeutende bedingende Nebenumstände so leicht und so auffallend modificirt werden, so will ich nur kurz darauf hindeuten, daß concentrirte Auflösungen von Glaubersalz unter Oel und im leeren Raume nicht crystallisiren, daß nach Rumfords Beobachtungen die Wasserdämpfe gegen Eis geblasen, selbst gefrieren, während sie das Eis aufthauen, daß nach Beaume's unlängst gemachten Erfahrungen zwey gleiche Mischungen von Salzen in zwey Gläsern sich durch die Crystallisationen trennen, wenn man in jedes derselben einen verschiedenen Crystall wirft, und mehr dergleichen. (S. Schweigers Journ. IX.)

Anmerk. 17.

Es ist mir etwas auffallend gewesen, daß in der Beurtheilung meiner Schrift (G. G. A. p. 2029) die Stelle der Preisfrage, worin von der Anwesenheit des

Sauerstoffgas zwischen den Körnern des Schießpulvers und seinem Einflusse geredet wird, wiederholt, und wie mir scheint, aufs Neue in Schutz genommen ist. Ich glaube dieses in folgenden Worten zu finden, wenn es heißt: „so konnte die Meinung der Societät nicht seyn, jene „Quantität von Wärme aus der Zersetzung des Oxygen„gases jener geringen Menge atmosphärischer Luft abzu„leiten, sondern vielmehr was diese Luft, deren Elastici„tät doch immer dem Drucke der ganzen Atmosphäre ent„spricht, vielleicht in Beziehung auf diesen „Druck selbst, für eine Nebenrolle bey der Entzün„dung des Pulvers spielen dürfte, da die Versuche ge„lehrt haben, daß Pulver, welches gar keinem solchen „Drucke ausgesetzt ist, sich nicht entzünden zu können „scheint." Vielleicht ist es ein Irrthum von meiner Seite, wenn ich glaube, es sey der Königl. Societät unangenehm gewesen, daß ich mich anscheinend bestimmt gegen die Ausdrücke der Preisfrage erkläre. Indeß werde ich auf diese Vermuthung dadurch geleitet, weil ich sonst durchaus nicht begreife, weswegen gerade dieser Gegenstand nochmals so bestimmt erörtert ist, da doch aus meinen, dem Anscheine nach als zulässig angenommenen Versuchen der Verbrennung des Schießpulvers in Salpetergas zur Evidenz hervorgeht, daß ein Antheil Sauerstoffgas oder atmosphärische Luft, welcher sich zwischen den Körnern des Schießpulvers aufhalten soll, bey der Verpuffung desselben gar nicht in Betrachtung kommen kann, indem ja allbekanntermaßen beyde Gasarten neben diesem durchaus nicht bestehen können, mithin auch eine Untersuchung über den Druck dieser Gasarten gänzlich überflüßig ist. Ob sich das Schießpulver aber im Salpetergas wirk-

lich entzünden läßt, oder nicht, diese Frage ließ sich sehr leicht durch einen controlirenden Versuch beantworten, falls man meiner Behauptung, ohngeachtet der Uebereinstimmung mit den Aussagen anderer Gelehrten, keinen Glauben beymessen wollte. Inzwischen konnte ich in Gemäßheit meiner zahlreichen Versuche und Rechnungen doch nicht umhin, gerade so und nicht anders zu entscheiden, als von mir geschehen ist, wie auch immer die Worte der Aufgabe gefaßt seyn mogten.

Anmerk. 18.

Die hier erwähnte neue Entdeckung der H.H. Marcet (denn diese allein war mir bey Abfassung meiner Schrift bekannt) und Newmann gehört sowohl in theoretischer Hinsicht als auch wegen der daraus zu erwartenden ausgezeichneten Resultate unter die wesentlichsten Erweiterungen der physikalischen Wissenschaften in der neueren Zeit. Indeß ist es noch weit entfernt, daß jetzt schon die Acten hierüber abgeschlossen seyn sollten, und definitive Folgerungen aus den Thatsachen gezogen werden könnten, da die letzteren noch keinesweges in solcher Menge und so genau unter einander verglichen vorhanden sind, um sie zur Erweiterung der physikalischen Theorie der Wärme zu benutzen. Wir haben auch, so weit mir bekannt ist, noch keine genügende Erklärung der Erscheinungen, welche diese beyden Lampengebläse darbieten, diejenigen etwa ausgenommen, welche H. P. Gilbert (Ann. XXV. 40.) darüber aufstellt. Da mir aber gegen diese noch manches einzuwenden scheint, eine vollständige Untersuchung mich hier aber zu weit führen würde, so erlaube ich mir bloß die Bemerkung, daß nach meiner vollen Ueberzeugung auch

