

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Vollständiges Taschenbuch für Kunst- und Lustfeuerwerker und Liebhaber dieser Unterhaltung**

**Pesth, 1820**

II. Ueber die Bereitung der farbigen Feuer, von Professor Winkelblech zu  
Kassel

[urn:nbn:de:bsz:31-101252](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-101252)

Nr. 64.\* (Roth zu Flammen.)

Chlorsaures Kali . . . . .	6	Theile.
Salpetersauren Strontian	72	"
Schwefel . . . . .	24	"
Kienruß . . . . .	2	"
Gummilack . . . . .	$\frac{1}{2}$	"

Dieser Satz ist zwar auch schön, aber von einem minder dunkeln Roth, als worin Calomel enthalten ist. Man darf ihn nicht drücken.

## II. Ueber die Bereitung der farbigen Feuer, von Prof. Winkelblech zu Kassel\*).

Der schwierigste Theil der Feuerwerkerei ist derjenige, welcher sich mit der Darstellung der farbigen Feuer oder der sogenannten Buntfeuer befaßt. Die Schriften der Autoren, welche über die Feuerwerkerei geschrieben haben, sind reich an Vorschriften zur Darstellung der Buntfeuer, die jedoch meist weniger leisten, als von ihnen versprochen wird, und die praktischen Feuerwerker, welche ihre Vorschriften sehr geheim halten, verstehen öfters nur das Weiß- und Rothfeuer von genügender Schönheit hervorzubringen. Die Untersuchung, deren Resultate Hr. Prof. Winkelblech mittheilt, hatte den Zweck, zu ermitteln, welche farbige Feuer überhaupt hervorgebracht werden können, und welche Mischung oder, wie sich die Feuerwerker ausdrücken, welche Säze dieselben in der größten Vollkommenheit liefern. Es mußten also nicht nur die vorhandenen Vorschriften der Feuerwerker, die öfters sehr zusammengesetzt sind, sondern auch alle chemischen Körper, welche aus irgend einem Grunde eine Anwendung in der Feuerwerkerei vermuthen ließen, auf ihre Brauchbarkeit geprüft werden. Mit Uebergang der zahlreichen Versuche, welche zu diesem Behufe gemacht werden mußten,

\*) Aus dessen Programm der höhern Gewerbschule in Kassel.

theilt Hr. Winkelblech diejenigen wiederholt geprüften und daher als sicher anzunehmenden Resultate, welche für den praktischen Feuerwerker von Interesse sind, mit.

Bekanntlich hat man nur drei Feuerwerkstücke, welche bei dem Gebrauche der Buntfeuer vorkommen; man nennt sie gewöhnlich Flammen, Lichter und Sterne. Die Flammen dienen dazu, große Räume mit farbigem Lichte zu erleuchten, und werden am besten in Gefäßen von hessischer Tiegelmasse abgebrannt. Die Lichter unterscheiden sich von den Flammen nur durch den Maßstab, in dem sie ausgeführt werden; sie dienen hauptsächlich zu einer mannichfaltigen Gruppierung der Farben und werden am besten in Hülsen von möglichst dünnem und nur wenig über einander geschlagenem Papiere abgebrannt. Die Sterne, deren Zweck schon aus ihrem Namen hervorgeht, verbrennen, indem sie frei in der Luft schweben.

Die ganze Erzeugung der Buntfeuer beruht darauf, daß gewisse Körper im glühenden Zustande mit einem besonderen Lichte leuchten, welche Farbe jedoch von der Temperatur abhängig ist und sich mit dieser verändern oder auch ganz verschwinden kann. Bringt man nun auf irgend eine Weise einen solchen Körper in Form eines sehr feinen Staubes in eine Flamme, so wird er durch dieselbe zum Glühen erhitzt und leuchtet dadurch mit der ihm eigenthümlichen Farbe. Will man einen beliebigen Körper auf seine Fähigkeit, mit farbigem Lichte zu leuchten, prüfen, so stellt man eine reine Wasserstoffflamme dar und streut ihn als zartes Pulver in diese Flamme hinein. Um den Einfluß des Temperaturwechsels auf die Farbe des leuchtenden Körpers kennen zu lernen, mischt man dem brennenden Wasserstoffgase zur Erhöhung der Temperatur Sauerstoff und zur Erniedrigung derselben Stickgas zu. Der Versuch läßt sich in kleinem Maßstabe anstellen und zeigt zur Genüge, ob der fragliche Körper noch specieller geprüft zu werden verdient.

Ein noch einfacheres, namentlich für den praktischen Feuerwerker bequemes, Verfahren besteht darin, daß man den zu prüfenden Körper mit seinem dreifachen Gewichte einer Mischung aus 20 Gewichtstheilen chorsaurem Kali, 5 Theilen Schwefel und 1 Theil Mastix zusammenreibt und diese abbrennt. Zeigt die entstehende Flamme eine deutliche Färbung, so ist die Wahrscheinlichkeit nachgewiesen, daß der eingemengte Körper zur Darstellung von Buntfeuer gebraucht werden kann. Die genannte Mischung, welche im Folgenden öfters angeführt wird, bezeichnet Hr. Winkelblech mit dem Namen Probesatz.

Alle Buntfeuersätze sind Mischungen von einem brennenden und einem zündenden Körper, welche eben so, wie das Schießpulver, sich beim Anzünden unter Feuererscheinung und namentlich unter Bildung einer lebhaften Flamme zersetzen. Die gasförmigen Zersetzungsprodukte, welche die Flammen bilden, reißen bei ihrer Entstehung etwas von dem färbenden Körper mit fort und bringen dadurch dieselbe Erscheinung hervor, die wir bei dem Einstreuen des ersteren in die Wasserstoffflamme beobachten. Gelingt es, den färbenden Körper selbst als brennbaren oder zündenden zu benutzen, so ist dieß natürlich der kürzeste Weg zur Darstellung eines Buntfeuers; gelingt dieses aber nicht, so muß man eine Mischung, welche eine möglichst farblose Flamme giebt, darstellen und dieser den färbenden Körper im staubförmigen Zustande beimischen.

