

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Martin Websky's Lustfeuerwerkerei

Websky, Martin

Breslau, 1846

Die Stoffe und Substanzen der Lustfeuerwerkerei in ihrem chemischen und physikalischen Verhalten, theoretisch betrachtet von Ernst Schnell

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

Die

Stoffe und Substanzen

der

LUSTFEUERWERKEREI

in ihrem

chemischen und physikalischen Verhalten

theoretisch betrachtet

von

Ernst Schnell.



Stoffe und Substanzen

LUSTFEUERWERKEREI

chemischen und physikalischen Verfahren

Ernst Schnell

Die Wir-
roben sämt-
Eigenschaf-
nen; insbe-
zeugen, w-
werden,
Die Ver-
zweierlei A-

Veränderun-

theilweises
Aenderung-
derung),

Um dies
einzatheile
voranzusch-

Die kün-
werden sät-
welche dar-
entwickeln.

Obwohl
oder wenig
die auf tro-
auch Licht

Unter a-
Brom, Iod

Einleitung.

Die Wirkungen, welche die Feuerwerkerei hervorzubringen bezweckt, beruhen sämmtlich auf der Verschiedenheit der chemischen und physikalischen Eigenschaften, welche den in Anwendung gezogenen Substanzen inne wohnen; insbesondere aber auf den Wirkungen, welche diese Eigenschaften erzeugen, wenn diese Substanzen durch hinzugebrachten Wärmestoff verändert werden.

Die Veränderungen, welche die Stoffe durch den Wärmestoff erleiden, sind zweierlei Art:

- 1) Ist die Substanz ein einfacher Körper, Veränderung seines Aggregatzustandes (physikalische Veränderung.)
- 2) Ist die Substanz ein zusammengesetzter Körper, theilweises oder gänzlichcs Zerfallen in seine einfachen Bestandtheile, oder Aenderung der Art des Zusammenliegens seiner Atome (chemische Veränderung.).

Um diese Stoffe rücksichtlich ihrer Wirkungen in gewisse Hauptgattungen einzutheilen, erachte ich es für nöthig, einige nähere Begriffsbestimmungen voranzuschicken.

Die künstlichen Feuer, auf deren Darstellung die Feuerwerkerei beruhet, werden sämmtlich durch Mengungen solcher Substanzen hervorgebracht, welche durch ihre chemische Einwirkung auf einander *Licht* und *Wärme* entwickeln.

Obwohl bei allen chemischen Bindungen und Trennungen *Wärme* mehr oder weniger gebunden oder entbunden wird, so sind es doch namentlich nur die auf trockenen Wege stattfindenden chemischen Vorgänge, bei welchen auch *Licht* entbunden und wahrnehmbar wird.

Unter allen bekannten einfachen Stoffen entwickeln *Sauerstoff*, *Chlor*, *Brom*, *Iod* und *Fluor*, das meiste Licht, wenn sie mit Stoffen von starken

chemischen Vereinigungsbestreben zusammentreffen; weshalb man auch, da dieses Anziehungsvermögen auf entgegen gesetzten elektrischen Verhalten beruhet, erstere *negative*, letztere *positive* Stoffe nennt. Die oben genannten fünf Stoffe gehen auch wieder Verbindungen *unter einander* ein, wobei sie als negativ und positiv *gegen einander* unter sich auftreten, nur allein der Sauerstoff wird unter allen Verhältnissen immer als negativ betrachtet.

Je grösser der Gegensatz in dieser Beziehung zwischen zwei einander entgegengesetzten Stoffen ist, desto energischer sind die bei ihrer Vereinigung stattfindenden Erscheinungen.

Diejenigen Stoffe, welche sich am begierigsten mit einem der oben genannten fünf Stoffe verbinden, werden also die am meisten positiven sein, und daher bei ihrer Verbindung das meiste Licht und die meiste Wärme entwickeln, nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch sind es die sogenannten *brennbaren Stoffe*. Unter ihnen verhalten sich gegen den *Sauerstoff* am begerlichsten: *Wasserstoff*, *Kohlenstoff*, *Schwefel*, *Phosphor* und einige *regulinische Metalle*, gegen *Chlor* insbesondere einige *Metalle*, dann *Kohlenstoff* und *Wasserstoff*. Man nennt die oben angegebenen fünf Stoffe *Verbrenner*.

Bisher hat man von den *Verbrennern* nur den *Sauerstoff* und zum Theil das *Chlor* in der *Feuerwerkerei* benutzt; da aber *Sauerstoff* und *Chlor* im isolirten Zustande bloß gasförmig auftreten, so können für den Zweck der *Feuerwerkerei* nur ihre Verbindungen mit andern Körpern, in denen sie sich im verdichteten festen Zustande befinden und aus denen sie sich mit Leichtigkeit wieder trennen lassen, gebraucht werden. Zur Erzeugung von *Sauerstoff* oder *Chlor* kann die *Feuerwerkerei* ferner nur solche Körper benutzen, welche jene Stoffe in grösstmöglicher Menge bei möglichst kleinen Volumen enthalten, die sich leicht mit andern Substanzen mengen lassen und so lange ihre Wirkung nicht verlangt wird, im festen Zustande unverändert verbleiben. Sie müssen die Eigenschaft haben, im Augenblicke ihres Gebrauches sogleich ganz oder zum Theil aus dem festen Zustande in den gasförmigen überzugehen und zwar durch Erhitzung entweder beinahe plötzlich oder allmählig, je nach dem grade vorliegenden Bedürfnisse. Diesen Anforderungen entsprechen am vollkommensten die *salpetersauren* und die *chlorsauren Salze*, welche für den vorliegenden Zweck daher auch gegenwärtig allein in der *Feuerwerkerei* benutzt werden. Nur in einigen Fällen kommen zur Erzeugung von *Chlor*, ausser den *chlorsauren Salzen* noch einige andere *Chlorverbindungen* in Anwendung, oder solche Stoffe, welche aus den Bestandtheilen des Satzes *Chlor* entbinden, wenn die Bestandtheile des Satzes dies nicht schon selbst thun.

Da es in allen Fällen *hauptsächlich* das *Freiwerden* des *Sauerstoffes* ist, welches wir von diesen Salzen verlangen, so nennen wir diese Salze, mittelst

deren Sauerstoff
noch Chlor
Auch d
det werde
Sie lösen
der Proze
(glühendes
dern in fes
z. B. Kohle
ob sie mit
Brenner.
Unter der
Die Flamme
art leuchtet
Die Flam
dagegen leu
oxygases,
sten Temp
Solche r
leuchtend g
Stoffen in
setzen. Sol
leuchten, h
Stoffe.
Diejenige
nen, leisten
daher diese
verbrennlic
Theil der g
Liefers zur
Die Feuer
Sauerstoffie
noch anderw
Und damit
schreitende
ner und Bre
theilt und in
Wird ein
liegenden b

deren Sauerstoffgehalt brennbare Stoffe verbrannt werden, im allgemeinen *Sauerstofflieferer*, ohne Rücksicht, ob neben der Entbindung von Sauerstoff noch Chlor oder andere Gasarten frei werden.

Auch die brennbaren Stoffe müssen in der Regel als feste Körper angewendet werden. (Wasserstoff und Kohlenstoff in ihren organischen Verbindungen.) Sie lösen sich meistentheils sämmtlich bei der Verbrennung als Gas auf und der Prozess der Verbrennung dieser vereinigten Gase ist dann die Flamme (glühendes Gas), doch giebt es auch brennbare Stoffe, die nicht als Gas, sondern in fester Form, unter Glühen, verbrennen, ohne eine Flamme zu geben z. B. Kohle und Eisen. Man nennt die brennbaren Stoffe, ohne Unterschied, ob sie mit Flamme (gasförmig) oder in fester Form (glühend) verbrennen, *Brenner*.

Unter den Flammen selbst findet wieder ein mannigfacher Unterschied statt. Die Flamme ist, wie wir gesehen haben, erhitztes Gas, aber nicht jede Gasart *leuchtet* in diesem Zustande der Erhitzung.

Die Flammen des Phosphor, des Zink, des Stibium etc. leuchten sehr stark, dagegen leuchtet die Flamme des Schwefels, des Wasserstoffs, des Kohlenoxydgases, des Arsen etc. etc. beinahe gar nicht, selbst nicht bei der gesteigerten Temperatur.

Solche mit eigenem Lichte *nicht* leuchtende Flammen können aber mittelbar leuchtend gemacht werden, wenn sie mit andern glühbaren, fein zertheilten Stoffen in Berührung kommen und diese in den Zustand des Glühens versetzen. Solche Stoffe, die nur mittelst der von der Flamme geborgten Hitze leuchten, heissen *Glüher*; sie sind entweder funkengebende oder färbende Stoffe.

Diejenigen Brenner, welche ohne merkliche Flamme bloß glühend verbrennen, leisten zum Theil auch nebenbei den Zweck der Glüher; man könnte daher diese sich so verhaltenden Stoffe *sich selbst hitzende Glüher*, die unverbrennlichen Glüher aber *gehitzte Glüher* nennen. Bei einem grossen Theil der gefärbten Flammen liefert das nach der Zerlegung des Sauerstofflieferers zurückbleibende Metalloxyd den Glüher.

Die Feuerwerksmischungen müssen demzufolge immer mindestens *einen* Sauerstofflieferer und *einen* brennbaren Stoff enthalten, abgesehen von den noch anderweitig beigemengten Substanzen.

Und damit eine möglichst heftig in einandergreifende, gleichmässig fortschreitende Wirkung statt findet, müssen die Berührungsflächen von Brenner und Brenner möglichst vervielfältigt werden d. h. beide müssen fein zertheilt und innig mechanisch mit einander gemengt sein.

Wird eine solche Mischung an einer Stelle erhitzt, so fangen die nächst liegenden brennbaren Stoffpartikeln zu brennen an und zerlegen mittelst der

durch ihre Flamme erzeugten Wärme den in dem Bereich derselben befindlichen Sauerstofflieferer, der aus Letztern ausgetriebene Sauerstoff unterhält dann wieder die Verbrennung der zunächst liegenden brennbaren Partikeln; diese wirken wie die frühern auf den benachbarten Sauerstofflieferer und so pflanzt sich die Verbrennung von selbst über den ganzen Vorrath fort. Diese Fortpflanzung der Verbrennung beruht zwar zunächst auf den *chemischen* Thätigkeiten der Bestandtheile der Mischung, aber es spielen auch dabei, wie man weiter sehen wird, die *physikalischen* Eigenschaften der vorhandenen Stoffe eine nicht minder wichtige Rolle.

Damit die Fortpflanzung der Verbrennung entweder mit der grösstmöglichen oder mit einer bestimmten Geschwindigkeit geschehe, ist es vor Allem nothwendig, dass ein bestimmtes quantitatives Verhältniss der Bestandtheile der Mischung untereinander getroffen werde. Dieses Verhältniss ist in der Regel so am besten, wenn nicht mehr und nicht weniger Brennstoff vorhanden ist, als grade mit dem aus dem Sauerstofflieferer freiwerdenden Sauerstoff verbrennen kann, weil jede Abweichung von diesem Maasse die allgemeine Wirkung schwächen und daher verlangsamen muss. Doch ist es zuweilen, wenn auch nicht in jedem Falle, zur ungestörten Fortpflanzung der Verbrennung auch nebenbei noch nothwendig, dass in der Mengung ein strengflüssiger, die Wärme *schlecht* leitender Körper vorhanden sei oder während der Verbrennung durch die dabei entstehende chemische Veränderung der Bestandtheile der Mischung gebildet werde, der hier die Stelle eines *Dochtes* vertritt.

Ein jeder als Docht wirkende Körper, sei er nun dem Satze besonders beigemischt oder werde er erst durch die Verbrennung erzeugt, heisst *Dochtmittel*.

Wenn man sagt, ein Satz brenne schlecht, träge, faul, oder rasch, lebhaft etc., so verstehet man darunter immer die mehr oder weniger beschleunigte Fortpflanzung der Verbrennung.

In Folge des hier Vorausgeschickten haben wir nun drei gänzlich von einander getrennte Wesentlichkeiten der in der Feuerwerkerei anzuwendenden Stoffe zu unterscheiden:

- a) *verbrennende Stoffe, Sauerstofflieferer, Verbrenner,*
- b) *brennende Stoffe, Brenner, Flammstofflieferer,*
- c) *unbrennbare Stoffe, Glüher.*

Die *Erscheinungen*, welche sich uns darbieten, wenn einer dieser Stoffe entweder für sich allein oder gemengt mit einem oder mehrern andern von gleicher oder verschiedener Wesentlichkeit in einen gewissen Temperaturzustand gebracht wird, sind in der nachstehenden Abhandlung theoretisch zusammengestellt.

Ich habe mich bemühet, diese Theorien auf möglichst einfache Regeln zu-

rückzuführen, welche die gesammten Erfahrungen und eine langjährige Beschäftigung mit den Feuerwerkmaterialien mir gegeben haben.

Diese Theorien sollen eine tiefere Einsicht gewähren, sowohl in die Erscheinungen, welche die verschiedenen Feuerwerksmischungen darbieten, als auch in die chemischen Vorgänge, welche bei der Verbrennung der Sätze statt finden, sie sollen die Ursachen zeigen, weshalb ein Satz nur grade diese oder jene Bestandtheile in dieser oder jener Menge enthalten muss, sie sollen ferner ein Leitfaden sein, der darauf führe, wo der Fehler liegt und wie derselbe zu verbessern sei, wenn ein oder der andere Satz, was Raschheit, Flammenbeschaffenheit oder Farbe anbetrifft, je nach dem Wechsel der atmosphärischen Beschaffenheit und der Güte der Materialien, der beabsichtigten Wirkung nicht vollkommen entspricht, sie sollen endlich den Weg zeigen, der zu neuen Erfindungen und Verbesserungen, auf diesem so weiten Felde einzuschlagen ist und das vermeiden lehren, was der beabsichtigten Wirkung entgegen wirken könnte, wenn ein oder der andere Satz einer Nachhülfe bedarf.

So wie in den meisten Schriften über Chemie noch immer mehrere ältere Eigennamen gewisser häufig vorkommenden Substanzen der Kürze wegen anstatt solcher Benennungen gebraucht werden, welche diese Gegenstände *chemisch richtiger* bezeichnen, so sind auch unter den Feuerwerkern einige Eigennamen für gewisse oft zu erwähnende Salze und namentlich für gewisse bestimmte Mengungen üblich geworden, deren ich mich der Bequemlichkeit wegen auch bedient habe. Den Feuerwerkern dürften diese Eigennamen ohne Zweifel wohl schon allgemein bekannt und verständlich sein, doch will ich zur Vermeidung eines möglichen Irrthumes dieselben hier angeben.

Anstatt *chlorsaures Kali* sagt man gewöhnlich nur *Chlorkali*;

- *salpetersaures Kali* — *Kalialpeter* oder blos *Salpeter*;
- *salpetersaures Natron* — *Natronsalpeter*;
- *salpetersaurer Baryt* — *Barytsalpeter*;
- *salpetersaurer Strontian* — *Strontiansalpeter*;

Eine Mischung, in welcher nur allein der *Kalialpeter* der *Sauerstofflieferer* ist, heisst *Salpetersatz*, was auch immer für eine Substanz als Flammegebender Stoff beigemengt sein mag.

