#### NOVA ACTA

der Ksl. Leop.-Carol.-Deutschen Akademie der Naturforscher Band XL. Nr. 8.

Die

# Untersuchung des Eisenmeteorits

von

# Rittersgrün

von

# Dr. Clemens Winkler,

Königl. Sächs. Bergrath und Professor in Freiberg. M. A. N.

Eingegangen bei der Akademie den 26. August 1878.

HALLE.

<sup>S</sup>m1878.

Druck von E. Blochmann & Sohn in Dresden.

Für die Akademie in Commission bei Wilh. Engelmann in Leipzig.

 Seitdem man mit Bestimmtheit annehmen darf, dass die Meteorite selbstständige kosmische Gebilde oder Trümmer von in Auflösung begriffenen Welten sind, welche, in das Attractionsgebiet der Erde gerathen, auf diese niederstürzten, hat das Interesse, welches sie jederzeit, schon durch die Eigenartigkeit ihrer Erscheinung, erregten, eigentlich erst wissenschaftliche Tiefe erhalten. Die Feststellung ihrer Bahnen, die Beobachtung eines gemeinsamen Radiationspunktes führten zu einer Fülle folgenschwerer astronomischer Erörterungen und bestätigten in glänzender Weise die Schliaparelli'sche Hypothese vom engen Zusammenhange der meteorischen Erscheinungen mit gewissen, offenbar in der Umbildung oder im Zerfall befindlichen Kometen: sie erhoben das, was vorher sehon D'Arrest, ja selbst Kepler als Vermuthung ausgesprochen hatten, zur unleugbaren Gewissheit, wie denn die erfolgreiche telegraphische Verfolgung des Biela'schen Meteoritenschwarmes durch Klinkertues, welche dessen Wiederauffinden im Beobachtungsgebiete von Madras herbeiführte, unbedingt den denkwürdigsten Triumphen astronomischer Speculation zuzuzählen ist.

Mit der Erkenntniss des Ursprungs jener kosmischen Massen, welche — zum Theil vielleicht Trümmer einer transneptunischen Planetoidengruppe (Wright) — durch die Erde aus ihrer Bahn abgelenkt wurden und in deren Atmosphäre als Sternschnuppen verglühten, oder in Gestalt kosmischen Stanbes (Kryokonit, Nordenskiöld) niederwirbelten, oder aber als wuchtige Boliden auf unseren Planeten herabstürzten, mit dieser Erkenntniss gewinnt selbstverständlich auch die Erforschung der materiellen Natur der Meteorite die höchste Bedeutung. Gestattet das Spectroskop uns sehon, auf unfassbare Entfernungen hinaus die chemische Natur der gasförmigen Bestandtheile anderer

Himmelskörper festzustellen, so kommen uns in Gestalt von Meteoriten wandernde Trümmer des Universums zugeflogen, die wir mit Händen greifen, in ihre Bestandtheile zerlegen, mit unseren heimischen tellurischen Gebilden vergleichen können. Und mögen diese Untersuchungsobjecte auch klein sein gegenüber der Masse des Erdballs, so genügen sie doch vollkommen, um den Durchschnittscharakter anderer Himmelskörper vermuthungsweise festzustellen, ja noch mehr, ihre Beschaffenheit gestattet uns einen Rückschluss auf diejenige der Erde in ihrer Gesammtmasse, die wir ja von der in Oxydationsproducte zerfallenen Oberfläche aus gar nicht beurtheilen können. Allerdings sind die Meteorite ihrer Dichtigkeit, wie ihrer chemischen Zusammensetzung nach überaus verschieden; aber in allen finden sich gleiche Elemente vertreten und zwar nur solche, die wir auch auf der Erde antreffen. Dass in dem einen Meteorit die metallischen, in dem anderen die unmetallischen Gemengtheile vorwiegen, lässt sich eben aus dem Umstande erklären, dass wir diese Gebilde als ungleichartige Bruchstücke grösserer kosmischer Massen zu betrachten haben, und vielleicht findet sich ein Analogon in der thatsächlichen Dichtigkeitsversehiedenheit mancher in engster Beziehung zu einander stehender und unter annähernd gleichen Verhältnissen im Raume kreisender Weltkörper, wie wir solche bei der Erde und ihrem Trabanten beobachten. Hat man doch aus dem Volumgewichte der Erde von 5,58 (F. Reich) mit voller Berechtigung den Schluss gezogen, dass dieselbe einen metallischen Kern haben müsse, während die ungleich geringere Dichtigkeit des Mondes von etwa 3,4 an die Steinmeteorite mit untergeordnetem Eisengehalt gemalmt.

Wenn wir sagen, dass zwischen unserer Erde und den uns aus dem All zugewanderten Meteoriten grosse Aehnlichkeit hinsichtlich der elementaren Zusammensetzung herrsche, so ist das noch viel zu allgemein ausgedrückt. In Beiden haben sieh die Elemente auch in nahezu gleicher Weise zusammengefunden, sie haben sieh zu Verbindungen gruppirt, welche nach Constitution wie nach Krystallgestalt mit denjenigen völlig identisch sind, welche wir auf der Erdoberfläche antreffen. Namentlich jene Silicate der Olivingruppe, welche wir als die Producte der ehemaligen vulkanischen Thätigkeit der Erde betrachten dürten, jene Mineralien, welche die Hauptbestandtheile der eben so weit verbreiteten, wie massig auftretenden älteren krystallinischen Gesteine bilden, sie sehen wir in den Massen meteorischen Ursprungs in wunderbarer

Achnlichkeit und Treue wiederkehren. Vergegenwärtigt man sich endlich, dass die Meteorite hänfig Gaseinschlüsse, Reste einer ehemaligen Atmosphäre, mit sich führen, dass manche derselben sich durch einen Gehalt an Kohlenstoff, ja selbst an bituminöser, vielleicht organisirt gewesener Substanz auszeichnen, so kann es nicht ausbleiben, dass das Studium jener wunderbaren "Sendlinge des Himmels" eine Fluth von Gedanken rege macht, die, mag man sie auch theilweise in das Gebiet der Phantasie verweisen, denn doch ihre Berechtigung haben, indem sie unseren Anschauungskreis erweitern und unser Begriffsvermögen dem Maassstab näher bringen, mit dem der Kosmos sich einzig messen lässt, dem Maassstab nuausdenkbarer Grossartigkeit.

Einer der schönsten und interessantesten Meteorite, zudem derjenige mit der grössten Schnittfläche, ist der Eisenmeteorit von Rittersgrün im sächsischen Erzgebirge. Nach den Aufzeichnungen, welche wir Herrn Bergrath Professor Dr. A. Weisbach über denselben verdanken 1, zeigt er hinsichtlich seiner mineralogischen Zusammensetzung grosse Uebereinstimmung mit den Meteoriten von Steinbach im Erzgebirge und von Breitenbach in Böhmen und da die gedachten drei Fundorte nur etwa eine Meile weit auseinander liegen, so ist die Vermuthung gerechtfertigt, dass man es hier mit einem und demselben Meteoritenfall zu thun habe, vielleicht mit jenem "Eisenregen", welcher nach dem Berichte des Meissner Superintendenten Sarctorius (gest. 1609) zu Pfingsten des Jahres 1164 "im Meissnischen" stattgefunden haben soll. Otto Buchner 2) verlegt dagegen das Ereigniss auf die Zeit zwischen 1540 und 1550.

Die Auffindung des Meteorits von Rittersgrün erfolgte im Jahre 1833 durch einen mit Ackerroden beschäftigten Waldarbeiter, welcher ihn als "altes Eisen" sowohl dem Schmied des Dorfes, als einem benachbarten Hammerwerk wiederholt, jedoch vergeblich, zum Kauf anbot, bis 1861 der inmittelst ver-

<sup>1)</sup> A. Weisbach, Der Eisenmeteorit von Rittersgrün im süchsischen Erzgebirge. Freiberg 1876. Mit Abbildung.

<sup>2)</sup> Otto Buchner, Die Meteorite in Sammlungen. Leipzig 1863.

storbene Oberbergrath Breithaupt den Klumpen, auf dessen vermuthlich meteorischen Ursprung er durch den damaligen Schichtmeister Kröner in Siegelhof aufmerksam gemacht worden war, für die mineralogische Sammlung der Freiberger Bergakademie erwarb. Sein mittler Durchmesser betrug 0,43 m, sein Gewicht 86,5 k; die Form war unregelmässig, die Oberfläche erschien mit einer über millimeterdicken Rostschicht bedeckt, und unter dieser fand sich, deutlich erkennbar, die sogenannte Brandrinde in Gestalt einer pergamentstarken Lage von Magneteisenerz vor.

Das Zerschneiden des Meteorits gesehah in Wien und war eine äusserst mühevolle und kostspielige Arbeit, welche zwei volle Monate in Auspruch nahm. Die grösste Schnittfläche zeigt bei einem Umfang von 118 cm einen Flächeninhalt von 1104 qem; der Hauptabschnitt, im Gewichte von 55 k und im Werthe von 18,000 M, befindet sich in der mineralogischen Sammlung der Freiberger Bergakademie, während kleinere Stücken theils an die Museen von Wien, Dresden, Berlin und St. Petersburg verschenkt wurden, theils zum Verkaufe gelangten. Ein Stück im Gewichte von 9 k, welches sich im Besitze Breithaupt's befand, ist nach dessen Tode weiter zerschnitten worden und an die K. Mineralien-Niederlage in Freiberg und an C. F. Pech in Berlin übergegangen.

Die mineralogische Beschaffenheit des Rittersgrüner Meteorits beschreibt A. Weisbach (a. a. O.) 1) wie folgt:

"Die Untersuehung ergab, dass der ganze Meteorit bei einem mittleren Eigengewichte von 4,29 dem Volumen nach aus etwa  $^3/_{10}$  Eisen (Meteoreisen) und aus  $^7/_{10}$  einer unmetallischen braunen Masse zusammengesetzt ist, welche vorwiegend aus hypersthenähnlichem Broneit besteht, in dem reichlich Magnetkies (? Troilit) und sparsam Schreibersit (Phosphornickeleisen) eingesprengt erscheinen. Von diesen Bestandtheilen werden beim Behandeln mit verdünnter Salzsäure Meteoreisen und Magnetkies aufgelöst, während Schreibersit und Broneit, sowie auch noch eine weisse Substanz als unlöslich zurückbleibt, die lediglich aus Kieselsäure besteht und mit dem 1871 von Maskelyne<sup>2</sup>) im

 $<sup>^{\</sup>rm 1}{\rm J}$  Vergl. ferner: Verhandl. d. Bergmänn, Vereins zu Freiberg, Berg- u. Hüttenmänn, Ztg. 1873, 245.

<sup>2)</sup> Maskelyne, Phil. Trans. 1871, CLXI, 361.

Meteorit von Breitenbach im nördlichen Böhmen entdeckten und Asmanit genannten Körper identisch ist.

Das Broncit tritt im Eisen meist in Krystallkörnern auf, manchmal auch im Magnetkies und letzterenfalls in ebenflächigen Kryställehen, während die im Eisen sitzenden gekrümmte Flächen zu besitzen pflegen. Die Farbe ist leberbraun, olivengriin, pistaziengriin und selbst fast honiggelb, das Eigengewicht 3,39. Breithaupt selbst, wie auch G. Rose (1864) hielt die Krystalle für Olivin, doch sind sie vor dem Löthrohr merklich sehwerer sehmelzbar und gelatiniren nicht beim Behandeln mit Säure. Ob aber gar kein Olivin in dem Meteoriten enthalten, muss noch dahingestellt bleiben.

Das Eisen, von den anderen Gemengtheilen soweit als möglich befreit, hat das Eigengewicht 7,60 (Breithaupt) und enthält nach Dr. C. Rube:

87,31 Eisen,

9,63 Niekel,

0,58 Kobalt,

1,37 Phosphor,

0,25 Kalkerde,

0,15 Magnesia,

0,98 Kieselsäure.

100,27.

Der gefundene Gehalt an Phosphor gehört dem Meteoreisen nicht selbst an, sondern vielmehr dem merklich schwerer löslichen Schreibersit, der, wie man während der Behandlung mit Säure wahrnimmt, das Eisen in ganz dünnen, dicht neben einander liegenden und einander parallelen Lamellen durchsetzt. An angeschliffenen und polirten Flächen liess die Aetzung mit verdünnter Salpetersäure auch die für Meteoreisen charakteristischen Figuren hervortreten, die man nach ihrem ersten Beobachter die Wittmannstätten'schen Figuren zu nennen pflegt und die erkennen lassen, dass die ganze Eisenmasse eigentlich einem einzigen Krystallindivid entspricht, welches aus concentrischen Schalen mehrerer Eisensorten, vielleicht etwas verschiedenen Nickelgehaltes, zusammengesetzt ist."

Giebt diese Beschreibung auch ein ohngefähres Bild von der Beschaffenheit des Rittersgrüner Meteorits, so lässt sie doch anderntheils der Fragen

genng offen, welche nur durch eine gründlichere chemische Untersuchung ihre Lösung finden konnten. Denn die frühere, von C. Rube ausgeführte Analyse erstreckte sieh nur auf den metallischen Theil und liess die übrigen, nicht minder wichtigen Gemengtheile des Meteorits unberücksichtigt. So galt es denn vor Allem, die darin auftretenden Silicate und Schwefelverbindungen zu isoliren, ihre ehemische Zusammensetzung festzustellen und sie der mineralogischen Untersuchung zugänglich zu machen, und gern übernahm ich es auf den Wunsch meines verehrten Collegen, des Herrn Bergraths Dr. A. Weisbach, den chemischen Theil dieser interessanten Arbeit mit Hilfe des mir bereitwilligst zur Verfügung gestellten Materials durchzuführen. Herr Bergrath Weisbach hatte dabei die Güte, die Präparation der verschiedenen, theils auf mechanischem, theils auf chemischem Wege ausgesonderten Mineralien vorzunehmen, deren specifische Gewichte zu bestimmen und mich überhaupt in jeder Weise zu unterstützen, wofür ich ihm hiermit meinen besonderen Dank ausspreche.

# Chemische Untersuchung.

Das zur Untersuchung des Rittersgrüner Meteorits verwendete Stück bildete einen quadratischen, allseitig angeschliffenen Abschnitt von ca. 4 cm Seitenlänge und 8 mm Dicke, welcher bei dem Versuche, ihn weiter zu zersehneiden, in mehrere Stücken zerbrach. Das specifische Gewicht dieser Stücken wurde, in voller Uebereinstimmung mit der früher von Weisbach festgestellten Zahl, zu 4,29 bestimmt.

