

ABHANDLUNGEN

ZWANZIGSTER BAND.

ABHANDLUNGEN

VON ANTONIUS M. B. B. B.

ABHANDLUNGEN

DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN

GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.



ZWANZIGSTER BAND
MIT DREIZEHN TAFELN.



LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

1883.

ABHANDLUNGEN
DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN CLASSE
DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN
GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.



ZWÖLFTER BAND.
MIT DREIZEHN TAFELN.



LEIPZIG
BEI S. HIRZEL.

1883.



INHALT.

W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Dreizehnte Abhandlung S.	1
W. SCHEIBNER, Zur Reduction elliptischer Integrale in reeller Form. Mit Supplement	- 57
W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Vierzehnte Abhandlung	- 201
C. BRUHNS, Neue Bestimmung der Längendifferenz zwischen der Stern- warte in Leipzig und der neuen Sternwarte auf der Türkenschanze in Wien	- 281
C. NEUMANN, Ueber die peripolaren Coordinaten.	- 363
— Die Vertheilung der Electricität auf einer Kugelcalotte	- 399
W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Fünfzehnte Abhandlung	- 457
— Elektrische Untersuchungen. Sechzehnte Abhandlung	- 549
— Elektrische Untersuchungen. Siebzehnte Abhandlung	- 597

INHALT.

1	W. G. Hertz, Elektrische Untersuchungen. Drittes Abtheilung 2	
57	W. Hertz, Zur Reduktion elliptischer Integrale in reeller Form. III Supplement	
201	W. G. Hertz, Elektrische Untersuchungen. Viertes Abtheilung	
221	E. Harnack, Neue Bestimmung der Längeneinheiten zwischen der Signale-Wärme in Leipzig und der neuen Normale in Wien	
283	C. Neumann, Ueber die periodischen Funktionen	
309	— Die Vertheilung der Elektricität auf einem Kugelschnitt	
457	W. G. Hertz, Elektrische Untersuchungen. Fünftes Abtheilung	
519	— Elektrische Untersuchungen. Sechstes Abtheilung	
537	— Elektrische Untersuchungen. Siebentes Abtheilung	

W. G. HANKEL,

MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

ELEKTRISCHE UNTERSUCHUNGEN.

VIERZEHNTE ABHANDLUNG.

ÜBER DIE PHOTO- UND THERMOELEKTRISCHEN EIGENSCHAFTEN DES
FLUSSSPATHES.

Des XII. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl.
Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

N^o III.

MIT DREI TAFELN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

1879.

ABHANDLUNGEN

DER

KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN

ZU LEIPZIG.

MATHEMATISCH-PHYSISCHE CLASSE.

- ERSTER BAND. (I. Bd.)*) Mit 3 Tafeln. hoch 4. 1852. brosch. Preis 13 M 60 Pf.**
- A. F. MÖBIUS, Ueber die Grundformen der Linien der dritten Ordnung. Mit 1 Tafel. 1849. 2 M 40 Pf.
- P. A. HANSEN, Auflösung eines beliebigen Systems von linearischen Gleichungen. — Ueber die Entwicklung der Grösse $(1 - 2\alpha H + \alpha\alpha)^{-\frac{1}{2}}$ nach den Potenzen von α . 1849. 1 M 20 Pf.
- A. SEEBECK, Ueber die Querschwingungen elastischer Stäbe. 1849. 1 M.
- C. F. NAUMANN, Ueber die cyclocentrische Conchospirale und über das Windungsgesetz von Planorbis Corneus. 1849. 1 M.
- W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen (Widerstandsmessungen). 1851. 3 M.
- F. REICH, Neue Versuche mit der Drehwaage. 1852. 2 M.
- M. W. DROBISCH, Zusätze zum Florentiner Problem. Mit 1 Tafel. 1852. 1 M 60 Pf.
- W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen (Diamagnetismus). Mit 1 Tafel. 1852. 2 M.
- ZWEITER BAND. (IV. Bd.) Mit 19 Tafeln. hoch 4. 1855. brosch. Preis 20 M.**
- M. W. DROBISCH, Ueber musikalische Tonbestimmung und Temperatur. 1852. 3 M.
- W. HOFMEISTER, Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. Mit 18 Tafeln. 1852. 4 M.
- P. A. HANSEN, Entwicklung des Products einer Potenz des Radius Vectors mit dem Sinus oder Cosinus eines Vielfachen der wahren Anomalie in Reihen, die nach den Sinussen oder Cosinussen der Vielfachen der wahren, excentrischen oder mittleren Anomalie fortschreiten. 1853. 3 M.
- Entwicklung der negativen und ungraden Potenzen der Quadratwurzel der Function $r^2 + r'^2 - 2rr'(\cos U \cos U' + \sin U \sin U' \cos J)$. 1854. 3 M.
- O. SCHLÖMILCH, Ueber die Bestimmung der Massen und der Trägheitsmomente symmetrischer Rotationskörper von ungleichförmiger Dichtigkeit. 1854. 80 Pf.
- Ueber einige allgemeine Reihenentwicklungen und deren Anwendung auf die elliptischen Functionen. 1854. 1 M 60 Pf.
- P. A. HANSEN, Die Theorie des Aequatoreals. 1855. 2 M 40 Pf.
- C. F. NAUMANN, Ueber die Rationalität der Tangenten-Verhältnisse tautozonaler Krystallflächen. 1855. 1 M.
- A. F. MÖBIUS, Die Theorie der Kreisverwandtschaft. 1855. 2 M.
- DRITTER BAND. (V. Bd.) Mit 15 Tafeln. hoch 4. 1857. brosch. Preis 19 M 20 Pf.**
- M. W. DROBISCH, Nachträge zur Theorie der musik. Tonverhältnisse. 1855. 1 M 20 Pf.
- P. A. HANSEN, Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten. 1856. 5 M.
- R. KOHLRAUSCH und W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen, insbesondere Zurückführung der Stromintensitäts-Messungen auf mechanisches Maass. 1856. 1 M 60 Pf.
- H. D'ARREST, Resultate aus Beobachtungen der Nebelflecken und Sternhaufen. Erste Reihe. 1856. 2 M 40 Pf.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Erste Abhandlung: Ueber der Messung der atmosphärischen Electricität nach absolutem Maasse. Mit 2 Tafeln. 1856. 6 M.
- W. HOFMEISTER, Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. No. II. Mit 13 Tafeln. 1857. 4 M.
- VIERTER BAND. (VI. Bd.) Mit 29 Tafeln. hoch 4. 1859. brosch. Preis 22 M 50 Pf.**
- P. A. HANSEN, Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten. Zweite Abhandlung. 1857. 4 M.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Zweite Abhandlung: Ueber die thermo-elektrischen Eigenschaften des Boracites. 1857. 2 M 40 Pf.
- Elektrische Untersuchungen. Dritte Abhandlung: Ueber Electricitätserregung zwischen Metallen und erhitzten Salzen. 1858. 1 M 60 Pf.
- P. A. HANSEN, Theorie der Sonnenfinsternisse und verwandten Erscheinungen. Mit 2 Tafeln. 1858. 6 M.
- G. T. FECHNER, Ueber ein wichtiges psychophysisches Grundgesetz und dessen Beziehung zur Schätzung der Sterngrössen. 1858. 2 M.
- W. HOFMEISTER, Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen. I. Dikotyledonen mit ursprünglich einzelligem, nur durch Zelltheilung wachsendem Endosperm. Mit 27 Tafeln. 1859. 8 M.
- FÜNFTER BAND. (VII. Bd.) Mit 30 Tafeln. hoch 4. 1861. brosch. Preis 24 M.**
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Vierte Abhandlung: Ueber das Verhalten der Weingeistflamme in elektrischer Beziehung. 1859. 2 M.
- P. A. HANSEN, Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten. Dritte Abhandlung. 1859. 7 M 20 Pf.
- G. T. FECHNER, Ueber einige Verhältnisse des binocularen Sehens. 1860. 5 M 60 Pf.
- G. METTENIUS, Zwei Abhandlungen: I. Beiträge zur Anatomie der Cycadeen. Mit 5 Tafeln. II. Ueber Seitenknospen bei Farnen. 1860. 3 M.
- W. HOFMEISTER, Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen. II. Monokotyledonen. Mit 25 Tafeln. 1861. 8 M.

*) Die eingeklammerten römischen Ziffern geben die Zahl des Bandes in der Reihenfolge der Abhandlungen beider Classen an.

ELEKTRISCHE UNTERSUCHUNGEN.

VIERZEHNTE ABHANDLUNG.

ÜBER DIE PHOTO- UND THERMOELEKTRISCHEN EIGENSCHAFTEN DES
FLUSSSPATHES.

VON

W. G. HANKEL,

MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

Des XII. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl.
Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

N^o III.

MIT DREI TAFELN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

1879.

D *2422



ERLEBTE UNTERSUCHUNGEN

LEBENSZEIT

LEBENSZEIT UND LEBENSWEISE DER ERLEBTE UNTERSUCHUNGEN

1879

Vom Verfasser übergeben den 15. Juli 1879.
Der Abdruck vollendet den 23. August 1879.

Die Druckkosten sind von dem Verfasser zu bestreiten.

1879

LEBENSZEIT



LEBENSZEIT
VON
LEBENSZEIT

1879



ELEKTRISCHE UNTERSUCHUNGEN

VON

W. G. HANKEL.

VIERZEHNTE ABHANDLUNG.

ÜBER DIE PHOTO- UND THERMOELEKTRISCHEN
EIGENSCHAFTEN DES FLUSSSPATHES.

MIT DREI TAFELN.

ERLEBTE ERLEBNISSE

H. G. W. R. E. L.

VERLAG VON ...

ERLEBTE ERLEBNISSE
VON H. G. W. R. E. L.

MIT ...

Nachdem ich durch die Untersuchung der Krystalle des Topases, des Schwerspathes und des Aragonites gezeigt hatte, dass die bis dahin geltende Ansicht, wonach das Auftreten thermoelektrischer Spannungen auf Krystallen durch einen Mangel an Symmetrie in der Ausbildung der beiden Enden einer Axe bedingt sein sollte, zu eng ist, dass vielmehr schon ein Unterschied, wie er im rhombischen Systeme zwischen den verschiedenen Axen uns entgegentritt, genügt, um bei Temperaturveränderungen auf Krystallen dieses Systemes elektrische Differenzen hervorzurufen, so lag die Vermuthung nahe, dass auch in den sogenannten einaxigen Systemen die zwischen der Hauptaxe und den Nebenaxen vorhandene Verschiedenheit zur Erzeugung elektrischer Spannungen hinreichend sein werde; und ich habe die Richtigkeit dieser Ansicht durch den Nachweis der elektrischen Spannungen auf den Krystallen des Kalkspathes, Berylles, Idokrases (Vesuvianes), des Apophyllites, des Apatites und des Brucites dargethan.

In einer kurzen Uebersicht, welche ich über meine Untersuchungen der Topas-, Schwerspath- und Aragonitkrystalle im Jubelbande von Poggendorff's Annalen veröffentlichte, fügte ich S. 652 die Bemerkung bei: »Ob vielleicht selbst eine Ungleichheit, wie sie zwischen den Flächen- und Eckenaxen eines Würfelkrystalles vorhanden ist, unter sonst günstigen Umständen auch für eine thermoelektrische Erregung ausreichend sein kann, wage ich noch nicht zu entscheiden.«

Behufs einer Prüfung dieses Ausspruches habe ich früher wiederholt die farblosen Flussspathkrystalle von Stolberg und die gelben Krystalle desselben Minerals von Annaberg geprüft, jedoch ohne entscheidende Resultate zu erzielen.

Als ich im Jahre 1877 dunkelviolette Flussspathkrystalle von Weardale in Durham (England) erhielt, nahm ich mit Hoffnung auf günstigen Erfolg die Untersuchung von Neuem auf, weil ich die Empfindlichkeit meines Elektrometers seit den früheren Prüfungen be-

trächtlich erhöht hatte, und weil Brewster^{*)} in seinem Verzeichnisse der thermoelektrischen Krystalle gerade den rothen und blauen Flusspath aufführt. Und in der That gelang es mir auch, auf den Oberflächen jener violblauen Krystalle bei der Abkühlung schwache positive Spannungen zu beobachten.

Da nun aber diese violblauen Flussspäthe starke Fluorescenz zeigen und nach Bestrahlung durch Sonnenlicht eine kurze Zeit im Dunkeln phosphoresciren, also für die Einwirkung des Lichtes empfindlich sind, und da ich nicht lange zuvor die Entstehung elektrischer Spannungen und Strömungen durch die Einwirkung des Lichtes auf in Wasser und Salzlösungen befindliche Metallplatten wahrgenommen hatte^{**}), so hielt ich es für möglich, dass auf jenen Flussspäthen auch unter dem Einflusse des Lichtes elektrische Erregungen entstehen könnten.

Der Versuch zeigte, dass nicht blos durch das Sonnenlicht, sondern selbst durch das zerstreute Tageslicht sehr merkliche elektrische Spannungen auf der Oberfläche jener Krystalle hervorgerufen werden.

Eine vorläufige Mittheilung über diese photoelektrischen Erregungen der Flusspathkrystalle habe ich bereits in den Berichten der math.-phys. Klasse der Gesellschaft für 1877 S. 71—85 veröffentlicht, jedoch ohne dabei die durch Temperaturänderungen erzeugten elektrischen Spannungen in Betracht zu ziehen. Es ist wohl erklärlich, dass die neuen photoelektrischen Erscheinungen anfangs mein Interesse ganz in Anspruch nahmen, so dass ich mich in jener vorläufigen Mittheilung zu der Aeusserung veranlasst sah, ich hätte bis dahin noch keine Zeit gehabt, die infolge von Temperaturänderungen auf der Oberfläche der Flusspathkrystalle auftretende Elektrizität ihrer Entstehung und Bedeutung nach näher zu untersuchen.

Nachdem es mir dann aber gelungen, eine grössere Anzahl für diese Untersuchungen brauchbarer Flussspäthe theils käuflich zu erwerben, theils durch die Güte meines Collegen, des Herrn Professor Zirkel, sowie des Herrn Bergraths Professor Weisbach in Freiberg geliehen zu erhalten, habe ich beide Erregungsweisen, sowohl

^{*)} *The Edinb. Journal of Science*, conducted by David Brewster, Heft 2; übersetzt im Jahrb. der Chem. u. Phys. von Schweigger, 1825, Bd. 43. S. 94.

^{**}) Berichte der math.-phys. Klasse der K. Sächs. Ges. der Wiss. 1875 S. 229; Wiedemann, Annal. d. Phys. u. Chem. Bd. I. S. 402.

die photoelektrische als auch die thermoelektrische, einer sorgfältigen und umfassenden Prüfung unterwerfen können.

In der folgenden Abhandlung werde ich zuvörderst die nöthigen Erläuterungen über die Art und Weise der Beobachtung jener beiden Erscheinungen, sowie über die Einrichtung und Leistung meines Elektrometers und über das von Brewster bei seinen Untersuchungen der Thermoelektricität angewandte Verfahren geben, darauf über die an einer Anzahl von Flussspathkrystallen sowohl nach dem Belichten als auch bei Temperaturänderungen gemessenen elektrischen Spannungen, meistens mit Hülfe von Abbildungen, in welche die beobachteten Ausschläge des Elektrometers eingetragen sind, berichten, und daran eine kurze Zusammenfassung der gewonnenen allgemeinen Resultate anschliessen.

I. Verfahren bei den Beobachtungen.

A. Vorbereitung der Krystalle.

Die Krystalle des Flussspathes werden durch Reibung ausserordentlich leicht und stark elektrisch, und es haftet die hierdurch erzeugte Elektrizität unter Umständen sehr lange auf ihren Flächen. Sie lässt sich auch nicht sofort durch Anhauchen (Ueberziehen des Krystalles mit einem Beschlage von Wasser) oder durch Ueberstreichen mit einer Alkoholflamme beseitigen.

Hat man z. B. eine Fläche durch Ueberstreichen mit einem feinen Haarpinsel in einen elektrischen Zustand versetzt, und diese Fläche dann durch Anhauchen oder Annähern der Alkoholflamme für den Augenblick anscheinend unelektrisch gemacht, so würde die Annahme, dass der unelektrische oder höchstens sehr schwach elektrische Zustand, wie er unmittelbar nach den genannten Operationen beobachtet worden, fortbesteht, sehr irrig sein; es entwickeln sich vielmehr allmählich wieder sehr beträchtliche Spannungen, deren Höhe selbstverständlich von den vorhergegangenen Zuständen abhängt. Man muss das Anhauchen und Ueberstreichen mit der Flamme in längeren Zwischenzeiten wiederholen. Selbst ein ruhiges Stehenlassen durch 24 Stunden reicht nicht hin, um die durch Ueberfahren der Fläche

mit dem Haarpinsel erzeugte Elektrizität zum Verschwinden zu bringen, wofür später ein Beispiel angeführt werden soll.

Bei dieser hohen Erregbarkeit für Elektrizität durch Reibung durften die Flussspathkrystalle bei ihrer Prüfung nicht berührt werden; es empfahl sich daher dasselbe Verfahren, welches ich bisher bei meinen thermoelektrischen Beobachtungen befolgt habe. Die Krystalle wurden bis auf die zu prüfende Fläche, Kante oder Ecke in Kupferfeilicht, das sich in kleinen angemessen gestalteten kupfernen Kästchen oder Schälchen befand, eingehüllt. Durch Ueberstreichen mit einem feinen Haarpinsel wurden alle Feilspähne von den freien Theilen entfernt, und der Krystall nicht eher auf sein photo- oder thermoelektrisches Verhalten untersucht, als bis er durch öfteres Anhauchen und Bestreichen mit der Flamme dauernd unelektrisch geworden war.

In den kupfernen Schälchen oder Kästchen konnten die in dem Kupferfeilicht fest eingebetteten Krystalle ohne jede Reibung an der Oberfläche beliebig von einem Orte zum anderen getragen werden.

B. Elektrometer.

Zur Beobachtung und Messung der auf der Oberfläche der Flussspathkrystalle auftretenden photo- und thermoelektrischen Vorgänge diente das von mir construirte Elektrometer^{*)}. Ein an dem unteren Ende eines durch Schellack isolirten Messingstäbchens anhängendes sehr schmales Goldblättchen schwebt mit seinem unteren Ende zwischen zwei Messingscheiben, welche durch einen Commutator mit den beiden Polen einer Volta'schen Säule in Verbindung gesetzt werden können. Die Länge des aus sehr dünnem Golde hergestellten Blättchens beträgt bei dem zu den folgenden Beobachtungen benutzten Instrumente 70^{mm}, und der Abstand der beiden Scheiben 17^{mm}.

Die Beobachtung der Ausschläge des Goldblättchens geschieht mittelst eines Mikroskops von 40 facher Vergrößerung, welches von der vorderen aus einer starken Messingplatte bestehenden Wand des Instrumentes getragen wird und sich mittelst einer Schraube in einer Führung seitlich etwas verschieben lässt. In dem Brennpunkte des

^{*)} Ausführliches darüber in den Berichten der math.-phys. Klasse der Ges. d. Wissensch. für 1850 S. 74 (Pogg. Ann. Bd. 84. S. 28) und in diesen Abhandl. Bd. V. S. 292 und Bd. IX. S. 6.

Oculars befindet sich ein Glasmikrometer, auf welchem eine Länge von 10^{mm} in 100 Theile getheilt ist. Die Theilstriche erscheinen durch das Ocular gesehen in solchem Abstände, dass sich noch Zehntel der Theilung schätzen lassen.

Die galvanischen Elemente, welche zur Ladung der Scheiben dienen, sind schmale aus Kupfer und Zink zusammengelöthete Bügel, welche in kleine mit Wasser gefüllte Gläschen tauchen. Die Mitte der aus ihnen gebildeten Volta'schen Säule wird stets zur Erde abgeleitet, während die beiden Pole derselben, wie bereits erwähnt, durch einen Commutator, dessen mit Quecksilber gefüllte Näpfchen auf Schellackstäben ruhen, mit den Messingscheiben des Elektrometers in Verbindung gesetzt werden. Die Gläschen stehen wohl isolirt auf einem grossen Harzkuchen, und es bleibt die Spannung in den Polen der Säulen längere Zeit sehr nahe constant, wenn jeder Schluss zwischen den Polen oder einem Theile der Säule, sowie Erschütterungen und Aenderungen der Temperatur und der Belichtung vermieden werden.

Sind die Metallstücke frisch geputzt und das Wasser erneut worden, so ändert sich allerdings unmittelbar nach der Zusammenstellung der Säule die Spannung in ihren Polen, erreicht aber nach einigen Stunden einen nahe constanten Werth.

Durch Aenderung in der Temperatur der Elemente ändert sich, wie ich schon in meiner Abhandlung über die Messung der atmosphärischen Elektricität nach absolutem Maasse*) gezeigt habe, die Spannung, wenn die Elemente bereits längere Zeit im Wasser gestanden haben. Ebenso erzeugen Aenderungen in der Belichtung Schwankungen in den Spannungen der Pole**). Im Verlaufe eines Tages treten daher in diesen Spannungen gewisse Aenderungen ein. Durch in angemessenen Zwischenzeiten wiederholte Beobachtung des Ausschlages, welchen ein constantes Daniell'sches Element, dessen einer Pol mit dem Goldblättchen verbunden wird, während der andere zur Erde abgeleitet ist, hervorrufft, lässt sich leicht die Spannung in den Polen der Säule prüfen, und sodann durch Hinzufügung oder Hinweg-

*) Diese Abhandl. Bd. V. S. 438.

***) Berichte der math.-phys. Klasse d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. 1875 S. 299, und Wiedemann, Annal. Bd. I. S. 402.

nahme von Elementen der ursprüngliche Werth derselben wiederherstellen.

Ist die Empfindlichkeit des Elektrometers bei Anwendung einer beträchtlichen Anzahl von Elementen eine sehr grosse, so würde die Spannung eines Daniell'schen Elementes das Goldblättchen ganz aus dem Gesichtsfelde treiben. Wo es nun, wie bei den nachfolgenden Versuchen, nicht auf eine genaue Vergleichung der zu verschiedenen Zeiten gemachten Beobachtungen, sondern überhaupt nur auf die Erhaltung einer nahe gleichen Empfindlichkeit des Elektrometers ankommt, benutze ich anstatt jenes Elementes ein Zinn-Kupfer-Wasser-Element, dessen elektromotorische Kraft ungefähr $\frac{1}{3}$ eines Daniell'schen beträgt.

In Fällen, wo keine grosse Empfindlichkeit des Elektrometers verlangt wird, wenn es z. B. genügt, dass die Spannung eines Daniell'schen Elementes nur einen Ausschlag von 6 Skalentheilen des Ocularmikrometers erzeugt, lässt sich, wenn das Goldblättchen von beiden Scheiben gleich weit absteht*), die elektrische Spannung in diesen Scheiben unter Zuhülfenahme einiger Elemente Zinn-Kupfer-Wasser stets so weit abgleichen, dass während der Ableitung des Goldblättchens zur Erde beim Ein- und Umlegen des Bügels im Commutator das Goldblättchen fast unverändert an seinem Orte bleibt**). Bei diesem Zustande des Instrumentes wird man dann zweckmässig die dem Goldblättchen mitgetheilten Spannungen durch Umlegen des Commutators messen, und den bei abgeleitetem Goldblättchen noch vorhandenen sehr geringen Ausschlag in Rechnung ziehen. Durch dieses Verfahren wird der Ausschlag verdoppelt, und die Messung unabhängig von der Ruhelage des Blättchens.

Hat man jedoch die Empfindlichkeit des Elektrometers durch Vermehrung der Elemente in der Säule sehr erhöht, so ist es nicht mehr möglich, die Spannungen in den beiden Hälften der in ihrer Mitte abgeleiteten Säule und somit die Einwirkung der beiden Messing-scheiben auf das Goldblättchen absolut gleich zu machen, oder vielmehr bei den fortwährend eintretenden, wenn auch nur sehr schwachen

*) Ueber ein Verfahren, dies mit Leichtigkeit zu erzielen, s. meine Maassbestimmungen der elektromotorischen Kräfte Bd. IX. S. 6 dieser Abhandlungen.

***) Der noch zurückbleibende sehr kleine Ausschlag ist eine Folge der im Goldblättchen durch seine Ableitung zur Erde erzeugten Electricität.

Änderungen in der Temperatur und Belichtung, sowie bei den Erschütterungen der Säule in diesem gleichen Zustande zu erhalten*). Man lässt dann den Bügel des Commutators in einer bestimmten Lage und beobachtet die bei Elektrisirung des Goldblättchens eintretenden Ausschläge.

Selbst bei hoher Empfindlichkeit des Instrumentes steigen die Ausschläge des Goldblättchens ziemlich nahe proportional der demselben zugeführten elektrischen Spannung noch bis zu einer Grösse von 30 Skalentheilen**). In der That wachsen sie jedoch infolge der Annäherung des Goldblättchens an die eine Scheibe etwas stärker als proportional den Spannungen, so dass bei einem Ausschlage von 30 Skth. die Correction ungefähr 1 Skth. beträgt, um welchen Betrag der gemessene Ausschlag also zu verkleinern ist.

Bei den in der oben erwähnten vorläufigen Mittheilung über die photoelektrischen Eigenschaften des Flussspathes angeführten Messungen war die Empfindlichkeit des Elektrometers bereits so weit erhöht, dass das Goldblättchen für den elektrischen Unterschied in den beiden Polen eines Elementes Zinn-Kupfer-Wasser einen Ausschlag von 25 Skth. gab; bei den nachfolgenden Beobachtungen wurde aber die Empfindlichkeit in den meisten Fällen nahe auf das Doppelte und selbst noch mehr gesteigert, so dass das eben erwähnte Element einen Ausschlag von 40 bis 50, ja selbst von 70 Skth. hervorrief***). Nur

*) Das physikalische Institut der hiesigen Universität liegt von der Mitte der Fahrbahn der nächsten gepflasterten Strasse ungefähr 30 Meter ab; das Elektrometer steht auf einer festen Fensterbank, der die Säule tragende Harzkuchen auf einem in der Ecke der Stube befindlichen Schranke. Ein auf der bezeichneten Strasse fahrender Wagen stört die Genauigkeit der Beobachtungen, jedoch nicht etwa durch das Erzittern des Goldblättchens, sondern durch die Erschütterung der Elemente in der Säule, in welcher sich die Spannungsverhältnisse in beiden Hälften nicht in genau gleicher Weise ändern, was natürlich eine, wenn auch meistens nur sehr schwache Bewegung des Goldblättchens zur Folge hat.

***) Ueber die Reduction der beobachteten Ausschläge s. diese Abhandlungen Bd. V. S. 424.

***) Das längere Zeit in Wasser gestandene Element Zinn-Kupfer-Wasser besass ungefähr ein Drittel der elektromotorischen Kraft eines Daniell'schen Elementes. Letzteres würde also einen Ausschlag von weit über 100 Skth. gegeben haben. Da sich nun $\frac{1}{10}$ Skth. noch wahrnehmen lässt, so konnte mit dem Elektrometer noch weniger als $\frac{1}{1000}$ der Spannung eines Daniell'schen Elementes direct beobachtet werden.

bei stark elektrischen Krystallen, oder wenn die durch äussere Umstände bedingten Störungen in dem elektrischen Zustande der umgebenden Luft eine sehr hohe Empfindlichkeit des Instrumentes nicht gestattet, wurde die frühere oder auch eine noch geringere Empfindlichkeit benutzt.