Eine Mischung, deren Sauerstofflieferer das chlorsaure Kali ist, wird in gleicher Art *Chlorkalisatz* genannt.

Unter dem Ausdruck *Salpeterschwefel* wird eine Mischung von Kalialpeter und Schwefel (gewöhnlich) in dem Verhältniss wie vier Theile Salpeter zu einem Theile Schwefel, unter dem Ausdruck *Chlorkalischwefel* eine Mischung von chlorsaurem Kali mit Schwefel in gleichem Verhältniss, verstanden. Eine Mischung von sechs Theilen Salpeter mit einem Theile Holzkohle heisst *Salpeterkohle*.

Da diese vorliegende Abhandlung für das zweite Ergänzungsheft der Lustfeuerwerkerei von Martin Websky bestimmt ist, so bin ich auch der im ersten Ergänzungshefte angenommenen Form gefolgt, und habe mich, um Wiederholungen möglichst zu vermeiden der steten Hinweisung auf Pagina und Zeile jenes Werkes und des ersten Ergänzungsheftes, da wo meine Theorien durch den praktischen Unterricht erläutert werden, bedient.

Verbrennende Stoffe, Sauerstofflieferer.

Chlorsaure Salze und salpetersaure Salze.

Die chlorsauren und die salpetersauren Salze enthalten Sauerstoff in festem Zustande: bei ersteren ist der Sauerstoff an Chlor und ein Metalloxyd, bei letzteren an Stickstoff und ein Metalloxyd gebunden. Sie kommen sämtlich darin überein, dass sie bei erhöhter Temperatur schmelzen und theils während des Schmelzens, theils bei noch über den Schmelzpunkt gesteigerter Temperatur den in ihnen enthaltenen Sauerstoff gasförmig fahren lassen. Nur die metallische Basis, welche gleichsam das Gefäss bildete, in welchem der Sauerstoff eingeschlossen war, bleibt zurück und zwar bei den chlorsauren Salzen verbunden mit Chlor als Chlormetall; bei den salpetersauren Salzen noch mit einem Theil Sauerstoff verbunden als Sauerstoffmetall, Oxyd; ähnlich wie beim Holz nach Austreibung des Wasserstoffgases die Kohle zurückbleibt.

Da jedoch ein jedes dieser Salze einen andern Schmelz- und Zerlegungspunkt hat — das heisst, die Temperaturen, bei denen der Schmelz- und Zerlegungspunkt eintritt, für ein jedes dieser Salze verschieden sind, so entsteht hieraus eine sehr grosse Verschiedenheit ihrer Wirkungen in den Feuerwerkemischungen. Die *chlorsauren Salze* schmelzen und zerlegen sich schon bei einer Temperatur, die nicht viel höher ist als der Siedepunkt des Wassers und es fällt ihr Schmelzpunkt mit dem Zerlegungspunkte fast in Eins zusammen; schon bei dem Beginnen des Schmelzens, ehe sie noch in den flüssigen Zustand vollkommen übergegangen sind, lassen sie einen Theil ihres Sauerstoffs fahren. Dies Verhalten ist Ursache, dass diese Salze mit brennbaren Substanzen gemengt

1) sehr leicht ohne Beihülfe eines Dochtmittels sich zerlegen, weil nur immer ein kleiner Theil auf einmal schmilzt, während der noch ungeschmolzene das Docht bildet*);

2) solche Mischungen sehr leicht entzündlich sind, weil sie nur eine geringe Temperaturerhöhung zu ihrer Zerlegung bedürfen;

*) Siehe Satz No. 80.

3) die
Stoffen er
Achtlich
Salzen n
und Zerl
sieh jedo
bei den b
Salzen, j
sie zerleg
Es komme
sauren Sal
Stoffen gen
und schwer
chemisch g
und dies be
wodurch w
Diese bei
Schwefel o
schwerfälli
Flammen d
dem Aufre
die schwach
germassen
von salpeter
wird der kol
die Mischung
durch eine
Am eigen
verhält sich
bei erhöhter
punktes.
Der Schn
der Zerlegu
verschieden,
Umstand, da
bringt ganz
1) Verbre
Grund darin

*) Siehe pag
**) Siehe pag

3) die Flamme solcher Mischungen leicht von beigemenkten färbenden Stoffen gefärbt wird*).

Aehnlich den chlorsauren Salzen verhalten sich unter den salpetersauren Salzen nur der Baryt und Strontiansalpeter *in der Hinsicht*, dass Schmelz- und Zerlegungspunkt bei ihnen in Eins zusammenfallen; sie unterscheiden sich jedoch von den chlorsauren Salzen dadurch, dass der Zerlegungspunkt bei den beiden genannten Salzen um vieles höher liegt als bei den chlorsauren Salzen, ja am höchsten unter allen gebräuchlichen Sauerstofflieferern, denn sie zerlegen sich erst bei einer Temperatur, bei welcher Eisen roth glühet. Es kommen ihnen daher zwar *dieselben* Eigenschaften zu, welche die chlorsauren Salze besitzen, nur mit dem Unterschiede, dass sie, mit brennbaren Stoffen gemengt, schwer entzündlich sind und ihre Zerlegung viel langsamer und schwerer vor sich geht. Denn da in ihnen der Sauerstoff weit fester chemisch gebunden ist, so gehet ihre Zerlegung auch nur langsam vor sich und dies bewirkt wieder, dass die erzeugte Temperatur nicht sehr hoch steigt, wodurch wechselseitig der Vertrennungsprocess aufgehalten wird.

Diese beiden Salze, der Baryt- und Strontiansalpeter, brennen daher mit Schwefel *allein* aus demselben Grunde wie das chlorsaure Kali, aber nur sehr schwerfällig; sie könnten auch als Grundmischung verschiedenartig gefärbter Flammen dienen, wenn nicht die eigenthümliche Färbungsfähigkeit ihrer Basis dem Auftreten anderweitiger Färbungen immer sehr hinderlich wäre. Nur die schwache Färbungsfähigkeit der Basis des salpetersauren Baryts lässt einigermaassen andere Färbungen neben sich auftreten. So brennt eine Mischung von salpetersaurem Baryt mit Schellack und kohlsauren Strontian röthlich; wird der kohlsaure Strontian durch kohlsaures Natron ersetzt, so brennt die Mischung gelb; die schwache Färbungsfähigkeit des Barytes wird hier durch eine andere grössere fast ganz unterdrückt.

Am eigenthümlichsten, am meisten abweichend von den chlorsauren Salzen verhält sich der *Kali- und Natronsalpeter*. Diese beiden Salze schmelzen bei erhöhter Temperatur lange schon vor dem Eintritte ihres Zerlegungspunktes.

Der Schmelzpunkt ist nicht viel höher als wie bei dem chlorsauren Kali, der Zerlegungspunkt jedoch, insbesondere bei dem Kalisalpeter, um vieles verschieden, jedoch noch *unter* der Rothglühhitze des Eisens. Und dieser Umstand, dass Schmelz- und Zerlegungspunkt so weit aus einander liegen, bringt ganz eigenthümliche Erscheinungen hervor.

1) Verbrennt Schwefel allein mit Salpeter gemengt nicht**), was seinen Grund darinnen hat, dass die bis zum Schmelzen *zuerst* erhitzten Salpeter-

*) Siehe pag. 25 der I. Nachträge.

**) Siehe pag. 25 und 114 im Werke und pag. 10, I. Nachträge.

partikeln die ihnen dann weiter zugeführte Hitze nicht für ihre Zerlegung verbrauchen, sondern an benachbarte Partikeln abgeben um sie gleichfalls zu schmelzen, — ebenso wie Schnee durch Erhitzen nicht eher zu gasförmigen Wasser wird, bevor nicht die ganze Quantität Schnee zu flüssigem Wasser geworden ist. — Nur durch Beifügung eines unschmelzbaren, oder mindestens schwerer schmelzbaren, die Wärme schlecht leitenden Zwischenmittels, als Docht*), wird es möglich, dieser erst allgemein werdenden Verflüssigung vorzubeugen, nämlich die Salpeterpartikeln so abzusperrern, dass die Hitze, anstatt weiter abgegeben zu werden, in ihnen selbst sich steigert, bis selbe den Grad erreicht, der zu ihrer Zerlegung nothwendig ist,

2) der flüssige Zustand, in welchem sich immer ein grosser Theil der Mischung bei dem Verbrennen befindet, ist Ursache, dass noch anderweitig beigemengte Metalloxyde keine färbende Wirkung auf die Flamme äussern können**).

Beides wäre anders, wenn bei dem Salpeter entweder der Zerlegungspunkt so tief wie der Schmelzpunkt, oder letzterer so hoch wie der erstere wäre.

Als Beweis, dass die im ersten Ergänzungshefte pag. 25, Zeile 22 angegebene Ursache, warum im *Salpetersatze* nur allein die *salpetersauren Salze* des Strontians, Baryts, Kalks etc. etc. nicht aber andere Salzverbindungen dieser Metalle, Färbungen der Flamme hervorbringen, die wahre und richtige sei, möge nachstehender Versuch hier bemerkt werden.

Macht man eine Mischung von gleichen Theilen Schwefel und einem kohlen-sauren Metalloxyd, formt daraus mittelst Wasser Kugeln, zündet sie, nachdem sie trocken geworden, an und taucht selbe brennend in ein Gefäss, welches mit Sauerstoffgas gefüllt ist, so wird man, war das Metalloxyd *Kali* eine weisse***), war es *Natron* eine gelbe, war es *Strontian* eine rothe, war es *Baryt* eine grüne Färbung der Flamme sehen, ganz in der Art, wie die gefärbten Flammen in der Feuerwerkerei. Aus diesem Versuche gehet unwiderlegbar hervor, dass zur Entstehung einer farbigen Flamme nichts weiter nothwendig ist, als dass ein brennbarer Stoff mit einem färbenden Metalloxyde gemengt der Wirkung des Sauerstoffs unmittelbar ausgesetzt werde und dass jedesmal eine gefärbte Flamme entstehen müsse, da wo diese Bedingungen vorhanden sind.

Wenn man daher in einem Satze aus Salpeter, Schwefel und kohlen-sauren Strontian bestehend, den Salpeter so isoliren könnte, dass derselbe keine andere Wirkung leistete, als den Sauerstoff herzugeben; wenn man z. B. jedes Partikelchen Salpeter in eine winzig kleine Retorte einschliessen könnte, in welcher es zur Zerlegung gebracht würde ohne mit den andern Bestand-

*) Siehe pag. 10, I. Nachträge.

**) Siehe pag. 25, I. Nachträge.

***) Siehe pag. 114.

theilen des Satzes zusammenschmelzen zu können, so ist es vollkommen gewiss, dass ein solcher Satz roth brennen würde, so gut wie ein ähnlicher Chlorkalisatz.

Da aber in einem farbigen Satze, Salpeter keine andere chemische Wirkung leistet, als den Sauerstoff zu liefern, so muss die Hinderungs-Ursache der Farbenercheinung bei dergleichen Sätzen mit Recht nur in der *physikalischen* Einwirkung des Salpeters gesucht werden.

Im Allgemeinen stehen demnach die sauerstoffliefernden Salze rücksichtlich ihres loseren oder festeren chemischen Zusammenhanges und der zu ihrer Zerlegung nöthigen Temperaturen in nachstehender Ordnung —

chlorsaure Salze — am losesten,
salpetersaures Natron,
salpetersaures Kali,
salpetersaurer Baryt,
salpetersaurer Strontian — am festesten.

Da die Differenzen zwischen Kali-Salpeter und Natronsalpeter einerseits — und die zwischen Baryt und Strontiansalpeter andererseits nur gering sind und daher ihre Wirkungsverschiedenheit zwischen je zwei von diesen Salzen nicht bemerkbar ist, so haben wir eigentlich nur *drei* von einander wesentlich verschiedene Gattungen von sauerstoffliefernden Salzen zu betrachten. Ausser den hier angegebenen Salzen werden gegenwärtig noch keine andern chlorsauren oder salpetersauren Salze als *Sauerstofflieferer* in der Feuerwerkerei benutzt. Die chlorsauren Salze sind in dem weitern Verlauf dieser Abhandlung durch das *chlorsaure Kali allein* repräsentirt, da das einzige ausser demselben noch in Anwendung kommende chlorsaure Barytsalz in seinem Verhalten mit dem Kalisatze ganz übereinstimmt. Nur für einen einzigen Fall wird ausser den oben genannten salpetersauren Salzen noch das *salpetersaure Blei* benutzt, da aber das salpetersaure Blei sich fast ganz gleich dem Kalisalpeter verhält, obschon es sich etwas leichter und trockener zerlegt, und in dem Falle seiner Anwendung mehr als färbender Stoff als Sauerstofflieferer auftritt, so ist es überflüssig, selbes mit in obiger Reihe aufzuführen. Wir haben nun das wechselseitige Verhalten dieser drei Gattungen sauerstoffliefernder Salze zu betrachten in solchen Combinationen, wo zwei oder sämtliche drei dieser Gattungen zugleich auftreten. Es versteht sich von selbst, dass die Art der Verbrennung einer solchen, so wie jeder andern dieserartigen Mengung abhängig ist von der Quantität der brennbaren Substanz und von ihrer Qualität. Da aber ein Satz ohne brennbare Substanz nicht gedacht werden kann und die Abhandlung über die brennbaren Substanzen erst weiterhin ihren Platz finden konnte, so muss vorläufig hier, wenn von Chlorkalisatz oder Salpetersatz die Rede ist, die brennbare Substanz ohne Rücksicht auf ihre Qualität immer als gerade ge-

nügend an Quantität angenommen werden. Demnach sind hier drei Fälle möglich:

- 1) Eine Mischung von chloresurem Kalisatz mit Strontian oder Barytsalpetersatz.
- 2) Eine Mischung von chloresurem Kalisatz mit Kali- oder Natronsalpetersatz.
- 3) Eine Mischung von Kali oder Natronsalpetersatz mit Baryt oder Strontiansalpetersatz.

Ad 1) Diese Art Mischung kommt am häufigsten vor; man setzt entweder Chlorkalisatz den schwer zerleglichen Salpetersätzen zu, um ihre Zerlegung zu beschleunigen*), oder man setzt auch Sätzen, welche den Chlorkalisatz zur Grundmischung haben, schwer zerlegliche Salpetersätze zu, um sie zu verlangsamen**). Dass Baryt und Strontiansalpetersatz so schwer und langsam brennen, liegt darin, dass sie einerseits eine hohe Temperatur zur Zerlegung bedürfen, anderseits bei ihrer deshalb langsamen Zerlegung keine hohe Temperatur entwickeln. Kommt chloresures Kali hinzu, so behebt dies sogleich das letztere Hinderniss, weil es durch das trocken sich zerlegende Salpetersatz an seiner eigenen leichten Zerleglichkeit keinen Eintrag erleidet, und indem es seinen Sauerstoff schneller an den brennbaren Körper abgibt; als das Salpetersatz, so erhöht sich die Temperatur der Verbrennung, wodurch zugleich das Salpetersatz gezwungen wird, seinen Sauerstoff ebenfalls schneller zu entbinden. Solche Mischungen brennen daher viel rascher, als der Salpetersatz allein, doch nie so rasch als der Chlorkalisatz allein.

