

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Martin Websky's Lustfeuerwerkerei

Websky, Martin

Breslau, 1846

Von den Sätzen, Feuerwerksmischungen

[urn:nbn:de:bsz:31-100139](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-100139)

Colophonium, Geigenharz.

§. 42. Ein bekanntes Pflanzenharz, welches als Rückstand bei der Bereitung des Terpentinsöls gewonnen wird, in der Feuerwerkerei findet es einige Anwendung als flammengebender brennbarer Körper.

Weingeist, Alkohol.

§. 43. Der Weingeist wird in der Feuerwerkerei als Anfeuchtungsmittel gebraucht, da wo Wasser nicht anwendbar ist. Der anzuwendende Weingeist muss wasserfrei sein; d. h. mindestens *achtzig Prozent* nach Richter halten.

Terpentinöl.

§. 44. Das Terpentinöl ist ein allgemein bekanntes ätherisches Pflanzenöl, es wird in der Feuerwerkerei in einigen wenigen Fällen als Anfeuchtungsmittel gebraucht, da wo Wasser oder Weingeist nachtheilig sein würden.

§. 45. Ausser diesen hier aufgeführten Substanzen werden in der Feuerwerkerei zuweilen noch manche andere zu gleichen Zwecken gebraucht, welche ich jedoch, als weniger zweckmässig und wirksam, als wie die angegebenen, hier übergehen kann.

Von den Sätzen, Feuerwerkmischungen.

§. 46. Das Feuer, welches das, was bei einem Feuerwerk zur Anschauung kommt, bildet, wird durch verschiedenartige Mischungen der im vorhergehenden Abschnitte beschriebenen Materialien hervorgebracht; es zerfällt, hinsichtlich der Art und Weise seines Verhaltens für unser Auge, in *zwei Hauptgattungen*, nämlich in:

- a) *Funkenfeuer*;
- b) *Flammenfeuer*.

Das *Funkenfeuer* besteht aus einer Mischung von Materialien, welche während des Verbrennens gewisse Partikeln glühend oder brennend auswirft. Das Ausgeworfene, das so dem Auge erscheint, ist der Zweck des Funkenfeuers, die Flamme selbst wird dem Auge nicht sichtbar. Das *Flammenfeuer* hingegen besteht aus einer Mischung, welche mit einer bald mehr bald minder leuchtenden, dem Auge sichtbaren Flamme verbrennt und keine Partikeln auswirft.

Eine jede in der Lustfeuerwerkkunst angewandte brennbare Mischung nennt man *Satz*, ich weiss nicht warum, werde aber, da es so allgemein

Brauch ist, diesen Ausdruck beibehalten. Je nachdem ein Satz zu einem oder dem andern Zweck besonders gebraucht wird, erhält das Wort verschiedene Beinamen; so sagt man Schwärmersatz, Raketensatz, Leuchtkegelsatz etc.

Die Schnelligkeit oder Langsamkeit, mit der die Sätze verbrennen, ist sehr verschieden und kann den Umständen nach mannigfach verändert werden; einen schnell und heftig brennenden Satz nennt man einen *raschen Satz*, einen langsamer verbrennenden dagegen einen *faulen Satz*.

Die Feuerwerksätze leisten neben dem Zweck des Sichtbarwerdens ihres Feuers in vielen Fällen auch noch den der *Stossbewegung*, wie z. B. bei den Raketen und Feuerrädern. Alle sehr raschen Sätze werden für den letzteren Zweck hauptsächlich gebraucht; doch können auch sehr faule Sätze diese Stosskraft den Umständen nach ausüben, wie es z. B. bei den Raketen der Fall ist.

Jedes Feuer, es bestehe nun aus einem faulen oder einem raschen Satze, das eine Bewegung des Feuerwerkstücks hervorbringt, nennt man ein *treibendes*, bringt es keine Bewegung hervor, ein *stilles Feuer*.

§. 47. Die Wirkung eines Satzes beruht, wie die Wirkung des Schiesspulvers, auf der Entbindung von *Sauerstoffgas* *), mit dem sich beigemengte brennbare Stoffe unter Feuererscheinung und Wärmebildung grösstentheils zu expansiven Gasarten verbinden. In jedem Satze muss daher ein Körper vorhanden sein, der Sauerstoffgas zu entbinden fähig ist. Die Eigenschaften dieses Körpers müssen so beschaffen sein, dass die Entbindung des Sauerstoffes bei erhöhter Temperatur leicht und in grösstmöglicher Quantität geschehe; die hierzu geeignetsten Körper, die man gegenwärtig in der Lustfeuerwerkerei anwendet, sind der *Salpeter* und das *chlorsaure Kali*. Diese beiden Salze, eines oder das andere, bilden, gemischt mit brennbaren Stoffen, mit geringen Ausnahmen, überall das Feuer des Feuerwerks; die anderweitigen Beimischungen dienen nur dazu, dem Feuer verschiedene Charaktere zu geben. Da, wo man ein kräftiges treibendes Feuer ohne Rücksicht auf die Art der Flammenbildung verlangt, ist der Salpeter ausreichend und der Wohlfeilheit und andern weiter unten berührten Ursachen wegen am zweckmässigsten. Da, wo es auf eine energische leichte Entzündlichkeit oder auf eine besondere Flammenbildung ankommt, findet grösstentheils das chlorsaure Kali, als Sauerstoff liefernder Körper, Anwendung.

Aus dem Salpeter entbindet sich, bei gleicher Quantität, etwas mehr Sauerstoff, als aus dem chlorsauren Kali, wenn nämlich die Salpetersäure vollkommen zerlegt wird, was indess nicht bei allen derartigen Mischungen der Fall ist; bei gewissen Sätzen wird die im Salpeter gebundene Salpetersäure nur

*) Lebensluft.

zum Theil zerlegt in Sauerstoff und salpetrige Säure, oder es entstehen neue Verbindungen, welche einen Theil des Sauerstoffs festhalten und für unsern Zweck unwirksam machen. Aus dem chlorsauren Kali wird der in ihm gebundene Sauerstoff immer vollkommen entbunden bei gänzlicher Zerlegung der Chlorsäure und schon bei einer weit niedrigern Temperatur, als die zur Zersetzung des Salpeters nothwendige.

Der dem Salpeter oder dem chlorsauren Kali beizumischende leicht brennbare Stoff ist, mit wenigen Ausnahmen, am zweckmässigsten immer der Schwefel, weil dieser Körper ohne einen Rückstand zu hinterlassen, und ohne merklich sichtbaren Rauch verbrennt. Da aber der Schwefel aus dem Salpeter nur bei einer bereits vorhandenen hohen Temperatur den Sauerstoff entbindet, so ist man bei dem Salpeter genöthigt, noch einen leicht entzündlichen heitzenden Körper beizumengen, der schnell eine hohe Temperatur annimmt, und sie einige Momente lang festhält; dieser Körper ist Kohle, oder kohlenstoffhaltige Körper, d. h. der Salpeter allein mit Schwefel gemengt, verbrennt nicht mit demselben, wenn er nicht bereits vorher bis zum Schmelzen erhitzt worden ist; es muss daher etwas Kohle zugesetzt werden, welche angezündet fortglüht, wodurch die Verpuffung des Gemisches eingeleitet wird, indem das erste Stückchen glühende Kohle ein Partikelchen des Salpeters zum Schmelzen bringt, wodurch dieser dann fähig wird, zerlegt zu werden.

Das chlorsaure Kali verbrennt dagegen sehr leicht mit Schwefel allein gemischt, ohne Beimischung von Kohle.