C. Messung der elektrischen Spannungen.

Um die einzelnen Stellen einer Krystallfläche (Kante, Ecke) auf ihr photoelektrisches Verhalten zu prüfen, wurden die Krystalle, nachdem sie wie oben beschrieben in Kupferfeilicht so eingesetzt waren, dass nur die zu untersuchende Fläche (Kante, Ecke) frei blieb, von jeder etwa durch Reibung entstandenen Elektrizität gesäubert, und dann dem Tageslichte oder dem directen Sonnenlichte oder dem elektrischen Kohlenlichte*) während angemessener Zeit ausgesetzt. Darauf wurden dieselben mit dem Kästchen oder Schälchen, in welchem sie eingebettet lagen, auf einen höher und tiefer stellbaren metallischen und zur Erde abgeleiteten, neben dem Elektrometer befindlichen Träger gestellt, und sodann mittelst der Bd. XIII. S. 344 und Bd. XIV. S. 379 dieser Abhandlungen beschriebenen Hebelvorrichtung das untere möglichst abgerundete Ende eines 52^{mm} langen und 0,7^{mm}

*) Das elektrische Kohlenlicht wurde durch eine dynamoelektrische Maschine (Lichtmaschine) von Siemens & Halske (System v. Hefner-Alteneck), welche eine Lichtstärke von ungefähr 4000 Kerzen gab, erzeugt. Zur Umdrehung der Trommel dieser Maschine diente eine Gasmaschine (von Otto in Deutz, neuerer Construction) von vier Pferdekraften. Da die Aufstellung der beiden Maschinen im hiesigen physikalischen Institute jedoch erst nach Durchführung der photoelektrischen Untersuchung vollendet war, so habe ich nur einen Theil der Beobachtungen, namentlich auf Flächen, welche ein besonderes Interesse darboten, mit der Bestrahlung durch das elektrische Kohlenlicht wiederholt. Bei der Siemens-Halske'schen Lampe steht die positive Kohle oben; es bildet sich in ihr eine kleine concave Fläche, so dass die stärkste Ausstrahlung des Lichtes etwas nach unten erfolgt. Dieser Umstand war für die Bestrahlung der Krystalle günstig; dieselben wurden in einigem Abstände von der elektrischen Lampe in etwas zur Lampe geneigter Lage auf den Tisch gestellt, so dass die Krystallfläche ungefähr 300^{mm} von der leuchtenden Kohlenspitze entfernt war. Die Dauer der Bestrahlung betrug meistens $\frac{1}{2}$ bis 1 Minute, unter Umständen aber auch 5 bis 10 Minuten. In dem letzten Falle wurde, wenn die Wärmestrahlen wenigstens zum grössten Theile abgehalten werden sollten, eine etwa zolldicke Schicht einer concentrirten Alaunlösung vor den Krystall gestellt.

dicken Platindrahtes, welcher durch einen zum Theil mit Siegellack überzogenen Glasstab isolirt, und an seinem oberen Ende mittelst eines ungefähr 200^{mm} langen Drahtes mit dem das Goldblättchen des Elektrometers tragenden Messingstäbchen verbunden war, den einzelnen Punkten der freiliegenden Krystallfläche möglichst genähert. Eine Berührung der Krystallfläche mit dem Ende des Platindrahtes war durchaus zu vermeiden, weil sie Reibungselektricität zur Folge hatte; es geschah deshalb die Annäherung unter Beobachtung der Spitze mittelst einer Loupe.

Durch Stellschrauben war die Hebelvorrichtung so regulirt, dass beim Heben des Platindrahtes sein oberes Ende sich an eine zur Erde geführte Ableitung anlegte, wenn das untere Ende 24^{mm} über dem Niveau der Krystallfläche stand. Beim Niederlassen wurde der Draht in der angegebenen Höhe oberhalb der Krystallfläche isolirt, und später die Bewegung durch eine Schraube gehemmt, sobald sein unteres Ende der Krystallfläche möglichst nahe gekommen war. So konnte der Ausschlag, welcher durch die Bewegung des Platindrahtes entstand, mittelst des Mikroskops wiederholt beobachtet werden, während die Hand die Hebelvorrichtung senkte und wieder hob.

Sollten die nach vorhergehender Erwärmung durch die Abkühlung eintretenden thermoelektrischen Spannungen untersucht werden, so wurden die in den kupfernen Gefässen befindlichen Krystalle in einem kleinen kupfernen Ofen mit doppelten Wänden, deren Zwischenraum mit Wasser ausgefüllt war, auf einer Temperatur von 100° C. (oder auch nach Umständen auf einer niedrigeren) je nach ihrer Grösse $\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden hindurch erhalten, und sowohl nach dem Herausnehmen aus dem Ofen, als auch nach Verlauf kürzerer oder längerer Zeit untersucht. Die Erhitzung der Krystalle auf höhere Temperaturen als 100° C. geschah in einem anderen kleinen kupfernen Luftbade. Während der zur Abkühlung dienenden Zwischenzeit standen die Krystalle in einem dunkeln Raume (grosses Metallgefäss), um jede photoelektrische Erregung auszuschliessen.

Wenn es sich dagegen um die während der Erwärmung, also bei steigender Temperatur entstehenden elektrischen Spannungen handelte, so wurde der oben erwähnte metallische Träger entfernt und an seine Stelle der kleine Bd. XIII. S. 342 dieser Abhandlungen beschriebene eiserne Ofen gebracht. In seine schüsselförmige mit Kupfer-

feilicht gefüllte Vertiefung wurden die Schälchen mit den in ihnen befindlichen Krystallen eingesetzt, und die Erwärmung durch eine im Innern des Ofens angebrachte kleine Alkohol- oder Gasflamme bewirkt. Die Temperatur wurde angenähert durch ein in das Kupferfeilicht eingesenktes Thermometer bestimmt. Um in diesem Falle die Einwirkung des Tageslichtes möglichst abzuhalten, war ein dichtes Rouleau zwischen den beiden Doppelfenstern heruntergelassen und durch vorgesezte Papier- und Metallschirme das Licht soweit geschwächt, dass es eben nur noch zur Beobachtung der Annäherung der Platinspitze an die Krystallfläche und des Ausschlages des Goldblättchens im Elektrometer ausreichte.

Waren bei den zu prüfenden Krystallen jedoch nur sehr geringe Elektrizitätserregungen zu erwarten, so liess sich das eben angegebene Verfahren nicht anwenden. Denn obwohl die Alkohol- oder Gasflamme völlig von Metall umgeben war und der abziehende Dampf durch ein mehr als fusshohes Rohr oberhalb des Krystalles austrat, so entstand doch durch das Brennen der Lampe in der Umgebung des Elektrometers eine elektrische Ladung der Luft, so dass das Goldblättchen bereits durch das blosse Senken des Platindrahtes einen (wenn auch unter günstigen Umständen nur schwachen) Ausschlag hervorbrachte. Dazu kam noch, dass durch die Nähe des kleinen Ofens trotz der vorgesezten Metallschirme doch Luftströmungen in dem Gehäuse des Elektrometers entstanden, welche um so störender wurden, je grösser die Empfindlichkeit des Elektrometers war. In solchen Fällen blieb nichts übrig, als den betreffenden Krystall in etwas grösseren kupfernen Kästchen oder Schälchen je nach seiner Grösse nur 10 bis 25 Minuten in den erhitzten Ofen zu stellen, und dann sofort nach dem Herausnehmen in der gewöhnlichen Weise auf sein elektrisches Verhalten zu prüfen. Da beim Herausnehmen das Kupferfeilicht noch wärmer war, als die in ihm eingebetteten Krystalle, so stieg die Temperatur des Krystalles noch eine kurze Zeit, und es gelang so, die bei steigender Temperatur auftretende Elektrizität sichtbar zu machen.

Ausser den vorstehend beschriebenen Verfahren lässt sich, wenn es nur im Allgemeinen auf die Nachweisung sowohl der photoelektrischen als auch der thermoelektrischen Spannungen auf den Flussspathkrystallen ankommt, ein gewissermassen umgekehrtes anwenden,

das bereits früher auch von P. Erman*) zur Untersuchung der Thermoelektricität des Topases benutzt worden ist. Das kupferne Kästchen, welches den Krystall in Kupferfeilicht eingesetzt enthält, wird, nachdem die zu prüfende Fläche während einer angemessenen Zeit dem Lichte ausgesetzt worden, oder nachdem der zuvor erhitzte Krystall fast erkaltet ist, auf eine isolirende Unterlage gestellt, und mit dem Goldblättchen des Elektrometers in leitende Verbindung gebracht. Nähert man dann irgend einer mit einer elektrischen Spannung versehenen Stelle der freien Oberfläche des Krystalles einen Leiter, so zeigt das Goldblättchen einen Ausschlag, der durch seine Richtung gerade auf eine der an der betreffenden Stelle der Krystallfläche vorhandenen entgegengesetzte Polarität hinweist.

D. Bedeutung und Werth der gemessenen Ausschläge.

Bei meinen thermoelektrischen Untersuchungen hatte ich mir die Aufgabe gestellt, nicht blos im Allgemeinen zu beobachten, ob ein Krystall überhaupt elektrisch wird, sondern vielmehr speciell die Vertheilung der positiven und negativen Elektricität auf den einzelnen Flächen derselben zu ermitteln, und möglichst annähernd in ihrer relativen Intensität zu bestimmen, und zwar sowohl bei steigender als auch bei sinkender Temperatur. Die Erreichung dieses Zieles macht das zuvor beschriebene Verfahren durchaus nothwendig. Die dabei erforderliche Hinzufügung einer 200^{mm} langen Drahtleitung, welche den der Krystallfläche zu nähernden Platindraht mit dem das Goldblättchen tragenden Messingstäbchen verbindet, hat nun aber den Uebelstand zur Folge, dass die durch Vertheilung seitens der elektrischen Krystallfläche im Platindrahte erzeugte freie Elektricität durch ihre Verbreitung über einen längeren Leiter an dem Ende des Goldblättchens mit einer geringeren Intensität auftritt. Es muss also der eben bezeichnete Uebelstand durch eine grössere Empfindlichkeit des Elektrometers ausgeglichen werden.

Die Ausschläge im Elektrometer werden bei dem von mir angewandten Verfahren auch noch durch den Umstand verringert, dass nicht die ganze Vertheilungswirkung zur Erscheinung kommt. Es ist

*) Abhandl. der Berl. Akad. 1829 S. 57.

oben erwähnt worden, dass, wenn das untere Ende des Platindrahtes mittelst eines Hebelarmes 24^{mm} über das Niveau der Krystallfläche gehoben ist, sein oberes Ende an eine zur Erde geführte Ableitung stösst, und in dieser Stellung der Platindraht also ebenfalls mit der Erde leitend verbunden ist. Liegt nun unterhalb des unteren Endes des Platindrahtes eine elektrische Krystallfläche, so hält diese auch in dem Abstände von 24^{mm} stets noch eine gewisse Menge Elektrizität in dem abgeleiteten Drahte gebunden; beim Niederlassen des Platindrahtes bis zur möglichsten Annäherung seines unteren Endes an die Krystallfläche wird daher nicht der ganze Betrag der durch die Vertheilung seitens der Krystallfläche erzeugten Elektrizität frei, sondern nur der Theil, um welchen diese Vertheilungswirkung bei möglichster Annäherung des unteren Endes an die Krystallfläche grösser ist, als bei 24^{mm} Abstand von derselben.

Sollte der ganze Betrag dieser Vertheilung zur Wirkung auf das Goldblättchen kommen, so musste, während der Platindraht gehoben war, eine zur Erde abgeleitete Kupferscheibe zwischen sein unteres Ende und die Krystallfläche geschoben, und nachdem der Draht etwas niedergelassen, so dass sein oberes Ende die Ableitung nicht mehr berührte, wieder entfernt werden. Ich habe bisweilen eine solche Vorrichtung angewandt; die Metallscheibe wurde von einem starken Metallarme getragen, welcher mittelst einer verticalen am Fensterahmen befestigten Axe in horizontaler Ebene beweglich war; die Metallscheibe liess sich durch Drehung des Armes zwischen das Drahtende und die Krystallfläche einschieben und wieder entfernen.

Das einfachste Mittel, um den ganzen Betrag der Vertheilung zur Wirkung kommen zu lassen, hätte die Entfernung des Platindrahtes auf einen grösseren Abstand dargeboten. Indess ist, ganz abgesehen von anderen Schwierigkeiten, eine zu grosse Hubhöhe des Drahtes nicht immer anwendbar, weil der elektrische Zustand in der Nähe des Elektrometers auch bei der grössten Sorgfalt sich nicht fortdauernd so erhalten lässt, dass bei beträchtlicher Senkung des Platindrahtes nicht bereits ein Ausschlag im Elektrometer bloss infolge dieser Ortsveränderung eintritt.

In welchem Verhältnisse sich durch das Verbleiben des unteren Endes des Platindrahtes in einem Abstände von 24^{mm} über dem Ni-

veau der Krystallfläche die Ausschläge vermindern, werden die folgenden Angaben nachweisen.

Auf den S. 210 erwähnten metallischen Träger, auf welchen sonst die kleinen kupfernen Schälchen mit den zu prüfenden Krystallen gesetzt wurden, war eine ebengeschliffene Kupferplatte von 73^{mm} Durchmesser, jedoch durch Schellack von demselben isolirt, horizontal gelegt; durch einen mit Schellackstäben versehenen Commutator konnte dieselbe mit dem einen oder dem andern Pole einer aus Zink-Kupfer-Wasser-Elementen gebildeten Säule verbunden werden, während der zweite Pol derselben zur Erde abgeleitet war. Der Mitte dieser Kupferplatte, welche also aus der Säule eine Elektrisirung empfangen hatte, wurde nun das untere Ende des Platindrahtes ebenso genähert, wie sonst der Krystallfläche, d. h. aus der anfänglichen abgeleiteten Lage in isolirtem Zustande um 24^{mm} gesenkt. Bei dieser Bewegung des Platindrahtes bewirkte also nur der Ueberschuss der Vertheilungswirkung bei grosser Nähe über die im Abstände von 24^{mm} bereits eingetretene den Ausschlag des Elektrometers.

Wenn dagegen der Platindraht zuerst der im nicht-elektrischen Zustande befindlichen Kupferplatte genähert, und dann durch Einlegen des Commutatorbügels die Kupferplatte mit dem Pole der Säule verbunden wurde, so hing der Ausschlag im Elektrometer von dem Betrage der ganzen Vertheilungswirkung ab.

Unter den gegebenen Umständen (Durchmesser der Kupferplatte 73^{mm}, Hebung des Platindrahtes 24^{mm}) betrug der Ausschlag im ersten Falle nahe die Hälfte des im zweiten Falle eintretenden, d. h. es wurde nur nahe die Hälfte des Ausschlages beobachtet, welcher eintreten müsste, wenn der Platindraht aus sehr grosser Entfernung der Kupferplatte genähert würde.

Die Ausschläge sind in beiden Fällen bei Ladung der Platte durch dieselbe Säule von der Grösse der Platte abhängig. Wenn z. B. der Ausschlag im ersten Falle (wo nur die Differenz der Vertheilungswirkungen in der Anfangs- und Endlage zur Wirkung kommt) bei der Kupferplatte von 73^{mm} Durchmesser 13,6 Skth. betrug, so stieg er unter gleichen Umständen bei einer Platte von 95^{mm} Durchmesser auf 14,9 Skth.; sank dagegen bei einer Platte von 40^{mm} Durchmesser auf 12,9, und bei einer Platte von 20,7^{mm} Durchmesser auf 10,9 Skth.

Im zweiten Falle (wo also die ganze Vertheilungswirkung gemessen wurde) betrug der Ausschlag bei der Platte von 73^{mm} Durchmesser 27 Skth., bei der Platte von 95^{mm} 31, bei der Platte von 40^{mm} 22,5 und bei der Platte von 20^{mm} 17,5 Skth.

Während bei den beiden Platten von 73 und 95^{mm} Durchmesser nur nahe 0,5 der Gesamtvertheilung zur Wirkung kommen, wenn der Draht in 24^{mm} Höhe abgeleitet ist und dann der Platte möglichst genähert wird, erhöht sich bei gleicher Hubhöhe für kleinere Platten diese Wirkung bis 0,57 für 40^{mm}, und bis 0,62 für 20^{mm} Durchmesser.

Diese Angaben gestatten eine Schätzung des Einflusses, welchen die Grösse der Flächen bei den im Folgenden untersuchten Krystallen auf die Ausschläge des Goldblättchens ausübt. Die Grösse dieser Krystallflächen änderte sich von 4 bis zu 55^{mm} Seitenlänge.

Die Spitze des Platindrahtes wurde unter Beobachtung mittelst einer schwach vergrössernden Loupe der Metallplatte möglichst genähert; eine geringe Schwankung in dem kleinen Abstände zwischen der Spitze und der Platte, der also jedes Mal nur nach dem Augenmaasse eingestellt wurde, hat, wie die folgenden Messungen zeigen, auf die Grösse des Ausschlages keinen merklichen Einfluss.

Wenn der äusserste Abstand, bis auf welchen die Spitze des Platindrahtes sich über das Niveau der Metallfläche erhob, stets 24^{mm} blieb, entstand bei Verbindung der Platte mit derselben Säule bei möglicher Annäherung der Spitze des Platindrahtes an die Oberfläche der Platte ein Ausschlag von 15 Skth.; bei Annäherung bis auf 4^{mm} Abstand an die Platte betrug der Ausschlag 14,5, bei Annäherung bis auf 5^{mm} 11,7 Skth., bei Annäherung bis auf 7,5^{mm} 10,6 Skth., und bei Annäherung bis auf 15^{mm} 8,7 Skth. *)

Wenn nun auch mein Elektrometer noch weniger als $\frac{1}{1000}$ der Spannung eines Daniell'schen Elementes bei unmittelbarer Zuführung zum Goldblättchen wahrzunehmen gestattet, so sind doch die schwächsten auf den Krystallflächen überhaupt noch wahrnehmbaren elektrischen Spannungen infolge des angewandten Verfahrens um Vieles

*) Ich bemerke, dass der Platindraht zwar bei der grössten Annäherung an die Platte senkrecht über der Mitte derselben stand, dagegen beim Heben mittelst der Hebelvorrichtung (Länge des Hebelarmes 150^{mm}) sich etwas zur Seite stellte.

grösser. Es wird ja bei diesem Verfahren, wie ich zuvor nachgewiesen, nicht die Spannung unmittelbar in unveränderter Grösse dem Goldblättchen zugeführt, sondern nur die Vertheilungswirkung auf den genäherten Platindraht, und auch diese nicht einmal in ihrem vollen Betrage, sondern nur zur Hälfte oder zu Zweidrittheilen gemessen.

Um sich ein Urtheil über die Bedeutung oder den Werth der auf den Krystallflächen gemessenen Ausschläge zu bilden, mögen die folgenden Angaben dienen:

Das Elektrometer besass eine solche Empfindlichkeit, dass die elektrische Differenz an den Enden eines aus Zinn, Kupfer und Wasser gebildeten Elementes einen Ausschlag von nahe 50 Skth. gab; ein Daniell'sches Element würde daher einen Ausschlag von ungefähr 150 Skth. bewirkt haben. Als nun der eine Pol des Daniell'schen Elementes mit der Kupferplatte von 73^{mm} Durchmesser verbunden wurde, und der Platindraht mittelst der Hebelvorrichtung aus 24^{mm} Abstand der Platte möglichst genähert wurde, entstand im Elektrometer ein Ausschlag von 2,3 Skth.; bei halb so grosser Empfindlichkeit des Elektrometers, wie sie ja auch sehr häufig benutzt worden, würde also dieselbe Ladung der Platte nur einen Ausschlag von 4,15 Skth. hervorbringen. Die geringste auf der Kupferplatte durch das angewandte Verfahren noch wahrnehmbare Spannung würde also ungefähr $\frac{1}{20}$ der Spannung eines Daniell'schen Elementes betragen *).

*) Zur Charakterisirung der Empfindlichkeit meines Elektrometers will ich noch einen Versuch mittheilen, der mir seiner Eigenthümlichkeit wegen nicht ohne Interesse zu sein scheint.

Auf die oben mehrfach erwähnte, aber zur Erde abgeleitete Kupferscheibe von 73^{mm} Durchmesser wurde eine Zinkscheibe von 40^{mm} Durchmesser gelegt, und der durch Abschaben blank gemachten Mitte dieser Zinkscheibe das untere Ende des Platindrahtes mittelst der Hebelvorrichtung möglichst genähert. Durch seine Ableitung zur Erde besitzt das Zink eine positive Spannung, infolge deren es auf den genäherten Platindraht vertheilend wirkt. Es giebt daher z. B. bei einer Empfindlichkeit, bei welcher ein Element Zinn-Kupfer-Wasser einen Ausschlag von 50 Skth. hervorbringt, bei Annäherung des Platindrahtes das Elektrometer einen positiven Ausschlag von 4,7 Skth. Wird der Platindraht bis zur Berührung des blanken Zinkes gesenkt, so kehrt infolge der Ableitung zur Erde das Goldblättchen in seine anfängliche Lage zurück.

Das untere abgerundete Ende des 0,7^{mm} dicken Platindrahtes bildet nun aber mit der von ihm berührten Zinkfläche einen Condensator: auf der Platinspitze ist

Die eben gemachten Angaben sollen nur dienen, um überhaupt eine Vorstellung über die Grösse der weiterhin auf den Flussspathkrystallen beobachteten elektrischen Spannungen zu geben. Es sind ja die untersuchten Flächen in der Form und in der Vertheilung der Elektrizität von der zuvor elektrisirten Metallplatte gar sehr verschieden*). Ferner wurde das untere Ende des Platindrahtes nicht blos der Mitte, sondern auch den Rändern und Ecken der Krystallfläche genähert; je nach der Lage der untersuchten Stelle wird aber natürlich das Verhältniss zwischen der daselbst vorhandenen Spannung und dem durch Annäherung des Platindrahtes entstehenden Ausschlage des Goldblättchens sich ändern.

E. Ueber die Empfindlichkeit des von Brewster bei seinen thermoelektrischen Beobachtungen angewandten Verfahrens.

Während Haüy stets die Ansicht hegte, dass die damals an einigen wenigen Krystallen beobachtete Eigenschaft, durch Temperaturänderungen elektrisch zu werden, durch einen Mangel an Symmetrie in der Gestalt derselben bedingt sei, scheint dagegen Brewster diese Bedingung nicht für nöthig erachtet zu haben, wie man wohl aus seiner Prüfung einer Reihe von Krystallen, bei denen ein Hemimorphismus nicht beobachtet worden, schliessen muss; und es ist auch Brewster**) gelungen, die Anzahl der thermoelektrischen Krystalle erheblich zu vermehren.

Leider hat Brewster gar keine speciellen Angaben über seine Beobachtungen gemacht, sondern einfach die von ihm elektrisch befundenen Krystalle in ein kurzes Verzeichniss zusammengestellt. In diesem Verzeichnisse findet sich nun auch der rothe und blaue Flussspath aufgeführt, aber, wie bereits erwähnt, ohne irgend eine Bemerkung über die Beschaffenheit der elektrischen Spannung und den Ort, wo sie wahrgenommen worden.

negative und auf der Zinkfläche positive Elektrizität gebunden. Wird der Platindraht gehoben (jedoch nicht bis zur Berührung der oberen Ableitung), so zeigt das Elektrometer infolge der freiwerdenden negativen Elektrizität einen negativen Ausschlag von 2 Skth.

*) Es kommt z. B. selbst öfter vor, dass die Mitte einer Krystallfläche negativ, der Rand derselben aber positiv ist, oder umgekehrt.

**) S. oben S. 204.

Die Untersuchung, ob eine Stelle eines Krystalles positive oder negative Elektrizität besass, war übrigens bei dem von Brewster angewandten Verfahren ganz unmöglich. Um nämlich zu prüfen, ob ein Krystall elektrisch war, näherte er denselben sehr kleinen Stückchen des im Innern der Röhre von *Arundo phragmites* befindlichen dünnen Häutchens und schloss aus ihrer Anziehung auf eine an der Krystallfläche vorhandene elektrische Spannung.

Brewster hat (wenigstens findet sich in seiner Mittheilung keine weitere Bemerkung) jedenfalls die Krystalle, um sie auf ihr elektrisches Verhalten zu prüfen, in die Hand genommen, und bei der bereits oben S. 205 hervorgehobenen ausserordentlich leichten elektrischen Erregung der Flussspathkrystalle durch Reibung könnte man fürchten, dass Brewster durch Reibungselektrizität getäuscht worden sei. Indess der Zusatz »rother und blauer« Flussspath scheint (natürlich unter der Voraussetzung, dass er farblose Krystalle, jedoch ohne Erfolg geprüft habe) anzuzeigen, dass von ihm nicht Reibungselektrizität, sondern eine andere gerade diesen farbigen Flussspäthen eigenthümliche elektrische Erregung beobachtet worden ist.

Hat nun aber Brewster in der That, wie er angiebt, thermoelektrische Spannungen auf seinen Flussspathkrystallen beobachtet? Diese Frage wird wahrscheinlich verneint werden müssen, indem nach meinen vielfachen Untersuchungen der Flussspäthe die durch Temperaturänderung erzeugte elektrische Spannung zu gering ist, um durch das von Brewster angewandte Beobachtungsverfahren noch wahrgenommen werden zu können, wie sich leicht nachweisen lässt.

Da ich gerade keine dünnen Häutchen von *Arundo phragmites* zur Hand hatte, so legte ich sehr kleine Stückchen eines äusserst dünnen Scheibchens von Hollundermark*) auf die zur Erde abgeleitete Kupferplatte von 73^{mm} Durchmesser, befestigte an dem unteren Ende des 0,7^{mm} dicken Platindrahtes eine Kugel von 13^{mm} Durchmesser und näherte dieselbe mittelst der Hebelvorrichtung den kleinen Hollundermarkstückchen. Für die kleinste Ladung, welche der Kugel mitzutheilen war, um eine Anziehung des dicht unter ihr liegenden Hollundermarks zu ermöglichen, musste die Kugel mit dem einen Pole

*) Spätere Versuche zeigten, dass Stückchen der dünnen Haut von *Arundo phragmites* keine geringeren Werthe für die zur Hebung eben nöthige elektrische Spannung gaben, als die oben benutzten Stückchen Hollundermark.

einer Säule aus 20 Daniell'schen Elementen, deren anderer Pol zur Erde abgeleitet war, verbunden werden. Durch die grosse Annäherung der Kugel an die Kupferplatte wurde die Dichtigkeit auf dem untersten Punkte der Kugel, welcher über dem Stückchen Hollundermark lag, beträchtlich grösser, als in der Mitte der isolirten Kupferplatte von 73^{mm} Durchmesser, wenn sie mit derselben Säule verbunden war. Aber auch selbst wenn eine Spannung, wie sie sich in der Mitte dieser Kupferplatte durch ihre Verbindung mit der genannten Säule findet, hingereicht hätte, die Anziehung des kleinen Hollundermarkstückchens zu bewirken, so wäre diese Spannung doch stets noch grösser gewesen, als ich sie je auf einer (nach einer Erhitzung auf 100^o) erkaltenden Fläche eines Flussspathes beobachtet habe*); die grösste Spannung auf den erkaltenden Flussspathkrystallen ist wohl höchstens gleich der durch 40 Daniell'sche Elemente in der Mitte jener Kupferplatte erzeugten Spannung zu setzen; eine solche Spannung reicht aber nicht aus, um das Stückchen Hollundermark zu heben.

Dagegen kann durch die Belichtung der Flussspathkrystalle eine Spannung erzeugt werden, welche die oben bezeichnete Spannung von 20 Daniell'schen Elementen erreicht und sogar übertrifft. Da nun Brewster, welcher von der elektrischen Erregung der Flussspathkrystalle durch das Licht keine Ahnung hatte, seine Versuche jedenfalls am hellen Tage vorgenommen hat, was ja schon durch die genaue Beobachtung der Anziehung der Häutchen gefordert wurde, wobei möglicherweise die Krystalle zufällig sogar dem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen sein können, so ist es für mich das Wahrscheinlichste, dass die durch Brewster beobachteten Anziehungen nicht sowohl eine Folge der Thermoelektricität, als vielmehr der Photoelektricität dieser Krystalle gewesen sind. Dann müssen aber unter der von Brewster gebrauchten Bezeichnung »rother und blauer« Flussspath die violblauen Krystalle von Weardale oder Alston Moor verstanden werden, denn die mehr rothbraunen sind, wie wir später sehen werden, zwar thermoelektrisch erregbar, haben mir aber durch-

*) Ob etwa auf frisch aus der Grube entnommenen und mässig stark erhitzten Flussspathkrystallen eine viel grössere Spannung erzeugt werden kann, als auf den mir vorliegenden, vermag ich aus Mangel an solchen Krystallen nicht zu entscheiden.

aus kein Anzeichen von einer durch die Einwirkung des Tages- oder Sonnenlichtes entstehenden elektrischen Spannung gegeben.

Das Verfahren, die Krystallfläche kleinen Stückchen eines leichten Häutchens zu nähern, hat Brewster in Betreff der Empfindlichkeit mit Recht den damals üblichen Elektrometern mit doppelten Goldblättchen vorgezogen, weil es noch geringere Spannungen auf diesen Flächen erkennen lässt, als dies durch die Divergenz der Goldblättchen möglich ist, wenn die Krystallfläche dem oberen Ende des die Blättchen tragenden Messingstäbchens genähert wird.

