Aufhören des sphäroidalen Zustandes eine positive, und unter 110 bis 100° findet keine deutlich erkennbare Electricitätsentwicklung mehr statt.

Analog verhält sich Aether, der bei gewöhnlicher Temperatur den geriebenen Körper positiv, bei höherer negativ electrifizirt.

Bei Alkohol findet ein derartiger Wechsel im Vorzeichen der Ladung nicht statt.

Wolfenbüttel, im Juni 1887.

VI. Endgültige Feststellung der auf den Bergkrystallen an den Enden der Nebenaxen bei steigender und sinkender Temperatur auftretenden electrischen Polaritäten; von W. Hankel.

An den Enden der Nebenaxen der Bergkrystalle treten bei steigender und sinkender Temperatur electrische Spannungen auf, und zwar sind dieselben, wie ich durch zahlreiche Beobachtungen an einer grossen Reihe von Krystallen nachgewiesen habe, dergestalt vertheilt, dass diejenigen Enden, welche zu Kanten gehören, an denen die Flächen der trigonalen Pyramiden und Trapezoëder auftreten, beim Erwärmen negative, beim Erkalten positive Polarität zeigen, während die entgegengesetzten Enden, an denen diese Flächen fehlen, bei steigender Temperatur positiv, bei sinkender aber negativ werden.

Gerade entgegengesetzt glaubte im Jahre 1880 Hr. Friedel und dann wieder 1884 Hr. v. Kolenko die beiden Electricitäten an den Enden der Nebenaxen vertheilt gefunden zu haben, sodass also ihrer Meinung nach beim Erkalten die mit den Flächen der trigonalen Gestalten versehenen Kanten negativ, die gegenüberliegenden aber positiv wären.

Diese irrthümliche Bestimmung ist nicht etwa durch Fehler in der directen Wahrnehmung, sondern vielmehr nur durch die Deutung, welche den Beobachtungen gegeben wurde

veranlasst worden, wie ich dies schon in zwei früheren Aufsätzen¹⁾ gezeigt habe.

Hr. v. Kolenko sucht nun in einem gegen meine Erklärung seiner Beobachtungen gerichteten Aufsätze²⁾ durch neue Versuche seine Bestimmung der electricischen Pole in den Kanten des Bergkrystalles zu stützen. Ich werde jedoch zeigen, dass auch diese Versuche bei richtiger Deutung nicht das von Hrn. v. Kolenko aufgestellte, sondern ebenfalls wieder das von mir früher ausgesprochene Resultat ergeben.

Hr. v. Kolenko hat die von Hrn. Kundt angegebene Bestäubungsmethode angewendet. Dieselbe leidet aber selbst in den Fällen, wo deutliche Zeichnungen entstehen, an dem grossen Mangel, dass sie nur den zur Zeit der Bestäubung gerade vorhandenen electricischen Zustand kenntlich macht, ohne dass es möglich ist, das Entstehen und Wachsen sowie das Abnehmen und Verschwinden desselben genauer zu verfolgen. Dadurch wird aber unter Umständen, wie sie gerade der Bergkrystall darbietet, ein sicherer Schluss über die Vorgänge, welche die in der Bestäubung sichtbar gewordene electricische Vertheilung bedingen, unmöglich gemacht. Namentlich können die thermoelectricischen Vorgänge auf dem Bergkrystalle durch das Auftreten der actinoelectricischen verdunkelt und selbst längere Zeit ganz verdeckt werden.

In meiner Abhandlung vom Jahre 1880 habe ich alle Beziehungen, welche bei der Deutung der Beobachtungen auf den Bergkrystallen zu beachten sind, in ihrem ganzen Umfange aufgeführt, aber nur im Allgemeinen, indem ich glaubte voraussetzen zu dürfen, dass Jeder, der meine Bestimmungen prüfen wollte, die von mir beschriebenen Vorgänge in Betracht ziehen würde. Da dies jedoch nicht immer geschehen ist, so erscheint es mir geboten, einige Beobachtungsreihen über die auf Bergkrystallen bei steigender und sinkender Temperatur, sowie bei der Bestrahlung auftretenden electricischen Vorgänge in einer gewissen Ausführlichkeit mitzutheilen, damit ein Jeder in den Stand gesetzt werde, sogleich

1) Hankel, Wied. Ann. **19**. p. 818. 1883 u. **26**. p. 150. 1885.

2) v. Kolenko, Wied. Ann. **29**. p. 414. 1886.

mit voller Bestimmtheit den Ursprung der in jedem Augenblicke vorhandenen electrischen Spannungen zu erkennen.

Um diese Mittheilung möglichst kurz geben zu können, will ich zunächst die in meiner Abhandlung umfänglich dargelegten electrischen Vorgänge auf den Bergkrystallen hier kurz zusammenstellen.

1. Beim Erkalten sind diejenigen Kanten des Bergkrystalles, welche die Flächen der trigonalen Gestalten tragen, positiv, die zwischen ihnen liegenden negativ.

2. Bei steigender Temperatur sind die ersteren Kanten negativ, die letzteren positiv.

3. Beim Bestrahlen durch eine Flamme oder durch Annähern oder Auflegen einer erhitzten Metallkugel zeigen die mit den Flächen der trigonalen Gestalten versehenen Kanten positive, die zwischen ihnen liegenden negative Electricität.

