

### 3) Die Färbung der Löthrohrflamme durch Alkalien und Erdalkalien.

Von G. Werner, Assistent an dem K. Polytechnikum in Stuttgart.

Die Anwendung des Löthrohrs, welche für den Chemiker fast nur auf die Voruntersuchung bei analytischen Arbeiten beschränkt ist, gewinnt in der Hand des Mineralogen eine viel allgemeinere Bedeutung. Der Grund hievon liegt einfach in dem Umstand, dass der letztere sein Augenmerk nicht blós auf das chemische Verhalten der Mineralkörper vor dem Löthrohr richtet, sondern namentlich auch auf die physikalischen Veränderungen, welche sie dabei erleiden. Diese Verschiedenheit des Zwecks ist ohne Zweifel zum Theil mit die Ursache der Geringschätzung, welche häufig den Leistungen des Löthrohrs von Seiten der Anfänger in der Chemie zu Theil wird, wobei freilich bemerkt werden muss, dass es ohne eine gewisse Gewandtheit in der Handhabung dieses Instruments kaum möglich ist, es mit Nutzen zu gebrauchen.

Zu jenen Löthrohrreactionen, welche wegen ihrer Sicherheit und leichten Ausführbarkeit dem Mineralogen und dem Chemiker gleich willkommen sind, gehören gewiss die Färbungen, welche einer nicht leuchtenden Flamme durch gewisse Mineralbestandtheile ertheilt werden.

Es scheint, dass die Beobachtung dieser Färbungen und ihre Benützung zur Erkennung und Bestimmung einzelner Mineralien nicht so alt ist, als der Gebrauch des Löthrohrs in der Mineralogie überhaupt, welcher letzterer ungefähr in oder etwas vor die Mitte des vorigen Jahrhunderts fällt. Doch bezeichnete schon

Haüy \*) die eigenthümliche Färbung der Löthrohrflamme als einen beachtenswerthen Umstand bei der Bestimmung der Mineralien und führt als charakteristischen Unterschied zwischen Witherit und Strontianit bereits die purpurrothe Flamme an, womit ein mit einer Auflösung des letzteren in Salpetersäure getränktes und wieder getrocknetes Papier verbrennt.

Indessen haben doch gerade die Flammenfärbungen in Vergleich mit andern Löthrohrreactionen lange Zeit keine grosse Berücksichtigung gefunden, und noch in dem vortrefflichen Buche von Berzelius \*\*) finden wir wenigstens den durch Alkalien und Erdalkalien bewirkten Flammenfärbungen kein besonderes Gewicht beigelegt. Diejenigen derselben, welche weniger leicht in die Augen fallen, wie die von Kalk, Baryt und Natron finden sich darin gar nicht und auch die des Kali nur gelegentlich beim Lithion erwähnt. — Noch 1849 beklagt sich Muspratt \*\*\*) über die Unsicherheit der Strontianreaction und behauptet, dass „kaustischer Strontian, wasserfrei oder als Hydrat, nicht die geringste Wirkung auf die Flamme des Löthrohrs habe und nur die in Wasser löslichen Salze die Flamme schön carmoisinroth färben. Schwefelsaurer, phosphorsaurer und kohlenaurer Strontian färben unter keinen Umständen die Spitze der Löthrohrflamme.“

Der Grund dieser Unsicherheit liegt offenbar darin, dass die gewöhnlich zu Löthrohrversuchen angewendete Talg- oder Oelflamme, wenn sie mit dem Löthrohr hinausgeblasen wird, nicht breit genug und oft auch nicht ganz ungefärbt ist. — Selbst Plattner †) sieht sich bei der Aufsuchung von Alkalien häufig genöthigt, seine Zuflucht zum nassen Weg zu nehmen.

Besonders epochemachend für die Beobachtung der Flammenfärbungen durch Alkalien war die Anwendung des Kobalt-

\*) *Traité de Minéralogie* 1801, Tome I, p. 171.

\*\*) *Die Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie.* Zweite Auflage 1828.

\*\*\*) *Wöhler und Liebigs Annalen der Chemie und Pharmacie.* Band 72. p. 118 ff.

†) *Die Probirkunst mit dem Löthrohr.* Dritte Aufl. 1853.

glases und der Indigolösung, welche durch Cartmell \*) 1858 eingeführt worden ist. Er benützt das Kobaltglas, um durch dasselbe die Kalireaction zu entdecken, indem dabei die des Natron absorbiert wird. Die Indigolösung, die in gleicher Weise für Lithion dient, wird, da sie auch die Kaliflamme durchlässt, in der Weise benutzt, dass man an einem zweiten Draht neben die zu untersuchende Substanz ein reines Kalisalz in die Flamme bringt, und so beurtheilt, ob die Flamme durch erstere mehr roth gefärbt wird, als durch ein reines Kalisalz oder nicht. Bei den Erdalkalien benützt Cartmell die olivengrüne Farbe, womit die Kalkflamme durch eine sehr verdünnte Indigolösung erscheint, zur Unterscheidung von Strontian. Indessen glaubt er doch eine vorhergehende Trennung der Erdalkalien auf nassem Weg nicht vermeiden zu können.

Bunsen \*\*) hat 1859 zur Erkennung von Kali und Lithion das Indigoprisma eingeführt, ein mit einer Indigolösung gefülltes Glasgefäß, welches zwei in einem spitzen Winkel convergirende ebene Seitenflächen hat. Die Lithionflamme wird, wenn das Prisma vor dem Auge weggeschoben wird, bei wachsender Dicke der Indigoschicht allmählig schwächer und verschwindet zuletzt vollständig, während die Kaliflamme ihre Intensität nicht wesentlich ändert und auch noch durch die dicksten Schichten sichtbar bleibt. Zur Erkennung von Natron benützt Bunsen die Eigenschaft der Natronflamme, ein von derselben beleuchtetes mit Quecksilberjodid bestrichenes Papier gebleicht erscheinen zu lassen. Bunsen hat die Flammenfärbungen insbesondere auch zur quantitativen Bestimmung des Alkaligehalts von Mineralien benützt und zu diesem Zweck eine Reihe von Mineralien von bekanntem Gehalt an Kali, Natron und Lithion aufgestellt, welche gleichzeitig mit den fraglichen Substanzen in die Flamme gebracht werden, um zu untersuchen, zwischen welchen zwei zunächst auf einander folgenden unter denselben das fragliche Mineral hinsichtlich der Intensität der durch dasselbe bewirkten Färbung in

---

\*) Philosoph. Magazine [4] XVI, p. 328 ff.

\*\*) Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. CXI, p. 257.

der Mitte steht. Zur Aufschliessung der Silikate benützt Bunsen den Gyps, der die Alkalien in flüchtige die Flamme färbende Sulfate verwandelt.

Die schönen Versuche, welche Bunsen und Kirchhoff \*) mit Hülfe des Spectralapparates angestellt haben, haben in den letzten Jahren die Beobachtung der Flammenfärbungen mit bloßem Auge oder mit nur einfachen Mitteln mehr zurückgedrängt. Da indessen für den Mineralogen die einfachsten Proben immer die wichtigsten sind und die Benützung des Spectralapparates nicht überall und nicht Jedem möglich ist, so schien es mir nicht ganz zwecklos, eine Reihe von Versuchen über das Verhalten der durch Alkalien und Erdalkalien bewirkten Flammenfärbungen anzustellen, bei welchen ich mir die möglichste Vermeidung umständlicher Apparate zur Hauptaufgabe gemacht habe.

Die in der polytechnischen Schule zu Stuttgart allwöchentlich angestellten „mineralogischen Uebungen“ haben mir seit mehreren Jahren Gelegenheit gegeben, mich mit dem Gebrauch des Löthrohrs etwas genauer bekannt zu machen. Zunächst war es die Beobachtung, mit welcher Leichtigkeit sich der Kaligehalt in Silikaten, auch wenn sie schwer zersetzbar sind, durch einen einfachen Zusatz von kohlensaurem Baryt nachweisen lässt, welche mich veranlasst hat, die sämtlichen durch Alkalien und Erdalkalien bewirkten Flammenfärbungen einer genaueren Prüfung zu unterwerfen. Dabei habe ich allerdings die neu entdeckten Alkalimetalle Rubidium und Cäsium gänzlich übergangen, deren Nachweisung für den Mineralogen zunächst nicht praktisch ist. Auch ist ihre Flammenreaction von der des Kali ohne Spectralapparat nicht sicher zu unterscheiden.

Die Bunsen'sche Lampe, \*\*) welches schon Cartmell zu seinen Versuchen angewendet hat, gehört nun freilich schon nicht zu den allereinfachsten Apparaten, sofern dieselbe die Einrichtung der Gasbeleuchtung voraussetzt. Da indessen in neuerer Zeit die Gasbeleuchtung fast überall, auch in kleineren Ortschaften einge-

---

\*) Poggend. Annal. Bd. 110. S. 161 ff.

\*\*) Poggend. Annal. Bd. 100, S. 85.



führt wird, so werde ich um so weniger einer Entschuldigung bedürfen, als sich die Bunsen'sche Gaslampe gegenüber der sonst gebrauchten Oel- oder Talgkerzenflamme durch viele Vorzüge auszeichnet.

Einmal hrachtet man, da die Hitze der Gasflamme viel grösser ist, als die der gewöhnlichen Kerzenflamme, in vielen Fällen die Probe nicht mit dem Löthrohr anzublasen und hat daher beide Hände frei, um die Probe und das farbige Glas, mit dem man die Flamme beobachtet, zu halten. Auch ist man in diesem Fall nicht geblendet durch den Rest der leuchtenden Flamme des Talg- oder Oellichtes und das Auge ist deshalb für schwache Färbungen empfindlicher. Viele der folgenden Versuche habe ich bei Nacht angestellt, wo dann ausser dem Leuchten der Flammenfärbung selbst fast absolut kein fremdes Licht in die Augen fiel. Man hat hierbei zugleich den Vortheil, dass man jeden Augenblick, wenn man zu den betreffenden Manipulationen eine Beleuchtung nöthig hat, die Flamme leuchtend machen kann, indem man durch Drehen eines unten an der Lampe angebrachten doppelt durchbohrten Rings die Luftöffnungen verschliesst. Endlich ist der Raum, worin die Färbung auftritt, viel grösser als in der mit dem Löthrohr hinausgeblasenen Kerzenflamme, und es ist daher, wenn es zweckmässig erscheint, eine Vergleichung der Flammenfärbungen verschiedener Objekte leicht möglich, indem man dieselben an verschiedenen Platindrähten neben einander in die Flamme hält.

Um die verschiedenen Färbungen leichter von einander trennen und unterscheiden zu können, habe ich ausser dem Kobaltglas noch zwei farbige Gläser benützt, durch welche ich die Färbungen betrachtete, nämlich: ein durch Mangan violettroth gefärbtes, welches ich im Folgenden der Kürze wegen roth nenne, und ein durch Kupferoxyd gefärbtes grünes Glas.

Die Prüfung der Substanzen auf die Art und Weise, wie sie die Flamme färben, geschieht in der Regel besser am Platindraht, als in der Platinzange. Einmal ist der Draht viel leichter zu reinigen, als die Zange und doch kann man gewöhnlich keine so lange Stücke nehmen, dass nicht ein Theil der Zange mit in die Flamme hin-

einragen und eine etwa daran hängende verunreinigende Substanz die Färbung der Flamme modificiren könnte. Ausserdem aber ist es immer besser, die Probe in einer solchen Form zu nehmen, dass die ganze Masse derselben gleichzeitig bearbeitet und unter Umständen ein Bestandtheil derselben gänzlich verflüchtigt werden kann; und diess ist bei einem Stückchen Mineral nicht möglich, das man zwischen die Platinspitzen der Zange steckt.

Ich habe daher zu den folgenden Versuchen fast immer den Platindraht benützt, und zwar ist es besser, einen solchen zu wählen, der etwas dünner ist, als man ihn gewöhnlich zu den Borax- und andern Perlen nimmt, da der letztere viel schwerer zu reinigen ist. Um die Probe an den Draht zu bringen, wird sie in der Achatschale gepulvert und der zu einem Ohr umgebogene und mit etwas destillirtem Wasser benetzte Draht hineingetaucht. Was hängen bleibt, lässt sich alsdann leicht an das Ohr anschmelzen.