aus diesen Phänomenen die von mir aufgestellte Behauptung eine Unterstützung finden wird, daß nämlich die Grade der Wärmeentwickelung der Energie, womit die verbrennlichen Körper sich miteinander verbinden, proportional ist. Gelegentlich erlaube ich mir dabey Folgendes zu erzählen. Schon im Sommer 1814, ehe ich von der Marcet'schen Lampe etwas erfahren hatte, machte ich in Folge des Schlusses, daß eine schnellere Verbrennung auch eine stärkere Wärmeentwickelung hervorbringen müsse, einen unvollkommenen Versuch. Ich füllte zwey Thierblasen mit Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, versahe eine jede mit einer Röhre, welche so eingerichtet war, daß die weitere in gleichen Zeiten ohngefähr doppelt so viel Wasserstoffgas durchließ, als die engere Sauerstoffgas, ließ den Strom beyder sich vereinigen, entzündete ihn, und näherte eine Kohle mit einem Stahldrahte. Dieser fieng sofort an auf eine solche Art zu verbrennen, als gewöhnlich im Sauerstoffgas zu geschehen pflegt, allein das diesen Prozeß begleitende Funkensprühen hörte sogleich auf, und der Draht floß in ein Kügelchen zusammen. Ich nahm darauf einen andern Draht, und legte unter denselben ein Stückchen Kreide. Letztere fieng an zu glühen, und als dieses eine kurze Zeit gedauert hatte, flossen Draht und Kügelchen in eine graue Masse zusammen. Mehrere Hindernisse, vorzüglich meine damaligen Untersuchungen über die Elasticität und Dichtigkeit der Dämpfe hielten mich ab, diesen Gegenstand weiter zu verfolgen, und ich fand ohngefähr ein halbes Jahr nachher die Sache in der Marcetschen Lampe auf eine andere Weise schon ausgeführt.

Anmerk. 19.

Mit dieser kurzen Darstellung ist die Kön. Societät nicht zufrieden gewesen, und ich fühle mich daher zu einer weiteren Erklärung und näheren Bestimmung aufgefordert, um nicht einen ähnlichen Vorwurf des größeren Publikums zu verdienen. Die Stelle der Beurtheilung selbst (G. G. A. p. 2030) heißt: „Daß aber mit einer solchen „allgemeinen Darstellung die Societät sich nicht begnügen „könne, ist leicht zu erachten. Betrachten wir nämlich „die elastischen Flüssigkeiten, in welche sich das Schieß„pulver verwandelt, so leidet es fast keinen Zweifel, daß „ihre specifische Wärme größer seyn muß, als zuvor, da „sie noch zu einer festen Masse vereinigt waren, wenn „anders unsere bisherigen Ansichten über die Natur der „elastischen Flüssigkeiten und ihrer Bildung durch den „Beytritt der Wärme ihre Richtigkeit haben. So ist z. „B. die specifische Wärme des liquiden Wassers größer „als die des Eises, und diejenige des Wasserdampfes wie„der größer als diejenige des liquiden Wassers u. s. w. „Wir hätten also gewünscht, daß der Verf. zur Erläute„rung seiner Theorie einige Berechnungen über die spe„cifische Wärme der elastischen Flüssigkeiten, in welche „sich das Schießpulver verwandelt, in Vergleich derje„nigen, welche das Pulver selbst enthält, beygebracht „hätte.“

Daß ich keinen der hier in Frage kommenden Punkte übersehen habe, ergiebt sich deutlich daraus, daß ich nicht bloß die zur Bildung der Wasserdämpfe erforderliche Wärme ausdrücklich genannt, sondern auch erwähnt habe, daß nach unsern bisherigen Untersuchungen die specifische Wärme der expansibelen Flüssigkeiten viel größer als die-

jenige sey, welche ihren festen Grundlagen eigen ist. Indem ich also mit Gewißheit wußte, daß ich über diesen Punkt mit der Kön. Societät selbst bis auf die von der letzteren beygebrachten Beyspiele einverstanden war, so hielt ich es für unrecht, die zu diesem Behuf angestellten Rechnungen abzuschreiben, um nicht, wie ich in der Einleitung erklärt hatte, die edle Zeit dieser gelehrten Männer durch das Lesen überflüssiger Gegenstände zu verkürzen (Disquisitionem vero, quam iudicio Societatis ornatissimae atque celeberrimae submittere ausus sum, ita institui, ut ea, quae prius de hac re scripta sint, missa facerem, quippe qui certe sciam, *omnia* haec VV. DD. de meo qualicumque opere iudicaturis, longe notissima esse, atque in publica commoda peccare verear, si longiore, quam par est, sermone tempora ipsorum morari auderem.) Hätte ich im Gegentheil behauptet, die Entbindung der außerordentlichen Wärmemenge sey deswegen gar nicht auffallend, weil sie vermöge der höheren respectiven Wärme der festen Bestandtheile des Schießpulvers in diesen enthalten wäre; so hätte ich eine solche, den allgemein angenommenen Grundsätzen widerstreitende Behauptung durch detaillirte Rechnung erweisen müssen. Hierzu kommt aber noch insbesondere der Umstand, daß die bis jetzt bekannten Angaben über die specifischen Wärmemengen der verschiedenen Körper noch so schwankend sind, daß jede Berechnung nichts anders, als bloß wenig genäherte Resultate geben kann, welche eben deswegen um so weniger von einigem Nutzen sind, als über die Hauptsache selbst kein Zweifel Statt finden kann. Indeß mag die Aufforderung der Kön. Societät mich entschuldigen, wenn ich folgende Berechnungen hier einschalte.