Der Salpeter so wie das chlorsaure Kali sind für *sich allein* unverbrennliche Körper; ihre Eigenschaft, mit brennbaren Stoffen zu verpuffen und zu verbrennen beruht darauf, dass mittelst der höheren Temperatur, die der angezündete brennbare Stoff erzeugt, der in ihnen enthaltene Sauerstoff ausgetrieben wird, in welchem letzteren dann die brennbaren Stoffe verbrennen, und durch das Verbrennen sich mit dem Sauerstoff zu neuen Körpern, grösstentheils gasförmigen, verbinden.

Der Salpeter, gemischt mit einem brennbaren Stoffe, oder das chlorsaure Kali, mit einem brennbaren Stoffe gemengt, bilden demnach zwei Reihen feuererzeugender *Grundmischungen* für alle Feuerwerksätze; die, eine jede für sich besonders, je nachdem die Art und der Zweck des Satzes es verlangt, bald die eine, bald die andere, angewendet werden.

Da wo Salpeter, in Verbindung mit einem brennbaren Stoffe, die feuererzeugende Grundlage des Satzes ist, nennen wir diese Grundlage der Kürze wegen *Salpetersatz*, worunter wir eine Mischung von Salpeter und Schwefel, in dem Verhältniss von vier Theilen Salpeter gemengt mit einem Theil Schwefel, verstehen. Eine Mischung in gleichem Verhältnisse von chlorsaurem Kali und Schwefel wollen wir dagegen *Chlorkalisatz* nennen.

Das Schlesspulver, sei es gekörnt oder zerrieben, ist als ein mit Kohle gemengter Salpetersatz zu betrachten; das quantitative Verhältniss seiner Bestandtheile, Salpeter, Schwefel und Kohle, und die innige mechanische Mischung derselben geben die heftigste und schnellste Wirkung, die man mit diesen drei Körpern erzeugen kann; wir wenden es daher, als Grundmischung der Sätze, deren Sauerstoff liefernder Theil Salpeter sein soll, überall da an, wo eine heftige rasche Wirkung verlangt wird, weil dies bequemer ist, als eine gleichwirkende Mischung aus Salpetersatz und Kohle selbst zu bereiten, denn eine solche Mischung würde nur dann dasselbe leisten, wenn sie derselben Behandlung, wie der der Bereitung des Schiesspulvers unterläge, aus Gründen, welche weiter unten näher entwickelt sind.

Da, wo es weniger auf eine grosse Schnelligkeit der Verbrennung, sondern mehr auf eine grosse Flammenbildung ankommt, wird der obige Salpetersatz, mit Kohle oder einem andern leicht brennbaren Körper gemengt, angewendet. Da das quantitative Verhältniss der Bestandtheile des *Schiesspulvers* anders ist, als das eines solchen mit Kohle gemengten Salpetersatzes, so ist die Wirkung der Verbrennung auch anderer Art, ebenso wie die Produkte derselben, letzteres hat indess für uns kein weiteres Interesse.

Weiter unten werden als Ausnahme des hier Gesagten einige Sätze angegeben sein, welche weder die eine noch die andere Grundmischung enthalten, die darinnen befindlichen salpetersauren oder chlorsauren Salze vertreten hier den Salpeter oder das chlorsaure Kali, da sie ganz analog diesen Salzen zusammengesetzt sind und sich als Sauerstofflieferer ebenso wie der Salpeter oder wie das chlorsaure Kali, für unsern Zweck, verhalten.

Zuweilen wird auch der *Schwefel* durch andere brennbare Substanzen, als Antimon, Kohle, Harze, Fette, Metalle, etc. etc. substituirt, doch immer nur da, wo die Eigenschaften des Schwefels für den vorliegenden Zweck nachtheilig einwirken würden, wovon weiter unten spezieller gesprochen werden wird.

§. 48. Es lassen sich in Betreff der quantitativen Verhältnisse, aus denen ein Satz bestehen muss, keine ganz scharfen Grenzlinien ziehen, da die Wirkung desselben von der verschiedenen Güte der Materialien und deren minderen oder grösseren mechanischen Zerkleinerung ungemein abhängig ist; sollte daher ein oder der andere Satz nicht vollkommen der von mir angegebenen Wirkung entsprechen, so darf man ihn nicht sogleich als unrichtig verwerfen, sondern man nehme sich die Mühe, das quantitative Verhältniss seiner Zusammensetzung in etwas abzuändern, bis er die verlangte Wirkung thun wird; wie man dabei zu verfahren hat, wird der Feuerwerker bei einiger Uebung und einigem Nachdenken leicht aus Nachstehendem kundig werden.

Neuere Schriftsteller, namentlich der verstorbene *Dr. Moritz Meyer* in Berlin, haben sich bemüht, die quantitativen Verhältnisse der Materialien, aus denen

die brennbaren Mischungen, die Sätze der Feuerwerkskörper, bestehen, genau nach ihrem chemischen Wirkungsvermögen zu bestimmen und nirgends davon abzuweichen, um diesen Theil der Lustfeuerwerkkunst auf einen wissenschaftlichen Grund zu basiren. So sehr ich selbst von dieser Idee eingenommen war, so habe ich gefunden, dass man nur in wenigen Fällen diese Idee praktisch festzuhalten im Stande ist, und sich oft genöthigt sieht, mehr oder weniger davon abzuweichen. Da uns in der Lustfeuerwerkkunst nur allein der Akt der Verbrennung der Sätze, keinesweges aber die Produkte der Verbrennung interessiren, so kann es uns ganz gleich sein, ob die verschiedenen Stoffe der Sätze nach der Verbrennung sich chemisch genau mit einander ausgeglichen haben, oder ob von dem einen oder dem andern Material noch etwas unzerlegt oder unverbunden übrig geblieben ist, wenn die Mischung nur die verlangte Wirkung leistet. Ja es beruhet sogar häufig die Wirkung eines Satzes, für unser Auge, nur allein darauf, dass bei der Verbrennung die chemische Ausgleichung der Materialien *nicht* vollkommen statt findet. Für die *Ernstfeuerwerkerei* ist dagegen dieser von Herrn Dr. Meyer angeregte Gegenstand von grosser Wichtigkeit.

§. 49. Die Materialien sämmtlicher Sätze werden da, wo nichts Besonderes dabei bemerkt ist, überall als das zarteste Pulver angewendet, und wie es sich von selbst versteht, auf das innigste gemischt. Das Mischen geschieht am bequemsten dadurch, dass man den Satz einigemal durch ein grobes Sieb gehen lässt.

Die salpetersauren Salze, die Kohle und einige andere Materialien ziehen die Feuchtigkeit aus der Luft an, und werden mehr oder weniger feucht und trocken, je nachdem die Luft mehr oder weniger mit Wasser geschwängert ist; dies verändert ihr specifisches Gewicht und daher auch die Wirkung eines und desselben Satzes, wenn man ihn zu verschiedenen Zeiten bereitet. Um immer ein und dieselbe Art Satz, zu jeder Zeit von gleicher Wirkung zu erhalten, ist es durchaus nothwendig, die Materialien des Satzes in einer und derselben Temperatur vor dem Abwägen erst vollkommen zu trocknen.

Einige Materialien, wie z. B. der Salpeter und das chloresaurer Kali klumpen sich gern zusammen, wenn sie im gepulverten Zustande, auch bei ganz trockenem Aufbewahrungsorte, reservirt werden, man muss daher die Materialien, welche diese Eigenschaft besitzen, ehe man sie unter einander mischt, erst wieder klar zerreiben.