Um nachher den Draht wieder zu reinigen, wird er zuerst, nachdem das Ohr aufgebogen, abgeklopft, um das Größte wegzubringen, und sodann, wenn nur Alkalien (Kali, Natron, Lithion) am Draht sind, durch starkes Anblasen mit dem Löthrohr ausgeglüht, wobei die Alkalien sich in der Regel in wenigen Sekunden verflüchtigen. Sind Erdalkalien (Baryt, Strontian, Kalk) vorhanden, so gelingt es auf diese Weise nicht so schnell, den Draht zu reinigen. Man schmilzt dann etwas doppelt-schwefelsaures Kali (was man als Löthrohrreagens immer bei der Hand hat) an den Draht, lässt die geschmolzene Kugel mehrmals an dem Draht auf und ab laufen und schleudert sie sodann rasch weg. Die letzte Spur dieses Salzes lässt sich durch Ausglühen leicht wegbringen. Zuweilen ist eine mehrmalige Wiederholung dieser Operation nöthig. Der Draht wird sodann wieder zu einem Ohr umgebogen, nochmals ausgeglüht und ist jetzt zu einem neuen Versuch wieder hergerichtet.

Wird der auf diese Weise gereinigte Draht nach längerer Zeit in die Flamme gebracht, so beobachtet man meist eine schwache gelbrothe Färbung, welche theilweise von den darauf abgesetzten Staubtheilchen, theilweise aber auch von der Abkühlung

der Flammengase durch den hineingehaltenen kalten Platindraht herzurühren scheint. In derselben Weise zeigt sich eine schwache Färbung, wenn ein frisch aus der Mitte eines Quarzstücks geschlagener Quarzsplitter an der Platinzange in die Flamme gehalten wird. Durch blaues, rothes und grünes Glas ist von dieser ganz schwachen Färbung nichts zu bemerken und nach kurzer Zeit ist sie auch für das blosse Auge verschwunden. — Stärkere Färbungen sind stets anwesenden Metalloxyden zuzuschreiben, wie z. B. Brunnenwasser selbst nach längerem Stehen am reinen Platindraht schwache und vorübergehende Kalkreaction liefert.

Die Intensität der der Flamme ertheilten Färbungen ist nicht ganz gleich, je nachdem die Substanzen verschiedenen Temperaturen ausgesetzt werden. Bringt man sie feucht in die Flamme, so werden häufig während des Verdampfens des Wassers Salztheile mitgerissen, welche der Flamme sogleich eine Färbung ertheilen. Ferner ist zuweilen ein grosser Unterschied in der Intensität, je nachdem man die Probe, nachdem das Verdampfen des Wassers und damit das Spritzen aufgehört hat, einfach in die Flamme hält, oder aber durch Anblasen mit dem Löthrohr in heftiges Glühen versetzt. Ich habe daher bei meinen Versuchen stets dreierlei Stadien unterschieden und verstehe

1) unter dem Ausdruck „während des Spritzens“ jenes Stadium, wo das beigemengte Wasser (oder Salzsäure) ein Spritzen der Probe veranlasst,

2) unter der „ruhigen Flamme“ das darauffolgende Stadium, wo das Spritzen aufgehört hat, und der Draht einfach in die Flamme gehalten wird und

3) unter „Glühen“ das Anblasen mit dem Löthrohr, wodurch die stärkste Hitze erreicht wird.

Die verschiedenen Salze einer und derselben Basis zeigen hinsichtlich der Flammenfärbung ein wesentlich verschiedenes Verhalten, je nachdem sie flüchtige oder feuerbeständige Säuren enthalten.

Die Chlormetalle, sowie die salpetersauren Salze sind fast immer etwas feucht und spritzen deshalb im Anfang; nachher verflüchtigen sie sich verhältnissmässig rasch. Die hieher

gehörigen Erdalkalisalze zersetzen sich dabei theilweise und hinterlassen einen Rückstand von reinem Erdalkali. Aus diesem Grunde verflüchtigen sie sich äusserst langsam vollständig.

Die kohlelsauren Salze verflüchtigen sich langsamer (und ohne Spritzen) und geben daher schwächere Reactionen.

Die schwefelsauren Salze lassen sich durch Reduction in Schwefelmetalle und durch Befeuchten mit Salzsäure oder Salpetersäure in Salze dieser Säuren überführen.

Die Salze mit feuerbeständigen Säuren erfordern meist eine besondere Behandlung, um die Färbungen zu erzeugen, wobei häufig der nasse Weg nicht ganz vermieden werden kann.

## I. Aufsuchung der Alkalien und Erdalkalien in Salzen mit flüchtigen Säuren.

### Kali.

Um das Verhalten eines reinen, von Natron völlig freien Kalisalzes zu prüfen, stellte ich mir aus einem käuflichen Kalisalz durch Fällen mit Zweifach-Chlorplatin unter Zusatz von Weingeist, Abfiltriren des Niederschlags von Kalium-Platinchlorid und Auswaschen mit Weingeist, Glühen des Rückstandes und Trennung des Gemenges von Platin und Chlorkalium durch Auswaschen mit destillirtem Wasser eine Lösung von reinem Chlorkalium dar. Wenn das Ohr eines reinen Platindrahts in die Lösung getaucht, der hängengebliebene Tropfen am Saum der Flamme abgedampft und sodann der Draht in die Flamme gehalten wird, so entsteht zuerst heftiges vorübergehendes Spritzen, indem die letzten Spuren von Wasser verdampfen. Während desselben wird die Flamme durch mitgerissenes Chlorkalium sehr lebhaft hell violett gefärbt. Nach dem Spritzen hört (während das rückständige wasserfreie Salz sich stärker erhitzt) die Färbung für einen Augenblick auf, stellt sich aber gleich darauf ruhiger, aber ganz in derselben Weise und mit gleicher Intensität wieder ein und dauert so lange fort, bis die letzte Spur Chlorkalium verschwun-



den ist. Letzteres geschieht beim Anblasen mit dem Löthrohr in sehr kurzer Zeit und dann hört die Färbung meist ganz plötzlich auf.

In beiden Fällen erscheint diese violette Färbung, durch ein reines Kobaltglas gesehen, lebhaft violett, aber etwas mehr ins Rothe geneigt als fürs bloße Auge. Durch ein etwas dunkleres und mit mehr Roth gemischtes blaues Glas ist die Färbung dunkler und noch stärker ins Rothe geneigt, durch das rothe Glas ähnlich wie fürs bloße Auge, aber blässer und mehr orangefarbig, durch das grüne Glas gelb mit einem Stich ins Grüne.

(Das rohe käufliche Kalisalz gibt fast sämtliche Reactionen mit etwas anderer Farbe.)

### Natron.

Reines Chlornatrium oder reines kohlensaures Natron bringt, am Draht in die Flamme gehalten, die bekannte sattgelbe Flammenfärbung hervor, die mit einer gewissen Leuchtkraft und gleichzeitiger Verlängerung der Flamme verbunden ist. — Indessen hat man hier zwischen zweierlei Färbungen, welche unter verschiedenen Umständen auftreten, wohl zu unterscheiden.

Bringt man nämlich ein reines Natronsalz in die Flamme, so sieht man, sobald die Probe zur klaren Flüssigkeit geschmolzen ist, jene helle leuchtende Flamme erscheinen, welche an Leuchtkraft alle übrigen derartigen Flammenfärbungen übertrifft. Ich werde diese im Folgenden mit dem Namen „glänzende Natronflamme“ bezeichnen. Man beobachtet nun deutlich, wie die geschmolzene Kugel allmählig kleiner wird und in dem Moment, wo sie verschwindet, hört das starke Leuchten der Flamme plötzlich, wie abgeschnitten, auf, während eine blässere sattgelbe Natronflamme noch ziemlich lange andauert.

Beim Anblasen mit dem Löthrohr verschwindet die Natronreaction ebenfalls verhältnissmässig rasch, doch langsamer als die Kalireaction.

Durch Kobaltglas (und Indigolösung s. unten) wird die Natronflamme keineswegs, wie man gewöhnlich annimmt, gänzlich

absorbirt. Vielmehr erscheint die glänzende Natronflamme durch dasselbe mit einer rein hellblauen sehr deutlichen Farbe. Beobachtet man die Flamme durch das Kobaltglas so lange bis die geschmolzene Probe verschwunden ist, so bemerkt man ganz deutlich, dass diese hellblaue Färbung in dem Moment, wo fürs blose Auge das Leuchten aufhört, plötzlich verschwindet und dass also die blasse Natronflamme allerdings vom Kobaltglas nicht durchgelassen wird. Durch das rothe Glas erscheint die Natronflamme fast ganz so wie dem bloßen Auge, nur blässer; durch Grün ist die Färbung stark ins Rothe geneigt. (Unterschied von der Kalkflamme.) — Eine Lösung von Natronsalz, die in 16000 Theilen 1 Theil Natrium enthält, gibt in jedem Tropfen, der am Oehr des Platindrahts hängen bleibt, noch deutliche Natronreaction, die durch rothes Glas gelb, durch grünes gelbroth erscheint.

#### Kali und Natron neben einander.

Ein Gemisch von Natron- mit Kalisalz lässt ersteres an der charakteristischen gelben Färbung leicht erkennen, welche das Natron der Flamme bei der Beobachtung mit bloßem Auge verleiht. Die Gegenwart von Kali wird durch die Beobachtung der Flamme durch das Kobaltglas leicht entdeckt.

Die hellblaue Färbung, welche man durch letzteres sieht, so lange die glänzende Natronflamme vorhanden ist, beeinträchtigt die Genauigkeit dieser Bestimmung durchaus nicht, da dieselbe Nichts besonders charakteristisches hat, wo alle leuchtenden Körper blau erscheinen, während die violette Farbe der Kaliflamme sich deutlich genug davon unterscheidet. Dagegen ist eine andere Erscheinung zu erwähnen, die leicht in die Augen fällt.

Wenn nämlich das Kalisalz weder allzuvorherrschend, noch auch in sehr geringer Menge vorhanden ist, so sieht man deutlich, dass die Kalireaction durch Kobaltglas betrachtet genau so lange anhält, wie das Leuchten der Natronflamme und mit diesem ebenso plötzlich verschwindet. Dagegen hält von diesem Moment an die blasse Natronreaction noch lange Zeit an. Es erklärt sich diess leicht daraus, dass die geschmolzene Probe

als Ganzes verdampft und sich darin das Verhältniss zwischen Kali und Natron die ganze Zeit über nicht ändert.

Um nun zu untersuchen, wie gross das noch nachweisbare Minimum des Prozentgehaltes eines Natronsalzes an Kalisalz sei, stellte ich mir eine Lösung von reinem Chlorkalium dar, welche in 1000 Cub. Centim. 15,73 Gramm Metall, also in 1. Cub. Centim. 15,73 Milligramm Kalium enthielt. Es wurden nun 917 Milligramm reines geschmolzenes Chlornatrium abgewogen, die also 361 Milligramm Natrium enthielten, in wenig Wasser gelöst und nun tropfenweise von obiger Chlorkaliumlösung zugesetzt. Die Quantität des zugesetzten Chlorkaliums wurde auf volumetrischem Weg bestimmt. Es wurden vier Versuche angestellt, die im Folgenden tabellarisch zusammengestellt sind, und genau beobachtet, ob ein Platindraht, der in die erhaltene Lösung getaucht und dann in die Flamme gehalten wurde, für die Betrachtung durch Kobaltglas deutliche Kalireaction gab oder nicht.