4. Durch ein sehr kurzes, aus einer gewissen Entfernung erfolgtes Hinblasen einer Alkoholflamme nach der electrischen Oberfläche eines warmen Bergkrystalles lässt sich diese Oberfläche in einen nur noch schwach electrischen Zustand versetzen.¹⁾

5. Durch ein längeres Hinblasen der Flamme über die Oberfläche des Bergkrystalles häuft man künstlich, infolge der actinoelectrischen Vorgänge und der Leitung der Flamme, je nach dem Gelingen des Versuches mehr oder weniger starke Electricität auf den Kanten an. Die dabei eintretenden Vorgänge habe ich in meiner Abhandlung p. 528 und in diesen Annalen²⁾ im Allgemeinen beschrieben. Es wird aber vielleicht nicht unangemessen sein, dieselben im einzelnen hier nochmals zu erläutern.

Durch Wärmestrahlung wird in den Kanten des Bergkrystalles die Actinoelectricität hervorgerufen, und zwar treten

1) Es heisst in meiner Abhandlung p. 529: „Besitzt der Bergkrystall die Temperatur des Zimmers, so ist es leicht, denselben durch Anhauchen, also durch Erzeugung eines leitenden Beschlages, unelectrisch zu machen. Dagegen gibt es kein Mittel, die Oberfläche eines heissen Bergkrystalles in unelectrischen Zustand zu versetzen. Bisweilen gelingt es wohl, durch ein ausserordentlich kurzes Anblasen der Oberfläche mit der Alkoholflamme den grössten Theil der vorhandenen Electricität zu beseitigen, u. s. w.“

2) W. Hankel, Wied. Ann. 26. p. 152. 1885.

in den mit den Flächen der trigonalen Gestalten versehenen Kanten die positiven, in den zwischenliegenden die negativen Spannungen auf. Dieselben erreichen in ungefähr 40 Sekunden oder auch in noch kürzerer Zeit ihr Maximum. Sie sind dabei ganz unabhängig von der Umgebung des Krystalles und in ihrer Grösse allein durch die Intensität der Bestrahlung bedingt. Dauert diese Bestrahlung in gleicher Stärke fort, so bleibt die actinoelectricische Spannung auf gleicher Höhe.¹⁾

Hebt man die Bestrahlung auf, so verschwindet unabhängig von der äusseren Umgebung die Spannung wieder in ungefähr 40 Sekunden.

Selbstverständlich wirkt aber diese Actinoelectricität auf die in der Umgebung des Bergkrystalles befindlichen Leiter vertheilend, jedoch ohne dass letztere auf den Bergkrystall Rückwirkung auszuüben vermögen. Sind die umgebenden Leiter zur Erde abgeleitet, so verschwindet, wenn nach dem Eintritt des Maximums der Actinoelectricität die Strahlung aufgehoben wird, auch die in den Leitern gebundene entgegengesetzte Electricität. Werden dagegen die während der Strahlung zur Erde abgeleiteten Leiter vor dem Aufheben der Strahlung isolirt, so wird durch das Verschwinden der Actinoelectricität die in ihnen gebundene entgegengesetzte Electricität frei. Der Leiter kann dabei auch auf der isolirenden Oberfläche des Bergkrystalles selbst befestigt sein.

Auf der Kante eines Rauchtropases²⁾, welche oben und unten die Flächen des trigonalen Trapezoëders trägt, wurde

1) Lässt man die Beleuchtung länger einwirken, so zeigt sich (siehe p. 510 meiner Abhandlung) allmählich eine Verminderung des Ausschlages im Electrometer, welche eine Folge der eintretenden Temperaturerhöhung, also der erregten Thermoelectricität ist. Die durch Temperaturerhöhung hervorgerufene Thermoelectricität ist nämlich im Vorzeichen der Actinoelectricität gerade entgegengesetzt.

2) Es war die Kante 1, 2 des in meiner Abhandlung von 1880 beschriebenen Krystalles Nr. 15. Derselbe ist nicht einfach, sondern enthält, wie in jener Abhandlung angegeben, in der Kante 4, 5 ein Stück eines um 60° gedrehten Krystalles. Dagegen gehört die Umgebung der Kante 1, 2, sowie der Kante 2, 3 einem und demselben einfachen Individuum an.

ein Stanniolstreifen, der ungefähr die Hälfte der Länge der Kante, sowie die Hälfte der anliegenden Flächen bedeckte, mittelst Schellackfirniß aufgeklebt. Es wurde nun zuerst der Krystall mit dem auf der Kante 1, 2 befindlichen Stanniolstreifen an eine isolirte Metallkugel, welche mit dem Goldblatt des Electrometers¹⁾ verbunden war, angelegt, und der Kante 4, 5 gegenüber in einem Abstand von 83 mm ein Gasbrenner aufgestellt. Die Länge der Nebenaxe, welche die Kanten 1, 2 und 4, 5 verbindet, misst 33,2 mm; die Flamme stand also von der Kante 1, 2 um 116 mm ab. Als nach Isolirung des Goldblättchens die Flamme angezündet wurde, entstand ein positiver Ausschlag, der in weniger als 40 Sekunden das Maximum von + 48 Scalenth. erreichte. blieb das Goldblättchen isolirt, und wurde die Flamme ausgelöscht, so verschwand der positive Ausschlag in einem gleichen Zeitraum; ja er ging infolge der durch die Erwärmung der Masse auftretenden Thermoelectricität in einen schwachen negativen (— 2 Scalenth.), wie er dieser Kante entspricht, über. Wenn unter gleichmässigem Fortbrennen der Flamme nach Eintritt des Maximums des positiven Ausschlages das Electrometer entladen und dann wieder isolirt wurde, so blieb das Goldblättchen in der Ruhelage oder ging bei längerer Bestrahlung infolge der Temperaturerhöhung der Masse des Krystalles schwach nach der negativen Seite. Wurde bald nach Erreichung des positiven Maximums das Goldblatt entladen und nach erfolgter Isolirung die Lampe ausgelöscht, so zeigte sich ein starker negativer Ausschlag; es verschwand die positive Actinoelectricität aus der Kante 1, 2, und die von ihr in dem Stanniolstreifen und der Leitung zum Electrometer gebundene gewesene negative Electricität wurde frei.