Man sollte glauben, daß nach diesen einfachen Regeln sich sehr leicht die zweckmäßigsten Mischungen zur Erzeugung der Buntfeuer auffinden ließen; dieß Geschäft ist jedoch keineswegs so einfach, wie es scheint, weil dabei noch verschiedene, sehr wichtige Nebenrücksichten in Betracht kommen. Es muß nämlich erstens ein jeder Satz mit einer bestimmten Geschwindigkeit abbrennen, welche bei Sternen am größten, bei Lichtern geringer und bei Flammen am geringsten ist; zweitens muß die Flamme gerade diejenige Temperatur haben, bei welcher die Farbe des leuchtenden Körpers am deutlichsten her-

vortritt; drittens muß das Volumen der Flamme von der Beschaffenheit sein, daß dieselbe deutlich gesehen werden kann, ohne durch eine zu große Ausdehnung der Gase die Farbe zu schwächen; viertens muß die bei dem Abbrennen des Sazes zurückbleibende Schlacke, sowohl für Sterne, Lichter als Flammen einen verschiedenen Grad von Schmelzbarkeit haben; fünftens muß die Flamme einen so großen Glanz besitzen, daß sie ziemlich entfernte Gegenstände mit der ihr eigenthümlichen Farbe beleuchtet oder, wie die Feuerwerker sich ausdrücken, stark reflektirt. Dieser Glanz steigt im Allgemeinen mit der Temperatur der Flamme und wird außerdem noch durch die Unschmelzbarkeit des in derselben suspendirten festen Körpers bedingt. In der Befriedigung aller dieser Nebenrückichten liegt die Hauptschwierigkeit bei Ermittlung der zweckmäßigsten Säze, und oft kann nur die eine der genannten Qualitäten durch theilweise Aufopferung von einer oder mehreren andern erlangt werden.

Betrachtet man die zur Erzeugung der Buntfeuer nöthigen Materialien, so hat man zuerst zwischen denen zu unterscheiden, welche bloß zur Erzeugung des Feuers, und solchen, die entweder zur Färbung oder zu beiden Zwecken zugleich gebraucht werden. Die letzteren werden am besten bei der Betrachtung der einzelnen Farben angeführt; die ersteren, welche wieder in brennbare und zündende zerfallen, sind folgende:

Der zündenden sind nur zwei: das chlorsaure Kali und der Salpeter. Das chlorsaure Kali giebt beim Abbrennen mit brennbaren Körpern eine größere Flamme, höhere Temperatur und eine leichter schmelzbare Schlacke, als der Salpeter; auch sind die Mischungen, welche dieses Salz enthalten, leichter entzündlich, und brennen weit schneller ab, als die salpeterhaltigen. Da beide Körper, sowohl das chlorsaure Kali, als der Salpeter, Kali enthalten, und dieses beim Glühen mit einem schwachen violetten Lichte leuchtet, so sollte man glauben, sie müßten für sich violette Flammen geben; aber dieß ist deswegen nicht der Fall, weil bei der Hitze, die beim

Abbrennen der Feuerwerksätze entsteht, die Farbe des Kali's fast gänzlich verschwindet.

Die brennbaren Körper sind: Schwefel, Kohle und ein organischer Stoff, gewöhnlich Mastix. Die Kohle unterscheidet sich von dem Schwefel dadurch, daß sie sowohl mit chorsaurem Kali als mit Salpeter schneller abbrennt, als dieser, und der Flamme, wenn auch im geringen Grade, die röthlichgelbe Flamme des Holzfeuers ertheilt, was den Gebrauch derselben bedeutend beschränkt. Die allgemeinste Anwendung erleidet der Schwefel, welcher mit seinem vierfachen Gewichte chorsaurem Kali eine schwachgefärbte und mit seinem dreifachen Gewichte Salpeter eine farblose Flamme giebt. Der Mastix, welcher bei den meisten Sätzen der Sterne nothwendig ist, um den Massentheilen den nöthigen Zusammenhang zu geben, steht in seinem Verhalten zum chorsauren Kali und Salpeter zwischen der Kohle und dem Schwefel. Er färbt nämlich die Flamme schwächer als die Kohle und brennt dabei rascher als der Schwefel. Außerdem bewirkt er durch seinen Gehalt an Wasserstoff eine merkliche Volumvergrößerung der durch ihn erzeugten Flamme.

Die Zahl der Farben, welche man hervorbringen kann, beläuft sich, wenn von einigen, nicht bedeutenden Nüancen abgesehen wird, auf fünf, und es ist wenig Hoffnung vorhanden, daß dieselben mit Hülfe der bis jetzt bekannten chemischen Körper vermehrt werden können. Wir wollen die Farben der Reihe nach durchgehen, und bei einer jeden die färbenden Körper, so wie die Sätze für die drei verschiedenen Feuerwerksstücke besonders angeben.

1) Grüne Farbe — Abgesehen von einigen Metallen, welche bei ihrer Verbrennung eine schwach bläulichgrüne Flamme geben, hat man nur drei Körper, die im glühenden Zustande mit grünem Lichte leuchten, und nur von den letzteren kann hier die Rede sein. Diese drei Körper sind: das Bor, das Kupfer und das Baryum.

Das Bor färbt am stärksten in Verbindung mit Sauerstoff oder Fluor. Die grüne Farbe tritt indessen am deutlichsten bei Temperaturen hervor, die zu niedrig sind, um stark reflektirende Flammen zu geben. Mischt man wasserfreie Borsäure oder Borfluorkalium, welches in der Hitze das Fluorbor fahren läßt, mit dem Probesaße, so erhält man grüne Flammen, die nur schwach gefärbt sind und wenig Glanz haben; befeuchtet man hingegen krytallisirte Borsäure mit gewöhnlichem Weingeist und zündet diesen an, so erhält man eine zwar deutlich apfelgrün gefärbte, aber, wie alle Weingeistfeuer, nicht reflektirende Flamme.

Die Verbindungen des Kupfers färben nur stark wasserhaltige Flammen von niedriger Temperatur grün und können demnach zur Erzeugung reflektirender Feuer gar nicht gebraucht werden. Löst man Chlorkupfer in Weingeist auf und zündet denselben an, so brennt dieser mit deutlich grüner Flamme. Die Farbe wird am schönsten, wenn der Weingeist mit so viel Wasser vermischt ist, als er, ohne die nöthige Brennbarkeit zu verlieren, vertragen kann. Das Chlorkupfer bringt von allen Kupferverbindungen die deutlichste Färbung hervor, namentlich stehen demselben das Bromkupfer, das salpetersaure und chlorsaure Kupferoxyd, so wie das Borfluorkupfer merklich nach.