Versuchs- Numer.	Gewicht des vor- handen. Chlorna- triums in Milli- gramm.	Gewicht desdarin enthal- ten. Na- triums in Milli- gramm.	Volumen der zuge- setzten Chlorkalium- lösung in Cubik-Centi- metern.	Gewicht des darin ent- haltenen Kaliums in Milli- grammen.	Verhältniss zwischen den vorhandenen Quantitäten an Kalium und Natrium. Ka : Na =	Resultat:  Die Kalireaction  war:
I	917	361	0,147	2,3123	1 : 156,12.	schwach, aber sichtbar.
II	917	361	0,324	5,0965	1 : 70,83.	deutlich.
III	917	361	0,500	7,865	1 : 45,90.	vollkommen deutlich.
IV	917	361	1,412	22,211	1 : 16,25.	so stark, wie sonst bei reinen Kalisalzen.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass das Kali als Verunreinigung von Natronsalzen sich noch sicher entdecken lässt, wenn der Gehalt derselben an Kalisalz ungefähr 1 Prozent nicht übersteigt. — Da bei diesen Versuchen die intensive Natronreaction des fast reinen Natronsalzes durchs blaue Glas stets als hellblaue Färbung sichtbar ist, so könnte die Kalireaction bei Gegenwart von nur sehr geringen Spuren Kali leicht zweifelhaft werden. Indessen lässt sich eine Neigung dieser hellblauen Färbung in Violett nach obigen Versuchen selbst dann noch beobachten, wenn das Verhältniss zwischen Kalium und Natrium noch

nicht  $\frac{2}{3}$  Prozent beträgt. Bei einem Gehalt von wenig mehr Kalium ist die Neigung ins Violette ganz ausser allem Zweifel. Um die grosse Helligkeit der störenden Natronreaction etwas abzuschwächen, ist es am besten, so wenig als möglich Flüssigkeit an den Draht zu nehmen, die Kalireaction ist dann etwas leichter zu erkennen. \*)

---

\*) Anmerkung. Wie ausserordentlich empfindlich die Kalireaction bei Lösungen reiner Kalisalze ist, selbst wenn dieselben stark verdünnt sind, wird aus folgendem Versuch in überraschender Weise klar:

10 Cubik-Centim. destillirtes Wasser wurden mit 0,235 Cub.-Centim. der obigen Chlorkaliumlösung versetzt, so dass 3,7 Milligramm Kalium in Lösung waren. Ich tauchte das Ohr eines vollkommen reinen Platindrahts in die Flüssigkeit und brachte es sodann in die Flamme, während ich gleichzeitig durch das blaue Glas schaute. So lang ich das zischende Geräusch des verdampfenden Wassers vernahm, war keinerlei Flammenfärbung durch das Glas zu bemerken. Erst nachdem diess vorbei war, zeigte sich einen Moment die Kalireaction in vollem Glanze und hielt, etwas schwächer, etliche Sekunden an. Mit genau demselben Erfolg wiederholte ich diese Operation, nachdem ich die Flüssigkeit erst auf 20, dann auf 40, endlich auf 60 Cub.-Cent. verdünnt hatte. Weiter setzte ich die Verdünnung nicht fort. Auch mit blossem Auge war die Kalireaction zu sehen, doch trat sie als solche nicht so scharf und unzweideutig auf. Beim letzten Versuch waren 3,7 Milligramm Kalium in 60 Cub.-Cent. Wasser, also 1 Theil Kalium in mehr als 16000 Theilen Wasser vertheilt und die absolute Quantität des am Draht befindlichen Kaliums erreichte, da der hängen gebliebene Tropfen höchstens 2 Milligramm wog, noch nicht  $\frac{1}{3000}$  Milligramm.

Nach einem zweiten Versuche, wo ich 32,5, und einem dritten, wo ich 11,5 Milligramm Chlorkalium in 3 Par. Cubikzoll oder 60000 Milligramm reinen kalifreien Wassers auflöste, gab der Tropfen Flüssigkeit, der am Draht hängen blieb und nicht ganz 2 Milligramm wog, sehr deutliche Kalireaction. Es haben in dem letzten dieser Versuche 0,00038 Milligramm Chlorkalium, oder  $\frac{1}{50000}$  Milligramm Kalium noch deutlich wahrnehmbare violette Färbung bewirkt. Fürs blosse Auge schien dieselbe zweifelhaft, aber durchs blaue Glas war sie ganz deutlich. (Vgl. auch die Angaben von Bunsen und Kirchhoff Poggend. Annal. Band 110 S. 174.)



Gleiche Theile Kali- und Natronsalz vermischt, lassen die Kalireaction durch das blaue Glas zwar deutlich sehen, besonders dann, wenn die Verdünnung stark genug ist, dass die Natronreaction durch das blaue Glas nicht mehr deutlich bemerkt werden kann; aber die mit blosem Auge beobachtete Natronreaction bleibt ungleich länger sichtbar, als die Kalireaction.

Die Verunreinigung der Kalisalze durch Natronsalze lässt sich bis zu einem sehr geringen Prozentgehalt an Natron noch nachweisen. Die Versuche, welche ich zu diesem Zweck anstellte, wurden in derselben Weise, wie bei den mit einer Spur Kalisalz versetzten Natronsalzen ausgeführt. Es wurden von dem nach dem Obigen mittelst Platinchlorid Natronfrei dargestellten Chlorkalium 921 Milligramm geschmolzenes Salz abgewogen, in welchem 482 Milligramm Kalium enthalten waren und in Wasser gelöst. Das Chlornatrium wurde in kleinen Portionen einer Lösung zugesetzt, die auf 1000 Cubikcentimeter 15,73 Gramm Natrium enthielt.

Versuchs- Numer.	Gewicht des vor- handen. Chlor- kaliums in Milli- gramm.	Gewicht des dar- in ent- halten. Kali- ums in Milli- gramm.	Volumen der zuge- setzten Chlornatri- umlösung in Cubik-Centi- metern.	Gewicht des darin enthaltenen Natriums in Milli- grammen.	Verhältniss zwischen den vorhandenen Quantitäten an Natrium und Kalium. Na : Ka =	Resultat.
I	921	482	0,06	0,944	1 : 511	schwache Natronre- action (zweifelhaft). schwache, aber deut- liche Natronreaction. } vollkommen deutliche Natronreaction.
II	921	482	0,15	2,360	1 : 204	
III	921	482	0,23	3,618	1 : 133	
IV	921	482	0,29	4,562	1 : 105	

Diese Versuche habe ich in der Weise ausgeführt, dass ich die durch den in die Mischung eingetauchten und darauf in die Flamme gehaltenen Platindraht erzeugte Flammenfärbung so lange durch das blaue Glas betrachtete, bis von der Kalireaction keine Spur mehr übrig blieb. Wenn alsdann mit dem blossen Auge noch eine gelbe Flammenfärbung zu bemerken war, so konnte sie von nichts, als von Natron herrühren. Bei Versuch III. und IV. war auch wirklich die Natronreaction ganz vollkom-

men deutlich und noch längere Zeit andauernd. Ein Gehalt von  $\frac{1}{2}$  Prozent Natronsalz lässt sich aber nach diesen Versuchen in einem Kalisalz auch noch mit Sicherheit nachweisen.

Diese Versuche lehren zugleich, wie viel weniger flüchtig die Natronsalze im Vergleich mit den Kalisalzen sind. Denn 300 Theile Chlorkalium waren eher verdampft als 2 Theile Chlor-natrium, obwohl für das blosse Auge die Kaliflamme von Anfang an durch die Natronflamme etwas verändert erschien.

### Strontian.

Die Strontianflamme hat unter Umständen Aehnlichkeit mit der durch Kali bewirkten Färbung und deshalb soll das Verhalten des Strontians hier gleich beschrieben werden.

Die folgenden Versuche wurden mit salpetersaurem Strontian angestellt, welcher zu diesem Zweck rein dargestellt wurde.

Eine Spur dieses Salzes an den Platindraht gebracht, ertheilt sofort der farblosen Gasflamme unter lebhaftem Spritzen eine intensiv carminrothe Färbung. Dieselbe verschwindet jedoch sehr rasch fast vollständig wieder, sobald das Spritzen aufgehört hat und dann ist nur noch eine ziemlich zweideutige blassgelbrothe Färbung sichtbar, die mit der Kalkflamme, sowie mit derjenigen Färbung der Flamme Aehnlichkeit hat, welche ein kalter Körper in der Flamme hervorbringt. Zuweilen ist jedoch die Flamme auch in diesem Stadium schön roth gefärbt. Wird dagegen die Probe mit dem Löthrohr angeblasen und eine möglichst starke Hitze gegeben, so zeigt sich eine Färbung, welche der anfänglich erwähnten carminrothen sehr ähnlich, aber viel durchsichtiger, viel weniger gesättigt erscheint. Diese letzere Färbung ist nun aber so constant, dass sie nur mit grosser Schwierigkeit durch sehr lange fortgesetztes Glühen, oder durch wiederholtes Zusammenschmelzen mit doppelt-schwefelsaurem Kali zum Verschwinden gebracht werden kann.

War der Draht nur einfach in die Flamme gehalten worden, so kann durch Befeuchten mit Wasser und abermaliges Einbringen in die Flamme die erstgenannte schön carminrothe Färbung, wie-

wohl minder lebhaft, wieder hergestellt werden. Auch hält sie in diesem Fall nur kurze Zeit an. Diess gelingt dagegen nicht, wenn das Salz stark geglüht und dadurch die Säure von dem Strontian getrennt und verflüchtigt worden war. In diesem Fall stellt sich die ursprüngliche hellrothe Färbung wieder ein, wenn der Draht mit Salzsäure oder Salpetersäure benetzt und dann wieder in die Flamme gehalten wird. Aber immer bleibt diese Färbung nur kurze Zeit nur während des Verdampfens des Wassers oder der Säure sichtbar.

Von der lebhaften carminrothen Färbung, welche das feuchte Strontiansalz der Flamme ertheilt, geht während des Spritzens ein kleiner Theil mit durch das blaue Glas und zwar mit einer der Kaliflamme ähnlichen Farbe. Nach dem Spritzen dagegen und sogar während des starken Glühens, wo das blosse Auge eine ganz deutlich rothe Färbung wahrnimmt, ist durch das blaue Glas absolut Nichts zu sehen. Eine Verwechslung mit Kali ist also nicht möglich, indem die Kaliflamme durch das blaue Glas zwar auch während des Spritzens, aber mit gleicher Intensität noch nachher beobachtet wird, gleichgiltig, ob das Kalisalz blos in die Gasflamme hineingehalten oder mittelst des Löthrohrs angeblasen wird.

Wird die durch Strontiansalz während des Spritzens der Flamme ertheilte Färbung durch ein rothes Glas betrachtet, so erscheint sie schön roth, fast wie dem blossen Auge. Durch das grüne Glas betrachtet, ist sie orange, eine Farbe, die sich von dem grünen Licht des glühenden Platindrahts sehr scharf abhebt. — Die blassrothe Flamme beim Glühen des Strontiansalzes hat durchs rothe Glas betrachtet nichts characteristisches, da die Farbe des glühenden Platindrahtes fast gleich ist. Dagegen erscheint auch diese Färbung durch das grüne Glas gesehen sehr scharf orangeroth im Gegensatz zu dem grünlich glühenden Platindraht. Doch ist die Färbung durch das grüne Glas nicht so lange sichtbar, wie fürs blosse Auge.

#### Strontian neben Kali.

Eine Mischung von Strontiansalz mit Kalisalz gibt die Reactionen beider, indem anfänglich während des Spritzens eine

Mischung von Kali- und Strontianflamme erscheint, die jedoch schon bei einem verhältnissmässig geringen Kaligehalt fast wie reine Kaliflamme aussieht. Nach dem Spritzen sieht man bloß Kaliflamme, die beim Glühen allmählig mit der Verflüchtigung des Kalisalzes verschwindet und zuletzt einer reinen Strontianflamme Platz macht.

Wenig Strontiansalz mit viel Kalisalz vermischt, lässt die Anwesenheit des Strontians nach dem starken Glühen und der Verjagung des Kalisalzes (was durch das blaue Glas controlirt werden kann) durch eine deutlich carminrothe Flammenfärbung erkennen, die nach dem Befeuchten mit Säure während des Spritzens sich noch schöner zeigt.

Wenig Kalisalz zeigt in einer Mischung mit viel Strontiansalz gleich nach und zum Theil schon während des Spritzens durch Kobaltglas eine deutlich violette Flamme, die sich insbesondere während der ruhigen Flamme als unzweifelhafte Kaliflamme erweist, da die Strontianflamme nur während des Spritzens durch das blaue Glas gesehen werden kann.

#### Strontian neben Natron.

Ein Gemisch von Salzen beider Basen zeigt natürlich auch die beiden charakteristischen Flammenreactionen. Indessen lässt sich auch bei vorherrschendem Strontiangehalt das Natron mit hinreichender Sicherheit an der sattgelben Flammenfärbung unterscheiden. Bei Vorherrschen des Natrons verschwindet bei starkem Glühen die Natronreaction dennoch vor der Strontianreaction und es lässt sich also der Strontian zuletzt mit völliger Sicherheit durch die übrigbleibende rothe Färbung, wie im vorigen Fall, nachweisen.

#### Kalk.

Ein reines Kalksalz, wie Chlorcalcium oder salpetersaurer Kalk, im feuchten Zustand am Platindraht in die Flamme gebracht, erzeugt ein lebhaftes Spritzen, wobei die Flamme eine charakteristisch orangerothe Farbe hat. Wenn man an zwei



reinen Drähten Kalk- und Strontiansalz zugleich in die Flamme bringt, so bemerkt man einen namhaften Unterschied zwischen den beiden Färbungen. Noch viel bedeutender aber wird dieser Unterschied, wenn man die Flamme durch das grüne Glas betrachtet. Durch dieses erscheint nämlich die Kalkflamme ziemlich rein gelb und eher etwas ins Grünliche als ins Rothe geneigt, während die Strontianflamme durch Grün\*) schön orangeroth aussieht. Durch Roth sieht man beim Kalk eine hübsche hochrothe Färbung, die indessen von der Strontianflamme sich nicht wesentlich unterscheidet.