Die Wärmequelle kann nicht aus der Quantität des verzehrten Sauerstoffgas abgeleitet werden, weil der Erfahrung gemäß das Schießpulver desselben zu seiner Explosion nicht bedarf. Der ganze Prozeß dieser Explosion kommt vielmehr darauf zurück, daß der Antheil Kohle und Schwefel im Schießpulver verbrennt, oder durch den Sauerstoff des Salpeters gesäuert wird, und wenn dieses Phänomen ein gewöhnliches wäre, und nicht außerordentliche Erscheinungen bey demselben berücksichtigt werden müßten, so könnte nach der bestehenden Theorie nicht mehr Wärme erzeugt werden, als durch Verbrennung dieser Substanzen frey zu werden pflegt. Legen wir nun die oben angegebenen Quantitäten der Bestandtheile des Schießpulvers und sein specifisches Gewicht zum Grunde, und nehmen der leichteren Rechnung wegen an, daß die Explosion bey 0° R. geschehe, so würde die durch Verbrennung von einer Unze Schießpulver erzeugte Wärme folgende seyn. Dieselbe enthält 0,142 Unzen Kohle, und da nach Lavoisier (phys. chem. Schriften Bd. III. 292 ff.) eine Unze verbrennende Kohle 74 Unzen Eis zum Schmelzen bringt, welches einer Temperaturerhöhung von 60° gleich gesetzt wird; so würden 0,142 Unzen Kohlen 10,508 Unzen Eis schmelzen, und daher der Gesammtmasse des Pulvers eine Temperaturerhöhung von 630°,48 mittheilen. Da der Schwefel nicht leicht für sich verbrennt, so ist es schwer, die hierdurch erzeugte Menge Wärme directe zu bestimmen. Indeß fand Lavoisier, daß durch Verpuffung von 1 Unze Schwefelblumen mit 1 Unze Salpeter 24 Unzen Eis geschmolzen wurden, mithin produciren 0,095 Unzen Schwefelblumen 136°,8 Wärme, und die gesammte Menge würde demnach 767°,28 betragen, welche ohne Rücksicht auf

die specifischen Wärmecapacitäten zur Erklärung der Phänomene noch nicht hinreicht.

Uebrigens ist diese Berechnung zu geringe, denn man kann dreist annehmen, daß zum Schmelzen des Eises 172° F. oder 76°,5 R. erfordert werden. Hiernach jene Größen verbessert erhalten wir zwar 978°,28 R., welches indeß eben so wenig hinreicht. Nach Rumford's neuesten Untersuchungen bringt ein Pfund ausgeglühete Kohle im Mittel 53 ℔ Wasser zum Sieden, und hiernach erzeugt die im Pulver enthaltene Menge derselben 602°,08 R., mithin noch weniger, als in der ersten Berechnung gefunden wurde, und es ist daher nicht möglich, auf diesem Wege zu größeren Resultaten zu gelangen. Dabey wird übrigens angenommen, daß die Kohle wirklich verbrannt werde, mithin daß das hierzu erforderliche Sauerstoffgas seinen Wärmestoff abgegeben habe, und wenn gleich noch nicht bestimmt ist, wieviele Wärme der Salpeter erfordert, damit die in demselben enthaltene gesammte Menge Sauerstoffgas entbunden werde, so ist doch so viel gewiß, daß diese außerordentlich beträchtlich seyn muß. Sollen wir übrigens annehmen, daß beym Glühen des Salpeters die Wärme mit dem Sauerstoffgas verbunden werde (so wie einige glauben, daß der gebrannte Kalk die Hitze gebunden enthalte und beym Löschen wieder abgebe) oder ist die hohe Temperatur bloß das Mittel, welches den Sauerstoff in Gasgestalt vom Salpeter trennt? Wir sehen, daß unsere Wärmetheorie noch nicht einmal in so weit bestimmt ist, um diese Frage genügend zu beantworten.

Neben der Berechnung der größen Wärmeproduction, welche durch das Verbrennen des Schießpulvers nach den gewöhnlichen Begriffen frey werden kann, und welche wir

in runder Zahl etwa zu 1000° R. annehmen wollen, möge nun diejenige gestellt werden, welche mit Rücksicht auf die specifischen Wärmecapacitäten der verschiedenen Substanzen erforderlich ist. Als Normaltemperatur, worauf die durch die Explosion desselben erzeugten Substanzen erhoben werden müssen, wollen wir nicht mehr als 1500° annehmen, und auch bey dieser Berechnung vom Gefrierpunkte ausgehen. Es befinden sich in einer Unze Schießpulver nach §. 13. an Wasser 24,4 Gr. Diese erfordern, um bis zum Siedepunkte erwärmt zu werden, 4°,008 R. Damit sie dann die Gasgestalt erhalten, wenn wir annehmen, daß die Dämpfe 5,4 mal so viel Eis als siedendes Wasser schmelzen, noch 21°,6432 und um dann auf (1500 — 80) = 1420° R. erwärmt zu werden, wenn wir die comparative Wärme des Wasserdampfes = 1,55 annehmen, würden noch 110°,27, also a) im Ganzen 136°,9 erforderlich seyn.