Das Baryum ist der einzige Körper, durch welchen in der Feuerwerkerei brauchbare Farben erzielt werden können. Die Sauerstoffverbindungen desselben geben ein deutliches Blaugrün und die Chlorverbindungen ein noch schöneres Gelbgrün. Die letzteren bedürfen indessen einer etwas höheren Temperatur, als die ersteren; 4 Gewichtstheile Probesaß geben mit 1 Theile äzendem oder kohlensaurem Baryt eine schöne meergrüne Farbe. Da der Baryt sowohl mit Salpetersäure als mit Chlorsäure luftbeständige Verbindungen eingeht, und diese Salze zugleich als zündende und färbende Körper gebraucht werden können, so bilden sie das zweckmäßigste Material zur Darstellung der Grünfeuer. Die nähern Umstände,

welche bei ihrer Anwendung berücksichtigt werden müssen, sind folgende: Der salpetersaure Baryt brennt mit Schwefel nicht fort, kann also nur in Vermischung mit dem sehr rasch brennenden chlorsauren Kali angewendet werden; der chlorsaure Baryt hingegen giebt, wenn sieben Gewichtstheile desselben mit drei Theilen Schwefel zusammengerieben werden, eine leicht entzündliche, ziemlich rasch abbrennende Mischung, deren Flamme eine sehr schöne und starke gelbgrüne Farbe zeigt. Keine Farbe ist jedoch so empfindlich gegen die störenden Einflüsse anderer färbender Körper, als das Grün der Baryumverbindungen. Die Einmischung von einem Procente eines beliebigen andern färbenden Körpers in den Satz dieser Grünfeuer genügt, um ihre Farbe fast gänzlich zu zerstören; selbst von den gewöhnlich angewandten brennbaren Körpern liefert nur der Schwefel die grüne Farbe in voller Reinheit; der Mastix übt schon einen nachtheiligen Einfluß auf dieselbe aus und darf deshalb bei den Sternen nur in der, für die Festigkeit durchaus erforderlichen Menge angewandt werden; der schädliche Einfluß der Kohle hingegen ist so groß, daß jeder Zusatz davon gänzlich vermieden werden muß; auch kommt es sehr auf die vollkommene Reinheit der angewandten Barytsalze an, was namentlich bei dem chlorsauren Baryt zu berücksichtigen ist, der nach der jetzt gebräuchlichen Bereitungsmethode, durch Krystallisation von dem chlorsauren Natron getrennt werden muß. Seine Reinigung gelingt zwar vollständig, jedoch nur durch dreimaliges Umkrystallisiren.

a) Die Sterne können aus reinem, chlorsaurem Baryt und Schwefel mit etwas Mastix dargestellt werden, welche Mischung die reinste gelbgrüne Farbe liefert; der chlorsaure Baryt kann indessen bis zu  $\frac{1}{3}$  durch salpetersauren ersetzt werden, ohne daß dadurch die Schönheit und Nuance der Farbe eine erhebliche Veränderung erlitte.

Jedenfalls geben folgende drei Sätze gelbgrüne Sterne von besonderer Schönheit:

	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.
Chlorsaurem Baryt . . . . .	30	60	60
Salpetersaurem Baryt . . . . .	—	20	30
Schwefel . . . . .	10	30	20
Mastix . . . . .	1	1	1

Alle diese Sterne haben eine große und glänzende Flamme, deren Glanz nicht, wie dieß bei den rothen Sternen der Fall ist, durch einen Zusatz von Schwefelantimon erhöht werden kann, weil auch dieser Körper schon eine theilweise Zerstörung der grünen Farbe bewirkt. Will man die Anwendung des chlorsauren Baryts vermeiden, so muß man dem salpetersauren Baryt nahe die Hälfte seines Gewichts chlorsaures Kali zufügen, um die nöthige Größe und Temperatur der Flamme hervorzubringen. Die Farbe ist blaugrün und unterscheidet sich sehr deutlich von der vorhergehenden. Das deutliche Hervortreten derselben hängt bei keinem andern Buntfeuer so sehr von der relativen Menge der in den Satz eingehenden Bestandtheile ab, als bei diesen blaugrünen Sternen; namentlich muß man auf eine gesättigte Farbe verzichten, wenn man eine Flamme von der, bei andern Sternen gewöhnlichen Größe erhalten will. Wir theilen daher zwei Sätze mit, wovon der erste größere und der zweite kleinere, aber stärker gefärbte, Sterne liefert.

	Nr. 1.	Nr. 2.
Salpetersaures Baryt . . . . .	24	20
Chlorsaures Kali . . . . .	56	18
Schwefel . . . . .	30	10
Mastix . . . . .	1	1
Schwefelantimon . . . . .	—	3

Diese Sterne stehen den gelbgrünen sowohl an Stärke der Färbung als an Glanz nach, machen aber dessenungeachtet, selbst wenn sie abwechselnd mit denselben gebraucht werden, einen sehr guten Effekt. Der Zusatz des Schwefelantimons bei Nr. 2 erhöht die Schmelzbar-

keit der Schlacke und befördert dadurch das schnelle Abbrennen des Sterns, welcher allerdings ohne diesen Zusatz eine schönere Farbe haben würde; auch ballen sich alle Säze, die eine hinreichende Menge Schwefelantimon enthalten, so fest zusammen, daß dadurch der als Bindemittel dienende Mastix entbehrlich wird.

b) Die Lichter lassen sich nicht von einer so deutlich verschiedenen Farbennuance erhalten, wie die Sterne; auch sind sie stets minder gefärbt als diese. Dieser Unterschied liegt indessen weniger an der Beschaffenheit des Sages, als an dem äußerst schädlichen Einflusse, den die Papierhülse durch ihren Kohlenstoffgehalt beim Abbrennen desselben auf die erzeugte Fläche ausübt. Brennt man die Säze ohne Hülse ab, so zeigen sie eine starke Färbung, und es lassen sich auch die blauen und gelben Nuancen deutlich unterscheiden. Will man keinen chlorsauren Baryt anwenden, so muß man dem Sag nothwendig etwas Schwefelantimon zufügen, um der Schlacke die zum regelmäßigen Fortbrennen nöthige Leichtflüchtigkeit zu geben; doch hat dieser Zusatz leider eine merkliche Schwächung der Farbe zur Folge.