Nach dem Spritzen sieht man in der ruhigen Flamme mit dem bloßen Auge eine blassgelbrothe Färbung, die nicht characteristisch ist und viel Aehnlichkeit mit der erwähnten Flammenfärbung hat, welche ein kalter Körper in der Flamme hervorbringt. Wird dagegen der Draht anhaltend geglüht, so erscheint zuletzt eine blasse orangerothe Färbung, die indessen bei weitem nicht so schön ist, wie im gleichen Falle die Flamme des Strontians. Befeuchtet man jetzt den Draht mit Salzsäure oder Salpetersäure und bringt ihn in die Flamme, so stellt sich unter Spritzen wieder die Anfangs erwähnte characteristische orange-farbige Kalkflamme ein. Diess ist die einzige sichere Reaction auf Kalk, während alles, was man nach dem Aufhören des Spritzens sieht, nichts characteristisches hat.

Die Färbung, welche der ruhigen Flamme durch reines Kalksalz ertheilt wird, erscheint durch Roth orangefarbig, durch Grün gelb. Sie ist auch bei kleinen Mengen von Kalk (wie z. B. bei der Untersuchung des Brunnenwassers) sehr constant, da der Kalk sehr langsam sich verflüchtigt, aber eben deshalb als sichere Reaction auf Kalk nicht zu brauchen, weil man leicht durch ganz unwesentliche Beimengungen von Kalk irregeleitet wird. — Die während des starken Glühens bemerkbare Kalkflamme ist zu schwach, um durch Roth und Grün deutlich wahrgenommen werden zu können.

Durch Kobaltglas ist die Kalkreaction nicht sichtbar.

---

\*) d. h. durch grünes Glas gesehen; hier und im Folgenden habe ich der Kürze wegen statt des farbigen Glases nur die Farbe gesetzt.

### Kalk neben Kali und Natron.

Da die Kali- und Natronsalze verhältnissmässig sehr flüchtig sind, so lässt sich die Gegenwart von Kalk neben jenen leicht nachweisen, wenn man die Probe so lange glüht, bis die Reactionen von Kali und Natron verschwunden sind. Alsdann bleibt beim Glühen nur Kalkflamme übrig, die, wenn sie zweifelhaft ist, dadurch deutlich gemacht wird, dass man die Probe in reine Salzsäure taucht und wieder in die Flamme bringt. Während des Spritzens ist dann die Kalkflamme deutlich.

Ist Kalk vorherrschend, so erkennt man Kali und Natron leicht an den ihnen speziell zukommenden Reactionen, Kali an dem Erscheinen der violetten Färbung durchs blaue Glas, Natron an der alles verdeckenden gelben Färbung. Ist sehr wenig Natron da, so sieht man zuerst während des Spritzens nur Kalkreaction, dann nach dem Spritzen einen Moment Natronreaction (durch Roth gelb, durch Grün orange), alsdann wieder Kalkreaction (durch Roth roth, durch Grün grünlichgelb). Wenig Kali entdeckt man leicht mittelst des blauen Glases, durch welches man zweimal (einmal während des Spritzens und einmal nach demselben) eine rasch auftauchende und schnell wieder verschwindende violette Färbung sieht. Ueberhaupt lässt sich die Quantität des vorhandenen Kali oder Natron einigermassen quantitativ bestimmen nach der kürzeren oder längeren Zeitdauer, während welcher die Färbung anhält, ohne dass sich genaue Proportionen zwischen Zeitdauer und Prozentgehalt angeben liessen, da jene noch ganz abhängig ist von der Grösse der angewandten Probe, der Temperatur der Flamme u. s. w. Nur die Uebung ist es, die einen empirischen Schluss von dem einen auf das andere erlaubt.

### Kalk neben Strontian.

Die Salze dieser beiden Erdalkalien verhalten sich hinsichtlich der Intensität der Färbung, welche sie der Flamme in den 3 verschiedenen Stadien ertheilen, so ähnlich, dass hiernach eine Trennung oder Isolirung der einzelnen Reactionen nicht möglich

ist. Der einzige Unterschied besteht in der Qualität beider Färbungen, indem die Flamme durch Strontian rein karminroth, durch Kalk gelbroth gefärbt wird. Dieser Unterschied wird, wie oben bemerkt, durch die Beobachtung durch das grüne Glas noch deutlicher wahrnehmbar. Wenig Strontian neben viel Kalk zu erkennen gelingt leicht, indem der erstere nach dem starken Glühen eine äusserst hartnäckige karminrothe Färbung bewirkt. Dagegen ist es viel schwieriger, wenig Kalk neben viel Strontian zu entdecken, da man in dieser Hinsicht einzig darauf angewiesen ist, die Färbung, welche man während des Spritzens durch Grün sieht, zu beobachten und zu beurtheilen, ob sie mehr ins Orange (Strontian) oder mehr ins Grünlichgelbe (Kalk) spielt. Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Alkalien muss man, da für die Beobachtung durch das grüne Glas Natron mit Strontian einige Aehnlichkeit hat, zuerst die Probe bis zur Verjagung derselben ausglühen und alsdann den aus Kalk und Strontian bestehenden Rückstand wie eben beschrieben untersuchen.

### Lithion.

Die dritte rothe Flammenfärbung ist diejenige, welche das Lithion hervorbringt.

Man hat hier ähnlich wie beim Natron zweierlei ganz scharf unterschiedene Phasen der Flammenfärbung aus einander zu halten. Ein reines Lithionsalz verleiht während des Spritzens der Flamme eine schön karminrothe Färbung, die mit der des Strontians leicht verwechselt werden kann. Nach dem Spritzen ist die Flamme auffallend hellroth gefärbt und hat einen Stich ins Gelbe, und diese Färbung, welche ähnlich, wie die analoge glänzende Natronflamme eine gewisse Leuchtkraft besitzt, hält so lange an, als man am Draht noch etwas von der geschmolzenen und immer kleiner werdenden Kugel sieht. Sobald die letzte Spur verschwunden ist, wird diese hellrothe Färbung plötzlich von einer ganz blassen äusserst sanften rosenrothen Färbung ersetzt, welche noch eine Zeit lang andauert, aber keine Leuchtkraft besitzt. Diese letztere Färbung hat mit der reinen Stron-

tianflamme im gleichen Stadium so viel Aehnlichkeit, dass man sie nur unterscheidet, wenn man beide Salze an getrennten Drähten gleichzeitig in die Flamme bringt. Man sieht alsdann, dass die Strontianflamme etwas mehr Gelb hat.

Die Lithionflamme lässt sich durch Anblasen mit dem Löthrohr ziemlich schnell, doch etwas langsamer als die Natron- und Kaliflamme, vollständig zum Verschwinden bringen. \*) Diess unterscheidet sie von der Strontianflamme; auch wird sie nicht, wie diese, durch Anblasen verstärkt.

Ueber das Verhalten der Lithionflamme gegen Kobaltglas habe ich Versuche mit zwei verschiedenen Gläsern angestellt, von welchen das eine dunkler und etwas mehr ins Rothe geneigt war als das andere. (Es wurden schon oben Unterschiede im Verhalten der Kaliflamme zu den beiden Gläsern angegeben.)

Vom dunkleren Glas wird sowohl die erste hellrothe als die spätere blasse Lithionflamme gänzlich absorbirt. Dagegen lässt das hellere Glas die erstere mit violettrother Farbe durch. Diese Färbung wird aber auch durch das hellere Glas plötzlich unsichtbar, sobald die blasse Lithionreaction eintritt. Durch rothes Glas erscheint die Färbung schön hell karminroth; durch Grün ist die helle Lithionflamme mit gelblichrother Farbe (ähnlich wie Natron und Strontian) sichtbar, dagegen wird die blasse Flamme gänzlich absorbirt. (Unterschied von Strontian, Natron und Kalk.) Durch Indigolösung sind beide Lithionflammen, die zweite etwas weniger hell als die erste, sichtbar und zwar mit einer ins Roth geneigten violetten Färbung. \*\*)

---

\*) Diess stimmt mit Bunsens Versuchen nicht ganz überein, nach welchen die Lithionsalze zwar weniger flüchtig als die Kalisalze, aber flüchtiger als die Natronsalze sind.

\*\*) Die Anwendung einer nicht zu verdünnten Indigolösung ist dann von Nutzen, wenn durch dunkles Kobaltglas keine Kalireaction sichtbar ist. Eine durch Indigo sichtbare violette Flammenfärbung deutet alsdann mit Sicherheit auf Lithion. Diese Färbung kann mit nichts anderem verwechselt werden, wie sich aus nachstehender Zusammenstellung ergibt. Es erscheint nämlich durch Indigolösung:



## Lithion neben Kali.

Hat man Lithion und Kali ohne Beimengung einer andern die Flamme färbenden Substanz neben einander, so sind sie leicht von einander zu unterscheiden.

In Gegenwart von viel Lithion ist Kali immer ganz sicher an der violettrothen Färbung zu erkennen, welche man durch dunkles Kobaltglas sieht, selbst wenn nur sehr wenig Kali da ist. Ueberdiess tritt die Kaliflamme gleich Anfangs vor der Lithionflamme auf, so dass sie von dieser nicht verdeckt, sondern nur nach kurzer Zeit verdrängt wird. Man kann daher die Kaliflamme auch mit blossem Auge einen Augenblick für sich beobachten.

Bei Anwesenheit von sehr wenig Lithion und einem grossen Ueberschuss von Kali verdampft zuerst fast alles Kali; erst in den letzten Momenten der Anwesenheit der Kaliflamme erscheint in derselben zuerst im Kern die Lithionflamme und gleich darauf wird jene von dieser ganz verdrängt. Man sieht jetzt durch Kobaltglas fast Nichts mehr, dagegen durch Indigolösung eine lebhaft violettrothe Färbung, die von Nichts als Lithion her-

Die Kaliflamme violettroth ähnlich wie Lithion, aber mehr ins Blaue geneigt;

Die Natronflamme nur während der glänzenden Flamme rein hellblau ohne Roth, wie durch Kobaltglas;

Die Strontianflamme nur während des Spritzens schwach violettroth wie durch Kobaltglas;

Die Kalkflamme gar nicht;

Die Barytflamme blass blaugrün;

Die Kupferoxydflamme ebenso, die Kupferchloridflamme sehr intensiv hellblau;

Die Borsäureflamme blaugrün.

Aehnlich wie mit Indigolösung habe ich Versuche mit einer ammoniakalischen Kupferoxydsalzlösung angestellt; allein diese lässt von den meisten Färbungen nur eine hellblaue Componente (wenn ich mich dieses Ausdrucks bedienen darf) durch und liefert daher keine charakteristische Unterscheidungsmerkmale.

rühren kann. Doch ist die Beobachtung mit blossem Auge hier sicherer.

### Lithion neben Natron.

Bei Anwesenheit von sehr wenig Natron erscheint, wie im vorigen Falle, die Lithionflamme erst, nachdem das Natron verdampft ist, welches der Flamme eine rein gelbe Färbung ohne mit blossem Auge bemerkbare Beimischung ertheilt. Erst dann stellt sich die Lithionflamme ein und zwar Anfangs mit hellrother später mit blassrother Färbung.

Ist sehr wenig Lithion und viel Natron vorhanden, so sieht man von der Lithionreaction Nichts mehr, nachdem alles Natron verflüchtigt ist. Allein durch Indigolösung und durch helles Kobaltglas sieht man in diesem Falle die Lithionflamme fast so lang als die Natronflamme da ist. Die hellblaue Färbung, mit welcher hierbei die Natronflamme durch Blau erscheint, ist durchaus nicht störend, da man leicht im Stande ist, den leisesten Uebergang dieser blauen Farbe in Roth zu entdecken. Dieser erscheint, wenn sehr wenig Lithion da ist, im unteren Theil der Flamme.

Bei nicht zu grossem Ueberschuss von Natron wird die Flamme des letztern von der rothen Lithionflamme lange überdauert, woraus erhellt, dass die Lithionsalze weniger flüchtig sind, als die Natronsalze. Indessen habe ich doch in einer Mischung von 1 Theil kohlsaurem Lithion auf 10 Theile Soda keine Lithionflamme nach der Natronflamme mehr entdecken können, was ohne Zweifel daher rührt, dass das verdampfende Natronsalz die kleinere Beimengung von Lithionsalz mit fortgerissen hat. Bei gleichen Theilen beider Salze ist die Lithionflamme nach der Natronflamme noch lange sichtbar. (Vergl. Plattner, die Probirkunst mit dem Löthrohr S. 96 f.)