Wie bereits erwähnt, besteht der Meteorit aus einem metallischen und einem unmetallischen Theile. Der metallische Theil ist weiches, zähes Nickeleisen mit geringem Gehalt an Schreibersit und zwar ist dieses in compacten, oft zusammenhängenden und nach den verschiedensten Richtungen hin verzerrten und verzweigten Massen in die unmetallische Substanz ein-

gewachsen, so dass kleinere, mit blossem Auge nicht erkennbare Eisenpartikel nur in sehr untergeordneter Menge auftreten. Diese lassen sich aus der hinterher gepulverten unmetallischen Masse mit dem Magneten so gut wie vollständig ausziehen und stellen sich dann unter der Loupe als breitgefletschte, deutlich metallische Blättehen dar, über deren Beschaffenheit man gar nicht im Zweifel sein kann und die sich nach dem Auslesen und Abspülen mit Wasser unter Entwickelung schwefelwasserstofffreien Wasserstoffgases in verdünnter Salzsäure lösen.

Der unmetallische Theil hat 3,12 spec. Gew., erseheint in Masse braun, in dünneren Schichten fast honiggelb und ist, wie man unter der Loupe deutlich erkennt, ein Gemenge von mehreren höchst gleichmässig vertheilten und hänfig mit einander verwachsenen Mineralien, nämlich

- Troilit in tombakbraunen (bronzegelben) Stücken, die als solche nicht vom Magneten gezogen werden, als Pulver aber schwach magnetisch sind.
- 2) Asmanit in Gestalt weisser, unregelmässig geformter Partikel, an denen sich zwar keine eigentlichen Krystalle, wohl aber deutliche Spaltungsflächen erkennen liessen.
- 3) Broneit als hellgrüner, olivinähnlicher, deutliche Krystallisation zeigender Gemengtheil. Bei genauer Betrachtung findet man im Broneit einzelne dunkle Körnehen eingelagert, die sich als
- 4) Chromeisenerz erwiesen. Es ist dieses jedoch in sehr spärlicher Menge vorhanden und bildet einen völlig untergeordneten Gemengtheil. Möglich ist es übrigens, dass jene vereinzelten schwarzen Piinktehen zum Theil durch Magneteisenerz gebildet werden, welches dann ebenfalls nur spurenweise im Rittersgrüner Meteorit auftreten würde.

Die drei im unmetallischen Theile vorherrschenden Mineralien lassen sieh unter der Lonpe mit grösster Deutlichkeit unterscheiden und in gewissem Grade durch Auslesen von einander trennen. Diese mechanische Trennung wird aber, soweit sie die Silieate allein betrifft, ausserordentlieh erleichtert, wenn man den die dunkle Färbung der Gesammtmasse bedingenden Troilit durch Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure vorher auszieht, worin er sich beim Erwärmen leicht unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas löst. Dann bleibt ein hellgrünes

Silicatgemenge zurück, in welchem die jetzt schneeweissen Asmanitkörner neben den grünen Broncitkrystallen liegen. Durch Salzsäure angreifbare Silicate, wie z. B. Olivin, sind überhaupt nicht vorhanden, wenigstens lässt sich beim nachherigen Erwärmen des mit Salzsäure behandelten und ausgewaschenen Pulvers mit einer Auflösung von Natriumcarbonat keine, oder doch fast keine Kieselsäure extrahiren.

In vortrefflicher Weise gelingt ferner die Isolirung der Silicate, wenn man den unmetallischen Theil des Meteorits in einem Strome völlig trockenen Chlorgases gelinde erhitzt. Die Bestandtheile des Troilits verflüchtigen sich dann in Gestalt von Chloriden, während Broneit und Asmanit nicht im Mindesten angegriffen werden. Da ein vorheriges Pulvern der Substanz nicht nöthig ist, sondern selbst grosse Stücken derselben auf diese Weise von ihrem Troilitgehalte befreit werden, so bleiben bei diesem Verfahren die Silicate in Gestalt eines Gerippes in ihrer natürlichen Lagerung zurück und man erkennt dann häufig innige Verwachsungen zwischen den Broneitkrystallen und dem Asmanit.

Aus dem Vorstehenden erhellt, dass die Beschaffenheit des Rittersgrüner Meteorits eine ausschliesslich mechanische Trennung der metallischen von den nichtmetallischen Theilen möglich machte. Das von Daubrée<sup>1</sup>) empfohlene Verfahren, Abschrecken eines zum Glühen erhitzten Stücks unter Quecksilber, wurde versuchsweise, aber mit sehr ungenügendem Erfolge angewendet. Abgeschen davon, dass eine oberflächliche Oxydation auch bei raschem Erhitzen nicht ganz zu vermeiden war, erwies sich das Eisen als so vielfältig und verworren mit der unmetallischen Breccie verwachsen, dass letztere beim Abschrecken nur zum kleinsten Theile absprang. Man verführ deshalb, wie folgt:

Ein sorgfältig gewogenes Stück des Meteorits wurde zwischen zwei starken Zangen gefasst und über einem starken Bogen Glanzpapier nach verschiedenen Richtungen hin gedrückt und gebogen, wobei das weiche Eisen dem Druck nachgab und die dazwischen liegende schlackige Füllmasse in Stücken abbröckelte. Die auf solche Weise blossgelegten Eisenstücken bearbeitete man einzeln auf einem blanken Stahlambos mit leichten Hammerschlägen, wobei sie stetig gedreht und gewendet wurden, und so gelang es, die letzten Schlackenpartikel zum Abspringen zu bringen. Die geringe Menge entstehenden Staubes

<sup>1)</sup> Daubrée, Compt. rend. LXV, 148; Jahresber. f. Chemie 1867, 1045.

wurde dabei stetig mit Pinsel und Bürste entfernt und darauf ein Eisenstück nach dem anderen mit der schmalen Bahn des Hammers zum dünnen Blech ansgeschmiedet. Hierbei zeigt das Eisen vollkommene Ductilität und grosse Zähigkeit: es riss, schieferte oder blätterte erst in den dünnsten Lamellen und man würde es mit Leichtigkeit haben walzen oder ziehen können, wenn es in grösseren zusammenhängenden Massen zur Verfügung gestanden hätte.

Die abgesprungene Schlacke wurde in kleinen Partien im Stahlmörser durch leichte Hammerschläge gröblich zerkleinert und sodann mit dem Magneten durchsucht, um zunächst die noch vorhandenen gröberen Eisenpartikel auszusondern, die ebenfalls auf dem Ambos vorsichtig bearbeitet, sodann abgebürstet und endlich im Stahlmörser breitgeschlagen wurden. Endlich wurde sämmtliche Schlacke in der Achatreibschaale zerrieben, das Pulver durch Seidengaze gebeutelt und damit so lange fortgefahren, bis einige kleine Metallblättehen übrig blieben, die breitgefletschte Eisenkörnehen darstellten. Auf diese allerdings mühevolle Weise gelang es, alles Eisen ohne Verlust abzusondern und durch Ermittelung seines Gewichts das Verhältniss zwischen metallischen und unmetallischen Theilen festzustellen. An letzteren erlitt man einen kleinen Verlust, was aber insofern ohne Belang war, als das gewonnene Pulver eine Durchschnittsprobe der Silicatmasse darstellte, die Quantität der letzteren aber aus der Differenz zwischen den Gewichten der angewendeten Meteoritmenge und des erhaltenen Eisens gefunden wurde.

Diese mechanische Trennung der Hauptgemengtheile des Meteorits, zu welcher wiederholt Stücken des letzteren im Gewichte von 10 bis 20 g dienten, wurde theils von mir (1 u. 2), theils von Herrn Studirenden N. Manzavinos aus Smyrna (3) ausgeführt und ergab, dass das Verhältniss zwischen metallischen und ummetallischen Gemengtheilen ein ziemlich inconstantes, aber doch zuweilen gleichmässig wiederkehrendes sei. Denn es wurden getunden:

Da die verwendeten Stücken keinen Durchschnitt der ganzen Masse des Meteoriten darstellten, so suchte Weisbach das Verhältniss zwischen metallischem und ummetallischem Theil unter Zugrundelegung der specifischen Gewichte beider auf dem Wege der Rechnung zu finden. Das specifische Gewicht der Meteoritenmasse war zu 4,29, dasjenige des Meteoreisens zu 7,78, das des Silicat- und Troilitgemenges zu 3,12 bestimmt worden. Hieraus berechnete sich das Verhältniss zu

45,54 Proc. metallischen Bestandtheilen,

54,46 " ummetallischen

dem Gewichte nach, oder

25,11 Proc. metallischen Bestandtheilen,

74,89 " unmetallischen "

dem Volumen nach.

Vielleicht haben diese Zahlen mehr Anwartschaft auf Richtigkeit, wie die durch den directen Versuch gefundenen, doch möge bemerkt werden, dass spätere Bestimmungen des specifischen Gewichts der Meteoritenmasse sowohl, wie desjenigen des Meteoreisens, auf etwas andere Werthe (4,5202, beziehentlich 7,812) führten und überdies das specifische Gewicht des Meteorits in seiner Gesammtmasse unbekannt ist.

Delesse<sup>1</sup>) hat, wie F. Zirkel in seiner Petrographie, Bd. 1, S. 13, mittheilt, für die Ermittelung der Quantitätsverhältnisse der Gemengtheile eines Gesteins eine freilich sehr mühevolle und selbst für annähernde Bestimmungen nur geringe Sicherheit bietende mechanische Methode ersonnen.

"Wenn man an einem gleichmässig gemengten Gestein eine glatte Schlifffläche anbringt, so ist zu erwarten, dass das Volumen der Quantitäten der einzelnen mineralischen Gemengtheile zu einander in demselben Verhältniss stehen werde, wie die Summe des Inhalts ihrer Oberflächen auf der Schnittfläche. Man breitet ein Stück durchsichtiges Oelpapier über die Schnittfläche colorirt die einzelnen Bestandtheile, deren Grenzen durch eine vorherige Tränkung des geschliffenen Gesteins mit Oel besser von einander unterscheidbar werden, mit Farben durch und klebt das Bild auf gleichmässig diekes Stanniol auf. Trennt man nun vorsichtig mit der Scheere die einzelnen verschiedenfarbigen Theile, löst durch Befenchten das Papier von dem Stanniol, so kann man die zusammengehörigen Stanniolschnitzel, welche die einzelnen Gemengtheile repräsentiren, abwägen und das Verhältniss zwischen den Summen der Gewichte der entsprechenden Schnitzel ist das Quantitätsverhältniss der

<sup>1)</sup> Delesse, Compt. rend. XXV. 1847. 544.

einzelnen Gemengtheile dem Volumen nach. Führt man diese Operation auf den seehs Seiten eines geschliffenen Gesteinsparallelepipeds durch, so erhält man Maxima und Minima dieser Werthe, aus denen sich die mittlere Zusammensetzung berechnen lässt."

Die immerhin ziemlich gleichmässige Vertheilung der metallischen und unmetallischen Bestandtheile im Meteorit von Rittersgrün, die scharfe, dentlich erkennbare Abgrenzung, welche dieselben auf der polirten Schnittfläche zeigen, die bedeutende Grösse dieser Schnittfläche selbst und endlich das Vorhandensein einer vortrefflichen naturwahren Abbildung derselben, welche nach einer photographischen Aufnahme in Farbendruck und von der Grösse des Originals hergestellt worden war, dies Alles lies die Gelegenheit günstig erscheinen, die Brauchbarkeit der Delesse'schen Methode einer Prüfung zu unterwerfen. Da, wie erwähnt, die Grösse der übrigens auf gutes, gleichmässig starkes Papier gedruckten Abbildung eine so beträchtliche war, dass Fehler, die von kleinen Verschiedenheiten in der Papierstürke herrühren konnten, sich annähernd ausgleichen mussten, so liess man die vorgeschriebene Stanniolunterlage weg, zog das Blatt direct auf ein Reissbret auf und schnitt hierauf mittelst eines scharfen Messers die metallisch erscheinenden Theile aus, eine übrigens höchst mühselige und langwierige Arbeit. Die dem metallischen Theile (F<sub>1</sub>) und die dem nichtmetallischen (F<sub>2</sub>) entsprechenden Papierschnitzel wurden hierauf gewogen und ihr Gewicht zu

$$F_1 = 7,5134 \text{ g}$$
  
 $F_2 = 10,3662 \text{ ,}$ 

festgestellt. Hieraus berechnete Herr Bergrath Weisbach nach Delesse's Vorschrift die Zusammensetzung des Meteorits nach Volumenprocenten zu

 $V_1 = 42,03$  metallischen Bestandtheilen,

 $V_2 = 57,97$  unmetallischen

während das aus den specifischen Gewichten der Gemengtheile ermittelte Verhältniss sich als

 $V_1 = 25,11$  metallische Bestandtheile,

 $V_2 = 74.89$  numetallische ,

herausgestellt hatte.

Allerdings ist bei vorausgesetzter gleichmässiger Mengung nach Weisbach's Dafürhalten die Voraussetzung Delesse's, dass

$$V_1:V_2 = F_1:F_2$$

unrichtig, vielmehr würde man das Verhältniss von

$$V_1: V_2 = \sqrt{F_1^3}: \sqrt{F_2^3}$$

anzunchmen haben, was auf

$$V_1 = 38,16$$
  
 $V_2 = 61,81$ 

oder dem Gewichte nach auf

60,62 Proc. metallische Bestandtheile,

39,38 , nichtmetallische Bestandtheile

führt, immerhin aber noch ganz erheblich von den aus den Eigengewichten abgeleiteten Zahlen abweicht.

Um die Prüfung der Delesse'schen Methode zu einer ganz gründlichen zu machen, ermittelte Weisbach an einem 104,9705 g schweren Stück des Meteoriten das specifische Gewicht und fand es bei 21,0° = 4,5202. Hierauf fertigte derselbe mit Hülfe von geöltem Papier eine getreue Pause sämmtlicher sechs Schliffflächen desselben Parallelepipeds, welche auf Stanniol aufgeklebt wurden, worauf man mittelst einer feinen Scheere die den metallischen Theilen entsprechenden Zeichnungen ausschnitt, das anhaftende Papier in Wasser abweichte und entfernte, die verbleibenden Zinnschnitzel aber nach aufeinanderfolgendem Abspülen mit Wasser, Alkohol und Aether trocknete und ihr Gewicht bestimmte. So erhielt man:

	Gewicht der Stanmolschnitzel:				
		Metallischer Theil.	Unmetallischer Theil.	Zusammen.	
Hauptfläche	1.	$0,\!0800{ m g}$	$0,1581~{ m g}$	$0,2381 \; { m g}$	
,,	2.	0,0944 ,,	0,1411 ,,	0,2355 ,,	
Seitenfläche	1.	0,0186 ,,	0,0320 ,.	0,0505 ,,	
12	2.	0,0160 ,,	0.0327,,	0,0487 ,,	
17	3,	0.0227 ,.	0,0333 ,,	0,0560 ,,	
17	4.	0,0194 ,,	0,0298 ,,	0,0492 ,,	
	,	0,2511 g	$0,4270 \; { m g}$	0,6781 g	

Dies führt unter Zugrundelegung der Delesse'schen Berechnungsmethode auf ein Volumenverhältniss von

37,03 Proc. metallischen Bestandtheilen,

62,97 , unmetallischen

nach Weisbach's Rechnungsweise dagegen auf ein Volumenverhältniss von 31,08 Proc. metallischen Bestandtheilen,

68.92 .. numetallischen

Hieraus ergiebt sich, wenn man für den metallischen Theil das specifische Gewicht von 7,78, für den nichtmetallischen dasjenige von 3,12 einsetzt, ein Gewichtsverhältniss von

52,93 Proc. metallischen Bestandtheilen,

47,07 " unmetallischen

während die thatsächliche mechanische Scheidung beider hiermit übereinstimmend auf

51.06 Proc. metallische Bestandtheile,

48.94 ., unmetallische

führte.