Ist das salpetersaure Salz überwiegend in der Mischung vorhanden, so dass es mehr als die Hälfte der ganzen Mischungsquantität beträgt, so muss der Satz jedenfalls etwas Kohle oder der Kohle ähnlichwirkende Stoffe enthalten, sonst würde der Satz nicht brennen***). Ist dagegen das chloresure Salz im Uebermaasse vorhanden, so bedarf es eines Dochtmittels gar nicht, der Satz brennt dann auch ohne dieses rasch genug†) weil die Partikeln des chloresuren Salzes, wenn sie häufig vorhanden sind, sich neben und zwischen dem salpetersauren Salze unmittelbar berühren und von dem Salpetersatz unabhängig, die Entzündung mittheilen; das salpetersaure Salz bleibt jedoch in diesem Falle grösstentheils unzerlegt, weil hier eigentlich der Chlorkalisatz für sich verbrennt und die Zerlegung des eingemengten salpetersauren Salzes mit der raschen Fortpflanzung der Verbrennung des Chlorkalisatzes nicht gleichen Schritt halten kann.

*) Siehe die Sätze No. 29, 30, 37, 42, 34, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 92, 93, 94, 97, 98, 100, 101, 105.

***) Siehe Satz No. 28, 68, 69.

****) Siehe die Sätze No. 30, 37, 74, 75, 92, 93.

†) Siehe Satz No. 28, 103.

Ad 2) Diese Mischung liefert wenige Vortheile; man pflegt nur in manchen Fällen dem Chlorkalistrate etwas Salpeter beizumengen, um ihn zu verlangsamen, da wo ein anderes salpetersaures Salz mit der Färbungsart seiner Basis nachtheilig wirken würde*) oder man setzt etwas Salpeter zu, um den Satz im Brennen flüssiger und dadurch die Rückstände besser abtropfen zu machen**), oder man beabsichtigt durch einen Zusatz von chlorsaurem Kalium den Salpetersatz leichter entzündlich, brennbarer zu erhalten***).

So würde der blaue Lichtersatz:

Chlorsaurer Kali	8	Theile.
Milchzucker	4	-
Blauer Vitriol	3	-
Salpeter	3	-

sich gar nicht putzen, und ganz unbrauchbar sein, ohne Salpeter. — Eine Mischung von gleichen Theilen *Chlorkalischwefel* und *Salpeterschwefel* brennt schlecht und beinahe gar nicht; noch weniger verbrennlich ist diese Mischung, wenn mehr Salpeterschwefel als Chlorkalischwefel genommen wird, weil der Salpeterschwefel aus demselben Grunde, aus welchem er selbst seine Zerlegung nicht fortzupflanzen vermag, nämlich wegen seiner Verflüssigung, auch die Zerlegung des Chlorkalischwefels hindert.

Der Chlorkalischwefel, dessen Temperatur den Salpeterschwefel ohne Dochtmittel nicht zu zerlegen vermag, sondern ihn nur schmilzt, würde für sich verbrennen und den Salpeter unzersetzt bei Seite lassen, wenn er nicht eben durch den dazwischen liegenden Salpeter, der sich hier ganz chemisch unthätig verhält, zu weit auseinander gehalten wäre. Auch der Salpeterschwefel würde für sich verbrennen und den Chlorkalischwefel dabei mit zerlegen, wenn es ersterem nicht an dem zu seiner Zerlegung unentbehrlichen Dochtmittel fehlte.

Ist der Chlorkalischwefel in der Mischung im Uebermaasse enthalten, so brennt er auch für sich, lässt aber den Salpeter neben sich unzerlegt abtropfen, jedenfalls wird der Chlorkalischwefel durch den Salpeter verlangsamt.

Ein anderes Verhalten findet statt, wenn der Schwefel durch Kohle oder einen andern kohlebildenden, kohlenwasserstoffhaltigen Stoff substituirt wird, oder wenn Kohle oder ähnlich wirkende Stoffe in genügender Quantität dem Salpeterschwefel zugesetzt werden. Solche Mischungen von Salpeterschwefel und Chlorkalischwefel mit Zusätzen von Kohle oder ähnlich wirkenden Stoffen brennen in allen Verhältnissen der Grundmischung †) und es werden, ist der Salpeter vorherrschend, beide Salze vollständig zerlegt, im entgegengesetzten

*) Satz No. 73.

***) Satz No. 53. 102. 105. 106.

****) Satz No. 39. 72.

†) Satz No. 39. 73.

Falle, wenn der Chlorkalischwefel vorherrscht, wird der Salpeter nur zum Theil zerlegt und tropft theilweise unzerlegt ab; die Ursache hiervon ist entweder die zu rasche Verbrennung des Chlorkalischwefels, welcher die Zerlegung des Salpeterschwefels nicht mit gleichem Schritte folgen kann und die ihm die nöthige Kohle raubt, welche er zu seiner Zerlegung bedarf, oder die zu niedere Temperatur, welche die Zerlegung des Chlorkalischwefels begleitet, und für die vollständige Zerlegung des Salpeterschwefels nicht genügt.

Man hat viel darüber gestritten, ohne bisher einig zu werden, welche von beiden Mischungen, wenn man Salpeter oder chlorsaures Kali mit brennbaren Stoffen mengt, eine heissere Flamme gäbe und man hat in dieser angenommenen Temperaturverschiedenheit die Grund-Ursache aller Verschiedenheit in den Wirkungen beider Salze, welche sie in den Sätzen äussern, gesucht. Mit völliger Bestimmtheit ist diese Frage immer noch nicht gelöst; wahrscheinlich aber hängt die Höhe der erzeugten Temperatur bei dem einen oder dem andern Salze am meisten von der Raschheit und diese wieder von der mindern oder grössern Entzündlichkeit des Satzes ab, auch dürfte im allgemeinen bei beiden Sätzen die Verschiedenheit der erzeugten Temperaturen nicht so gross sein, dass die jedenfalls grosse Wirkungsverschiedenheit davon allein herrühren könnte. Gewiss ist es, dass der Chlorkalischsatz, weil er an und für sich eine geringere Temperatur zur Zerlegung braucht, entzündlicher ist als der Salpetersatz, daher auch weniger Hülfsmittel zu seiner Zerlegung bedarf, und ebenso richtig ist es wohl, dass die Temperatur, welche den Salpetersatz hervorbringt, mindestens so hoch sein muss als die, welche er zu seiner Zerlegung braucht, sonst würde er nicht — einmal angezündet — die Entzündung selbst unterhalten und in sich selbst fortpflanzen können.

Die durch einen Satz erzeugte Temperatur ist übrigens gewiss insbesondere abhängig von der Quantität und Qualität des brennbaren Stoffes, welchen der Satz enthält, denn Kohle erzeugt mehr Hitze bei der Verbrennung in Sauerstoff als Schwefel, und Wasserstoffgas wieder mehr als Kohle.

Ad 3) Die Mischungen von Kalisalpersatz mit den schwerer zerleglichen Baryt- und Strontiansalpersätzen sind nur von geringem praktischen Nutzen*). Solche Mischungen müssen jedenfalls Kohle oder deren Stelle vertretende Beimengungen enthalten, sie brennen dann in allen Verhältnissen. Jedoch erzielt man bei gleichen Mengen nicht diejenige Entzündlichkeit und Raschheit, die man mittelst des Baryt- und Strontiansalpersatzes durch Mischungen mit chlorsaurem Kalisatz erreichen, noch weniger diejenige, die man dem Kalisalpersatz für sich allein geben kann. Die Ursache hiervon beruht darauf, dass sich der Kalisalpersatz schwerer und langsamer zerlegt als das chlorsaure Kali und durch die Eigenschaft des Salpeters vor seiner Zerlegung

*) Satz No. 99.

flüssig zu v
des Baryt-
gehalten,
legung die
trockener
Enthält
Färbung d

Der Schw
Flamme get
entzündlich
Flamme, w
die grüne d
hellen, bläu
Eine Mer
zündet, nich
welches der
ganze Gem
platte gestre
selbst bei all
wicklung,
Verhältniss
genommen).
Wenn letzte
selbe dann n
peter giebt d
peter eine r
gelbliche Fla
Salpersatz
mittelst der a
wicklung un
mit dem aus d
schwächt auch
Damit der
genug, wenn
jedoch jedent

*) Siehe pag.
**) Siehe I. N
Wolky's Handb.

flüssig zu werden, zum Theil wieder verdirbt was er für die Entzündlichkeit des Baryt- und Strontiansatzes fördert, indem er selbst, gegen letztere Salze gehalten, zerleglicher ist, das heisst, durch seine Verflüssigung vor der Zerlegung die Zerlegung des Strontian oder Barytsalpeters, die ohne Kalisalpeter trockener vor sich gehen würde, erschwert.

Enthält eine solche Mengung viel Salpeter, so beeinträchtigt derselbe die Färbung der Flamme aus schon bekannten Gründen*).

1) Schwefel.

Der Schwefel eignet sich ganz besonders zu Feuerwerksmischungen als Flamme gebender Körper; er verflüchtigt sich leicht zu Gas, ist ohne Docht entzündlich, brennt ohne Rauch, mit blau gefärbter äusserst lichtschwacher Flamme, welche fast alle anderweitigen Färbungen leicht annimmt, nur nicht die grüne des Kupfers**). In reinem Sauerstoffgase verbrennt er mit einer hellen, bläulich weisslichen, schwach leuchtenden Flamme.

Eine Mengung von Schwefel und Salpeter brennt, auf der Oberfläche angezündet, nicht weiter fort, wenn nicht ein die Verbrennung belebendes Mittel, welches den Dienst eines Dochtes leistet, der Mengung beigegeben oder das ganze Gemisch von aussen jäh erhitzt wird z. B. auf eine glühende Metallplatte gestreuet. Die Verbrennung des Schwefels mit Salpeter allein, geht selbst bei allgemeiner Erhitzung *langsam* vor sich und mit starker Lichtentwicklung, aber viel geringerer Wärmeerzeugung als die der Kohle (das Verhältniss des Schwefels zur Kohle wird in dieser Beziehung wie 1 : 5 angenommen). Das beste Verhältniss des Salpeterschwefelsatzes ist wie 3 : 1. Wenn letzterer gar keine anderweitige Beimischung enthält, verbrennt derselbe dann mit ganz weissem sehr stark leuchtenden Lichte. Mit Natronsalpeter giebt der Schwefel unter diesen Umständen eine gelbe, mit Strontiansalpeter eine rothe, mit Barytsalpeter jedoch keine grüne, sondern nur eine gelbliche Flamme. Ist mehr Schwefel vorhanden als mit dem Sauerstoff des Salpetersalzes verbrennen kann, so verbrennt der überschüssige Schwefel mittelst der atmosphärischen Luft mit sehr geringer Licht- und Wärmeentwicklung und verzögert dadurch die Verbrennung auch des Schwefels, der mit dem aus dem Salpeter entwickelten Sauerstoffgase sich verbindet, und — schwächt auch dessen Lichtentwicklung.

Damit der Salpeterschwefel seine Verbrennung selbst fortpflanzt, ist es genug, wenn er nur 2 Prozent Kohle enthält. Der Salpeterschwefel brennt jedoch jedenfalls immer langsam, selbst bei dem grösstmöglichen Kohlenzu-

*) Siehe pag. 25, I. Nachträge.

***) Siehe I. Nachträge pag. 29.

Websky's Handb. d. Lustfeuerwerkerei, II. Nachtrag.

sätze, nie so geschwind als die Salpeterkohle. Antimon braucht den Salpeterschwefelsatz, um zu brennen, 20 Prozent, von kohlensauern Erden schon 25 Prozent.

Jeder noch so geringe Zusatz von Kohle oder kohlenwasserstoffhaltigen Körpern zu der Mischung von Salpeter und Schwefel macht übrigens das Licht derselben *röthlich*; dasselbe thun auch Beimengungen von kohlensauern Erden und kohlensaurem Kali. Grosse Beimengungen von Kohle machen das Licht gelb. —

Nebst dem, dass der Schwefel als Flamme liefernder Körper (Brennstoff) dient, wirkt er auch zugleich chemisch als Zerlegungsmittel auf den Salpeter, indem sich nämlich ein Theil des Schwefels mit dem Kali des Salpeters zu schwefelsaurem Kaliumoxyd zu verbinden strebt. Ist genugsam Kohle nebst dem Schwefel zugegen, so lässt diese wegen ihrer grösseren Verwandtschaft zum Sauerstoff die Bildung von Schwefelsäure nicht zu; es bildet sich Schwefelkalium, indem der an das Kalium gebundene Sauerstoff gleichfalls sich entbindet und so wird hierdurch, theils mittelst des chemischen Bestrebens von Schwefelkaliumbildung und mittelst vermehrter Sauerstoffentwicklung auf zweifache Weise der Verbrennungsprocess beschleunigt.

Mit chlorsaurem Kali gemengt giebt der Schwefel in den Verhältnissen wie

Schwefel 1 zu 2 chlorsaurem Kali,

oder 1 : 3

1 : 4

eine bläulich weisse Flamme, welche aber etwas mehr blau, nicht so grell weiss und auch nicht so leuchtend ist als die Flamme, welche Salpeterschwefel erzeugt. Die Mischung des Schwefels mit chlorsaurem Kali brennt für sich allein ohne alle fremde Beihülfe oder Dochtmittel, weil das chlorsaure Kali nicht wie der Salpeter nach dem Flüssigwerden, sondern schon in Pulverform sich zerlegt, daher gewissermaassen selbst das Docht zur Verbrennung des Schwefels abgiebt. Mit beigemengten Metalloxyden brennt der Chlorkalischwefel aber viel leichter und rascher als ohne dieselben*). Mit leicht schmelzbaren unbrennbaren Stoffen z. B. Boraxsäure gemengt, brennt Chlorkalischwefel viel schwerer.

Eine noch so geringe Beimengung von Kohle, Papier, Holz und dergleichen macht die Flamme des Chlorkalischwefels in grösserm Maasse röthlich, als wie dies bei dem Salpeterschwefel der Fall ist; eigentlich verschwindet in diesem Falle das frühere blau weisse Licht der Flamme gänzlich.

Eben so wie bei dem Salpeter wirkt auch bei dem chlorsauren Kali der Schwefel als flammgebender Körper und als Zerlegungsmittel zugleich; nur mit dem Unterschiede, dass hier durch die Verbindung des Schwefels mit dem

*) Siehe I, Nachträge, pag. 10.

Kalium des
Weise glei
weitiger
Chlor an
unwirksa
In diese
Limonoxyd
das frei we
Gewichte r
In zwei
ersten Falle

Die Kohl
mit Salpeter
hervorbring
Brenner zu
brennbar, o
dern salpet
giebt, in
flüchtig ist
glühend, ve
setzungs-W
Stoffe. Da
hält und ent
Kohle immer
welches letz
weniger ein
Hat die H
sie zur Flan
schwarz ist.
Holzes ange
Holzes wird
stoffhaltigen
wasserstoff a
ausgeschiede
desto wasser
von Wassers
trachten, des

*) Siehe I. N.