### Lithion neben Kali und Natron.

Die Auffindung von Kali und Natron in einer Mischung von allen drei Alkalien ist nach dem Früheren leicht möglich, da die Reactionen jener beiden durch diejenige des Lithion nicht

gestört wird. Hier handelt es sich nur darum, das Lithion bei gleichzeitiger Gegenwart von Kali und Natron zu entdecken. Diess gelingt nach dem soeben beschriebenen Verhalten leicht, wenn nicht zu viel Natronsalz vorhanden ist, indem die Lithionflamme alsdann nach dem Verschwinden der Natronflamme sichtbar bleibt, während die Kaliflamme lange vorher schon verschwunden ist. Durch das helle Kobaltglas sieht man, während fürs blosse Auge noch starke Natronflamme da ist, unter günstigen Umständen Kali- und Lithionflamme neben einander, indem das Lithion den Kern, das Kali den Saum der Flamme einnimmt. Indessen ist diese doppelte Färbung von der eines reinen Kalisalzes nicht hinreichend unterschieden.

Wenn der Ueberschuss von Natron sehr bedeutend, der Gehalt der Mischung an Kali aber sehr gering ist, so kann man die Flamme so lange durch das dunkle Kobaltglas betrachten, bis das Kali verschwunden ist; wenn Lithion da ist, so muss es alsdann von diesem Augenblick an durch Indigolösung noch sichtbar sein.

Ist dagegen viel Kali und viel Natron neben wenig Lithion vorhanden, so ist die Erkennung der Lithionreaction schwierig und nach meinen bisherigen Versuchen ist die Auffindung von Lithion auf diesem Wege nicht mit gehöriger Sicherheit möglich. Mittelst der von Stein\*) angegebenen Methode habe ich ebenfalls keine ganz sicheren Resultate erhalten. Die Vergleichung mit dem Verhalten eines reinen Kalisalzes nach Cartmell, und die Anwendung des Indigoprismas nach Bunsen, wie diess oben beschrieben wurde, sind die einzigen Mittel zur Nachweisung von Lithion neben Ueberschuss von Kali und Natron. Vgl. die oben citirten Originalabhandlungen.

#### Lithion neben Kalk und Strontian.

Von diesen beiden Basen ist das Lithion leicht zu unterscheiden 1) durch die lebhaftere Färbung, welche es nach dem Spritzen der ruhigen Flamme ertheilt; 2) dadurch dass dieselbe

---

\*) Journ. für prakt. Chemie Bd. 31. S. 361. u. fgde.

durch Indigo sichtbar ist, was bei den beiden andern nicht der Fall ist. Andererseits erkennt man die Gegenwart von Kalk und Strontian neben Lithion leicht daran, dass 1) die Lithionflamme durch Anblasen mit dem Löthrohr verhältnissmässig rasch zum Verschwinden gebracht wird und 2) dass die blassrothe Lithionflamme durch das grüne Glas absorbiert wird, durch welches Kalk grünlichgelb, Strontian orangeroth erscheint.

Eine Mischung von Strontian- und Lithionsalz zeigt während des Spritzens durch Indigolösung starke Lithionreaction, die als solche sich dadurch zu erkennen gibt, dass sie durch Kobaltglas nicht sichtbar ist. Durch das grüne Glas erscheint die Flamme orangeroth, was von beiden Salzen herrühren kann. Die ruhige Flamme nach dem Spritzen ist schön karminroth gefärbt, woraus die Abwesenheit von Kali und Natron geschlossen wird; um so sicherer deutet die durch Indigo sichtbare violette Färbung auf Lithion. In der lebhaften Färbung, welche sich beim Glühen einstellt, wird der Strontian durchs grüne Glas sicher nachgewiesen, während die Lithionflamme, durch Indigolösung betrachtet, immer blässer wird. Nach dem Befeuchten mit Salzsäure ist während des Spritzens durch grünes Glas Strontian an der orangerothenen Färbung leicht zu erkennen. Dieselbe kann nicht auf Natron gedeutet werden, da dieses durchs Glühen verjagt worden wäre und die Flamme fürs blosse Auge schön roth aussieht. In der jetzt folgenden ruhigen Flamme kann man, wenn nicht schon vorher alles Lithion durch Glühen vertrieben worden war, die beiden Reactionen getrennt neben einander sehen, indem durch das grüne Glas der Saum der gefärbten Flamme nicht gefärbt, der Kern orangeroth (Strontian), durch Indigo der Saum violett (Lithion), der Kern nicht gefärbt erscheint.

Ganz ähnlich verhält sich eine Mischung von Lithion- mit Kalksalz. Während des Spritzens sieht man durch Indigo Lithionreaction, durch Grün gelbe Kalkflamme. Die darauf folgende ruhige Flamme verhält sich ebenso. Beim Glühen sieht man durch Grün fast nichts (da die Kalkflamme überhaupt in diesem Stadium ziemlich schwach ist), durch Indigo allmählich schwächer werdende Lithionreaction. Nach dem Befeuchten mit Salzsäure sieht



man während des Spritzens durch Grün die grünlichgelbe Kalkflamme, durch Indigo violette Lithionreaction und gleich darauf in der ruhigen Flamme dieselbe Vertheilung der beiden Färbungen auf Kern und Saum wie bei Strontian und Lithion.

### Baryt.

Chlorbarium am Draht in die Flamme gebracht erzeugt zuerst lebhaftes Spritzen und färbt dabei die Flamme grün mit einem Stich ins Gelbe. Aber so stark ins Gelbe geneigt, wie man gewöhnlich annimmt, ist die reine Baryt-Flamme nicht, da sie in den meisten Fällen durch Kalk oder Natron etwas abgeändert ist. In der ruhigen Flamme ist die Färbung noch schöner und besonders hell und lebhaft wird sie erst beim Glühen. Die Färbung der ruhigen Flamme wird durch die geringsten Mengen anderer Basen abgeändert, welche beim Glühen grösstentheils allmählig verschwinden und die reine Barytflamme hervortreten lassen.

Von dieser grünen Flamme sieht man durch Kobaltglas nur eine gewisse Helligkeit, die keine andere durch dasselbe zu untersuchende Färbung stört. Durch das rothe Glas erscheint die Flamme roth ins Gelbe geneigt, durch das grüne schön zeisigrün.

In allen diesen Fällen ist die Färbung weit intensiver bei starker Hitze und lässt sich daher am besten beim Glühen auffinden, wenn andere etwa vorhandene Salze verjagt sind. Sie hält auch bei sehr geringen Mengen von Baryt ausserordentlich lang an.

Die Reinigung des Drahtes wird am schnellsten durch Anschmelzen von doppelt schwefelsaurem Kali und Wegschleudern der Kugel bewirkt, was man nöthigenfalls ein- oder zweimal wiederholt.

### Baryt neben Kali und Lithion.

Sehr wenig Baryt lässt bei Anwesenheit dieser beiden Alkalien zuerst deren Reactionen auftreten, welche sich mit dem blossen

Auge sowie durch Kobaltglas und Indigolösung leicht erkennen lassen und dann erst zeigt sich schöne Barytreaction. — Ist viel Baryt und wenig Kali und Lithion vorhanden, so sieht man beim Spritzen alle drei Farben (violett, roth und grün) neben und durcheinander, nach dem Spritzen eine Zeit lang nur Kali- und Lithionflamme (durch Indigo sichtbar); während diese verschwinden, taucht die Barytflamme allmählig auf, und bleibt zuletzt allein übrig. Beim Glühen geben sich auch die geringsten Spuren von Baryt deutlich zu erkennen, nachdem Kali und Lithion verflüchtigt sind.

#### Baryt neben Natron.

Eine Spur Natron in einem grossen Ueberschuss von Baryt zeigt Anfangs nur gelbe Natronreaction, die nach und nach von einer grünen Barytflamme umsäumt, und endlich ganz von dieser verdrängt wird. — Ist gleichzeitig Kali und Lithion zugegen, so sieht man zuerst durch das blaue Glas Kaliflamme, nach dem Verschwinden derselben durch Indigo Lithion und daneben bloss blaugrüne Barytflamme. Wenn endlich das Lithion verschwunden ist, so sieht man mit dem blossen Auge noch Natronreaction und zuletzt reine Barytflamme. Eine Spur von Baryt, mit viel Natron vermischt, erzeugt, nachdem alles Natron durch starkes Glühen verdampft ist, noch immer schöne helle Barytflamme.

#### Baryt neben Kalk.

Die Kalkflamme ist nach dem Früheren deutlich characterisirt durch die schwach ins Grünliche geneigte gelbe Färbung, die man durch das grüne Glas sieht. Diese Farbe scheint dagegen etwas mehr ins Rothe geneigt zu sein, wenn sie neben der zeisigrünen Barytflamme, die man durch das grüne Glas sieht, beobachtet wird. In diesem Fall muss man sich daher hüten, sie nicht für Strontian zu halten. Uebrigens ist während des lebhaften Spritzens die gelbe Farbe der durch Grün betrachteten Kalkflamme ganz unzweideutig und in jene Gefahr der Verwechslung kommt man nur bei der ruhigen Flamme und beim Glühen, in welchen beiden Stadien die Kalkflamme ohnediess wenig Characteristisches

hat. — Eine Mischung von wenig Kalk mit viel Baryt wird am besten zuerst durchgeglüht, dann mit Salzsäure befeuchtet. Dann sieht man während des Spritzens durch Grün sehr deutliche gelbe Kalkflamme. Nach dem Spritzen sieht man durch Grün und mit blossen Auge nur noch undeutliche Kalkreaction, aber sehr schöne Barytflamme.

Bei viel Kalk und wenig Baryt ist der Kalk während des Spritzens und nachher eine Zeit lang vorherrschend; dann aber wird die Kalkreaction allmählig blässer und die Barytflamme immer deutlicher, und diese zeigt sich zuletzt beim starken Glühen allein und sehr schön.

Es scheint, dass der Baryt in der Form des reinen Erdalkali weniger feuerbeständig sei als der Kalk, weil er, wenn auch langsam in starker Hitze, immer deutliche Réaction zeigt, während der Kalk in hoher Temperatur die Flamme beinahe gar nicht färbt, dagegen um so deutlicher, wenn die Probe nachher wieder mit Salzsäure befeuchtet, und die Flamme während des Spritzens beobachtet wird.

#### Baryt neben Strontian.

Strontian ist neben Baryt auch in sehr kleiner Quantität noch leicht aufzufinden, sobald durch Glühen alle Alkalien entfernt und die Kalkflamme abgeschwächt ist. Die rothe Flamme des Strontian ist jetzt sehr deutlich und wird auch durch einen Ueberschuss von Baryt nicht verdeckt. Ist viel Strontian und wenig Baryt vorhanden, so lässt sich in der Regel die grüne Barytflamme neben der rothen Flamme des Strontian leicht bemerken. Man sieht bald eine reine Baryt-, bald eine reine Strontianflamme, bald beide neben einander, oder auch eine aus Roth und Grün gemischte Missfarbe.

Ist dagegen nur eine ganz geringe Spur Baryt vorhanden, so wird die Reaction desselben zuweilen durch den Ueberschuss von Strontian theilweise verdeckt. Indessen ist in diesem Fall doch die Färbung der Flamme bei starkem Glühen so characteristisch missfarbig und bald mehr ins Rothe bald mehr ins Grüne geneigt, dass eben diese Missfarbe ziemlich sicher auf eine Mischung

von Baryt mit Strontian deutet. Keine andere Färbung ist im Stande, diese zu modificiren, da wenn solche vorhanden gewesen wären, diese in der starken Hitze längst verschwunden wären.

Zur Unterscheidung von den Reactionen des Baryt seien hier noch diejenigen von

Kupferoxyd, Borsäure und Phosphorsäure kurz angeführt. Andere Flammenfärbungen kommen zu selten vor und sind zu wenig lebhaft, als dass es nöthig wäre, hier darauf Rücksicht zu nehmen.

### Kupferoxyd.

Kupferoxydsalze färben für sich die Flamme schön und intensiv grün. Die Farbe hat mehr Gelb als die des Baryt. Durch blaues und rothes Glas sieht man von derselben fast nichts, durch Grün ist die Färbung fast wie fürs blosse Auge. Die Intensität der Färbung nimmt rasch ab, dagegen verstärkt sie sich beim Anblasen wieder etwas. Durch die farbigen Gläser sieht man indessen fast nichts mehr.