Im Schießpulver sind ferner enthalten in einer Unze 68,16 Gr. Kohle. Angenommen daß hiervon $\frac{4}{5}$ zur Production der Kohlensäure verbrennen, welches gewiß nicht zuviel ist, so erhalten wir 54,53 Gr. Kohle, welche im Verhältniß von 28 zu 72 mit Sauerstoff verbunden 194,73 Gr. Kohlensäure bilden. Wenn wir nun die zur Bildung derselben erforderliche Wärme gar nicht in Anschlag bringen und ihre respective Wärme = 1,045 annehmen; so werden hierzu b) im Ganzen 635°,91 R. Wärme erforderlich seyn. Die dritte entstehende Substanz ist schweflichte Säure, welche aus dem vorhandenen Schwefel gebildet wird. Inzwischen wird dieser nicht insgesamt verbrannt, jedoch können wir, wenn seine Quantität nicht zu groß ist, immerhin annehmen, daß $\frac{3}{4}$ desselben zu die-

ser neuen Verbindung verwandt werden, welche 34,2 Gr. betragen, und im Verhältniß von 52,17 zu 47,83 mit Sauerstoff verbunden 65,555 Gr. schweflichte Säure liefern, deren specifische Wärme ich zwar nirgend auffinden kann, auch zweifle ich sehr, daß dieselbe schon genügend untersucht ist; jedoch glaube ich nicht zu irren, wenn ich annehme, daß die comparative Wärme keiner Gasart, so lange sie in diesem Zustande der Expansion bleibt, geringer ist, als die des Wassers. Wenn wir nun diejenige Wärme, welche erforderlich ist, auch dieser den Zustand der Expansion zu ertheilen, gar nicht in Rechnung bringen, so würde zur Erhebung derselben auf die Normaltemperatur der 1500° R. hierfür c) eine Wärme von 204°,86 R. erforderlich seyn.

Die gesamten bisher berechneten Bestandtheile des Schießpulvers betragen 24,4 Gr. Wasser 194,73 Gr. Kohlensäure und 66,555 schweflichte Säure, zusammen 284,685 Gr. Es sind ferner noch übrig an Kohle 13,63 Gr. und an Schwefel 11,4 Gr. imgleichen die unzersetzten Theile des Salpeters. Nehmen wir an, daß der Salpeter im Verhältnisse von 55 zu 45 aus Säure und Cali gemischt ist, so würde die angenommene Unze Schießpulver 163,1 Gr. Cali enthalten. Diese und die vorher gefundene Größe nebst den Resten addirt geben 472,815 Gr. wonach 7,185 Gr. oder $\frac{1}{66,8}$ des Ganzen übrig bleiben würden, eine Größe, welche eben so gut durch einen Fehler in der Rechnung als durch die unvollkommene Zersetzung des Schießpulvers erklärt werden kann. Ob übrigens ein Theil Kohle mit Schwefel zum Schwefelkohlenstoff zusammentritt, und zur Vergrößerung der Explosion etwas beyträgt, dürfte wohl schwerlich auszumitteln seyn. Wenn es nun gleich

außerordentlich schwer ist, die specifischen Wärmecapacitäten der eben genannten Bestandtheile genau anzugeben, indem dieselbe beym trockenen Cali kaum auszumitteln seyn mögte; so geben doch die bis jetzt angestellten Versuche dieselbe bey der Kohle zu 0,2631, beym Schwefel zu 0,183 und bey flüßigem Cali zu 0,75953 an. Hiernach würden die zur Hervorbringung der angenommenen Temperatur erforderlichen Wärmegrade d) für den Ueberrest Kohle 42°,594 R. e) für den Rest Schwefel 35°,625 und endlich für das entstandene Cali 509°,69 R. betragen. Wenn wir also auf die übrigbleibenden 7,185 Gr. unzersetztes Schießpulver oder vielleicht nur unzersetzten Salpeter, auf die Entziehung der Wärme durch die umgebenden Körper, auf diejenige insbesondere, welche zur Erzeugung des kohlensauern und schweflichtsauern Gas erforderlich ist, gar keine Rücksicht nehmen, und endlich die Hitze des explodirenden Schießpulvers nur auf 1500° R. setzen; so würden dennoch zur Hervorbringung der Explosion des Schießpulvers im Ganzen 1565°,579 R. erfordert werden, da doch die vollständige Verbrennung der gesamten Menge Kohlen und Schwefel nach der obigen Berechnung höchstens nur 978°,28 R. zu produciren im Stande seyn würde. Daß wir also zur Erklärung dieser und aller Explosionserscheinungen mit unsern gewöhnlichen Begriffen der Verbrennung nicht ausreichen, ist klar, und eben so wenig bedurfte es einer so ausführlichen Rechnung, um darzuthun, daß nach den bis jetzt herrschenden Begriffen der Wärme-Verbreitung eine gewisse Masse ohne Weiteres so viel mehr Wärme enthalten könne, um sich selbst in einen pr. pr. 225 mal größeren Raum auszudehnen. Es bleibt daher nichts weiter übrig, als die herrschende