Kalium des chlorsauren Kali kein Sauerstoff sondern Chlor frei und auf diese Weise gleichfalls die wirkende Gasmenge vermehrt wird, während bei anderweitiger Zerlegung des chlorsauren Kali, bei Abwesenheit von Schwefel, das Chlor an das Kalium gebunden als Chlorkalium zurück behalten wird und ganz unwirksam bleibt.

In diesem Falle wird jedoch dafür auch der Sauerstoff, welcher an das Kaliumoxyd gebunden war, frei und wirksam. Im ersteren Falle verhält sich das frei werdende Chlorgas zu dem frei werdenden Sauerstoffgase seinem Gewichte nach wie $29 : 32\frac{1}{2}$. —

Im zweiten Falle beträgt die gesammte Sauerstoffmenge um 5 mehr als im ersten Falle.

2) Kohle.

Die Kohle, namentlich die Holzkohle ist derjenige brennbare Stoff, welcher mit Salpeter oder chlorsaurem Kali gemengt die *allerschnellste* Verbrennung hervorbringt. Dieses beruht darauf, dass die Kohle immer ganz Docht und Brenner zugleich ist*). Solche Mergungen sind für sich allein hinlänglich brennbar, ohne dass sie eines weitem Zusatzes bedürfen. Auch mit allen andern salpetersauren Salzen giebt Kohle brennbare Mergungen. Die Kohle giebt, im *reinen Zustande*, fast keine Flamme, weil der Kohlenstoff nicht flüchtig ist, daher auch nicht in gasförmigen, sondern in festem Zustande, *glühend*, verbrennt. Sie setzt daher auch keinen Verdunstungs- oder Zersetzungs-Widerstand beim Verbrennen entgegen, wie andere brennbare Stoffe. Da aber die Kohle gewöhnlich immer noch etwas Wasserstoff enthält und enthalten muss, wenn sie entzündlich sein soll, und da ein Theil der Kohle immer nur unvollständig mit Sauerstoff, zu Kohlenoxydgas, verbrennt, welches letztere wieder brennbar ist, so entstehet immer auch mehr oder weniger eine Flamme.

Hat die Kohle eine braune Farbe, so enthält sie viel Wasserstoff, wodurch sie zur Flammenbildung geeigneter ist. Ob die Farbe der Kohle braun oder schwarz ist, hängt von dem Grade und der Dauer der zur Verkohlung des Holzes angewendeten Hitze bei ihrer Erzeugung ab. Bei der Verkohlung des Holzes wird nämlich der grösste Theil der in dem Holze befindlichen wasserstoffhaltigen Bestandtheile und ein Theil des Kohlenstoffes selbst, als Kohlenwasserstoff aus ihrer vorherigen chemischen Verbindung gelöst und gasförmig ausgeschieden. Je länger und anhaltender die dazu angewendete Hitze dauert, desto wasserstoffärmer bleibt die Kohle zurück. Diese beinahe vollkommen von Wasserstoff entleerte Kohle ist dann als das Skelett des Holzes zu betrachten, dessen Zwischenräume in unzersetztem Zustande mit dem nun ver-

*) Siehe I. Nachtragsheft, pag. 11.

flüchtigten Wasserstoff in fester, chemisch an den Kohlenstoff gebundener Form, ausgefüllt waren.

Einen gewissen geringen Wasserstoffgehalt braucht die Kohle jedoch unumgänglich, um hinreichend entzündlich zu sein; eine ganz wasserstoffleere Kohle (reiner Kohlenstoff) lässt sich auch bei fortgesetzter auf das Holz wirkender Hitze nicht erzeugen und würde auch gar nicht entzündlich sein; eine zu geringe Verkohlung ist jedoch auch der Entzündlichkeit nicht günstig*). Das beste Maass für die mindere oder grössere Verkohlung ist, wenn die Kohle dunkelbraun aussieht.

Die Entzündlichkeit der Kohle hängt ferner auch von ihrer Struktur ab. Solche organische Stoffe, die ohne zu schmelzen sich verkohlen lassen, geben eine entzündlichere Kohle als die schmelzbaren Stoffe, weit bei ersterer die Kohle ganz die fassrige Struktur und aus einander gehaltene Zertheilung beibehält, die ihr die Natur bei Hervorbringung des organischen Stoffes, aus dem sie gebildet wird, gegeben hat, sie behält daher auch immer noch die Form des ursprünglichen Körpers und zerfällt bei dem Zerkleinern in fassrige, spizige und eckige Stückchen, die leicht Feuer fangen, während die schmelzbaren Stoffe in der Hitze erst aufkochen und eine schwammige oder harte Kohle hinterlassen, deren kleinste Theilchen eine kugelige Gestalt und eine glatte Oberfläche haben, die dem Angriff des Feuers länger widersteht.

Die Kohle verbrennt, mit Salpeter oder chlorsaurem Kali gemengt, fast in allen Mischungsverhältnissen; am besten in den Verhältnissen wie 6 bis 4: 1.***) mit einer violetten Flamme und gelben Funken, kommt jedoch Schwefel hinzu, so ist die Flamme nur gelb.

Da die Salpeterkohle, wie gezeigt, die rascheste Verbrennung unter den einfachen Sätzen gibt, so ist sie auch die Grundlage aller treibenden d. i. mechanische Kraft äussernder Sätze. Eine noch grössere Raschheit wird jedoch erreicht, wenn man der Salpeterkohle etwas Schwefel zusetzt, die Mischung heisst dann, wenn sie auf das innigste gemischt und gekörnt ist: *Schiesspulver*. Da das Schiesspulver so nach seiner Wesenheit nach ein Salpeterkohlenatz ist, so sollte es eigentlich an dieser Stelle abgehandelt werden, da dies aber hier zu weitläufig sein würde, so folgt über das Schiesspulver eine besondere Abhandlung am Schlusse dieser Zusammenstellung.

3) Kienruss.

Der Kienruss ist nichts anderes als eine sehr fein zertheilte Kohle mit etwas Brandharz gemengt, in dem Mischungsverhältniss wie 11: 1.

Sein Verhalten ist gleich dem der Kohle; er giebt jedoch mehr Flamme und weniger Funken, bringt daher auch in gefärbten Flammen nicht den gelb-

*) Siehe weiter unten.

**) Siehe Satz, Nro. 19.

lichen Stic
weise Auf
dieser B
Sätze er
Gehalt an
Ursachen
zu sein.

4) R

Wie bek
gibt, als en
eben aus f
und einige
ist bei jede
gebrachten
für die Per
brennbaren
lichen ganz
bald träger
keit, bald n
Verbrennun
Es kom
Hitze zerse
wird aus s
einem The
serstoff- un
Bei den
Kohlenstoff
bei dem Zu
ser Stoffe b
mit dem W
überschüssig
des Gases a
als Russ a
Kohlentheil
Es gibt

*) Siehe pa

lichen Stich hervor, den ein Zusatz von fein gepulverter Kohle durch das theilweise Aufliegen derselben immer verursacht. Der Kienruss *verhält sich* in dieser Beziehung mehr wie *die Kohle*, welche bei der Verbrennung gewisser Sätze erst gebildet wird*). Die feine Zertheilung des Kienrusses und sein Gehalt an Brandharz, der schmelzend die Kohlenpartikeln bindet, scheinen die Ursachen dieses von der gewöhnlichen Holzkohle abweichenden Verhaltens zu sein.

4) Kohlenwasserstoffhaltige Stoffe, vegetabilischen oder thierischen Ursprungs.

I. Verhalten derselben bei Erhitzung und Verbrennung in atmosphärischer Luft.

Wie bekannt, bestehen alle diese Stoffe, deren es eben so unzählige Arten gibt, als endlos die Reihe der organischen Stoffe überhaupt ist, im Wesentlichen aus Kohlenstoff und Wasserstoff; mehrere enthalten noch Sauerstoff, und einige auch Stickstoff. Das quantitative Verhältniss dieser Bestandtheile ist bei jedem dieser durch vegetabilischen oder thierischen Organismus hervorgebrachten Stoffe verschieden und zuweilen sehr von einander abweichend; für die Feuerwerkerei können jedoch von allen diesen Stoffen nur die *leicht* brennbaren benutzt werden, welche sich auch bei der Verbrennung im Wesentlichen ganz gleich verhalten, nur brennt einer oder der andere bald rascher bald träger, je nach dem Verhältniss seiner mindern oder grössern Zerleglichkeit, bald mit reinerer oder unreinerer Flamme, je nach der Art des bei der Verbrennung sich bildenden Gasgemenges.

Es kommen nämlich alle diese Stoffe darin überein, dass sie sich in der Hitze zersetzen; der darin chemisch gebundene Wasserstoff und Sauerstoff wird aus seiner bisherigen festen Verbindung losgerissen; beide treten mit einem Theil des Kohlenstoffs zusammen und verflüchtigen sich als Kohlenwasserstoff- und Kohlenoxydgas, beides flammenbildende brennbare Gase.

Bei den meisten dieser Zersetzungen bleibt der in Ueberschuss vorhandene Kohlenstoff nach Austreibung der Gase als feste Kohle zurück und verbrennt bei dem Zutritt der Luft oder von Sauerstoff unter Glühen. Bei einigen dieser Stoffe bleibt keine Kohle zurück, sondern es geht die sämtliche Kohle mit dem Wasserstoff gasförmig verbunden in die Flamme auf und es wird die überschüssig in dem Wasserstoffe aufgelöste Kohle erst bei der Verbrennung des Gases an der Oberfläche der Flamme in höchst fein zertheiltem Zustande als Russ ausgeschieden, diese dann in der Flamme schwebenden glühenden Kohlentheilchen machen die Flamme leuchtend und gelb.

Es gibt zwei Arten von gasförmigen Kohlenwasserstoffverbindungen, die

*) Siehe pag. 11., I. Nachträge.

eine enthält nur wenig Kohle, leuchtet bei der Verbrennung fast gar nicht, und setzt keinen Russ ab, die andere enthält Kohle im Ueberschuss verbunden und scheidet dieselbe bei dem Verbrennen, mit gelben Lichte leuchtend, als Russ aus; letztere Kohlenwasserstoffverbindung entsteht z. B. bei der Zerlegung von Steinöl, Terpentinöl, Kampfer etc. etc. Bis jetzt kennt man noch keinen organischen Stoff, welcher in der Hitze blos reines Wasserstoffgas ausscheidet.

Je rascher und je höher die bei der Zersetzung organischer Stoffe angewendete Temperatur ist, desto weniger Kohle enthält das ausgetriebene Wasserstoffgas. Es ist dann grösstentheils entweder ganz rein, oder enthält einen mindern Kohlengehalt aufgelöst. In beiden diesen Zuständen nimmt das Wasserstoffgas leicht alle Färbungen an. Geschieht die Zerlegung des organischen Stoffes, welcher selbst Kohle im Ueberschuss enthält bei niedriger Temperatur, so bildet sich Leuchtgas (sogenanntes ölbildendes Gas) welches gelb und leuchtend brennt. Bei der Zerlegung des Weingeistes entsteht dagegen auch bei niedriger Temperatur nur immer das nicht leuchtende Kohlenwasserstoffgas welches Kohle im Minimum enthält, weil im Weingeist, im Gegensatz seines Kohlenstoffgehaltes, der Wasserstoff vorherrscht. Wird dagegen dem Weingeist concentrirte Schwefelsäure zugesetzt, so entsteht bei der Erhitzung ebenfalls Wasserstoff im Maximum mit Kohlenstoff verbunden (Leuchtgas) indem die Schwefelsäure dem Weingeist Wasserstoff und Sauerstoff, als Wasser, entziehet.

Die Zerlegung solcher organischen Stoffe erfordert eine messbare Zeit, weil der chemische Zusammenhang, der gelöst werden muss, einen Widerstand leistet; dieser Widerstand ist um so grösser, je geringer die Verdunstungsfähigkeit des Stoffes ist; am geringsten bei denjenigen Stoffen, welche, ohne eine Zersetzung zu erleiden, sich verflüchtigen lassen. Die Zeit, welche die Zerlegung erfordert, lässt sich weder durch erhöhte Temperatur noch durch Zutritt von reinem Sauerstoffgase statt atmosphärischer Luft noch durch feine Zertheilung so beschleunigen, dass sie momentan würde.

Die für die Feuerwerkerei tauglichsten Flamme gebenden organische Stoffe sind nachstehende fünf:

Zucker,
Holz,
Schellack,
Licopodium,
Stearin.

Sie besitzen jedoch untereinander wieder einige Verschiedenheiten, die sie bald für den einen oder den andern Zweck am geeignetsten machen, es hängt daher von der Auswahl derselben die Raschheit des Satzes, das Aussehen, die Form, Reinheit und die Grösse der Flamme gar sehr ab,

Die K
bei der V
ratur ein
kein, Leu
wassersto
der Flam
ausserdem
gen an, w
oder wein
Diejeni
brennen n
tere Beih
und russen
Flammen
säpeter i
welche d
liefern, z
und ande
Umstand,
herung d
zu sein, d
Reine K
z. B. Peet
ganz rein
ätherisch
Diejeni
bilden, K
Kohle ode
Schwefel
Rückstand
Die org
stoff als de
seine Vert

*) Siehe
**) Siehe
***) Siehe
†) Siehe
††) Siehe

II. Verhalten derselben bei der Verbrennung im Sauerstoffgase und in den Sätzen.

Die Kohlenwasserstoffgassflamme der organischen brennbaren Stoffe wird bei der Verbrennung im Sauerstoffgase wenig verändert, die höhere Temperatur einer solchen Verbrennung bewirkt nur, dass in den meisten Fällen kein Leuchtgas, sondern meistens blos reines Wasserstoffgas oder das Kohlenwasserstoffgas mit niederem Kohlengehalt und Kohle gebildet wird, was dann der Flamme die Eigenschaft zur Annahme von Färbungen verschafft, die sie ausserdem nicht hätte *). Das *Leuchtgas* nimmt keine anderweitigen Färbungen an, weil darinnen die Kohle vorherrscht und jede andere Färbung mehr oder weniger unterdrückt.

Diejenigen dieser Stoffe, welche bei der Verbrennung Kohle ausscheiden, brennen mit Salpeter und allen andern salpetersauren Salzen allein, ohne weitere Beihülfe **). Mit Kalisalpeter geben sie eine röthlich violette rauchende und russende grosse Flamme unter geringer Lichtentwicklung — Solche Flammen werden benutzt ***). Doch gibt es auch einige, die selbst mit Kalisalpeter in keinem Verhältnisse anders als *gelb* brennen, dies sind diejenigen, welche das ölbildende Gas in vorzüglich grosser Menge und mit Leichtigkeit liefern, zum Beispiel *Bernstein*; alle ätherischen Oele als *Steinöl*, *Terpentinöl* und andre mehr. Hier scheint die grosse Menge ölbildendes Gas und der Umstand, dass letzteres schon bei niedriger Temperatur durch die blosse *Annäherung* der Verbrennung, nicht durch diese selbst, erzeugt wird, die Ursache zu sein, dass das Leuchtgas grossentheils unzersezt bleibt †).