Ein Zusatz von chlorsaurem Baryt, der jedoch zu dem salpetersauren Baryt in dem Verhältniß von 2 zu 3 stehen muß, macht indessen das Schwefelantimon ganz entbehrlich. Vermehrt man seine Menge, so wird die Schlacke tropfenförmig aus der Hülse geschleudert, und vermindert man dieselbe, so erhält die Flamme nicht die nöthige Größe. Die besten Säze sind folgende:

	Nr. 1.	Nr. 2.
Salpetersaurer Baryt	30 Th.	42 Th.
Chlorsaurer Baryt .	20 "	— "
Chlorsaures Kali .	— "	40 "
Schwefel . . . .	10 "	22 "
Schwefelantimon .	— "	1 "

Der Sag Nr. 2 brennt (bei 5 Zoll Länge und 4 Linien Durchmesser) in 70 Sekunden ab. Die Schlacken tropfen ziemlich gut ab, und die Flamme hat eine

mittelmäßige Größe. Nr. 1 hat eine etwas größere Flamme, brennt langsamer, und läßt die Schlacke mit der vollkommensten Regelmäßigkeit abtropfen.

c) Die Flamme läßt sich nicht mit Vortheil durch den chlorsauren, sondern nur durch den salpetersauren Baryt erzeugen. Es kommt bei ihr besonders darauf an, daß der brennbare Körper bloß Schwefel sei und jeder Zusatz von Kohle oder Schwefelantimon vermieden werde. Der beste Satz ist folgender:

Salpetersaurer Baryt . . . . .	12	Theile.
Chlorsaures Kali . . . . .	5	"
Schwefel . . . . .	4	"

Dieser Satz brennt bei kleinen Proben nicht leicht fort, sondern erlischt öfters, welcher Fehler jedoch verschwindet, wenn mehrere Lothe desselben auf ein Mal abgebrannt werden. Die Flamme ist von mittlerer Größe, stärker gefärbt als die Lichter, und reflektirt sehr gut. Versucht man den salpetersauren Baryt ganz oder theilweise durch chlorsauren zu ersetzen, so tritt ein so starkes Ausschäumen der Schlacke ein, daß dadurch das regelmäßige Fortbrennen gestört wird.

Bekanntlich bedienen sich die Feuerwerker am häufigsten des salpetersauren Baryts zur Erzeugung aller Arten von Grünfeuer, meist jedoch mit einem, in Bezug auf die Färbung, ungenügenden Erfolg. Der Grund dieses Uebelstandes liegt theils in der Unrichtigkeit ihrer Mischungsverhältnisse, theils darin, daß sie Kohle oder beträchtliche Quantitäten von organischen Körpern, wie Stearin, Schellack, Milchzucker oder Chlorquecksilber zusetzen, von welchen namentlich die erstere den schädlichsten Einfluß auf die Reinheit der Farbe ausübt.

2) Rothe Farbe. — Es giebt drei Körper, deren Sauerstoff- oder Chlorverbindungen zu Rothfeuer gebraucht werden können: das Lithium, Strontium und Calcium.

Bekanntlich ertheilen die Verbindungen des Lithiums der Weingeistflamme eine dunkelrothe, die des

Strontiums eine hellrothe, und die des Kalciums ebenfalls eine hellrothe, etwas ins Violette spielende Farbe. Da das Lithium für die Feuerwerkerei zu kostbar ist, so kommt dasselbe hier nicht in Betracht, und es genüge die Bemerkung, daß es als Bestandtheil von Feuerwerksätzen weit weniger leistet, als nach seiner intensiven Färbung der Weingeistflamme zu erwarten wäre.

Was das Strontium anbelangt, so können wir uns entweder seines chlorsauren oder salpetersauren Salzes bedienen. Der salpetersaure Strontian, mit Schwefel gemengt, läßt sich nicht entzünden; der chlorsaure bildet mit einem gleichen Gewicht Schwefel eine leicht entzündliche Mischung, welche mit einer gesättigten rothen Farbe abbrennt; vermindert man jedoch die Menge des Schwefels bis zu  $\frac{1}{4}$ , so ist die Verbrennung weit rascher, die Farbe aber zum größeren Theil verschwunden. Zur Erzeugung eines gesättigt rothen Weingeistfeuers ist der chlorsaure Strontian allen übrigen Strontiansalzen vorzuziehen.

Da das Kalcium ein etwas violettes Roth giebt, so soll dasselbe bei der violetten Farbe betrachtet werden. Es blieb also nur noch die Wahl zwischen salpetersaurem und chlorsaurem Strontian. Das Roth des Strontians tritt bei einer Temperatur hervor, wobei die grüne Farbe des Baryts noch wenig bemerkt wird, und verschwindet größtentheils bei einer solchen, bei welcher die letztere die größte Sättigung erlangt. Hieraus folgt, daß solche Mischungen von chlorsaurem und salpetersaurem Strontian die stärkste Färbung bewirken müssen, bei welchen gerade die Hitze noch stark genug ist, um das Abbrennen der Mischung möglich zu machen. Da indessen der chlorsaure Strontian die Luftfeuchtigkeit so stark anzieht, daß er die Haltbarkeit der Feuerwerksstücke sehr beschränken würde, so muß man dessen Anwendung gänzlich vermeiden; auch kann dieß um so leichter geschehen, als die mit demselben angestellten Versuche beweisen, daß die Farbe der Rothfeuer durch ihn, und zwar in den drei verschiedenen Feuerwerksstücken, nur wenig gewinnt. Wir

setzen daher dem salpetersauren Strontian so viel chloresfaures Kali zu, als nöthig ist, die Säze zum Brennen zu bringen, und mischen dem Schwefel, um die Geschwindigkeit des Brennens ohne eine entsprechende Temperaturerhöhung zu beschleunigen, etwas Kohle bei. Die letztere beeinträchtigt, da sie selbst die Flamme röthlich färbt, die Schönheit der Farbe nicht.