Theorie der Wärme zu verlassen und eine neue, diesen Erscheinungen genügende aufzusuchen. Dieses Letztere im ganzen Umfange des Ausdruckes zu thun, lag ganz außer den Grenzen der Aufgabe, indem dieselbe doch bloß auf die physische Theorie des Schießpulvers beschränkt ist. Ob ich übrigens in der Preisschrift selbst, also früher als ich diese detaillirte Rechnungen mitgetheilt hatte, in Gemäßheit des auf den ersten Blick unzweifelhaften Resultates „Verschiedenes in unsern bisherigen Ansichten der „Wärme modificirt habe", wie die Kön. Societät nicht gefunden zu haben scheint (G. G. A. p. 2031), muß ich dem gelehrten Publikum zu entscheiden überlassen.

Anmerk. 19.

Es sey mir erlaubt diesen kurz ausgedrückten Satz etwas näher zu erläutern. Da nach der aufgestellten Hypothese die starke Wärmeentwickelung eine Folge der chemischen Thätigkeit ist, womit sich die Substanzen verbinden, so scheint hieraus zu folgen, daß wir bey der Menge solcher Verbindungen diese Explosionen bey mehreren Substanzen wahrnehmen müßten, als wirklich der Fall ist. Allein dieser Einwurf ist nur scheinbar. Zu einer so schnellen Verbindung der Elemente zweyer Körper wird nämlich außer mehreren Bedingungen auch diese erfordert, daß sie hieran nicht durch die Attraction der gleichartigen Theile unter einander gehindert werden. Ohngeachtet daher fein pulverisirte Kohle und Salpeter sehr schnell verpuffen, so wird doch ein Stück Salpeter, auf eine glühende Kohle geworfen, bloß mit einem zischenden Geräusche umhersprühen, ohne eine eigentliche Explosion zu zeigen, und

eben so erlöscht eine glühende Kohle, wenn sie auf einen Haufen Salpeter fällt. Auch hierbey kommt daher das Gesetz der Attraction als ein solches in Betrachtung, wodurch die verschiedenen Erscheinungen bedingt werden.

Anmerk. 20.

Die beyden hier erörterten Gegenstände scheinen mir keineswegs unwichtig, vielmehr einer weiteren Untersuchung sehr würdig zu seyn. Zuerst verdienten die verschiedenen Prozesse, wodurch plötzlich eine Menge Wärme frey wird, namentlich die Explosionen, einmal eine ausführliche Behandlung, vorzüglich eine Vergleichung unter einander, indem der allgemeine Character derselben, wonach sie sämtlich auf schneller Vereinigung der Elemente verschiedener Körper zu neuen Verbindungen zu beruhen scheinen, ihre gemeinsame Aehnlichkeit beurkundet. Daß sich schwerlich bey irgend einer derselben die Wärmequelle nach der gewöhnlichen Ansicht nachweisen läßt, und wir daher zu einer Erklärung der Art, wie ich dieselbe in der Schrift versucht habe, unsere Zuflucht nehmen müssen, ist mir keinen Augenblick zweifelhaft. Um dieses noch mehr zu erläutern, und die Schwierigkeiten, (wenn ich nicht sagen will Widersprüche), welche einer Erklärung dieser Phänomene im Wege liegen, noch anschaulicher zu machen, will ich bloß zwey bekannte Phänomene neben einander stellen. Wenn Knallgas im Eudiometer durch den electrischen Funken verbrannt wird, so verbinden sich die beyden Bestandtheile desselben zu Wasser, welches durch die entstehende Hitze in Dämpfe verwandelt und sehr stark ausgedehnt wird. Wir können nicht annehmen, daß diese

Ausdehnung schon dann sich ereignet, wenn die Substanz noch Gas ist, sondern es kann dieselbe erst nach der Bildung des Wassers eintreten, weil wir sonst eine Wirkung ohne Ursache hätten. Nun aber entsteht die Frage, woher die große Quantität Wärme abzuleiten sey, welche so plötzlich das entstandene Wasser in Dämpfe verwandelt, und so sehr ausdehnt, daß, wenn wir die jederzeit sich ereignende Ausdehnung nur dreymal so groß, als die des Knallgases selbst annehmen, die entstehenden Dämpfe plötzlich 20871 mal dünner als das Wasser selbst werden, mithin den Druck von eben so vielen Atmosphären erfordern würden, wenn sie durch mechanische Mittel bey einer solchen bleibenden Expansion zu Wasser comprimirt werden sollten. Man wird auf diese Frage antworten, daß die specifische Wärme des Sauerstoffgas, vorzüglich aber des Wasserstoffgas so viel größer sey, und daher durch seine Zersetzung allerdings diese Wirkung hervorbringen könne. Ich will einmal keine Berechnung hierüber anstellen, sondern das Argument gelten lassen, da dasselbe ohnehin durch genauere Zahlenverhältnisse leicht sehr bedeutend unterstützt werden könnte, wenn wir die hierüber bestehenden Annahmen als gültig anerkennen. Dann aber muß es mir erlaubt seyn weiter zu fragen, wie es zugeht, daß bey der Zerlegung des Wassers durch Eisen vermittelst verdünnter Schwefelsäure nicht bloß Wasserstoffgas von bleibender Expansion mit seiner großen specifischen Wärme gebildet, sondern zugleich die ganze Masse oft noch über den Siedepunkt erhitzt wird? Hierbey die erforderliche Wärme nachzuweisen, scheint mir ganz unmöglich, und beyde Erscheinungen treten in einen grellen Widerspruch einander gegenüber.