Reine Harze geben reine Flammen; sind sie mit ätherischen Oele gemischt, z. B. Pech, so geben sie gelbe Flammen. Auch Colophonium ist noch nicht ganz rein von ätherischem Oele, Bernstein verhält sich wie ein verhärtetes ätherisches Oel selbst.

Diejenigen Stoffe, welche bei der Verbrennung keinen Kohlen-Rückstand bilden, brennen mit Salpeter allein *nicht*, sondern nur mittelst Beihülfe von Kohle oder die Stelle der Kohle vertretende Körper ††) eben so wenig wie Schwefel, welcher, bei der Erhitzung als Gas sich verflüchtigt ohne festen Rückstand zu hinterlassen, mit Salpeter allein, gleichfalls nicht verbrennt.

Die organischen Stoffe entbinden aus dem Salpeter etwas weniger Sauerstoff als der Schwefel und zwar um so viel weniger, als der Schwefel durch seine Verbindung mit der metallischen Basis des Salpeters, dem Kalium, aus

*) Siehe pag. 13, I. Nachträge.

**) Siehe pag. 11, I. Nachträge.

***) Siehe Satz No. 87. 88. 89.

†) Siehe Satz No. 62.

††) Siehe pag. 10, I. Nachträge.

dem Kaliumoxyd noch frei macht. Das Kaliumoxyd bleibt in Fällen der erstern Art nach der Verbrennung kaustisch zurück.

Die Verbrennung organischer Stoffe mit Salpeter geht in der Regel sehr langsam und träge vor sich; sie lässt sich durch Beimengungen von Kohle oder andern Trennungsmitteln wohl beschleunigen, nie aber so leicht wie die des Salpeterschwefels; verlangt man eine sehr rasche Verbrennung, so muss der beigemengte organische Stoff nur in sehr kleinen Mengen vorhanden sein*).

Doch leidet durch solche Beimengungen von Kohle und dergleichen die ursprüngliche Färbung der Flamme immer mehr oder weniger, besonders ist dies der Fall, wenn man zur Beschleunigung der Verbrennung Schwefel zusetzen wollte, die Flamme ist mit wenigen Ausnahmen immer *gelb*, wenn organische Stoffe mit Schwefel gemengt durch Salpeter verbrannt werden und die organische Substanz die Hälfte oder mehr wie der Schwefel beträgt, oder ein sechstel oder mehr als der Salpeter. Eine Ausnahme hievon macht diese Mischung:

Salpeter 6 Theile

Schwefel 1 -

Milchzucker . 2 -

welche ein rötlich weisses Licht gibt. Die Ursache dieses Verhaltens ist noch nicht ermittelt.

Wenn man eine reine gute Flamme bei einem bestimmten Grade der Raschheit darstellen will, so kommt es hierbei am meisten auf die Wahl des anzuwendenden organischen Stoffes an. Diese Stoffe verbrennen um so leichter und rascher, je mehr sie bei der Verbrennung Kohle ausscheiden: so z. B. brennt Holz und Zucker besser als Schellack und Licopodium und von beiden leisten wieder die nicht schmelzbaren, als Holz, Leinwand, Papier etc. bessere Dienste als die schmelzbaren, wie z. B. Harze**).

Je mehr jedoch ein Stoff Kohle ausscheidet, desto weniger Flammengas liefert er in der Regel und darum giebt z. B. Holz je weiter dasselbe verkohlt, d. h. durch Verflüchtigung seiner wasserstoffhaltigen Bestandtheile, kohlenähnlicher geworden ist, eine desto raschere Verbrennung aber desto weniger Flamme. Ist das Holz bis zum Braunwerden geröstet, so giebt es zwar noch Flamme und brennt viel rascher als ungeröstetes Holz, die Flamme ist jedoch nur sehr klein.

Die für die Feuerwerkerei gebräuchlichsten organischen Stoffe stehen in obiger Beziehung in nachstehender Ordnung:

- 1) Stearin — am wenigsten Kohle ausscheidend,
- 2) Licopodium,
- 3) Schellack;

*) Siehe Satz Nro. 20. 91.

**) Siehe Kohle.

4) Holz,

5) Milchzucker, am meisten Kohle ausscheidend.

In dieser Stufenfolge liefert immer der nächst folgende Stoff mehr Kohle, folglich grössere Raschheit bei der Verbrennung in den Sätzen, als der vorhergehende, aber auch desto weniger Flammengas; da es nun fast eins ist, ob Kohle gebildet wird oder schon fertige Kohle vorhanden ist, so kann man mitunter nebst der eigenen die Wirkung des nächstfolgenden Stoffes erreichen, wenn man etwas schon fertig gebildete Kohle oder etwas von einem noch weiter untern Stoffe dieser Reihe zusetzt, ebenso wie auch zuweilen die beabsichtigte Wirkung eines vorhergehenden Stoffes erreicht wird, wenn man dem gewählten Stoffe etwas von einem noch weiter vorhergehenden dieser Reihe beimengt. Man sieht hieraus, dass es mitunter nothwendig wird, um den gehörigen Grad von Raschheit und eine gute Flammenbildung zu erreichen, mehrere der obigen Stoffe zugleich anzuwenden*).

Da der Kienruss aus Kohle und Brandharz besteht, so ist derselbe, obgleich eigentlich nicht hieher gehörig doch seinem Verhalten und seinem Wagenstoffgehalte nach, den organischen Stoffen ähnlich und würde, ihnen beigezählt, nach seinem Gehalte an Kohle in der obigen Stufenfolge den sechsten Platz einnehmen. Selbst die Holzkohle ist noch nicht ganz wasserstofffrei und liefert, wenn auch unbedeutend, doch auch noch etwas Flammengas, sie würde somit in obiger Reihe den letzten siebenten Platz einnehmen müssen.

Mit chlorsaurem Kali brennen alle diese organischen Stoffe für sich allein und zwar ungemein rascher, als wie mit Salpeter, mit weniger Rauch und violett weislicher ziemlich leuchtender Flamme, ja sie brennen noch rascher als wie Chlorkalischwefel; selbst diejenigen dieser Stoffe, welche keine feste Kohle bei der Zersetzung durch Hitze ausscheiden, brennen sehr gut allein mit chlorsaurem Kali nur mit geringer Nachhülfe eines Metalloxydes oder des Papiers der Hülse als Dochtmittel**). Dies Verhalten beruht ganz analog auf derselben Ursache der Erscheinung, dass Schwefel allein mit chlorsaurem Kali verbrennt. Das Verhalten des Zuckers, mit chlorsaurem Kali rascher zu brennen als Schwefel, beruht wieder darauf, dass der Zucker bei dem Verbrennen Kohle liefert, welche dann als Dochtmittel die Zerlegung des chlorsauren Kali befördert. Der Bernstein brennt mit chlorsaurem Kali gelb.

Mastixharz und Gummi, die hie und da als Bindungsmittel in die Sätze gemengt werden, verhalten sich ebenso wie die hier angeführten Stoffe in den Satzgemengungen; ersteres dem Schellack, letzterer mehr dem Zucker ähnlich; sie geben dem Salpeterschwefel, sowie dem Chlorkalischwefel ein röthliches Licht.

*) Siehe pag. 24. 30. 31. 35. der I. Nachträge.

***) Siehe die Sätze No. 52. 54. 67. 83. 97.

Auch das Papier der Hülsen der Lichtchen wirkt als kohlenbildende und flammengibende Substanz, in ersterer Hinsicht beschleunigend auf die Verbrennung, in letzterer aber oft störend auf die Färbung der Flamme; faule Lichtersätze brennen daher an den Stellen, welche von dem Papier der Hülse berührt werden, schneller ab; aus diesem Grunde muss man auch, wenn man Sätze probiren will, selbe nicht auf Papier anzünden und abbrennen, sondern auf einer feuerfesten Unterlage, einer Blechtafel oder dergleichen, denn das Mitverbrennen des Papiers kann hier gar sehr über Raschheit und Färbung täuschen.

5) Stibium.

Das Stibium ist ein sprödes Metall, welches sich leicht zu Pulver stossen lässt, und bei hoher Temperatur als Gas sich verflüchtigt; dieses Gas brennt in der Flamme des Salpeterschwefels und in allen Sätzen, die nur eine Spur von Schwefel enthalten, mit einer weissen matt leuchtenden, etwas ins Blaue ziehenden Flamme; mit Salpeterkohle und kohlenwasserstoffhaltigen Körpern, mit einer himmelblauen wenig leuchtenden, im Chlorgase mit gelblich weisser Flamme.

Das Stibium wird theils seiner gefärbten Flamme wegen, theils als Dochtmittel, als Stellvertreter der Kohle zur Belebung der Verbrennung in den Sätzen benützt*).

Mit Salpeter allein gemengt brennt das Stibium in keinem Verhältnisse, eben so wenig mit chloresurem Kali, es bedarf, um unter diesen Umständen zu verbrennen, jedenfalls eines Zusatzes von Schwefel, Kohle oder einer organischen kohlenbildenden Substanz. Gemischt mit Schwefel verhält sich das Stibium ebenso wie das Schwefel-Stibium, das Antimon; daher das Stibium auch nur in den Sätzen, welche keinen Schwefel enthalten, eine andere Wirkung als das Antimon hervorbringt.

So giebt z. B. eine Mischung von

Salpeter . . .	10	Theile
Stibium . . .	5	-
Rienruss . . .	1	-

eine blaue Flamme, weniger blau ist:

Chloresures Kali . .	5	Theile
Stibium	3	-
Milchzucker	1	-

Setzt man der erstern Mischung etwas Schwefel zu, sei es auch noch so wenig, so wird die Flamme weiss, ein Zusatz von Schwefel zu der zweiten Mischung macht die Flamme gelblich, weil der Schwefel aus dem chloresuren

*) Siehe pag. 11. der I. Nachträge.

Kali freies Chlor ausscheidet und das Stibium dann nicht mit dem Sauerstoffe, sondern mit dem Chlor verbrennt.

Das Schwefelstibium, Antimon, brennt zwar mit Salpeter allein in dem Verhältnisse von 4 Theile Salpeter zu 2 bis 3 Theilen Antimon jedoch ohne Flamme.

Im Kalisalpetersalze vermehrt das Stibium das weisse Licht durch sein eigenes Leuchten, benimmt den röthlichen Stich, welchen die Salpetersätze zuweilen haben und dient zur Belebung der Verbrennung, die Stelle der Kohle vertretend*). In Strontian-Baryt- und Natron-Salpetersätzen tritt die eigene Färbung des Stibiums nicht merkbar hervor, dagegen wirkt sie in mit Kupfer blaugefärbten Sätzen schon sehr störend. —

Eine Mischung von chlorsaurem Kali mit Antimon brennt sehr rasch wegen der grossen chemischen Neigung des Stibiums zu dem Chlor der Chlorsäure; *dies Verhalten lässt indess eine Selbstentzündung dergleichen Mischungen sehr besorgen*; mit chlorsaurem Kali verbrennt das Antimon am besten in dem Verhältnisse wie 1:1. In dieser Mengung ist gerade so viel Stibium in dem Schwefelmetall enthalten als das frei werdende Chlor zu sättigen vermag, und gerade so viel Schwefel als hinreicht, das chlorsaure Kali zu zerlegen und nebstbei den frei werdenden Sauerstoff zu verzehren. Man nennt diese Mengung *Antimorkali*.

Ist in der Mischung dagegen kein Schwefel und kein Schwefelstibium, sondern nur Stibium gegenwärtig, so entfällt die Gefahr einer Selbstentzündung ganz, denn dann bleibt das Chlor an das Kali gebunden; eben deshalb bringt aber auch das Stibium in solchen Sätzen nicht dieselbe Beschleunigung der Verbrennung hervor wie das Schwefelstibium.

Die Verbrennung des Stibium in Mischungen, welche *keinen* Schwefel enthalten, ist ferner von ganz anderer Art in chemischer Beziehung, als mit Zutritt von Schwefel, im erstern Falle ist die zurückbleibende Schlacke rein weiss, im zweiten Falle entsteht eine pommeranzengelbe Verbindung von Schwefelstibium mit Stibiumoxyd, welcher als gelber Dampf erst aufsteigend, dann sich niederschlagend die Punkte, welche er berührt, mit dieser gelben Schwefelstibiumverbindung überziehet.

Das Schwefelstibium, das Antimon, brennt auch ohne weitern Zusatz von Schwefel mit Salpeter weiss, z. B.

Salpeter . . 6 Theile		Salpeter . . 24 Theile
Antimon . . 3 -	oder:	Antimon . . 18 -
Schellack . 1 -		Stearin . . 1 -

Stibium brennt mit Mehlpulver auch weiss ebenso Schwefelstibium, eben weil in allen diesen Mengungen Schwefel vorhanden ist, im erstern Falle ist der

*) Siehe Satz Nro. 23. 26. 34. 41.

hier wirkende Schwefel der in dem Antimon enthaltene, im zweiten der des Mehlpulvers.

Die ältere Feuerwerkerei besass zur Hervorbringung eines blauen Lichtes keine andern Stoffe, als das Stibium und das Antimon, der Effekt, der mit diesen beiden Körpern in dieser Hinsicht zu erreichen ist, dürfte jetzt wohl selten noch eine praktische Anwendung finden, jedoch sind einige derartigen Sätze nicht ganz übel und mindestens für die Wissenschaft nicht uninteressant.

Eine Mischung von Salpeter . . . 8 Theile
 Stibium . . . 4 -
 Kienruss . . . 1 -

brennt als Lichtersatz recht deutlich blau gefärbt.

Für Leuchtkugeln in ähnlicher Art, giebt

Salpeter . . 14 Theile
 Stibium . . 7 -
 Kienruss . . 1 -

ebenfalls ein deutliches blaues Feuer. — Der Kienruss muss jedoch so innigst wie möglich mit dem Salpeter gemengt und zusammengerieben sein, sonst sind diese Sätze funkensprühend und nur am Rande der Flamme blau gefärbt.

Eine von den frühern Feuerwerkern als blau brennender Lichtersatz oft angewandte Mischung ist

Salpeter . . 4 Theile
 Antimon . . 3 -

Dieser Satz, obschon er für sich allein nicht mit Flamme verbrennt, giebt doch mittelst Beihülfe des Wasserstoffs, welcher sich aus der mitverbrennenden Papierhülse entwickelt, eine ziemlich gute und gefärbte Flamme, die Färbung ist aber mehr grau als blau, indess gegen einen weissen Lichtersatz gehalten, blau brennend zu nennen.

Sowohl das Stibium als auch das Schwefelstibium hat die Eigenschaft, die Flamme der Sätze zu vergrössern und derselben eine gute runde Form zu geben. An und für sich ist die Flamme derselben durchaus nicht färbungsfähig, sie ist jedoch durchsichtig und lässt die Färbung anderer beigemengter Flammen durchleuchten. Stibium oxydirt schwer und erhält sich dieser Eigenschaft wegen in den Sätzen stets unverdorben, ist aus gleichem Grunde aber auch nicht sehr leicht brennbar, besonders ohne Beimengung von Schwefel.