Berechnet man ferner nach Delesse das Volumenverhältniss der Gemengtheile aus den Gewichten der Stanniolschnitzel, welche bei jeder einzelnen Schnittfläche gefunden worden waren, so ergiebt sich

		Metallische Bestandtheile.	Unmet. Bestandtheile.
Hauptfläche	1.	33,60	66,40
22	2.	40,08	$59,\!92$
Seitenfläche	1.	36,76	63,24
9.0	2.	32,85	67,15
77	3.	40,54	59,46
•,	4.	39,43	60,57
Mittel		37,21	62,79

Obwohl die Abweichungen erhebliche sind, so ist doch eine gewisse Constanz im Verhältniss unverkennbar, ein Beweis, dass die Mengung eine ziemlich gleichmässige sein muss.

## A. Analyse des metallischen Theils.

#### a) Analyse des Meteoreisens als Ganzes.

Das in der beschriebenen Weise thunlichst rein abgesonderte, zu dünnen Platten ausgeschniedete Meteoreisen zeigte, wie bereits erwähnt, vollkommenste Geschmeidigkeit. Sein specifisches Gewicht wurde wiederholt bestimmt und dabei, einschliesslich der früheren Breithaupt'schen Zahl, gefunden:

Absolutes Gewicht.	Specifisches Gewicht.	Temperatur.	
$1,2191  \mathrm{g}$	$7,\!596$	_	Breithaupt.
4,3759 ,,	7,665	210,8	Winkler.
0,5770 "	7,765	_	Manzavinos.
1,3985 "	7,778	$24^{\circ},\!0$	Weisbach.
8.2465	7.812	$22^{\circ}.5$	Weisbach.

Von diesen Zahlen dürfte die letztaufgeführte der Wahrheit am nächsten kommen. Ausserdem versuchte Λ. Weisbach, das specifische Gewicht des Meteoreisens aus dessen chemiseher Zusammensetzung (90,03 Fe, 9,74 Ni, 0,23 Co s. u.) und aus den von W. Hankel¹) gefundenen Werthen des Eigengewichts von reinem Eisen, Nickel und Kobalt zu berechnen. Es ergab sich das berechnete specifische Gewicht zu 7,859.

Das Meteoreisen wird von verdünnter Chlorwasserstoffsäure, namentlich wenn diese erwärmt ist, leicht gelöst unter Hinterlassung eines nur bei Anwendung grösserer Mengen bemerkbaren kohlenstofffreien Rückstandes von Phosphornickeleisen (Schreibersit), welchem weisse Kieselsäure beigemengt ist. Der Schreibersit bildet keine Krystalle, sondern stellt sich als ein feines, sehweres, in Wasser rasch niedersinkendes Pulver dar, welches dem bewaffneten Auge in Gestalt röthlichgrauer metallischer Stückehen von umregelmässiger Form entgegentritt und weder von heisser Salzsäure noch von heisser Salpetersäure merklich angegriffen wird, sich dagegen in Königswasser leicht löst.

Das sich beim Behandeln des Meteoreisens mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure entwickelnde Wasserstoffgas zeigt nur schwachen Geruch, ist anscheinend frei von Kohlenwasserstoffverbindungen, enthält aber Spuren von Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff, woraus hervorgeht, dass das Eisen nicht ganz frei von Schwefel ist und dass es neben unlöslichem Phosphornickeleisen auch etwas Phosphoreisen enthält. Im Uebrigen wurde durch die qualitative Analyse constatirt, dass man es in der Hauptsache mit Nickeleisen zu thun habe, in welchem etwas Kobalt, eine sehr geringe Menge Kupfer, aber keine Spur Zinn enthalten sei. Ebensowenig fand sich dieses in dem nichtmetallischen Theil des Meteorits, obwohl mit ganz besonderer

<sup>1)</sup> W. Hankel, über das magnetische Verhalten des Nickels und des Kobalts; Ber. d. K. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch., mathemat.-phys. Cl. 1875, 189.

Sorgfalt danach gesucht wurde, weil Berzelius, Rammelsberg, v. Baumhauer, Shepard, Clark u. A. in verschiedenen Meteoriten geringe Mengen Zinn gefunden hatten 1) und dessen Nachweis im Hinbliek auf die neuesten Arbeiten F. Sandberger's 2) über das Auftreten des Zinns in Silicaten von besonderem Interesse gewesen wäre.

F. Wöhler 3) hat die Beobachtung gemacht, dass manches Meteoreisen sich im passiven, anderes wieder im activen Zustande befindet, während endlich gewisse Arten, wie das Eisen von Agram, dasjenige von Arva, von Ataeama und Burlington in der Mitte stehen. Letzteren ist auch das Meteoreisen von Rittersgrün zuzuzählen. Dasselbe bleibt, in eine neutrale Kupfervitriollösung gebracht, zunächst unverändert; nach einiger Zeit beginnen sieh die Ränder des Stückes und — was auch Daubrée4) sehon beobachtet hat — die Aetzzeichnungen zu verkupfern, worauf die Kupferausscheidung sieh allmählich über das ganze Stück erstreckt und zwar langsam, aber stetig fortschreitet. Das ausgeschiedene Kupfer ist dicht, krystallinisch und zeigt die lichtrothe Farbe des galvanisch niedergeschlagenen.

Behandeln mit Salzsäure oder Königswasser, sondern durch Erhitzen in einem Strome von reinem, trockenem Chlorgas in Lösung übergeführt. Es ist dies eine in jeder Hinsicht empfehlenswerthe Methode, die sämmtliche im Untersuchungsobject enthaltene Elemente, mit Ausnahme etwa vorhandenen Kohlenstoffs, in Chloride überführt, die entweder flüchtig, oder in Wasser löslich sind. Zufällige Verunreinigungen, aus Silicaten bestehend, bleiben bei diesem Verfahren unangegriffen und ungelöst zurück.

Das gewogene Meteoreisen (2,4835 g) wurde in ein Porzellanschiffelen gebracht und dieses in eine Verbrennungsröhre eingeschoben, deren eines Ende mit dem Chlorzuleitungsrohre verbunden war, während das andere, rechtwinklig niedergebogen, auf dem Boden einer Vorlage ausmündete, die zu einem Drittel

<sup>1)</sup> v. Reichenbach, Pogg. Ann. CVII, 359; C. F. Rammelsberg, Handb. der Mineralchemie, I, 907, 909, 925 u. f.

<sup>2)</sup> F. Sandberger, Berg- u. Hüttenmänn. Ztg. 1877, 377.

<sup>3)</sup> F. Wöhler, Pogg. Ann. LXXXV, 448.

<sup>4)</sup> Daubrée, Compt. rend. LXIV, 685; Jahresber. f. Chemie 1876, 1044.

Nova Acta XL. Nr. 8.

mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure gefüllt war. An diese schloss sich eine zweite, in gleicher Weise beschickte Waschflasche an, die ihrerseits mit einem mit Kalkmilch gefülltem Gefässe in Verbindung stand, in welchem das übersehüssig entweichende Chlor zur Absorption gelangte.

Das Chlorgas wurde in einem mit groben Braunsteinstücken gefüllten Kipp'schen Apparat entwickelt, welcher in einem hohen Wasserbade stand; es hat sich diese von anderer Seite 1) in Vorschlag gebrachte Art der Chlordarstellung in diesem Falle vortrefflich bewährt. Das Chlor wurde durch mehrere mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Waschflaschen sorgfältig getrocknet, was unerlässlich ist, wenn man beim hinterherigen Erhitzen der Substanz nicht geringe Abscheidung von Eisenoxyd erhalten will; ebenso muss man, namentlich wenn es sich um Isolirung etwa vorhandenen Kohlenstoffs handelt, darauf bedacht sein, dass alle im Apparate enthaltene Luft durch einen genügend lang andauernden Chlorstrom verdrängt worden ist. Erst dann kann man die Erhitzung beginnen und zwar hielt man sie im vorliegenden Falle thunlichst niedrig, so dass anfänglich Glühhitze bei Weitem nicht erreicht wurde. Im müssig raschen Chlorstrome sah man nun das sich zunächst bildende Eisenchlorid in Gestalt zarter Krystallflitter massenhaft fortgehen, wobei sich diese theils im kalten Theile der Röhre ablagerten, theils in die Vorlage übergeführt wurden, woselbst sie zur Auflösung gelangten. Sobald die Eisenehloridbildung nachzulassen begann, verstärkte man die Hitze und sah nun die noch im Schiffehen befindliche Substanz sieh in glänzendes krystallisirtes Nickelchloriir verwandeln, welehes zu schwer flüchtig war, um durch Erhitzung vorwärts getrieben werden zu können.

Nach Beendigung des Processes entfernte man das Schiffchen aus dem Verbrennungsrohr und brachte es mitsammt seinem Inhalt unter eine Glasgloeke. Daneben stellte man ein Schälehen mit Wasser und in der so gebildeten feuchten Atmosphäre zog das Nickelchlorür allmählich Wasser au und ging in etwa zwei Tagen in den löslichen Zustand über. Man behandelte es dann mit salzsäurehaltigem Wasser, filtrirte einen kleinen verbliebenen Rückstand von Silicat ab und vereinigte das Filtrat mit der in den beiden Vorlagen des Apparates befindliehen Hauptlösung, in welche man vorher schon

<sup>1)</sup> de Koninck, Zeitschr. f. analyt. Chemie 1878, 181.

das im Verbrennungsrohr enthaltene Sublimat von Eisenchlorid übergespült hatte. Neben einer geringen Menge aus Silicaten bestehenden Rückstandes fand sich im Porzellanschiffehen auch ein hauchartiger Ueberzug von Kohle, der bei der Entfernung des Nickelchlorürs sichtbar wurde, aber seiner geringen Menge halber unmöglich bestimmt werden konnte.

Nach dem Verjagen des überschüssigen Chlors wurde die heisse Lösung mit Chlorbarium versetzt und über Nacht warm stehen gelassen, um etwa vorhandene, jedenfalls minimale Mengen von Schwefel in Gestalt von schwefelsaurem Barium zur Abscheidung zu bringen. Es zeigte sich jedoch nicht die mindeste Trübung. Sodann wurde in die vom Chlorbarium befreite Lösung Schwefelwasserstoff bis zur Sättigung eingeleitet und diese wiederum zwölfstündiger Ruhe in gelinder Wärme überlassen. Der inmittelst zum Absetzen gelangte Schwefel erschien licht bräunlich gefärbt und hinterliess nach dem Verbrennen eine unwägbare Menge Kupfer in Gestalt von Oxyd.

Nach Austreibung des Schwefelwasserstoffs oxydirte man das vorhandene Eisenoxydul mit Kaliumchlorat, dampfte im Wasserbade fast zur Trockne, um die freie Säure zu verjagen, neutralisirte nahezu, fügte zu der noch ganz concentrirten Lösung essigsaures Natrium und verdünnte sodann mit kaltem Wasser. Beim Erhitzen bis nahe zum Sieden fiel dann sämmtliches Eisen vollkommen nickelfrei nieder und mit ihm die in der Lösung befindliche Phosphorsäure. Der Eisenniederschlag ward nach dem Auswasehen wieder aufgelöst, die Lösung mit Ammoniak gefällt und das erhaltene phosphorsäurehaltige Eisenhydroxyd geglüht und gewogen. Das Filtrat wurde besonders auf Nickel und auf Phosphorsäure geprüft, doch waren diese nicht darin aufzufinden.

Um den Gehalt an Phosphor im Meteoreisen zu bestimmen, wurde das gewogene phosphorsäurehaltige Eisenoxyd fein gepulvert, aufs Neue geglicht und gewogen und sodann eine Stunde lang mit dem dreifachen Gewichte eines Gemenges von gleichen Theilen Natriumcarbonat und Kaliumnitrat geschmolzen. Nach dem Auslaugen der Sehmelze mit Wasser ward die filtrirte Lösung angesäuert, mit Ammoniak und Salmiak versetzt und mit Chlormagnesiummixtur gefüllt, der erhaltene Niederschlag von phosphorsaurem Ammonium-Magnesium aber nach den bekannten Regeln weiter behandelt. Das rückständige Eisenoxyd löste man zu weiterer Prüfung in Chlorwasserstoffsäure, verjagte deren Ueberschuss durch Verdampfen, digerirte einige Zeit mit etwas

Salpetersäure und fügte einen Ueberschuss von Molybdänsäurelösung zu. Auch bei mehrstündigem Stehen in gelinder Wärme zeigte sich keine Phosphorsäurereaction; die Trennung war also vollständig gewesen.

Es galt nun noch, das Nickel zu bestimmen. Man fällte dasselbe aus seiner Lösung in vorschriftsmässiger Weise mit Kaliumhydroxyd, wuseh sehr sorgfältig aus, reducirte den Niederschlag im Wasserstoffstrom und bestimmte sein Gewicht. Hierauf wurde das Metall (Ni + Co) in Chlorwasserstoffsäure gelöst, nach dem Abdampfen im Wasserbade, Wiederaufnehmen in Salzsäure und Filtriren die darin enthalten gewesene Kieselsäure bestimmt und in Abzug gebracht, das in der Lösung enthaltene Kobalt aber durch salpetrigsaures Kalium abgeschieden. Das Filtrat fällte man aufs Neue mit Kalilauge, reducirte den Niederschlag mit Wasserstoff und brachte, nachdem das Gewicht des nunmehr kobaltfreien Nickels ermittelt worden war, abermals die Kieselsäurecorrection an. Der Kobaltgehalt ergab sich aus der Differenz.

Auf solche Weise wurde (analyt. Belege Nr. 1) die Zusammensetzung des Rittersgrüner Meteoreisens wie folgt gefunden:

Eisen = 89,99Nickel = 9,74Kobalt = 0,23Kupfer = SpurPhosphor = 0,15Kohlenstoff = SpurSilicat = 0,04= 100,15.

Um über die einzelnen Verbindungen, aus denen das Meteoreisen sich zusammensetzt, und insbesondere auch über die Menge und Beschaffenheit des darin enthaltenen Schreibersits Klarheit zu erlangen, wurde eine grössere Menge Material in Arbeit genommen.