Nach dem Befeuchten mit Salzsäure wird der Kern der Flamme hellblau, der Saum ist grün. Die blaue Färbung verschwindet aber schnell und macht der grünen Platz. Durch blaues Glas sieht man, wenn die mit Salzsäure befeuchtete Probe in die Flamme kommt, eine schöne hellblaue Färbung, welche viel heller ist, als die mit welcher die glänzende Natronflamme bei der Beobachtung durch Kobaltglas erscheint. Durch Roth ist diese Flamme violett, eine Farbe welche keine Alkali- oder Erdalkaliflamme durch Roth zeigt. Durch Grün ist sie sehr lebhaft grün, wie die gewöhnliche Kupferoxydflamme fürs blosse Auge. Sobald indessen das Spritzen vorbei ist, sieht man durch Grün fast nichts mehr. Ebenso verhält sich künstliches Kupferchlorid, sowie natürliches krystallisirtes Chlorkupfer aus Neuholland.

Aehnlich sind auch die Reactionen, wenn man ein Kupferoxydsalz mit Chlornatrium und doppelt-schwefelsaurem Kali in die Flamme bringt; aber sie werden von denen des Kali und Natron theilweise verdeckt.



Mit doppelt-schwefelsaurem Kali und Bromkalium vermischt, bringt das Kupferoxydsalz dieselben Reactionen hervor, wie Chlorkupfer, nur ist das Blau der Flamme weniger lebhaft. — Derselbe Unterschied zeigt sich auch, wenn man aus schwefelsaurem Kupferoxyd und Bromkalium gefälltes Kupferbromür in die Flamme bringt.

Mit doppelt-schwefelsaurem Kali und Jodkalium vermisches Kupfersalz, oder Kupferjodür, aus Kupfervitriollösung durch Jodkalium gefällt verhält sich ebenfalls ähnlich; nur ist vom blauen Theil der Flamme noch weniger als beim Kupferbromür zu sehen.

### Hauptunterschied zwischen Baryt und Kupferoxyd.

Baryt hat in der Flammenfarbe weniger Gelb und färbt die Flamme weniger intensiv als Kupferoxyd; dagegen ist seine Flamme beim anhaltenden Glühen constanter. Die blaue Flamme des Kupferchlorid zeichnet das Kupfer namentlich durch die Art und Weise, wie sich dieselbe durch Blau und Roth zeigt, wesentlich vor dem Baryt aus. Dabei wird aus den Kupfersalzen sehr leicht etwas metallisches Kupfer reducirt, was mit dem Platin des Drahts zusammenschmilzt, so dass der Draht in Folge davon leicht abbricht.

### Borsäure.

Die freie Borsäure färbt für sich gleichgiltig ob angeblasen oder nicht die Flamme gelbgrün ähnlich wie Kupferoxyd, aber mit mehr Gelb. Die an den Draht angeschmolzene Probe lässt sich durch Anblasen mit dem Löthrohr vollständig verflüchtigen, indem gleichzeitig die Flamme, so lange noch Borsäure da ist, grün gefärbt bleibt.

Das Befeuchten mit Salzsäure macht durchaus keinen Unterschied.

Durch Blau erscheint die Färbung blassblau mit einem Stich ins Grüne. Durch Roth sieht man fast nichts. Durch Grün sieht man die Färbung ähnlich, wie mit dem bloßen Auge, aber weniger lebhaft als beim Chlorkupfer.

### Hauptunterschied zwischen Kupferoxyd und Borsäure.

Die Färbung geht bei der Borsäure mehr ins Gelbe; sie wird nach dem Befeuchten mit Salzsäure nicht blau, und erscheint durch Blau und Grün weniger lebhaft, durch Roth nicht violett.

### Unterschied zwischen Baryt und Borsäure.

Die grüne Färbung der Borsäure ist mehr ins Gelbe geneigt als die des Baryts. Die letztere wird bei starkem Anblasen intensiver und hält länger an.

### Phosphorsäure.

Die blassgrüne Färbung, welche ein Gemisch von pulverisirtem phosphorsaurem Kalk und Schwefelsäure der Gasflamme ertheilt, ist zu wenig lebhaft und zu kurz dauernd, um mit den übrigen grünen Flammenfärbungen verwechselt werden zu können. Dagegen ist diese Färbung in sofern für Phosphorsäure charakteristisch, als sie durch gleichzeitig vorhandene Spuren von Natron nicht verdeckt wird, weil sie sich während der Einwirkung der Schwefelsäure auf das Phosphat zeigt und erst nachher die Natronreaction eintritt. Durch die farbigen Gläser ist von dieser Färbung sehr wenig zu sehen; auch wird sie so wenig als die der Borsäure durch Befeuchten mit Salzsäure alterirt.

### Zusammenfassung.

Nachdem im Vorstehenden das Verhalten derjenigen Alkali- und Erdalkalimetalle und ihrer Verbindungen, welche der nicht leuchtenden Gasflamme eine bestimmte Färbung ertheilen, sowohl im Einzelnen als in Vergleichung eines jeden mit jedem andern beschrieben worden ist, sei noch einmal kurz wiederholt, welches die sichersten Reactionen sind, nach welchen jedes einzelne dieser Metalle von den übrigen unterschieden werden kann.

1) Kali ist unter allen Umständen leicht zu erkennen an der violetten durch dunkles Kobaltglas auch nach dem Spritzen sichtbaren Färbung.

2) Natron ist unter allen Umständen sicher zu entdecken durch die gleich Anfangs auftretende und die andern Färbungen stets verdeckende oder modificirende intensiv gelbe Färbung.

3) Lithion ist bei Abwesenheit von Kali stets leicht nachzuweisen durch die durch Indigolösung sichtbare rothe Flammenfärbung. Bei Anwesenheit von wenig Kali überdauert diese Reaction die durch dunkles Kobaltglas beobachtete violette Kalifärbung. Bei Gegenwart von viel Kali ist Lithion nur, wenn nicht zu viel Natron und kein Strontian zugegen ist, durch die mit blossem Auge sichtbare rothe Flammenfärbung mit völliger Sicherheit zu entdecken.

4) Kalk ist bei Abwesenheit von Strontian leicht zu erkennen an der nach starkem Glühen (zur Verjagung von Natron) und Befeuchten mit Salzsäure sichtbaren orangerothern, durch Grün gelben Flamme. Bei Anwesenheit von Strontian gelingt diess nicht so leicht.

5) Strontian ist unter allen Umständen an der beim Glühen äusserst constant bleibenden karminrothen Flamme zu erkennen.

6) Baryt ist ebenso durch die beim Glühen sehr constante grüne Flammenfärbung leicht nachzuweisen, nur bei grossem Ueberschuss von Strontian etwas schwieriger.

Man darf sich nicht verhehlen, dass bei der Untersuchung auf Alkalien und Erdalkalien auf diesem Wege immerhin noch einige Fälle vorkommen können, wo man von den Flammenfärbungen im Stiche gelassen wird. Insbesondere ist es die sichere Auffindung von Lithion in Gegenwart von Kali und Natron, die noch Schwierigkeit macht. (In dieser Beziehung hat man sich an die im Früheren citirten Versuche von Cartmell und von Bunsen (s. S. 83.) zu halten.) Die Störungen der Flammenfärbungen durch Strontian haben glücklicherweise weniger zu bedeuten, da der Strontian zu den verhältnissmässig selteneren Basen gehört. Um so sicherer ist dagegen seine Auffindung, wo er als unwesentlicher Bestandtheil vorhanden ist, während die Entdeckung kleinerer Mengen anderer Basen, insbesondere von Kalk, in solchen Mineralien, wo der Strontian den Hauptbestandtheil ausmacht, oft Schwierigkeiten machen kann.

Unter den drei Stadien, die man in Beziehung auf die Färbung der Flamme durch Alkalien und Erdalkalien unterscheiden kann, dient die „ruhige Flamme“ vorzugsweise zu Erkennung der Alkalien Kali, Natron, Lithion, da die Färbungen durch die alkalischen Erden in diesem Stadium meist wenig lebhaft und nicht besonders charakteristisch sind. Das „Glühen,“ d. h. das Anblasen mit dem Löthrohr dient hauptsächlich zur Verjagung der Alkalisalze, um durch ihre Färbung bei der Untersuchung auf die Erdalkalien nicht mehr gehindert zu sein. Sind die Alkalien auf diese Weise entfernt, d. h. sieht man mit blossem Auge keine Natron- und durch Kobaltglas und Indigolösung keine Kali- und Lithionflamme mehr, so tritt der Moment ein, wo die Strontian- besonders aber die Barytflamme noch während des Anblasens sehr charakteristisch hervortritt. Nachdem darauf die Probe, die jetzt die Erdalkalien in der Form von reinen Aetzbasen enthält, in Salzsäure getaucht und wieder in die Flamme gebracht ist, tritt das Stadium des „Spritzens“ der Flamme ein, während dessen die Kalk- und Strontianflamme besonders sicher erkannt werden kann.

### Beispiele für die Flammenfärbung an Mineralien mit flüchtigen Säuren.

#### 1) Kali.

Salpeter von Ostindien und

Chlorkalium vom Vesuv ertheilen für sich der Flamme eine violette Farbe, die jedoch von der des reinen Chlorkaliums durch eine Beimischung von Gelb (Natron) verschieden ist. Durch dunkles Kobaltglas ist eine äusserst lebhafte Kalireaction zu bemerken.

Bei den folgenden Mineralien ist mit blossem Auge das Kali nicht sicher zu erkennen, aber durch Kobaltglas unzweifelhaft.

Polyhalit von Ischl in Tyrol. Durch Kobaltglas sehr lebhaft Kalireaction.

Alaunstein von Ungarn. Ebenso.



Gerösteter Alaunstein von Tolfa. Kalireaction durch Kobaltglas nicht so lebhaft, wie bei den vorigen.

Alaunstein von Sibirien. Kalireaction deutlich.

(Aluminit von Halle in Sachsen gibt keine Kalireaction.)\*)

2) Natron.

Steinsalz von Friedrichshall,

(Tinkal aus Thibet,)

Natronsalpeter aus Peru,

\*) Anmerkung. Die Untersuchung einiger Steinkohlenaschen auf Kali durch Einäscherung der Kohlen und Beobachtung der durch die Asche der Flamme ertheilten Färbung lieferte folgende Resultate:

Blätterkohle von Lüttich,

desgl. aus Saarbrücken,

Cannelkohle von England,

Bogheadkohle von dort,

Pechkohle und

Vitriolkohle aus dem Keuper von Württemberg geben sämmtlich weder für sich, noch beim Zusammenschmelzen mit kohlenurem Baryt bei der Beobachtung durch Kobaltglas Kalireaction. Nur bei starkem Anblasen mit dem Löthrohr unter Zusatz von hohlensaurem Baryt geben die dritte und die sechste der obengenannten Kohlen Spuren von Kalireaction.

Braunkohle von Salzhausen in der Wetterau,

Umbra von Cöln,

desgl. von Cypern geben ebenfalls keine Reaction auf Kali, nur die letzte mit kohlenurem Baryt Spuren.

Torf von Stuttgart (Postsee),

desgl. aus Preussen geben absolut keine Kalireaction, dagegen liefert

Torf von Sindelfingen schon für sich ohne kohlenuren Baryt deutliche Kaliflamme.

Dichte Braunkohle von Uznach am Züricher See und desgl. von Untersteiermark zeigen schon für sich schwache Kalireaction.

Papierkohle von Bonn,

Bituminöses Holz aus der Wetterau und

Bastkohle von dort geben sehr lebhaft Reaction auf Kali.

(Ueber die Behandlung mit kohlenurem Baryt vgl. unten die Aufsuchung von Kali in Silikaten.)

Kesselstein aus den Salzpflanzen von Reichenhall,  
 Kryolith aus Grönland,  
 Glaubersalz vom Canton Aargau (zeigt durch Kobaltglas  
 Kalireaction),  
 Thenardit von Madrid,  
 Trona aus Aegypten u. s. w.

Alle diese Mineralien zeigen die glänzende Natronflamme, die durch Kobaltglas mit hellblauer, durch rothes Glas mit gelber, durch grünes Glas mit gelbrother Farbe sichtbar ist.

### 3) Lithion.

(Triphylin von Bodenmais zeigt für sich weder durch Indigolösung noch dem blossen Auge Lithionreaction, dagegen liefert dieselbe der

Lepidolith von Rozna in Mähren schon fürs blosse Auge sehr schön. (Vgl. unten bei den Silikaten.)