6) Arsen.

Das Arsen ist gleichfalls wie das Stibium ein sprödes flüchtiges Metall, welches gleich dem Letztern sich mit Schwefel leicht in verschiedenen aber bestimmten Verhältnissen verbindet, von denen eine unter dem Namen *Realgar* in der Feuerwerkerei in gleicher Art wie das Antimon als Dochtmittel

zur Belegung und Beförderung der Verbrennung benutzt wird. Das Realgar giebt jedoch sowohl mit Salpeter als mit chlorsaurem Kali an und für sich weder eine leuchtende noch merklich gefärbte Flamme, es verbrennt etwas bläulich, lichtlos, ähnlich der Weingeistflamme.

Diese Eigenschaft macht, dass dasselbe anderweitige Färbungen in den Sätzen, denen es beigemischt ist, viel weniger stört als das Antimon.

Mit Salpeter verbrennt Realgar in dem Verhältnisse wie 13:8 — mit chlorsaurem Kali wie 3:2.

Mit chlorsaurem Kali verbrennt das Arsen im Realgar mit dem Chlor der Chlorsäure, der Schwefel des Realgar verbindet sich theils mit dem Kalium des chlorsauren Kali, theils verbrennt er mit dem frei werdenden Sauerstoff. Die Verbrennung ist ungemein rasch und da das Arsen eine noch grössere chemische Affinität zu dem Chlor als das Stibium hat, so macht eine solche Mischung, anderweitigen Sätzen beigemischt, dieselben sehr rasch, aber auch sehr zur Selbstentzündung geneigt.

Das Arsen zeigt bei der Verbrennung mit Chlor fast dieselbe Flamme wie im Sauerstoffgase.

Die Eigenschaft des Realgar zur Belegung der Verbrennung beizutragen, ohne selbst zu leuchten, folglich ohne andere Färbungen zu beeinträchtigen, macht diesen Körper in gewissen Fällen besonders brauchbar. So ist z. B. die Anwendung desselben in nachstehendem mittelst Kupfer grün gefärbten Satze:

Salpeter	13 Theile
Grünspan	3 -
Realgar	3 -
Licopodium . . .	1 -

sehr zweckmässig, denn dieser Satz würde am besten sein, wenn er blos aus Salpeter und Grünspan und einem kohlenwasserstoffhaltigen Stoffe bestände, da aber ein solches Gemisch zu träge brennt, so muss noch irgend ein die Verbrennung belebendes Mittel dazu kommen; dieses Mittel muss jedoch so beschaffen sein, dass es, wenn auch kein grünes, doch ein möglichst wenig anders gefärbtes Licht entwickelt; diesem Zwecke entspricht das Realgar am besten, da es nicht leuchtet, eine heinahe unsichtbare Flamme giebt und die Wasserstoffgasflamme nicht wie der Schwefel gelb macht.

Das Realgar durch Antimon hier zu ersetzen geht nicht, weil letzteres leuchtet und die Flamme färbt, ebenso wenig durch Kohle, weil die Kohle gleichfalls die Flamme gelb und leuchtend macht und dadurch die ohnedem schwache grüne Färbung des Kupfers für das Auge gänzlich un wahrnehmbar werden und die hier nachtheilige Reduktion des Kupfersalzes begünstigen würde.

Realgar kann demnach auch den mittelst Kupfersalzen blau gefärbten Sätzen beigemischt werden, es ändert die Färbung dieser Sätze nicht bedeutend,

während ein gleicher Zusatz von Antimon solchen Sätzen schon sehr nachtheilig wird und die blaue Färbung merklich schwächt. Ebenso wird durch einen Zusatz von Realgar zu dem rothen Satze, aus Salpeter und Licopodium bestehend, die sonst leicht stockende Verbrennung unterhalten, ohne die Färbung der Flamme viel zu beeinträchtigen. Schwefel anstatt Realgar würde die rothe Färbung hier gänzlich vernichten und in gelb verwandeln.

In dem Satze Nro. 61 leistet Realgar auch den Dienst, zu beschleunigen ohne selbst zu leuchten, Schwefel kann in diesem Satze als Beschleunigungsmittel nicht angewendet werden, weil derselbe ein weisses Licht entwickelt und somit der Farbe des brennenden Zinkes, welche gesehen werden soll, schadet.

7) Zink.

Dies ebenfalls flüchtige Metall wird im regulinischen Zustande als flammengebender Körper angewendet.

Der metallische Zink brennt im Sauerstoffgase wie in der atmosphärischen Luft sehr leicht.

Mit Salpeter allein gemengt brennt er jedoch in keinem Verhältnisse, dagegen mit Salpeterschwefel, obwohl sehr stockend und stössweise mit einer hellen bläulichen Flamme. Der geringste Zusatz von Kohle beschleunigt ungemein die Raschheit der Verbrennung.

Besser brennt der Zink mit Salpeterkohle und zwar mit einer grünen stark leuchtenden Flamme. Je nach dem Gehalt an Kohle ist die Verbrennung fauler oder rascher.

Bei Anwendung der Salpeterkohle entsteht der Vortheil*), dass das weisse Licht, welches der Salpeterschwefel erzeugt und das die Farbe des Zinklichtes stören würde, vermieden ist und dass ferner der Zink in den Sätzen, welche keinen Schwefel enthalten nicht so leicht sich oxydirt. Ist der Zink nicht allzu fein pulverisirt, so hält er sich in den schwefellosen Sätzen jahrelang metallisch fast unverändert.

Ein vollkommen guter derartiger Satz, sowohl für Fontainen als Doppelsatz, als auch für Leuchtkugeln anzuwenden ist:

Salpeter . 6 Theile

Zink . . . 9 -

Kohle . . . 1 -

Die schwere Entzündlichkeit der beiden Sätze No. 60. 61 — als Teigmasse zu Leuchtkugeln geformt beruht darauf, dass selbe zu wenig eines die Verbrennung belebenden Mittels enthalten; vorstehender Satz ist leicht entzündlich und brennt als Leuchtkugeln geformt sehr rasch, man setzt für letztern Zweck ein Prozent Gummi als Bindungsmittel zu. — Dieser Satz erhält sich

*) Satz No. 60.

an gewöh
Zeit oxy
im Bren
men tro
des Zin
Den Z
sehr beq
gleicharti
gamirten
zertheit,
Atmosphä
derben bir
Der Zi
anderweit
gen verbr
Enthält
gelb und
dann der
Zinkgas
Mit Ch
selben Er
heit. Da
Zinkgases
Der Sal
gleich in
Das Zi
dieser Eig
werkerei b
Zinn im r
zweckmäss
leicht zerr
Das Sch
timon, es
*) Satz
*) Satz

an gewöhnlicher Luft liegend, 2 bis 3 Monate ganz unverdorben, nach längerer Zeit oxydirt sich aber dennoch der Zink nach und nach; der Satz stockt dann im Brennen und raucht sehr; dagegen findet, wenn dieser Satz an einem warmen trocknen Ort aufbewahrt wird, auch in längerer Zeit kein Oxydation des Zinks statt. —

Den Zink mittelst Amalgamation mit Quecksilber zu zerkleinen, ist zwar sehr bequem, und es giebt auch der so behandelte Zink eine sehr schöne gleichartige Flamme, doch ist aus gleichem Grunde die Anwendung des amalgamirten Zinks nicht anzurathen, die Zinktheilchen sind darinnen zu fein zertheilt, weshalb sie sich sehr schnell schon allein durch den Einfluss der Atmosphäre oxydiren. Die Sätze, welche amalgamirten Zink enthalten, verderben binnen wenigen Tagen, wie dies schon pag. 70 bemerkt ist. —

Der Zink wird nur wegen seiner gefärbten Flamme benutzt, die aber nicht anderweitig färbbar ist. Die Heftigkeit, mit der Zink in gewissen Mengen verbrennt, macht dergleichen Sätze zu treibenden Feuern sehr geeignet*).

Enthält die Mischung viel Schwefel, so ist die Flamme an der Wurzel gelb und nur die Spitze blau, aber recht tief gefärbt, wahrscheinlich verbrennt dann der Schwefel allein mit dem Sauerstoff des Salpeters und der Zink als Zinkgas erst mittelst der umgebenden atmosphärischen Luft**).

Mit Chlorkalisatz gemengt, brennt der Zink ebenfalls sehr gut unter denselben Erscheinungen, wie mit Salpetersatz, aber mit viel minderer Raschheit. Das Chlor äussert keinen besondern Einfluss auf die Flamme des Zinkgases.

Der Satz:

Chlorsaures Kali . . . 8 Theile

Zink 12 -

Milchzucker 1 -

gleichet in seiner Wirkung ganz dem Satze No. 18.

8) Zinn.

Das Zinn verbrennt im Sauerstoffe mit blendend weisser Flamme und wird dieser Eigenschaft wegen ferner auch als blosses Dochtmittel in der Feuerwerkerei benutzt. Am besten wirkt es mit Salpeterschwefel. Da sich das Zinn im regulinischen Zustande schwer zerkleinern lässt, so wendet man zweckmässiger seine Schwefelverbindung — das *Schwefelzinn* an, welches leicht zerreibbar ist.

Das Schwefelzinn verhält sich zum Salpeterschwefelsatze ähnlich dem Antimon, es beschleunigt ebenso die Verbrennung und verstärkt die Leuchtkraft

*) Satz No. 18.

***) Satz No. 59.

nur mit dem Unterschiede, dass die Flamme keinen bläulichen Schein hat, sondern rein weiss ist.

Mit Chlorkalischwefel gemengt, brennt Schwefelzinn gleichfalls weiss, aber langsam, es beschleunigt die Verbrennung der Chlorkalisätze nicht in dem Maasse, wie das Antimon; ja es scheint sogar in derartigen Sätzen die allzurache Verbrennung eher zu mässigen als zu beschleunigen, verbessert aber dabei so wie das Antimon die Flammenbildung.

In gefärbten Sätzen wird die eigene Färbung der Schwefelzinnflamme nicht wahrnehmbar; das Schwefelzinn stört daher oder beeinträchtigt die Farbe solcher Sätze durchaus nicht.

Da *Websky* das Zinn nicht in Anwendung gezogen hat, so dürfte die speziellere Angabe einiger derartigen Sätze hier an ihrem Platze sein.

Setzt man bei den weissen Flammenfeuersätzen*) anstatt dem Antimon *Schwefelzinn*, so erhält man ein ganz reines weisses Licht, ohne den blauen Stich, welcher diese Sätze mit Antimon begleitet und ohne die giftigen Antimondämpfe, wegen welchen die Anwendung des weissen sogenannten bengalischen Feuers in geschlossenen Räumen bisher immer sehr bedenklich gewesen ist.

Für weisse Leuchtkugeln ist das beste Verhältniss:

Salpeter	3	Theile
Schwefel	1	-
Schwefelzinn	1	-

Der blau brennende Lichtersatz No. 27, wird durch einen Zusatz von Schwefelzinn in diesem Verhältniss:

Chlorsaures Kali	12	Theile
Bergblau	4	-
Schwefel	4	-
Schwefelzinn	1	-

merklich verbessert. Die Flamme wird grösser, weniger spitz, ruhiger und putzt sich besser, indem die durch das Schwefelzinn gemilderte rasche Verbrennung, die Verbrennung der Papierhülse mit der Verbrennung des Satzes gleichen Schritt halten lässt. — In gleicher Art und Weise wird der rothe Satz No. 38 durch einen Zusatz von Schwefelzinn auch für Lichtchen vollkommen brauchbar in dieser Form:

No. 1. Chlorsaures Kali	12	Theile
Schwefel	4	-
Oxalsaurer Strontian	2	-
Schwefelzinn	1	-

*) No. 26, pag. 95 und No. 34, pag. 102.

Auch für Leuchtkugeln giebt dieser Satz eine bessere grössere Flamme, als ohne Schwefelzinn. Langsamer brennend ist:

No. 2.	Chlorsaures Kali	12	Theile
	Stearin	2	-
	Oxalsaurer Strontian	2	-
	Schwefelzinn	1	-

oder als das Mittel der Brenngeschwindigkeit:

No. 3.	Chlorsaures Kali	12	Theile
	Schwefel	2	-
	Stearin	1	-
	Oxalsaurer Strontian	2	-
	Schwefelzinn	1	-

Der grüne Leuchtkugelsatz:

Chlorsaures Kali	8	Theile
Salpetersaurer Baryt	16	-
Schwefel	6	-
Antimon	3	-

wird zwar etwas faul, wenn man das darin enthaltene Antimon durch Schwefelzinn ersetzt, die Färbung ist jedoch dann etwas intensiver.

Mengungen aus salpetersaurem Baryt und chlorsaurem Baryt vertragen weder Kohle noch Antimon noch Realgar als Dochtmittel. —

Hier taugt nur allein das Schwefelzinn zur Beschleunigung der sonst trägen Verbrennung.

So giebt der Satz:

Salpetersaurer Baryt	8	Theile
Chlorsaurer Baryt	8	-
Schwefel	4	-
Schwefelzinn	3	-

sehr schön gefärbte Leuchtkugeln, aber nur dann, wenn man diesen Satz mit Weingeist anmacht, dem man der Bindung wegen etwas Mastix zusetzen muss. Wollte man diesen Satz mit Wasser anmachen, so verliert er dadurch beinahe ganz seine Brennbarkeit, wenn er auch wieder ganz trocken geworden ist, er glimmt dann nur ohne Flamme. Die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung liegt, wie es scheint, jedoch nicht in einer vor sich gehenden chemischen Zersetzung oder Veränderung der Bestandtheile des Satzes, auch nicht darin, dass etwas Wasser chemisch gebunden zurückbleibt; denn wenn man einen solchen Satz wieder zerreibt, so brennt er wieder so gut, wie vorher, — sondern die Brennbarkeit scheint hier durch die zu starke durch das Wasser bewirkte Kohäsion aufgehoben zu werden. —

9) Blei.

Das Blei verhält sich als brennbarer Stoff und als Dochtmittel in den Feuerwerkssätzen ganz dem Zinn ähnlich. Am tauglichsten zur Anwendung ist auch hier das Schwefelmetall (Schwefelblei). Es giebt jedoch mit salpetersauren Salzen eine etwas trägere, mit Chlorkalisatz eine etwas raschere Verbrennung als Schwefelzinn; auch stört es schon einigermaßen die Färbungen der Sätze durch das entstehende Bleioxyd. Nebst den hier angeführten könnten auch noch einige andere Schwefelmetalle als Brenner oder Dochtmittel angewendet werden, wenn es solche Metalle sind, die nicht zu schwer und nicht zu leicht oxydirbar sind, man erreicht damit aber nichts besonders und sie sind daher gänzlich entbehrlich. *Man hüte sich* das Schwefelblei mit chloresurem Kali zusammenzureiben, es entzündet sich mit demselben sehr leicht auch bei einer schwachen Reibung, gleich dem Antimon. Dasselbe gilt von dem Schwefelzinn und wahrscheinlich von allen Schwefelmetallen.

Unbrennbare Stoffe. Glüher.