Nicht fern hiervon liegt aber eine andere Untersuchung, welche sich gleichfalls auf einen eben so bekannten als sprechenden Erfahrungssatz bezieht. Billig muß es nämlich, so wie bey allen Explosionen vorzüglich auch bey der Verbrennung des Knallgas auffallend seyn, wie der Effect so absolut momentan ist. Am liebsten beziehe ich mich hierbey bloß auf das letztere Phänomen, denn daß bey allen Explosionen etwas Aehnliches Statt finde, folgt schon aus der Aehnlichkeit des erregten Getöses. Wenn Wasser in irgend einem Gefäße durch Hitze in Dämpfe verwandelt wird, so kühlen sich diese bey entfernter Wärmequelle allmälig ab, allein niemals so schnell, daß sie gleichsam in einem Momente wieder in ein Nichts, d. h. in die viel dichtere kleine Quantität Wassers zusammenfallen. Man könnte zur Aufhebung des Widersprechenden dieser verschiedenen Erscheinung anführen, daß wenn Gefäße mit Dämpfen erfüllt, und diese allmälig und nicht plötzlich, wie bey den Explosionen, niedergeschlagen werden, die Ursache hiervon darin zu suchen sey, daß in diesen Fällen die Wände der Gefäße hinlänglich erwärmt zu seyn pflegen, mithin die Quantität Wärmestoff, wodurch die Dämpfe im Zustande der Expansion erhalten werden, nicht so schnell aufnehmen und weiter fortpflanzen können, als bey plötzlichen Explosionen, wo die Umgebungen von kälterer Temperatur sind. Dieses Argument hat so viel größeres Gewicht, als es durch mehrere andere Umstände Unterstützung erhält. Namentlich darf man nur berücksichtigen, daß wenn Wasser in irgend einem Gefäße erhitzt wird, man wahrnehmen kann, wie bald kleine Dampfbläschen gebildet, aber sogleich wieder niedergeschlagen werden, wodurch das sogenannte Simmern der Gefäße und

unter gehörigen Bedingungen oft ein sehr lautes und gewaltsames, ganze Gebäude erschütterndes Getöse entsteht. (S. meine Beobachtung bey Gilb. XXIII. 465). Dieses dauert so lange, bis das Wasser eine hinlängliche Temperatur erhalten hat, und dieser gemäß den Dämpfen nicht so viel Wärme mehr entzieht, daß sie dadurch niedergeschlagen werden. Aus ähnlichen Gründen erkläre ich mir die chemische Harmonica, nämlich daß die entstehenden und plötzlich wieder niedergeschlagenen Wasserdämpfe den Wänden der gläsernen Kolben diejenige eigenthümliche Erschütterung mittheilen, welche den bekannten summenden Ton hervorbringt, denn der Erklärung aus dem Strömen der Gasarten kann ich aus Gründen der Akustik nicht beypflichten. Wenn aber die hier aufgestellten Ansichten die richtigen sind, dann können wir einer andern Schwierigkeit nicht entgehen, welche aus der specifischen Wärme der Wasserdämpfe entspringt. Wenn es nämlich gegründet ist, daß das Wasser so vieler Wärme bedarf, um in Dämpfe verwandelt zu werden, woher kommt es, daß aus den niedergeschlagenen Dämpfen bey den Explosionen den Wänden der Gefäße nicht mehr Wärme mitgetheilt wird, als wirklich geschieht, so daß (ohne weitere detaillirte Berechnung) ein so plötzliches Niederschlagen der Dämpfe und Abkühlen der elastischen Medien ohne eine diesen Bedingungen proportionale Erhitzung der Wände Statt finden kann. Die folgende Anmerkung wird hierüber eine Hypothese enthalten.

Anmerk. 21.