Um an einem sehr empfindlichen Goldblattelektrometer eine noch eben sichtbare Trennung der beiden Blättchen zu erhalten, muss ihnen die Spannung aus dem einen Pole einer Säule von 25 Daniell'schen Elementen, deren anderer Pol zur Erde abgeleitet ist, zugeführt werden, wobei es, um ein Aneinanderhaften der Blättchen zu vermeiden, sich als nothwendig herausstellt, denselben zuvor eine grössere Divergenz zu ertheilen und sie dann erst mit dem Säulenpole zu verbinden.

Bei den thermoelektrischen Versuchen mit Krystallen aus einer gut isolirenden Substanz wird nun ausserdem die auf der Fläche derselben erregte Elektrizität nicht zu dem Goldblättchen geleitet, sondern erzeugt auf dem die Blättchen tragenden Messingstäbchen nur eine Vertheilungswirkung.

II. Beobachtung der photo- und thermoelektrischen Spannungen auf den Oberflächen der einzelnen Flussspathkrystalle.

Um eine Vorstellung von der Grösse der Krystalle und der mehr oder minder vollständigen Ausbildung ihrer Flächen zu geben, bilde ich die Netze derselben ab, und zwar stelle ich die Abbildungen der 6 Würfelflächen in einigem Abstände neben einander. Sind auf einer Seite eines Krystalles keine ausgebildeten Krystallflächen vorhanden, wird also daselbst die Begrenzung durch unregelmässige Bruchflächen oder durch andere aufgewachsene Krystalle gebildet, so habe ich denjenigen Theil derselben, welcher sichtbar bleibt, wenn der Krystall so in das Kupferfeilicht eingesetzt wird, dass die fehlende Fläche horizontal liegen würde, an Stelle dieser Fläche abgebildet.

Alle von Krystallflächen gebildeten Kanten sind durch ausgezogene Linien gekennzeichnet, während Kanten oder Ränder, an welchen ein Bruch oder ein Durchgang Theil hat, durch punktirte Linien dargestellt sind.

Hätte ich die Netze der untersuchten Krystalle in natürlicher Grösse abgebildet, so würde durch die beträchtliche Ausdehnung vieler derselben die Uebersichtlichkeit sehr erschwert worden sein. Die Zeichnungen sind daher sämmtlich nur in halber linearer Grösse ausgeführt.

In die Abbildung jeder einzelnen Fläche (oder in die an ihrer Stelle gezeichnete Projection der Bruchfläche oder der aufgewachsenen Krystalle) habe ich nun die Ausschläge des Elektrometers eingetragen, die bei der Annäherung der Spitze des Platindrahtes an die verschiedenen Punkte dieser Fläche, welche allein frei aus dem Kupferfeilicht hervorsah, beobachtet wurden, und zur leichteren Uebersicht sind die Stellen, wo positive Ausschläge sich zeigten, mit bräunlicher, dagegen diejenigen, wo negative stattfanden, mit grünlicher Farbe überzogen worden.

Der Ausschlag des Goldblättchens ist aber nicht allein von der in dem gerade unterhalb der Spitze des Platindrahtes liegenden Punkte vorhandenen Elektrizität abhängig, sondern wird auch durch die Vertheilungswirkung seitens der angrenzenden Flächenstücke beeinflusst. Es tritt sogar, wie wir später sehen werden, der Fall ein, dass an einem bestimmten Punkte einer Krystallfläche die ihm eigenthümliche elektrische Spannung in ihrer Vertheilungswirkung auf den Platindraht durch die stärkere Wirkung der seitlich liegenden entgegengesetzt elektrischen Flächenstücke vollständig unterdrückt wird, so dass das Elektrometer bei Annäherung der Platinspitze an jenen Punkt eine wenn auch nur schwache Polarität anzeigt, welche der in Wirklichkeit auf demselben vorhandenen gerade entgegengesetzt ist. Soll dieser Einfluss der nebenliegenden Flächenstücke ausgeschlossen werden, so sind sämmtliche Theile der Fläche mit Ausnahme der auf ihr elektrisches Verhalten speciell zu untersuchenden Stelle mit Kupferfeilicht zu bedecken.

In die Abbildungen der sechs Projectionen sind, wie bereits zuvor bemerkt, die Ausschläge eingetragen, welche beobachtet wurden, wenn die ganzen Flächen frei lagen. Die specielle Untersuchung einzelner

Theile der Flächen habe ich im Texte der Abhandlung näher angegeben, und auch wohl in einer besondern Zeichnung dargestellt.

Es wird öfter nöthig werden, die einzelnen Stellen einer Krystallfläche im Texte namhaft zu machen. Um dies kurz und doch mit möglichster Bestimmtheit ausführen zu können, denken wir uns die Würfelfläche oder die an ihre Stelle getretene Projection mit den Buchstaben a bis i wie in nebenstehender Figur beschrieben, und verwenden die einzelnen Buchstaben zur Bezeichnung der von ihnen eingenommenen Flächenstücke.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Es wäre sehr wünschenswerth gewesen, sämmtliche in die Zeichnungen eingetragene Zahlen unter sich vergleichen zu können; indess ist eine solche Vergleichbarkeit bei den photoelektrischen Untersuchungen selbst nicht einmal für die verschiedenen Flächen eines und desselben Krystalles zu erzielen. Dieselbe würde erfordern, dass sämmtliche Flächen gleichlange einer und derselben Strahlung ausgesetzt werden. Dies ist aber in unserem Klima bei dem so stark veränderlichen Zustande des Himmels absolut unmöglich, namentlich deshalb, weil die Beobachtungen auf den einzelnen Flächen nicht rasch auf einander folgen können, sondern nach dem Umlegen und Abpinseln des Krystalles eine längere Zeit (häufig bis zum folgenden Tage) verfließen muss, bis die neue freiliegende Krystallfläche unelektrisch gemacht und zu einer Prüfung auf ihr Verhalten gegen das Licht brauchbar ist*).

Ich habe 66 verschiedene Flussspathkrystalle, und zwar jeden einzelnen wenigstens zwei Mal, auf das Verhalten seiner Flächen gegen das Licht geprüft. Zu einer klaren Einsicht in die betreffenden Erscheinungen wird es indess genügen, nur die auf einem Theile dieser Krystalle gemachten Beobachtungen mitzutheilen.

In die Zeichnungen sind fast überall die bei der letzten Untersuchung beobachteten Skalentheile eingetragen, weil ich durch die vorangegangenen Prüfungen bereits darüber unterrichtet war, welchen Stellen der Fläche ich meine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden hatte. Eben diese früheren Prüfungen hatten mir auch ein Urtheil

*) Mit dem elektrischen Kohlenlichte würden, wenn dasselbe mir von Anfang an zu Gebote gestanden hätte, besser vergleichbare Messungen zu erhalten gewesen sein.

über die Empfindlichkeit der Krystallfläche beziehentlich ihrer elektrischen Erregung durch das Licht gegeben, so dass ich je nach dem Zustande des Himmels die Zeit abschätzen konnte, während welcher die Fläche dem Lichte ausgesetzt werden musste, um auf derselben elektrische Spannungen von gewünschter, gut messbarer Grösse zu erlangen.

Die Krystalle wurden meistens nur dem Tageslichte (also gegen die Sonnenstrahlen im Schatten stehend) ausgesetzt; sie wurden auf die Fensterbank, womöglich bei geöffneten Fenstern, in etwas geneigter Lage gestellt, so dass das Licht des Himmels die freien Flächen besser bestrahlen konnte, als bei horizontaler Lage derselben. Der Zustand des Himmels war aber dabei sehr verschieden. Bei starken Winden aus Südost, Süd und Südwest und ebenso an kalten Tagen musste das Fenster geschlossen werden, so dass erst die durch das Glas einer Fensterscheibe gegangenen Lichtstrahlen die Krystallfläche trafen.

In einzelnen Fällen, wenn der Krystall gegen das Licht überhaupt wenig empfindlich war, oder wenn besondere Vorgänge beobachtet werden sollten, wurden die Krystalle dem directen Sonnenlichte, oder später auch dem elektrischen Kohlenlichte ausgesetzt. Wo diese letzteren Bestrahlungen stattgefunden haben, ist es im Texte ausdrücklich bemerkt.

Besser unter einander vergleichbar sind die Beobachtungen der thermoelektrischen Spannung nach der Abkühlung, indem die einzelnen Krystalle meistens lange genug in dem von siedendem Wasser umgebenen Raume gestanden hatten, um in ihrer ganzen Masse die Temperatur von 100° C. anzunehmen. Nur durch die mehr oder minder lange Zeit, welche seit dem Herausnehmen aus dem Ofen bis zum Zeitpunkte der Messung verflossen, sind kleine Unterschiede entstanden, weil sowohl eine zu kurze als auch eine zu lange Zwischenzeit die elektrischen Spannungen zu klein erscheinen lässt; erstere wegen nicht hinreichender Erkaltung des Krystalles und letztere wegen der Zerstreung und Ableitung eines Theiles der auf der Fläche frei gewordenen Elektrizität.

A. Grüne Flussspäthe von Weardale und Alston Moor.

Krystall No. 1. Fig. 1 A und 1 B. Taf. I.

Der von Weardale stammende Krystall No. 1 gehört der Freiburger Sammlung. Ausser den Flächen des Würfels finden sich an ihm nur die Flächen eines sehr flachen Pyramidenwürfels und sehr kleine Flächen eines Achtundvierzigflächners. Die meisten Würfelflächen sind ziemlich gut ausgebildet; nur auf der Kante der Flächen 2 und 6, sowie auf den dieser Kante benachbarten Theilen ist ein anderer kleinerer Flussspathkrystall eingewachsen. Mit der Fläche 3 war der Krystall aufgewachsen gewesen; an ihrer Stelle befindet sich jetzt eine sehr unebene Bruchfläche, die mehr weisslich als grünlich aussieht, während sonst der ganze übrige Krystall eine dunkelgrüne Farbe besitzt.

Die Substanz des Krystalles ist nur an einzelnen Stellen klar und durchsichtig, und an diesen tritt das sapphirblaue Fluoreszenzlicht sehr schön hervor. Die Krystallflächen sind nicht vollkommen eben; es erscheinen auf ihnen theils kleine hervortretende Würfelflächen, theils zeigen sich glatte Stellen, welche durch breitere entweder den Würfelkanten (wiederholte Ansätze zur Bildung eines Pyramidenwürfels) oder den Durchschnitten der Flächen eines Achtundvierzigflächners mit den Würfelflächen parallel gestreifte Bänder begrenzt werden.

a. Photoelektrisches Verhalten.

Betrachten wir zuerst die elektrische Vertheilung, wie sie nach kurzem Aussetzen an das Tageslicht eintritt, und wie sie Fig. 1 A dargestellt ist, so ergibt sich im Allgemeinen, dass die ausgebildeten Krystallflächen in ihren mittleren Theilen negativ, dagegen an den Ecken und zum Theil auch selbst noch in der Mitte der Ränder positiv elektrisch sind. Jedoch wird diese positive Elektrizität nicht an allen Ecken (und Kanten) sichtbar, weil sie in ihrer Intensität und in ihrer Ausdehnung geringer ist, als die in den mittleren Theilen auftretende negative; sie lässt sich aber an allen vier Ecken durch den Versuch nachweisen, wenn (vgl. S. 222) die mittleren negativen Theile der Fläche mit Kupferfeilicht bedeckt werden.

Wenn die ganze Fläche 1 des Krystalles No. 1 frei liegt, so

wird, wie dies Fig. 4 A zeigt, gewöhnlich nur in der linken oberen*) Ecke bei *a* (vergl. Zeichnung auf S. 223) die positive Spannung beobachtet; dass sie jedoch auch auf den übrigen drei Ecken vorhanden ist, zeigt eine specielle Untersuchung derselben (Fig. 4 A'), bei welcher, wie so eben angegeben, durch Bedeckung der mittleren negativen Theile mit Kupferfeilicht die Vertheilungswirkung dieser letzteren beseitigt ist, und die auf den Ecken vorhandene positive Spannung ungeschwächt hervortreten kann. In der Fig. 4 A' stellt das weissgelassene Flächenstück den mit Kupferfeilicht bedeckten Theil der Fläche dar. Trotzdem die oben rechts (bei *c*) gelegene Ecke bei diesem Versuche die stärkste positive Spannung zeigt, erscheint dieselbe doch bei ganzer freier Fläche infolge der starken negativen Umgebung noch negativ. Die grössere Intensität dieser Ecke *c* wird auch durch die hohe positive Spannung (+ 11,5) auf dem ihr anliegenden Theile der Fläche 2 bestätigt.

Auf das mehr oder minder deutliche und ausgedehnte Hervortreten der positiven Spannung an den Ecken und Kanten ist aber auch die mehr oder weniger tiefe Einsetzung des Krystalles in das Kupferfeilicht, und die Art der Bestrahlung, namentlich ob bei derselben noch mehr oder weniger Theile der seitlichen Flächen aus den Feilspähnen herausragen und ebenfalls von den Lichtstrahlen getroffen werden, von Einfluss.

Als die Fläche 4 dem elektrischen Kohlenlichte in einem Abstände von 300^{mm} ausgesetzt wurde, genügte ein Bestrahlen von einer einzigen Minute, um schon starke elektrische Erregungen hervorzurufen. Fig. 4 A'' stellt die nach einer solchen Bestrahlung beobachteten elektrischen Spannungen dar. Infolge einer etwas anderen Bestrahlungsweise als bei dem Aussetzen ans Tageslicht trat an drei Ecken die positive Polarität auf.

Im Anschluss an diesen Versuch sei noch bemerkt, dass, als die in Fig. 4 A'' dargestellte elektrische Vertheilung unmittelbar nach ihrer Beobachtung durch die Alkoholflamme hinweggenommen wurde, beim Stehen des Krystalles im dunklen Raume innerhalb dreier Stunden keine elektrische Erregung wieder erschien, namentlich also keine Umkehrung in die entgegengesetzte Polarität eintrat.

*) Ich werde die Bezeichnungen rechts, links, oben, unten stets auf die Abbildungen der Flächen, wie solche auf dem Papier dargestellt sind, beziehen.

Ferner möge noch ein nach dem S. 213 beschriebenen Verfahren mit der Fläche 4 angestellter Versuch hier eine Stelle finden. Die Mitte der dem Tageslichte einige Zeit ausgesetzten Fläche 4 erzeugte, wenn die Platinspitze, wie gewöhnlich, genähert wurde, einen Ausschlag von -17 Skth. Als nun das den Krystall enthaltende kupferne Kästchen isolirt und mit dem Goldblättchen des Elektrometers in leitende Verbindung gebracht wurde, entstand bei Annäherung einer kleinen Metallscheibe an die mittleren Theile der Fläche 4 ein Ausschlag von $+50$ Skth. Wurde eben diese Metallscheibe der bei *a* liegenden Ecke genähert, so entstand ein Ausschlag von $-3,5$ Skth.

Auf der Fläche 4 erschien bei ganzer freier Fläche oben rechts bei *c* ein schwach negativer Ausschlag $-0,3$ (in Fig. 4 A); wurde dagegen die ganze Fläche mit Ausnahme dieser Ecke mit Kupferfeilicht bedeckt, so beobachtete ich nach einem 13 Minuten langen Aussetzen ans Tageslicht bei Annäherung des Platindrahtes an dieser Stelle einen starken positiven Ausschlag ($+7$ Skth.).

Die an Stelle der Würfelfläche 3 getretene sehr unebene Bruchfläche erscheint in ihrer ganzen Ausdehnung positiv, jedoch im Allgemeinen schwach, jedenfalls weil, wie oben bemerkt, der grösste Theil derselben der dunkelgrünen Färbung entbehrt und eine mehr weissliche Masse bildet; nur auf dem (in der Zeichnung) rechten Rande (bei *i*), welcher tiefer und innerhalb der grün gefärbten Masse liegt, wird die Intensität der positiven Elektrizität grösser.

Schliesslich mögen hier noch einige specielle Angaben über die Steigerung der elektrischen Spannungen mit der Dauer der Belichtung folgen.

Die Fläche 4 des vorliegenden Krystalles wurde in völlig unelektrischem Zustande bei trübem Tageslichte (bedecktem Himmel*) auf der Fensterbank in etwas geneigter Lage aufgestellt. Nachdem sie 7 Minuten daselbst gestanden hatte, ward sie auf ihr elektrisches Verhalten geprüft, und die in Fig. 4 A''' eingetragene Vertheilung gefunden. In der Mitte der Fläche betrug hiernach die Spannung $-8,7$ Skth.

Darauf wurde die Fläche von Neuem, so wie sie war, an den-

*) 25. August Morgens zwischen 9 bis 11 Uhr.

selben Ort ins Tageslicht gestellt, und nach 6 Minuten langer Belichtung abermals geprüft. Der Kürze wegen will ich nur die in der Mitte beobachteten Spannungen anführen. Die Mitte zeigte jetzt eine Spannung — 11 Skth.

Der Himmel war trüber geworden, und nach einer neuen Belichtung von 9 Minuten Dauer war die Spannung in der Mitte (und ebenso an den übrigen Theilen der Fläche) nur wenig gestiegen; in der Mitte nur bis — 11,4 Skth.

Nach einer neuen Belichtung von 20 Minuten Dauer bei etwas hellerem Himmel zeigte das Elektrometer in der Mitte — 15 Skth.; die jetzt auf der Krystallfläche vorhandene elektrische Spannung ist die in Fig. 4 A eingetragene.

In einer anderen Versuchsreihe besass der Krystall in der Mitte seiner Fläche infolge der Abkühlung nach einer vorhergegangenen Erwärmung bis 100° C. noch eine positive Spannung von $+ 5$ Skth.*). In diesem Zustande, wie er von der Abkühlung herrührte, dem Tageslichte ausgesetzt, ergab sich bei einer etwas besseren Beleuchtung als bei der vorhergehenden Beobachtungsreihe nach 4 Minuten langer Belichtung in der Mitte — 3 Skth., noch abermals 5 Minuten — 8,2 Skth., nach weiteren 4 Minuten — 13, nach ferneren 6 Minuten — 15,2 und schliesslich nach abermals 6 Minuten — 19 Skth.

Mit dieser elektrischen Vertheilung wurde der Krystall ins Dunkle gestellt. Nach 13 Minuten zeigte die Mitte noch — 17,2 Skth., nach weiteren 73 Minuten noch — 13,5 Skth.

In diesem Zustande wurde der Krystall in einen bis 100° C. erhitzten Ofen (ins Dunkle) gebracht. Nachdem er 6 Minuten darin gestanden, gab die Mitte nur noch — 6 Skth., nach weiterem 13 Minuten langen Verweilen in dem heissen Ofen nur noch — 4,4 Skth. Ausschlag**). Es scheint also die durch die Belichtung entstandene elektrische Spannung durch die Erwärmung des Krystalles rascher zu verschwinden, als beim Stehen im Dunkeln bei niedriger Temperatur***).

*) Es ist die in Fig. 4 B dargestellte.

***) Wie wir später sehen werden, erzeugt die steigende Temperatur dieselbe Polarität wie die Belichtung. Die Schwächung der vorhandenen negativen Spannung kann also nicht einfach durch die infolge der Erwärmung entstehende Polarität vernichtet werden.

***) Eben dies gilt auch von der durch Reibung auf der Oberfläche der Fluss-

b. Thermoelektrisches Verhalten.

Die Bemühungen, auf den Flussspathkrystallen thermoelektrische Erregungen nachzuweisen, gaben wie bereits oben erwähnt, die Veranlassung zur Entdeckung der Photoelektricität dieses Mineralen; sie wurden indess durch das augenblicklich grössere Interesse, welches die photoelektrischen Erregungen in Anspruch nahmen, zurückgedrängt. Nach Feststellung des photoelektrischen Verhaltens der Flussspätthe trat dann aber wieder die Frage heran, welche Bedeutung die bei jenen ersten Versuchen nach Temperaturänderungen beobachtete elektrische Spannung habe.

Die genauere Untersuchung zeigte nun, dass in der That eine wirkliche thermoelektrische Erregung auf den Flussspathkrystallen auftritt, die ganz den Gesetzen folgt, welche bei den übrigen thermoelektrischen Mineralien Geltung haben.

Die Art der Untersuchung sowohl während steigender als auch während sinkender Temperatur habe ich oben S. 211 erläutert. Die

spathkrystalle erzeugten positiven Elektrizität. — Theodor v. Grotthuss spricht in seiner Abhandlung über einen neuen Lichtsauger (Schweigger's Journal für Chem. u. Phys. 1815. Bd. 14. S. 133 ff.) den allgemeinen Satz aus, dass bei den Phosphoren Kälte das Lichteinsaugen, dagegen Wärme das Lichtausstrahlen begünstige. Sollte dieser Ausspruch sich als in der Wirklichkeit begründet nachweisen lassen, so könnte man wohl die Frage stellen, ob sich nicht das zuvor erwähnte raschere Verschwinden der Elektrizität in dem heissen Ofen mit ihm in Beziehung setzen lässt, und zwar für jede beliebige Art der elektrischen Ladung der Flächen.

Jener neue, von Grotthuss in der angeführten Abhandlung untersuchte Lichtsauger war ein röthlichvioletter Flussspath von Nertschinsk (Chlorophan). Grotthuss hielt es (S. 142 der oben citirten Abh.) für wahrscheinlich, dass das Sonnenlicht auf der Oberfläche »zwischen den Elementarpolen der ihm ausgesetzten Körper in seine elektrischen Grundprincipien, nämlich in $+E$ und $-E$ zerlegt werde«, und dass die darauffolgende Vereinigung dieser beiden getrennten Lichtelemente der wahre Grund ihrer Phosphorescenz sei. Er hat denn auch versucht, ob er nicht an den dem Sonnenlichte ausgesetzten Lichtsaugern Elektrizität wahrnehmen könne; da er aber hierzu das für den vorliegenden Fall eines Nichtleiters denkbar ungeeignetste Mittel, den Volta'schen Condensator, verwandte, so darf es nicht Wunder nehmen, wenn er auch nicht die geringste Spur von Elektrizität nachzuweisen vermochte.

Da ich mir bis jetzt keinen Chlorophan habe verschaffen können, so bleibt es zweifelhaft, ob derselbe bei seiner derben Beschaffenheit durch Belichtung überhaupt elektrisch wird. Auf dem Wölsendörfer Stinkfluss habe ich wenigstens bis jetzt noch keine elektrischen Spannungen wahrgenommen.

thermoelektrische Untersuchung ist fast durchgängig mit der Wiederholung der photoelektrischen Prüfungen ausgeführt, so dass gewöhnlich eine Fläche erst nach vorhergegangenen längern Erhitzen bis 400° und durch Verweilen in einem dunkeln Raume vollzogener Abkühlung auf ihr elektrisches Verhalten geprüft, sodann nach Entfernung der vorhandenen elektrischen Spannungen dem Lichte ausgesetzt und abermals auf ihr elektrisches Verhalten untersucht wurde. Unter Umständen war die Aufeinanderfolge der beiden Prüfungen auch die umgekehrte.

Gleich bei den ersten in der vorläufigen Mittheilung erwähnten Versuchen zeigte sich ein Gegensatz zwischen den durch Belichtung und den nach einer Erhitzung bis 400° und darauf folgender Abkühlung entstehenden elektrischen Polaritäten; dieser Gegensatz fand sich in den zahlreichen weitem Versuchen, wo beide Prüfungen meistens in kurzen Zeiträumen auf einander folgten, durchaus bestätigt.

Eben jene ersten Versuche ergaben geringere Spannungen für die durch Abkühlung (nach einer vorhergegangenen Erwärmung bis 400°) auftretende Elektrizität, als für die durch Belichten erzeugte. In den meisten Fällen wird sich auch dieser Satz bestätigen, obwohl, wie wir später sehen werden, auch einzelne Krystalle vorkommen, bei denen das Verhältniss in der Stärke der elektrischen Spannungen umgekehrt ist; ja wir werden Flussspäthe finden, auf denen durch das zerstreute Tageslicht und selbst durch die directen Strahlen der Sonne elektrische Spannungen nicht erregt werden können (wohl aber noch durch das elektrische Kohlenlicht), während die bei der Abkühlung*) auftretende Elektrizität nicht allzugerings ist.

Schon oben S. 212 ist hervorgehoben, dass die Untersuchung der Krystalle bei steigender Temperatur mit Schwierigkeiten verbunden war. Ich habe daher nur einen Theil der Krystallflächen sowohl während der Erwärmung als auch bei der Abkühlung untersucht. In allen diesen Fällen bestätigte sich ausnahmslos das auch durch meine übrigen thermoelektrischen Untersuchungen bewährte

*) Um den Ausdruck abzukürzen, verstehe ich im Folgenden unter Abkühlung oder Erkaltung stets die nach einer zur vollständigen Durchwärmung des Krystalles genügend langen Erhitzung bis 400° C. eintretende. Ist der Krystall beim Erhitzen auf andere Temperaturen gebracht worden, so soll dies speciell angegeben werden.

Gesetz, dass die bei steigender Temperatur auf einer Krystallfläche auftretende Elektrizität gerade die entgegengesetzte ist, als bei der Abkühlung. Es konnte daher für die übrigen Krystalle die Feststellung der thermoelektrischen Vertheilung bei der Abkühlung genügen.

Bei diesem vollständigen Gegensatze zwischen den bei steigender und den bei abnehmender Temperatur auftretenden elektrischen Spannungen habe ich, ebenso wie in meinen früheren Abhandlungen über die thermoelektrischen Eigenschaften der Krystalle, in die auf den Tafeln gegebenen Abbildungen nur die bei der Abkühlung beobachteten Polaritäten eingetragen.

Auch aus einem andern Grunde wären die Abbildungen der bei steigender Temperatur erregten Polaritäten überflüssig gewesen. Ich habe schon erwähnt, dass die nach der Belichtung und die bei der Abkühlung beobachteten elektrischen Polaritäten einander entgegengesetzt sind. Da nun aber die bei steigender Temperatur auftretenden elektrischen Spannungen den bei der Abkühlung auftretenden ebenfalls genau entgegengesetzt sind, so folgt, was auch die weiterhin anzuführenden Beobachtungen direct erweisen, dass der Eintritt einer höheren Temperatur gerade dieselbe Polarität an den einzelnen Stellen der Krystallflächen erzeugt, wie die Belichtung. Sonach würde also das Eintragen der bei der Erwärmung gemachten Beobachtungen in die Abbildungen (abgesehen natürlich von der Intensität) dasselbe Farbenbild (d. h. dieselbe Vertheilung der bräunlichen und grünlichen Farbe) gegeben haben, wie solches die photoelektrischen Messungen darbieten.

Die Flächen des Krystalles No. 1 sind, mit Ausnahme der Fläche 1, nicht während der Erwärmung, sondern nur während der Abkühlung untersucht, und die dabei beobachteten elektrischen Spannungen in die Abbildung der einzelnen Flächen Fig. 1 B eingetragen worden. Nach dem Herausnehmen aus dem heissen Ofen wurde der Krystall zur Abkühlung in ein vollkommen gegen das Licht abgeschlossenes metallisches Gefäss gestellt, und nach einem Verweilen von 20 bis 80 Minuten in diesem dunkeln Raume auf sein elektrisches Verhalten geprüft.

Eine Vergleichung der Fig. 1 A und Fig. 1 B zeigt nun in der That, dass die Polaritäten bei der Abkühlung die entgegengesetzten sind, als nach dem Belichten. Wenn in den Grenzen der positiven

und negativen Regionen kleine Abweichungen auftreten, so findet dies in dem Umstande seine Begründung, dass die Vorgänge der Ausstrahlung und Abkühlung nicht absolut genau in derselben Weise wie die Vorgänge bei der Belichtung verlaufen, wie ich ja auch schon solche Verschiebungen in den Grenzen der beiden Elektricitäten bei der Belichtung selbst hervorgehoben habe, welche durch das mehr oder weniger tiefe Einsetzen des Krystalles in das Kupferfeilicht und etwas andere Stellung gegen die Lichtstrahlen eintreten.

So erscheint bei der Abkühlung auf der Fläche 4 die negative Elektricität an zwei Ecken (a und g) in Fig. 4 B, während bei der in Fig. 4 A abgebildeten Beobachtungsreihe nach dem Aussetzen ans Tageslicht die jener negativen entsprechende positive Polarität nur an einer Ecke a sich zeigt, dagegen aber bei der Prüfung nach Bestrahlung mittelst des elektrischen Kohlenlichtes an drei Ecken (a, g, i) Fig. 4 A" auftritt. In Wirklichkeit existirt aber die positive Polarität nach der Belichtung an allen vier Ecken (Fig. 4 A').