S,2504 g Metcoreisen behandelte man in einem Kolben mit verdünnter Salzsäure (2 Vol. Salzsäure v. 1,12 spec. Gew. : 3 Vol. Wasser), wobei man die Einwirkung durch gelindes Erwärmen unterstützte. Das sich entwickelnde Wasserstoffgas passirte zunächst eine mit Natriumhydrocarbonat beschickte Waschflasche, worin Chlorwasserstoff, sowie etwa entwickeltes Schwefelwasserstoffgas zurückgehalten wurden, und trat dann durch mehrere mit einer Auf-

lösung von salpetersaurem Silber gefüllte U-Röhren, deren Zweck die Absorption von entweiehendem Phosphorwasserstoff war. In der That entstand in diesen eine geringe Ausscheidung von metallischem Silber, doch war die Menge des auftretenden Phosphorwasserstoffs anscheinend so unbedeutend, dass man ihre Bestimmung unterliess. Ein zweiter Theil des Gesammtphosphors ging als Phosphorsänre in die Lösung über, ein dritter kam in Gestalt von Phosphornickeleisen unlöslich zur Abscheidung. Man konnte also annehmen, dass der Phosphor theils als Schreibersit, theils als lösliches Phosphoreisen im Meteorit enthalten sei und zwar dürfte man es mit der Verbindung Fe<sub>2</sub> P zu thun haben, welche sieh nach Freese 1) in Salzsäure, wie in verdinnter Schwefelsäure löst, wobei 3/8 des Phosphors als Phosphorsäure in Lösung gehen, <sup>5</sup>/<sub>8</sub> desselben aber als Phosphorwasserstoff entweichen sollen. Nach Struve<sup>2</sup>) bleibt dagegen die Hälfte des Phosphors in der Lösung zurück, während die andere Hälfte gasförmig entweicht. Jedenfalls war bei dem erwähnten Versuch eine deutlich bemerkbare, wenn auch geringe Menge Phosphorwasserstoff entwickelt worden, wie sieh denn auch ferner in der erhaltenen Lösung Phosphorsäure vorfand. Dem es gab diese Lösung, die man vorher durch Filtration von der geringen Menge unlöslichen Rückstandes befreite, sowie ferner behufs Ausfällung von Kupfer oder Zinn mit Schwefelwasserstoff behandelt und endlich unter Zusatz von Salpetersäure auf ein geringes Volumen abgedampft hatte, mit Molybdänsäuresolution eine deutliche Reaction auf Phosphorsäure. Die quantitative Bestimmung der letzteren missglückte leider.

Der beim Auflösen des Meteoreisens in verdünnter Salzsäure verbliebene unlösliche Rückstand, 0,492 Proc. betragend, erwies sieh unter der Loupe als ein Gemenge von amorpher Kieselsäure mit Schreibersit, welchem letzteren, wie sich bei dessen späterer Analyse ergab, auch etwas Asmanit beigemischt war. Man bestimmte sein Gewicht, nachdem man ihn gelinde erhitzt hatte, und extrahirte sodann die beigemischte Kieselsäure durch Kochen mit Kalilauge. Diese Kieselsäure darf man als ans ursprünglich vorhanden gewesenem Silieiumeisen entstanden annehmen, dessen Zusammensetzung der Formel

<sup>1)</sup> Freese, Pogg. Ann. 132, 225; Gmelin-Kraut, Handb. d. anorg. Chemie III, 322.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>) Struve, N. Petersb. Acad. Bull. 1860. 467; Gmelin-Kraut, Handb. d. anorg. Chemie III, 322.

Fe<sub>2</sub> Si entsprechen dürfte. Bei dieser Annahme muss dahingestellt bleiben, ob das den weissen Rückstand bildende Pulver nicht vielleicht Siliciumoxyd gewesen ist und ob sich beim Auflösen des Eisens nicht eine geringe Menge Siliciumwasserstoff entwickelt hat. Es hätte sich diese Frage nur unter Aufopferung einer sehr beträchtlichen Menge kostbaren Materials entscheiden lassen.

Der Inhalt der behufs Rückhaltung von Schwefelwasserstoff mit Natriumhydrocarbonat beschiekten Waschflasche gab beim Versetzen mit alkalischer
Bleilösung eine deutliche Braunfärbung und beim längeren Stehen setzte sich
aus der Flüssigkeit eine geringe Menge Schwefelblei ab. Nach dem Decantiren der Flüssigkeit fügte man zu diesem Niederschlage Essigsäure bis zum
Eintritt der sauren Reaction, brachte ihn sodann auf ein kleines Filter, wusch
aus, behandelte das getrockuete Filter in einem gewogenen Porzellantiegel mit
rauchender Salpetersäure, verdampfte unter Zusatz eines Tropfens Schwefelsäure und erhitzte das erhaltene schwefelsaure Blei zum Glühen. Seine Menge
entsprach dem im Meteoreisen enthalten gewesenen Schwefel, der später als
Schwefeleisen in Ansatz gebracht wurde.

In die salzsaure Auflösung des Meteoreisens war, wie bereits mitgetheilt, behufs Nachweisung von Kupfer und Zinn Schwefelwasserstoff eingeleitet worden. Es zeigte sich das Vorhandensein einer geringen, aber doch bestimmbaren Menge Kupfer, während Zinn vollständig fehlte.

Unter Zugrundelegung der durch diese Untersuchung ermittelten Daten (analyt. Belege Nr. 2) und Einführung der früher bestimmten Procentgehalte an Eisen, Kobalt, Niekel und Phosphor berechnet sieh nun die Zusammensetzung des Rittersgrüner Meteoreisens wie folgt:

= 89,990Eisen = 9,740Niekel -0,230Kobalt = 0.035Kupfer 0,150 Phosphor 0,011 Schwefel 0,066 Silieium Kohlenstoff = Spur 0,056 Asmanit 1) 100,278.

<sup>1)</sup> Vergl. analyt. Belege Nr. 3.

#### b. Analyse des Phosphornickeleisens.

Wie aus dem Vorstehenden ersichtlich, hinterliess das Rittersgrüner Meteoreisen beim Auflösen in verdünnter Chlorwasserstoffsäure nur die geringe Menge von 0,492 Proc. Rückstand, bestehend aus amorpher weisser Kieselsäure, Phosphornickeleisen und etwas Asmanit. Durch Kochen dieses Rückstandes mit Kalilauge wurde demselben die lösliche Kieselsäure im Betrage von 0,143 Proc. des Meteoreisens entzogen und es blieben 0,349 Proc. asmanithaltigen Phosphornickeleisens übrig. Da dieses bei der späteren Analyse sich wieder in 0,293 Proc. reines Phosphornickeleisen und 0,056 Proc. Asmanit zerlegen liess, so war die procentische Zusammensetzung des unlöslichen Rückstandes

Phosphornickeleisen = 59,56Asmanit = 11,38lösliche Kieselsäure = 29,06100,00.

Obwohl die Menge des asmanithaltigen Phosphornickeleisens eine sehr geringe war, wurde doch versucht, dasselbe zu analysiren. Beim Erwärmen mit Königswasser ging es leicht in Lösung über, während der Asmanit zurückblieb, auf einem kleinen Filter gesammelt und nach dem Glühen gewogen werden konnte. Zu der durch Abdampfen vom Säureübersehuss befreiten und nahezu neutralisirten eoncentrirten Lösung setzte man essigsaures Natrium, verdünnte stark und erhitzte zum Kochen. Der erhaltene völlig niekelfreie Niedersehlag enthielt neben Eisen alle Phosphorsäure; man löste ilm aufs Neue, fällte mit Ammoniak und bestimmte nach dem Glühen das Gewicht des Niederschlags. Hierauf wurde derselbe abermals gelöst, die Lösung mit Salpetersäure abgedampft und Molybdänsäuresolution im Ueberschuss zugefügt. Der nach hinreichendem Stehen in gelinder Wärme abgeschiedene gelbe Niederschlag wurde in bekannter Weise in pyrophosphorsaures Magnesium übergeführt und dieses gewogen. So ermittelte man den Gehalt an Eisen und an Phosphor. Das Niekel wurde mit Kalilauge gefällt und der Niederschlag im Wasserstoffstrome zu Metall reducirt. (Analyt. Belege Nr. 3.)

Auf diese Weise wurde gefunden:

Eisen = 33,35Nickel = 39,48Phosphor = 9,14Asmanit = 15,4597,42.

Bringt man den Asmanit in Abzug und rechnet die übrigen Bestandtheile auf 100 Procent um, so erhält man für die Zusammensetzung des reinen Phosphornickeleisens folgende Zahlen:

Eisen 
$$= 40,68$$
  
Nickel  $= 48,16$   
Phosphor  $= 11,16$   
 $100,00$ .

Es würde dies der Formel (Fe Ni)<sub>4</sub> P entsprechen.

Hinsichtlich des Phosphorgehaltes stellt sich somit der Schreibersit des Rittersgrüner Meteorits dem Phosphornickeleisen aus den Meteoreisen von Braunau, Misteca und Zacatecas zur Seite, welche enthalten 1):

	Braunau.	Misteea.	Zaeatecas.
Eisen	= 60,13	58,36	$75,\!02$
Nickel	= 27,15	$29,\!95$	$14,\!52$
Phosphor	= 12,72	11,61	10,23
	100,00.	99,92.	99,77.

Als reine Verbindung würde Fe<sub>4</sub> P 12,16 Proc., Ni<sub>4</sub> P aber 11,61 Proc. Phosphor enthalten. Auffällig ist die Höhe des Nickelgehalts im Schreibersit des Rittersgrüner Meteoreisens, wie solche bisher wohl noch nicht beobachtet worden ist.

#### c. Constitution des Rittersgrüner Meteoreisens.

Aus der Gesammtanalyse des Meteoreisens von Rittersgrün und der Zusammensetzung des darin enthaltenen Schreibersits lässt sich unter Annahme

<sup>1)</sup> C. F. Rammelsberg, Handb. d. Mineralchemie I, 947 und 1000.

des Vorhandenseins bestimmter chemischer Verbindungen ein Schluss auf die Constitution dieses kosmischen Eisens ziehen.

Zunächst stehen Nickel und Kobalt zum Eisengehalte in einem oft beobachteten Verhältniss, der Formel Fe<sub>9</sub> Ni entsprechend, und eben das häufige Wiederkehren dieses Verhältnisses in anderen Meteoriten macht die Existenz eines Nickeleisens von bestimmter chemischer Zusammensetzung nicht unwahrscheinlich. Dass der Phosphorgehalt nicht ausschliesslich in Form von Schreibersit vorhanden ist, geht daraus hervor, dass das Meteoreisen mit Chlorwasserstoffsäure Phosphorwasserstoff entwickelt und dass gleichzeitig Phosphorsäure in Lösung übergeht; man hat daher das Vorhandensein einer bestimmten Phosphoreisenverbindung und ebenso aus bereits erörterten Gründen dasjenige eines Siliciumeisens anzunehmen. Für erstere macht sich die Formel Fe<sub>2</sub> P, für letzteres die Formel Fe<sub>2</sub> Si wahrscheinlich, während das Schwefeleisen wohl zweifellos als Monosulfid, Fe S, vorhanden ist

Unter diesen Voraussetzungen erfordern die gefundenen

Demnach lässt sich das Meteoreisen als zusammengesetzt betrachten aus:

Niekeleisen Fe <sub>9</sub> Ni		98,995
Phosphorniekeleisen (Fe Ni) $_4$	P -	0,293
Phosphoreisen Fe <sub>2</sub> P		0,539
Siliciumeisen Fe <sub>2</sub> Si	_	0,330
Schwefeleisen Fe S		0,030
Kohlenstoffeisen	1-100	Spur
Kupfer		0,035
Asmanit	-	0,056
		100,278.

### B. Analyse des unmetallischen Theils.

Der unmetallische Theil des Rittersgrüner Meteorits bildet ein inniges Conglomerat von 3,12 spec. Gew., bestehend aus Troilit, Asmanit und Broneit, in welchem ausserdem einige Körnehen von Chromeisenerz verstreut liegen. Eine Trennung dieser Gemengtheile auf rein mechanischem Wege ist nicht oder doch nur in ganz unvollkommener Weise möglich; man war deshalb bei der Analyse gezwungen, ehemische Mittel in Anwendung zu bringen, welche den vorhandenen Troilit in Lösung überführten und die Silicate unangegriffen zurückliessen. Letztere, den Asmanit und den Broneit, vermochte man dann durch Auslesen unter der Loupe, wenn auch nicht vollständig, so doch soweit zu trennen, dass sie einzeln analysirt werden konnten.

#### a. Analyse des Troilits.

Die von metallischen Partikeln auf das Sorgfältigste befreite, im Achatmörser feingeriebene und durch ein Gazesieb gebeutelte unmetallische Masse wurde in einem Porzellanschiffehen abgewogen und dieses in das Verbrennungsrohr desselben Apparates geschoben, welcher bei der Untersuchung des Meteoreisens in Anwendung gebracht worden war. Man leitete sodann einige Zeit hindurch Chlorgas über die Substanz und begann, als alle Luft verdrängt war, diese höchst allmählich zu erhitzen. Die Bestandtheile des Troilits destillirten hierbei in Gestalt von Choriden in die Vorlage über, während die Silicate keine Veränderung erlitten. Nach beendeter Operation blieb der Inhalt des Schiffehens, dem wenig schwerlösliches Chlornickel anhaftete, längere Zeit in feuchter Atmosphäre stehen und wurde sodann mit salzsäurehaltigem Wasser erwärmt. Nach dem Filtriren hatte man nur die Silicate im Rückstande und konnte deren Gewicht bestimmen, während andererseits das nickelhaltige Filtrat mit der in den Vorlagen enthaltenen Flüssigkeit vereinigt wurde. Es enthielt somit diese Lösung sämmtliche Bestandtheile des ursprünglich in dem Gemenge enthalten gewesenen Troilits.

Auf solche Weise wurde theils durch mich (1), theils durch Herrn Manzavinos (2) zunächst das Verhältniss zwischen Troilit und Silicaten im unmetallischen Theile des Meteorits festgestellt und dasselbe wie folgt gefunden (analyt. Belege Nr. 4):

L	2.	Mittel.
Troilit = 13,49	15,97	14,73
Silicate = 86,51	84,03	$$5,\!27$
100,00.	100,00.	100,00.

Herr Bergrath Weisbach hatte ferner die Güte, durch sorgfältiges Auslesen der Troilitpartikel aus der unmetallischen Masse das Material für eine gesonderte directe Analyse zu präpariren und mir zur Verfügung zu stellen. Gleichzeitig bestimmte Derselbe unter Anwendung von 0,3133 g Substanz das specifische Gewicht des Troilits bei 21° zu 4,72. Bei der chemischen Analyse dieses mechanisch ausgesonderten Troilits (3) wurde ebenfalls der früher beschriebene Weg eingeschlagen und zwar zeigte sich bei der Erhitzung des Minerals im Chlorstrom das Zurückbleiben einer geringen Menge völlig weisser Kieselsäure, die in Gestalt leichter Flocken auftrat, also nicht als Einmengung von Asmanit betrachtet werden kann.