Bei der Anfertigung der Sätze und der Feuerwerkstücke ist das Stauben einiger Sätze oft sehr lästig, und bei denen, welche giftige Materialien, als Grünspan, Baryt, Schwefelarsenik etc. etc. enthalten, der Gesundheit sehr nachtheilig; es ist daher zweckmässig, diese Sätze während ihrer Anwendung mit etwas wasserfreiem Weingeist ein klein wenig anzufeuchten; Wasser muss man hiezu nicht nehmen, denn Wasser löst die in den Sätzen enthal-

tenen Salze auf, wodurch der Satz oft in seiner Wirkung verändert und ungleich wird; Weingeist löst keines der hier vorkommenden Salze auf, und verdunstet bald wieder, ohne den Satz zu verändern. Das Anfeuchten mit Weingeist hat auch noch den Vortheil, dass die Partikeln, aus denen der Satz besteht, sich an einander anhängen, und daher die schwereren nicht zu Boden fallen, was auch leicht geschieht, wenn der Satz sehr trocken ist, und zufällig eine Erschütterung erleidet.

§. 50. Von den Funkenfeuersätzen insbesondere. Die Wirkung der Funkenfeuersätze beruhet darauf, dass eine mehr oder minder heftig brennende Mischung, derselben beigemischte Partikeln eines Nebenstoffes *glühend* oder *brennend* auswirft, wir gebrauchen daher für diese Sätze nur allein den Salpetersatz gemischt mit Kohle, also am zweckmässigsten das Mehlpulver, oder auch zuweilen Mehlpulver und Salpetersatz zusammen, wenn wir den Satz verlangsamen, d. h. fauler machen wollen.

Je feiner das Mehlpulver pulverisirt ist, desto mehr wird seine heftige Verbrennung gemässigt, je gröber es ist, desto mehr nähert es sich in seiner Wirkung dem Kornpulver, in welchem mechanischen Zustande das Pulver bekanntlich die schnellste und heftigste Wirkung liefert. Da es nun bei den Funkenfeuersätzen darauf ankommt, eine recht grosse Quantität des funkengebenden Materials der Grundmischung beimengen zu können, damit möglichst viele Funken ausgeworfen werden, so halte ich es für zweckmässig, für die *Funkenfeuersätze* das Mehlpulver nicht allzufein pulverisirt anzuwenden, um seine Wirkung nicht unnöthig zu schwächen; doch darf es auch nicht allzu grob sein; ein allzu grobes Mehlpulver mischt sich schwer ganz gleichmässig mit anderen Partikeln, und die Wirkung eines solchen Satzes ist daher oft zu ungleich.

Die Funkenfeuersätze zerfallen in zwei Arten:

- a) *Funkenfeuersätze, deren glühend ausgeworfene Partikeln in der Luft erst verbrennen.*
- b) *Funkenfeuersätze, deren ausgeworfene Partikeln in der Luft blos glühen.*

Für erstere Art stehen uns als funkengebende Beimischung nur zwei Körper zu Gebote, die *Kohle* und das *Eisen*. Mir sind bis jetzt keine anderen Körper bekannt geworden, die sich eben so wie diese beiden verhalten; die mit ihnen zusammengesetzten Sätze werden auch als die besten und wirksamsten Funkenfeuersätze betrachtet. Für die zweite Art lassen sich alle trockenen pulverisirbaren Körper verwenden, und man kann die Anzahl dieser Sätze daher sehr vermehren; man erhält aber immer nur mehr oder weniger dunkle oder helle, kleinere oder grössere Funken, deren Verschiedenheit oft gar nicht von den Zuschauern wahrgenommen wird. Die in ihrer Wirkung am meisten von einander abweichenden, der Art gebildeten Sätze habe ich in dieser Schrift

auch nur allein aufgenommen. Nach der Zusammensetzungsart der weiter unten angegebenen Funkenfeuersätze wird der Feuerwerker nach Belieben leicht noch andere zusammensetzen können. Je mehr man der Grundmischung des Satzes von dem funkengebenden Körper beimengt, desto fauler wird der Satz, und umgekehrt je fauler der Satz ist, desto weniger weit hoch oder heftig werden aber dann die Funken ausgeworfen; und bei einer zu bedeutenden Beimischung funkengebender Körper endlich auch oft weniger Funken, als bei einer geringen Quantität Beimischung; weil dann von der hitzegebenden Beimischung zu wenig im Satze enthalten ist, um alle auszuwerfenden Partikeln in glühenden Zustand zu versetzen.

§. 51. Von den Flammenfeuersätzen insbesondere. Das Feuer der Flammenfeuersätze ist entweder *weiss* oder *gefärbt*; da aber die Darstellung einer weissen Flamme auf denselben Prinzipien beruht, als die Darstellung der farbigen Flammen, so betrachten wir die weissen Flammenfeuersätze als mit zu den farbigen Flammenfeuersätzen gehörig.

Die Mischungsverhältnisse der für die Flammenfeuersätze anzuwendenden Materialien lassen sich noch weniger, als die der Funkenfeuersätze mit Sicherheit bestimmt angeben, weil bei diesen Sätzen die geringste veränderte Qualität eines oder des anderen Materials oft eine der beabsichtigten ganz entgegengesetzte Wirkung hervorbringt; ich muss mich daher bei diesem Theile der Feuerwerkerei etwas länger aufhalten, als es vielleicht von Manchem als nöthig angesehen werden dürfte.

Dieser Theil der Feuerwerkunst war noch vor wenig Jahren sehr vernachlässigt; was man darinnen etwa Gutes erfand, wurde von den Feuerwerkern geheim gehalten; auch fehlte es früher an mehreren für die Darstellung bunter Flammen nöthigen chemischen Präparaten, oder sie waren früher für ihre Anwendung zu kostbar.

Die Bedingnisse eines guten Flammenfeuersatzes sind möglichste Lichtstärke, und eine reine, mit keiner Nebenfarbe vermischte, möglichst intensive Färbung. Als Grundmischung wird für die Flammenfeuersätze ebenfalls der Salpetersatz, mehr jedoch der Chlorkalisatz angewendet, da es hier fast gar nicht auf eine heftig wirkende Kraft ankommt, sondern mehr auf eine energisch leicht brennende Mischung.

Die Färbung der Flamme entsteht*) dadurch, dass Partikeln eines gewissen im Satze enthaltenen Körpers entweder mechanisch durch die Flamme aufgerissen oder gasförmig aufgelöst, schwimmend sich in ihr befinden, und durch die Flamme erglühend, mit einem ihnen eigenthümlichen farbigen Lichte leuchten. Die Art des Leuchtens dieser für diesen Zweck dem Satze beigemischten Körper erleidet zuweilen Veränderungen, wenn die Flamme durch eine oder die andere Grundmischung erzeugt wird.

*) Wahrscheinlich.

Die Metalle, sowohl in ihrem regulinischen Zustande, als auch in ihren verschiedenen Verbindungen mit andern Körpern, besitzen die Eigenschaft, theils *selbst* bei einer gewissen Temperatur eine farbige Flamme zu liefern, theils auch, in einer bereits vorhandenen Flamme als Färbungsmittel aufzutreten und hierauf beruht die Darstellung der Farbenfeuersätze.

Wird irgend ein Metall, Metalloxyd, Schwefelmetall oder Metallsalz im fein zertheilten Zustande in eine Flamme gebracht, so erhält die Flamme davon eine Färbung, von einer jedem Metalle eigenthümlichen Art. Die Flamme selbst aber muss einen gewissen Grad der Temperatur haben, wenn eine Färbung entstehen soll; dieser Grad der Temperatur ist nicht allein für jedes Metall, sondern auch für jeden der oben angeführten verschiedenen Zustände, in denen ein Metall in die Flamme gebracht wird, verschieden; wendet man Metallsalze an, so ist es nicht immer einerlei, welche Salzverbindung man gebraucht, da dann zuweilen, obwohl immer nur schwach, auch die *Basis der Säure* färbend auftritt.