a) Die Sterne müssen, des nöthigen Zusammenhangs wegen, außer den schon angeführten Bestandtheilen etwas Mastix enthalten; auch trägt ein kleiner Zusatz von Schwefelantimon merklich zur Erhöhung ihres Glanzes bei. Der beste Satz ist folgender:

Salpetersaurer Strontian	25	Theile.
Chloresfaures Kali . . . . .	15	"
Schwefel . . . . .	12	"
Kohle . . . . .	2	"
Schwefelantimon . . . . .	2	"
Mastix . . . . .	1	"

Die rothe Farbe dieser Sterne ist sehr gesättigt und kommt an Schönheit der grünen gleich; auch ist die Dauer des Abbrennens bei beiden ziemlich dieselbe.

b) Die Lichter bedürfen einen noch größeren Zusatz von Schwefelantimon, damit die Schlacke die nöthige Schmelzbarkeit erlange. Die Farbe leidet dadurch, steht aber dennoch der Farbe der grünen Lichter, die durch die Kohle der Papierhülse geschwächt wird, gleich. Der beste Satz ist folgender:

Salpetersaurer Strontian	40	Theile.
Chloresfaures Kali . . . . .	10	"
Schwefel . . . . .	13	"
Schwefelantimon . . . . .	5	"
Kohle . . . . .	2	"

Diese rothen Lichter brennen in 80 Sekunden ab und müssen, um die beste Wirkung zu geben, etwas lose in die Hülse gestopft sein.

c) Die Flamme darf durchaus nicht mehr chloresfaures Kali enthalten, als zum langsamen Fortbrennen des Satzes nöthig ist.

Ein Zusatz von Schwefelantimon stört die Reinheit derselben. Der beste Satz ist folgender:

Salpetersaurer Strontian	40	Theile.
Chlorsaures Kali . . . . .	5	"
Schwefel . . . . .	13	"
Kohle . . . . .	2	"

Die rothe Flamme ist unstreitig unter allen die schönste. Sie hat die gesättigste Farbe und reflektirt am stärksten.

3) Gelbe Farbe. — Wir kennen einen Körper, welcher eine entschiedene gelbe Farbe hervorbringt; dieser ist das Natrium. Die Sauerstoffverbindungen desselben färben stärker als die Chlorverbindungen. Die gelbe Farbe tritt, eben sowie die rothe, bei niedriger Temperatur am stärksten hervor und verschwindet bei höheren Hitzgraden fast gänzlich. Weder das salpetersaure noch chlorsaure Natron brennen für sich mit Schwefel fort; fügt man aber dem letztern  $\frac{1}{4}$  seines Gewichts Kohle hinzu, so erhält man fortbrennende Mischungen. 1 Gewichtstheil kohlehaltiger Schwefel giebt mit seinem gleichen Gewichte salpetersaurem Natron eine langsam brennende Flamme von gesättigt gelber Farbe. 1 Gewichtstheil kohlehaltiger Schwefel mit seinem gleichen Gewichte chlorsaurem Natron brennt schneller, aber minder gelb, mit  $\frac{1}{2}$  seines Gewichts hingegen sehr rasch, aber fast ganz weiß. Da das chlorsaure Natron die Luftfeuchtigkeit, wenn auch langsamer als der chlorsaure Strontian, anzieht, so sucht man schon deshalb seinen Gebrauch in der Feuerwerkerei zu vermeiden. Das salpetersaure Natron, welches diese Eigenschaft in geringerem Grade besitzt, ist demnach das geeignetste Material zur Erzeugung der Gelbfeuer. Da seine Mischungen mit Schwefel zu langsam brennen, Zusätze von Kohle und Schwefelantimon die gelbe Farbe nicht beeinträchtigen, und das letztere selbst noch den Glanz des Gelbfeuers erhöht, so verdienen beide Körper, als Mittel, das Abbrennen der Säze zu beschleunigen, vor dem chlorsauren Kali den Vorzug.

a) Die Sterne bedürfen, wenn sie Schwefelantimon enthalten, keines Bindemittels. Da dieselben jedoch, wenn sie aus salpetersaurem Natron verfertigt werden, bei längerer Aufbewahrung dem Verderben unterworfen sind, so ist es von Interesse, auch einen Zusatz zu haben, welcher den übrigen Säzen an Haltbarkeit nicht nachsteht. Dieser läßt sich dadurch herstellen, daß man dem Probefas ein luftbeständiges und leicht schmelzbares Natronsalz hinzufügt. Zu diesem Zweck eignet sich unter allen das doppelt-kohlensaure Natron am meisten. Die beiden besten Säze sind folgende:

	Nr. 1.	Nr. 2.
Salpetersaures Natron . . . . .	16 Th.	— Th.
Chlorsaures Kali . . . . .	— "	20 "
Doppeltkohlensaures Natron . . . . .	— "	10 "
Schwefel . . . . .	5 "	5 "
Schwefelantimon . . . . .	2 "	— "
Kohle . . . . .	1 "	— "
Mastix . . . . .	— "	1 "

Die Sterne Nr. 1 haben eine sehr reine Farbe und starken Glanz, kommen an Schönheit den rothen und grünen gleich, verbrennen aber schneller als diese. Die Sterne von Nr. 2 stehen den ersteren an Schönheit nach, brennen zwar etwas langsamer als diese, machen aber immer noch einen genügenden Effekt.

b) Die Lichter sind nicht, wie die Sterne, dem Verderben unterworfen. Der beste Satz ist folgender:

Salpetersaures Natron . . . . .	30 Theile.
Schwefel . . . . .	7 "
Schwefelantimon . . . . .	3 "
Kienruß . . . . .	2 "

Diese Lichter brennen in 90 Sekunden ab. Sie lassen die Schlacke sehr regelmäßig abtropfen und geben eine stärker gefärbte und breitere Flamme, als die rothen und grünen, welche einen in der Nähe sehr merklichen

Rauch verbreiten und weniger glänzen, als die aller übrigen Lichter. Es scheint kein Mittel zu geben, den Glanz der Flamme zu erhöhen und den Rauch zu vermeiden, wodurch die Lichter nicht mehr an Farbe verlieren, als sie durch diese Verbesserungen gewinnen. Der Kienruß darf nicht durch gewöhnliches Kohlenpulver ersetzt werden, weil durch dieses die Farbe etwas verliert.

c) Die Flamme ist, eben so wie die Lichter, auch wenn sie salpetersaures Natron enthält, vollkommen haltbar, und brennt besser bei der Anwendung von Kohle, als bei der von Kienruß. Der beste Satz ist folgender:

Salpetersaures Natron	.	20	Theile.
Schwefel	.	5	"
Schwefelantimon	.	1	"
Kohle	.	1	"

Diese Flamme brennt sehr regelmäßig, und ist mindestens ebenso stark gefärbt, als die rothe, der sie jedoch an Glanz bedeutend nachsteht.