Ans der Lösung des Troilits fällte man zunächst unter Einhalten der bekannten Regeln den als Schwefelsäure in Lösung befindlichen Schwefel durch Chlorbarium, entfernte aus dem Filtrat den Chlorbariumüberschuss. trennte sodann Eisen und Nickel durch essigsaures Natrium und brachte das Eisen in Gestalt von Oxyd, das Nickel als Metall zur Wägung. Auf diese Weise wurde (analyt. Belege Nr. 5) erhalten:

		At.	be-	gefunden		
		Gew.	rechnet	1.	2.	3.
Eisen	_	56,0	63,63	$65,\!87$	$63,\!58$	63,00
Nickel	-	_		1,40		1,02
Schwefel	_	32,0	36,37	$34,\!27$	36,42	$35,\!27$
Kieselsäure	_	-				0,67
FeS	=	88,0.	100,00.	101,54.	100,00.	99,96.

Hiernach wäre das als Troilit betrachtete Mineral Eisenmonosulfid, FeS.

Nach C. F. Rammelsberg<sup>1</sup>) ist die Entscheidung, ob das in den Meteoriten auftretende Schwefeleisen als Troilit oder als Magnetkies zu betrachten sei, nur dann möglich, wenn sich dasselbe als frei von Nickel erweist. Finde sich Nickel vor, so könne man ebensowohl annehmen, dass dasselbe als Nickeleisen von der Zusammensetzung des meteorischen Eisens eingemengt sei; bringe man dieses aber in Abzug, so stehe das restirende Eisen zu dem gefundenen Schwefel zumeist in demselben Verhältniss, welchem wir im Magnetkies begegnen.

Gleiches gilt nun auch im vorliegenden Falle. Legt man die Analyse Nr. 3, welche als die richtigste betrachtet werden darf, zu Grunde und bringt den gefundenen Nickelgehalt von 1,02 Proc. als Nickeleisen = 10,22 Proc. Fe<sub>9</sub> Ni in Abzug, so verbleiben auf die gefundenen 35,27 Proc. Schwefel noch 53,80 Proc. Eisen, was bei Umrechnung auf 100 Procent genau auf die Formel des Magnetkieses führt:

At. Gew.	berechnet	gefunden	
7  Fe = 392	60,49	60,40	
8 S = 256	$39{,}51$	39,60	
$Fe_7 S_8 = 648.$	100,00.	100,00.	

Hiernach wirde es auch beim Rittersgrüner Meteorit unentschieden bleiben, ob in ihm das vorhandene Schwefeleisen als Troilit oder als Magnetkies auftritt. Wenn man aber berücksichtigt, dass sowohl Nickeleisen, als Magnetkies ausgesprochen magnetisch sind, das hier vorliegende Schwefeleisen aber in Gestalt von Stücken nicht, in Pulverform nur schwach vom Magneten gezogen wird, so ist es viel wahrscheinlicher, dass man es hier nicht mit einem Gemenge, sondern mit wirklichem Troilit zu thun hat, in welchem ein Theil des Eisens durch Nickel vertreten ist.

#### b. Analyse des Asmanits.

Wie oben eingehender beschrieben, bleiben beim Erhitzen des unmetallischen Theils des Meteorits die darin enthaltenen Silicate unangegriffen zurück, selbst dann, wenn man die Substanz in Gestalt von groben Stücken anwendet.

<sup>1)</sup> C. F. Rammelsberg, Handb. d. Mineralchemie II, 53.

Es gelingt auf solche Weise leicht, allen Troilit zu entfernen und sieh ein Gemenge der reinen Silicate darzustellen, die man dann durch Auslesen unter der Lonpe, wenn auch nicht vollkommen, so doch in dem Grade von einander trennen kann, dass ihre Einzelanalyse möglich wird. Um das Gewichtsverhältniss, in welchem dieselben zu einander stehen, zu ermitteln, bestimmte Herr Bergrath Weisbach sowohl das speeifische Gewicht des Gemenges, wie auch dasjenige des darin enthaltenen, sorgfältig ausgesuchten Asmanits und Broneits und sehlug bierauf den Weg der Rechnung ein.

Die Bestimmung der specifischen Gewichte ergab:

		Absol. Gew.	Speeif. Gew.	Temperatur.
Silicatgemenge	=	2,6208 g.	3,026	220,5
Asmanit, kleine Krystalle		0,1280 ,,	$2,\!274$	200,0
desgl. grobes Pulver	_	0,1985 "	2,278	200,0
Broncit, reine Krystalle		0,4085 ,,	3,310	200,0
desgl. Spuren Asmanit enth.	_	0,9477 ,,	3,301	200,0

Aus diesen Zahlen berechnet sich, dass das Silicatgemenge besteht dem Gewichte nach aus:

20,4 Proc. Asmanit, 79,6 , Broneit, dem Volumen nach aus: 27,2 Proc. Asmanit, 72,8 , Broneit.

Umgekehrt kann man, wenn man gleichzeitig das specifische Gewicht und die Menge des vorhandenen Troilits in Berücksichtigung zieht, das mittle specifische Gewicht der unmetallischen Masse des Meteorits auf dem Wege der Rechnung finden. Es bestand dieselbe im Durchschnitt aus

14,73 Proc. Troilit, 85,27 , Silicaten;

das ist, das specifische Gewicht des Troilits, wie gefunden, mit 4,72 eingesetzt, dem Gewichte nach:

14,73 Proe. Troilit,17,39 ,, Asmanit,67,88 ,, Broncit,

dem Volumen nach:
9,95 Proc. Troilit,
24,42 " Asmanit,
65,63 " Broneit.

Das berechnete specifische Gewicht des unmetallischen Theils wäre dann 3,20, während in Wirklichkeit 3,12 gefunden wurde.

Die Untersuchung des Asmanits ergab das Vorhandensein von Kieselsäure, Eisenoxyd und geringen Mengen Calcium- und Magnesiumoxyd. Ausserdem erlitt das Mineral beim Rothglühen einen geringen, beim Glühen über dem Gebläse einen etwas grösseren Gewichtsverlust, welcher letzterer sich auf etwa 1 Proc. bezifferte. Ob derselbe auf das Entweichen von Wasser oder dasjenige von Fluorsilieium zurückzuführen sei, war unmöglich zu ermitteln.

Bei der quantitativen Analyse wurde das Mineral zum feinsten Pulver zerrieben und sodann bei 150° getrocknet, worauf man den Gewichtsverlust ermittelte, welchen der Asmanit beim Glühen erlitt. Bei Anwendung des einfachen Gasbrenners schwankte dieser zwischen 0,42 und 0,84 Proc., über dem Gasgebläse steigerte er sich bis zu 1,01 bis 1,07 Proc., worauf er constant blieb.

Einen Theil des geglühten Minerals führte man durch Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure, einen zweiten durch Sehmelzen mit Natriumcarbonat in Lösung über. Die Kieselsäure wurde durch wiederholtes Abdampfen mit Chlorwasserstoffsäure im Wasserbade abgeschieden und das Eisen aus dem Filtrate durch Ammoniak gefällt. Die Menge des vorhandenen Calciums und Magnesiums war zu gering, um mit Sicherheit bestimmt werden zu können.

Die Untersuchung einer minder reinen (1) und diejenige einer ausgezeichnet reinen (2) Partie Asmanit ergab (analyt. Belege Nr. 6):

		1.	2.
Kieselsäure	=	95,77 (a. d. Diff.)	97,84
Eisenoxyd		3,16	1,65
Caleiumoxyd Magnesiumoxyd	= } = }	Spur	Spur
Glühverlust	_	1,07	1,01
		100,00.	100,50.

Von mineralogischer Seite ist in der Neuzeit die Möglichkeit, ja die Wahrscheinlichkeit der Identität von Asmanit und Tridymit wiederholt hervorgehoben worden und Herr Bergrath Dr. Weisbach hatte die Güte, sich über diesen Punkt in folgender Weise zu äussern:

"Der Vereinigung des Asmanit (Maskelyne 1871) mit dem Tridymit (vom Rath 1868) stand der Umstand entgegen, dass Asmanit durch Maskelyne als rhombisch und optisch zweiaxig erkannt worden, während für Tridymit nach den Arbeiten von vom Rath als Krystallsystem das hexagonale festgestellt zu sein schien.

Es haben aber neuerdings (1878) fast gleichzeitig und unabhängig von einander Schuster<sup>1</sup>) in Wien und von Lasaulx<sup>2</sup>) in Breslau für Tridymit das trikline System und optische Zweiaxigkeit nachgewiesen.

Gemeinschaftlich in morphologischer Hinsicht bleibt den beiden Körpern, dass ihre Krystalle sehr oft als sechsseitige Täfelchen (als hexagonale Combination von Basis e und Prisma a) erscheinen, dass ferner bei beiden nach Richtung e ziemlich deutliche Spaltbarkeit stattfindet und dass hier wie dort noch schmale Abstumpfungsflächen der Kanten auftreten, deren Neigungen gegen e sowohl bei Asmanit, als Tridymit zu 117°39' gefunden wurden, während der prismatische Winkel (a a) für Asmanit 120°20', für Tridymit 120°0' misst.

Vergleicht man die Beobachtungen, welche Maskelyne an Asmanit und von Lasaulx an Tridymit in optischer Hinsicht gemacht haben, so findet ebenfalls nahe Uebereinstimmung statt, nämlich:

1. was die Orientirung der Ebene der optischen Axen in Bezug auf die Flächen des Prisma (Protoprisma) der dünntafeligen, scheinbar hexagonalen Krystalle beider Körper anlangt, indem bei hexagonaler Deutung solche Ebene Flächen des Deuteroprisma parallel geht, respective gehen würde;

<sup>1)</sup> Schuster, Tschermak's petrograph. Mitth. 1878, 71.

<sup>2)</sup> von Lasaulx, Groth's Zeitschr. 1878, 253.

2. was den Winkel zwischen den optischen Axen betrifft, welcher annähernd für Asmanit zu 73%, für Tridymit zu 68% bestimmt worden.

Erwägt man endlich, dass das Eigengewicht für Asmanit durch Maskelyne zu 2,245, durch vom Rath zu 2,247¹), für Tridymit andererseits durch Letzteren zu 2,282 bis 2,326 bestimmt worden, so dürfte kaum noch ein Zweifel an der Identität beider Körper übrig bleiben."

Bei solcher Sachlage musste es wünsehenswerth erscheinen, auch das chemische Verhalten, insbesondere die Löslichkeit von Asmanit und Tridymit in Alkalien, vergleichend festzustellen. Hierzu diente, neben Asmanit aus dem Rittersgrüner Meteorit, ein Tridymit aus Siebenbürgen, welcher von Weisbach in reinen Kryställchen ausgesucht worden war. Das Pulver beider Mineralien erlitt beim Koehen mit Kalilauge einen deutlichen Angriff, zeigte aber nicht im Entferntesten die leichte Löslichkeit der künstlich dargestellten amorphen Kieselsäure, wie man sie durch Zersetzung einer Wasserglaslösung mittelst Salzsäure, Abdampfen, Auswaschen, Trocknen und Glühen erhält. Während diese sich beim Erwärmen mit Kalilauge augenblicklich löst, bedarf es bei Asmanit, bei Tridymit, sowie bei anderen natürlichen Kieselsäuren eines mehrstündigen Kochens mit der alkalischen Flüssigkeit, um dieselben zum Verschwinden zu bringen. Ueberhaupt herrscht über die Löslichkeit der Kieselsäure viel Unklarheit und dies gilt ebensowohl von der natürlichen, wie von der künstlichen, der krystallisirten, wie der amorphen. Sämmtliche natürliche Kieselsäuren werden von kochender Kalilauge angegriffen, die einen rascher, die anderen langsamer. Im Grunde genommen sind sie also alle löslich, nur erfordert die Auflösung eine verschiedene Zeitdauer. Gleiches gilt — und das dürfte noch nicht bekannt sein — von der künstlich dargestellten, auf nassem Wege bereiteten und allgemein für leieht löslich gehaltenen Kieselsäure. Während die aus zerlegbaren Silicaten, z. B. aus Wasserglas, durch Säuren abgeschiedene Kieselsäure auch im geglühten Zustande auf das Leichteste von kochender Kalilauge aufgenommen wird, zeigt sich die beim Einleiten von Fluorsiliciumgas in Wasser erhaltene, bekanntlich höchst lockere und

<sup>1)</sup> Weisbach bestimmte das specifische Gew. des Asmanits zu 2,274 bis 2,278.

voluminöse Kieselsäure nach dem Glühen verhältnissmässig schwer löslich. Die Untersuchungen hierüber sollen fortgesetzt werden: vorläufig seien, namentlich um einen weiteren Beweis für die Identität von Asmanit und Tridymit zu liefern, nur die Ergebnisse einiger Versuche mitgetheilt, die darin bestanden, dass man verschiedene natürliche und künstliche Kieselsäuren unter thunlichst gleichen Verhältnissen mit Kalilauge kochte und die eintretende Gewichtsabnahme bestimmte. Soweit dieselben wasserhaltig waren, wurden sie durch helles Rothglühen entwässert; für jeden Versuch verwendete man durchschnittlich 0,03 g wasserfreier Kieselsäure und erhielt diese Quantität mit 25 ebem Normalkalilauge eine Stunde lang im Sieden. Das Glaskölbehen, in welchem die Erhitzung vorgenommen wurde, endete in ein langes nicht zu enges Glasrohr, welches bei schräger Stellung des Ganzen als Rückflusskühler wirkte, so dass die Kalilauge während der ganzen Dauer des Versuchs die ursprüngliche Concentration beibehalten musste.

Von je 100 Gewichtstheilen wasserfreier, zu feinstem Pulver zerriebener Kieselsäure gingen hierbei in Lösung über bei Anwendung von:

```
= 100.00
                                              in 1 Min.
Kieselsäure aus Wasserglas
                                 = 89,14
Opal von Borsoe, Ungarn
                                 = 56,11
Hyalith von Walsch, Böhmen
Tridymit aus Siebenbürgen
                                     49,63
                                              in 1 Stunde.
                                     43,88
Asmanit vom Rittersgrüner Meteorit =
Kieselsäure aus Fluorsilicium
                                     23,37
                                      5.14
Bergkrystall
```

Hiernach lässt sich annehmen, dass Asmanit und Tridymit gleiche Löslichkeit besitzen, also auch in dieser Hinsicht nicht von einander abweichen.