Die verschiedenen Materialien, ihre Anzahl sei welche sie wolle, aus denen ein farbig brennender Satz besteht, lassen sich in drei *Haupttheile* hinsichtlich der Art ihrer Wirkung theilen, jeder dieser Haupttheile wirkt, für sich allein gedacht, verschiedenartig von dem andern, und ich bezeichne diese drei Haupttheile oder Wirkungen mit den Buchstaben *A, B, C*.

Der erste Theil *A* ist der, welcher bei einer gewissen erhöhten Temperatur verändert wird und dabei Sauerstoffgas entbindet; der zweite Theil *B* ist der eine Flamme erzeugende; der dritte Theil *C* der die Flamme färbende.

Hieraus geht hervor, dass man bei der Zusammensetzung eines farbig brennenden Satzes darauf zu achten hat, dass der Satz solche Materialien enthalte, die die Wirkungen *A, B* und *C* zu leisten vermögen; wie sich aber diese Materialien hinsichtlich ihrer quantitativen Mengen zu einander verhalten müssen, um die verlangte Wirkung hervorzubringen, diess kann nur durch Versuche, nicht aber durch Berechnungen gefunden werden, da hier noch andere Nebenumstände und chemische Prozesse bei der Verbrennung des Satzes einwirken, welche dem verlangten Zweck oft unvorhergesehene Hindernisse in den Weg legen.

Wird der Satz angezündet, so zerlegt die aus *B* entstehende Flamme einen Theil des *A*, wobei sich Sauerstoffgas entbindet; dieser frei gewordene Sauerstoff unterhält das weitere Verbrennen des *B*, wodurch wiederum die Zerlegung des *A* fortgesetzt wird; die durch diese Wechselwirkung entstehende Flamme wird dabei durch das *C* gefärbt, wenn sie die zur Färbung nöthige Höhe oder Tiefe der Temperatur besitzt; diese Temperatur ist von dem gegenseitigen quantitativen Verhältnisse des *A* und *B* sowohl, als von der Art der Grundmischung, und dem qualitativen und quantitativen Verhältnisse der Bestandtheile eines Satzes überhaupt abhängig. Im Allgemeinen steigt

die Temperatur der Flamme mit der steigenden Quantität des sich entbindenden Sauerstoffes, doch ist durch eine vergrößerte Quantität des *A* die Steigerung der Temperatur nur bis zu einem gewissen Punkte möglich, wird dieser überschritten, so sinkt die Temperatur wieder, weil dann die Quantität der Flamme zu klein wird, um vollkommen zerlegend auf *A* einwirken zu können. Im Allgemeinen muss sich daher *A* zu *B* so verhalten, dass mittelst der Verbrennung des *B*, das zur vollkommensten Verbrennung desselben nöthige Sauerstoffgas durch *B* aus *A* entwickelt werde; doch auch diess lässt sich nicht immer als eine bestimmte Regel angeben, da, wie ich schon oben bemerkte, der zur Färbung nöthige Temperaturgrad der Flamme für jedes färbende Material verschieden ist. Ferner muss der färbende Theil *C* gerade in der Quantität in dem Satze enthalten sein, die nöthig ist, die Flamme möglichst vollkommen zu färben, ohne jedoch dagegen die freie Entwicklung der Flamme zu hindern, welches Letztere bei den Farbenfeuersätzen mehr oder weniger der Fall, und von dem Volumen des färbenden Theils abhängig ist. Gewöhnlich *) sind in einem Material der erste und der dritte, oder der zweite und der dritte Theil vereinigt.

Ist der färbende Theil in einem dem Satze beigemengten salpetersauren Metallsalze enthalten, so wirkt dieses Salz als *A* und *C* zugleich; besteht der färbende Theil aus einem regulinischen Metalle oder einem Schwefelmetalle, so wirkt dasselbe als *B* und *C* zugleich; besteht dagegen der färbende Theil aus einem Metallsalze**), so wirkt dasselbe, mit wenigen Ausnahmen, nur als *C*; die Wirkung eines Metalloxyds ist immer nur färbend allein. Da wo Salpeter als *A* gebraucht wird, wirkt die metallische Grundlage seiner Basis immer mit als *C*, welches Verhalten in vielen Fällen nachtheilig wird; bei Anwendung des chloresauren Kali anstatt des Salpeters ist dies weit weniger der Fall, obschon dieses Salz mit dem Salpeter gleiche Basis hat. Unter allen Zuständen, in denen Metalle angewendet werden können, sind keine für unsern Zweck so passend, als die salpetersauren Metallsalze, weil sie, *erstens*, wie schon oben bemerkt, immer *A* und *B* zugleich sind; der Satz bedarf daher zuweilen gar keiner Beimischung von Salpetersatz oder Chlorkalisatz, oder doch weit weniger als andere Sätze, in denen der färbende Theil allein die Wirkung *C*, oder *C* und *B* zugleich, hervorbringt; *zweitens*, ist keine Metallverbindung mit einer mineralischen Säure, in erhöhter Temperatur so vollkommen zerleglich als die *salpetersaure*, alle andern Säuren halten entweder einen Theil ihrer Basis fest oder sie stören mittelst der Masse eines oder des andern ihrer feuerbeständigen Bestandtheile die Verbrennung des Satzes; die Salpetersäure thut dies nie, weil ihre beiden Bestandtheile, *Sauerstoff* und *Stickstoff* Gasgestalt annehmen, sobald ihre Verbindung, als Salpetersäure,

*) Obschon nicht für jeden Satz.

**) d. h. nicht salpetersauren.

zerlegt wird. Der frei werdende Stickstoff scheint noch insbesondere als glühender Körper zur Bildung einer grossen Flamme, womit sich die Anwendung salpetersaurer Salze auszeichnet, beizutragen. In den Sätzen, wo das färbende Metall an eine *Pflanzensäure**) gebunden ist, wird zwar auch diese Säure gasförmig zerlegt, allein, das sich bei der Zerlegung der Pflanzensäuren bildende *Kohlenwasserstoffgas* ist wegen seiner eigenen Färbungsfähigkeit unserm Zwecke oft gar sehr hinderlich. Es giebt indess nur wenige salpetersaure Metallsalze, deren Basen die Flamme schön und hervorstechend färben, oder deren anderweitige Eigenschaften nicht mehr oder weniger die Anwendung für das farbige Feuer hindern. Die meisten salpetersauren Salze enthalten entweder eine Menge chemisch gebundenes Wasser, mit dem sie bei erhöhter Temperatur zerfliessen, oder sie ziehen die Feuchtigkeit aus der Luft sehr schnell und heftig an: beides verhindert ihre Anwendung für unseren Zweck.

Die farbigen Feuersätze, in denen *A* und *C* in einem Material vereinigt sind, zeichnen sich ganz besonders vor allen übrigen aus; sie beleuchten die Gegenstände, auf die ihr Licht fällt, mit der ihnen eigenthümlichen Farbe mit vorzüglicher Lichtstärke, und ihre Farbe wird in der weitesten Entfernung deutlich erkannt; alle anderen Sätze, in denen der färbende Theil allein als *C* wirkt oder mit *B* vereinigt ist, sind bei weitem weniger schön; ihre Farbe befindet sich grösstentheils mehr oder weniger nur an der Spitze der Flamme, nur in wenigen Fällen ist die Flamme über und über gefärbt; gewöhnlich ist sie nach dem Punkte zu, wo sie erzeugt wird, gelblichweiss oder röthlich, sie besitzen wenig Lichtstärke, beleuchten daher auch andere Gegenstände nur sehr gering, oft gar nicht, mit ihrer Farbe, und schon in einiger Entfernung vom Auge des Zuschauers wird diese nicht mehr deutlich gesehen.