Dieselben Versuche wurden nun auch in folgender Weise ausgeführt:

Der Krystall²⁾ wurde in einem Nebenzimmer, in dem

1) Die Empfindlichkeit des Electrometers war so weit verringert, dass ein längere Zeit gestandenes Element Zink-Kupfer-Wasser bei Ableitung des einen Poles zur Erde am anderen einen Ausschlag von 15 Scalentheilen gab.

2) Der Krystall war mittelst Siegellack in aufrechter Stellung auf

oben angegebenen Abstände, einer Gasflamme 40 Secunden lang mit der Kante 4, 5 gegenüber gestellt und dann 40 Secunden nach der Entfernung von der Flamme mit dem auf der Kante 1, 2 befindlichen Stanniolstreifen an die Metallkugel des Electrometers gestellt. Das Goldblättchen zeigte keine Ablenkung. Der Krystall wurde abermals im Nebenzimmer der Gasflamme gegenübergestellt, und dabei das Stanniolblättchen mit einem durch die Gasröhren des Hauses abgeleiteten Kupferdrahte berührt. Nach 40 Secunden wurde die Ableitung aufgehoben und darauf erst der Krystall von der Flamme entfernt. Als ich jetzt den Stanniolstreifen auf der Kante 1, 2 an die Metallkugel stellte, entstand ein negativer Ausschlag von -20 Scalenth. In dem ersten Versuche hatte sich die durch die Vertheilungswirkung der positiven Actinoelectricität auf der Oberfläche geschiedene negative und positive Electricität nach dem Auslöschen der Flamme und dem Verschwinden der Actinoelectricität wieder vereinigt, während im zweiten Versuche, da die freie positive hinweggenommen, nur noch die gebundene negative geblieben war, und nach dem Verschwinden der positiven Actinoelectricität in der Krystallkante frei wurde.

Dies ist genau der Vorgang, wie er beim Ueberstreichen der Oberfläche eines Bergkrystalles mit einer Alkoholflamme auftritt. Wird der oben und unten die Flächen des trigonalen Trapezoëders tragenden Kante des vorliegenden Krystalles die Alkoholflamme genähert, so entsteht in ihr positive Actinoelectricität, die sich verstärkt, wenn die Flamme bis zur Berührung herangeführt wird. Aus der leitenden Flamme wird auf die Oberfläche der Kante und der ihr anliegenden Flächenstücke negative Electricität gezogen und daselbst durch die im Innern vorhandene positive gebunden. Zieht man nun die Flamme rasch zurück, so muss nach dem Verschwinden der positiven Actinoelectricität die auf der Oberfläche von ihr gebunden gewesene negative frei werden.

einem Metallstreifen befestigt und konnte mittelst desselben bewegt werden, ohne dass seine Oberfläche berührt worden wäre, wodurch also jede Entstehung von Reibungselectricität ausgeschlossen war.

6. Durch Druck in der Richtung der Nebenaxen werden die Kanten, welche mit den Flächen der trigonalen Gestalten versehen sind, negativ, die zwischen ihnen liegenden positiv. Beim Nachlassen des Druckes ist die Vertheilung der electrischen Polaritäten die entgegengesetzte.

7. Die Oberflächen der Bergkrystalle verhalten sich in Bezug auf ihr Isolationsvermögen bei der Temperatur des Zimmers sehr verschieden. Während einige derselben gut isoliren, findet sich auf der Oberfläche anderer eine so gut leitende Schicht condensirter Feuchtigkeit, dass wenn ein Krystall dieser letzteren Art mit einer Kante oder Fläche auf eine zur Erde abgeleitete Kupferplatte gelegt, und auf die obere Kante oder Fläche ein mit dem Goldblatt des Electrometers verbundenes Zinkstück gedrückt wird, im Electrometer ein constanter negativer Ausschlag, herrührend von einem Element Kupfer-Wasser-Zink entsteht.¹⁾ Durch Erhöhung der Temperatur des Krystalles wird die Isolirung verbessert. Sehr gut isoliren die glatten Oberflächen der Rauchtopase.

Ich gehe nun zur Mittheilung einiger speciellen Versuchsreihen über. Der erste in Betracht kommende Krystall ist der in meiner Abhandlung über die Actinoelectricität (1880) unter Nr. 4, der zweite der unter Nr. 15 beschriebene und abgebildete Krystall.

Krystall Nr. 4.

Die Länge der Hauptaxe des vom St. Gotthardt stammenden Krystalles beträgt 40 mm, die der Nebenaxe 24 mm, sein Gewicht 25 g. Einige Prismenflächen sind sehr glatt und glänzend, andere weniger, einzelne erscheinen rauh; dies letztere gilt namentlich von den Flächen 6 und 1.

a) Der Krystall wurde in Kupferfeilicht, das sich in einer kleinen kupfernen Schale befand, so eingesetzt, dass nur die Kante 1, 2, welche an dem oberen Ende die kleine Fläche eines trigonalen Trapezoëders trug, und die anliegenden Hälften der Flächen 1 und 2 frei daraus hervorragten. Das Kupferfeilicht sammt der Schale wog nahe 100 g.