Ich kann nicht unterlassen die in der Preisschrift mit kurzen Worten aufgestellte Behauptung etwas weiter zu erläutern, weil ich sonst fürchten muß, daß der Gegenstand überhaupt weniger beachtet wird, als ich es wünsche. So bestimmt auch die mathematische Theorie der Optik durch Newton begründet ist, so läßt sich doch keinen Augenblick verkennen, daß die sämtlichen Erscheinungen, welche die Inponderabilien ohne Ausnahme uns darbieten, so vielseitig, unzusammenhängend und einander gleichsam widersprechend sind, daß wir bey vermehrter Bekanntschaft mit den Phänomenen immer weniger hoffen dürfen, sie insgesamt einer allen genügenden Theorie unterzuordnen. Zunächst mache ich hiervon bloß eine Anwendung auf die Fortleitung der Wärme durch die verschiedenen festen und flüssigen Körper. Die merkwürdigen Untersuchungen des H. Böckmann haben gezeigt, daß in einem gewissen Sinne diejenigen Körper gerade die schlechtesten Wärmeleiter sind, welche man in einer anderen Beziehung nach vielfachen früheren Versuchen als die besten erkannt hatte. In der Sache selbst liegt hierbey gewiß kein Widerspruch, denn dieser ist mit der Einheit und Allgemeinheit der Naturgesetze unverträglich; wohl aber kann derselbe durch unsere Ansicht veranlaßt werden. Nicht minder räthselhaft sind die Erscheinungen, welche der Rumfordsche Würfel mit blanken und rauhen Oberflächen darbietet, und welche dadurch noch schwieriger zu erklären werden, daß die blanken Flächen bey unmittelbarer Berührung, die rauhen in einiger Entfernung mehr Wärme abgeben. Hierzu nehme man die Pictetschen Brennspiegel. Nur langsam und in geringe Entfernung strömt die Wärme von einer erhitzten

Kugel; mit unmeßbarer Geschwindigkeit und in große Entfernung dagegen, wenn sie durch einen Hohlspiegel aufgefangen wird. Diese und mehrere andere Thatsachen veranlassen mich zu der Frage: wie, und auf welche Weise die Wärme denn eigentlich fortgepflanzt wird? ob sie an und für sich selbst durch die Zwischenräume der verschiedenen Körper in fortschreitender Bewegung sich verbreitet, oder ob sie an die Elemente verschiedener Körper gebunden, mit diesen zugleich von einem Orte zum andern bewegt wird.

Es ist hier der Ort nicht diesen Gegenstand in seinem ganzen Umfange zu untersuchen, und das Ganze in eine systematische Ordnung zu bringen, welches alles auf Veranlassung des berühmten Streites über die Wärmeleitung durch tropfbare Flüßigkeiten hätte geschehen können. Folgende drey Sätze aber glaube ich als ausgemacht annehmen zu dürfen.

1.) Die Wärme wird bey ihrer Bewegung durch die verschiedenen Körper von der Verwandtschaft zu den Elementen derselben in der Art afficirt, daß sie in Gemäßheit dieser Verwandtschaft langsamer oder schneller fortschreitet, und einige Atome mit sich fortreißt, wenn sie dazu im Stande ist.

2.) Die Leitungsfähigkeit der Körper für die Wärme ist zwar nicht in einem solchen Grade verschieden, als für die Electricität, daß man sie danach in Leiter und Nichtleiter abtheilen könnte, aber doch in so weit, daß sie durch einige weit leichter und schneller fortgepflanzt

wird, als durch andere, und es ist dieselbe nicht bloß festen Körpern eigen, sondern auch tropfbar flüßigen und expansibelen, besteht also zugleich mit und neben der Modification, daß von der Wärme Partikeln in Gas- oder Dampf-Gestalt mit fortgerissen werden.

3.) Die Leitungsfähigkeit der Körper ist nicht allezeit und unter allen Bedingungen gleich, sondern wird durch anderweitige Modificationen der Körper analog mit der Electricität verändert.

Ich zweifle, daß jemand Bedenken tragen wird, diese drey Sätze nach unsern bestehenden Erfahrungen einzuräumen. Wenn dieses aber geschehen ist, so folgt unmittelbar, daß unsere Bestimmungen der specifischen Wärme der Wasserdämpfe völlig unzuläßig sind. Diese ist nämlich dadurch aufgefunden, daß Wasserdämpfe in Eisströmen, und aus der Quantität des aufgethaueten Eises dieselbe bestimmt wird; oder dadurch, daß die Quantität Brennmaterial, wodurch eine bestimmte Menge Wasser sich in Dämpfe verwandelt, zur Berechnung derselben dient. Wie aber, wenn neben derjenigen Wärme, welche die Wasserdämpfe expandirt, durch die große Leitungsfähigkeit derselben auch noch andere (man könnte sagen freye) ausströmt; so müssen in beyden Fällen die Resultate falsch werden, und wenn wir dann anstatt einer großen specifischen Wärme der Wasserdämpfe eine geringe anzunehmen berechtigt wären; so würden hierdurch alle Erscheinungen der Explosionen, bewirkt durch die Expansion derselben, eine bedeutende Modification erleiden. Indem ich diesen Gegenstand hier nicht weiter verfolgen kann, bemerke ich nur in der Kürze, daß diese Ansicht mit der von mir auf-

gestellten Theorie sehr wohl bestehen kann, und will nur ein Phänomen kurz berühren, welches ich oft beobachtet habe. Wenn man das Ventil eines stark erhitzten papinianischen Topfes schnell eröffnet, so strömen eine große Menge Dämpfe augenblicklich aus demselben in die Höhe, vereinigen sich zu Tropfen, und diese letzteren erzeugen allezeit beym Herabfallen auf die Haut eine empfindliche Kälte. Indem hierdurch die Wärme der Dämpfe so schnell abgegeben wird, sollte dadurch nicht eine Erhöhung der Temperatur in einem engen Zimmer merkbar werden müssen? Nach meinen Versuchen habe ich hiervon niemals etwas wahrgenommen.