Durch Vermehrung oder Verminderung der Grundmischung kann man jeden Flammenfeuersatz rascher oder fauler machen. Im Allgemeinen leidet aber die Färbung durch die grössere Raschheit des Satzes, weil die Färbung, welche die metallische Basis des Grundmischungssalzes hervorbringt, überwiegend wird; ein zu fauler Satz bringt dagegen oftmals den Hitzegrad nicht hervor, der zur Färbung der Flamme nöthig ist.

Eine jede Flamme, sie sei erzeugt, durch welches Material sie wolle, ist als eine glühende Gasart zu betrachten, so auch die Flamme der Flammenfeuersätze. Die Flamme derselben besteht entweder aus Kohlenwasserstoffgas, Stickgas, Schwefelgas, Kohlenoxydgas, Chlorgas, Metallgas, oder aus verschiedenen Verbindungen dieser Gasarten. Die Art des glühenden Gases verändert mitunter die Art der Farbe, mit der die glühenden Partikeln des Metallsalzes darinnen leuchten, vermuthlich wenn die Bestandtheile der glühenden Gasart die vorhandene Metallverbindung in eine andere umwandeln,

*) Z. B. Essigsäure, Aepfelsäure etc. etc.

oder wenn die Flamme, nicht gerade die, für die beabsichtigte Färbung nöthige Höhe oder Tiefe der Temperatur besitzt, oft vernichtet auch eine *zu hohe* Temperatur *ganz* die Färbungsfähigkeit der färbenden Substanz; vermuthlich findet dann eine Deoxydation der Metallverbindung statt, und aus diesem merkwürdigen Verhalten schliesse ich, dass nicht eigentlich die Metalle in ihrem *regulinischen* Zustande Färbungsfähigkeit besitzen, sondern allein ihre *einfachen* Verbindungen mit andern einfachen Stoffen, als: *Oxyde, Chloride, Bromide* etc. etc., und dass dann die verschiedene Art ihrer Färbungsfähigkeit nicht sowohl von der Art der glühenden Gasart, als vielmehr von der Art ihrer Verbindung abhängig ist. Eine solche Verbindung des Metalles mit einem andern einfachen Stoffe braucht nicht immer schon vorläufig in der Mischung vorhanden zu sein, sondern sie kann in vielen Fällen erst im Augenblick der Verbrennung, durch gegenseitige chemische Einwirkung der vorhandenen Stoffe sich bilden, und es können daher bei verschiedenen Materialien der Grundmischung des Satzes verschiedenartige Färbungen durch ein und dasselbe färbende Material entstehen.

Einige leicht verbrennliche Metalle, wie z. B. der *Zink*, geben im regulinischen Zustande eine andere Farbe, als ihre anderweitigen Verbindungen; hier vermthe ich, dass diese Färbungsfähigkeit des regulinischen Metalles die eigenthümliche Farbe des *in Gas verwandelten* Metalles ist; wie z. B. *Jodgas* eine violette, *Chlorgas* eine gelbliche, *Kaliumgas* eine grünliche Farbe hat.

Ausser dem chlorsauren Kali würden andere chlorsaure Metallsalze für unsern Zweck sehr genügende Resultate liefern, weil in ihnen ebenfalls die Sauerstoff entwickelnde und färbende Wirkung in einem Materiale vereinigt wäre, und da alle chlorsauren Salze, gleich dem chlorsauren Kali, leicht mit Schwefel oder einem andern brennbaren Stoffe verpuffen, so würden diese Sätze gar keine der oben angegebenen Grundmischungen bedürfen, und daher sehr reine intensive Färbungen geben. Die chlorsauren Metallsalze sind aber gegenwärtig noch sehr wenig dargestellt und untersucht worden, auch sind die meisten nicht luftbeständig, sondern zerfliesslich, und ihre Bereitung ist grösstentheils sehr umständlich und schwierig.

Von den Eigenschaften der Substanz, die dem Salpeter oder dem chlorsauren Kali, als flammebildender Körper, beigemischt wird, ist die Grösse und Form der Flamme, so wie auch zuweilen die Färbung der Flamme mehr oder weniger abhängig; es werden daher bei den Flammenfeuersätzen anstatt des Schwefels zuweilen auch andere Körper angewendet, als: Antimon, Arsenik, Harz, Fett, Lycopodium, Zucker und andere kohlenstoffhaltige und kohlenwasserstoffhaltige Körper mehr, je nachdem ein oder das andere Material der beabsichtigten Wirkung am besten entspricht. Das Antimon tritt am häufigsten an die Stelle des Schwefels, weil es eine grosse Flamme giebt, doch ist es wegen seiner eigenen Färbungsfähigkeit nicht in allen Fällen an-

wendbar. Harze und Fette geben als brennbare Beimischung meist immer sehr gute grosse Flammen, welche auch leicht alle Arten von Färbungen annehmen, sie verlangsamen aber den Satz zu sehr, weil das Schmelzen dieser Substanzen die übrigen Bestandtheile des Satzes einhüllt, der Satz erhält dadurch in der Regel eine zu niedere Temperatur für den beabsichtigten Zweck; in den meisten Fällen sind diese Substanzen auch wegen den Rückständen von Kohle, die sie, mitunter in grosser Menge, hinterlassen, nicht anwendbar, zuweilen macht das aus ihnen sich entbindende Kohlenwasserstoffgas die beabsichtigten Färbungen sehr unrein; der Schwefel giebt zwar keine sonderliche grosse Flamme, aber dieselbe nimmt alle Färbungen leicht und mit aller Reinheit an, daher wird derselbe nur immer da durch andere Substanzen ersetzt, wo man aus andern weiter unten näher entwickelten Ursachen den Schwefel nicht gern anwendet.

§. 52. Bei den Flammenfeuersätzen, welche ausser der Grundmischung noch ein salpetersaures Salz oder Sauerstoff lieferndes Salz enthalten, muss der Schwefel *) um so viel vermehrt werden, als nothwendig ist, die neben der Grundmischung noch beigemengten Sauerstofflieferer zu zerlegen. Bei Anwendung des Schwefels als brennbare Substanz kann man das quantitative Verhältniss desselben zu den Sauerstofflieferern in der Regel immer wie eins zu vier annehmen; ein Theil Schwefel auf vier Theile Sauerstoff liefernde Salze ist jedoch das Minimum, sonst erhält man eine gar zu kleine Flammenbildung, in einigen Fällen nur ist man genöthiget, den Schwefelgehalt noch zu verringern, wo die Färbungsfähigkeit der färbenden Substanz schwach ist und eine grosse Flamme nicht vollkommen zu färben vermag, aus demselben Grunde darf auch der Schwefelgehalt obiges Verhältniss nie bedeutend überschreiten.

Werden anstatt des Schwefels andere flammegebende Körper angewendet, so hängt die Wirkung von dem grössern oder mindern Gehalt von Kohlenstoff und Wasserstoff des brennbaren Körpers ab, die für den beabsichtigten Zweck nöthige Quantität lässt sich daher durch Berechnung nicht mit einiger Sicherheit bestimmen, und muss durch Erfahrung ermittelt werden.

Schwefelmetalle, als: Antimon oder Realgar, die dann und wann den Schwefel ersetzen, kann man, was ihr quantitatives Verhältniss zu den Sauerstofflieferern in den Sätzen anbetrifft, dem Schwefel gleich behandeln.