¹⁾ Hankel, Abhandlung v. 1880. p. 512.

Die Schale mit dem Krystall hatte 1 Stunde in einem Luftbade von 95° C. gestanden. Nach dem Herausnehmen aus demselben wurde sie neben das Electrometer gestellt, und der Mitte der Kante 1, 2 die Spitze des mit dem Goldblättchen des Electrometers verbundenen Platindrahtes mittelst eines Hebels genähert.¹⁾ Zwischen dem Herausnehmen aus dem Ofen und der ersten Beobachtung der Electricität war ungefähr 1 Minute vergangen. Das Electrometer gab einen Ausschlag -8 ; darauf nach 1 Minute -5 ; nach 1 Minute $+2$. In weiteren 7 Minuten²⁾ stieg die positive Spannung bis $+33$; nach weiteren 40 Minuten ging das Goldblättchen über die Scala hinaus bis ungefähr $+70$. Nach weiteren 67 Minuten gab die Annäherung des Platindrahtes noch $+44$ und nach weiteren 70 Minuten $+38$ Scalenth.

Die oben mit der Fläche des trigonalen Trapezoëders versehene Kante 1, 2 ist also, wie ich auch in meiner Abhandlung angegeben habe, beim Erkalten positiv. Die anfangs erscheinende schwache negative Polarität ist ein Rest der von der Erwärmung herrührenden, die jedoch innerhalb dreier Minuten von der bei der Abkühlung entstehenden überwunden wird.

b) Wurde die Schale mit dem Krystall nur 5 Minuten in den Ofen (95°) gestellt, so zeigte die Mitte der Kante 1 Minute nach dem Herausnehmen aus dem Ofen -22 , sodann in Zwischenzeiten von je 1 Minute nach einander -25 , -30 , -11 . Im Verlaufe der nächsten 4 Minuten ging der Ausschlag ins Positive $+4$ u. s. w. über. Bei diesem Versuche stieg auch nach dem Herausnehmen die Temperatur des Krystalles noch einige Zeit, sodass sogar anfangs die negative Spannung noch zunahm. Da diese negative Electricität weniger Zeit gehabt hatte, sich zu zerstreuen, so trat ihre Umkehrung in die positive erst nach ungefähr 6 Minuten ein, während sie im vorhergehenden Versuche bereits nach Ablauf der dritten Minute erfolgt war.

1) Die obenerwähnte Einrichtung ist näher beschrieben in den Abhandl. der Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. 14. p. 377 u. f.

2) Der Kürze wegen führe ich die in Zwischenzeiten von 1 bis 5 Minuten gemachten Beobachtungen nicht mit auf.

c) Der Krystall war jetzt bis auf die Kante 6, 1 und die Hälften der anliegenden Flächen 6 und 1 in das Kupferfeilicht eingesetzt. Diese Kante trägt keine trigonalen Flächen und wird also beim Erwärmen +, beim Erkalten -. Als die Schale mit dem Krystall 1 Stunde 10 Minuten im Ofen (95°) gestanden hatte, fand sich 1 Minute nach dem Herausnehmen + 4, nach weiteren 2 Minuten aber bereits - 12; diese negative Electricität erreichte in 5 Minuten eine solche Stärke, dass das Goldblättchen ganz aus dem Gesichtsfeld des Mikroskopes verschwand.¹⁾

In diesem Zustande wurde die Flamme eines in Alkohol getauchten, an einem Kupferdrahte befestigten Baumwollenbausches aus 2—3 Zoll Entfernung gegen die Kante kurz hingeblassen, sodass wesentlich nur die Leitung der Flamme, aber noch nicht merklich ihre Strahlung zur Wirkung kommen konnte. Der Ausschlag war dann auf - 12 herabgesunken und konnte durch ein nur wenig längeres Blasen, wobei ausser der Leitung auch die Strahlung der Flamme schon zur Wirkung kam, sogar in einen positiven umgekehrt werden. Infolge der abnehmenden Temperatur trat aber wieder negative Polarität auf, die in 6 Minuten bis auf - 56 stieg. 15 Minuten nach dem Herausnehmen, wo die Temperatur des Krystalles schon beträchtlich gesunken war und die weitere Abnahme derselben langsamer erfolgte, konnten dann durch längeres Hinblasen der mehr genäherten Flamme positive Ausschläge bis + 45 und + 50 erzielt werden. Diese positive Ladung liess sich aber durch ein kurzes Hinblasen aus etwas grösserem Abstände wieder sehr verringern (+ 2) durch neues, starkes Hinblasen wieder steigern (+ 40), durch kurzes Hinblasen wieder verringern u. s. w.

Als 26 Minuten nach dem Herausnehmen aus dem Ofen die Ladung durch kurzes Hinblasen bis auf + 2 vermindert war, blieb der Krystall ruhig stehen, und infolge der noch abnehmenden Temperatur zeigte die Kante sehr bald wieder die dieser Abnahme entsprechende negative Polarität (- 7) etc.