#### c. Analyse des Broncits.

Die Präparation des in dem Silicatgemenge enthaltenen Broneits war insofern leicht, als dieses Mineral den vorwiegenden Bestandtheil desselben bildet und darin in reinen, hellgrünen, zuweilen mit Asmanit verwachsenen Krystallen auftritt. Das Mineral zeigte beim Erhitzen vor dem Löthrohr in der Pincette sehr geringe Schmelzbarkeit, wurde von Säuren, mit Ausnahme von Fluorwasserstoffsäure, nicht angegriffen und erlitt beim Glühen, selbst

unter Anwendung des Gebläses, keine Gewichtsabnahme, wenn dieses im Kohlensäurestrom vorgenommen wurde. Beim Zutritt von atmosphärischer Luft ging das ursprünglich weisse Pulver in ein hellbraunes über, indem das vorhandene Eisenoxydul sich theilweise oxydirte. Spec. Gew. 3,310.

Die qualitative Untersuchung ergab das Vorhandensein von Kieselsäure, Eisenoxydul, Manganoxydul, Thonerde, Calcium-Magnesium- und Natriumoxyd, sowie von kaum nachweisbaren Mengen Kupferoxyd. Ausserdem war dem Broncit jederzeit etwas Chromeisenerz beigemengt, welches beim Behandeln desselben mit Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure ungelöst zurückblieb.

Die quantitative Analyse erfolgte derart, dass man das Mineral durch Schmelzen mit Kalium-Natriumcarbonat aufschloss, die Schmelze in Wasser löste und die Kieselsäure durch Abdampfen mit Chlorwasserstoffsäure zur Abscheidung brachte. Aus dem Filtrat wurden Aluminium, Eisen und Mangan durch Schwefelammonium abgeschieden, der Niederschlag wieder aufgelöst, die Lösung oxydirt und Aluminium und Eisen durch essigsaures Natrium vom Mangan getrennt. Hierauf erfolgte, nach vorausgangener Fällung durch Ammoniak, ihre gemeinsame Bestimmung in Gestalt von Oxyden und endlich ihre Trennung durch Schwefelammonium in weinsäurehaltiger Lösung. Das erhaltene Schwefeleisen ward in Oxyd umgewandelt und gewogen; die Thonerde ergab sich aus der Differenz. Das in der essigsauren Lösung verbliebene Mangan wurde durch Natriumcarbonat abgeschieden und der Niederschlag in wägbares Oxyduloxyd übergeführt.

In dem vom Schwefelammonium-Niederschlage erhaltenen Filtrat waren nun noch Calcium und Magnesium zu bestimmen. Man erhitzte es bis zum Sieden, um das überschüssige Schwefelammonium zu verjagen, und fügte oxalsaures Ammonium zu. Nach zwölfstündigem Stehen in der Wärme wurde das oxalsaure Calcium abfiltrirt und durch gelindes Glühen in kohlensaures Salz umgewandelt. Das Magnesium fällte man sodann aus ammoniakalischer Lösung durch phosphorsaures Natrium.

<sup>1)</sup> Später, nach Abschluss der vorliegenden Arbeit, vorgenommene Untersuchungen haben ergeben, dass das zur Wägung gebrachte kohlensaure Calcium etwas magnesiahaltig war, dass somit der an sich geringfügige Kalkgehalt um eine Kleinigkeit zu hoch gefunden worden ist.

Ein anderer Theil des Broneits ward mit Fluorwasserstoffsäure behandelt und hierauf unter Zusatz von Sehwefelsäure verdampft. Beim Aufnehmen des zum schwachen Glühen erhitzten Rückstandes in Salzsäure blieb etwas Chromeisenerz zurück. Die Abscheidung der in Lösung gegangenen Elemente geschah in der vorstehend beschriebenen Weise, nur wurde die Magnesia nach dem Verjagen der Ammoniumsalze durch Barytwasser gefällt, nach dem Einleiten von Kohlensäure und Erhitzen zum Sieden filtrirt, das Filtrat durch Schwefelsäure vom Barytüberschuss befreit und das in Lösung verbliebene Natriumsulfat sodann an neutrales Salz übergeführt, welches zur Wägung gelangte. Es enthielt geringe Mengen Kaliumsalz, während andere Metalle spectroskopisch nicht aufgefunden werden konnten.

Auf solche Weise wurden mit etwas asmanithaltigem (1) und mit ausgesucht reinem Material (2 n. 3) folgende Werthe erhalten (vergl. analyt. Belege Nr. 7):

,	1.	2.	3.
Kieselsäure =	57,27	56,56 (3)	$56,\!56$
Thonerde =	= 2,28	$2,\!05$	2,04
Eisenoxydul =	10,99	10,74	10,09
Manganoxydul =	= 0,41	0,42	0,55
Magnesiumoxyd =	= 24,78	25.13	$25,\!59$
Calciunoxyd =	= 1,77	$2,\!52$	1,66
Natriumoxyd =	= nicht best.	1,43	1,43 (2)
Chromeisenerz =	= 0,94	0,98	0,98 (2)
	98,44.	99,83.	98,90.

Aus den vorstehenden Analysen geht hervor, dass das grüne Mineral des Rittersgrüner Meteorits wirklich Broneit ist. Es stellt sich dasselbe hinsichtlich seiner Zusammensetzung dem Broneit des aller Wahrscheinlichkeit nach von demselben Fall herrührenden Meteorits von Breitenbach (aufgefunden 1861) zur Seite, in welchem Maskelyne<sup>1</sup>) fand:

Kieselsäure = 56,10Eisenoxydul = 13,58Magnesiumoxyd = 30,2199,59.

<sup>1)</sup> C. F. Rammelsberg, Handb. d. Mineralchemie II, 384.

Maskelyne scheint einen sicherlich vorhandenen Thonerdegehalt übersehen und deshalb eine grössere Menge Eiscnoxydul gefunden zu haben, wie wohl auch der angegebene Magnesiagehalt das vorbandene Calciumoxyd, vielleicht sogar das Manganoxydul in sich schliesst.

Vietor von Lang<sup>1</sup>) legt dem Broncit des Breitenbacher Meteorits die Bezeichnung Enstatit bei, während doch dessen Eisenoxydulgehalt ein sehr erheblicher ist. Bemerkenswerth ist übrigens die ziemlich nahe Uebereinstimmung in den specifischen Gewichten beider Vorkommnisse; nach Maskelyne beträgt dasjenige des Broncits im Breitenbacher Meteorit 3,23, während Weisbach das specifische Gewicht des Broncits im Rittersgrüner Meteorit zu 3,31 bestimmte.

Wie bereits erwähnt, rührt auch der Meteorit von Steinbach (aufgefunden 1751) aller Wahrscheinlichkeit nach vom gleichen Falle her. Der in demselben enthaltene Broneit wurde 1825 von Stromeyer<sup>2</sup>) analysirt, welcher ihn, trotz seines hohen Kieselsäuregehaltes, als Olivin bezeichnete. Das specifische Gewicht des Minerals war bei 22,5° 3,2759, seine Zusammensetzung ergab sich, wie folgt:

 Kieselsäure
 = 61,88

 Eisenoxydul
 = 9,12

 Manganoxydul
 = 0,31

 Magnesiumoxyd
 = 25,83

 Chromoxyd
 = 0,33

 Glühverlust
 = 0,45

 97,92.

Also auch hier zeigt sich eine unverkennbare Uebereinstimmung mit dem Rittersgrüner Vorkommniss.

<sup>1)</sup> Victor von Lang, Pogg. Ann. CXXXIX, 315.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>) Pogg. Ann. IV, 195, u. O. Buchner, die Meteoriten, 125. In beiden Quellen ist der Gehalt an Manganoxydul irrthümlich zu 9,31, statt zu 0,31 Proc. angegeben.

## C. Gesammtergebniss.

Stellt man die Resultate, welche die Analysen der verschiedenen Gemengtheile des Rittersgrüner Meteorits ergeben haben, zusammen, indem man für Troilit Analyse 3, für Asmanit Analyse 2 und für Broneit Analyse 2 als die vermuthlich richtigsten einsetzt und ausserdem die geringe im Meteoreisen aufgefundene Menge Asmanit den unmetallischen Bestandtheilen zurechnet, so gelangt man zu folgendem Gesammtergebniss:

1	Nickeleisen (Fe <sub>9</sub> Ni)	===	50,406
	Phosphornickeleisen (Fe Ni) <sub>4</sub> P.)	=	0,149
51,031 Proc.	Phosphoreisen (Fe <sub>2</sub> P)		0,274
metallische	Siliciumeisen (Fe <sub>2</sub> Si)		0,169
Bestandtheile	Schwefeleisen (Fe S)	_	0,015
	Kohlenstoffeisen		Spur
	Kupfer		0,018
48,969 Proc. unmetallische Bestandtheile	Troilit	_	7,211
	Asmanit	***************************************	8,527
	Broneit		32,908
	Chromeisenerz		$0,\!323$
			100,00.

# D. Untersuchung auf einen Gehalt an Wasser und gasförmigen Bestandtheilen.

Bekanntlich gelang es Th. Graham<sup>1</sup>) im Verfolg seiner classischen Arbeiten über den Einschluss von Gasen in Metallen, auch im Meteoreisen von Lenarto einen Gasgehalt nachzuweisen. Diese Entdeckung war eine äusserst wichtige, wie denn das Studium der Beschaffenheit derartiger Gaseinschlüsse insofern noch ganz besondere Bedeutung erhält, als letztere Repräsentanten

<sup>1)</sup> Th. Graham, Compt. rend. t. LXIV, 1067; Pogg. Ann. CXXXI, 151.

derselben Atmosphäre bilden, innerhalb deren sich das Meteoreisen dereinst im glühenden oder flüssigen Zustande befunden haben muss.

Graham fand im Lenarto-Eisen das 2,85 fache Volumen an gasigen Bestandtheilen, in welchen Wasserstoff in überwiegender, Kohlenoxyd und Stickstoff in untergeordneter Menge vertreten waren. Da Schmiedeeisen unter dem Druck der Erdatmosphäre nicht mehr als sein gleiches Volumen Wasserstoffgas zu absorbiren vermag, so zog der englische Forscher den Schluss, dass das Meteoreisen von Lenarto aus einer Wasserstoffatmosphäre stammen müsse, welche die Atmosphäre der Erde an Dichtigkeit übertreffe. Das Vorhandensein von Wasserstoff kann an sich nicht auffallend erscheinen, da dieses Element nicht allein im Lichte der Fixsterne nachgewiesen worden ist, sondern nach Secchi auch den Hauptbestandtheil einer zahlreichen Classe von Sternen ausmacht, von denen α Lyrae (Vega) der Typus ist.

Nächst Graham hat sich namentlich Arthur W. Wright 1) um die Untersuchung der gasförmigen Bestandtheile der Meteorite verdient gemacht und ebenfalls zumeist Wasserstoff in überwiegender Menge im Meteoreisen angetroffen, während Kohlenoxyd, Kohlensäure und Stickstoff in geringem Maasse vorhanden waren, Kohlenwasserstoffe aber gänzlich fehlten. Eine auffallende Ausnahme macht nur das Meteoreisen von Arva, welches sich nicht allein durch einen ausserordentlich hohen, sein 47 faches Volumen betragenden Gasgehalt auszeichnet, sondern auch vorwiegend Kohlenoxydgas enthält. Dagegen finden sich in den gastörmigen Bestandtheilen der Meteorsteine namentlich Kohlensäure und Wasserstoff, in untergeordneter Menge aber Kohlenoxyd und Stickstoff vertreten, wie dieselben denn auch durch einen fast nie fehlenden Gehalt an Kohlenwasserstoffgas charakterisirt sind. Auch die Steinmeteoriten enthalten ihr mehrfaches Volumen an gasigen Bestandtheilen eingeschlossen, der überhaupt höchst merkwürdige Meteorit von Kold Bokkeveld sogar sein 25 faches Volumen, und wir sehen in diesen 93,11 Proc. Kohlensäure und 3,25 Proc. Grubengas auftreten, während der Rest durch Kohlenoxyd, Wasserstoff und Stickstoff gebildet wird. Dieser Meteorit ist es auch, in welchem neben 1,67 Proc. Kohlenstoff, 0,25 Proc. einer bituminösen, aus Kohlenstoff,

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>) Wright, Wochenschr. f. Astronomie 1875, 364 u. 1877, 4 u. 9; Jahrb. d. Erfind. v. H. Gretschel u. G. Wunder, 1876, 42 u. 1877, 20.

Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden Substanz aufgefunden wurden und welcher beim Erhitzen etwa 10 Proc. seines Gewichtes Wasser lieferte. So überaus interessant dieses Ergebniss ist, so kann doch durch solch einen vereinzelten Fall die Frage, ob der Kohle- und Bitumengehalt meteorischer Massen vielleicht auf organischen Ursprung zurückzuführen sei, nicht entschieden werden, wiewohl sie dadurch sicherlich zu erhöhter Bedeutung gelangt. Denn so lange sich nicht öfters Gelegenheit darbietet, ähnliche Wahrnehmungen, wie am Meteorit von Kold Bokkeveld an anderen, namentlich frisch gefallenen Meteoriten zu machen, wird die von H. B. Geinitz<sup>1</sup>) ausgesprochene Meinung aufrecht erhalten bleiben müssen, dass in jenen kosmischen Gebilden zwar graphitischer und amorpher Kohlenstoff als Urkohlenstoff enthalten sein könne, der Gehalt an Wasser, an humusartigen oder bituminösen Stoffen und an Ammoniak aber terrestrischen Ursprungs sei und dass somit diese Bestandtheile weder auf einen Wassergehalt, noch auf organisches Leben im Weltraum zu schliessen berechtigen.

Was den Wassergehalt der Meteoriten anbelangt, so möchte demselben nach den inmittelst gemachten Erfahrungen die Möglichkeit kosmischen Ursprungs nicht unbedingt abzusprechen sein. Die zweifellos erwiesene Occlusion von Wasserstoff und Wasserstoffverbindungen im Meteoreisen, wie in den Meteorsteinen macht das gleichzeitige Vorhandensein von Wasser in manchen derselben sogar in hohem Grade wahrscheinlich und eben so denkbar, wie die Mitführung einer wenn auch beschränkten Atmosphäre, welche während des Passirens durch die Lufthülle der Erde abgestreift wird, oder zur Verbrennung gelangt.

Bei einem kosmischen Gebilde, welches, wie der Rittersgrüner Meteorit, gegen 700 Jahre in einer lockeren Erdschicht gelegen hat, ist selbstverständlich die Entscheidung der Frage, ob ihm dereinst ein Wassergehalt zugehört habe, nicht mehr mit Sicherheit möglich. Dagegen schien es vor Allem von Interesse, nachzuweisen, ob derselbe, gleich anderen Meteoriten, Gase eingeschlossen enthalte. Es geschah dies in folgender Weise:

Mehrere Stücken des Meteorits bis zu I chem Grösse wurden 6 Stunden lang bei 150° getrocknet und sodann gewogen. Ihr Gesammtgewicht betrug

<sup>1)</sup> H. B. Geinitz, Jahrb. Min. 1867, 724; Jahresber. f. Chemie 1867, 1046.