Die unbrennbaren Stoffe, welche die Feuerwerkerei anwendet, dienen dazu, um entweder dem Auge als Funken zu erscheinen, wenn sie bei der Verbrennung des Satzes glühend ausgeworfen werden, oder um der Flamme eine bestimmte Farbe zu geben, zuweilen auch nur als *Dochtmittel* zur Belegung und Fortschreitung der Verbrennung, zuweilen leisten sie auch zwei oder alle drei der angeführten Zwecke zugleich.

Das Verhalten dieser Stoffe, welche in Anwendung kommen, ist bereits von Websky speziell beschrieben worden, es würde nur eine unnöthige Wiederholung dessen sein, was dort bereits darüber gesagt ist, wenn ich hier auf das Verhalten dieser Stoffe im Einzelnen zurück kommen wollte, ich beschränke mich daher darauf, hier nur noch einige *meiner* Ansichten über den wahrscheinlichen Grund, worauf die Eigenschaft der Glüher, *eine Flamme zu färben*, beruht, folgen zu lassen, da die Wissenschaft hierüber bisher fast gänzlich geschwiegen hat, und eine theoretische Untersuchung des Gegenstandes einigen Aufschluss über dies noch gänzlich unerklärte Gebiet liefern dürfte.

Doctor Moritz Meyer und Websky waren bisher die einzigen, welche auf eine Untersuchung dieses Gegenstandes sich eingelassen haben, beide nehmen an, dass die Färbung einer Flamme mittelst eines mit derselben in Berührung gebrachten *Glühers* dadurch entstehe, dass ganz feine Theilchen des Glühers sich abtrennen, in die Flammen aufsteigen, und darinnen mit einem ihnen eigenthümlichen gefärbten Lichte erglügen. Diese Theorie, welche ich die

mechanische nennen will, hat allerdings sehr viel wahrscheinliches. Es ist ganz gewiss und ausgemacht, dass von den färbenden Stoffen, wenn selbe auch nicht flüchtig sind, dennoch Theilchen durch die Flamme mechanisch als Rauch oder Dampf in fester Form aufgerissen werden und sich in der Flamme schwebend vertheilt befinden, so ist es z. B. eine längst bekannte Erfahrung, dass bei der Destillation, der Verflüchtigung flüchtiger Körper, stets auch ein Theil der vorhandenen, an sich durchaus nicht flüchtigen Stoffe, mechanisch mit fortgeführt wird. Einen auffallenden Beweiss der Art liefert das Schiesspulver, bei dessen Verbrennung der ganze nicht unbedeutende Rückstand von Schwefelkalium verdampft und als Rauch sich in der Luft vertheilt.

Nachstehender Versuch, denn ich hier als besonders interessant angeben will, beweist dasselbe.

Man lasse in einem Zimmer eine Quantität (etwa ein Loth) *Kalisalpeter* mit Schwefel oder einem andern brennbaren Stoff gemengt, verpuffen, in einem zweiten Zimmer eine Quantität *Natronsalpeter*, in einem dritten Zimmer eine Quantität *Strontiansalpeter*, gehet man dann mit einer Weingeist- oder Wasserstofflamme in diese Zimmer, so wird die Flamme im ersten Zimmer *violett*, im zweiten Zimmer *gelb*, im dritten Zimmer *roth* gefärbt werden. Diese Erscheinung ist eben sowohl ein Beweis dafür, dass sich in der Luft der Zimmer Theilchen der färbenden Substanzen schwimmend befinden, die noch nicht zu Boden gesunken sind, als auch dafür, dass, wenn eine Färbung entsteht, diese färbenden Theilchen mit der Flamme in directe Berührung kommen müssen. Dieses Letztere ist als ganz gewiss anzunehmen. Es könnte nur höchstens bezweifelt werden, dass diese feinen Theilchen mechanisch durch die Flamme losgebrennt und mit fortgeführt werden und es wäre auch möglich, dass diese Abtrennung nicht mechanisch, sondern chemisch mittelst Auflösung im Wasserstoff statt finde. Letztere Theorie müsste man die *chemische* nennen, sie hat ebenfalls viel Wahrscheinlichkeit, allein ich finde keinen Grund, warum die Wasserstoffverbindung mit der färbenden Substanz gleich nach ihrer Entstehung wieder zerfallen sollte, und zerfallen müsste sie, wenn sie die färbende Substanz wieder in fester Form abgeben sollte. Den Grund des Wiederzerfallens in einer veränderten Temperatur der Flamme zu suchen scheint mir nicht statthaft, da keine so bedeutende Temperaturverschiedenheit in einer und derselben Flamme anzunehmen ist, worauf Bindung und Zerfallen dann beruhen müsste, vielmehr ist es gewiss, dass sich die Flamme der Feuerwerkssätze je weiter von dem Orte ihrer Entstehung (der Wurzel) nach dem Ende (der Spitze) zu, desto mehr wieder abkühlt, denn die Flamme hat eben deswegen ein Ende, weil die Glühhitze der sich vereinigenden Gase nach ihrer bewirkten chemischen Ausgleichung wieder nachlässt.

Es ist am Ende von geringem Interesse zu untersuchen, wie das färbende Material in die Flamme gelangt, genug wenn wir wissen, dass es darinnen sein muss, wenn eine Färbung entsteht. Von weit grösserem Belange ist die Frage, wie der färbende Stoff in der Flamme die Färbung derselben erzeugt. Man erklärt dies durch die den Metalloxyden zugeschriebenen aber noch nicht erwiesenen Eigenschaft in einer gewissen Temperatur *farbig* zu glühen.

Diese Erklärung stimmt mit vielen Erscheinungen überein und scheint nur mit wenigen im Widerspruch zu stehen, die widersprechenden Erscheinungen dürften vielleicht obige Erklärung indess nur in so fern als nichtig erscheinen lassen als man unter Glühen, überhaupt *Leuchten* zu verstehen und dieses Leuchten als kein bloß durch Hitze hervorgebrachtes, sondern als ein *electrisches* Leuchten anzusehen hat, oder als eine Reflection des aus dem Sauerstoffe sich entbindenden Lichtes modifizirt durch den electricen Contact des färbenden Stoffes. Denn wenn auch reines Wasserstoffgas und Schwefelgas selbst bei der gesteigerten Verbrennung im Sauerstoffgase nur schwach und beinahe ungefärbt glühen, so ist es doch gar nicht unwahrscheinlich, dass so wie die dabei stattfindende Wärmeentwicklung auch die Lichtentbindung aus der electricen Spannung des Brennens und Verbrennens unmittelbar entstehe und dass die Stärke dieser Lichtentwicklung so wie die Farbe des hervorgebrachten Lichtes eben durch den hinzukommenden electricen Einfluss eines dritten Stoffes so bedeutend und so mannigfaltig modifizirt werden können, als wir es in den gefärbten Feuerwerksflammen sehen. —

Für die Annahme des blossen farbigen Glühens sprechen folgende Thatsachen:

1) Ist es nicht zu leugnen, dass die Leuchtkraft eines färbenden Stoffes mit der Temperatur, in die er gebracht wird, im Verhältniss steht. Strontiansalze z. B. bringen in der Weingeistflamme (welche eine sehr niedere Temperatur besitzt) nur eine sehr lichtschwache Färbung hervor. Bedeutendere Leuchtkraft giebt schon die Chlorkalisalzflamme gemengt mit chemisch unthätigen Strontiansalzen, ein bedeutend stärkeres Licht giebt Strontiansalpeter, welches Verhalten sehr gut auf ein stärkeres Erglühen bezogen werden kann, da Salpetersätze, wie wahrscheinlich ist, heissere Flammen als Chlorkalisätze liefern.

2) Zeigt sich die Färbungsfähigkeit der Metalloxyde nur innerhalb eines gewissen, für jeden färbenden Stoff verschiedenen, Maximum und Minimum der Temperatur, wird ersteres überschritten oder letzteres nicht erreicht, so entsteht nur immer eine andere oder gar keine Färbung der Flamme. So färben z. B. nicht salpetersaure Kalksalze die Weingeistflamme nur orange, die Chlorkalkflamme roth. Die Flamme des blossen Schwefels wird von Strontian- und Barytsalpeter nur gelb gefärbt. Die Wasserstoffgasflamme von kohlen-sauren Strontian und Baryt gleichfalls nur gelb, weil alle diese Flammen zu wenig Hitze entwickeln.

3) Findet
oder fester
Schritt hat
schmelzbar
färbt sie
Strontian-
Salze beige
geschmolzen
im Feuer ze
gen mit feue
Salzes ausm
geringem m
Feuers wen
gehiger als
salpetersäure
Alles dies
ob Theilbar
oben angef
eines farbige
wäre, wir
welche erste
1) Ist es
Hitze für s
woher sollte
men gewisse
2) Giebt
gar nicht,
Farbe verbr
3) Streue
chlorsaures
sauren Kalk,
auch dann n
streichen lässt
den Einfluss
chens verhält
Dies Verh
ten färbender
im Momente
nenden und d
Thätigkeit zu
Gase schon zu

3) Finden wir, dass die Färbungsfähigkeit mit der Theilbarkeit, dem losern oder festern mechanischen Zusammenhange des färbenden Materials, gleichen Schritt hält. Wird eine Salzverbindung angewendet, die sehr trocken, unerschmelzbar ist, und kein oder nur wenig Kristallisationswasser enthält, so färbt sie ausgiebiger als wenn das Gegentheil statt findet. Werden z. B. Strontian- oder Bariumoxyd geschmolzen, und dann wieder zerkleint, dem Satze beigemischt, so zeigen sie weit geringere Färbungsfähigkeit als im ungeschmolzenen amorphen Zustande. Werden Salze angewendet, deren Säuren im Feuer zerstörbar sind, so wirken diese auch besser als die Salzverbindungen mit feuerbeständigen Säuren, weil das Metalloxyd, welches die Basis des Salzes ausmacht, nach Zerstörung der Säure als ein höchst feines Skelet von geringem mechanischen Zusammenhange übrig bleibt und dem Angriff des Feuers weniger widersteht; so färben z. B. die oxalsauren Salze weit ausgiebiger als die kohlsauren Salze; dies Verhalten findet sich auch bei den salpetersäuren Salzen bestätigt.

Alles dies zusammen genommen, so gewinnt es wirklich den Anschein als ob Theilbarkeit und Stärke der Färbungsfähigkeit eins wäre und als ob die oben angeführte mechanische Theorie über die Färbung und die Annahme eines farbigen Glühens der färbenden Stoffe, die unbezweifelt richtige Ansicht wäre, wir müssen nun aber dagegen auch die Erscheinungen beleuchten, welche ersterer Meinung widersprechen und folgende sind:

1) Ist es bekannt, dass die Magnesia und der Kalk bis zur grösstmöglichen Hitze für sich allein erhitzt immer nur mit *weissem* Lichte farblos glühen, woher sollte es nun kommen, dass der Kalk und die Magnesia in den Flammen gewisser Feuerwerksätze vollkommen *roth* glühen?

2) Giebt Zink oxyd in den Feuerwerkflammen gar kein Licht, es färbt sie gar nicht, während metallischer Zink, mit blauer (und grüner) lichtstarker Farbe verbrennt.

3) Streuet man in die Flamme eines Lichtchens, bestehend aus 2 Theilen chloresaures Kali gemengt mit einem Theil Zucker, fein gepulverten kohlsauren Kalk, Strontian oder Baryt, so entstehet gar keine Färbung der Flamme, auch dann nicht, wenn man die Flamme auf die genannten Metalloxyde streichen lässt. Nur Natron und Kupfer üben in diesem Falle einen färbenden Einfluss auf die Flamme aus. Aehnlich der Flamme eines solchen Lichtchens verhält sich eine reine Wasserstofflamme.

Dies Verhalten macht es ziemlich wahrscheinlich, dass die obigen genannten färbenden drei Stoffe nur dann eine färbende Wirkung äussern, wenn sie im Momente des ersten Zusammentreffens und der Vereinigung des verbrennenden und des brennenden Stoffes d. h. im Momente der grössten chemischen Thätigkeit zugegen sind, nicht aber später, wo die die Flamme erzeugenden Gase schon zu ihrer chemischen Ausgleichung gelangt sind. Der Umstand, dass

Strontiansalze etc. etc. auch in der weit weniger heissen Weingeistflamme als die der Feuerwerksätze färbend auftreten, weist ferner darauf hin, dass die Anwesenheit des färbenden Stoffes schon bei der ersten Entstehung in statu nascens, der Flamme, nicht wegen der daselbst vorhandenen höheren Temperatur, sondern wegen einer erforderlichen anderweitigen, noch unerforschten chemischen Thätigkeit nothwendig ist, auf der seine Wirkung beruhet.

Ueber die als *Dochtmittel* auftretenden Glüher ist noch folgendes zu bemerken:

Im Allgemeinen leistet jeder in einer Satzmenge befindliche Stoff, gleichviel ob brennbar oder unbrennbar, den Dienst eines Dochtmittels wenn er streng flüssiger als der Sauerstofflieferer ist und die Wärme schlecht leitet. Die *Kohle* stehet unter den Dochtmitteln oben an, dieser zunächst reihen sich die Schwefelmetalle an, als Antimon, Realgar und Schwefelzinn. Weniger beschleunigend auf die Verbrennung wirken die kohle ausscheidenden Stoffe*).

Die niedrigste Stelle nehmen die *strengflüssigen Metalloxyde* ein, unter denen wieder rücksichtlich ihrer Verbrennungsbeschleunigung mehrere Abstufungen statt finden; je nach ihrer verschiedenen Schmelzbarkeit, Trockenheit, Voluminösität, Wärmeleitungsfähigkeit etc. etc. Oxalsaure Salze z. B. beschleunigen die Verbrennung nicht nur nicht, sondern sie verlangsamen sogar die Fortpflanzung der Verbrennung, weil die Säure erst zerstört werden muss ehe sie glühbar werden. Dasselbe gilt von den salpetersauren Salzen, bei denen noch der Umstand hinzukommt, dass sie schmelzbar sind. Boraxsäure und phosphorsaure Salze schmelzen ebenfalls leicht und bewirken eben dadurch auch merkliche Verlangsamung der Verbrennung, wenn sie den Sätzen beigemischt werden.

Für farbige Flammensätze eignet sich von den Dochtmitteln letzterer Gattung am besten das Galmai (weisses Zinnoxid) weil es die merkwürdige Eigenschaft besitzt, selbst gar keine Färbungsfähigkeit zu äussern, mithin andere Färbungen am wenigsten stört. So hat man z. B. von der grün färbenden Eigenschaft der Boraxsäure bisher keinen Gebrauch machen können, weil die Boraxsäure durch ihre Schmelzbarkeit die Verbrennung des Chlorkalischwefelsalzes zu sehr verlangsamt, so dass die Flamme immer nur sehr klein und faul bleibt. —

Antimon und Realgar beschleunigen wohl schon in sehr kleinen Gaben die Verbrennung hinreichend, vernichten aber auch fast die ganze Färbung. Kohle hilft hier nicht viel und stört auch die Färbung. Da Galmai die einzige bisher bekannte Substanz ist, die im Chlorkalisatz gar nicht färbend

* Siehe pag. 10, I. Nachträge.

auftritt und zugleich als Dochtmittel beschleunigend auf die Verbrennung wirkt, so eignet es sich auch hier ganz allein und besonders dem obigen Mangel der Boraxsätze abzuhelfen:

Chlorsaures Kali . . .	4	Theile
Schwefel	1	-
Boraxsäure	1	-
Galmai	1	-

brennt noch etwas faul aber recht schön und rein grün. Für die Anwendung ist indess die Flamme doch noch zu dürrig. Das Galmai wirkt hier als unschädlicher Docht, und ist in diesem vielleicht einzigen Falle durch nichts zu ersetzen.