1) Die negative Spannung auf der Kante 6, 1 ist unter gleichen Umständen beträchtlicher als die positive auf der Kante 1, 2.

d) Wird die Kante 1, 2 ebenso behandelt, so sind die Vorgänge dieselben, nur mit Umkehrung der Vorzeichen. Als z. B. diese Kante 10 Minuten nach dem Herausnehmen aus dem Ofen sehr starke positive Spannung zeigte, wurde dieselbe durch kurzes Hinblasen der Flamme bis auf + 5 beseitigt. Dagegen wurde durch längeres, aus grösserer Nähe erfolgtes Hinblasen¹⁾ eine starke negative Spannung hervorgerufen, die durch kurzes Hinblasen fast ganz hinweggenommen, durch neues, längeres Blasen aber wieder hervorgerufen wurde u. s. w.

e) Der Krystall, von welchem die Kante (6, 1) aus dem Kupferfeilicht hervorragte, war 50 Minuten in dem Ofen bis 95° erhitzt worden. Die unter dem Ofen brennende Lampe wurde dann ausgelöscht und der Krystall im Ofen stehen gelassen, bis die Temperatur im Innern desselben auf 62° C. gesunken war. Als nun der Krystall herausgenommen wurde, zeigte die Mitte der Kante gleich die der Abkühlung entsprechende negative Spannung — 14, die bei weiterem Abkühlen bis — 56 stieg.

f) Der Krystall war durch Siegelack in verticaler Stellung seiner Hauptaxe auf einer Metallplatte befestigt. Die Kante 1, 2 wurde an eine mit dem Electrometer verbundene Metallkugel von 18 mm Durchmesser angelegt, und auf die Kante 4, 5 mittelst eines Hohlspiegels von 20 cm Oeffnung und 12 cm Brennweite das Bild der Flamme eines Gasbrenners geworfen.²⁾ Nach dem Anzünden der Lampe entstand ein positiver Ausschlag von + 8 Scalenth., der in weniger als 30 Secunden sein Maximum erreichte. Wurde jetzt das Electrometer entladen, dann wieder isolirt und sodann die Flamme ausgelöscht, so erzeugte

1) Bleibt man nach dem stärkeren Blasen noch einige Zeit mit der Flamme in der Nähe des Krystalles, so leitet man durch dieselbe, weil die Actinoelectricität rasch verschwindet (p. 513 meiner Abhandlung), wieder einen grossen Theil der frei werdenden negativen Polarität ab. Am besten ist es, um den eben genannten Uebelstand möglichst auszuschliessen, die Flamme einige Secunden auf die Kante hinzublasen und das Blasen dann plötzlich so zu verstärken, dass die Flamme augenblicklich verlöscht.

2) Die Flamme stand hinter einem Metallschirme, sodass sie auf den Krystall keine ableitende Wirkung ausüben konnte.

die nun freiwerdende negative Electricität einen Ausschlag von -8 Scalenth. Wurde nach Eintritt des positiven Maximums das Electrometer entladen und wieder isolirt, so zeigte sich, wenn die Flamme ruhig in ihrer Stärke weiter brannte, nach und nach ein negativer Ausschlag infolge der durch die Erwärmung der Masse auftretenden Thermoelectricität.

g) Wurde die Kante 6, 1 denselben Versuchen unterworfen, so erschien beim Bestrahlen ein Ausschlag -12 , der in weniger als 30 Secunden sein Maximum erreichte. Nach Entladung und neuer Isolirung des Electrometers entstand nach dem Auslöschen der Flamme ein Ausschlag von $+12$ Scalenth. Wurde nach Eintritt des negativen Maximums das Electrometer entladen und wieder isolirt, so entstand bei in gleicher Stärke fortbrennender Flamme, infolge der durch die Erwärmung der Masse des Krystalles auftretenden Thermoelectricität, ein positiver Ausschlag, der in 3 Minuten bis $+16$ stieg.

h) Wurde der Mitte der Kante 1, 2 des im Kupferfeilicht liegenden Krystalles eine an den mit dem Electrometer verbundenen Platindraht angeschraubte, bis über 100° erhitzte kupferne Kugel genähert, so entstand infolge der Actinoelectricität ein Ausschlag $+19$. Wurde in der genäherten Stellung die Kugel entladen und nach der Isolirung ohne Reibung auf die Kante niedergelassen, so erschien ein Ausschlag $+37$. Nachdem in dieser Lage die Kugel abgeleitet und wieder isolirt worden, entstand infolge der Erwärmung ein thermoelectrischer, negativer Ausschlag, der in 4 Minuten bis -33 stieg, u. s. w.

i) Im Vorstehenden wurde die Thermoelectricität meistens nur während der Periode des Erkaltens beobachtet; man kann dieselbe aber auch bei steigender und sinkender Temperatur untersuchen.

Neben dem Electrometer stand ein kleiner eiserner Ofen, der oben eine schüsselförmige Vertiefung zur Aufnahme von Eisenfeilicht trug. Im Innern des Ofens brannte die kleine Flamme einer Alkohollampe. Der Schornstein war durch eine Oeffnung in der den Apparat umgebenden Metallhülle aus Messingblech geführt, um jeden Einfluss der Verbren-

nungsgase auszuschliessen. Der Krystall wurde so in das Eisenfeilicht¹⁾ eingesetzt, dass nur die Kante 1, 2 und die angrenzenden Theile der Flächen 1 und 2 frei waren. Neben dem Krystall, etwas entfernt von ihm, stand in dem Eisenfeilicht das cylindrische Gefäss eines Thermometers.