13,6407 g. Man brachte dieselben in das zugeschmolzene Ende einer weiten und ziemlich starkwandigen Verbrennungsröhre aus strengflüssigem Glase, zog diese in hinreichender Entfernung von der Substanz zur Capillare aus und wiederholte dieses Ausziehen an einer zweiten, etwa 25 cm weiter entfernt gelegenen Stelle, worauf das Rohr abgeschnitten und letztgenannte Verjüngung mit einer Sprengel-Weinhold'schen Quecksilber-Luftpumpe in Verbindung gesetzt wurde. Es bestand somit das Rohr aus zwei Theilen, A und B, welche durch die verjüngte Stelle mit einander in Verbindung standen. Der Röhrentheil A enthielt die Substanz des Meteorits, dann folgte die Capillare, hierauf ein längerer Röhrentheil B und dieser war am anderen Ende ebenfalls ausgezogen, so dass seine Oeffnung den Ansatz an die Luftpumpe bildete. Nach vollkommenem Auspumpen der Luft schmolz man letztere Verjüngung durch Ausziehen vor der Lampe zu und begann nun die im Theile A der luftleeren Röhre befindliche meteorische Masse sehr allmählich zu erhitzen. Schon nach kurzer Zeit zeigte sich, trotz des vorhergegangenen Trocknens, im kalten Röhrentheile B ein deutlich erkennbarer Wasserbesehlag, während gleichzeitig die ummetallischen Partien des Meteorits tiefschwarze Farbe annahmen, die blanken Schliffflächen des Eisens aber ihren vollen Glanz behielten. Man steigerte die Hitze allmählich bis zum schwachen Glühen und zum beginnenden Erweichen der Glasröhre. Diese Temperatur unterhielt man zwei Stunden lang, worauf der Versuch unterbrochen wurde. Nun wurde die Verbindungscapillare zwischen A und B vor der Lampe erweicht und durch Ausziehen eine Trennung beider Röhrentheile herbeigeführt, ohne dass Luft einzudringen vermocht hätte.

Den leeren Röhrentheil B senkte man jetzt mit dem einen Ende in einen mit Quecksilber gefüllten Cylinder und brach mittelst einer Zange seine untere Spitze ab. Sofort trat das Quecksilber mit Heftigkeit ein und stieg in der Röhre empor, bis es diese fast ganz erfüllt hatte. Die erhaltene Gasmenge betrug nur wenige Cubikcentimeter; um sie zu messen, brachte man beide Quecksilberspiegel in gleiches Niveau und markirte ihren Stand durch Aufkleben eines Papierstreifens, an dessen Stelle man später einen Feilstrich setzte. Sodann entleerte man die Röhre von ihrem Quecksilberinhalt und ermittelte durch Ausmessen mit Wasser unter Anwendung einer genau getheilten Bürette sowohl das vorhanden gewesene Gasvolumen, als auch den Gesammt-

inhalt der Röhre B. In gleicher Weise wurde der Inhalt von A bestimmt, nachdem man dieses Rohrstück in der Mitte zerschnitten und vom Untersuchungsobject entleert hatte, welches letztere sofort zur Wägung gebracht wurde.

Das im Röhrentheil B angesammelte Gas hatte ein Volumen von 2,40 ebem im feuchten Zustande, was corrigirt 2,08 ebem ergab. Es betrug ferner der Inhalt des Röhrentheils

$$A = 33.1 \text{ cbcm},$$
 $B = 54.6 \quad ,$ 
 $87.7 \text{ cbcm}.$ 

Hiervon ab Volumen der Meteormasse (4,29 sp. G.) = 3,1 , 84,6 ebem.

Da in B (= 54,6 cbcm) 2,08 cbcm Gas gefunden worden waren, so mussten in der gesammten Röhre (84,6 cbcm) 3,22 cbcm Gas enthalten sein, welche von den 3,1 cbcm Meteormasse eingeschlossen gewesen waren. Der Rittersgrüner Meteorit hatte also beim Erhitzen sein 1,03 faches Volumen an Gasen ergeben. Eine genauere Untersuchung des erhaltenen Gases war bei diesem Versuche leider nicht möglich, doch zeigte dasselbe, als man es unter dem Druck des Quecksilbers aus der abgebrochenen Spitze der Röhre B ausströmen liess, bei Annäherung einer Flamme deutlich ersichtliche Brennbarkeit.

Die Substanz hatte beim Erhitzen in der Luftleere eine Gewichtsabnahme von 0.0322 g = 0,23 Proc. erlitten, welche in der Hauptsache auf Rechnung des entwichenen Wassers zu setzen ist. Ob dieses Wasser dem Meteorit von Anfang an zugehört hat, lässt sich nicht unbedingt behaupten, doch muss darauf hingewiesen werden, dass die zur Untersuchung verwendeten Stücken nicht vom Rande derselben stammten, sondern durchweg von Schnittund frischen Bruchflächen begrenzt waren. In Anbetracht des vorherigen sorgfältigen Trocknens der Stücken ist das Auftreten von Wasser eben so auffällig, wie die Gewichtsabnahme, welche der Asmanit beim starken Glühen erleidet. Wenn man aber auch in letzterem das Vorhandensein einer dem Glühverlust entsprechenden Wassermenge annehmen wollte, so bedurfte es doch zu deren Austreibung einer ungleich höheren Temperatur, als diejenige war,

welche beim Erhitzen des Meteorits in der Luftleere in Anwendung kam, und deshalb ist es nicht wohl möglich, dass das entstandene Wasser dem vorhandenen Asmanit entstammte.

Die mässige Erhitzung, bei welcher das Wasser bereits zur Austreibung gelangte, schliesst auch die Möglichkeit aus, dass dieses chemisch auf das vorhandene Eisen einwirkte und dadurch Anlass zur Entstehung von Wasserstoffgas gab. Es condensirte sich dieses Wasser der Hauptsache nach im kalten Theile der Röhre und überdies hatten die Schnittflächen des Meteoreisens auch nach zweistündigem Glühen ihren vollen Glanz behalten, was selbst bei ganz oberflächlicher Oxydation nicht möglich gewesen wäre.

Höchst auffällig war dagegen die Veränderung, welche die Farbe des unmetallischen Theils des Meteorits bei der Erhitzung im Vacuum erlitt. Ursprünglich braun, ja in einzelnen Partieen fast gelb, färbte sich dieselbe schon weit unter der Glühtemperatur tiefschwarz. Wohl war die gleiche Schwarzfärbung früher schon bei gelegentlichem Erhitzen der Substanz im Kölbehen beobachtet worden, aber damals hatte man sie auf Rechnung einer oberflächlichen Oxydation des Troilits gesetzt. Nun zeigte sich dieselbe auch beim Erhitzen innerhalb eines vollkommenen Vacuums; sie trat, wie weitere Versuche ergaben, ferner ein beim Erhitzen innerhalb einer chemisch indifferenten Atmosphäre von Wasserstoff- oder Stickstoffgas und in allen diesen Fällen erwies sie sich durchaus nicht als oberflächlich, sondern bis in den innersten Kern der Stücken gehend. Dabei behielten deren Gemengtheile, soweit sie von Anfang an durchsichtig gewesen waren, diese Durchsichtigkeit bei, wie man dies mit bewaffnetem Auge deutlich wahrnehmen konnte. Dass aber die beobachtete Farbenveränderung eine thatsächliche sei, ergab die vergleichende Betrachtung der ursprünglichen und der erhitzten unmetallischen Masse unter dem Mikroskop. Die vorher fast farblosen Partikel der vorhandenen Silicate zeigten nach dem Erhitzen ein tiefes, sattes Braun, welches entweder nur local auftrat, oder sich auch durch die ganze Masse der Krystallfragmente zog. Hatte man dagegen den Broncit oder den Asmanit vorher mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelt, so erlitt weder der eine noch der andere eine Farbenveränderung.

Es ist trotz vielfacher Versuche nicht möglich gewesen, nachzuweisen, welchen Grund diese auffällige mit ganz unbedeutender Gewichtsabnahme ver-

bundene Schwärzung wohl haben mag. Die Möglichkeit, dass sie auf einer Kohlenstoffabscheidung beruhe, kommt völlig ausser Betracht, da bituminöse Substanzen oder infiltrirte organische Stoffe irdischen Ursprungs überhaupt nicht vorhanden sind. Vielleicht wird sie verursacht durch das Entweichen von Wasser, welches, da es durch fortgesetztes Trocknen bei 1500 nicht sondern erst bei beginnender Glühhitze zur Austreibung gelangt, doch wohl chemisch gebunden sein muss. Aber der zunächst auftauchende Gedanke, dass man es in dem die Silicatmasse innig durchsetzenden Troilit vielleicht mit einem wasserhaltigen Sulfid zu thun habe, welches sich bei der Erhitzung unter Wasserabgabe in schwarzes, undurchsichtiges Schwefeleisen verwandele, musste wieder aufgegeben werden. Denn einmal lässt die geringe Menge gefundenen Wassers keine chemische Deutung zu und dann ergab die directe Untersuchung einer sorgfältig präparirten Quantität reinen Troilits, dass man in demselben ein absolut wasserfreies Sulfid vor sich habe. Die Ausführung dieser Untersuchung erfolgte in der Weise, dass man den gewogenen, in einem Porzellanschiffehen befindlichen Troilit in einem Strome von Stickstoffgas zum starken Glühen erhitzte. Der verwendete Stickstoff war nicht allein auf das Sorgfältigste getrocknet, sondern auch dadurch von jedem Rückhalt an Sauerstoff befreit worden, dass man ihn vor der Verwendung durch eine lange Schicht glühender Kupferdrehspähne führte. Beim Erhitzen in dieser indifferenten Atmosphäre erlitt der Troilit keine Gewichtsveränderung, der Eintritt einer Schwärzung war aber auch hier unverkennbar, wiewohl bei genauer Betrachtung der Troilitstückehen, namentlich unter der Loupe, wieder kein wesentlicher Unterschied zwischen dem geglühten und dem ungeglühten Mineral wahrgenommen werden konnte.

Eben so resultatlos blieb die Erörterung der Frage, ob die beim Erhitzen der unmetallischen Masse eintretende Schwärzung vielleicht in einer molekularen Umänderung des Troilits zu suchen sei, wenigstens ergab die Ermittelung des specifischen Gewichts des Troilits vor und nach dem Glühen desselben keinen wesentlichen Unterschied. Herr Bergrath Dr. Weisbach, welcher die Güte hatte, diese Bestimmungen vorzunehmen, fand hierbei Folgendes:

	Absolutes	Specifisches	
	Gewicht.	Gewicht.	Temperatur.
1. Troilit, nicht erhitzt =	0,3169	4,723	21,00
2. desgl.	0,4032	4,694	$15,0^{\circ}$
3. Troilit, im Stickstoffstrom gegliiht =	0,2273	4,795	8,00

Bei der Reduction auf 0° Temperatur ergeben sich dann folgende Werthe für die ermittelten specifischen Gewichte:

- 1. 4,731.
- 2. 4,697.
- 3. 4,795.

Diese geringen Abweichungen, welche in den Grenzen der zulässigen Beobachtungsfehler liegen, berechtigen nicht zu dem Schlusse, dass der Troilit durch die Erhitzung eine Verdichtung erlitten habe. Dagegen möge erwähnt werden, dass es den Anschein hatte, als ob die Körner des geglühten Troilits stärker magnetisch seien, als die des nicht geglühten.

Wenn man hiernach — wenigstens vorläufig — auf eine befriedigende Erklärung der auffallenden Farbenveränderung, welche der Rittersgrüner Meteorit beim Erhitzen erleidet, verzichten muss, so ist die Erscheinung an sich doch aller Beachtung werth, denn sie berechtigt zu Fragen von hoher wissenschaftlicher Bedeutung. Seiner jetzigen, durch die ganze Masse gleichmässigen Beschaffenheit nach zu schliessen, kann der Rittersgrüner Meteorit unmöglich einem in hoher Temperatur befindlichen Entstehungsheerde entstammen, wenigstens kann er nicht dessen unmittelbares Product sein; ebensowenig aber kann er bei seinem Fall auf die Erde eine beträchtliche Erhitzung erlitten haben.

Die Frage nach dem Ursprunge des vorliegenden kosmischen Gebildes, wie der Meteoriten überhaupt, entzieht sich beim heutigen Stande unserer Kenntnisse gänzlich der Beantwortung. Dagegen dürften über den Grad der Erhitzung, welchen aus dem Weltraume zu uns gelangende Massen beim Passiren der Erdatmosphäre erleiden, einige Reflexionen vielleicht gestattet sein.

Man hat bekanntlich bisher den dünnen, glänzenden Ueberzug, der die Aussenseite der Meteorite charakterisirt, aussehliesslich für ein Product oberflächlicher Schmelzung gehalten und ihn deshalb als Brandrinde, Schmelzkruste oder Glasur bezeichnet. Anlass zu dieser Ansicht gab jedenfalls

zunächst die intensive Lichterscheinung, welche jeden Meteoritenfall begleitet. Wir sehen jene kosmischen Massen sehon in den höchsten und dünnsten Zonen der Erdatmosphäre aufglühen, selbst dann, wenn sie diese nur zu kreuzen scheinen, ohne zum wirklichen Niedersturz zu gelangen, und man hat diese Lichtentwickelung auf eine heftige Erhitzung zurückgeführt, welche muthmasslich eintreten muss, wenn solche mit planetarischer Geschwindigkeit dahineilende Gebilde das relativ dichte, körperliche Medium der atmosphärischen Luft passiren. H. Helmholtz¹) giebt an, dass ein Meteorit von 4 bis 6 Meilen Geschwindigkeit pro Secunde sich innerhalb der Erdatmosphäre auf 900,000 bis 2,500,000 erhitzen müsste, falls alle Reibungswärme sich in ihm aufspeicherte und nicht ein grosser Theil derselben an die Luft überginge, wie man denn in der That auch beobachte, dass die Ränder der gefallenen Meteorsteine meist die Spuren beginnender Schmelzung zeigten.

Gegen die Ansicht, dass der glänzende, schlackenartige Ueberzug der Meteorite ein Product oberflächlicher Schmelzung sei, ist zuerst Paul Reinsch<sup>2</sup>) in Tübingen aufgetreten, welcher durch die mikroskopische Untersuchung des Krähenberger Meteorits nachwies, dass derselbe sich keinesfalls, auch nicht ganz vorübergehend, innerhalb eines sauerstoffhaltigen Mediums im Glühen befunden haben könne. Zu ähnlichem Schlusse gelangt Stanislas Meunier<sup>3</sup>) in Paris durch das Studium des Meteorits von Pultusk. Er hält die Bezeichnung "Schmelzkruste" für unzutreffend und neigt sieh der Ansicht zu, dass die Entstehung der äusseren Politur der Meteorite eine Folge des mechanischen Einflusses des Luftwiderstandes sei.