4) Weiße Farbe. Obgleich es eine Menge von Körpern giebt, die im glühenden Zustande mit ungefärbtem Lichte leuchten, so ist die Zahl derer, die sich zur Darstellung des Weißfeuers eignen, dennoch nicht bedeutend. Das Osmium, welches in der Weingeistflamme eine auffallende Wirkung hervorbringt, leistet in den Feuerwerksätzen nur wenig und würde, auch bei der besten Qualifikation, zu kostbar sein, um angewendet zu werden. Antimon und Arsenik sind die beiden Stoffe, welche hier in Betracht kommen. Es giebt überhaupt keinen Körper, der ein ganz farbloses Feuer erzeugt, und von dieser Regel machen auch das Antimon und Arsenik keine Ausnahme. Das erstere theilt dem Weißfeuer einen blauen und das letztere einen gelben Schein mit. Da nun ein blauer Schein weniger bemerkt wird, als ein gelber, und außerdem die arsenikhaltigen Feuerwerksätze mit einem sehr starken, beim Einathmen giftigen Rauch abbrennen, so verdient das Antimon unbedingt den Vorzug vor dem Arsenik. Es ist nicht nöthig, daß man

metallisches Antimon anwende, sondern man kann sich vielmehr des im Handel unter dem Namen Antimonium crudum vorkommenden Schwefelantimons bedienen.

a) Die Sterne lassen sich, eben so wie die Flammen und die Lichter, aus Salpeter, Schwefel und Schwefelantimon zusammensetzen; nur brennen sie etwas zu langsam; ein Uebelstand, der durch einen kleinen Zusatz von chloresaurem Kali, oder, noch wohlfeiler, von Schießpulver gehoben werden kann. Der beste Satz ist folgender:

Salpeter . . . . .	32	Theile.
Schwefel . . . . .	12	"
Schwefelantimon . . . . .	8	"
Schießpulver . . . . .	1	"

Diese Sterne stehen an Schönheit, Farbe und Glanz den vorhergehenden nicht nach und brennen ungefähr mit derselben Geschwindigkeit wie die rothen und grünen.

b) Die Lichter bedürfen den Zusatz des Schießpulvers, der bei den Sternen gemacht wurde, nicht. Der beste Satz ist folgender:

Salpeter . . . . .	4	Theile.
Schwefelantimon . . . . .	1	"
Schwefel . . . . .	1	"

Diese Lichter brennen in 100 Sekunden, also unter allen am langsamsten, ab. Die Gestalt, Farbe und der Glanz ihrer Flamme läßt nichts zu wünschen übrig; auch lassen sie die Schlacke sehr regelmäßig abtropfen.

c) Die Flamme ist die bekannteste und am häufigsten angewandte unter allen. Der beste Satz dazu ist folgender:

Salpeter . . . . .	12	Theile.
Schwefel . . . . .	4	"
Schwefelantimon . . . . .	1	"

Diese Flamme steht an Schönheit keiner der übrigen nach und hat von allen den stärksten Glanz.

5) Blaue Farbe. — Das blaue Feuer ist von allen am schwierigsten hervorzubringen. Wir haben nur einen Körper, welcher sich dazu eignet: das Kupfer. Dieses färbt aber die wasserhaltigen Flammen und die wasserfreien auch nur dann blau, wenn die Hitze stark genug ist; denn bei niedrigerer Temperatur geht die blaue Farbe in Roth über. Hieraus erklärt es sich, daß alles Blaufeuer die Neigung hat, an den Ranten rothe Säume zu bekommen, um dadurch ins Violette überzugehen. Sowohl das chlorsaure als salpetersaure Kupferoxyd ziehen die Luftfeuchtigkeit mit so großer Begierde an, daß sie nicht gebraucht werden können. Die Salpetersäure bildet zwar mit dem Kupferoxyd ein basisches Salz, welches in Wasser unlöslich ist, dessen Wirkung aber den Erwartungen, die man der Natur seiner Säure nach davon haben kann, nicht entspricht. Unter allen Verbindungen des Kupfers giebt das schwefelsaure Kupferoxyd die schönste Farbe. Da dieses Salz aber im entwässerten Zustande angewendet werden muß, und mit großer Begierde das ihm geraubte Krystallwasser wieder aus der Luft anzieht, so können wir keinen Gebrauch davon machen. Das schwefelsaure Kupferoxyd-Kali besitzt zwar die genannte Eigenschaft nicht, giebt aber dafür auch eine weit schwächere Farbe. Nach dem schwefelsauren Kupferoxyd folgt, in Rücksicht auf die Färbung, das Kupferoxyd. Es muß im dichten Zustande als Kupferhammerschlag angewendet werden, weil das feinzertheilte, auf nassem Wege bereitete von merklich geringerer Wirkung ist, als jener. Eine Eigenthümlichkeit aller kupferhaltigen Mischungen, ohne Rücksicht darauf, ob das Kupfer als Metall, Oxyd oder Salz darin enthalten ist, besteht darin, daß sie weit rascher abbrennen, als alle übrigen Säze, und gerade hierin liegt die Hauptschwierigkeit für die Erzeugung einer schönen blauen Farbe. Wendet man nämlich so viel chlorsaures Kali an, daß die Hitze zur Bildung eines gesättigten, schönen Blau herauskommt, so brennen die Säze zu schnell; vermindert man das chlorsaure Kali, bis dieselben lang-

sam genug brennen, so geht die blaue Farbe in Violett über. Ein Zusatz von Schwefelantimon oder Kohle wirkt, unter allen Umständen, nachtheilig auf die Reinheit der Farbe.