In dem Satze No. 30 macht ein Zusatz von 5 Prozent Galmai die Flamme merklich ruhiger und gleichmässiger. Ebenso in dem Satz No. 88 eine gleichere Flamme und besseres Putzen. Auch kohlen saure Metalloxyde können als Dochtmittel ohne Nachtheil für die Färbung Sätzen zugesetzt werden, wenn das kohlen saure Salz gleiche Metallbasis mit dem sauerstoffliefernden Salze hat, durch welches die Färbung hervorgebracht wird.

Nebensstoffe.

Salmiak. Calomel. Sublimat.

Ausser den bereits angeführten Stoffen werden hier und da noch einige andere angewendet, die sich hinsichtlich ihrer Wirkung in den Sätzen in keine der vorstehenden Hauptgattungen einreihen lassen, es sind dies die nicht färbenden Chlorverbindungen mit flüchtiger Basis: Salmiak, Calomel und Sublimat.

Diese Stoffe haben die Eigenschaft, die Verbrennung der Sätze zu verlangsamen; sie hemmen, werden sie den Sätzen beigemischt, in ganz kleinen Quantitäten schon die Verbrennung des Salpetersatzes gänzlich, im Chlorkalisatze äussern sie gleichfalls diese hemmende Wirkung, obschon bei weitem in geringern Maasse. Sie bilden in dieser Hinsicht gewissermaassen den Gegensatz zu den Dochtmitteln.

Ferner haben sie die Eigenschaft, die der Färbung nachtheilige Wirkung der Kohle in den grünen Barytsätzen zu beheben, sie machen im Allgemeinen alle Färbungen intensiver und geben ihnen, selbst bei weniger vorhandenen färbenden Material, eine dunklere Nüance.

Ob diese Wirkungen blos Folgen der, durch die beigemischten Chloride, erzeugten Verlangsamung der Verbrennung und der dadurch bewirkten Herabstimmung der Temperatur sind, ist nicht ausgemacht, es scheint jedoch ihre Wirkung hierauf zu beruhen, da mit der Steigerung der Intensität der Fär-

bung, welche sie hervorbringen, die Lichtstärke oder Leuchtkraft des Satzes abnimmt.

Den blau oder violett brennenden Chlorkalisätzen, *welche keinen Schwefel enthalten*, werden diese Chloride in grössern Mengen darum beigemischt, um das zur Entstehung der blauen Farbe unentbehrliche Chlor dem Satze zuzuführen*).

Galmai.

Unter den Nebenstoffen muss auch das Galmai angeführt werden, obgleich dasselbe bereits unter den Dochtmitteln erwähnt worden ist; denn es eignet sich nebstdem, dass es als Dochtmittel empfehlenswerth ist, ganz besonders auch dazu, in Sätzen, in denen eine mögliche Selbstentzündung durch irgend eine saure Reaction zu besorgen steht, diese Säurewirkung zu neutralisiren und so unschädlich zu machen, da es die meisten Säuren begierig aufnimmt, und übrigens weder der Färbung noch der Raschheit des Satzes irgend einen Eintrag thut. In sofern also ein solcher Zusatz von Galmai nicht in der Absicht, die Verbrennung zu beschleunigen oder zu erleichtern, sondern blos in der angedeuteten Art zur Verhütung der Gefahr angewendet wird, gehört das Galmai unter die Nebenstoffe.

Schiesspulver.

Als Anhang zu dieser Abhandlung lasse ich hier noch einige Notizen über das *Schiesspulver* folgen.

Das Schiesspulver ist *hinsichtlich seiner Bestandtheile* nichts anderes, als ein Salpetersatz im nachstehenden Verhältnisse:

Salpeter . .	6	Theile
Schwefel . .	1	- -
Kohle . . .	1	- - oder auch mehr.

Es giebt die rascheste Verbrennung, die man mittelst dieser drei Körper erreichen kann. Man nimmt an, dass der Schwefel hier eigentlich nicht verbrennt, sondern nur dazu dient, den Salpeter schneller zu zerlegen, als dies ohne denselben geschehen würde, und durch seine chemische Verbindung mit dem Kalium den mit letzterm als Kaliumoxyd verbundenen Sauerstoff frei und wirksam zu machen. Der gesammte frei werdende Sauerstoff dient dazu, um die Kohle zu verbrennen und es ist sonach die Wirkung des Schiesspulvers als eine Verbrennung von Kohle in Sauerstoff unter Begünstigung der Sauerstoffbindung mittelst Zerlegung des Kaliumoxydes durch Schwefel zu be-

*) Siehe pag. 121 im Buche, und pag. 26 in den I. Nachträgen.

trachten.
bestehend,
Kaliumoxyd
tersäure e
Sauerstoff
der aus
daher dies
Nach De
pulver obne

Nach der
höhle zu K
gas verbren
Die Verb
schichtweis
dichtet wir
schnelle E
des Körner
neben ein
durch wele
blicke sich
gleich entz
aber, weil
Die Verb
lich ein Fla
zeigen, w
gleicher Q
Wenn n
sich allein
nisch misch
Schiesspulv
nachstehen.
welche die
auch dann
wird*). D
gewöhnlich
Sätze, den
Stunden wi

*) Siehe pa

trachten. Man kann daher auch Schiesspulver blos aus Salpeter und Kohle bestehend, ohne Schwefel, erzeugen, da jedoch in dieser Mischung der in dem Kaliumoxyde des Salpeters enthaltene Sauerstoff, welcher $\frac{1}{2}$ des in der Salpetersäure enthaltenen Sauerstoffes beträgt, *nicht* frei wird, so beträgt die Sauerstoffmenge, welche in einem Pulver ohne Schwefel wirksam wird, nur $\frac{2}{5}$ der aus gewöhnlichem Schiesspulver wirksam werdenden Gase, und es ist daher dies Pulver ohne Schwefel schwächer, als mit Schwefel.

Nach Doctor Moritz Meyer ist das beste Mengenverhältniss für Schiesspulver ohne Schwefel:

Salpeter 4 Theile	oder:	Salpeter 6 $\frac{1}{2}$ Theile
Kohle. . 1 -		Kohle. . 1 -

Nach der Meinung desselben soll bei dem erstern Mengenverhältniss die Kohle zu Kohlenoxydgas, bei dem zweiten Mengenverhältniss zu Kohlensäuregas verbrennen, welche Ansicht jedoch einigem Zweifel unterliegen dürfte.

Die Verbrennung des Schiesspulvers, obschon sehr rasch, geschieht doch schichtweise und braucht eine gewisse Zeit, besonders wenn es stark verdichtet wird. Die ausserordentliche Wirkung und die beinahe unmessbare schnelle Entzündung und Verbrennung in grössern Mengen, ist eine Folge des *Körnens* desselben. Indem nämlich das Pulver in kleinen festen Körnern neben einander liegt, bleiben zwischen den Körnern leere Zwischenräume, durch welche die Flamme der zuerst entzündeten Körnchen in einem Augenblicke sich fortbewegt und so alle Körnchen auf ihrer ganzen Oberfläche zugleich entzündet, jedes Körnchen verbrennt dann schichtweise für sich, was aber, weil die Körnchen nur klein sind, ebenfalls fast plötzlich geschieht.

Die Verbrennung des Schiesspulversatzes, des Mehlpulvers, giebt eigentlich ein Flammenfeuer und würde stets die röthlich violette Färbung des Kali zeigen, wenn nicht der Schwefel, der dieser Färbung entgegen wirkt, in gleicher Quantität der Kohle darinnen vorhanden wäre.

Wenn man die Bestandtheile, aus denen das Schiesspulver bestehet, für sich allein auch noch so fein zertheilen und noch so innig wie möglich mechanisch mischte, so würde diese Mischung doch noch immer dem aus gekörnten Schiesspulver erzeugten Schiesspulversatze, dem Mehlpulver, an Raschheit nachstehen. Dieser Unterschied beruhet auf der mechanischen Verdichtung, welche die Kohle bei der Bereitung des Schiesspulvers erleidet und die ihr auch dann bleibt, wenn das gekörnte Pulver wieder zerrieben gepulvert wird*). Dieser Unterschied des Zustandes der Kohle im Pulver gegen ihren gewöhnlichen, macht sich auch sehr bemerkbar beim Trocknen angefeuchteter Sätze, denn während Mehlpulver mit Wasser angefeuchtet schon in einigen Stunden wieder vollkommen trocken und brennbar wird, brauchen Gemische,

*) Siehe pag. 38—39.

in denen gewöhnliche gepulverte Kohle sich befindet, 6 bis 8 Tage zum völligen Austrocknen, es behält die Kohle in ihrer porösen Form mit besonderer Beharrlichkeit das Wasser an sich.

Wir müssen daher das Schiesspulver, sei es nun gekörnt oder zerrieben als Mehlpulver, für die Zwecke der Feuerwerkerei, als eine Mischung von Salpeter, Schwefel und Kohle betrachten, welche durch die mechanische Behandlung, der diese Stoffe unterlagen, für uns ganz andere Eigenschaften erhielt, als eine blosse gewöhnliche Mischung derselben.

Die Flamme des Schiesspulvers ist röthlich gelb, das Schiesspulver ohne Schwefel giebt nur eine röthliche Flamme.

Vermehrt man im Schiesspulver den Gehalt an Schwefel z. B.:

Salpeter . . . 6 Theile		Mehlpulver 8 Theile
Schwefel . . . 3 -	was eins ist wie:	Schwefel . . . 2 -
Kohle . . . 1 -		

so erhält man ein hell oranges Flammenfeuer.

Vermehrt man den Gehalt an Salpeter, z. B.:

Salpeter . . . 12 Theile		Mehlpulver 8 Theile
Schwefel . . . 1 -	oder gleich:	Salpeter . . . 6 -
Kohle 1 -		

so erhält man eine kleine hell rosenrothe Flamme.

Vermehrt man den Gehalt an Kohle, z. B.:

Salpeter . . . 6 Theile		Mehlpulver 8 Theile
Schwefel . . . 1 -	oder gleich:	Kohle . . . 2 -
Kohle 3 -		

so erhält man einen Satz, der mehr Funken, weniger Flamme giebt, zugleich nimmt mit der Vermehrung der Kohle die Raschheit ab.

Vermehrt man Kohle und Schwefel, z. B.:

Salpeter . . . 6 Theile		Mehlpulver 8 Theile
Kohle 2 -	oder gleich:	Schwefel . . . 1 -
Schwefel . . . 3 -		Kohle 1 -

so ist die Flamme lichtlos und die Verbrennung langsam.

Vermehrt man Salpeter und Kohle z. B.:

Salpeter 12 Theile		Mehlpulver 8 Theile
Schwefel 1 -	oder gleich:	Salpeter . . . 6 -
Kohle 2 -		Kohle 1 -

so erhält man ein hellrothes sehr rasches Feuer.

Vermehrt man den Gehalt von Salpeter und Schwefel, z. B.:

Salpeter 12 Theile		Mehlpulver 8 Theile
Schwefel 3 -	oder gleich:	Salpeter . . . 6 -
Kohle 1 -		Schwefel . . . 2 -

so erhält man ein weisses Flammenfeuer mit röthlichem Stiche, je mehr Mehlpulver man dieser Mengung zusetzt, desto mehr wird die Flamme anstatt röthlich, gelblich. Je mehr Salpeterschwefel, desto langsamer brennt das Mehlpulver. Es werden daher geringe Mengen vom Salpeterschwefel dem Mehlpulver zugesetzt, wenn man die Wirkung des Mehlpulvers verlängern will.

Mengt man Mehlpulver mit einer organischen Substanz, z. B.

Mehlpulver 16 Theile

Licopodium 3 -

so erhält man eine sehr grosse gelbe, aber lichtlose Flamme.

Mengt man

Mehlpulver 8 Theile

Schwefel . . 1 -

Licopodium 1 -

so erhält man eine hellgelbe Flamme.

Mengt man

Mehlpulver 8 Theile

Salpeter . . 6 -

Licopodium 1 -

so erhält man eine weisslich rothe Flamme von grosser Raschheit.

Mengt man

Mehlpulver 8 Theile

Salpeter . . 6 -

Schwefel . 2 -

Bernstein . 1 -

so erhält man ein rasches gelbes Flammenfeuer.

Mengt man

Mehlpulver 8 Theile

Zink . . . 12 -

so siehet man blos die Wirkung des brennenden Zinkes, die Flamme des Mehlpulvers wird nicht sichtbar*).

Mengt man

Mehlpulver 8 Theile

Stibium . . 8 -

so erhält man eine matte weisse Flamme.

Im Allgemeinen ist anzunehmen, dass wenn man zum Schiesspulver (Mehlpulver) irgend einen brennbaren Stoff zusetzt, letzterem nichts von dem Sauerstoffe des Salpeters zu Theil werde, da schon so viel Kohle vorhanden ist um allen Sauerstoff aufzunehmen und weiters unwirksam zu machen und weil die

*) Satz Nr. 18.

Kohle derjenige Stoff ist, mit dem der Sauerstoff am begierigsten eine Vereinigung eingeht.

Die zugesetzten Brennstoffe werden daher wohl durch die bei der Verbrennung des Schießpulvers stattfindende Hitze (wenn es Flammenlieferer sind) in gasförmigen Zustand versetzt, verbrennen aber erst bei ihrem Austritte aus der Mehlpulverflamme bei ihrer Berührung mit dem Sauerstoff der umgebenden atmosphärischen Luft, und zwar mit denselben Erscheinungen, wie wenn sie für sich allein verbrennten.

Dasselbe ist auch bei andern Sätzen, z. B. dem Salpeterschwefel, der Fall, wo der Brennstoff bereits in der nöthigen Menge vorhanden ist, um allen Sauerstoff aufzunehmen, wenn man einen andern Brennstoff ausser Kohle zusetzt, z. B. Harz. Man sieht dann zwei Flammen, wovon die eine, untere, die des Satzes ist, die andere, die des im Uebermaasse beigemengten brennbaren Stoffes aber die Verlängerung derselben bildet. —

Man kann auch mit chlorsaurem Kali statt des Salpeters ein Schießpulver erzeugen. Das Verhältniss ist:

Chlorsaures Kali 8 Theile

Kohle 1 -

Schwefel 1 -

Es ist nicht rascher als das mit Salpeter erzeugte Schießpulver, und brennt mit röthlich gelber Flamme; zeichnet sich aber durch seine besondere Entzündlichkeit aus. Schon ein starker Schlag ist zur Entzündung hinreichend. —