§. 53. Eben so, wie es bei den Funkenfeuersätzen der Fall ist, lassen sich auch eine unzählbare Menge der verschiedenartigsten Flammenfeuersätze darstellen; und da die Chemie noch immer neue, für unsern Zweck passliche Präparate liefern kann, so ist die Anzahl der guten brauchbaren Flammenfeuersätze noch keineswegs abgeschlossen. Man findet in den Feuerwerkschriften eine Menge verschiedenartig zusammengesetzter Flammenfeuersätze

*) Oder die ihn ersetzenden brennbaren Stoffe.

angegeben, die indessen in ihrer Art oft wenig von einander abweichen, und deren Wirkung nur bald mehr, bald weniger effektiv ist; ich habe in diesem Werkchen daher nur die aufgenommen, die ich für die besten und brauchbarsten erkannte.

Je einfacher ein Satz zusammengesetzt ist, als desto vorzüglicher ist er gegen einen minder einfachen von gleicher Wirkung zu betrachten, weil sich der einfachere Satz leichter als der zusammengesetztere anfertigen, und sich das quantitative Verhältniss seiner Bestandtheile leichter abändern lässt, im Fall er der beabsichtigten Wirkung nicht entsprechen sollte. Ich habe mich zwar bemühet, die Sätze möglichst zu vereinfachen, doch ist mir dies nicht überall gelungen, weil man oft, theils um eine gute Flamme zu erhalten, verschiedenartige brennbare Stoffe, theils um die nöthige Raschheit des Satzes zu erlangen, beide feuererzeugende Grundmischungen in *einem* Satze anzuwenden genöthigt ist.

Ueber die Darstellung der einzelnen *verschiedenen* Farben findet man weiter unten in §. 103—113 noch Näheres für diejenigen angegeben, denen es Vergnügen machen dürfte, weitere Forschungen darinnen anzustellen, es konnte dies erst dort seinen Platz finden, weil die verschiedene Anwendung des farbigen Feuers für verschiedene Arten von Feuerwerkstücken, deren Beschreibung erst folgen kann, für eine und dieselbe Farbe oft verschiedene Materialien verlangt.

§. 54. Zuweilen werden Funkenfeuer- und Flammenfeuersätze mit einander gemischt angewendet, theils um eine doppelte Wirkung für das Auge zu erreichen, theils um einen Flammenfeuersatz so rasch zu machen, dass er als treibendes Feuer zu dienen im Stande ist. Diese Sätze wollen wir *Doppelsätze* nennen, man bildet sie in der Regel dadurch, dass man einem Flammenfeuersatz so viel Mehlpulver zusetzt, bis er die nöthige Raschheit erreicht hat.

Die treibende Kraft der Sätze beruhet grösstentheils nur auf der Erzeugung von einer mehr oder mindern Menge sich entbindenden kohlsauren Gases, deshalb ist es nicht immer durchaus nothwendig, um einen Flammenfeuersatz treibend zu machen, Mehlpulver zuzusetzen, es reicht oft ein Zusatz von einer geringen Quantität Kohle hin, die treibende Kraft zu erzeugen, vorausgesetzt, dass der Satz genug sauerstoffliefernde Substanzen enthält, um die Kohle in kohlsaures Gas umzuwandeln; wird mehr Kohle zugesetzt, so wird der Satz wieder fauler, weil die überschüssige Kohle dann nicht mehr verbrennen kann, und sich folglich für den Satz als unverbrennende Substanz, die Verbrennung hindernd, verhält. Die Farbe der Flamme wird allerdings durch dergleichen Zusätze sehr geschwächt oder verändert, bleibt jedoch in den meisten Fällen immer noch so wirksam für das Auge, dass man sie deutlich erkennt, besonders wenn sie durch geschickte Mittel, worüber man im

dritten Abschnitt Näheres findet, unterstützt wird. Die ältere Feuerwerkerei benutzte sehr viele dergleichen Sätze, von denen ich auch die wirksamsten weiter unten, da wo sie Anwendung finden, in dieser Schrift mit aufgenommen habe; die grösstentheils sehr eigenthümliche Zusammensetzung dieser älteren Sätze lässt sich indess überall auf obige allgemeine Grundsätze zurückführen, und nach denselben bestimmen. Diese *Doppelsätze* sind eigentlich nichts anders als rasche Flammenfeuersätze, und man könnte sie füglich unter die Flammenfeuersätze zählen, da ihr Zweck weit weniger der des Funkenauswerfens als der einer Flammenbildung ist. Da sie aber immer nur ganz in der Art wie die Funkenfeuersätze Anwendung finden, so gehören sie in dieser Hinsicht mehr den Funkenfeuersätzen als den Flammenfeuersätzen an, oder bilden eigentlich eine besondere für sich bestehende Klasse unter den Sätzen.

§. 55. Wie schon oben bemerkt ist die Brennungsgeschwindigkeit *) der Sätze sehr verschieden, was natürlich von der qualitativen und quantitativen Verschiedenheit der Materialien, aus denen ein Satz bestehet, abhängt; doch kann auch ein und derselbe Satz sehr grosse Verschiedenheiten hinsichtlich seiner Verbrennungsgeschwindigkeit liefern, je nachdem die Art und Weise seiner Verbrennung stattfindet. Die Art der Verbrennung zerfällt in zwei Hauptverschiedenheiten:

- a) *Verbrennung verschiedener Quantitäten auf ein und dieselbe Art und Weise;*
- b) *Verbrennung gleicher Quantitäten auf ein und dieselbe Art und Weise bei mehr oder milderer Dichtigkeit **) der Masse.*

In Betreff der erstern Verbrennung *ad a.*, so steigt die Verbrennungsgeschwindigkeit verhältnissmässig mit der Quantität der Masse, d. h. bei zwei verschiedenen Quantitäten Satz ein und derselben Art verbrennt unter *gleichen Umständen der Verbrennung*, eine grössere Quantität ***) schneller als eine kleinere Quantität, weil bei einer grössern Quantität die Quadratfläche der den Satz umgebenden wärmeraubenden äusseren Gegenstände gegen die kubische Masse des Satzes kleiner, niedriger, sich verhalten als die umgebenden Flächen einer kleinern Quantität Satz zu dessen kubischem Inhalte; die zur Verbrennung nöthige Temperatur pflanzt sich um so schneller durch die Masse fort und wirkt um so heftiger auf sie ein, je kleiner die Summe der wärmeableitenden Quadratflächen gegen die Summe des kubischen Inhaltes der Masse ist, d. h., je weniger der brennenden Masse von der bei der Verbrennung entstehenden Temperatur durch äussere Gegenstände geraubt wird. Es versteht sich von selbst, dass hier nur eine Verbrennung gedacht ist, bei welcher die

*) Raschheit oder Faulheit.