### 4) Baryt.

Die Reactionen auf Baryt, Strontian und Kalk werden am besten in der Weise ausgeführt, dass man das Mineral pulverisirt, an den mit Wasser oder Salzsäure befeuchteten zu einem Oehr umgebogenen oder auch gestreckten Platindraht bringt und das hängen Gebliebene in der Flamme an den Draht anschmilzt. Nach dem Ausglühen (um die Alkalien zu verjagen) lassen sich die Erdalkalien leicht nachweisen.

Zur Nachweisung der Alkalien dagegen genügt es meistens, ein Stückchen mit der Platinpincette zu fassen und in die Flamme zu bringen. Die Reactionen stellen sich dann sogleich ein.

Schwerspath von Wittichen zeigt Anfangs keine deutliche Barytreaction; wird er aber zuerst einige Augenblicke in der Reductionsflamme behandelt und dann stark geglüht, so zeigt sich die Barytreaction anfänglich mit Gelb vermischt, sodann mehr rein grün und diese Farbe bleibt auch sichtbar, wenn der Draht jetzt unmittelbar in die Flamme gehalten wird.

Witherit aus England. Die Barytreaction ist ebenfalls

Anfangs nicht deutlich. Durch starkes Glühen wird sie aber schnell und mit lebhafter Farbe hervorgerufen.

Barytocalcit von Alston in Schottland verhält sich ebenso, aber die Barytreaction wird nicht so lebhaft wie bei den vorigen, übrigens sehr deutlich.

### 5) Strontian.

Strontianit aus den Kammern von Ammonites augulatus aus dem Liaskalk bei Stuttgart (Vaihingen) färbt für sich in die Flamme gehalten, noch mehr beim Glühen, unter starkem Leuchten die Flamme carminroth. Doch ist diese Färbung etwas mehr ins Gelbe geneigt als beim reinen salpetersauren Strontian. Derselbe Unterschied zeigt sich, wenn die Probe mit Salzsäure befeuchtet und in die Flamme gehalten wird. Durch Grün ist die Färbung orangeroth.

Krystallisirter Cölestin aus Sicilien,

Körniger Cölestin vom Montmartre (Paris),

Blättriger Cölestin vom Fassathal in Tyrol verhalten sich ziemlich gleich; sie färben für sich die Flamme Anfangs gelbroth, nach der Reduction karminroth und verhalten sich dann wie Strontianit.

### 6) Kalk.

Die charakteristische Reaction auf Kalk ist diejenige Flammenfärbung, welche man erhält, wenn man nach dem Glühen bis zur Verjagung der Alkalien den Draht in reine Salzsäure taucht und dann in die Flamme bringt. Die intensiv orangerothe Färbung, welche sich während des Spritzens einstellt, erscheint durch ein grünes Glas gelb mit einem Stich ins Grüne. Je nach der Quantität des vorhandenen Kalks dauert diese Färbung nach dem Spritzen nach einer momentanen Unterbrechung noch länger oder kürzer fort.

So verhält sich Kalkspath, Arragonit, sowie die gewöhnlichen Kalksteine.

Es versteht sich, dass der Draht nach jeder Probe auf die S. 86 angegebene Weise gereinigt und sodann durch Eintauchen

in Salzsäure und Verdampfen derselben in der Flamme auf seine Reinheit geprüft wird. Denn hierbei findet man nicht selten noch Kalkreaction, auch wenn der trockene Draht der Flamme keine Färbung mehr ertheilt hatte. Am zweckmässigsten ist es, wenn man auf einen reinen Porzellanscherben eine Reihe von Salzsäure-tropfen bringt, um sicher zu sein, dass die Salzsäure, in welche man die Probe eintaucht, nicht durch ein vorhergegangenes Eintauchen verunreinigt ist.

Späthiger Gyps von Crailsheim und

Blauer Anhydrit von Sulz a. N. geben Anfangs eine wenig charakteristische rothgelbe Färbung (die durch Roth gelb, durch Grün gelbroth erscheint, also auf Natron deutet): eine Zeitlang mit dem Löthrohr angeblasen und in der Reductionsflamme behandelt, färben sie allmählig die Flamme mehr roth. Werden sie jetzt in Salzsäure getaucht und dann in die Flamme gehalten, so geben sie die obige Reaction auf Kalk sehr lebhaft.

Flussspath vom Schwarzwald verhält sich nach starkem Erhitzen in Salzsäure getaucht ebenso.

Polyhalit von Ischl in Tyrol gibt zuerst starke Kalireaction. Nachdem er durch starkes Glühen von Alkalien befreit ist, verhält er sich wie die vorigen. Kalkreaction äusserst lebhaft.

Apatit (Spargelstein) vom Zillerthal in Tyrol gibt bei gleicher Behandlung keine deutliche Kalkreaction. (Vgl. S. 117.)

### Zum Spectralapparat

verhalten sich die angewendeten farbigen Gläser folgendermassen:

Dunkelblaues Kobaltglas lässt von dem vollständigen Spectrum nur einen schwachen rothen Streif sowie den blauen und violetten Theil durch.

Hellblaues Kobaltglas zeigt den rothen Strich breiter und stärker, sowie einen im Grün; sonst wie das vorige.

Das rothe Glas lässt das Spectrum vom Roth bis Grün inclusive; das grüne Glas den grünen Theil und den Anfang von Blau durch.

In Beziehung auf die gleichzeitige Anwendung der Gläser und des Spectralapparats ist folgendes zu bemerken:



Die glänzende Natronflamme zeigt durch den Spectralapparat ausser der sehr lebhaften Linie Na  $\alpha$  ein schwaches Spectrum, von welchem der blaue und violette Theil durch Kobaltglas sichtbar ist, während die Linie Na  $\alpha$  verschwindet. Durch das rothe Glas ist ausser der Linie Na  $\alpha$  der rothe und gelbe Theil des Spectrums schwach sichtbar, durch grünes Glas der grüne Theil des Spectrums neben der Linie Na  $\alpha$ .

In dem Moment, wo fürs blosse Auge das starke Leuchten aufhört, verschwindet im Apparat das Spectrum fast vollständig, ebenso die Theile desselben, welche durch blaues, rothes und grünes Glas sichtbar sind, während die Linie Na  $\alpha$  sowohl mit dem blossen Auge als durch rothes und grünes Glas noch lange sichtbar bleibt. —

Die leuchtende (ins Gelbe geneigte) Flamme des Lithion bringt die rothe Linie Li  $\alpha$  und die schwächere gelbe Linie Li  $\beta$  hervor. Das dunkelblaue Glas lässt keine von beiden, das hellblaue nur die erste ganz blass durch. Durch rothes Glas ist Li  $\alpha$  sehr schön, durch grünes schwach, während Li  $\beta$  durch keines von beiden sichtbar ist. Die blassere Flamme lässt auch fürs blosse Auge nur noch Li  $\alpha$  sehen, Li  $\beta$  verschwindet mit dem Uebergang der hellen in die blassrothe Lithionflamme plötzlich.

Die Calciumlinien werden von dunklem Kobaltglas sämmtlich absorbirt, unter denen das Strontium wird von demselben nur die charakteristische blaue Linie Sr  $\delta$  durchgelassen.

## II. Aufsuchung der Alkalien und Erdalkalien in Salzen mit feuerbeständigen Säuren.

Unter den Salzen mit feuerbeständigen Säuren sind die Phosphate und Borate verhältnissmässig selten. Manche ertheilen der Flamme die für das vorhandene Metalloxyd charakteristische Färbung ohne Weiteres, wie z. B. der Borax (S. 113). Andere erfordern eine besondere Behandlung, wie z. B. der Apatit. Zersetzung mittelst Salzsäure, Fällung durch Schwefelsäure und Wein-

geist und Untersuchung des ausgewaschenen Niederschlags mittelst des Löthrohrs wird wohl am schnellsten zum Ziele führen.

Bei weitem häufiger hat man es mit der Untersuchung der Silikate zu thun. Da sie meist sehr wenig flüchtig sind, so färben sie grösstentheils die Flamme nur wenig oder gar nicht. Sie erfordern daher gewöhnlich eine besondere Behandlung, wobei häufig der nasse Weg nicht ganz vermieden werden kann.

### 1) Kali.

Da die Kalireaction mit dem blossen Auge nur dann gesehen werden kann, wenn nicht gleichzeitig Natron vorhanden ist, und da das Kali in den Silikaten fast stets von Natron begleitet ist, so versteht sich, dass bei diesen Versuchen die Flamme beständig mit dem blauen Glase beobachtet werden muss. Und zwar ist es zweckmässig, um vor Verwechslung mit Lithion sicher zu sein, hiezu ein dunkles Kobaltglas zu wählen.

Manche Kalisilikate geben schon für sich, mit der Pincette in die Flamme gehalten, eine durch Kobaltglas sichtbare violette Flammenfärbung. Die Mineralien, bei denen ich diess beobachtet habe, sind folgende:

Philippsit vom Vesuv,

KrySTALLISIRTER Apophyllit von Andreasberg,

Ichthyophthalm von der Seisser Alp,

Lepidolith von Rozna in Mähren.

Zuweilen wird die Kalireaction dadurch hervorgebracht, dass man das Mineral nur in Salzsäure taucht und dann in die Flamme hält. Dies ist der Fall beim

Leuzit vom Vesuv.

Andere Mineralien, die zum Theil reich an Kali sind, zeigen bei dieser Behandlung keine oder nur ganz schwache Spuren von Kalireaction und müssen deshalb aufgeschlossen werden. Man kann zu diesem Zweck Soda anwenden, allein da diese häufig kalihaltig ist, so habe ich zum Zweck des Aufschliessens den kohlelsauren Baryt vorgezogen und sehr tauglich gefunden.\*)

---

\*) Bunsen wendet zu demselben Zweck Gyps an (Ann. der Ch. u. Pharm. Bd. CXI. S. 268).

Die Färbung, welche der kohlen saure Baryt der Flamme ertheilt, ist zwar durch Kobaltglas auch nicht immer ganz unsichtbar, aber sie ist ausserordentlich schwach und überdies nicht mit der Kaliflamme gleichzeitig vorhanden, so dass man nie in den Fall kommt, sie mit der Kaliflamme zu verwechseln.

Wird das pulverisirte Kalisilikat mit kohlen saurem Baryt vermischt und an einem mit destillirtem Wasser befeuchteten Platindraht in die Flamme gehalten, so tritt, sobald die Probe anfängt zu schmelzen, die Kalireaction mehr oder weniger lebhaft bei der Beobachtung durch das Kobaltglas hervor. Von der Zuverlässigkeit dieser Probe überzeugt man sich leicht, wenn man den kohlen sauren Baryt allein oder vermischt mit Quarzpulver in die Flamme bringt. Es ist alsdann keine Spur von der violetten Färbung zu entdecken.

In den allermeisten Fällen genügt es indessen, ein Stückchen des Minerals einfach mit der Pincette zu fassen und das (mit Wasser benetzte) Ende in gepulverten kohlen sauren Baryt zu tauchen. Sobald man die Spitze der Probe in die Flamme bringt und das Pulver zu schmelzen anfängt, wird die Kalireaction sichtbar, selbst wenn der Kaligehalt des Minerals ausserordentlich gering ist. Mit dem blossen Auge sieht man auch nach längerer Zeit keine Barytreaction eintreten, vielleicht weil die Probe nicht heiss genug wird. Hat man die Probe mit Salzsäure benetzt, so ist zwar Anfangs während des Spritzens Barytreaction zu sehen, dieselbe verschwindet aber, sobald die Salzsäure verdampft ist. Beim starken Erhitzen verbindet sich der Baryt mit dem Silikat zu einer Verbindung, welche die Barytreaction nicht hervorbringt.

Einige Silikate, auf die angegebene Weise behandelt, zeigten folgendes Verhalten:

Adular vom Gotthardt zeigt ohne Baryt ganz schwache, mit demselben starke anhaltende Kalireaction.

Nephelin vom Vesuv gibt sowohl mit als ohne kohlen sauren Baryt starke Kalireaction.

Glasiger Feldspath vom Drachenfels gibt mit kohlen saurem Baryt starke Kalireaction.

Oligoklas von Arendal gibt mit kohlensaurem Baryt schwache Kalireaction.

Krystallisirter Albit von Tyrol,

Blättriger Albit von Pernstein,

Periklin vom Pfitschthal verhalten sich ebenso.

Rother Eläolith von Friedrichswärn gibt ohne kohlensauren Baryt schwache, mit demselben starke Kalireaction.