Wenn wir indeß einmal berechtigt sind, die hierüber bis jetzt herrschenden Begriffe verdächtig zu machen, so kann uns unmöglich etwas hindern, hierin noch einen Schritt weiter zu gehen, und zu fragen, ob die Wärme nicht sogar unbemerkt und unwahrnehmbar, durch chemische Affinitäten geleitet, verschiedene Körper durchdringt. Daß wir durch analoge Erscheinungen zu dieser Frage berechtigt sind, leidet keinen Augenblick den mindesten Zweifel. So steigen Gasblasen in unmerkbarer Größe im Wasser auf, und setzen sich an hineingesenkte Körper an; das Wasser dringt durch die Thierblase, wenn sie über Gefäße fest gebunden ist, und verbindet sich mit dem rectificirten Weingeiste in denselben, und Sauerstoffgas in den dicksten Rindsblasen eingeschlossen, verwandelt sich schon in 24 Stunden in atmosphärische Luft, des unmerkbaren Hinüberführens verschiedener Substanzen durch Wasser vermittelst der Voltaischen Säule nicht zu gedenken. Warum sollen wir bey der Wärme nicht etwas Aehnliches

annehmen, und wenn wir dieses thun, wie vieles dürfte denn nicht in unserer Erklärung der Wärmephänomene anders modificirt werden?

Anmerk. 22.

Zum Beschlusse bemerke ich im Allgemeinen noch Folgendes. Ich habe in der ganzen Abhandlung die Theorie eines Wärmestoffes als einer für sich bestehenden körperlichen Potenz angenommen, und glaube, daß diese Vorstellung allein den Erscheinungen angemessen sey. Sollen wir ein Erzittern und ein Schwingen der kleinsten Theile annehmen, so verlieren wir uns in die dunkeln Vorstellungen jener älteren Zeiten, worin die Naturwissenschaften gar nicht gediehen sind, und nähern uns den unfruchtbaren Erklärungen aus verborgenen Kräften. Zu der Annahme, daß die Wärme nichts anders als modificirte Dehnkraft sey, kann ich mich unmöglich verstehen, weil ich mir eine Kraft nicht als etwas Selbstständiges und für sich Bestehendes denken kann, auch streitet dieses auf allen Fall gegen den Sprachgebrauch, und die Einführung der entgegengesetzten Kräfte als wirklicher Potenzen zur Erklärung der Naturerscheinungen hat seit einer langen Reihe von Jahren die Wissenschaft nicht im mindesten gefördert, während die Ausländer mit ganz entgegengesetzten Ansichten bedeutend fortgeschritten sind. Will endlich jemand anstatt eines materiellen Wärmestoffes einen Aether annehmen, und wo man von Vermehrung oder Verminderung redet, lieber größere oder geringere Spannung eingeführt wissen, so ist dieses nur ein Wortstreit. Denn daß der materielle Wärmestoff nicht

anders als in ätherischer Form gedacht werden kann, versteht sich von selbst, und dann dürfte es leichter seyn, die Gesetze der Vermehrung und Verminderung mit den Naturphänomenen in Uebereinstimmung zu bringen, als die Ursachen einer größeren Spannung und die Aetiologie zwischen dieser und den Wirkungen, die sie hervorbringt, nachzuweisen.

Einige Druckfehler
zu Munke vom Schießpulver.

S. V Z. 11 statt Fouvier lies Fourier.
— — — 18 st. zu l. zur.
— 1 — 7 st. Ingnhaulsens l. Ingenhoulsens.
— 25 — 7 v. u. st. scheint l. scheint.
— 31 — 3 vor: Ich fehlt (—).
— 35 — 8 v. u. st. Haug l. Hauy.
— 37 — 5 st. bedingender l. bedingenden.
— 43 — 13 st. Tachogyrio l. Tachopyrio.
— 44 — 15 st. Und l. Um.
— 49 — 1 st. Verbrennung l. Verbrennungen.
— — — 5 st. Zeitalters l. Zeitintervalles.
— 51 — 10 st. Euchlarine l. Euchlorine.
— — — 18 nach: Menge fehlt: Wärme.
— 52 — 8 st. wtr l. wir.
— 53 — 6 v. u. st. Hypothesen l. Hypothese.
— 55 — 16 st. der l. den.
— — — 2 v. u. st. stähio.. l. stöchio...
— 57 — 8 st. Flamenten l. Elementen.
— — — 10 st. ponderabilen l. ponderabelen.
— 82 — 4 v. u. st. Categorieen l. Categorie.
— 85 — 18 st. Nebenumständen l. Nebenumstände.
— 87 — 1 st. erfahrnen l. erfahrner.
— 90 — 8 v. u. st. nun l. nur.
— 91 — 21 st. hervorgebracht wird l. hervorbringt.
— 92 — 19 st. der l. den.
— 106 — 3 v. u. st. größen l. größten.
— 113 — 16 st. Erscheinung l. Erscheinungen.

Inches 1 2 3 4 5 6 7 8

Centimetres 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

TIFFEN® Color Control Patches

Blue	Cyan	Green	Yellow	Red	Magenta	White	3/Color	Black