Ebenso ist nun beim Abkühlen auf allen vier Ecken die entsprechende negative Elektricität vorhanden; sie wird jedoch bei ganzer freier Fläche durch die benachbarte stärkere positive Spannung verdeckt. Dass es sich in der That so verhält, zeigt der Fig. 4 B' abgebildete Versuch, bei welchem der mittlere (in der Zeichnung weiss gelassene) Theil der Fläche mit Kupferfeilicht bedeckt war, so dass nur die Ecken frei lagen; sämtliche vier Ecken erscheinen jetzt negativ.

Der nahe Zusammenhang zwischen der durch Belichtung und durch Temperaturänderung erregten Elektricität spricht sich auch in dem Umstande aus, dass in beiden Fällen (Fig. 4 A' und Fig. 4 B') die beiden oberen Ecken (a, c) eine grössere elektrische Intensität besitzen als die beiden unteren (g, i).

Ueber die Zunahme der elektrischen Spannungen mit der Dauer der Abkühlung mögen hier einige Beobachtungen und zwar der Kürze wegen nur auf der Mitte der Fläche 4 angeführt werden.

Als die Fläche 4 den in Fig. 4 A dargestellten elektrischen Zustand infolge der Belichtung angenommen hatte, wo also die Mitte die Spannung — 45 Skth. zeigte, wurde der Krystall in diesem Zustande in den bis 100° C. erhitzten Ofen gebracht. Nachdem er 44 Minuten darin gestanden, zeigte die Mitte der Fläche nur noch

— 8 Skth.*). Der Krystall wurde dann weitere 30 Minuten in dem Ofen erhitzt. Nach dem Herausragen in das andere Zimmer und dem Aufstellen neben dem Elektrometer, wobei ein Zeitraum von fast 2 Minuten verflossen war, zeigte die Mitte des Krystalles $+ 3,2$ Skth.; nach weiteren 24 Minuten Abkühlung betrug die elektrische Spannung in der Mitte $+ 4,7$, und nach nochmaligen 5 Minuten $+ 5$ Skth.

Schon oben wurde angedeutet, dass die Fläche 4 dieses Krystalles auch bei steigender Temperatur untersucht worden ist.

Der Krystall wurde zuerst in Kupferfeilicht, welches auf der schüsselförmigen Vertiefung des kleinen S. 211 erwähnten Ofens lag, so eingesetzt, dass nur die Fläche 4 frei blieb. Die Empfindlichkeit des Elektrometers musste hierbei (vgl. S. 212) so weit verringert werden, dass ein Element Zinn - Kupfer - Wasser einen Ausschlag von nur 30 Skth. gab, während derselbe sonst 40 bis 50 Skth. und selbst noch mehr betrug. Um die Lichteinwirkung auszuschliessen, wurde die Beleuchtung (S. 212) so weit geschwächt, dass die Beobachtungen überhaupt nur eben noch möglich waren.

Sehr bald nachdem die Lampe im Innern des Ofens angezündet worden, begann an den Ecken positive und in der Mitte der Fläche negative Elektrizität aufzutreten. Als das neben dem Krystall in dem Kupferfeilicht stehende Thermometer 95° C. zeigte (ungefähr 10 Minuten nach dem Beginn des Erhitzens), wurde die Lampe ausgelöscht und unmittelbar darauf die Spannungen beobachtet, welche in Fig. 4 B" eingetragen sind. Die Vertheilung ist also im Allgemeinen dieselbe wie beim Belichten; das Hervortreten der positiven Elektrizität an drei Ecken wurde jedenfalls durch den Umstand begünstigt, dass die äusseren Schichten des Krystalles heisser waren als die inneren. Ebenso wie beim Belichten sind auch jetzt die Intensitäten der positiven Elektrizität in den oberen Ecken *a* und *c* grösser als in den unteren (s. S. 232).

Durch diese nur kurze Zeit dauernde Erhitzung war die Temperatur des ganzen Krystalles nicht so hoch gestiegen, wie nach längerem Verweilen in dem bis 100° C. erhitzten Ofen. Beim Erkalten

*) Auch in diesem Versuche tritt also ein rascheres Verschwinden der Elektrizität durch Verweilen in dem heissen Raume auf (s. S. 228).

kehrten sich die zuvor beobachteten Elektricitäten um, erreichten aber, eben wegen der geringeren Erhitzung, nicht den Werth, wie er nach voller Durchwärmung bis 400° erscheint. In der Mitte stieg die Spannung nur bis $+ 4,9$, an den Ecken höchstens bis $- 0,6$ Skth. Auch wurde die Intensität der beim Erkalten auftretenden Elektricitäten noch dadurch geschwächt, dass die vom Erwärmen herrührende Elektricität nicht entfernt worden war. Es lag mir eben daran, den Krystall vom Anfang der Erhitzung bis zum Ende der Erkaltung völlig unberührt und unbeeinflusst zu lassen.

Sodann wurde auch noch ein Versuch mit dieser Fläche 4 nach dem oben S. 212 beschriebenen zweiten Verfahren angestellt. Der Krystall wurde wie gewöhnlich in ein mit Kupferfeilicht gefülltes Kästchen eingesetzt, so dass nur die Fläche 4 frei blieb. Nachdem er völlig unelektrisch geworden, wurde er in den bis 400° erhitzten Ofen gebracht, und nach 10 Minuten langem Verweilen darin sofort auf sein elektrisches Verhalten geprüft, wobei die Mitte die elektrische Spannung $- 0,5$ Skth. zeigte.

Die ausführliche Angabe der auf dem Krystall No. 4 unter den verschiedensten Umständen ausgeführten Beobachtungen wird eine klare Einsicht in das Beobachtungsverfahren gegeben haben, so dass es bei den folgenden Krystallen meistens genügen dürfte, die Resultate der Beobachtungen anzuführen. Nur wenn dieselben besonderen Bedingungen unterworfen wurden, sollen die beobachteten Vorgänge noch speciell hervorgehoben werden.

Krystall No. 2. Fig. 2 A und 2 B. Taf. I.

Der ebenfalls aus Weardale stammende Krystall No. 2 gehört der hiesigen Universitätssammlung; seine Farbe ist im Allgemeinen dunkelgrün; nur auf den Bruchflächen (namentlich in den mittleren und unteren Theilen der Fläche 2) erscheint die Masse weisslicher. Er stellt ein Bruchstück eines einzigen Individuums dar. Von seinen Flächen ist nur die Fläche 4 ziemlich vollständig, aber nicht vollkommen ausgebildet; von den Flächen 4 und 5 sind grössere, von den Flächen 3 und 6 kleinere Theile vorhanden, während an Stelle der Fläche 2 sich eine unregelmässig verlaufende Bruchfläche findet.

Der vorhandene Theil der Fläche 4 ist ziemlich gut ausgebildet,

während auf der Fläche 5, besonders aber auf der Fläche 4, zahlreiche kleine Würfelflächen hervortreten. Auf den glatten Stellen finden sich Streifungen, welche wie beim Krystall No. 1 theils den Würfelkanten, theils den Durchschnitten der Flächen eines Achtundvierzigflächners mit den Flächen des Würfels parallel laufen.

Fig. 2 A stellt die nach dem Aussetzen ans Tageslicht, Fig. 2 B die bei dem Erkalten auf den einzelnen Flächen beobachteten elektrischen Spannungen dar. Aus einem gleich anzuführenden Grunde bilde ich in Fig. 2 A' auch noch die elektrische Vertheilung ab, wie sie auf der Fläche 1 gefunden wurde, nachdem die betreffende Fläche 1 Minute lang dem elektrischen Kohlenlichte in einem Abstände von 300^{mm} ausgesetzt gewesen war.

Schon bei dem Krystalle No. 1 habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass je nach der mehr oder weniger tiefen Einsetzung des Krystalles in das Kupferfeilicht und der Art der Bestrahlung die Grenzen und die Verhältnisse der negativen Intensität in der Mitte und der positiven an den Ecken (und Rändern) sich ändern können. Eben solche Aenderungen habe ich nun auch bei dem vorliegenden Krystalle No. 2 beobachtet; die Fläche 1 desselben ist mehr als 30 Mal unter den verschiedensten Bedingungen nach Bestrahlung sowohl durch das Tageslicht als auch durch das Sonnen- und das elektrische Kohlenlicht untersucht worden.

Es schien anfangs, als ob die positive Elektrizität an den Ecken beim Beginne der Belichtung rascher anwüchse, als die negative der Mitte; indess ergab eine genauere Untersuchung, dass die beobachteten Unterschiede nur durch Abweichungen im Einsetzen in die Feilspähne und in der Bestrahlungsweise hervorgerufen wurden.

Um zu zeigen, welche Unterschiede in den relativen Stärken der beiden Polaritäten auf dieser Fläche eintreten können, habe ich in Fig. 2 A' eine nach der Bestrahlung mit elektrischem Kohlenlichte beobachtete elektrische Vertheilung abgebildet. Während in Fig. 2 A (Bestrahlung durch Tageslicht) die positive Elektrizität in der Ecke *a* stärker ist als die negative in der Mitte, verhalten sich die Intensitäten an diesen Stellen in Fig. 2 A' (Bestrahlung durch das elektrische Kohlenlicht) umgekehrt. Dies ist jedoch keineswegs durch die Verschiedenheit der Lichtquellen hervorgebracht; ich besitze auch für die Bestrahlung durch das Tageslicht Beobachtungsreihen, in welchen

ebenso wie bei Bestrahlung durch das Kohlenlicht die negative Electricität in der Mitte stärker ist, als die positive in der Ecke *a*. Es möge hier genügen auf die Figur 4 derjenigen Tafel zu verweisen, welche ich meiner vorläufigen Mittheilung in den Berichten für 1877 beigelegt habe; der daselbst unter No. IV aufgeführte und in Fig. 4 jener Tafel abgebildete Krystall ist derselbe, welchen ich in der vorliegenden Abhandlung mit No. 2 bezeichnet habe. In der eben citirten Zeichnung findet sich in der Ecke *a* die Spannung $+ 8$, in der Mitte der Fläche dagegen die Spannung $- 12$ Skth.

Nachdem die Fig. 2 A' abgebildete, durch Bestrahlung mit dem elektrischen Kohlenlichte erzeugte elektrische Vertheilung beobachtet war, wurde die Fläche 1 mit einer Alkoholflamme überstrichen und der Krystall sodann ins Dunkle gestellt. Nach 3 bis 4 Stunden zeigte die Mitte $- 2$, die Ecke *a* $+ 2,5$; es war also keine Umkehrung, wie solche nach dem Erwärmen bei der Abkühlung sich zeigt, eingetreten; die vorhandenen Spannungen bestanden nur in Resten der früher vorhanden gewesenenen.

Als die Fläche 1 dieses Krystalles dem durch rothes (mit Kupferoxydul gefärbtes) Glas hindurchgegangenen Lichte des blauen Himmels 25 Minuten ausgesetzt worden, zeigte sie keine elektrischen Spannungen; dieselben traten aber ein, als das rothe Glas durch ein dunkelviolette ersetzt wurde.

Auf der durch Bruch entstandenen Fläche 2 trat im Tageslichte eine starke positive Spannung auf; es schien mir nicht überflüssig, nachzuweisen, dass das Licht des elektrischen Funkens auf diese Bruchfläche eben so wirkt, wie das Tageslicht. Jeder der beiden Conductoren einer Holtz'schen Elektrisirmaschine wurde mit dem innern Belege einer mässig grossen Leydener Flasche, deren äusseres Beleg zur Erde abgeleitet war, verbunden, und die an den Enden der Conductoren befindlichen Kugeln einander im Abstände von 18^{mm} gegenüber gestellt. Der Krystall No. 2 wurde dann mit seiner Fläche 2 unterhalb dieser Kugeln aufgestellt, jedoch nicht frei, sondern (ebenso wie sonst in Kupferfeilicht eingesetzt) in einem metallischen zur Erde abgeleiteten Cylinder, dessen Deckel eine mit einer Bergkrystallplatte verschlossene Oeffnung besass, unterhalb deren die Fläche 2 lag. Der Abstand dieser Fläche von den Kugeln, zwischen welchen die Funken übersprangen, betrug 40 bis 50^{mm} . Nachdem die Holtz-

sche Maschine 5 Minuten lang gedreht worden, und eine Anzahl Funkenentladungen zwischen den Kugeln stattgefunden hatte, zeigte sich auf der Fläche 2 bereits eine positive Spannung von $+ 2$ Skth.

Dagegen wollte es nicht gelingen, eben diese Fläche durch die Belichtung mit einer Geissler'schen Röhre elektrisch zu machen. Um die Bestrahlung mit diesem elektrischen Lichte möglichst stark herzustellen, hatte ich eine spiralförmig gewundene möglichst luftleere Röhre anfertigen lassen; die Windungen (acht an der Zahl) lagen dicht neben einander in einer Ebene, und unter der Mitte der Spirale wurde der Krystall ebenso wie bei dem vorhergehenden Versuche aufgestellt. Den elektrischen Strom lieferte ein grosser Ruhmkorff'scher Inductionsapparat. Stand die Fläche des Krystalles gar zu nahe unter der Spirale, so trat eine directe Elektrisirung ein; bei etwas grösseren Abständen blieb aber die Fläche unelektrisch, obwohl die durch die Bergkrystallplatte verschlossene Oeffnung im Deckel des Cylinders beträchtlich grösser war, als in dem vorhergehenden Versuche.

Krystall No. 3. Fig. 3 A und 3 B. Taf. I.

Der aus Weardale in Durham stammende Krystall No. 3 bestand wesentlich aus zwei verwachsenen Individuen von nahe gleicher Grösse, von denen eines in der Zeichnung als Hauptkrystall betrachtet werden musste. Die Flächen des letzteren oder die an ihre Stelle getretenen Bruchflächen sind mit den Zahlen 1 bis 6 bezeichnet worden. In die Zeichnung habe ich vorzugsweise die auf diesen Flächen gemachten Messungen eingetragen; die auf den anderen Krystall bezüglichen haben nur Aufnahme gefunden, wenn dessen Flächen sich in der Abbildung in hinreichender Grösse darstellten.

Der Krystall No. 3 ist derselbe, welcher in der vorläufigen Mittheilung unter No. II beschrieben, und von welchem auf der jener Anzeige beigefügten Tafel vier Flächen abgebildet worden sind. Seine Masse erscheint tief dunkelgrün gefärbt.

An dem als Hauptkrystall betrachteten Individuum sind die Flächen 1, 4 und 6 in grösseren, die Flächen 5 und 2 in kleineren Theilen ausgebildet, während an die Stelle der Fläche 3 Bruchflächen, welche in der Masse des zweiten Individuums liegen, getreten sind.

Auf den Würfflächen finden sich die Flächen eines flachen Pyramidenwürfels, oder es sind vielmehr die zuvor als in einiger Grösse ausgebildet bezeichneten Flächen keine Würfflächen, sondern die sehr ungleich ausgebildeten Flächen eines sehr flachen Pyramidenwürfels. Manche dieser Flächen sind so an eine Ecke gedrängt, dass man sie bei flüchtigem Ansehen für eine auf die Ecke aufgesetzte flache Abstumpfungsfäche halten könnte. An manchen Würfelkanten tritt infolge der Flächen des Pyramidenwürfels die Abweichung vom rechten Winkel sehr auffällig hervor.

Fig. 3 A stellt die nach der Belichtung, Fig. 3 B die beim Erkalten beobachteten elektrischen Spannungen dar.

Wenn die ganze Fläche 4 frei liegt, so lässt sich nach der Belichtung in der linken oberen Ecke *a*, welche vollkommen scharf ausgebildet ist, die positive Spannung nicht wahrnehmen; dieselbe tritt aber, wie Fig. 3 A' zeigt, daselbst auf, wenn alle übrigen Theile der Fläche mit Ausnahme der in Rede stehenden Ecke mit Kupferfeilicht überdeckt werden.

In der Mitte der Fläche 6 wird beim Erkalten (Fig. 3 B) die positive Elektrizität infolge der Wirkung der umliegenden negativen Regionen nicht sichtbar; sie ist aber durch die Abnahme der negativen vom Rande (-4) nach der Mitte hin ($-1,5$) deutlich angezeigt. Die Gestaltung der Fläche macht es jedoch unmöglich, diese Stelle allein frei zu lassen und alle übrigen Theile mit Kupferfeilicht zu bedecken.

Schliesslich mögen hier noch einige bereits in der vorläufigen Mittheilung angeführte Beobachtungen eine Stelle finden.

Als das Licht des Himmels nach dem Durchgange durch eine Lösung von schwefelsaurem Chinin in Wasser die Fläche 4 traf, zeigte sich nach 10 Minuten langer Belichtung in der Mitte dieser Fläche nur eine Spannung von $-0,9$ Skth., nach weiteren 15 Minuten stieg dieselbe auf $-1,5$ und nach abermals 10 Minuten auf $-2,3$ Skth.

Nachdem die Chininlösung durch eine Alaunlösung ersetzt worden, erlangte in 10 Minuten die Mitte der Fläche die Spannung -7 Skth.; nach Ersetzung dieser letzteren Lösung durch ein tief dunkelblaues Kobaltglas stieg dieselbe in 18 Minuten bis -11 Skth.

Krystall No. 4. Fig. 4 A und 4 B. Taf. I.

Der Krystall No. 4 besteht, wie der vorhergehende, aus zwei fast gleichgrossen Individuen, und gleicht demselben auch in der Beschaffenheit seiner Flächen und seiner Masse. Der Krystall ist bereits in der vorläufigen Mittheilung unter No. III aufgeführt worden.

An dem in der Zeichnung als Hauptkrystall behandelten Individuum sind grössere Theile der Flächen 1, 4 und 6 vorhanden; von der Fläche 5 ist dagegen nur ein kleiner Theil sichtbar. Die Fläche 2 ist mangelhaft ausgebildet und zum Theil durch Bruch ersetzt; an Stelle der Fläche 3 finden sich nur Bruchflächen.

Die neben den Flächen 3 und 4 des Hauptkrystalles gezeichnete Fläche β ist eine und dieselbe Fläche des zweiten Individuums, welche in beiden Lagen sichtbar ist. In die neben 3 abgebildete Fläche β sind die Beobachtungen eingetragen worden, welche in der als 3 gezeichneten Lage gemacht wurden. Dagegen habe ich die neben 4 gesetzte Abbildung eben dieser Fläche β benutzt, um diejenigen Beobachtungen einzuschreiben, welche in einem speciellen Versuche, bei welchem die Fläche β horizontal lag und alle übrigen Theile des Krystalles mit Kupferfeilicht bedeckt waren, gemacht wurden. Bei der Belichtung war an dem rechten Rande der neben 4 gezeichneten Fläche β infolge der stark negativen Mitte die positive Elektrizität nicht wahrzunehmen, wenn, wie bei dem zuletzt erwähnten Versuche, die ganze Fläche β frei lag. Diese positive Spannung trat dagegen in einem zweiten Versuche, bei welchem nur der rechte Rand der Fläche β frei, alle übrigen Theile aber bedeckt waren, sofort hervor. Bei der Abkühlung (Fig. 4 B) erschien die entsprechende negative Polarität an dem rechten Rande auch schon bei ganzer freier Fläche β .

Krystall No. 5. Fig. 5 A und 5 B. Taf. I.

Der Krystall No. 5 bildete ursprünglich mit dem Krystalle No. 3 eine grössere Druse, und war von mir durch Abbrechen getrennt worden*); er gleicht also demselben völlig in Bezug auf die Farbe seiner Masse und die Beschaffenheit seiner Flächen und Kanten.

*) Auffallend ist die Leichtigkeit, mit welcher sich meistens die aneinandergewachsenen Flusspathkrystalle von einander trennen lassen.

Fig. 5 A stellt die nach dem Belichten, und Fig. 5 B die beim Erkalten beobachteten elektrischen Spannungen dar.

Die elektrischen Spannungen nach dem Belichten zeigen im Allgemeinen gerade das entgegengesetzte Vorzeichen, als beim Erkalten; nur auf dem mittleren und unteren Theile des linken Randes der Fläche 2 vermochte nach dem Belichten die negative Elektrizität nicht hervorzutreten, während die ihr entsprechende positive beim Erkalten erschien.

Bei Annäherung der Spitze des Platindrahtes an die rechte obere Ecke der Fläche 4 (an *c*) zeigte sich nach dem Belichten bei ganzer freier Fläche infolge der stark negativen Umgebung noch ein schwacher negativer Ausschlag; als dagegen die ganze Fläche mit Ausnahme dieser Ecke bedeckt war, trat auf dieser Ecke nach einem 16 Minuten langen Aussetzen ans Tageslicht bereits eine positive Spannung von $+ 4$ Skth. auf.

Die Fläche 4 dieses Krystalles wurde noch zu einer Reihe specieller Versuche benutzt.

Als in einem Versuche die Mitte derselben durch Belichtung die elektrische Spannung $- 41$ Skth. zeigte, wurde die Fläche mehrere Male angehaucht, um durch den Beschlag die Elektrizität zu beseitigen, und dann ins Dunkle gestellt. Aber auch nach längerer Zeit zeigte sich kein Uebergang ins Positive.

Sodann wurde dieselbe Fläche benutzt, um die bei steigender Erwärmung auftretenden Elektricitäten direct zu beobachten. Der Krystall wurde in Kupferfeilicht, welches auf dem kleinen neben dem Elektrometer befindlichen Ofen lag, so eingesetzt, dass nur die Fläche 4 frei blieb. Beim Erhitzen erschien in der Mitte dieser Fläche negative Elektrizität, welche nach 15 Minuten dauernder Erhitzung, wobei aber wohl in keinem Theile des Krystalles die Temperatur über 400° gestiegen war, die Intensität $- 2,7$ Skth. erreichte. Nachdem diese Elektrizität durch eine Alkoholflamme beseitigt, wurde der Krystall im Dunkeln der Abkühlung überlassen; nach einer Stunde zeigte die Mitte der Fläche $+ 5$ Skth.

Bei einer (nach Entfernung der eben bezeichneten Elektrizität) neuen, etwas stärkeren Erhitzung stieg in der Mitte der Fläche die Spannung auf $- 4$ Skth.

Analoge Resultate wurden am folgenden Tage bei Wiederholung der vorstehend beschriebenen Versuche erhalten.

Die Fläche 1 wurde ferner dem Lichte der zwischen den beiden mit Leydener Flasche verbundenen Conductoren der Holtz'schen Maschine (s. S. 236) überschlagenden Funken ausgesetzt; nach einer 7 Minuten langen Drehung der Maschine zeigte die Mitte der Fläche — 1,9 Skth.

Schliesslich mögen hier noch einige Mittheilungen über das Anhaften und Eindringen der Elektrizität an den Flussspathkrystallen folgen.

Die Fläche 1 des in Kupferfeilicht eingesetzten Krystalles wurde mit einem feinen Haarpinsel überstrichen, wodurch sie positive Elektrizität annahm, sodann in diesem Zustande ins Dunkle gestellt und bis zum anderen Tage darin gelassen. Es fand sich nun an diesem Tage auf der Fläche 1 noch eine elektrische Ladung, welche das Goldblättchen des Elektrometers ganz aus dem Gesichtsfelde trieb. Nach dem Bestreichen und Abblasen mit einer Alkoholflamme entwickelte sich wieder eine positive Spannung, die sehr bald auf + 9 und nach 20 Minuten bis + 36 Skth. stieg.

Eine 20 Minuten dauernde Einsetzung in den 100° heissen Ofen verringerte, weil sich stets noch neue Reste der früheren positiven Elektrizität frei machten, die Spannung in der Mitte der Fläche nur auf + 28 Skth., die dann wieder auf + 34 Skth. stieg. Nach 12 Minuten langem Aussetzen an trübes Tageslicht, wodurch also negative Elektrizität entwickelt wurde, sank jener positive Ausschlag auf + 11,5 Skth., und stieg nach 12 Minuten langem Stehen im Dunkeln wieder bis + 12,5 Skth. Eine neue, 10 Minuten dauernde Belichtung erzeugte jetzt in der Mitte der Fläche die Spannung von — 6 Skth., die nach dem Verweilen von 1 Stunde 20 Minuten im Dunkeln, infolge des immer noch hervortretenden Restes der ursprünglichen starken positiven Elektrisirung, bis — 0,9 abnahm und beim Stehen im Dunkeln bis zum folgenden Tage wieder auf + 3 Skth. gestiegen war.

Krystall No. 6. Fig. 6 A und 6 B. Taf. I.

Den aus Weardale stammenden Krystall habe ich von einer schönen Druse, die ich von meinem Collegen Herrn Professor A. Mayer er-

halten, abgelöst. Er besteht fast aus einem einzigen Individuum. Die Flächen 1 und 5 sind vollständig, die Flächen 2, 4 und 6 fast vollständig vorhanden, während von der Fläche 3 nur der obere Theil gut ausgebildet ist.

Die Masse des Krystalles ist weniger dunkel gefärbt als bei den vorhergehenden Krystallen; sie sieht durch die Beimengung des blauen Fluorescenzlichtes etwas schmutzig grünblau.

Fig. 6 A gibt die Beobachtungen nach dem Belichten, Fig. 6 B die Beobachtungen bei dem nach einer vorhergegangenen Erhitzung bis 100° eingetretenen Erkalten.

Krystall No. 7. Fig. 7 A und 7 B. Tafel II.

Die Masse des Krystalles No. 7 ist dunkler grün gefärbt als die des vorhergehenden, aber nicht klar, sondern etwas trübe. Der Gesamtkrystall besteht aus mehreren in paralleler Stellung verwachsenen Individuen; auf den Flächen 3, 4 und 6 finden sich ausserdem andere kleinere Krystalle in verschiedenen Stellungen aufgewachsen.

Fig. 7 A enthält die nach dem Belichten, Fig. 7 B die nach dem Erkalten gemachten Beobachtungen.

Die Fläche 4 dieses Krystalles wurde zu Versuchen mit der Bestrahlung durch das elektrische Kohlenlicht benutzt. Der Kürze wegen führe ich im Folgenden nur die in der Mitte derselben beobachteten Ausschläge an.

Nachdem die Krystallfläche 4 eine Minute lang in einem Abstände von ungefähr 300^{mm} von den Kohlenspitzen der Strahlung des elektrischen Lichtes ausgesetzt worden, zeigte die Mitte derselben die Spannung — 7; nach nochmaligem gleich langem Bestrahlen stieg dieselbe auf — 11,5 Skth. Ich bemerke, dass die in Fig. 7 A etwas oberhalb der Mitte eingetragene Spannung — 4 Skth. durch ein 13 Minuten langes Aussetzen an das Himmelslicht bei bedeckter Sonne (25. August Morgens zwischen 8—9 Uhr) erhalten wurde.

Als die Krystallfläche bei Wiederholung des Versuchs mit dem elektrischen Kohlenlichte in gleichem Abstände von den Kohlenspitzen an eine etwas stärker beleuchtete Stelle*) gebracht wurde, erzeugte die Bestrahlung von 1 Minute schon die Spannung — 11 Skth.

*) Durch die Aushöhlung der oberen positiven Kohle geht die stärkste Strahlung etwas abwärts.

Die unelektrisch gemachte Fläche 4 wurde wieder an dieselbe Stelle gebracht wie zuvor, aber zwischen sie und die Kohlenspitzen eine parallelepipedische mit einer Lösung von schwefelsaurem Chinin in Wasser gefüllte Glasflasche gestellt, so dass das Licht, ehe es den Krystall traf, eine Schicht dieser Lösung von 40^{mm} Dicke zu durchdringen hatte. Nach einer Bestrahlung von 2 Minuten Dauer zeigte die Mitte nur die Spannung — 1,3 Skth. Dagegen stieg dieselbe, als die Lösung des schwefelsauren Chinins durch destillirtes Wasser ersetzt wurde, nach einer Bestrahlung von 2 $\frac{1}{4}$ Minuten Dauer auf — 10 Skth.

Bei diesem letzten Versuche hatte der Krystall eine etwas andere Lage als bei den früheren; das Kästchen, in welchem er eingesetzt ruhte, war um 90° gedreht worden. Infolge dieser Aenderung in der Bestrahlungsweise trat in der rechten oberen Ecke der Fläche 4 (bei *c*) eine positive Spannung von + 4 Skth. auf.