Weisser Glimmer vom Ural gibt mit kohlens. Baryt mittelmässige Kalireaction.

Schwarzer Glimmer von Labrador verhält sich ebenso.

Labradorit von Labrador zeigt keine Kalireaction, ebensowenig

Natrolith vom Hohentwiel; dagegen zeigt

Analcim von der Seisser Alp mit kohlensaurem Baryt deutliche und

Leuzit vom Vesuv sehr lebhaft Kalireaction.

Perlstein von Ungarn und

Krystallisirter Lithionglimmer von Zinnwalde in Böhmen zeigen die Kalireaction ebenfalls erst beim Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Baryt.

## 2) Natron.

Die glänzende Natronflamme wird wohl von keinem einzigen natronhaltigen Silikate hervorgebracht, weil die Temperatur nicht hoch genug wird. Dagegen gibt es verhältnissmässig wenige Silikate, welche nicht die blasse Natronflamme mehr oder weniger lebhaft zeigen. Um in solchen Fällen die Abwesenheit von Natron sicher zu constatiren oder in einem zweifelhaften Fall die Natronreaction zu verstärken, ist es, wie bei den Kalisilikaten nöthig sie aufzuschliessen. Hier ist es nun aber kaum zu vermeiden, dass das angewendete Aufschliessungsmittel nicht vorher natronhaltig ist. Der kohlensaure Baryt, den ich zur Aufschliessung von Kalisilikaten angewendet habe, enthielt eine auf nassem Weg kaum nachweisbare Spur von Natronsalz. Dennoch gelang es mir nicht, diese geringe Quantität durch Auskochen und Filtriren



vollständig daraus zu entfernen. Nach oftmaliger Wiederholung dieser Operation zeigte sowohl das Filtrat, als der rückständige kohlen saure Baryt noch deutliche Natronreaction. Es schien mir daher das Zweckmässigste, den auf diese Weise möglichst natronfrei hergestellten kohlen sauren Baryt in der Art zu verwenden, dass ich vor jeder Probe eine kleine Quantität desselben zuerst für sich am Platindraht so lange glühte, bis die Natronreaction der reinen Barytflamme Platz gemacht hatte. Sodann benützte ich diese ausgeglühte Portion zur Aufschliessung des fraglichen Silikats, indem ich das angeschmolzene Stückchen des Minerals in das Pulver des ausgeglühten kohlen sauren Baryts eintauchte und mit dem, was hängen blieb, durch Anblasen mit dem Löthrohr aufschloss.

Der Umstand, dass die Natronreaction durch rothes Glas mehr gelb, durch grünes mehr gelbroth aussieht, dient aufs sicherste zur Beurtheilung der Flammenfärbung.

Sehr lebhaft ist die Natronreaction, auch ohne kohlen sauren Baryt, beim

Natrolith vom Hohentwiel und  
Mesotyp von den Faröern.

Bei den folgenden ist sie weniger lebhaft, wird aber durch die soeben beschriebene Behandlung mit kohlen saurem Baryt verstärkt:

Periklin vom Pfitschthal,  
Eläolith von Friedrichswärn,  
Adular vom St. Gotthardt,  
Kalifeldspath von Arendal,  
degl. von Baveno,  
Stilbit von den Faröern,  
Spodumen von Tyrol,  
Petalit von Utö und viele andere.

### 3) Lithion.

Das Lithion gibt sich zwar in den meisten Silikaten, in denen es einen Bestandtheil ausmacht, durch seine rothe Flammenfärbung leicht zu erkennen, wenn die Probe nur einfach in

die Flamme gehalten wird. Doch ist dieselbe namentlich bei Gegenwart von Natron zuweilen so schwach, dass sie, um deutlich gesehen zu werden, eine Aufschliessung des Minerals nöthig macht. Da hierbei das gleichzeitige Vorkommen von Kali den Gebrauch der Indigolösung häufig unsicher macht und ein Gehalt des Aufschliessungsmittels an Natron die Lithionflamme fürs blosse Auge verdecken würde, so erscheint die Anwendung des kohlen-sauren Baryts auf dieselbe Weise, wie bei Natron (S. 121.) als das zweckmässigste.

*Lepidolith* von Rozna in Mähren zeigt für sich sehr schöne Lithionreaction, nach dem Schmelzen weniger deutlich, aber wieder sehr schön, wenn ein Splitter der zerschlagenen Kugel in die Flamme gehalten wird.

*Lithionglimmer* von Zinnwalde zeigt die blassrothe Lithionflamme noch schöner und reiner als der vorige, wenn ein ganz dünnes Spaltstück in die Flamme gehalten wird. Nach dem Zusammenschmelzen verschwindet sie fast ganz, wird aber durch kohlen-sauren Baryt, nachdem er angeschmolzen, sehr schön wiederhergestellt.

*Spodumen* von Valtig bei Sterzing in Tyrol und

*Petalit* von der Insel Utö bei Stockholm färben die Flamme für sich gelb (Natron) mit blassem rothem Saum (Lithion). Letzterer wird beim Spodumen erst beim Anblasen mit dem Löthrohr sichtbar. Durch die Behandlung mit kohlen-saurem Baryt wird zwar die Natronreaction, besonders beim Spodumen lebhafter, aber auch der Saum schöner roth, so dass auf diese Weise das Lithion sich leichter auffinden lässt. Am besten gelingt diess, wenn man mit der Probe, nachdem der kohlen-saure Baryt angeschmolzen ist, nur den Saum der Gasflamme berührt.

*Triphylin* von Bodenmais gibt für sich keine deutliche Lithionreaction, dagegen wird dieselbe durch die Behandlung mit ausgeglühtem kohlen-saurem Baryt sehr schön hergestellt.

#### 4) Baryt, Strontian und Kalk.

Baryt und Strontian sind unter den Silikaten verhältniss-mässig sparsam verbreitet. Die Methoden ihrer Auffindung haben

desshalb auch weniger Wichtigkeit als bei den andern Basen. — Am sichersten ist natürlich die Aufschliessung der Silikate, wie sie bei der Analyse auf nassem Weg gebräuchlich ist. Die erhaltenen Niederschläge, welche die Erdalkalien enthalten, können sodann auf die im Früheren angegebene Weise untersucht werden.

In einzelnen Fällen lässt sich jedoch jener langwierige Weg etwas abkürzen. Diess gilt insbesondere von den Zeolithen, in welchen sich namentlich der Kalk oft ziemlich schnell nachweisen lässt. Wenn man das gepulverte Mineral in einem Platinlöffelchen mit einigen Tropfen concentrirter Salzsäure übergossen, über der Gaslampe erhitzt und zuletzt bis zur Trockne abgedampft hat, sodann nöthigenfalls diese Operation ein- bis zweimal wiederholt und endlich abermals mit einigen Tropfen Salzsäure versetzt und erwärmt, so hat man, wenn Kalk vorhanden, denselben jetzt in Lösung und kann ihn leicht nachweisen. Nachdem man die Flüssigkeit einige Augenblicke der Ruhe überlassen hat, kann man leicht mittelst des Oehrs eines vorher auf seine Reinheit geprüften Platindrahts etwas von der überstehenden klaren Flüssigkeit abnehmen, was man an der Lampe abdampft. Wird diess mehrmals wiederholt, so erhält man zuletzt am Draht einen Salzurückstand, der, nachdem er durch Ausglühen von etwa vorhandenem Alkali grösstentheils befreit ist, in reine Salzsäure getaucht und in die Flamme gebracht, während des Spritzens deutliche Kalkreaction hervorbringt. Sollte man im Zweifel sein, so darf man nur die Flammenfärbung durchs rothe und grüne Glas betrachten, da die Kalkflamme durch ersteres roth, durch letzteres gelb erscheint. (Natronflamme umgekehrt.) Nach dem Spritzen tritt meist Natronreaction ein, die aber, wenn viel Kalk vorhanden ist, gleich wieder von der Reaction des letzteren verdrängt wird.

Stilbit von den Faröern und

Prehnit von Oisans zeigten, auf die angegebene Weise behandelt, deutliche Kalkreaction.

Apophyllit von Andreasberg zeigte bei derselben Behandlung die Kalkreaction noch viel leichter und anhaltender.

Im Baryt-Harmotom von Andreasberg lässt sich durch die charakteristisch grüne Flammenfärbung der Baryt ebenfalls leicht nachweisen, wenn man ihn gleichfalls auf die oben beschriebene Weise behandelt. Der Brewsterit von Schottland dagegen zeigte keine Baryt- und Strontianreaction.

In diesem sowie in andern Fällen bleibt am Ende nichts als die gewöhnliche Aufschliessung und Trennungsmethode übrig.

Bei schwer zersetzbaaren Silikaten kann man jedoch, um sie auf ihren Gehalt an Erdalkalien zu prüfen, sich häufig des Fluorammoniums mit Vortheil bedienen. Das Mineral wird zu diesem Zweck im Achatmörser fein pulverisirt und eine kleine Probe desselben in einem Platinschälchen mit Fluorammonium gemischt zuerst gelinde erwärmt und zuletzt zur vollständigen Entfernung des Fluorammoniums und der gebildeten flüchtigen Zersetzungsprodukte über der Gaslampe geglüht. Man erhält alsdann einen Rückstand, welcher mit etwas Salzsäure am Platindraht in die Flamme gebracht die Reactionen der in dem Mineral enthaltenen Erdalkalien zeigt.

Barytharmotom von Andreasberg zeigt bei dieser Behandlung ausgezeichnete Barytreaction. Ebenso liefert

Brewsterit aus Schottland bei derselben Behandlung starke Strontianreaction.

Labradorfeldspath von Labrador zeigt, auf dieselbe Weise behandelt, die Reaction auf Kalk (neben starker Natronreaction).

Hessonit von Brasilien zeigt bei der Prüfung mit Fluorammonium ausserordentlich heftige Kalkreaction. Fast eben so schön erhielt ich die letztere bei einer noch viel einfacheren Behandlung. Eine Perle von Fluorammonium, welche eine ganz geringe Spur des feinen Hessonitpulvers enthielt und am Platindraht angeschmolzen war, wurde bis zur vollständigen Verflüchtigung erhitzt, sodann der Draht in Salzsäure getaucht und in die Flamme gebracht. Während des Spritzens zeigte sich die rothe, durch grünes Glas gelb erscheinende Kalkflamme.

Diese Methode der Aufschliessung ist eben so sicher, als leicht und rasch auszuführen; leider kann sie jedoch desswegen

nicht allgemein empfohlen werden, weil das Fluorammonium nicht leicht aufbewahrt werden kann, da es sehr zerfliesslich ist und das Glas angreift. Zuweilen kann dasselbe jedoch auch durch eine Mischung von feingepulvertem Flussspath und doppelt schwefelsaurem Kali oder Ammonik ersetzt werden, welche schon Turner \*) zur Entdeckung von Lithion in Silikaten angewendet hat.

---

Die vorstehenden Versuche lehren, dass die qualitative Untersuchung der Mineralien an den die Flamme färbenden Alkalien und Erdalkalien mit Hülfe des Löthrohrs ohne Zuziehung des nassen Weges in vielen Fällen mit Schwierigkeiten verbunden ist, die es häufig zweckmässiger erscheinen lassen, den nassen Weg vorzuziehen.

Doch bietet jene Art der Untersuchung mit Benützung der Bunsen'schen Gaslampe, die nicht selten durch eine einfache Weingeistlampe ersetzt werden kann, bei einer grossen Anzahl von Fällen ein bequemes Mittel, um sich rasch und sicher über einzelne Bestandtheile der zu untersuchenden Mineralien Auskunft zu verschaffen. So gehört z. B. die Nachweisung von Kali in sämtlichen Mineralien, gleichgültig ob es mit flüchtigen Säuren verbunden oder als Silikat darin enthalten ist, zu den sichersten Reactionen, welche die Chemie aufzuweisen hat. In andern Fällen, wo man ohne Zuziehung des nassen Weges in der Entdeckung einzelner Bestandtheile nicht sicher zu sein glaubt, wird es jedenfalls verhältnissmässig schnell zum Ziele führen, wenn man nach der Zersetzung auf nassem Weg die erhaltenen Zersetzungsprodukte der Untersuchung mittelst des Löthrohrs unterwirft.

---

\*) Berzelius, die Anwendung des Löthrohrs u. s. w. 1828. S. 70.

---



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1864

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Werner Gotthilf

Artikel/Article: [3\) Die Färbung der Löthrohrflamme durch Alkalien und Erdalkalien. 81-125](#)