**) *Comprimirung der Masse.*

***) Verhältnissmässig zu ihrer Masse.

ganze Fläche der Satzmasse auf einmal brennt. Man denke sich zwei Kugeln von einem und demselben Satze, eine Kugel zwei Zoll, die andere einen Zoll im Durchmesser, beide über ihre ganze Fläche hin brennend, so wird die grössere Kugel *in Verhältniss ihrer Masse zu der kleinern* schneller als die kleinere verbrennen. Da wo die Verbrennung so angeordnet ist, dass der Satz nur an einem Theil der Fläche seiner Masse, d. h. schichtweise, verbrennt, treten natürlich nach der Verschiedenheit der Grösse der brennenden Fläche auch bei gleichen Quantitäten verschiedene Brennungsgeschwindigkeiten ein; wobei das oben bemerkte Verhalten übrigens nicht aufgehoben, sondern nur nach den obwaltenden Umständen motivirt wird. Man denke sich zwei Satzcyylinder von gleicher Höhe, den einen zwei Zoll, den andern einen Zoll im Durchmesser, beide von wärmeableitenden Flächen *gleicher Art* umgeben, beide an einer ihrer Kreisflächen brennend, so wird der dickere Cylinder schneller als der dünnere verbrennen, während beide Cylinder gleiche Zeit brennen müssten, wenn die wärmeableitenden Flächen in gleichem Verhältniss mit der grössern und kleinern Flamme, oder was hier eins ist, deren Temperaturen, des einen und des andern Cylinders ständen. Diesen Umstand hat der Feuerwerker, in allen den Fällen, wo Satzcyylinder von verschiedenen Querdurchmessern gleiche Zeiten lang brennen sollen, ganz besonders in Erwägung zu ziehen.

Die Verbrennung *ad b.* betreffend, so sagen die Feuerwerker, *je fester ein Satz comprimirt ist, desto langsamer wird seine Verbrennungsgeschwindigkeit.* Diese Theorie, welche man in allen Feuerwerkschriften angegeben findet, ist jedoch nur dann richtig, wenn die einzelnen Bestandtheile eines Satzes jeder für sich allein bis zu einem *mathematischen Minimum* zerkleint und mathematisch gleichmässig gemischt neben einander liegend gedacht werden; oder dann, wenn eine ebenso mathematisch bis ins Minimum zerkleinerte und gemischte Grundmischung eines Satzes eine solche Substanz als Beimischung, gleich viel, ob letztere fein oder grob pulverisirt sei, enthält, welche *feuerfest* ist, und für die Grundmischung in chemischer Beziehung gänzlich gleichgültig, d. h. nicht reagirend, betrachtet werden kann. Um diese etwas schwierige, aber für den Feuerwerker sehr wichtige Theorie zu erläutern, diene meinen Lesern Folgendes:

Wird in eine cylinderförmige Röhre eine bestimmte Quantität Mehlpulver fest comprimirt und eine gleiche Quantität Mehlpulver in eine andere cylinderförmige Röhre, gleichen Durchmessers nur lose eingedrückt, so brennt das fest comprimirte Mehlpulver *langsamer* als das *lose* eingeladene, weil das Feuer in der erstern Röhre sich nicht so leicht durch die Masse fortpflanzen kann, als in der letztern, in welcher die Räume zwischen den einzelnen Mehlpulverpartikeln wegen der geringern Comprimirung grösser, weiter, als in der erstern sind. Nimmt man dagegen eine Mischung von Salpeter, Schwefel

und Kohle *in demselben Mischungsverhältnisse*, in welchem diese drei Substanzen im Schiesspulver vereinigt sind, *jeder Bestandtheil für sich allein* gepulvert, aber *jeder grade so fein wie das Mehlpulver*, und wiederholt man mit diesem Satze obigen Versuch, so brennt die Röhre, in welcher der Satz fest comprimirt sich befindet, *schneller* als die, welche den minder fest comprimirt Satz enthält. Dieses sonderbar scheinende Verhalten erklärt sich wie folgt.

Im Schiesspulver sind die drei Substanzen, woraus es besteht, so fein zerkleint und so innig mechanisch gemischt, dass man diese Mischung als eine mathematisch innige betrachten kann; wird nun gekörntes Schiesspulver in Mehlpulver verwandelt, so wird die innige mechanische Mischung der drei Substanzen keinesweges aufgehoben, sondern dies Mehlpulver ist dann noch immer als ein nur noch feiner gekörntes Kornpulver zu betrachten, und jedes einzelne Partikelchen Mehlpulver bestehet an und für sich aus einer in sich gleichen quantitativen Mischung der drei Substanzen, aus denen jedes Körnchen des vorherigen Kornpulvers bestand, es bildet jedes einzelne Körnchen des Mehlpulvers ein chemisch thätiges, selbstständiges Ganzes. Werden dagegen Salpeter, Schwefel und Kohle, jede Substanz für sich allein, fein gepulvert bis zu derselben Feinheit der mechanischen Zerkleinerung, wie das Mehlpulver, und dann mit einander mechanisch gemischt, so ist daraus noch kein Mehlpulver geworden, weil dann jedes einzelne Partikelchen, nur entweder aus einem Partikelchen Salpeter, Schwefel oder Kohle, *nie* aber aus einem aus allen dreien dieser Substanzen zusammen gesetztes bestehet. Um die Wirkung des Schiesspulvers zu erhalten, müssen aber alle drei seiner Bestandtheile gegenseitig chemisch thätig sein, je näher nun diese drei Bestandtheile an einander liegen, um desto heftiger und schneller ist ihre chemische Einwirkung auf einander; wird nun ein Satz bestehend aus gepulvertem Salpeter, Schwefel und Kohle, fest comprimirt; so rücken die einzelnen Partikeln seiner Bestandtheile näher an und zwischen einander, und die chemische Thätigkeit, welche sie bei einer gewissen höhern Temperatur auf einander ausüben, wird schneller; man kann sagen, es wird ein solcher Satz, je mehr man ihn comprimirt, Schiesspulver ähnlicher, in Beziehung der chemischen Thätigkeit seiner Bestandtheile auf einander.

Jedes einzelne Partikelchen *Kohle* ist ein *voluminöses* Theilchen, in dessen Zwischenräumen sich Luft befindet, durch Comprimirung wird das Volumen der Kohle verringert und die enthaltende Luft herausgedrückt, wodurch natürlich die chemische Wirkung der andern Substanzen gegen die Kohle sich anders verhalten muss als zuvor.

Wird ein Gemisch von Schwefel, Salpeter und Kohle fest comprimirt und nachher wieder bis zu derselben Feinheit gepulvert, welche jede dieser drei Substanzen vorher hatte, so erhält man einen Satz, welcher *rascher* ist, als

dieselbe Mischung, ehe sie comprimirt wurde, ferner nimmt dann dieser comprimirt und dann wieder gepulverte Satz einen *kleinern* Raum bei gleichem Gewicht ein, als der uncomprimirt, ein Beweis, dass eine oder die andere Substanz an Volumen verloren hat, und diese Substanz, welche hierin verändert wurde, ist die Kohle. Aehnliche Erscheinungen erhält man, wenn man ein Gemisch von Salpeter, Schwefel und Kohle mit Wasser anfeuchtet, trocknet, und dann wieder pulverisirt, der Satz wird dadurch bedeutend rascher, als er zuvor war; hier wird nämlich ein Theil des Salpeters aufgelöst, welcher dann in die mit Luft gefüllten Räume der Kohle eindringt, die Luft austreibt und sich an deren Stelle setzt, wobei die Berührungsflächen des Salpeters mit der Kohle vermehrt und die chemische Thätigkeit beschleuniget wird. Man denke sich die Partikeln, aus denen ein solcher Satz besteht, im Grossen, z. B. jedes Partikel der einzelnen Substanz, Salpeter, Schwefel, Kohle, eine Kubiklinie gross und es läge von jeder ein Partikel so neben den andern, dass jedes Partikel die andern mit einer gleichen Fläche einer seiner Seiten berühre, so wird die für ihre chemische Thätigkeit nöthige Zeitdauer nach Maassgabe der Grösse ihrer Berührungsflächen eine bestimmte sein; nun denke man sich jedes dieser drei Partikeln nochmals in drei Theile zerkleinert und dann mit einander und untereinander gemischt zu einem Kubus vereiniget, und aus diesem Kubus dann wieder drei Kubi, jeden eine Kubiklinie gross geformt, so wird jeder dieser Kubi nicht mehr aus einer einzigen Substanz, Salpeter oder Schwefel, oder Kohle, sondern jeder aus allen dreien dieser Substanzen bestehen und daher auch jeder ein selbstständiges chemisch thätiges Ganzes bilden; angenommen nun, die chemische Thätigkeit oder, was hier eins ist, die Verbrennung der drei Substanzen bedürfe im erstern Zustande *eine* Minute Zeit, so wird*) jeder einzelne Kubus im zweiten Zustande für seine chemische Thätigkeit nur eine ein drittel Minute bedürfen, und bei gleichzeitiger Entzündung die Zeit der chemischen Thätigkeit aller drei Kubi zusammen auch nur eine ein drittel Minute betragen. Es versteht sich von selbst, dass das so eben hier Gesagte nur ein erläuterndes theoretisches Bild sein soll, zur Erklärung der Erscheinungen, welche die Sätze bei grösserer oder minderer Zerkleinerung ihrer einzelnen Bestandtheile und grösserer oder minderer Dichtigkeit der Masse in der Praxis im allgemeinen liefern, und welche wir nun hier noch näher betrachten wollen.