Das Zink brennt, wenn man es in der Luft bis zum starken Glühen erhitzt, mit einer bläulichen Flamme. Die Farbe kommt indessen nicht dem gebildeten Oxyd, sondern dem glühenden Zinkdampf zu. Da nun das Zink als Bestandtheil der Feuerwerksätze fast gar nicht dampfförmig austritt, sondern gleich oxydirt wird, und außerdem selbst mit Salpeter zu rasch abbrennt, so ist von demselben kein Gebrauch zur Erzeugung eines Blaufeuers zu machen.

a) Die Sterne bedürfen den Mastix als Bindemittel. Dieser wirkt jedoch nachtheilig auf die Farbe der Flamme. Der beste Satz ist folgender:

Chlorsaures Kali	. 20	Theile.
Kupferoxyd	. . . 14	"
Schwefel	. . . 12	"
Mastix	. . . 1	"

Die Sterne brennen schneller als die vorhergehenden; ihre Farbe ist rein blau, ohne rothe Säume; doch haben sie unter allen am wenigsten Glanz. Vermindert man die Menge des darin enthaltenen Schwefels, so werden sie allerdings etwas glänzender, bekommen aber rothe Säume und verbrennen noch schneller.

b) Die Lichter müssen, zur Verhinderung des allzuschleunigen Abbrennens, einen Zusatz von Salpeter erhalten, durch welchen jedoch die Färbung etwas geschwächt wird. Der beste Satz ist folgender:

Chlorsaures Kali	. 18	Theile.
Salpeter	. . . 6	"
Kupferoxyd	. . . 6	"
Schwefel	. . . 10	"

Diese Lichter brennen in 60 Sekunden ab, also unter allen am schnellsten; die Schlacken fließen ziemlich

gut ab; die Flamme ist von einem kleinen Umfang deutlich gefärbt, und hat rothe Säume, welche jedoch nur in der Nähe gesehen werden können. Sie bringt, wiewohl sie stark reflektirt, nur eine düstere Beleuchtung hervor, was jedoch mit der Natur ihrer Farbe zusammenhängt.

c) Die Flamme bedarf, zur nöthigen Verlangsamung des Abbrennens, einer noch größeren Menge Salpeter als die Lichter. Dieser Umstand bedingt indessen die Bildung starker rother Säume. Der beste Satz ist folgender:

Salpeter . . . . .	24 Theile.
Chlorsaures Kali . . . . .	18 "
Schwefel . . . . .	14 "
Kupferoxyd . . . . .	6 "

Diese Flamme entspricht unter allen ihrem Zwecke am wenigsten. Sie brennt flackernd, bildet eine aufschäumende Schlacke und hat keine reine Farbe. Sie reflektirt indessen sehr stark, und das darin enthaltene Roth verschwindet gänzlich, wenn sie nicht selbst gesehen, sondern nur zur Beleuchtung, wie dieß auf Theatern der Fall ist, gebraucht wird. Die Feuerwerker bedienen sich zwar des Kupfers ziemlich allgemein zur Herstellung des Blaufeuers, jedoch gewöhnlich mit sehr ungenügendem Erfolg. Der Grund davon liegt theils in der relativen Menge der angewandten Materialien, theils darin, daß sie statt des reinen Kupferoxyds kohlenstoff- oder wasserstoffhaltige Verbindungen desselben anwenden, worunter der krystallisirte Grünspan, das schwefelsaure Kupferoxyd-Ammoniak, das Bergblau, sowie die übrigen im Handel vorkommenden kupferhaltigen Farbstoffe die gebräuchlichsten sind. Eben so machen sie öfters Zusätze von Zink, Antimon, Salmiak und organischen Stoffen.

6) Gemischte Farben. — Man sollte glauben, daß sich, mit Hülfe der bereits angeführten Hauptfarben, durch Mischung eine Reihe von Zwischenfarben, darstellen ließe. Die Sache verhält sich indessen anders;

denn die meisten Farben lassen sich, abgesehen davon, daß die weiße wenigstens bei einem Theil der übrigen zur Erhöhung des Glanzes beiträgt, nicht mischen, ohne sich wechselseitig zu zerstören. Die gelbe Farbe zerstört sowohl die blaue, grüne als rothe, so daß sich also weder durch Blau und Gelb Grün, durch Roth und Gelb Orange erzeugen, noch das Grün in Hellgrün umwandeln läßt. Ihre Wirkung ist so groß, daß das rothe Feuer, wenn ihm nur  $\frac{1}{50}$  von dem gelben zugesetzt wird, ohne merkliche Färbung abbrennt. Die grüne Farbe verträgt den Zusatz von keiner andern, ohne sogleich zu verschwinden; nur Roth und Blau lassen sich zu violett mischen. Diese Farbe kann indessen auch noch auf andere Weise erhalten werden. Schon der Probesatz für sich abgebrannt, liefert ein, wenn auch schwach gefärbtes Blauviolett, welches von dem bei seinem Abbrennen entstehenden Chlorkalium herrührt. Mischt man demselben  $\frac{2}{5}$  seines Gewichtes schwefelsaures Kali oder Gyps zu, so erhält man im ersten Falle ein Blauviolett, und im zweiten Falle ein Rosenroth von besonderer Schönheit. Leider aber lassen sich die beiden Säze nicht für die Feuerwerkerei benutzen, da dieselben nicht schmelzbar sind. Versucht man Sterne daraus zu machen, so brennen dieselben zwar mit einem schönen Lichte, jedoch mit einer kleinen Flamme und mit Hinterlassung eines festen Rückstandes. Da indessen das Violett des Probesatzes sowohl die Zumischung von Blau als von Roth verträgt, so kann man aus demselben, durch kleine Zusätze von beiden Farben, ein schönes Hellblau und Rothviolett erhalten.

Die violette Farbe eignet sich am besten für Sterne, weniger für Lichter, und noch weniger für Flammen. Lichter von recht schöner Wirkung erhält man durch Mischung von 5 Gewichtstheilen blauem und 1 Theil rothem Lichtersatz. Auch für die Sterne muß, wenn sie durch Mischung dargestellt werden sollen, zur Vermeidung allzu raschen Abbrennens der blaue Lichtersatz, und zwar 2 Theile auf 1 Theil rothe Sterne genommen werden.