Da durch die Flamme der Boden der Schale und die anliegenden Eisenfeile stärker erhitzt werden, so ist, wie bei dem Versuche mit der erhitzten Kugel, eine actinoelectrische Wirkung zu erwarten, und es tritt dieselbe auch in der That ein. Bereits nach 3 Minuten erschien auf der Kante 1, 2 ein positiver Ausschlag + 1, der in weiteren 8 Minuten bis + 4 stieg (Thermometer zeigte 84°), wobei die positive Actinoelectricität die negative Thermoelectricität überwand. Erst nach weiteren 3 Minuten (94°) wurde der Ausschlag negativ - 3, der in weiteren 7 Minuten (125°) bis - 15 stieg, und dann allmählich wieder abnahm - 6 (151°). Nach dem Auslöschen der Flamme bestand dieser negative Ausschlag noch fort, nahm allmählich ab und ging 16 Minuten nach dem Auslöschen (95°) in einen positiven über, der 57 Minuten nach dem Auslöschen auf + 46, und nach weiteren 30 Minuten bis + 57 stieg.

k) Wurde der Krystall mit der Kante 4, 5 in eine in einem Metallklotz befindliche Rinne, deren Seitenwände unter 120° zusammenstiessen, gelegt, und auf die oben befindliche Kante 1, 2 mittelst einer 20 mm langen, mit dem Electrometer verbundenen Zinnplatte ein Druck von 2 kg ausgeübt, so entstand ein Ausschlag von - 30.²⁾ Das Nachlassen des Druckes gab einen gleich grossen positiven Ausschlag.

l) Wurde die Kante 6, 1 in gleicher Weise behandelt, so entstand beim Druck ein positiver Ausschlag + 32, beim Nachlassen des Druckes ein gleich grosser negativer.

Krystall Nr. 15.

Wegen des geringeren Isolationsvermögens bot der vorhergehende Krystall weniger Veranlassung zu irrthümlicher

1) Die Menge desselben betrug über 300 g.

2) Die Empfindlichkeit des Electrometers war nur so gross, dass die Spannung an den Polen eines Elementes Zink-Kupfer-Wasser 15 Scalentheile betrug.

Auffassung; in viel höherem Grade ist dies jedoch bei dem jetzt zu untersuchenden der Fall. Der Krystall, ein Rauchtopas aus dem Maderaner Thal, ist in meiner Abhandlung von 1880 unter Nr. 15 behandelt und abgebildet, auch oben bei den p. 95 beschriebenen Versuchen benutzt worden. Die Länge der Hauptaxe des am unteren Ende verbrochenen Krystalles beträgt 80 mm, die Länge der Nebenaxen 35 mm.

a) Der Krystall, der 125 g wog, war in einem kupfernen Kasten, welcher gegen 300 g Kupferfeilicht enthielt, in dieses letztere so eingesetzt, dass nur die Kante 2, 3 nebst den Hälften der anliegenden Flächen 2 und 3 frei blieben. Die Kante 2, 3 trug keine Flächen trigonaler Gestalten¹⁾, wird also thermoelectrisch beim Erwärmen positiv und beim Abkühlen negativ. Die Oberfläche dieses Krystalles isolirt sehr gut.

Der in das Kupferfeilicht eingesetzte Krystall hatte 2 Stunden in dem Ofen (95° C.) gestanden. Nach dem Herausnehmen fand sich auf der Mitte der Kanten eine so starke positive Spannung, dass das Goldblättchen des Electrometers bei Annäherung des Endes des Platindrahtes ganz aus dem Gesichtsfelde des Mikroskopes verschwand. Dieselbe war eine Folge der Erwärmung, und bei dem guten Isolirungsvermögen in her bezeichneten Stärke erhalten. Dass diese positive Spannung nicht der Abkühlung angehörte, ergaben sofort die Beobachtungen in den nächstfolgenden Minuten; es nahm nämlich diese positive Spannung infolge der durch die beginnende Abkühlung entstehenden negativen allmählich ab. 3 Minuten nach dem Herausnehmen betrug sie nur noch + 60, nach weiteren 2 Minuten + 45, . . .; 16 Minuten nach dem Herausnehmen + 16²⁾; erst 28 Minuten nach dem Herausnehmen, wo die äussere Wand des Kastens noch ungefähr 45° warm war, erschien die Kante unelectrisch. Bei weiterer Abkühlung entstand nun ein negativer Ausschlag, wie er der Erkaltung entspricht; eine Stunde nach dem Herausnehmen

1) Dagegen fanden sich solche auf den beiden benachbarten Kanten 1, 2 und 3, 4.

2) Bei der grossen Menge des Kupferfeilichts erfolgte die Abkühlung nur langsam, sodass zu dieser Zeit die äussere Wand des Kastens noch heiss war.

betrug dieselbe -11 . Die negative Spannung konnte nicht stark hervortreten, da sie zum allergrössten Theil zur Ueberwindung der noch vom Erwärmen herrührenden positiven verbraucht wurde.

b) Der Krystall hatte länger als 1 Stunde im Ofen gestanden, und nach dem Herausnehmen gab die Mitte der Kante 2, 3 einen positiven Ausschlag, bei welchem das Goldblatt aus dem Gesichtsfeld des Mikroskopes hinausging. Durch kurzes Abblasen mit der Flamme wurde derselbe auf $+15$ vermindert. Jetzt trat bereits 3 Minuten nach dem Herausnehmen aus dem Ofen die Umkehrung ein, und nach weiteren 25 Minuten betrug der negative Ausschlag mehr als -60 Scalenth.