Die Fläche 4 zeigte im oberen gut ausgebildeten Theile des rechten Randes positive Spannung. Links neben der in Fig. 7 A mit $\alpha \beta$ bezeichneten Linie lag eine ziemlich grosse, sehr ebene Durchgangsfläche. Bei specieller Prüfung fand sich auf derselben, nachdem sie 1 Minute dem elektrischen Kohlenlichte ausgesetzt war, überall negative Polarität, deren Spannung von der Linie $\alpha \beta$ nach links hin zunahm.

Nachdem ich die Prüfung der Flussspathkrystalle auf ihr thermoelektrisches Verhalten fast beendet, und dabei jede Steigerung der Temperatur über 100° C. sorgfältig vermieden hatte, um nicht durch eine zu starke Erhitzung die photoelektrische Erregung derselben zu schädigen, beschloss ich, doch wenigstens einen der Krystalle, auch auf die Gefahr hin, ihn für fernere Untersuchungen unbrauchbar zu machen, höheren Wärmegraden auszusetzen, um den Einfluss derselben auf die thermo- und photoelektrischen Vorgänge zu erforschen, und ich wählte dazu den Krystall No. 7, dessen Verlust um so leichter zu ertragen gewesen wäre, weil er bei den vorhergehenden Beobachtungen nur eine mässige photoelektrische Erregung gezeigt hatte.

Der Krystall No. 7 wurde in Kupferfeilicht eingesetzt, so dass die Fläche 4 frei blieb, darauf so lange bis 170° C. erhitzt, dass man die Temperatur in allen seinen Theilen als nahe gleich betrachten konnte, und dann im Dunkeln der Abkühlung überlassen. Die

thermoelektrische Spannung zeigte sich etwas grösser als früher, wo er nur bis 400° C. erhitzt worden war. Etwas unterhalb der Mitte der Fläche 1, wo in Fig. 7 B die Spannung $+ 4,4$ Skth. steht, wurde jetzt ein Ausschlag von $+ 2,0$ Skth. beobachtet.

Bei dem Belichten stellte sich aber ein ganz unerwartetes Resultat heraus. Ich hatte den Krystall, nachdem er von der zuvor erwähnten Erhitzung bis 470° abgekühlt war, durch Abblasen mit einer Alkoholflamme unelektrisch gemacht, sodann mit der freien Fläche 1 dem trüben Tageslichte ausgesetzt, und 1 Stunde 20 Minuten darin stehen lassen. Zu meinem Erstaunen fand ich eine ganz ausserordentlich starke photoelektrische Erregung; ich habe dieselbe in Fig. 7 A' eingetragen.

Die in Fläche 1 der Fig. 7 A eingezeichneten elektrischen Spannungen waren durch ein Aussetzen von 13 Minuten an trübes Tageslicht erzeugt worden. Als ich jetzt, also nach der Erhitzung bis 470° und der vorhin beschriebenen starken photoelektrischen Erregung, den völlig unelektrisch gemachten Krystall ebenfalls 13 Minuten ins Tageslicht*) stellte, erhielt ich die in Fig. 7 A'' eingetragene elektrische Erregung. Ein ähnliches Resultat ergab nach einigen Tagen ein neues 14 Minuten dauerndes Aussetzen ans Tageslicht; anstatt $- 45$ Skth. (Fig. 7 A'') erhielt ich in der Mitte der Fläche die Spannung $- 48$ Skth., und ebenso waren auf den übrigen Theilen der Fläche 1 die Spannungen entsprechend gestiegen.

Die Eigenschaft der Fläche 1, durch den Einfluss des Lichtes elektrisch zu werden, war also durch die vorhergegangene Erhitzung bis 470° wesentlich erhöht worden.

Bei der eben erwähnten Erhitzung hatte die Fläche 1 frei an der Luft gelegen; dagegen waren die übrigen Flächen des Krystalles mit Kupferfeilicht bedeckt gewesen. Eine Untersuchung dieser letzteren Flächen auf ihr photoelektrisches Verhalten zeigte keine so beträchtliche Zunahme der Erregbarkeit durch das Licht, wie sie auf der Fläche 1 beobachtet worden; hat überhaupt eine Zunahme derselben stattgefunden, so ist dieselbe nicht bedeutend gewesen.

Ich wage für jetzt nicht zu entscheiden, durch welchen Umstand

*) Der Himmel war während dieser Zeit ziemlich wolzig; doch brach auch wohl auf einige Augenblicke die Sonne durch; der Krystall stand aber gegen die Sonnenstrahlen im Schatten.

dieser Unterschied in den Aenderungen der Erregbarkeit auf der Fläche 4 und den übrigen Flächen hervorgerufen worden. Er könnte erzeugt sein dadurch, dass die Fläche 4 beim Erhitzen oben gelegen, oder dadurch, dass sie von der Luft berührt wurde, während die übrigen mit Kupferfeilicht bedeckt waren; es könnte aber auch auf der Fläche 4 infolge von früherer Lichteinwirkung die photoelektrische Erregbarkeit in stärkerem Grade als auf den benachbarten Flächen geschwächt gewesen und durch die Erhitzung nur eine Annäherung an den früheren Zustand wieder hergestellt worden sein.

Krystall No. 8. Fig. 8 A und 8 B. Taf. II.

Der dem Freiburger Museum gehörige Krystall No. 8 ist in seiner Masse nicht ganz so dunkelgrün wie die Krystalle No. 4 bis 5. Von allen sechs Würfelflächen sind mehr oder weniger grosse Theile vorhanden; jedoch sind die in Fig. 8 A und B gezeichneten Flächen keine Würfelflächen, sondern diese letzteren werden vielmehr durch die Flächen eines sehr stumpfen Pyramidenwürfels vertreten. Auf den Kanten liegen ausserdem noch sehr schmale Flächen eines weniger stumpfen Pyramidenwürfels. Die Streifungen der Würfelflächen (Flächen des stumpfen Pyramidenwürfels) gehen (oft etwas gebogen) den Würfelmanten parallel. Der Krystall war mit dem Theile der Fläche 3 aufgewachsen gewesen, wo in Fig. 8 A + 16,5, + 21 und + 13 steht.

Fig. 8 A stellt die nach dem Belichten, Fig. 8 B die nach dem Erkalten gemachten Beobachtungen dar. Die Fläche 1 hatte 30 Minuten*), die Fläche 2 20 Min., die Fläche 3 15 Min., die Fläche 4 30 Min., die Fläche 5 17 Min. und die Fläche 6 22 Min. im Tageslichte gestanden; an den verschiedenen Tagen, an welchen die Versuche ausgeführt wurden, war aber die Intensität des Tageslichtes nicht gleich; bei Prüfung der Fläche 5 war der Himmel zum Theil trübe, und das Licht musste erst das Glas einer Fensterscheibe durchdringen.

Auffällig ist der grosse Unterschied in der Stärke der negativen Polarität auf der Fläche 4 und auf der Fläche 1; indess lässt sich

*) Bei diesem Versuche war der Himmel trübe; doch waren aber auch zeitweilig die Sonnenstrahlen durch die Wolkenlücken gedrungen und hatten die Fläche 1 getroffen.

gegenwärtig der Grund davon nicht mit Bestimmtheit angeben, da der Krystall nicht frisch aus der Grube genommen untersucht worden ist. Bereits in der vorläufigen Mittheilung habe ich nämlich hervorgehoben, dass durch starke Bestrahlung die Eigenschaft, durch das Licht elektrisch zu werden, geschwächt wird. Es wäre daher wohl möglich, dass die Fläche 4 des Krystalls No. 8 vielleicht während seiner Aufstellung in einem Glaskasten dem Lichte mehr ausgesetzt gewesen als die Fläche 4; denn jedenfalls wird der Krystall in das Pappkästchen so gelegt worden sein, dass seine vollkommenste Fläche 4 sichtbar geworden. Durch solchen Umstand würde die Schwäche der negativen Elektricität auf dieser Fläche 4 erklärlich sein. Die Schwächung könnte jedoch auch von der Einwachsung des zweiten kleineren Krystalles herrühren.

Die an dem unteren Rande verbrochene Fläche 6 erscheint, wenn der ganze noch vorhandene Theil frei liegt, beim Belichten überall positiv, und beim Erkalten negativ. Eine genaue Durchsicht der Zahlenwerthe lässt aber schon erkennen, dass beide Polaritäten am oberen Rande stärker sind als am unteren. Dieser untere Theil stösst an die Anwachsungsstelle auf der Fläche 3, und es stellt der vorhandene Theil der Fläche 6 gewissermassen nur den Rand derselben dar. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass die am unteren Rande der Fläche 6 zu erwartende Polarität (negativ nach dem Belichten, und positiv nach dem Erkalten) nur durch die sehr starke entgegengesetzte des oberen Randes verdeckt worden ist. Und in der That, als in einem speciellen Versuche die Fläche 6 mit Ausnahme eines schmalen Streifen an dem unteren verbrochenen Rande mit Kupferfeilicht bedeckt wurde, zeigte dieser allein frei liegende Streifen, nachdem er eine Minute lang dem elektrischen Kohlenlichte ausgesetzt gewesen, eine negative Spannung bis zu -2 Skth.

Ich habe oben auf den beträchtlichen Unterschied in der Intensität der auf den Flächen 4 und 4 durch das Licht hervorgerufenen Elektricitäten aufmerksam gemacht und dabei angedeutet, dass möglicherweise die schwache Erregung der Fläche 4 die Folge eines längeren Aussetzens an das Licht sein könne. Es stand daher zu hoffen, dass, da eine Erhitzung bis über 150° C. bei dem früher untersuchten Krystalle No. 7 sich für die Verstärkung der photoelektrischen Eigenschaft vortheilhaft erwiesen hatte, auch auf der Fläche 4

des vorliegenden Krystalles eine ähnliche Erhöhung ihrer Erregbarkeit durch das Licht sich werde gewinnen lassen.

Der Krystall No. 8 wurde bis auf die Fläche 1 in der gewöhnlichen Weise in Kupferfeilicht eingehüllt, und ungefähr 1 Stunde bis 457° erhitzt. Nach dem Erkalten und dem Entfernen der dabei hervorgetretenen Elektrizität wurde er 32 Minuten hindurch dem Tageslichte ausgesetzt; der Himmel erschien dabei grauweiss, bisweilen brachen die Sonnenstrahlen durch die Lücken zwischen den Wolken, trafen jedoch die Fläche 1 nicht, die vielmehr gegen sie im Schatten stand. Bei der Prüfung beobachtete ich dann die in Fig. 8 A' eingetragenen Spannungen, die sehr beträchtlich grösser sind als die früher beobachteten und in Fig. 8 A verzeichneten.

Krystall No. 9. Fig. 9 A und 9 B. Taf. II.

Der Krystall No. 9 gleicht in der Beschaffenheit seiner Masse dem Krystalle No. 7, neben welchem er auch ursprünglich angewachsen war. Von Krystallflächen ist nur die Fläche 1 ziemlich vollständig, wenn auch mangelhaft ausgebildet, vorhanden; von den Flächen 5 und 4 finden sich etwas grössere, von den Flächen 6 und 2 etwas kleinere Theile. Von der Krystallfläche 3 ist nur ein sehr geringer Rest sichtbar; die übrige Begrenzung auf dieser Seite wird durch eine Bruchfläche gebildet, in deren Mitte die grüne Farbe der Substanz ins Weissliche übergeht.

Da es mir von grossem Interesse erschien, die thermoelektrischen Eigenschaften der Flussspathkrystalle mit den photoelektrischen unmittelbar zu vergleichen, so hatte ich sämtliche möglichst vollkommen ausgebildete Krystalle, um ihr thermoelektrisches Verhalten kennen zu lernen, bis 400° C. erhitzt; und zwar war dies geschehen, bevor ich auf den merkwürdigen Einfluss aufmerksam geworden war, welchen eine Erhitzung bis 450 und 480° C. auf die photoelektrische Erregbarkeit der Flussspathkrystalle ausübt.

Es lag nun aber die Frage nahe, ob nicht auch bereits eine geringere Erhitzung als die eben angegebene einen begünstigenden Einfluss ausüben könne. Für die Beantwortung dieser Frage besass ich infolge der zuvor erwähnten thermoelektrischen Prüfungen der besseren Krystalle nur noch geringes Material, welches wenigstens durch mich, und wahrscheinlich auch früher, keiner höheren Tempe-

ratur ausgesetzt worden war. Zu den wenigen, wegen der mangelhaften Ausbildung ihrer Flächen zurückgestellten, und also nicht erhitzten Krystallen gehörte der vorliegende Krystall No. 9.

Die Fläche 1 dieses Krystalles wurde 10 Minuten lang dem Tageslichte ausgesetzt (um 3 Uhr 30 Min. Nachmittags); am Himmel standen sehr zahlreiche grauweisse Wolken, durch deren Lücken bisweilen die Sonne hindurchschien; der Krystall befand sich jedoch im Schatten gegen die Sonnenstrahlen. Durch die 10 Minuten dauernde Belichtung wurden diejenigen elektrischen Spannungen erzeugt, welche ich in Fig. 9 A' in die Abbildung der Fläche 1 eingetragen habe.

Darauf wurde der Krystall in Kupferfeilicht so eingesetzt, dass die Fläche 1 frei blieb, und nur bis 80° C. erwärmt. Nach 15 Minuten Abkühlung untersucht, gab er die in Fig. 9 B eingeschriebenen thermoelektrischen Spannungen.

Unmittelbar darauf (4 Uhr 40 Min.) wurde der Krystall, nachdem die durch die Erkaltung erzeugte Elektrizität mittelst der Alkoholflamme entfernt war, wieder 10 Minuten an demselben Orte, wie zuvor, dem Tageslichte ausgesetzt. Der Himmel war etwas grauer geworden und die Sonne brach nicht durch die Wolken; auch war ihre Wirkung überhaupt durch ihre geringere Höhe über dem Horizonte etwas vermindert worden. Trotzdem zeigte die Fläche 1 eine wesentlich erhöhte Erregbarkeit; ich fand die in Fig. 9 A (Fläche 1) eingetragenen elektrischen Spannungen. In der Mitte der Fläche 1 war also die Intensität von -7 auf -13 Skth. gestiegen.

Es wäre nicht unmöglich gewesen, dass diese Verstärkung der elektrischen Spannungen dadurch hervorgerufen worden, dass der Krystall bei dem zweiten Aussetzen ans Tageslicht 10 bis 15° C. wärmer war als bei dem ersten. Um zu entscheiden, ob dieser Umstand (eine 10 bis 15° höhere Temperatur) für sich im Stande sei, einen Einfluss auf die Stärke der durch Belichtung erzeugten elektrischen Spannungen auszuüben, wurde der Krystall am andern Morgen (8 Uhr 40 Min.) wieder 10 Minuten dem Tageslichte ausgesetzt, und in der Mitte der Fläche 1 die Spannung $-10,7$ Skth. beobachtet. Darauf wurde der Krystall eine Stunde lang in das bis 39° C. erwärmte kupferne Gefäss gestellt, und sodann (10 Uhr) von Neuem ins Tageslicht gebracht; es wurde jetzt in der Mitte die Span-

nung — 11,5 Skth. gefunden. Der Himmel war seit dem ersten Versuche ziemlich unverändert geblieben; der höhere Stand der Sonne erklärt jedoch hinreichend die geringe Zunahme um 1,5 Skth.

Die nach dem Erhitzen bis 80° C. beobachtete nicht unbeträchtliche Zunahme der photoelektrischen Spannungen ist also offenbar eine Folge dieser Erhitzung gewesen.

Bei dem Zustande des Krystalles, wie er nach der eben erwähnten Erhitzung bis 80° C. bestand, sind die in Fig. 9 A eingetragenen Beobachtungen ausgeführt worden. Die Flächen 1, 4 und 5 sind 10 Minuten, die Flächen 3 und 6 11 Minuten und die Fläche 2 12 Minuten dem Tageslichte ausgesetzt gewesen. Ich erinnere daran, dass bei der obigen Erhitzung nur die obere Fläche 1 frei die Luft berührte, während die übrigen Flächen von Kupferfeilicht bedeckt waren.

In Bezug auf die thermoelektrischen Vorgänge ist nur die Fläche 1 nach der Erhitzung bis 80° C. untersucht worden; die bei der Abkühlung nach dieser Erhitzung beobachteten Spannungen sind, wie bereits erwähnt, in Fig. 9 B eingetragen worden.

Krystall No. 10. Fig. 10 A und 10 B. Taf. II.

Der Fig. 10 abgebildete Krystall besteht hauptsächlich aus drei verwachsenen Individuen; die Masse derselben ist hellgrün gefärbt, ziemlich klar und durchsichtig. An dem in der Fig. 10 als Hauptkrystall behandelten Individuum sind etwas grössere Theile der Würfelflächen 1, 4 und 5 sichtbar, während von der Fläche 6 nur ein äusserst geringer Rest vorhanden ist. Alle übrigen Begrenzungen, soweit sie nicht Flächen der anderen beiden Individuen sind, werden von Bruchflächen gebildet.

Da der Krystall zum grössten Theile von Bruchflächen begrenzt wird, und auch von den Flächen 4 und 5 blos die Ränder erscheinen, so waltet auf seiner Oberfläche nach dem Belichten (Fig. 10 A) die positive, und nach dem Erkalten (Fig. 10 B) die negative Polarität vor. Nur auf der Würfelfläche 1 erscheint nach dem Belichten die negative und nach dem Erkalten die positive Spannung; dagegen tritt auf dem rechts von dieser Fläche liegenden angeschlagenen Durchgange des zweiten Individuums nach der Belichtung die positive Elektrizität auf. Auf der an die Stelle der Würfelfläche 3 ge-

tretenen Bruchfläche ist die Substanz nur weisslichgrün und ausserdem liegt in der Mitte der Bruchfläche noch eine kleine Bleiglanzmasse; dies erklärt die daselbst beobachtete geringe Stärke der Elektrizität.

Die früher an den Krystallen No. 4 und 5 über die elektrischen Vorgänge bei steigender Temperatur angestellten Versuche bezogen sich nur auf Krystallflächen; es schien mir nöthig, durch die Beobachtung den Beweis zu liefern, dass die Bruchflächen ebenfalls das entsprechende Verhalten zeigen. Ich wählte zu einer solchen die Fläche 2 des vorliegenden Krystalles, die sich durch ihre nicht zu geringe elektrische Erregung empfahl.

Der Krystall wurde auf dem kleinen neben dem Elektrometer befindlichen Ofen (S. 244) so in Kupferfeilicht eingesetzt, dass nur die Bruchfläche 2 frei lag; beim Erhitzen zeigte die Mitte dieser Fläche positive Elektrizität, die bis $+ 4,5$ Skth. stieg und beim Erkalten in die negative überging.

Darauf wurde der Krystall in eine kupferne Schale in Kupferfeilicht eingesetzt, so dass ebenfalls die Fläche 2 frei blieb. Als nun diese Schale mit dem Krystall 3 Minuten in einem bis 170° C. erhitzten Ofen gestanden hatte, zeigte die Mitte der Fläche sogleich nach dem Herausnehmen die positive Spannung von $+ 4$ Skth.

B. Im reflectirten Lichte violblau erscheinende Flussspäthe von Weardale und Alston Moor.

Die im reflectirten Lichte violblauen Flussspathkrystalle von Weardale und Alston Moor erscheinen im durchgehenden Lichte grünlich gefärbt. Diese grünliche Färbung ist meistens nur schwach und geht öfter ins Grauliche über. Bisweilen wechseln auch grüne Schichten mit rothen ab.

Krystall No. 44. Fig. 44 A und 44 B. Taf. II.

Der Krystall No. 44 stammt von Alston Moor. Die im reflectirten Lichte violblaue Färbung seiner Masse ist nicht sehr tief; an den verletzten Stellen auf der Fläche 4 erscheint die Farbe sogar fast weisslich; Flecken von weisslichem Aussehen umgeben auch den kleinen auf den Flächen 4 und 4 eingewachsenen Krystall. Im durch-

gehenden Lichte erscheint der Krystall grünlich. Die Fläche 1 ist fast ganz vollständig vorhanden; von den Flächen 2, 5 und 6 finden sich grössere gut ausgebildete Stücke; dagegen ist von der Krystallfläche 4 nur ein sehr schmaler Rest zu sehen, und der übrige Theil der Fläche 4, ebenso wie die Fläche 3, wird von Bruchflächen gebildet.

Die nach dem Belichten beobachteten Spannungen sind in die Zeichnung 11 A und die nach dem Erkalten gemessenen in die Zeichnung 11 B eingetragen. Bei der Belichtung hatte die Fläche 1 46 Minuten und die Fläche 3 47 Minuten in trübem Tageslichte gestanden; die Fläche 2 hatte sich 22 Minuten lang der durch Wolken bedeckten Sonne gegenüber befunden; die Fläche 5 war 20 Minuten und die Fläche 6 29 Minuten dem hellen Tageslichte ausgesetzt gewesen.

Die Krystallflächen erscheinen nach dem Belichten negativ, nach dem Erkalten positiv; die Bruchflächen zeigen ein entgegengesetztes Verhalten.

Wir haben schon früher gesehen, dass auf manchen Bruchflächen nach dem Belichten eine starke positive Spannung auftritt, z. B. auf Fläche 2 des Kryst. No. 2, auf den Flächen 2 und 3 des Kryst. No. 5, auf Fläche 3 des Kryst. No. 8. Auf der Fläche 3 des vorliegenden Krystalles No. 11 ist die positive Elektrizität sogar beträchtlich grösser als die negative auf den ausgebildeten Krystallflächen, und doch hatten die Flächen 1 und 3 fast gleich lange im trübem Tageslichte gestanden.

Der Krystall sass ursprünglich mit anderen kleineren Krystallen auf einer grösseren Gesteinsmasse, und wurde von mir losgebrochen, um ihn bequemer auf sein photo- und thermoelektrisches Verhalten prüfen zu können. Die als Projection der Fläche 3 gezeichnete Bruchfläche ist also eine frische Fläche, welche zuvor noch nicht dem Lichte ausgesetzt gewesen war; dagegen könnten die eigentlichen Krystallflächen allerdings mehr oder weniger Lichteinwirkungen empfangen haben, bevor das betreffende Handstück von mir erworben wurde, und dadurch ihre Empfindlichkeit gegen die Belichtung verringert worden sein. Nach vielen Beziehungen hin würde es überhaupt grosses Interesse haben, ganz frisch aus der Grube entnom-

mene und vor dem Einflusse jedes Lichtes sorgfältig geschützte Flussspathkrystalle zu untersuchen.

Krystall No. 12. Fig. 12 A und 12 B. Taf. II.

Der von Weardale stammende Krystall No. 12 ist derselbe, welchen ich in meiner vorläufigen Mittheilung unter No. I aufgeführt habe. Er besteht wesentlich aus zwei durchwachsenen Individuen, von denen in der Zeichnung das eine als Hauptkrystall behandelt ist. Die Farbe ist im reflectirten Lichte ziemlich tief violblau, nur an den verbrochenen Stellen wird sie fast weiss. Im durchgehenden Lichte erscheint der mittlere Theil grünlich; ihn umgiebt eine röthliche Schicht.

Die Würfelflächen sind, wie bei mehreren der früheren Krystalle, durch sehr ungleich grosse Flächen eines sehr stumpfen Pyramidenwürfels ersetzt; auf den Kanten liegen sehr schmale Flächen eines weniger stumpfen Pyramidenwürfels.

Die Fläche 1 ist fast ganz vorhanden; mässig grosse Theile erscheinen von den Flächen 4 und 5; von der Fläche 2 ist nur ein kleiner Theil übrig; an die Stelle des grössten Theiles dieser Fläche, sowie an die Stelle der Flächen 3 und 6 sind Bruchflächen getreten.

Auf der Fläche 1 dieses Krystalles wurde zuerst von mir, nachdem der Krystall bis 100° erhitzt und dann erkaltet war, eine positive Spannung von $+2$ Skth. wahrgenommen. Gestützt auf diese Beobachtung und auf die im Eingange dieser Abhandlung dargelegten Betrachtungen versuchte ich dann die Wirkung des Sonnenlichtes und erhielt in der That sehr beträchtliche elektrische Spannungen. In der Mitte der Fläche 1 stieg die negative Spannung, nachdem der Krystall einige Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen, bis -23 Skth. Am folgenden Tage wurde der zuvor unelektrisch gemachte Krystall von Neuem dem Lichte der etwas verschleierte Sonne ausgesetzt, und von Zeit zu Zeit die elektrische Spannung auf den verschiedenen Punkten der Fläche 1 gemessen. Diese Spannungen wuchsen mit der Dauer der Bestrahlung, und das Verhältniss der auf den verschiedenen Punkten gemessenen Spannungen blieb nahe dasselbe. Nach $1\frac{1}{4}$ Stunde hatte sich die Fig. 12 A' dargestellte elektrische Vertheilung auf der Fläche ausgebildet. Als unmittelbar darauf die in diesem Zustande befindliche Fläche noch einer kurzen Bestrahlung durch das mittelst einer kleineren Linse concentrirte Sonnenlicht aus-

gesetzt wurde, zeigten die elektrischen Spannungen die in Fig. 12 A" eingetragenen Grössen.

Nachdem bisher ausschliesslich das Sonnenlicht zur Erregung der elektrischen Spannungen verwandt worden, versuchte ich am dritten Tage die Wirkung des zerstreuten Tageslichtes; ich liess den Krystall 2 Stunden in demselben (geschützt gegen die Strahlen der Sonne) stehen und fand dann die in Fig. 12 A'" eingetragenen Werthe.

Am vierten Tage wünschte ich die starke elektrische Spannung, wie ich sie an den vorhergehenden Tagen bereits durch das Sonnenlicht erhalten hatte, noch weiter zu erhöhen, und setzte die Fläche 1 30 Minuten lang den Strahlen des durch eine ziemlich grosse Linse concentrirten Sonnenlichtes aus. Die kleine kupferne Schale, in welcher der Krystall in Kupferfeilicht eingebettet lag, war dabei so heiss geworden, dass ich sie kaum mit der Hand halten konnte. Bei der Prüfung nach dieser Bestrahlung zeigte der Krystall fast gar keine elektrische Spannung mehr; die durch die Belichtung noch erzeugte schwache negative Spannung wurde durch die infolge der Abkühlung des Krystalles entstehende positive neutralisirt.

Der Krystall war an den vorhergehenden Tagen gewöhnlich nach dem Belichten bis 100° erhitzt und längere Zeit auf dieser Temperatur erhalten worden, ohne dass eine merklich schwächende Wirkung auf die Entstehung der Elektrizität durch Belichtung wahrgenommen wurde. Die in dem vorhergehenden Versuche mit concentrirtem Sonnenlichte erfolgte ungemein grosse Schwächung der photoelektrischen Eigenschaft konnte also nicht durch die infolge der starken Bestrahlung entstandene Erhöhung der Temperatur hervorgerufen worden sein, sie musste eine Folge der Einwirkung der leuchtenden und der chemisch wirkenden Strahlen sein. Auch die oben S. 244 und 247 mitgetheilten Versuche mit den Krystallen No. 7 und No. 8 beweisen, dass selbst eine Temperatur von 170° die photoelektrische Erregung nicht schwächt, sondern sie vielmehr erhöht.

Seit jener Zeit habe ich die Fläche 1 des vorliegenden Krystalles wiederholt geprüft und dieselbe mannichfachen Behandlungen ausgesetzt; es ist mir aber bis jetzt durch kein Mittel gelungen, die frühere, für einen violblauen Krystall ausserordentlich hohe photoelektrische Erregbarkeit wieder herzustellen.

In Fig. 12 A sind in die Zeichnung der Fläche 1 diejenigen

Werthe eingetragen, wie sie bei dem infolge der vorher erwähnten Behandlung eingetretenen Zustande der Krystallfläche nach 48 Minuten langem Aussetzen an das Tageslicht gefunden wurden^{*)}. Als unmittelbar darauf die Fläche 1 in diesem Zustande noch 10 Minuten lang den directen Strahlen der Sonne ausgesetzt wurde, stiegen die negativen Spannungen noch etwas; die nach dieser Bestrahlung gemessenen Werthe sind in Fig. A^{IV} eingezeichnet worden. Man sieht, dass trotz der gegenwärtig viel grösseren Empfindlichkeit des Elektrometers keine elektrischen Spannungen von dem Betrage der früher (Fig. 12 A' und A'') beobachteten erhalten werden konnten.

Ja selbst durch eine Bestrahlung mittelst des elektrischen Lichtes liess sich die frühere Intensität der elektrischen Spannungen nicht wieder hervorrufen. Als die Fläche 1 den Strahlen dieses Lichtes 4 Minuten lang ausgesetzt wurde, fanden sich bei hoher Empfindlichkeit des Elektrometers nur die in Fig. 12 A^V verzeichneten Werthe.