Die also erhaltenen violetten Sterne haben eine gesättigte Farbe und einen starken Glanz, brennen aber schneller ab, als die rothen. Das Abbrennen läßt sich jedoch durch einen Zusatz von 10 Proc. ihres Gewichts Schwefel, ohne einen erheblichen Verlust an Farbe, verlangsamen. Mit Hülfe des Probesages lassen sich folgende drei Arten von Sternen erhalten:

	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.
Ehlorssaures Kali . . . . .	20 Th.	20 Th.	20 Th.
Schwefel . . . . .	10 "	10 "	10 "
Mastix . . . . .	1 "	1 "	1 "
Doppelt-kohlens. Kali —	"	1 "	— "
Rothe Sterne . . . . .	—	—	3 "
Blaue Lichter . . . . .	3 "	—	— "

Die Sterne von Nr. 1 haben eine schöne hellblaue, die von Nr. 2 eine bläulich-violette und die von Nr. 3 eine roth-violette, dem Rosenroth sehr ähnliche, Farbe. Sie haben alle nur einen mittelmäßigen Glanz und brennen ziemlich rasch.

Zum Schlusse mögen hier noch einige Bemerkungen über die Beschaffenheit des Materials, über die Haltbarkeit der Säze und über die Gruppierung der Farben Raum finden.

Was das Material anbelangt, so ist von sämtlichen Salzen zu bemerken, daß sie chemisch rein und vollkommen trocken sein müssen. Das Trocknen kann in Porcellanschalen auf einem Stubenofen oder auf heißem Sand vorgenommen werden. Als Kohle kann die gewöhnliche Buchen- oder, noch besser, die Lindenkohle gebraucht werden. Dieselbe wird fein gepülvert, durch Leinwand gebeutelt und vor dem Gebrauche, zur Entfernung aller aus der Luft angezogenen Feuchtigkeit, in einem hessischen Tiegel ausgeglüht. Als Schwefel darf nur fein gepülverter und gebeutelter Stangenschwefel, und keine Schwefelblüthe angewandt werden, weil die, der letzteren adhärende, Schwefelsäure aus den Ehlorssauren Salzen etwas Unterchlorsäure frei macht und

dadurch zuweilen eine Selbstentzündung der Sätze bewirkt. Der Mastix und das Schwefelantimon müssen ebenfalls fein gepulvert und das letztere auch gebeutelt werden. Die Materialien lassen sich bei kleinen Versuchen, wenn das Gewicht der Mischung nicht über ein Quentchen beträgt, in Reibschalen von Porcellan mischen: sobald man hingegen in größerem Maßstabe arbeitet, muß die Mischung entweder in hölzernen Reibschalen oder mit einem elastischen Spatel auf Papier vorgenommen, und das chorsaure Kali, mit dem sich schwefelhaltige Mischungen schon durch Druck entzünden können, immer zuletzt vorsichtig zugesetzt werden.

Die Haltbarkeit der Sätze hängt ganz von ihrer Trockenheit, und diese wieder von dem Verhalten der darin befindlichen Salze gegen die Luftfeuchtigkeit ab. Bringt man die Salze, welche, ihrer mechanischen Beschaffenheit nach, in der Feuerwerkerei gebraucht werden können, in eine mit Feuchtigkeit vollkommen gesättigte Luft, so zerfließt der chorsaure Strontian zuerst, dann das chorsaure Natron, später das salpetersaure Natron und am langsamsten der salpetersaure Strontian, während der Salpeter, das chorsaure Kali, so wie der chlor- und salpetersaure Baryt ihre pulverige Beschaffenheit nicht verlieren. Bringt man die zerflossenen Salze in Luft von gewöhnlicher Feuchtigkeit, so trocknet der salpetersaure Strontian schnell, das chlor- und salpetersaure Natron langsam und der chorsaure Strontian gar nicht wieder ein. Die nicht zerfließlichen Salze eignen sich am besten für die Feuerwerkerei. Von den zerfließlichen kann erfahrungsmäßig der salpetersaure Strontian noch für alle Feuerwerksstücke gebraucht werden; das salpetersaure Natron hingegen hält sich zwar in den Flammen und Lichtern, aber nicht in den Sternen. Das chorsaure Natron und der chorsaure Strontian lassen sich nur mit Aufopferung der Haltbarkeit anwenden.

Alle hier mitgetheilten Sätze lassen sich, mit Ausnahme der gelben Sterne von Nr. 1, mehrere Jahre lang

ohne alle Veränderung an einem trocknen Orte aufbewahren.

Die Gruppierung der Farben hat auf den Effect bei dem Gebrauch der Buntfeuer einen sehr auffallenden Einfluß. Die allgemeinen Regeln sind folgende: Grün ist sehr schön mit Gelb, und noch schöner mit Roth, aber schlecht mit Weiß, und noch schlechter mit Blau.

Roth läßt sich mit allen andern Farben verbinden, bei Weitem am besten aber mit Grün; dann kommen die andern in folgender Ordnung: Gelb, Blau und Weiß.— Gelb läßt sich ebenfalls mit allen Farben verbinden, aber mit geringerem Effect als das Roth. Die Farben mögen sich in ihrer Wirkung gegen das Gelb ziemlich gleich verhalten. Will man einen Unterschied machen, so ist die Ordnung: Grün, Roth, Blau und Weiß.— Weiß verliert immer, wenn es mit andern Farben zusammengebracht wird, jedoch am wenigsten bei Roth, schon mehr bei Gelb, noch mehr bei Grün und am meisten bei Blau.— Blau wird wenig durch andere Farben gehoben. Es läßt sich mit Roth oder Gelb zusammenbringen, macht aber mit Grün oder Weiß nur wenig Effect.

Violett verhält sich wie Roth oder Blau, je nachdem es sich selbst der einen oder der andern Farbe nähert.

### III. Auswahl von Feuerwerksfäßen; nach Duesneville in Paris. \*)

#### Für Bewegungsstücke.

##### Nr. 1. (Gewöhnliches Feuer.)

- 16 Th. Mehlpulver (gepulvertes und durch ein seidenes Sieb geschlagenes Kanonenpulver).  
3 „ Kohle.

\*) Nach der *Revue scientifique et industrielle*.