c) Der Krystall war so in das Kupferfeilicht eingehüllt, dass nur die Kante 1, 2 nebst den anliegenden Hälften der Flächen 1 und 2 frei blieb. Die Kante 1, 2 trägt oben und unten die Fläche eines trigonalen Trapezoëders, wird also beim Erkalten positiv. Nachdem der Krystall 2 Stunden im Ofen (95°) gestanden, wurde die Lampe unterhalb desselben ausgelöscht, und der Kasten mit dem Krystall blieb in dem verschlossenen Ofen stehen, bis die Temperatur im Innern des Ofens auf 72° C. gesunken war. Als jetzt der Krystall herausgenommen wurde, zeigte er noch eine so starke von der Erwärmung herrührende negative Electricität, dass das Goldblättchen aus dem Gesichtsfelde ging. Diese negative Spannung nahm dann ab; eine Umkehrung in die positive trat erst 31 Minuten nach dem Herausnehmen aus dem Ofen ein. Nach Verlauf von weiteren 40 Minuten war dieselbe bis $+11$ gestiegen.¹⁾

1) Hr. v. Kolenko hat zu seinen in 29. p. 416 dieser Annalen mitgetheilten Versuchen auch vier Rauchquarze verwendet und dieselben gerade so behandelt, wie dies bei der obigen Beobachtung mit der Kante 1, 2 geschehen. Diese letztere zeigte aber, dass unter den gegebenen Umständen noch die von der Erwärmung herrührende Electricität in sehr bedeutendem Grade vorhanden ist und also die Farbenzeichnung bei der Bestäubung bedingt. Die von Hrn. v. Kolenko gefundene Vertheilung der Farben rührt also nicht von der durch Erhaltung entstehenden Electricität her, sondern entspricht vielmehr der bei der Erwärmung auftretenden.

d) Der Krystall war in derselben Weise wie unter c) in das Kupferfeilicht eingesetzt und hatte 50 Minuten im Ofen (95°) gestanden. Sogleich nach dem Herausnehmen zeigte die Mitte der Kante 1, 2 eine so grosse negative Electricität, dass das Goldblättchen nach der negativen Seite ganz aus dem Gesichtsfeld verschwand. Ein sehr kurzes Hinblasen der Alkoholflamme verringerte diese starke negative Spannung auf -18 ; ein nochmaliges auf -10 . Infolge der Erkaltung nahm diese negative Polarität allmählich weiter ab und ging dann in die positive über, welche während 12 Minuten bis auf $+25$ stieg. Als dann weiterhin die positive Spannung bis $+43$ gestiegen war, wurde nach einem kurzen Hinblasen der Flamme die Spannung -3 , nach längerem Hinblasen -28 , nach nochmaligem längeren Hinblasen -70 , nach einem kurzen Hinblasen -20 , nach nochmaligem kurzen Hinblasen -6 beobachtet u. s. w.

Man kann also nach Belieben durch längeres oder kürzeres Hinblasen der Alkoholflamme auf der Kante 1, 2 des fast ganz erkalteten Krystalles starke negative Electricität anhäufen und wieder entfernen.

e) Der Krystall wurde mit der Fläche 5 auf einen Metallstreifen aufgeklittet, sodass er mittelst desselben ohne Berührung seiner Oberfläche transportirt werden konnte. Dabei lag also die Fläche 2 oben, und die Kanten 1, 2 und 2, 3 konnten abwechselnd untersucht werden. Nachdem der Krystall $2\frac{1}{2}$ Stunde im Ofen (95°) gestanden, zeigte sogleich nach dem Herausnehmen die Kante 1, 2 eine so starke negative und die Kante 2, 3 eine so starke positive Electricität, dass das Goldblättchen ganz aus dem Gesichtsfeld hinausging. Durch kurzes Hinblasen der Alkoholflamme wurden diese Spannungen beseitigt, und nach ungefähr 30 Minuten zeigte die Kante 1, 2 $+60$ und die Kante 2, 3 -65 .

Ich habe diesen Versuch besonders aufgeführt, weil bei ihm der ganze Krystall mit Ausnahme der auf dem Metall liegenden Fläche 5 sich frei in der Luft befand. Die Resultate waren dieselben, als zuvor, wo nur eine Kante aus dem Kupferfeilicht herausragte.

f) Der Krystall wird durch Strahlung stark actino-

electricisch. Als der Krystall Nr. 15 in gleicher Weise wie Nr. 4 (unter c) durch eine Flamme bestrahlt wurde, während die Kante 1, 2 an der metallenen Kugel stand, so erzeugte die Bestrahlung in 40 Secunden einen Ausschlag von + 40, der nach dem Auslöschen der Lampe in nahe gleichem Zeitraum wieder verschwand.

g) Als der Krystall in Kupferfeilicht von der Temperatur des Zimmers stand, wurde der Mitte der frei hervorragenden Kante 2,3 eine an dem Hebel (s. p. 98) befestigte und mit dem Goldblättchen des Electrometers verbundene Kugel genähert. Es entstand kein Ausschlag. Darauf wurde die Kugel über 100° erhitzt und genähert; es wurde jetzt ein Ausschlag -35 beobachtet. Als die Kugel langsam und ohne Reibung auf die Kante aufgelegt wurde, erreichte die negative Spannung eine solche Höhe, dass das Goldblatt ganz aus dem Gesichtsfeld verschwand. Die Kugel blieb liegen, wurde in dieser Lage durch Berührung mit einem Kupferdrahte abgeleitet und dann wieder isolirt. In den nächsten Minuten entstand durch die Erwärmung der Kante ein thermoelectricischer positiver Ausschlag, der allmählich bis + 50 stieg.

h) Ich schliesse mit einem Versuche, der zeigen wird, dass selbst über eine Stunde fortgesetztes Beobachten eines sich erwärmenden Bergkrystalles zu irrigen Resultaten führen kann, wenn nicht die sämmtlichen Vorgänge, welche Electricität zu erzeugen vermögen, sorgfältig in Betracht gezogen werden.