Die in Fig. 12 A eingetragenen photoelektrischen Beobachtungen sind nach dem Aussetzen des Krystalles an das Tageslicht leider bei sehr verschiedenen Zuständen desselben und nach verschiedener Dauer gemacht worden. Die Fläche 1 hatte 48 Minuten, die Fläche 5 33 Minuten, die Fläche 2 25 Minuten, die Fläche 3 33 Minuten, die Fläche 4 38 Minuten und die Fläche 6 36 Minuten lang im Tageslicht gestanden, das aber bei Fläche 4 und 6 sehr trübe war.

Die positive Spannung, welche bei anderen Krystallen meist durch die Belichtung gerade auf den Bruchflächen in ziemlicher Stärke auftritt, erscheint auf den Bruchflächen 3 und 6 dieses Krystalles nur schwach; es hat dies seinen Grund in dem Umstande, dass, wie schon oben hervorgehoben, diese Bruchflächen fast weisslich erscheinen, also des Farbstoffes entbehren.

Da bei der Entstehung der Elektrizität auf der Oberfläche der Flussspathkrystalle der Farbstoff eine wichtige Rolle spielt, so versuchte ich schliesslich, ob sich die auf der Fläche 1 des vorliegenden Krystalles früher beobachtete hohe Erregbarkeit durch Einlegen in eine fluorescirende Flüssigkeit wiederherstellen würde. Nun zeigen aber die Flächen der Flussspäthe ein eigenthümliches Verhalten gegen

^{*)} Die in Fig. 12 A (Fläche 1) eingetragenen Werthe sind bei einer viel höheren Empfindlichkeit des Elektrometers erhalten worden, als die in Fig. 12 A''' eingeschriebenen.

Wasser; sie werden von demselben nicht benetzt*). Selbst wenn man die Fläche mit einer concentrirten Lösung von kohlen-saurem Natron, welche dieselbe benetzt, behandelt hat, so hört nach dem Abspülen dieser Lösung mit Wasser sofort die Benetzbarkeit durch letzteres auf. Alkohol und käufliches Benzol benetzen jedoch die Flächen.

Von Herrn Dr. Sachsse hatte ich eine Lösung von Chlorophyll in käuflichem Benzol erhalten; in dieser liess ich 14 Tage den Krystall No. 12 liegen. Bei der Unsicherheit der Abschätzung der Lichtwirkung vermag ich aber nur zu constatiren, dass nach dieser Behandlung wesentliche Aenderungen in dem Grade der Erregbarkeit durch das Licht auf der Fläche 1 nicht beobachtet werden konnten.

Die Versuche an dem Krystall No. 7 und No. 9 haben darauf hingewiesen, dass bei einer Erhitzung bis 170° C. nur die frei an der Luft liegende Fläche eine wesentliche Erhöhung ihrer Erregbarkeit durch das Licht gewann, dagegen die bedeckten Flächen eine gleich starke Erhöhung derselben nicht erfahren hatten. Um nun die Verhältnisse noch weiter zu ändern, hüllte ich den Krystall No. 12 vollständig (also ringsum) in Kupferfeilicht ein und erhitzte ihn so bis 180° . Nach dem Erkalten fand sich die Erregbarkeit noch weiter geschwächt.

Der Krystall ward jetzt wieder 9 Tage in die obenerwähnte Chlorophylllösung gelegt; die Fläche 1 erschien aber selbst nach einer 40 Minuten langen Bestrahlung durch die Sonne unelektrisch.

Der Krystall wurde dann, wie gewöhnlich, in Kupferfeilicht eingesetzt, so dass die Fläche 1 frei blieb, und bis 195° C. erhitzt. Nach dem Erkalten zeigte die Mitte der Fläche die Spannung $+ 1,2$. Darauf stellte ich den Krystall 18 Minuten der Sonne, die aber von Wolken bedeckt war, gegenüber und fand dann die in Fig. 12 A^{VI} eingetragenen Spannungen. Die Erhitzung der freiliegenden Fläche 1 hatte also wieder eine mässige Erregbarkeit auf derselben hervorgerufen.

Die in Fig. 12 B eingetragenen Beobachtungen sind nach einem Erkalten ausgeführt worden, welchem eine zur vollständigen Durch-

*) Mit diesem Umstande hängt wohl auch die ganz ausgezeichnete Isolation des Flussspathes zusammen.

dringung des Krystalles ausreichend lange Erhitzung bis 400° vorhergegangen war.

Krystall No. 13. Fig. 13 A und 13 B. Taf. II.

Der aus zwei durchwachsenen Individuen bestehende Krystall No. 13 gleicht in der Beschaffenheit seiner Krystallflächen dem Krystall No. 11 und stammt ebenso wie dieser von Alston Moor. Während er im reflectirten Lichte eine ziemlich dunkelblauviolette Farbe zeigt, erscheint er im durchgehenden Lichte im Allgemeinen grau-grünlich; jedoch liegt ungefähr 3^{mm} unterhalb der Fläche 1 und zwar mit ihr parallel eine schön grügefärbte Schicht, durch deren Mitte sich, ebenfalls parallel zur Fläche 1, ein dunklerer Streifen hindurchzieht. Oberhalb dieser grünen Schicht, nach der Fläche 1 hin, sieht die Substanz des Krystalles röthlich aus.

Die Fläche 1 des als Hauptkrystall betrachteten Individuums ist ziemlich vollständig vorhanden; von den Flächen 2, 4 und 5 finden sich grössere Theile, von der Fläche 6 nur ein geringer Rest; die an Stelle der Fläche 3 gezeichnete Projection stellt eine Bruchfläche dar, welche von der Substanz des zweiten Individuums gebildet wird. Von diesem zweiten Individuum sind drei Krystallflächen zum Theil vorhanden; die grösste derselben ist die mit α bezeichnete Fläche, welche infolge ihrer Lage gleichzeitig in den Projectionen der Flächen 4 und 5 sichtbar wird.

Fig. 13 A stellt die elektrischen Spannungen nach der Belichtung und Fig. 13 B bei der Erkaltung dar.

Die nach der Belichtung auftretenden Spannungen erreichen auf den Flächen 1, 2 und 3 eine ziemliche Stärke. Die in die Zeichnung der Fläche 1 aufgenommenen Spannungen wurden beobachtet, nachdem die Fläche 1 20 Minuten lang im Tageslichte gestanden hatte. Die Fläche 2 war 25 Minuten und vielleicht eben so lange auch die Fläche 3 dem trüben Lichte eines mit grauen Schneewolken bedeckten Himmels, das aber zeitweise durch etwas schwachen Sonnenschein unterbrochen wurde, ausgesetzt gewesen.

Die beim Erkalten beobachteten elektrischen Spannungen zeigen nur eine geringe Stärke.

Krystall No. 14. Fig. 14 A und 14 B. Taf. II.

Der Krystall No. 14 stimmt in den an ihm auftretenden Krystallformen mit den vorhergehenden überein; er besteht hauptsächlich aus zwei grösseren durchwachsenen Individuen, an welche sich auf den unteren Theilen zahlreiche kleine Flusspathwürfel angesetzt haben.

Von dem in den Zeichnungen Fig. 14 A und B vorzugsweise abgebildeten Hauptkrystalle sind grössere Theile der Krystallflächen 4 und 5, und kleinere Theile der Flächen 1, 2 und 3 vorhanden. An Stelle der Fläche 6 finden sich kleine aufgewachsene Krystalle und Bruchflächen derselben, weshalb dieselbe in die Zeichnungen gar nicht aufgenommen worden ist.

Auf den Flächen 3, 4 und 5 tritt die Photoelektricität in ziemlicher Stärke auf. Auf der Fläche 1 erscheint beim Erkalten (Fig. 14 B) nur negative Elektrizität; nach dem Belichten wurde dem entsprechend entweder auch bloss positive Spannung, oder unter etwas abgeänderten Verhältnissen die in Fig. 14 A eingetragene Vertheilung, bei welcher nur der Rand positiv erscheint, beobachtet. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, dass die beim Erkalten auf Fläche 1 auftretende negative Spannung nur die dem Rande angehörige ist; dies wird auch durch den Umstand bekräftigt, dass diese negative Spannung nach unten hin nicht so stark zunimmt, wie dieses stattfinden würde, wenn die negative Elektrizität der Mitte der Fläche 1 und nicht bloss ihrem Rande entspräche.

Krystall No. 15. Fig. 15 A und 15 B. Taf. III.

Der aus Weardale stammende Krystall gehört der Freiburger Sammlung und besteht vorzugsweise aus zwei durchwachsenen Individuen, von denen das grössere, in seinen Flächen am meisten ausgebildete, in Fig. 15 A und B dargestellt ist.

Im reflectirten Lichte zeigt der Krystall keine sehr tief violblaue Färbung; im durchgehenden Lichte, das jedoch nur an einigen kleinen Stellen beobachtet werden kann, erscheint die Substanz im Allgemeinen schwach graulich, nach aussen hin umgeben von einer röthlichen Schicht.

Die Fläche 1 ist vollständig vorhanden; von den Flächen 4, 5

und 6 finden sich grössere Stücke. Von der Fläche 2 ist allerdings ein grosser Theil vorhanden, jedoch mit kleinen Krystallen von Bleiglanz belegt. Die Stelle der Fläche 3 wird von Durchgangs- und Bruchflächen eingenommen; nur unten rechts erscheint der Rest einer Würfelfläche, welche einer Fortsetzung des grösseren Hauptkrystalles oder einem kleineren mit ihm in paralleler Stellung befindlichen angehört.

Fig. 15 A stellt die nach der Belichtung, Fig. 15 B die bei Erkaltung beobachteten elektrischen Spannungen dar.

Auf der sehr vollkommen ausgebildeten und auch vollständig vorhandenen Fläche 1 konnte auffälliger Weise weder durch das Tageslicht noch durch das directe Sonnenlicht, selbst als diese Fläche 42 Minuten lang in schwachem Sonnenschein gestanden hatte, eine wahrnehmbare Spur von Elektrizität erzeugt werden; erst durch die starke Strahlung des elektrischen Kohlenlichtes, das durch eine 40^{mm} dicke Schicht einer Alaunlösung gegangen war, entstand eine schwache negative Spannung; nach 1 Minute langer Bestrahlung durch dieses Licht zeigte die Mitte der Fläche — 1,3; nach einer 7 Minuten langen gleichen Bestrahlung war die Spannung daselbst nur bis — 2 Skth. gestiegen. Die nach dieser letzten Bestrahlung auf verschiedenen Punkten der Fläche 1 beobachteten Ausschläge des Elektrometers habe ich in Fig. 15 A' eingetragen.

Während nun diese Fläche 1 in dem vorliegenden Zustande gegen das Sonnen- und Tageslicht gar nicht empfindlich war, zeigte sie, wie die in Fig. 15 B eingetragenen Zahlenwerthe darthun, bei dem Erkalten, welches einer bis 400° gesteigerten Erhitzung folgte, elektrische Spannungen in einer Grösse, welche den auf den übrigen violblauen Krystallen beobachteten Spannungen gleichkommen.

Da der Krystall überhaupt nur schwach durch das Licht elektrisch erregt wurde, habe ich seine Flächen dem directen Sonnenlichte aussetzen müssen. Auf den Flächen 3, 5 und 6 wurde infolge dieser Bestrahlung eine elektrische Vertheilung beobachtet, wie solche Fig. 15 A nachweist. Auf der Fläche 4 konnten elektrische Spannungen mit Sicherheit nicht ermittelt werden; dagegen traten auf dieser Fläche 4, ebenso wie auf der Fläche 1, nach dem Erkalten die thermoelektrischen Spannungen in der gewöhnlichen Grösse auf. Meistentheils übertreffen die thermoelektrischen Spannungen

(Fig. 15 B) die durch das Sonnenlicht erzeugten photoelektrischen (Fig. 15 A).

Auffällig ist das thermoelektrische Verhalten der Fläche 4; nicht nur die der Fläche 1 anliegenden Theile dieser Fläche 4, sondern auch die weiter links liegende Fläche einer heraustretenden Verlängerung des Hauptkrystalles (oder eines andern mit ihm parallel liegenden Individuums), sowie die dazwischen liegende Fläche eines zweiten Flusspathkrystalles zeigen beim Erkalten negative Spannung von einer ziemlichen Stärke; und es trat diese Vertheilung bei oft wiederholten Versuchen hervor.

Auf der Fläche 2 konnten wegen ihrer Bedeckung mit kleinen Bleiglanzkrystallen photoelektrische und thermoelektrische Beobachtungen nicht ausgeführt werden.

Die Nichterregbarkeit der so vollkommen ausgebildeten Fläche 4 durch das Sonnenlicht rief die Frage hervor, ob diese schöne Fläche des immerhin ziemlich violblauen gefärbten Krystalles überhaupt von Ursprung an keine photoelektrische Eigenschaft besessen, oder ob sie dieselbe erst durch längeres Aussetzen an das Licht, oder durch andere Umstände verloren habe. Allerdings zeigen die übrigen Krystallflächen auch nur eine sehr mässige elektrische Spannung, welcher Umstand wohl zu der Ansicht führen könnte, dass der Krystall trotz seiner violblauen Färbung jene Eigenschaft auf der Fläche 4 nur in sehr geringem Grade besessen habe. Der Umstand jedoch, dass die stärkste photoelektrische Spannung (+ 3) auf der Fläche 6 gerade auf einer Stelle beobachtet wird, wo ein Durchgang hervortritt, der möglicher Weise erst später angeschlagen worden sein kann und seine Erregbarkeit also noch länger behalten hat, dürfte wohl auf eine früher vorhanden gewesene stärkere photoelektrische Erregbarkeit der Krystallfläche 4 hinweisen. Dabei bleibt aber freilich unerklärt, durch welche Einflüsse die Fläche 4 die Eigenschaft, durch die Bestrahlung mittelst des Sonnenlichtes elektrisch zu werden, so vollständig eingebüsst hat; denn das wiederholte Bestrahlen der Fläche 4 des Krystalles No. 12, sowie eine noch viel stärkere und länger dauernde Belichtung des nächstfolgenden Bruchstückes eines violblauen Flusspathkrystalles No. 16 hat jene Eigenschaft zwar sehr zu verringern, jedoch nicht völlig zu vernichten vermocht.

Nachdem ich dann aber gefunden, dass durch eine Erhöhung

der Temperatur bis 170° C. die photoelektrische Eigenschaft der Flussspathkrystalle erhöht werden konnte, setzte ich auch den vorliegenden Krystall No. 15 drei Viertelstunden lang einer Temperatur von 180° C. aus. Der Krystall war dabei so in das Kupferfeilicht eingehüllt, dass nur die Fläche 1 frei blieb.

Als der Krystall 1 Stunde lang im Dunkeln erkaltet, beobachtete ich auf der Fläche 1 die Fig. 15 B' dargestellte thermoelektrische Vertheilung. Die bei dem Erkalten jetzt hervortretende Spannung war grösser, als die früher nach dem Erhitzen bis 100° beobachtete und in Fig. 15 B eingetragene.

Darauf wurde die völlig unelektrische Krystallfläche 1 17 Minuten lang dem Sonnenlichte ausgesetzt, und entsprechend meiner Erwartung zeigte jetzt die Fläche 1, welche früher selbst nach einer 42 Minuten dauernden Bestrahlung durch schwaches Sonnenlicht nicht die geringsten Anzeichen von Elektrizität gegeben hatte, nicht unbedeutliche elektrische Spannungen. Dieselben sind in Fig. 15 A'' eingetragen worden. Ja selbst das blosse Tageslicht rief jetzt, wenn auch nur schwache Photoelektricität hervor. Als die unelektrisch gemachte Fläche 1 dem zerstreuten Tageslichte 1 Stunde 50 Minuten lang ausgesetzt worden, erhielt ich auf derselben die in Fig. 15 A''' eingeschriebenen Spannungen.

Darauf wurde der Krystall von Neuem während des Zeitraumes von einer Stunde einer Temperatur von 180° ausgesetzt. Als dann der abgekühlte und unelektrisch gemachte Krystall abermals 17 Minuten ins Sonnenlicht gestellt wurde, zeigte die Fläche 1 wieder nahe dieselben elektrischen Spannungen, die ich nach dem ersten starken Erhitzen beobachtet hatte; die Mitte derselben besass ebenso wie in Fig. 15 A'' die Spannung von — 3 Skth.

Durch diese Versuche dürfte die Ansicht, dass die Fläche 1 des Krystalles No. 15 ursprünglich eine, wenn auch vielleicht nicht grosse, photoelektrische Erregbarkeit besessen habe, eine weitere Stütze erhalten.

Krystall No. 16. Fig. 16 A und 16 B. Taf. II.

Das kleine, ziemlich stark sapphirblau fluorescirende Bruchstück No. 16 stammt von Alston Moor; es ist mit Ausnahme zweier Seiten,

welche Reste von Krystallflächen zeigen, von sehr unebenen Bruchflächen begrenzt; in Fig. 16 A und B bilde ich nur den grösseren Rest der einen Krystallfläche ab.

Das vorliegende Krystallbruchstück ist zahlreichen Prüfungen unterworfen worden; namentlich ist es dem einfachen und den durch Linsen concentrirten Sonnenlichte ausgesetzt worden, um nachzuweisen, dass auch bei ihm, ebenso wie bei dem Krystall No. 12 durch starke Belichtung die photoelektrische Erregbarkeit geschwächt wird.

Die Fläche 1 hatte 9 Minuten in dem Sonnenlichte gestanden und zeigte die in Fig. 16 A eingetragene elektrische Vertheilung. In diesem Zustande noch fernere 13 Minuten ins Sonnenlicht gestellt gab sie die Fig. 16 A' eingetragenen Spannungen.

Am anderen Tage wurde die Fläche 1 im Ganzen 40 Minuten dem Sonnenlichte ausgesetzt und dabei anfangs von 2 zu 2, später von 4 zu 4 Minuten die elektrischen Spannungen gemessen. Dieselben stiegen allmählich, und nach 40 Minuten wurde in der Mitte ein Ausschlag von — 12 Skth. beobachtet.

Nachdem die Fläche 1 dann noch mehrere Stunden von den Strahlen der Sonne beschienen worden, gab sie nicht mehr so grosse Ausschläge wie früher; noch mehr geschwächt wurde aber ihre Erregbarkeit, als sie dem durch eine grosse Linse concentrirten Sonnenlichte längere Zeit ausgesetzt gewesen war. Jetzt erzeugte ein mehr als anderthalb Stunden langes Bestrahlen durch die Sonne, die jedoch etwas verschleiert war, in der Mitte der Fläche nur die Spannung — 2,6, und selbst ein 1 Minute dauerndes Bestrahlen durch das elektrische Licht brachte nur einen Ausschlag — 0,6 hervor.

Eine Erhitzung bis 180° erhöhte auch auf der in dem eben beschriebenen Zustande befindlichen Krystallfläche die Erregbarkeit wieder. Nach dieser Erhitzung erzeugte ein Aussetzen von 12 Minuten an das Tageslicht in der Mitte derselben die Spannung von — 4,6; nachdem der mit dieser Vertheilung versehene Krystall noch weitere 7 Minuten im schwachen Sonnenlichte gestanden hatte, fand sich in der Mitte die Spannung — 3 Skth.

Die beim Erkalten nach jener Erhitzung bis 180° beobachtete Spannung stellt Fig. 16 B dar.

C. Blauer Flussspath von Freiberg.

Krystall No. 17. Fig. 17 A und 17 B. Taf. III.

Der Güte des Herrn Bergrath Weisbach verdanke ich die schöne, der Freiburger Sammlung gehörige, aus drei würfelförmigen Krystallen bestehende Druse No. 17 vom Churprinz bei Freiberg. Der grösste der drei Krystalle ist in der Abbildung als Hauptkrystall behandelt. Einzelne Flächen der anderen Krystalle, welche in zwei Projectionen erscheinen, sind mit denselben Buchstaben (*a, b, c, d*) bezeichnet worden.

Die Krystallflächen, soweit sie frei liegen, sind ausgebildet vorhanden bis auf geringe Theile, an welchen eine Anwachsung stattgefunden hatte. Die Stellen, welche angewachsen gewesen, liegen 1) auf der von den Flächen 3, 4 und 6 des Hauptkrystalles gebildeten Ecke, 2) an der mit α bezeichnete Ecke, und 3) auf der mit $\beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ umschriebenen Hälfte der Fläche *b*.

Die Farbe aller drei Krystallindividuen ist eine ziemlich tiefblaue (entenblaue), trägt aber einen anderen Charakter als bei den Krystallen von Alston Moor und Weardale. Die Substanz der Krystalle ist nicht durchsichtig, vielmehr meistens so trübe, dass sie fast undurchsichtig wird und nur an reineren Stellen sich durchscheinend zeigt. Das durchgehende Licht erscheint hellblau, während das reflectirte eine viel dunklerblaue Nüance darbietet. Als Krystallform tritt nur der Würfel ohne irgend eine Spur von Pyramidenwürfeln auf.

Die nach dem Belichten erhaltenen elektrischen Vertheilungen sind in Fig. 17 A, die bei dem nach einer Erhitzung bis 100° C. folgenden Erkalten beobachteten in Fig. 17 B eingetragen worden. Die photoelektrische Erregung zeigt auf den Flächen 1 und 2, namentlich aber auf der letzteren eine ziemliche Stärke; ebendies gilt auch von der thermoelektrischen Spannung auf der Fläche 2. Die so beträchtliche Grösse der auf dieser Fläche 2 beobachteten Ausschläge des Goldblättchens im Elektrometer hat übrigens zum Theil ihren Grund in dem Umstande, dass bei der Annäherung der Spitze des Platindrahtes an die Mitte der Fläche 2 die Vertheilungswirkung der auf dieser Fläche vorhandenen Elektrizität auf jenen Draht durch die Einwirkung der gleichnamigen Elektrizität der zwei sich von der

Fläche 2 erhebenden Flächen der beiden anderen Krystallindividuen unterstützt wird.

Die ausgebildeten Krystallflächen erscheinen im Allgemeinen negativ nach dem Belichten, positiv nach dem Erkalten. Positive Spannung nach dem Belichten und negative nach dem Erkalten wurde an dem grösseren Hauptkrystalle nur an dem freiliegenden Theile der Fläche 3, welcher an die Anwachsungsstelle (an der Ecke 3, 4, 6) grenzt, beobachtet. Ebenso zeigte die verbrochene Hälfte $\beta \gamma \delta \varepsilon$ der Fläche b des Krystalles von mittlerer Grösse nach dem Belichten positive und nach dem Erkalten negative Spannungen, während die andere als Krystallfläche ausgebildete Hälfte dieser Fläche b die den übrigen Krystallflächen eigenthümliche Polarität besitzt, die jedoch nach α hin, wo ein dritter Ansatzpunkt gelegen hat, auf Null herabsinkt.

D. Im reflectirten Lichte schwach bräunlichviolette Flussspathkrystalle.

Krystall No. 18. Fig. 18 A und 18 B. Taf. III.

Der grosse schöne Krystall stammt von Weardale und gehört der Freiburger Sammlung. Im durchgehenden Lichte erscheint er im Allgemeinen graulich gefärbt mit einem schwachen bräunlichen Anfluge; bei genauerer Betrachtung erkennt man zahlreiche sehr dünne, einander einhüllende, theils graulich, theils grünlich und röthlich gefärbte Lagen. Die Oberfläche, welche vollkommen durchsichtig ist, macht bei schief einfallendem Lichte den Eindruck, als wäre sie mit einem undurchsichtigen Häutchen belegt. Die im reflectirten Tageslichte erscheinende Fluorescenzfarbe ist ein Violett, das aber hie und da je nach der Stellung des Krystalles und der Spiegelung der in ihm auftretenden Durchgangsflächen ins Weissliche oder Schmutzigbräunliche übergeht. Im elektrischen Lichte dagegen fluorescirt der Krystall prächtig sapphirblau.

Die ausgebildeten Krystallflächen werden nur von reinen Würfel-flächen gebildet; sie sind nicht sehr glänzend, erscheinen vielmehr etwas matt. Mit der Loupe erkennt man theils kleine rundliche Vertiefungen, theils Streifungen, welche auf Durchschnitte der Würfel-flächen mit einem Pyramidenwürfel und einem Achtundvierzigflächner hinweisen.

Auf den Flächen 5 und 3 findet sich, wie die Abbildung zeigt, ein anderer grösserer Krystall eingewachsen. Von der Krystallfläche 6 ist keine Spur vorhanden; an ihre Stelle ist theils ein unregelmässiger Bruch getreten, theils liegt daselbst ein Aggregat kleinerer Flussspathkrystalle. In die Abbildung ist deshalb die Fläche 6 nicht aufgenommen worden.

Als der Krystall ins Tageslicht und selbst in die directen Strahlen der Sonne gestellt wurde, zeigte er auch nach längerer Bestrahlung keine photoelektrische Spannung. Dagegen konnte eine solche noch mittelst einer 40 bis 45 Minuten dauernden Bestrahlung durch das elektrische Kohlenlicht erhalten werden. Um bei dieser letzteren Belichtung die von der glühenden Kohle ausgesandten Wärmestrahlen möglichst zu vernichten, war ein mit einer Alaunlösung gefülltes parallelepipedisches Gefäss zwischen den Krystall und die Kohlenspitzen eingeschaltet worden.

Während nun der Krystall für die Einwirkung des Tages- und des directen Sonnenlichtes nicht empfänglich war, vermochte die Erwärmung bis 100° C. nicht unbeträchtliche elektrische Spannungen hervorzurufen.

Fig. 18 A stellt die nach der Bestrahlung durch das elektrische Kohlenlicht, und Fig. 18 B die durch das einer Erwärmung bis 100° folgende Erkalten erzeugten elektrischen Spannungen dar.

Dass die nach der Bestrahlung durch das elektrische Licht beobachteten elektrischen Spannungen in der That durch die leuchtenden und übervioletten Strahlen hervorgerufen waren, und nicht etwa einer durch jenes Licht bewirkten Temperaturerhöhung ihre Entstehung verdanken, liess sich leicht nachweisen. Wäre nämlich die negative Elektrizität nach dem Belichten durch die Erwärmung hervorgerufen worden, so hätte nach der Hinwegnahme derselben mittelst einer Alkoholflamme durch Stehen und Abkühlen in einem dunkeln Raume die der Erkaltung entsprechende positive Spannung auftreten müssen. Dies geschah aber nicht.

Uebrigens wird, wie nicht anders zu erwarten, in der That durch die Erwärmung ebenso wie durch die Bestrahlung mit dem elektrischen Lichte negative Elektrizität erzeugt. Der Krystall wurde, während die Fläche 5 frei lag, 25 Minuten in den bis 100° erhitzten Ofen gestellt, und dann sofort nach dem Herausnehmen untersucht.

Da die Temperatur des sehr grossen Krystalles während der angegebenen Zeit noch fortwährend im Steigen begriffen war, so zeigte die Mitte der Fläche 5 die Spannung — 1,4 Skth. Bei dem Erkalten kehrte sich diese negative Spannung in die entgegengesetzte positive um.

Einer Temperatur von 180° wagte ich den Krystall nicht auszusetzen, da bei seiner beträchtlichen Grösse durch die ein- und angewachsenen Krystalle ein Zersprengen zu befürchten war. Es bleibt also unentschieden, ob bei ihm durch eine solche Erhitzung eine Erregbarkeit durch Sonnen- und Tageslicht hervorgerufen werden kann.

Der Krystall No. 18 isolirte sehr gut und hielt daher eine auf seinen Flächen durch Reibung erzeugte Elektrizität so hartnäckig fest, dass es z. B. erst nach wochenlangem Bemühen möglich wurde, die Fläche 5 völlig unelektrisch zu machen. Gewöhnlich zeigte die Mitte dieser Fläche eine Spannung von $+ 0,2$ bis $+ 0,5$ Skth.

E. Braunweisser Flussspath aus England.

Krystall No. 19. Fig. 19 A und 19 B. Taf. III.