Je feiner die Materialien eines Satzes pulverisirt sind, *bei gleicher Dichtigkeit der Masse*, desto grösser wird seine Verbrennungsgeschwindigkeit.

Wird Mehlpulver gemischt mit einer leicht brennbaren aber nicht schmelzbaren Substanz, z. B. mit Kohle, Holzspänen etc. etc., so steigt die Verbrennungsgeschwindigkeit mit der feinem mechanischen Zerkleinerung der

*) Bei der nöthigen Temperatur.

brennbaren Substanz so wie mit der grössern Comprimirung der Masse. Ist dagegen die brennbare Substanz leicht schmelzbar, z. B. Harz, Fett etc. etc., so wird unter gleichen Umständen die Verbrennung langsamer, weil die schmelzbaren Partikeln in mehr zerkleinertem Zustande schneller schmelzen und daher auch die Zwischenräume in der Masse schneller ausfüllen, wodurch die chemische Thätigkeit des Mehlpulvers mehr geschwächt wird, als wenn die schmelzbare Substanz gröber gepulvert ist, in welchem Zustande sie durch das Feuer des Satzes eher herausgeworfen wird, bevor sie vollkommen schmelzen kann; ebenso auch bei grösserer Dichtigkeit der Masse, weil dann die Zwischenräume kleiner sind, und daher von der schmelzenden Substanz schneller ausgefüllt werden können.

Wird Mehlpulver gemengt mit einer unverbrennlichen Substanz, so wird die Verbrennung bei grösserer Comprimirung *langsamer*, weil durch die unverbrennliche Substanz die Zwischenräume in der Masse, durch die sich die Verbrennung fortzupflanzen hat, dichter ausgefüllt werden, je kleiner die Zwischenräume sind. Die heftige und rasche Wirkung des *gekörnten* Schiesspulvers beruhet, wie man aus obigem leicht erkennen wird, hauptsächlich eben darauf, dass es gekörnt ist; es verbrennt jedes einzelne Körnchen eigentlich für sich allein und die Verbrennung pflanzt sich von dem einen zu dem andern durch die Zwischenräume fort, welche die neben einander liegenden Körnchen zwischen einander lassen; auch bei der stärksten Comprimirung des Kornpulvers werden diese Zwischenräume nie ganz aufgehoben.

Bei den Flammenfeuersätzen treten diese Unterschiede der Verbrennungsgeschwindigkeiten bei verschiedener Dichtigkeit der Masse sehr oft verändert und nie so merklich hervor, als wie bei den Funken-Feuersätzen, weil einestheils die Flammenfeuersätze durchgängig weit *fauler* als die Funkenfeuersätze sind, andertheils die grosse Verschiedenartigkeit ihrer Zusammensetzung sehr verschiedene chemische Thätigkeiten hervorbringt. Durch grössere Dichtigkeit werden die meisten Flammenfeuersätze *fauler*, und dies um so mehr, je feiner ihre Bestandtheile pulverisirt sind, wenn sie, wie es meist der Fall ist, nur Substanzen enthalten, die durch Comprimirung ihre Volumen nicht verändern. Das nähere Zusammenliegen der einzelnen Partikeln ihrer Bestandtheile bei grösserer Dichtigkeit vermehrt hier im Allgemeinen nicht ihre Verbrennungsgeschwindigkeit, wie sich nach Obigem erwarten liesse, weil bei diesen Sätzen überhaupt nur eine sehr geringe Gasentwicklung*) stattfindet, und es pflanzt sich daher auch die zur Verbrennung nöthige Temperatur bei grösserer Dichtigkeit schwerer durch die Masse fort als bei einem loseren Zusammenliegen, wobei, im letztern Falle, durch die schnellere Fortpflanzung der Temperatur, mittelst der vorhandenen grössern Zwischenräume, die Ver-

*) Im Vergleich mit der der Funkenfeuersätze.

brennung im grössern Maasse begünstiget wird, als durch das Näherzusammenliegen der Substanzen bei dadurch mehr verminderten Zwischenräumen.

Durch einen Zusatz von *Kohle* werden die Flammenfeuersätze, wie schon oben bemerkt wurde, rascher, theils, vermöge der grossen Affinität des Kohlenstoffes zum Sauerstoff und dadurch beschleunigter Zerlegung des Sauerstofflieferers, theils darum, weil die Entwicklung des dadurch entstehenden kohlen-sauren Gases, vermöge der grossen Expansions-Fähigkeit desselben, die Temperatur in die Zwischenräume der Masse hineinzwängt und dadurch die Verbrennung beschleuniget.

Die mannigfachen Veränderungen, welche unter verschiedenen Umständen der Verbrennung die Sätze hinsichtlich ihrer Raschheit erleiden, wird der Leser da noch näher kennen lernen, wo ihre verschiedenartige Anwendung gezeigt wird, hier konnte zuvörderst nur ein allgemeiner Begriff darüber gegeben werden.

Vom Maass und Gewicht der Feuerwerkstücke.

§. 56. Um Irrungen zu vermeiden, ist es nothwendig, zu bemerken, dass ich in dieser Schrift, wo von Fuss, Zoll und Linien die Rede ist, das *preussische* oder *rheinländische Duodecimal-Fussmaass*, und da, wo Gewichtsverhältnisse angegeben sind, das *preussische Pfund* zu 32 Loth, das Loth zu 4 Quentchen, das Quentchen zu 60 Gran, angenommen habe.

Die einfachen Feuerwerkstücke bestehen grösstentheils aus papiernen Röhren, die mit den Sätzen geladen werden. Für die Form und die einzelnen Theile dieser Röhren haben sich gewisse bestimmte Verhältnisse festgesetzt, die durch die Erfahrung als die zweckmässigsten erkannt worden sind. Der *innere* Durchmesser dieser Röhren ist nach dem Geschmack und Willen des Feuerwerkers von einigen Linien an bis zu mehreren Zollen steigend veränderlich, aber die einzelnen Theile der Röhren, ihre Stärke und Länge u. s. w. bleiben für die Feuerwerkstücke einer Art immer in gleichem Verhältnisse mit dem inneren Durchmesser der Röhre, welches Maass dieser auch immer haben mag; es ist daher der Bequemlichkeit wegen in der Feuerwerkerei Brauch geworden, diese Röhren nach der Grösse ihres *inneren* Durchmessers zu benennen, und ihn als Einheit des Maasses für die einzelnen Theile und die Verhältnisse der Röhre selbst anzunehmen. Der innere Durch-