Der Krystall wurde in das Eisenfeilicht des kleinen, neben dem Electrometer befindlichen Ofens (s. p. 98) so eingesetzt, dass nur die Kante 1,2 und die Hälften der anliegenden Flächen aus demselben hervorragten. Der Mitte der Kante wurde von Minute zu Minute die Spitze des Platindrahtes genähert und der Ausschlag am Electrometer beobachtet.

Die folgende Tabelle enthält einen übersichtlichen Auszug aus diesen Beobachtungen. In der ersten Columne stehen die Zeiten, in der zweiten die Temperaturen, welche ein neben dem Krystall im Eisenfeilicht eingesetztes Thermometer

angab, während in der dritten sich die am Electrometer beobachteten Ausschläge finden.

Zeit	Temp.	Ausschl.	Zeit	Temp.	Aussch.	Zeit	Temp.	Ausschl.
8 ^h 22 ^m 1)	16°	0	8 ^h 58 ^m	110°	+ 15	9 ^h 36 ^m	97°	— 2
23	16	+ 7	9 3	118	+ 9	37	94	+ 2
24	16	+21	8	125	+ 3	38	90	+ 7
25	17	+40	13	133	— 1	9 54	60	+50
26	19	+52	18 ²⁾	139	—18	10 22	35	+77
27	22	+70	19	141	—48	10 47	27,5	+78
28	25	+90	20	140	—55	11 20	23	+76
35	51	+73	22	138	—52	11 43	22	+73
37	59	+70	24	133	—45	12 0	21,5	+73
40	70	+63	26	126	—40	12 18	21	+70
43	77	+53	29	116	—35	2 15	21	+52
48	90	+43	32	107	—20	2 40	21	+50
53	100	+28	35	99	— 6	3 10	21	+48

In der vorstehenden Tabelle erscheint also die Kante 1,2 fast während der ganzen Zeit des Brennens der Lampe positiv, wird dann nach dem Auslöschen der Lampe stark negativ und geht zuletzt wieder ins Positive über.

Die erste positive Electricität von 8^h 22^m bis 9^h 8^m ist Actinoelectricität, welche durch das auf dem Boden der Schale liegende stark erhitzte Eisenfeilicht in der Kante 1,2 hervorgerufen wird. Dass diese Electricität nicht der beim Erwärmen der Masse entstehenden Thermoelectricität entspricht, ist sofort aus dem Umstande ersichtlich, dass sie zwischen 8^h 28^m und 8^h 35^m ein Maximum erreicht und dann trotz fortsteigender Temperatur abnimmt. Diese Abnahme entsteht dadurch, dass die Temperatur der Masse des Krystalles im Ganzen sich erhöht; infolge dessen wird die positive actinoelectricische Wirkung geringer, während die negative, thermoelectricische wächst. Die actinoelectricische überwiegt aber noch bis 9^h 8^m. Nach dem Auslöschen der Lampe, wobei die Thür des Ofens offen blieb, und der Boden der Schale erkaltete, stieg dann die von der Erwärmung herrührende, negative Thermoelectricität in 2 Minuten bis —55.

1) Lampe mit kleiner Flamme angezündet.

2) Lampe ausgelöscht.

Durch die Abnahme der Temperatur der Krystallmasse wird aber die der Abkühlung entsprechende, positive Electricität hervorgerufen. Infolge dessen vermindert sich die noch von der Erwärmung herrührende negative Polarität und wird 9^h 37^m ganz neutralisirt. Nun erst tritt die positive Polarität der Abkühlung immer mehr hervor und ist bei dem guten Isolirungsvermögen des Krystalles noch nach 5¹/₂ Stunden in beträchtlichem Grade auf der unberührten Kante 1,2 vorzufinden.

VII. *Ueber die Beziehung der electricischen Leitungsfähigkeit des Selens zum Lichte;*
von S. Kalischer.

Das Selen gilt als ein Körper, dessen electricische Leitungsfähigkeit im Lichte besser ist als im Dunkeln. Allein eine auffällige Erscheinung, die sich mir bei einer der vor kurzem¹⁾ beschriebenen Selenzellen darbot, führte mich zu dem Resultate, dass der obige Satz in seiner Allgemeinheit nicht richtig ist, dass vielmehr das Selen in einer bisher nicht bekannten Modification existirt, deren Minimum der Leitungsfähigkeit nicht im Dunkeln liegt. Die erwähnte Erscheinung bestand darin, dass wenn die im zerstreuten Tageslichte befindliche Selenzelle, deren Electroden Kupferdrähte bildeten, momentan durch intensives Licht beleuchtet wurde, wodurch ein starker, Abnahme des Widerstandes anzeigender Ausschlag des Galvanometerspiegels eintrat, derselbe sich bald darauf umkehrte und nach Abblendung der Lichtquelle in kurzer Zeit weit über die ursprüngliche Ruhelage hinausging, die Selenzelle also schlechter leitete als vor der Einwirkung des Lichtes. Eine genauere Untersuchung ergab nun, dass intensives Licht regelmässig eine momentane Abnahme des Widerstandes zur Folge hatte, dass aber unmittelbar darauf,

1) Kalischer, Wied. Ann. 31. p. 102. 1887.