Die dem hiesigen mineralogischen Museum gehörige prächtige Krystalldruse, von welcher der Krystall No. 19 einen Theil bildet, besteht aus drei grossen und mehreren etwas kleineren verwachsenen Individuen. Die Gestalt der einzelnen Krystalle ist der Würfel. Sämmtliche Würfelflächen zeigen ein breites, durch zahlreiche Sprünge in der Masse etwa halbdurchsichtiges weisses Kreuz, wie es auf der Fläche 1 der Fig. 19 A und B durch die punktirten Linien angedeutet ist. An den Ecken erscheint die Masse braun und durchsichtig, mit einer ins Braunviolette spielenden Fluorescenz. Jedoch liegt auf der Fig. 19 A und B gezeichneten Fläche 1 der braune Farbstoff unmittelbar nur an zwei Ecken (*a* und *c*); an den Ecken *g* und *i* findet sich derselbe tiefer gelegen, da wo der Krystall, dessen obere Fläche in Fig. 19 abgebildet ist, sich auf zwei andere aufsetzt. Die Farbe des durchgegangenen Lichtes lässt sich wegen der weissen undurchsichtigen inneren Partien nirgends erkennen.

Bei der Grösse dieser Krystalldruse und bei der Art der Verwachsung der einzelnen Individuen derselben eignete sich nur die

Fig. 19 A und B, ebenso wie bei den übrigen Krystallen, in halber linearer Dimension abgebildete Fläche 1 des grössten Krystalles zu einer Prüfung mittelst der vorhandenen Vorrichtungen.

Im Tageslichte und selbst im schwachen Sonnenlichte wurde anfänglich die Fig. 19 A gezeichnete Würfelfläche 1 nicht elektrisch; durch 1 Minute langes Bestrahlen mittelst des elektrischen Kohlenlichtes entstand aber in der Mitte die Spannung von -4 Skth.

Nachdem jedoch der Krystall bis 150° C. erhitzt worden war, zeigte sich die Fläche 1 auch gegen das Tageslicht empfindlich. Fig. 19 A stellt die elektrischen Spannungen dar, wie sie nach einem 2 Stunden langen Aussetzen ans Tageslicht beobachtet wurden.

Durch die steigende Temperatur wird die Fläche 1, ebenso wie durch die Belichtung negativ elektrisch; und zwar zeigte die Fläche diese Erregbarkeit bereits, bevor der Krystall bis 150° erhitzt worden. Bei diesem Versuche wurde die grosse Druse, soweit es möglich war, in Kupferfeilicht eingesetzt, und dann 25 Minuten in einen bis 100° erhitzten Ofen gestellt. Unmittelbar nach dem Herausnehmen zeigte die Fläche 1 überall negative Polarität; in der Mitte der Fläche betrug dieselbe $-4,7$ Skth.

Nach dem Abkühlen besitzt die Fläche 1 nicht unerhebliche positiv elektrische Spannungen und es steigen dieselben mit der Höhe des Temperaturgrades, bis zu welchem der Krystall erhitzt worden ist. Fig. 19 B stellt die nach einem Erhitzen bis 150° bei der Abkühlung beobachteten Spannungen dar. Als unmittelbar nach der eben genannten Erhitzung der Krystall nur bis 100° erhitzt wurde, zeigte die Mitte der Fläche 1 nur die Spannung $+5$, und nach einer neuen Erhitzung blos bis 60° eine Spannung $+2,6$ Skth.

F. Grünlichweisser Flussspath aus Cornwall.

Krystall No. 20. Fig. 20 A und 20 B. Taf. III.

An einer grossen, schönen, aus ungefähr neun Krystallen bestehenden, dem hiesigen mineralogischen Museum gehörigen, aus Cornwall stammenden Druse trugen sämtliche Individuen ausser den Flächen des Würfels auch die Flächen des Octaëders. Die Würfelflächen sind aber nicht eben; aus ihnen erheben sich zahlreiche kleine

Würfelflächen, sämmtlich mit abgestumpften Ecken; an einigen wenigen zeigen sich auch kleine Rhombendodekaederflächen.

Die Masse des Krystalles ist weiss mit grünlichem Schein. An den Anwachsungsstellen kaum durchscheinend, geht sie in den Krystallen selbst ins Durchsichtige über. Indess wird die Durchsichtigkeit gar sehr durch die zahlreichen, den Octaederflächen parallel laufenden Sprünge beeinträchtigt.

Ebenso wie bei der vorhergehenden Druse liess sich auch bei der vorliegenden nur die in Fig. 20 A und B abgebildete und mit 1 bezeichnete Fläche auf ihr elektrisches Verhalten prüfen. An dem linken Rande dieser Fläche sass eine aus Spatheisenstein und Kupferkies bestehende Masse.

Das Tageslicht und selbst das directe Sonnenlicht erregten keine Elektrizität; dies erfolgte aber nach dem Bestrahlen mit dem elektrischen Lichte. Nachdem die Krystallfläche 1 17 Minuten lang dem elektrischen Lichte ausgesetzt worden, zeigte sie die in Fig. 20 A eingetragene elektrische Vertheilung. Die Wärmestrahlung war während dieser Belichtung durch eine zwischen das Kohlenlicht und die Krystallfläche gestellte Alaunlösung möglichst abgehalten.

Die nach einer Erhitzung bis 100° und dem darauf folgenden Erkalten beobachteten elektrischen Spannungen erreichten nur eine geringe Grösse; Fig. 20 B giebt dieselben wieder.

G. Fast farblose Krystalle von Stolberg am Harz.

Krystall No. 21. Fig. 21 A und 21 B. Taf. III.

An dem schönen grossen Krystall No. 21 ist nur die Fig. 21 A und B mit 1 bezeichnete Fläche fast vollständig ausgebildet; ziemlich grosse Theile sind von den Flächen 4 und 5 vorhanden, dagegen nur sehr kleine Reste von den Flächen 2 und 6; an die Stelle der Fläche 3 ist ein sehr unebener Bruch getreten. Auf den Kanten des Würfels erscheinen keine Zuschärfungen; dagegen sind die Ecken durch kleine matte Octaederflächen abgestumpft.

Die Masse des Krystalles ist fast ganz farblos; sie zeigt höchstens einen sehr schwachen Stich ins Graugrünliche. Nach der Ecke (1, 4, 5) hin erscheint sie durchsichtig und hier erkennt man im

Innern 3—5^{mm} dicke, durch etwas dunklere Streifen getrennte Schichten. Die übrigen Theile, namentlich nach der (auf der Fläche 3 gelegenen) Anwachsungsstelle hin, sind trübe und kaum durchscheinend. Auf der Fläche 5 liegen einige Rhomboëder von Spatheisenstein, sowie kleinere Massen von Kupferkies.

Die Masse des Krystalles isolirt sehr gut; es ist mir nicht gelungen z. B. die Fläche 1 desselben in völlig unelektrischen Zustand zu versetzen; stets bleibt auf ihr ein, wenn auch nur sehr geringer Rest von positiver Elektrizität, der jedoch höchstens bis $+ 0,5$ Skth. steigt.

In Fig. 21 A und 21 B sind nur die am meisten ausgebildeten Flächen 1, 4 und 5 abgebildet worden.

In photoelektrischer Hinsicht zeigte der Krystall ein eigenthümliches Verhalten, und zwar trat dasselbe bei allen zu sehr verschiedenen Zeiten vorgenommenen Prüfungen stets in derselben Weise auf.

Da der Krystall gegen die Einwirkung des Lichtes nur wenig empfindlich ist, habe ich ihn dem directen Sonnenlichte aussetzen müssen.

Nach einer Erhitzung bis 100° hatte der Krystall 24 Stunden im Dunkeln gestanden und zeigte dann in der Mitte der Fläche 1 die Spannung $+ 0,6$ und in der linken oberen Ecke (bei *a*) die Spannung $+ 0,4$ Skth. In diesem Zustande wurde die Fläche 1 1 Stunde 45 Minuten*) den directen Sonnenstrahlen ausgesetzt. Die Beobachtung ergab nun die in die Fläche 1 Fig. 21 A eingetragenen Ausschläge. Die elektrischen Spannungen hatten sich sonach vornehmlich an der linken oberen Ecke (bei *a*) bis $+ 3,6$ Skth. gesteigert, und ebenso hatten sie an dem oberen Rande (bei *b*) und an dem linken Rande (bei *d*) deutlich zugenommen, während die Spannung in der Mitte der Fläche sich nur sehr wenig und weiterhin nach rechts und unten gar nicht geändert hatte.

Nachdem der Krystall neun Tage im Dunkeln gestanden, zeigte die Mitte der Fläche 1 noch die Spannung $+ 0,7$; an der linken oberen Ecke (bei *a*) und am linken Rande (bei *d* und *g*) betrug sie noch $0,4$ Skth. Nachdem der Krystall dann bis 100° erhitzt worden,

*) Die kupferne Schale, in welcher der Krystall in Kupferfeilicht der Sonne ausgesetzt worden, war durch diese Bestrahlung kaum lauwarm geworden.

zeigten sich nach dem Erkalten die in Fig. 24 B eingetragenen Werthe. Die zuvor durch das Belichten in *a* erzeugte Spannung von $+ 3,6$ Skth. konnte also nicht die Folge einer Erwärmung durch die Sonnenstrahlen sein. Als unmittelbar nach jener Erhitzung und Erkaltung die Fläche 1 abermals 40 Minuten den directen Strahlen der Sonne ausgesetzt wurde, traten nahe die in Fig. 24 A eingetragenen Spannungen wieder ein.

Es ist auffällig, dass an der linken obern Ecke (bei *a*), wo nach dem Belichten die positive Spannung ($+ 3,6$ Skth.) am stärksten erscheint, bei dem einer Erhitzung von 100° folgenden Erkalten die negative Polarität nicht hervortreten vermag, während doch auf dem anliegenden Theile der Fläche 4 in der That die negative Polarität beim Erkalten wahrgenommen wurde; der an dieser Ecke anliegende Theil der Fläche 5 zeigte keine elektrische Spannung.

Als die Fläche 1 10 Minuten mittelst des durch eine Schicht Alaunlösung hindurchgegangenen elektrischen Kohlenlichtes bestrahlt worden, zeigten sich die in Fig. 24 A' eingetragenen Spannungen. Sie gleichen den durch das Sonnenlicht erzeugten; negative Polarität tritt auch jetzt nirgends auf.

Eine nur oberflächliche Vergleichung der in Fig. 24 A und 24 B eingetragenen Beobachtungen könnte wohl zu der Annahme verleiten, dass dieser Krystall in seinem Verhalten von den früher geprüften Flussspäthen vollständig abweiche, indem seine Flächen sowohl nach der Belichtung, als auch beim Erkalten positiv erscheinen. Eine genauere Betrachtung der an den verschiedenen Punkten der Oberfläche gemessenen Intensitäten zeigt jedoch, dass die ganze Abweichung dieses Krystalles von den früheren nur darin besteht, dass bei ihm nach dem Belichten die der Mitte der Fläche angehörige negative Polarität *) nicht hervortreten vermag, während die den Ecken und Rändern entsprechende positiv elektrische Spannung rings um die von den Flächen 1, 4 und 5 gebildete Ecke in deutlicher Weise erscheint. Von dieser Ecke (1, 4, 5) aus nimmt die positive Spannung dann nach allen Seiten hin, auf der Fläche 1 besonders nach rechts und

*) Dass sich jedoch diese negative Polarität auf den Stolberger Flussspäthen ebenso, wie auf den von Weardale und Alston Moor stammenden, wenn auch in geringerer Stärke findet, werden die beiden folgenden Krystalle nachweisen.

unten hin, also nach dem wenig durchscheinenden Theile hin ab, um in der Mitte und am rechten und unteren Rande dieser Fläche 4 zu verschwinden.

Denn die an den eben genannten Stellen beobachteten und in die Zeichnung eingetragenen schwachen positiven Spannungen verdanken nicht dem Einflusse des Lichtes ihre Entstehung, sondern sind hervorgerufen durch die auf dieser Fläche stets vorhandene sehr schwache positive Spannung (s. oben), die noch durch die Einwirkung der seitlich auf der Ecke (1, 4, 5) liegenden stärkeren positiven Electricität auf den der Fläche genäherten Platindraht und zwar namentlich in der Mitte etwas erhöht wird. Auf der Fläche 5 wirken die aufgewachsenen Krystalle störend ein.

Bei dem einer Erhitzung bis 100° folgenden Erkalten zeigt sich dagegen die normale positive Polarität in der Mitte und nimmt nach den Ecken hin an Stärke ab. Auf der Fläche 4 erscheint neben der Ecke (1, 4, 5) sogar die dieser Ecke entsprechende negative Spannung.

Krystall No. 22. Fig. 22 A und 22 B. Taf. III.

Die fast farblose, nur einen Stich ins Graugrünliche besitzende Masse des Krystalles No. 22 ist kaum mehr als durchscheinend. Im reflectirten Lichte lässt sich eine sehr schwache bläuliche Fluoreszenzfarbe wahrnehmen. Die an ihm vorhandenen Reste der Würfelflächen zeigen einen nur matten Glanz.

In Fig. 22 A und 22 B habe ich nur eine Fläche dieses Krystalles in halben linearen Dimensionen abgebildet und in Fig. 22 A die nach dem Belichten beobachteten Spannungen eingetragen. Wie man sieht, tritt auf dieser Fläche beim Belichten die negative Electricität auf. Die in Fig. 22 A eingeschriebenen elektrischen Spannungen waren durch ein drei Stunden langes Aussetzen an das Tageslicht und in kurzen Zeiträumen auch an das directe Sonnenlicht erzeugt. Die in Fig. 22 B eingetragenen Spannungen wurden bei dem auf eine Erhitzung bis 100° folgenden Erkalten gemessen; sie übertreffen an Stärke die durch das Licht hervorgerufenen.

Krystall No. 23. Fig. 23 A und 23 B. Taf. III.

Der Krystall No. 23 gleicht hinsichtlich der Beschaffenheit seiner Masse dem vorhergehenden, mit welchem er auch ursprünglich zu derselben Druse gehörte. Ich bilde ebenfalls nur eine Fläche ab. Fig. 23 A enthält die durch eine gleiche Belichtung wie bei No. 22 erzeugten, und Fig. 23 B die beim Erkalten aufgetretenen elektrischen Spannungen.

H. Ringsum von Durchgangs- und Bruchflächen begrenzte Flussspathstücke unbekanntem Ursprungs.

Ich habe auch eine Anzahl grün und gelblichgrün gefärbte Bruchstücke von Flussspathkrystallen, die seit langen Jahren in diesem Zustande gelegen hatten, auf ihr elektrisches Verhalten geprüft. Dieselben zeigten öfter nach der Belichtung nicht unbedeutliche Spannungen. Da jedoch ihre Lage in dem ursprünglichen Krystalle nicht ermittelt werden kann, so mag es genügen, die auf einem derselben beobachteten photoelektrischen Spannungen näher anzugeben.

Krystall No. 24. Fig. 24. Taf. III.

Das Bruchstück No. 24 bildet im Allgemeinen eine vierseitige Pyramide, deren Seitenflächen von den mit den Octaëderflächen parallel gehenden, oft in Absätzen auftretenden Durchgängen gebildet werden. Diese vier Flächen sind in Fig. 24 mit den Zahlen 1, 2, 3 und 4 bezeichnet worden. Die unterhalb 1 dargestellte Grundfläche wird durch sehr unebene Bruchflächen gebildet, mit Ausnahme des unterhalb der Fläche 1 liegenden und mit α bezeichneten Theiles, welcher dem mit der Fläche 3 parallel gehenden Durchgange angehört.

Die grüne und theilweise auch gelblichgrüne, an sich durchsichtige Substanz ist durch Beimengung undurchsichtiger Massen unklar und stellenweise nur durchscheinend.

Die durch die Belichtung erzeugten elektrischen Spannungen habe ich in die Abbildung Fig. 24 eingetragen, und zwar hatte die Fläche 1 30 Minuten in schwacher Sonne, die Fläche 2 73 Minu-

ten, die Fläche 3 26 Minuten, die Fläche 4 56 Minuten und die Grundfläche 120 Minuten in den Strahlen der öfter durch Wolken bedeckten Sonne gestanden.

III. Allgemeine Resultate aus den vorstehenden Beobachtungen.

Auf der Oberfläche der Flussspathkrystalle entstehen bei sonst geeigneter Beschaffenheit sowohl durch die Einwirkung des Lichtes, als auch durch Temperaturänderungen elektrische Spannungen.

Photoelektricität.

Die Mitten der Würfelflächen der Flussspathkrystalle werden durch die Belichtung negativ; die Intensität dieser negativen Spannung nimmt nach den Rändern und besonders nach den Ecken hin ab; auf manchen Krystallen erstreckt sich dieselbe bis zu den Rändern und Ecken.

Bei den meisten, namentlich grösseren Krystallen zeigen jedoch die Ecken und zum Theil auch die seitlichen Ränder der Flächen die entgegengesetzte, also positive Polarität. Gewöhnlich ist dieselbe aber auf einen kleineren Flächenraum beschränkt, als die in dem mittleren Theile herrschende negative. Liegt daher die ganze Würfelfläche (oder die an ihrer Stelle befindlichen Flächen des sehr stumpfen Pyramidenwürfels) frei, so wird die positive Elektrizität der Ecken und Ränder in ihrer Vertheilungswirkung auf den zur Prüfung angenäherten Platindraht leicht durch die stärkere negative Elektrizität der mittleren Theile unterdrückt und kommt nicht zur Erscheinung; sie lässt sich aber durch Bedeckung der mittleren Theile mit zur Erde abgeleitetem Kupferfeilicht in ihrer Wirkung sichtbar machen.

Die Grenzen zwischen dem positiven und negativen Bereiche einer Krystallfläche, und ebenso die Verhältnisse der Intensitäten, welche die beiden Elektrizitäten zeigen, lassen sich durch die Art der Bestrahlung, namentlich wenn auch noch mehr oder weniger grosse Stücke der seitlich anliegenden Würfelflächen dem Lichte gleichzeitig mit ausgesetzt werden, etwas verschieben und ändern.

Auf das Hervortreten der positiven Polarität an den Ecken und besonders auch an den Rändern ist ferner die Art, wie die Kry-

stalle gewachsen sind, von Einfluss. Reicht der vorhandene ausgebildete Theil einer Krystallfläche bis zur Anwachsungsstelle und ist daselbst abgebrochen, so stellt dieser vorhandene Theil gewissermassen nur den Rand einer solchen Fläche dar, und zeigt dann stärkere und ausgedehntere positive Spannungen, deren Intensität jedoch von dem Rande nach den mittleren Theilen hin abnimmt. Dagegen erscheint auf der der Anwachsungsstelle gerade gegenüberliegenden Würfelfläche vorzugsweise die negative Elektricität.

Die Bruchflächen, welche durch das Abbrechen des Krystalles von anderen Krystallen oder von fremdem Gesteine entstanden sind, und also an und in der Umgebung der ehemaligen Anwachsungsstelle liegen, werden durch Belichten positiv.

Diese positive Polarität der Bruchflächen besitzt meistens eine nicht unbeträchtliche Stärke; bei vielen Krystallen übertrifft sie, namentlich wenn den Bruchflächen der Farbstoff nicht fehlt, in ihrer Intensität die auf der Mitte der vorhandenen Krystallflächen erregte negative Spannung.

Eben dies gilt auch von den Stücken der ebenen Durchgangflächen, welche zwischen und neben den Bruchflächen an dem verbrochenen Ende auftreten.

Das Verhalten von Durchgangflächen, welche an dem frei ausgebildeten Ende der Würfel durch Anschlagen entstehen, habe ich wegen Mangels an geeignetem Material noch nicht ermitteln können.

Die im Vorstehenden charakterisirte Wirkung des Lichtes auf die Flussspathkrystalle geht hauptsächlich von den chemisch wirkenden Strahlen aus; sowohl hinter einem mit Kupferoxydul roth gefärbten Glase, als auch hinter einer Schicht einer klaren Lösung von schwefelsaurem Chinin ist die Erregung der Elektricität nur äusserst gering, während sie durch Einschaltung einer Schicht Wasser oder Alaunlösung in den Weg der Strahlen nicht wesentlich vermindert wird.

Bei sehr empfindlichen Krystallen genügt schon ein kurzes Aussetzen an das Tageslicht, um merkliche elektrische Spannungen zu erhalten; durch längeres Belichten steigt die Intensität derselben.

Die directen Strahlen der Sonne wirken viel kräftiger als das zerstreute Tageslicht.

Noch stärker erregend als das Sonnenlicht zeigt sich das elek-

trische Kohlenlicht, so dass durch letzteres selbst auf Krystallen, welche durch längeres Aussetzen an das zerstreute oder directe Sonnenlicht keine merklichen elektrischen Spannungen annehmen, solche, bisweilen sogar in ziemlicher Stärke, hervorgerufen werden können.

Auch durch das Licht der Entladungsfunken zwischen zwei Leydener Flaschen lassen sich photoelektrische Spannungen auf den Flussspathkrystallen erzeugen, während das Licht einer Geisler'schen Röhre ungenügend erscheint.

Am stärksten photoelektrisch erregbar sind die grünen Krystalle von Weardale, und es nimmt die Intensität der durch eine gleiche Bestrahlung erregten elektrischen Spannungen im Allgemeinen mit der Tiefe der Färbung zu. Weniger erregbar sind die in ihrer Masse schwachgrünlich oder graugrünlich gefärbten, aber durch Fluorescenz prächtig sapphirblau erscheinenden Flussspäthe von Weardale und Alston Moor, sowie die entenblauen vom Churprinz bei Freiberg. Die durchsichtigen braunroth fluorescirenden Flussspathkrystalle von Weardale werden meistens durch das Tageslicht, und zum Theil selbst durch das Sonnenlicht nicht elektrisch, wohl aber durch das elektrische Kohlenlicht. Die weisslichgrünen Flussspäthe von Cornwall zeigen sich nur schwach elektrisch; eben dies gilt auch von den fast farblosen Krystallen von Stolberg am Harz, bei denen der eigenthümliche Fall vorkam, dass auf einem sehr schönen grossen Krystalle beim Belichten blos die der am reinsten ausgebildeten Ecke entsprechende positive Polarität auftrat, während die negative auf den Mitten der Flächen sich nicht hervorrufen liess, selbst nicht durch das elektrische Kohlenlicht. Auf den gelben Annaberger Krystallen konnte weder durch Tages- und Sonnenlicht, noch auch durch das elektrische Licht eine elektrische Spannung erzeugt werden.

Die auf den Flussspathkrystallen durch Belichtung hervorgerufenen Spannungen haben das Eigenthümliche, dass sie beim Stehen im Dunkeln nicht in die ihnen polar entgegengesetzten übergehen. Wird die Fläche eines durch Belichtung stark elektrisirten Flussspathes mittelst Ueberstreichens mit einer Alkoholflamme von der auf ihr vorhandenen Elektricität befreit, so bleibt sie, ins Dunkle gestellt, unelektrisch, oder es erscheint noch ein kleiner Rest der vorherigen Ladung, die also nicht vollständig hinweggenommen war.

Die Erregung der Elektrizität durch das Licht erfolgt durch einen Vorgang, bei welchem der Farbstoff der Krystalle beteiligt ist. Durch sehr langes und starkes Belichten lässt sich die Erregbarkeit der Flächen beträchtlich schwächen, und die geringen Spannungen, welche öfter gerade auf den am vollkommensten ausgebildeten Flächen mancher Krystalle auftreten, während die umliegenden Flächen stärkere Spannungen zeigen, ist wohl meist eine Folge davon, dass diese Krystalle im Schaukasten so gelegen haben, dass eben jene vollkommenen Flächen dem Beschauer und somit dem Lichte zugekehrt gewesen und in ihrer Erregbarkeit geschwächt worden sind. Auf einer absichtlich durch zu langes und starkes Licht geschwächten Fläche stellt sich selbst durch jahrelanges Aufbewahren im Dunkeln die frühere Empfindlichkeit nicht wieder her.

Mit der Beteiligung des Farbstoffes bei der Erregung der Elektrizität steht auch der vorhin angeführte Umstand, dass nach dem Entfernen der durch Belichtung erzeugten Elektrizität beim Stehen im Dunkeln keine Umkehrung in die entgegengesetzte Polarität eintritt, in Verbindung.

Durch eine mässige Erhitzung der Flussspathkrystalle wird die photoelektrische Erregbarkeit derselben erhöht. Bereits eine Erhitzung bis 80° C. wirkt in dieser Beziehung günstig, noch mehr eine Erhitzung bis 130 oder 150° C. Eine sehr viel höhere Temperatur muss selbstverständlich die photoelektrische Eigenschaft zerstören; es wäre selbst möglich, dass schon bei der öfter angewandten Temperatur von 180° C. die Grenze, bei welcher die Erregbarkeit am meisten erhöht wird, bereits etwas überschritten ist.

Dabei bleibt es fraglich, ob auch bei frisch aus der Grube genommenen, dem Lichte noch nicht preisgegebenen und dadurch in ihrer photoelektrischen Eigenschaft noch nicht geschwächten Flussspathkrystallen eine Erhitzung bis 150° ebenfalls die Erregbarkeit durch das Licht zu erhöhen vermag, oder ob nur auf bereits geschwächten Krystallflächen der Zustand mehr oder weniger angenähert wiederhergestellt wird, wie er ursprünglich auf dieser Fläche bestand. Es hat mir wenigstens den Eindruck gemacht, als ob auf frischen Bruchflächen durch eine Erhitzung die photoelektrische Erregbarkeit nicht wesentlich erhöht werde.

Die Masse der Flussspathkrystalle und ebenso ihre Oberfläche

isolirt vortrefflich und hält die elektrische Ladung ungemein lange. Dieses Verhalten der Oberfläche hängt wohl mit dem Umstande zusammen, dass dieselbe vom Wasser nicht benetzt wird.

Thermoelektricität.

Durch die Verschiedenheit zwischen den Ecken- und Flächenaxen der Flussspathkrystalle ist die Möglichkeit gegeben, dass auf ihrer Oberfläche durch Temperaturänderungen elektrische Spannungen auftreten, und zwar folgen diese elektrischen Vorgänge dem bei allen thermoelektrischen Krystallen ausnahmelos bewahrheiteten Gesetze, dass die Polaritäten bei sinkender Temperatur gerade die entgegengesetzten sind als bei steigender.

Beim Steigen der Temperatur stimmen nun die auf der Oberfläche der Flussspathkrystalle entstehenden elektrischen Spannungen in ihrem Vorzeichen mit den durch die Belichtung hervorgerufenen überein.

Beim Sinken der Temperatur verwandeln sich diese von der Erhitzung erzeugten Elektricitäten in die entgegengesetzten; die beim Erkalten auftretenden Spannungen sind also sowohl den durch die Steigerung der Temperatur als auch den durch die Belichtung entstehenden entgegengesetzt.

Obwohl nun die durch die Belichtung und die durch Erhöhung der Temperatur hervorgerufenen elektrischen Spannungen in ihrem Vorzeichen übereinstimmen, so muss ihre Entstehung doch auf verschiedenen Vorgängen beruhen, oder wenn sie durch denselben Vorgang erzeugt werden, so muss solcher durch die Belichtung einen vollständigen Abschluss finden, während derselbe, wenn er durch die Steigerung der Temperatur entstanden ist, nicht abschliesst, sondern bei dem Sinken derselben wieder zurückgeht; denn die bei steigender Temperatur auftretenden Polaritäten kehren sich bei dem Erkalten um, während nach der Belichtung die entgegengesetzten Elektricitäten im Dunkeln nicht erscheinen.

Bei den durch das Licht stark erregbaren Flussspäthen ruft auch die Temperaturänderung eine ziemlich starke elektrische Polarität hervor; sie ist bei diesen Krystallen jedoch stets schwächer als die durch das Licht erzeugbare.

Bei manchen durch das Licht weniger erregbaren Krystallen sind dagegen die thermoelektrischen Spannungen grösser als die photoelektrischen; dies tritt ein bei manchen Flächen der grünen und sapphirblauen Krystalle, bei denen jedoch wahrscheinlich die Empfindlichkeit gegen das Licht durch vorhergegangene schädigende Einwirkungen geschwächt worden ist. Durchweg die photoelektrischen an Stärke übertreffend zeigen sich aber die thermoelektrischen Spannungen auf den braunröthlichen oder braunvioletten Krystallen, welche im Sonnenlichte gar nicht und nur durch das elektrische Kohlenlicht einigermaßen elektrisch werden. Auch bei den fast farblosen Krystallen von Stolberg am Harz sind öfter die thermoelektrischen Spannungen stärker als die photoelektrischen.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich nun sofort die Vertheilung der thermoelektrischen Polaritäten auf der Oberfläche der Flussspathkrystalle.

Bei steigender Temperatur sind ebenso wie beim Belichten die Mitten der Würfelflächen negativ; diese negative Spannung nimmt von hier aus nach den Rändern und namentlich nach den Ecken hin ab. Sehr oft zeigt die ganze Fläche negative Polarität.

Auf anderen, namentlich grösseren Krystallen treten, entsprechend den Vorgängen beim Belichten, an den Ecken, und wohl auch noch an den Rändern positive Spannungen hervor.

Beim Erkalten sind die Polaritäten die gerade entgegengesetzten; die Mitten der Flächen zeigen positive Elektrizität, abnehmend nach den Rändern und den Ecken. Letztere zeigen entweder noch schwache positive Elektrizität oder tragen negative Spannungen. Diese negativen Spannungen sind oft zu schwach, um bei ganzer freier Fläche wahrgenommen zu werden; durch Bedecken der mittleren positiven Theile können sie sichtbar gemacht werden.

Wenn die Grenzen zwischen den positiven und negativen Bereichen auf den Flächen bei der Belichtung öfter etwas anders verlaufen als bei der Abkühlung, oder die Verhältnisse zwischen den Intensitäten in beiden Fällen nicht genau dieselben sind, so wird diese Abweichung dadurch bedingt, dass die Belichtung den Krystall in anderer Weise trifft als die Abkühlung, wie ja solche Schwankungen selbst bei verschiedenen Bestrahlungen bereits erwähnt wurden.

Auf den Flächen, welche durch Abbrechen der Krystalle von ihrer Unterlage entstanden sind, mögen sie unregelmässig verlaufende Bruchflächen oder Stücke von ebenen Durchgängen sein, erscheint bei steigender Temperatur positive, bei sinkender negative Polarität.

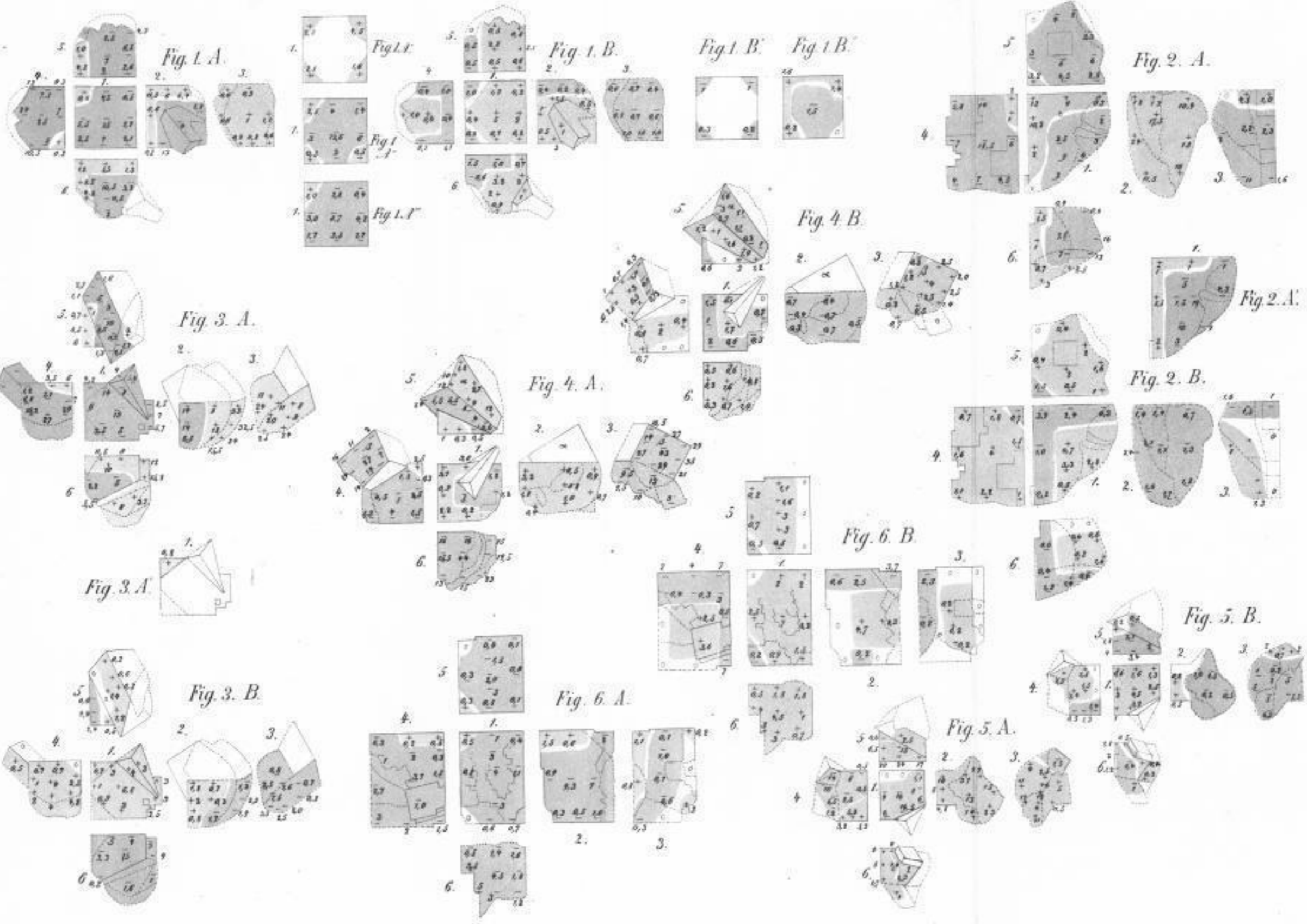
Die beim Erkalten hervortretenden elektrischen Spannungen werden stärker, wenn die vorhergehende Temperatursteigerung eine höhere war, wenigstens innerhalb der Grenze bis 150° C.



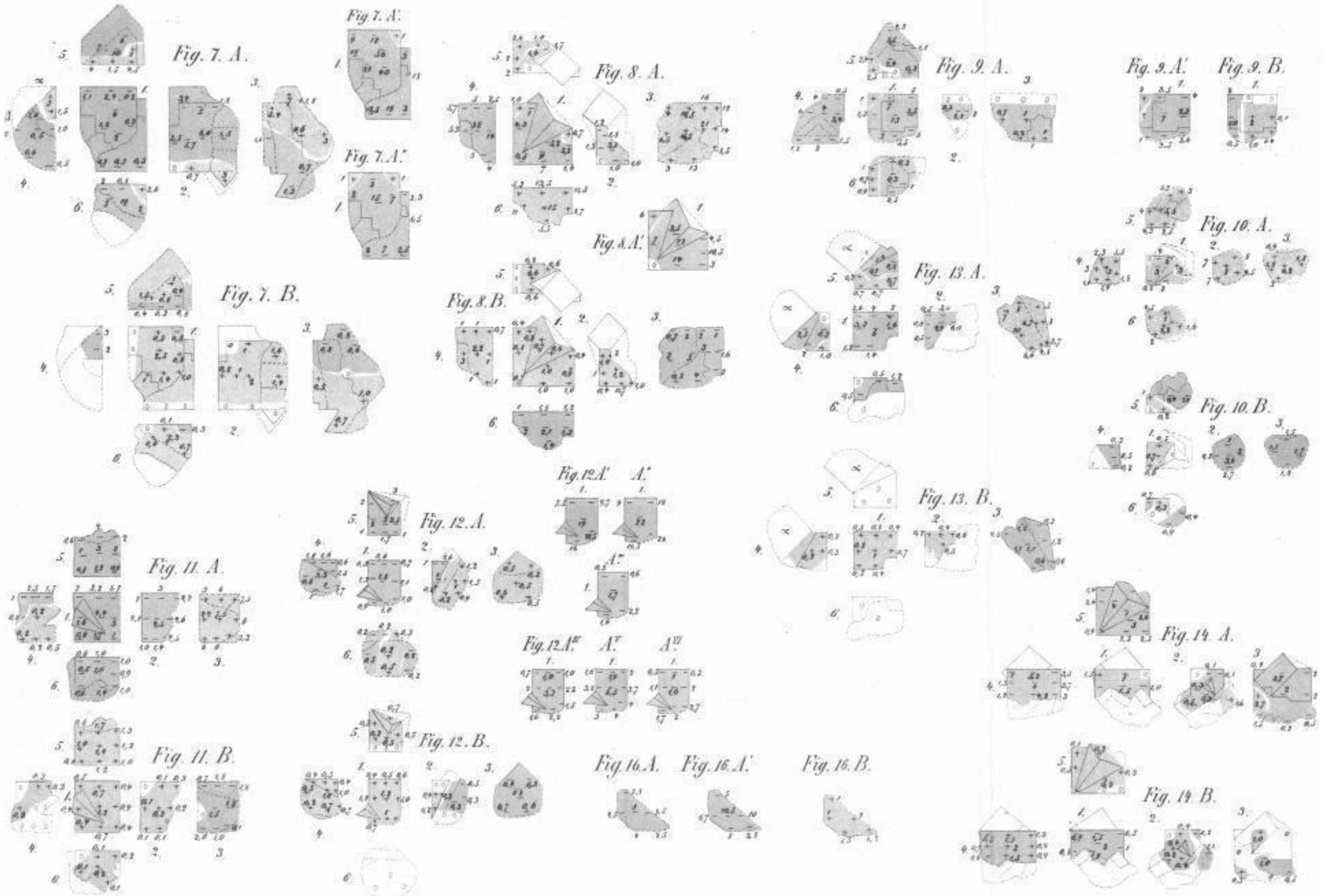
Inhalt.

Vorwort	S. 203
I. Verfahren bei den Beobachtungen.	
A. Vorbereitung der Krystalle	205
B. Elektrometer.	206
C. Messung der elektrischen Spannungen	210
D. Bedeutung und Werth der gemessenen Ausschläge	213
E. Ueber die Empfindlichkeit des von Brewster bei seinen thermo- elektrischen Beobachtungen angewandten Verfahrens	218
II. Beobachtung der photo- und thermoelektrischen Spannungen auf den Oberflächen der einzelnen Flussspathkrystalle	221
A. Grüne Flussspäthe von Weardale und Alston Moor	225
B. Im reflectirten Lichte violblau erscheinende Flussspäthe von Wear- dale und Alston Moor	250
C. Blauer Flussspath von Freiberg	262
D. Im reflectirten Lichte schwach bräunlichviolette Flussspathkrystalle	263
E. Braunweisser Flussspath aus England	265
F. Grünlichweisser Flussspath aus Cornwall	267
G. Fast farblose Krystalle von Stolberg am Harz.	267
H. Ringsum von Durchgangs- und Bruchflächen begrenzte Flussspath- stücke unbekanntem Ursprungs	271
III. Allgemeine Resultate aus den vorstehenden Beobachtungen	272

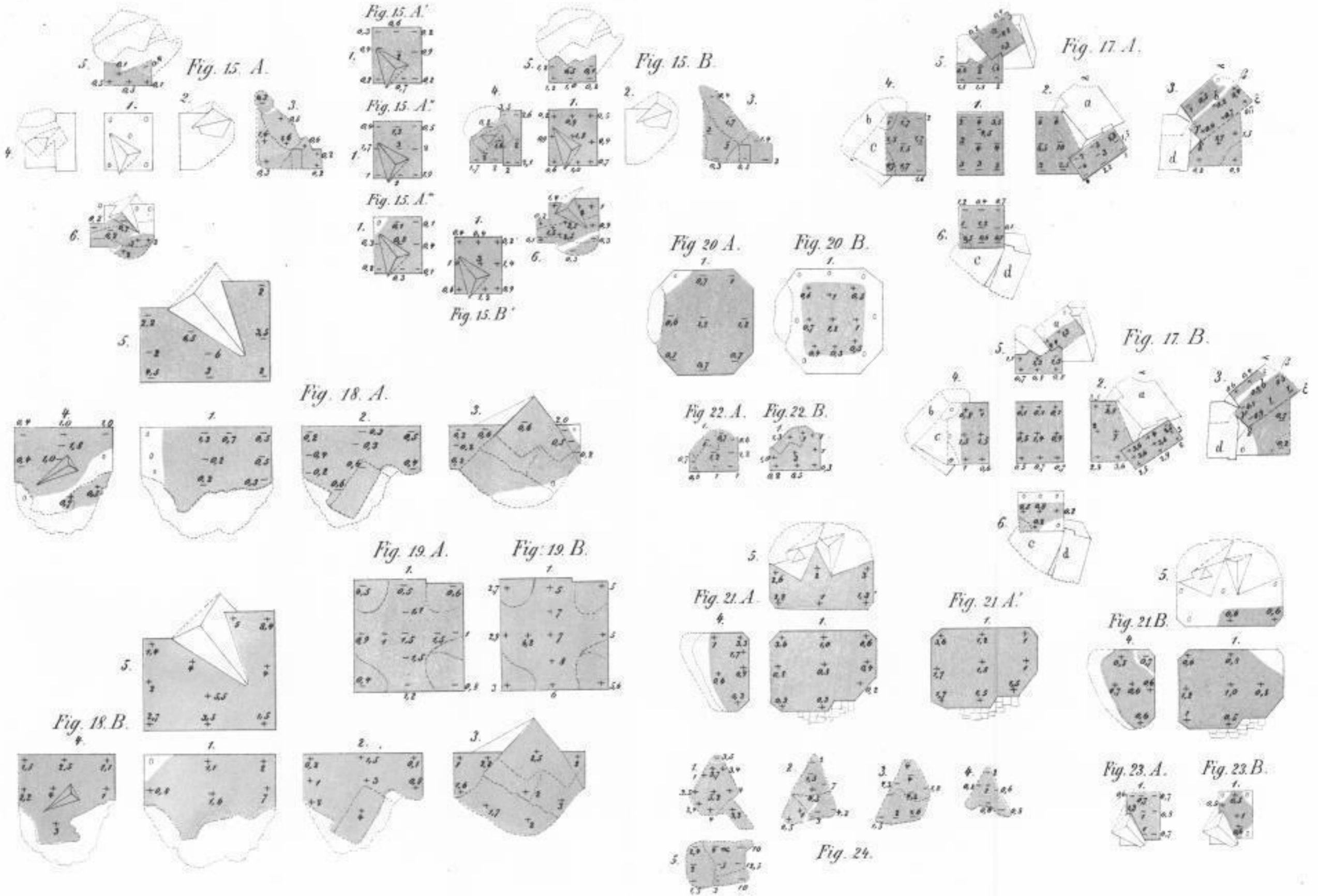
Flufsspath.



Flusspath.



Flussspath.





- SECHSTER BAND. (IX. Bd.) Mit 10 Tafeln. hoch 4. 1864. brosch. Preis 19 M 20 S.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Fünfte Abhandlung: Maassbestimmungen der elektromotorischen Kräfte. Erster Theil. 1861. 1 M 60 S.
- Messungen über die Absorption der chemischen Strahlen des Sonnenlichtes. 1862. 1 M 20 S.
- P. A. HANSEN, Darlegung der theoretischen Berechnung der in den Mondtafeln angewandten Störungen. Erste Abhandlung. 1862. 9 M.
- G. METTENIUS, Ueber den Bau von Angiopteris. Mit 10 Tafeln. 1863. 4 M 40 S.
- W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen, insbesondere über elektrische Schwingungen. 1864. 3 M.
- SIEBENTER BAND. (XI. Bd.) Mit 5 Tafeln. hoch 4. 1865. brosch. 17 M.
- P. A. HANSEN, Darlegung der theoretischen Berechnung der in den Mondtafeln angewandten Störungen. Zweite Abhandlung. 1864. 9 M.
- G. METTENIUS, Ueber die Hymenophyllaceae. Mit 5 Tafeln. 1864. 3 M 60 S.
- P. A. HANSEN, Relationen einestheils zwischen Summen und Differenzen und andernteils zwischen Integralen und Differentialen. 1865. 2 M.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Sechste Abhandlung: Maassbestimmungen der elektromotorischen Kräfte. Zweiter Theil. 1865. 2 M 80 S.
- ACHTER BAND. (XIII. Bd.) Mit 3 Tafeln. hoch 4. 1868. brosch. Preis 24 M.
- P. A. HANSEN, Geodätische Untersuchungen. 1865. 5 M 60 S.
- Bestimmung des Längenunterschiedes zwischen den Sternwarten zu Gotha und Leipzig, unter seiner Mitwirkung ausgeführt von Dr. Auwers und Prof. Bruhns im April des Jahres 1865. Mit 1 Figurentafel. 1866. 2 M 80 S.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Siebente Abhandlung: Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Bergkrystalles. Mit 2 Tafeln. 1866. 2 M 40 S.
- P. A. HANSEN, Tafeln der Egeria mit Zugrundelegung der in den Abhandlungen der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig veröffentlichten Störungen dieses Planeten berechnet und mit einleitenden Aufsätzen versehen. 1867. 6 M 80 S.
- Von der Methode der kleinsten Quadrate im Allgemeinen und in ihrer Anwendung auf die Geodäsie. 1867. 6 M.
- NEUNTER BAND. (XIV. Bd.) Mit 6 Tafeln. hoch 4. 1871. brosch. Preis 18 M.
- P. A. HANSEN, Fortgesetzte geodätische Untersuchungen, bestehend in zehn Supplementen zur Abhandlung von der Methode der kleinsten Quadrate im Allgemeinen und in ihrer Anwendung auf die Geodäsie. 1868. 5 M 40 S.
- Entwicklung eines neuen veränderten Verfahrens zur Ausgleichung eines Dreiecksnetzes mit besonderer Betrachtung des Falles, in welchem gewisse Winkel vorausbestimmte Werthe bekommen sollen. 1869. 3 M.
- Supplement zu der geodätische Untersuchungen benannten Abhandlung, die Reduction der Winkel eines sphäroidischen Dreiecks betr. 1869. 2 M.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Achte Abhandlung: Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Topases. Mit 4 Tafeln. 1870. 2 M 40 S.
- P. A. HANSEN, Bestimmung der Sonnenparallaxe durch Venusvorübergänge vor der Sonnenscheibe mit besonderer Berücksichtigung des im Jahre 1874 eintreffenden Vorüberganges. Mit zwei Planigloben. 1870. 3 M.
- G. T. FECHNER, Zur experimentalen Aesthetik. Erster Theil. 1871. 3 M.
- ZEHNTER BAND. (XV. Bd.) Mit 7 Tafeln. hoch 4. 1874. brosch. Preis 21 M.
- W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen, insbesondere über das Princip der Erhaltung der Energie. 1871. 1 M 60 S.
- P. A. HANSEN, Untersuchung des Weges eines Lichtstrahls durch eine beliebige Anzahl von brechenden sphärischen Oberflächen. 1871. 3 M 60 S.
- C. BRUHNS, Bestimmung der Längendifferenz zwischen Leipzig und Wien. 1872. 2 M.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Neunte Abhandlung: Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Schwerspathes. Mit 4 Tafeln. 1872. 2 M.
- Elektrische Untersuchungen. Zehnte Abhandlung: Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Aragonites. Mit 3 Tafeln. 1872. 2 M.
- C. NEUMANN, Ueber die den Kräften elektrodynamischen Ursprungs zuzuschreibenden Elementargesetze. 1873. 3 M 80 S.
- P. A. HANSEN, Von der Bestimmung der Theilungsfehler eines gradlinigen Maassstabes. 1874. 4 M.
- Ueber die Darstellung der graden Aufsteigung und Abweichung des Mondes in Function der Länge in der Bahn und der Knotenlänge. 1874. 1 M.
- Dioptrische Untersuchungen mit Berücksichtigung der Farbenzerstreuung und der Abweichung wegen Kugelgestalt. Zweite Abhandlung. 1874. 2 M.
- ELFTER BAND. (XVIII. Bd.) Mit 8 Tafeln. hoch 4. 1878. brosch. Preis 21 M.
- G. T. FECHNER, Ueber den Ausgangswerth der kleinsten Abweichungssumme, dessen Bestimmung, Verwendung und Verallgemeinerung. 1874. 2 M.
- C. NEUMANN, Ueber das von Weber für die elektrischen Kräfte aufgestellte Gesetz. 1874. 3 M.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Elfte Abhandlung: Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Kalkspathes, des Berylls, des Idocrases und des Apöphyllites. Mit 3 Tafeln. 1875. 2 M.
- P. A. HANSEN, Ueber die Störungen der grossen Planeten, insbesondere des Jupiter. 1875. 6 M.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Zwölfte Abhandlung: Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Gypses, des Diopsids, des Orthoklases, des Albits und des Periklins. Mit 4 Tafeln. 1875. 2 M.
- W. SCHEIBNER, Dioptrische Untersuchungen, insbesondere über das Hansen'sche Objectiv. 1876. 3 M.
- C. NEUMANN, Das Webersche Gesetz bei Zugrundelegung der unitarischen Anschauungsweise. 1876. 1 M.
- W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen, insbesondere über die Energie der Wechselwirkung. Mit 1 Tafel. 1878. 2 M.
- ZWÖLFTER BAND. (XIX. Bd.) hoch 4.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Dreizehnte Abhandlung: Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Apatits, Brucits, Coelestins, Prehnits, Natroliths, Skolezits, Datoliths und Axinites. Mit 3 Tafeln. 1878. 2 M.
- W. SCHEIBNER, Zur Reduction elliptischer Integrale in reeller Form. 1879. 5 M.
- W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. Vierzehnte Abhandlung: Ueber die photo- und thermoelektrischen Eigenschaften des Flussspathes. Mit 3 Tafeln. 1879. 2 M.

Leipzig, August 1879.

S. Hirzel.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGL. SÄCHSISCHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN.

KLEINERE ABHANDLUNGEN.

BERICHTE über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Erster Band. Aus den Jahren 1846 und 1847. Mit Kupfern. gr. 8. 12 Hefte.

— Zweiter Band. Aus dem Jahre 1848. Mit Kupfern. gr. 8. 6 Hefte.

Vom Jahre 1849 an sind die Berichte der beiden Classen getrennt erschienen.

— Mathematisch-physische Classe. 1849 (3) 1850 (3) 1851 (2) 1852 (2) 1853 (3) 1854 (3) 1855 (2) 1856 (2) 1857 (3) 1858 (3) 1859 (4) 1860 (3) 1861 (2) 1862 (1) 1863 (2) 1864 (1) 1865 (1) 1866 (5) 1867 (4) 1868 (3) 1869 (4) 1870 (5) 1871 (7) 1872 (4 mit Beiheft) 1873 (7) 1874 (5) 1875 (4) 1876 (2) 1877 (2) 1878 (1).

— Philologisch-historische Classe. 1849 (5) 1850 (4) 1851 (5) 1852 (4) 1853 (5) 1854 (6) 1855 (4) 1856 (4) 1857 (2) 1858 (2) 1859 (4) 1860 (4) 1861 (4) 1862 (1) 1863 (3) 1864 (3) 1865 (1) 1866 (4) 1867 (2) 1868 (3) 1869 (3) 1870 (3) 1871 (1) 1872 (1) 1873 (1) 1874 (2) 1875 (2) 1876 (1) 1877 (2) 1878 (3).

Jedes Heft der Berichte ist einzeln zu dem Preise von 1 Mark zu haben.

SCHRIFTEN

DER FÜRSTLICH-JABLONOWSKI'SCHEN GESELLSCHAFT ZU LEIPZIG.

ABHANDLUNGEN bei Begründung der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften am Tage der zweihundertjährigen Geburtsfeier Leibnizens herausgegeben von der Fürstl. Jablonowski'schen Gesellschaft. Mit dem Bildnisse von Leibniz in Medaillon und zahlreichen Holzschnitten und Kupfertafeln. 61 Bogen in hoch 4^o. 1846. broch. Preis 15 *M.*

PREISSCHRIFTEN gekrönt und herausgegeben von der Fürstlich Jablonowski'schen Gesellschaft.

1. H. GRASSMANN, Geometrische Analyse geknüpft an die von Leibniz erfundene geometrische Charakteristik. Mit einer erläuternden Abhandlung von *A. F. Möbius*. (Nr. I der mathematisch-physischen Section.) hoch 4^o. 1847. 2 *M.*
2. H. B. GEINITZ, Das Quadergebirge oder d. Kreideformation in Sachsen, mit Berücks. der glaukonitreichen Schichten. Mit 1 color. Tafel. (Nr. II d. math.-phys. Sect.) hoch 4^o. 1850. 1 *M* 60 *Sp.*
3. J. ZECH, Astronomische Untersuchungen über die Mondfinsternisse des Almagest. (Nr. III d. math.-phys. Sect.) hoch 4^o. 1851. 1 *M.*
4. J. ZECH, Astron. Untersuchungen üb. die wichtigeren Finsternisse, welche v. d. Schriftstellern des class. Alterthums erwähnt werden. (No. IV d. math.-phys. Sect.) hoch 4^o. 1853. 2 *M.*
5. H. B. GEINITZ, Darstellung der Flora des Hainichen-Ebersdorfer und des Flöhaer Kohlenbassins. (Nr. V d. math.-phys. Sect.) hoch 4^o. Mit 14 Kupfertafeln in gr. Folio. 1854. 24 *M.*
6. TH. HIRSCH, Danzigs Handels- und Gewerbsgeschichte unter der Herrschaft des deutschen Ordens. (Nr. I der historisch-nationalökonomischen Section.) hoch 4^o. 1858. 8 *M.*
7. H. WISKEMANN, Die antike Landwirtschaft und das von Thünensche Gesetz, aus den alten Schriftstellern dargelegt. (Nr. II d. hist.-nat. ök. Sect.) 1859. 2 *M* 40 *Sp.*
8. K. WERNER, Urkundliche Geschichte der Iglauer Tuchmacher-Zunft. (Nr. III d. hist.-nat. ök. Sect.) 1861. 3 *M.*
9. V. BÖHMERT, Beiträge zur Gesch. d. Zunftwesens. (Nr. IV d. hist.-nat. ök. Sect.) 1862. 4 *M.*
10. H. WISKEMANN, Darstellung der in Deutschland zur Zeit der Reformation herrschenden nationalökonomischen Ansichten. (Nr. V d. hist.-nat. ök. Sect.) 1862. 4 *M.*
11. E. L. ETIENNE LASPEYRES, Geschichte der volkswirtschaftl. Anschauungen der Niederländer und ihrer Litteratur zur Zeit der Republik. (Nr. VI d. hist.-nat. ök. Sect.) 1863. 8 *M.*
12. J. FIKENSCHER, Untersuchung der metamorphischen Gesteine der Lunzenauer Schieferhalbinsel. (Nr. VI d. math.-phys. Sect.) 1867. 2 *M.*
13. JOH. FALKE, Die Geschichte des Kurfürsten August von Sachsen in volkswirtschaftlicher Beziehung. (Nr. VII d. hist.-nat. ök. Sect.) 1868. 8 *M.*
14. B. BÜCHSENSCHÜTZ, Die Hauptstätten des Gewerbflusses in classischen Alterthume. (Nr. VIII d. hist.-nat. ök. Sect.) 1869. 2 *M* 80 *Sp.*
15. DR. HUGO BLÜMNER, Die gewerbliche Thätigkeit der Völker des classischen Alterthums. (Nr. IX d. hist.-nat. ök. Sect.) 1869. 4 *M.*
16. HERMANN ENGELHARDT, Flora der Braunkohlenformation im Königreich Sachsen. (Nr. VII d. math.-phys. Sect.) Mit 15 Tafeln. 1870. 12 *M.*
17. H. ZEISSBERG, Die polnische Geschichtschreibung des Mittelalters. (Nr. X d. hist.-nat. ök. Sect.) 1873. 12 *M.*
18. ALBERT WANGERIN, Reduction der Potentialgleichung für gewisse Rotationskörper auf eine gewöhnliche Differentialgleichung. (Nr. VIII d. math.-phys. Sect.) 1875. 1 *M* 20 *Sp.*
19. A. LESKIEN, Die Declination im Slavisch-Litauischen und Germanischen. (Nr. XI d. hist.-nat. ök. Sect.) 1876. 5 *M.*
20. DR. R. HASSENCAMP, Ueber den Zusammenhang des lettoslavischen und germanischen Sprachstammes. (Nr. XII d. hist.-nat. ök. Sect.) 1876. 3 *M.*
21. DR. PÖHLMANN, Die Wirthschaftspolitik der Florentiner Renaissance und das Princip der Verkehrsfreiheit. (Nr. XIII d. hist.-nat. ök. Sect.) 1878. 4 *M* 20 *Sp.*
22. DR. ALEXANDER BRÜCKNER, Die slavischen Ansiedelungen in der Altmark und im Magdeburgischen. (Nr. XIV d. hist.-nat. ök. Sect.) 1879. 4 *M* 20 *Sp.*

Leipzig.

S. Hirzel.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.