Auch der Meteorit von Rittersgrün zeigt die sogenannte Brandrinde in völlig ausgebildeter Weise. Aber dicht an die papierdünne Kruste stösst das Gemenge von Troilit, Asmanit und Broncit mit unveränderter lichtbrauner Farbe, während es sieh doch schon wenig über Bleisehmelzhitze tiefschwarz färbt! Wie soll man nun annehmen können, dass hier eine oberflächliche

<sup>1)</sup> H. Helmholtz, Populäre wissensch. Vorträge, 3. Heft, 120.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>) Paul Reinsch, Tagebl. d. 45. Vers. deutscher Naturforscher u. Aerzte, 132 u. f.; Hirzel u. Gretschel, Jahrb. d. Erfind. 1873, 22.

<sup>3)</sup> Stanislas Meunier, Compt. rend. 1872, Aug. 19, Oct. 14; Hirzel u. Gretschel, Jahrb. d. Erfind. 1873, 24.

Schmelzung, eine Art Verglasung, die Weissgluth voraussetzen würde, stattgefunden habe? Wäre dies der Fall gewesen, so müsste bei der hohen Wärmeleitungsfähigkeit der zur Hälfte aus gleichmässig vertheiltem metallischen Eisen bestehenden Substanz des Meteorits eine sich bis unter die Brandrinde hinein erstreckende Veränderung der nichtmetallischen Masse, es müsste eine geschwärzte Zone zu bemerken sein, denn eine haarscharfe Abgrenzung zwischen einer bei Weissgluth geflossenen Substanz und einer sich schon bei gelindem Erhitzen intensiv schwärzenden Masse ist absolut undenkbar.

Uebrigens lassen sich die Beobachtungen, welche man bei Meteorsteinfällen zu machen Gelegenheit gehabt hat, nicht recht in Einklang bringen mit der Annahme einer oberflächlichen Schmelzung der Aërolithen während ihres Falles auf die Erde. So waren die am 31. März 1875 in Zsadány in Ungarn, Temeser Comitat, sichtbar zur Erde niedergegangenen Meteorsteine 1) völlig kalt und Gleiches wird von anderen Meteoritenfällen berichtet. Wohl hat man die Wahrnehmung gemacht, dass Meteorsteine unmittelbar nach dem Falle heiss erschienen, so heiss, dass man sie nicht in der Hand zu halten vermochte, aber selbst wenn ihr Sturz auf entzündliche Unterlagen, z. B. auf Holz- oder Strohdächer, erfolgte, ist, mit Ausnahme weniger zweifelhafter Fälle, keine Entflammung der letzteren eingetreten. Ausserdem kann die beobachtete Erhitzung nur zum Theil die Folge der Reibung innerhalb der Erdatmosphäre sein; zum anderen Theil hat sie ihren Grund in dem mechanischen Stoss, dem Anprall des Meteorits gegen die Erdoberfläche, welcher seine Bewegung mit einem Male hemmt und in Wärme umsetzt. Diese letztere Wärmemenge entwickelt sich aber nicht allein an der Oberfläche des fallenden Körpers, sondern sie entwickelt sieh in seiner ganzen Masse, welche mit der niedrigen Temperatur des Weltraumes in das irdische Gebiet eintritt. Sollte wirklich die während eines wenige Seeunden andauernden Falles durch die Erdatmosphäre entwickelte Reibungswärme hinreichen, einen nach unseren Begriffen unendlich kalten, in seiner ganzen Masse wärmeleitungsfähigen Körper bis zum oberflächlichen Schmelzen zu erhitzen, oder sollte nicht viel wahrscheinlicher die Entstehung der beobachteten glatten Oberfläche auf ein

<sup>1)</sup> Wilh. Pillitz, Zeitschr. f. analyt. Chemie 1879, 61.

mechanisches Abschleifen, die Lichterscheinung aber auf die Entzündung einer ihm zugehörigen Atmosphäre von brennbaren Gasen und ein Versprühen des abgeschliffenen Staubes zurückzuführen sein?

Vorstehendes war bereits zum Druck eingesendet, als eine hochinteressante Publikation A. E. Nordenskiöld's erschien<sup>1</sup>), welche den Niedergang zweier merkwürdiger Feuermeteore in Schweden schildert und welche hier unmöglich unerwähnt gelassen werden kann.

Namentlich war es das eine, am 28. Juni 1873, 11 Uhr 32 Min. Vormittags, südlich von der Eisenbahnstation Ställdalen gefallene Meteor, welches sich durch aussergewöhnliche Lichtstärke auszeichnete. Obwohl es an einem sonnenklaren Sommertage auftrat, wurde es doch auf weite Entfernung hin als Feuerkugel sichtbar. In 50 bis 250 km Abstand stellte es sich als eine stark leuchtende, sich nach hinten hin versehmülernde Feuermasse dar, der ein Lichtstreifen folgte, welcher mehrfach länger als der Kern war; dagegen wurde in der Nähe der Fallstätte, trotz des wolkenklaren Himmels, nur ein höchst unbedeutendes oder gar kein Feuerphänomen gesehen. Aus der Ferne erschien die Bahn noch einige Zeit nach der nur wenige Seeunden dauernden Erscheinung durch einen Feuer- oder Ranchstreifen bezeichnet; in der Nähe wurden nur zitternde, dunkle Wölkchen beobachtet, die schnell über den Himmel zogen und aus denen die Detonationen herzukommen schienen. Der Laut wurde in einer Grube 20 m unter der Erdoberfläche gehört. Es deutet dies auf das Vorhandensein eines dunklen Centralfeldes, in welchem die Fenererscheinung durch Wölkchen, welche sich vor dem Meteoriten bildeten, dem Auge verborgen blieb, eine Erscheinung, wie sie bei früheren ähnlichen Vorkommnissen sehon bemerkt, aber nicht weiter beachtet worden ist.

Aus dieser Erscheinung und aus der bedeutenden Grösse des Phänomens schliesst Nordenskiold, dass die Hauptmasse der kosmischen Substanz, welche das Material für die Liehtentwickelung liefert, nicht aus den niederfallenden Steinfragmenten besteht, sondern aus einer brennbaren Substanz, welche keine festen Riiekstände hinterlässt. Der leuchtende Kern hatte am

<sup>1)</sup> A. E. Nordenskiöld, Neues Jahrb. f. Mineralogie, Geologie und Palaeontologie von G. Leonhard und H. B. Geinitz, 1879, 77, aus Verh. d. geolog. Vereins in Stockholm Bd. IV, Nr. 2 u. 3.

stark durch die Sonne beleuchteten Himmel einen Durchmesser von 150 bis 400 m. (?) An einigen Punkten wird von den Beobachtern mit Bestimmtheit versiehert, dass das Meteor aus zwei oder mehreren auf einander folgenden Feuerkugeln bestanden habe, eine Wahrnehmung, die mit der von J. Schmidt in Athen am 18. October 1863 vermittelst des Teleskops gemachten übereinstimmt.

Das Zerspringen des Meteors fand etwa in 38 km Höhe statt und die gefallenen Steine verbreiteten sich in der Richtung ONO—WSW. Zur Zeit des Zerspringens war die kosmische Geschwindigkeit schon fast vollständig durch den Luftwiderstand vernichtet und die Temperatur der Steine erwies sich weder als auffallend hoch, noch als auffallend niedrig. Die Erhitzung, welche die schwarze Schmelzrinde erzeugte, war beim Niederfallen also schon wieder verschwunden. Es wurden 11 Steine im Gewichte von 35 k gesammelt.

Die harte und schwer zersprengbare Grundmasse setzt sich aus einer grauen und einer schwarzen Substanz zusammen. Beide sind reichlich durchsetzt von schwarzen glänzenden Flächen und enthalten eingesprengt Körner und mikroskopische Krystalle von Olivin, sowie Nickeleisen in Form von Körnern oder als netzförmiges Geäder.

Von besonderem Interesse ist die schwarze Rinde des Meteorits von Ställdalen. Dieselbe tritt in wechselnder Ausbildung auf. Bald ist sie so dünn, dass sonst frische Flächen nur wie angerusst oder wie mit einem dünnen Häutchen bekleidet erscheinen, bald bildet sie ziemlich dieke Krusten. Im letzteren Falle verschwinden die ursprünglichen Unebenheiten der Bruchflächen; dieselben erscheinen abgerundet, enthalten aber reichlich die für Meteoriten charakteristischen Höhlungen. Nordenskiöld leitet daher hier, wie bei dem Fall von Hessle, die Rinde von mehreren zu verschiedenen Zeiten eingetretenen Explosionen ab und hebt hervor, dass auch Bruchflächen in der Luft entstehen, die sich nicht mit einer Schmelzrinde bedecken.

Nach den Ergebnissen der von G. Lindström vorgenommenen Analysen sind die graue und die schwarze Grundmasse in ihrer Zusammensetzung nahezu gleich. Dabei ist es bemerkenswerth, dass die graue Substanz bei starker Rothgluth, sowohl in oxydirenden, als in reducirenden Gasen schwarz wird. Es liegt somit der Schluss nahe, dass der schwarze Theil der Grundmasse nur einer ungleichmässigen Erhitzung der Steine seine Entstehung verdankt. Nimmt man an, die Erhitzung habe erst in der Atmosphäre stattgefunden,

so beweist einerseits die graue Farbe vieler Steine, dass diese nicht einer starken Temperaturerhöhung ausgesetzt waren; andererseits gestatten diejenigen Steine, welche an einzelnen Stellen bis dicht an die Oberfläche grau, an anderen bis tief ins Innere schwarz sind, den Schluss, dass sie Bruchstücken eines oder mehrerer Meteorite sind. Wären sie ohngefähr in der vorliegenden Grösse in die Atmosphäre gelangt, so würde eine mehr gleichartige Vertheilung der schwarzen Grundmasse an der Oberfläche zu erwarten sein. Dabei bleibt es jedoch immerhin auffallend, dass stellenweise an der Oberfläche fast eine Schmelzung eintreten konnte, ohne dass ½ mm tiefer auch nur Gluthspuren zu bemerken sind.

Diese von einem so ausgezeichneten und gerade um das Studium der meteorischen Erscheinungen hochverdienten Forscher, wie Nordenskiöld, gemachten Wahrnehmungen geben ausserordentlich viel zu denken. Der Fall von Ställdalen macht es nur zu wahrscheinlich, dass die mit ihm verbundene intensive Lichterscheinung und zum Theil sogar die ihn begleitende Detonation auf die Entflammung einer dem Meteorit zugehörigen Atmosphäre von brennbaren Gasen zurückzuführen ist, bei welcher die beobachtete Wolke durch das Umherschleudern von Staubpartikeln, vielleicht sogar durch eine Ausscheidung von Kohlenstoff aus vorhandenem, unter dem hohen Druck der comprimirten Luft verbrennendem Kohlenwasserstoffgas hervorgebracht wird. Denn es ist bekannt, dass die klare Flamme der gasförmigen Kohlenwasserstoffe unter beträchtlich verstärktem Druck trübe, qualmend und russend wird, die Wasserstofffamme aber Leuchtkraft gewinnt.

Nicht minder bemerkenswerth ist es ferner, im Metcorit von Ställdalen ein kosmisches Product vor sich zu haben, welches bei der Erhitzung, ähnlich dem Rittersgrüner Meteorit, eine Farbenveränderung erleidet. Nordenskiöld weist ebenfalls darauf hin, dass es auffallend erscheinen müsse, wie diese Masse oberflächliche Schmelzung erleiden konnte, ohne dass ½ mm tiefer auch nur Gluthspuren zu bemerken sind. So schwer sich hier, wie dort, die oberflächliche Schmelzung der Meteorite durch Reibungswärme mit dem Verhalten beim Erhitzen in Einklang bringen lässt und so wenig die verhältnissmässig niedrige Temperatur, mit welcher dieselben, wie auch jüngst wieder der Meteorit von Ställdalen, auf der Erde anlangen, für eine solche spricht, so lässt sich doch die offenbare Verglasung, wie die Ränder und Risse anderer Meteorite sie auf-

weisen (Bishopville), ja das unverkennbare Ueberfliessen der Kanten in der Richtung, aus welcher der Fall erfolgte (Stannern) gar nicht anders als durch die Annahme einer partiellen Schmelzung erklären.

Ausserdem stehen die Arbeiten und Ansichten so ausgezeichneter Physiker, 'wie Chladni, Joule, Helmholtz, Tyndall u. A. viel zu hoch, als dass man in den oben geäusserten Vermuthungen einen zweifelnden Einspruch gegen dieselben erblicken könnte. Aber möglicherweise ist die charakteristische Rinde, welche die Meteorite bekleidet, nicht in allen Fällen ein Product der Schmelzung, wie denn die Grösse, die chemische Beschaffenheit, das Wärmeleitungsvermögen, ja selbst die Flugrichtung der Meteorite, die ein kürzeres oder längeres Verweilen derselben in der Erdatmosphäre, einen rascheren oder langsameren Niedersturz bedingt, nicht ohne Einfluss auf deren Verhalten beim Niedergange sein kann, Die Beschaffenheit des Rittersgrüner Meteorits und sein auffälliges Verhalten beim Erhitzen, die Mittheilungen Nordenskiöld's über den Fall von Ställdalen, die begründeten Zweifel, welche Reinsch gegen die Existenz einer Sehmelzrinde am Krähenberger Meteorit und der Einspruch, welchen Meunier gegen das Vorhandensein einer solchen am Meteorit von Pultusk erhoben hat, dies Alles macht den Wunsch rege, den Grad der Erhitzung, welchen ein die Erdatmosphäre mit grosser Geschwindigkeit durchschneidender Körper erleidet, experimentell festgestellt zu sehen. In gewissem, freilich nur ganz entferntem Grade und jedenfalls nicht ohne beträchtliehe Schwierigkeiten würde dies möglich werden durch Beobachtungen an Geschossen, deren die heutige Kriegstechnik sich bedient und die nach Angabe Sachverständiger bei schwerem Feldgeschütz eine Maximalgeschwindigkeit von 440 bis 500 m, eine Durchschmittsgeschwindigkeit von 300 m in der Secunde haben. Steht diese Fluggeschwindigkeit auch weit zurück gegen die planetarische, welche das 60- bis 100fache beträgt, so ist sie doch immerhin erheblich genug, um ein Anhalten über den Grad der eintretenden Erhitzung zu gewinnen, umsomehr, als jene Geschosse sich aussehliesslich im dichtesten Theile der Atmosphäre bewegen, während der Weg der Aërolithen anfänglich durch äusserst dünne und erst zuletzt durch Luftschichten von gleicher Dichte führt. Bis jetzt hat man dem Vernehmen nach an Geschossen, welche die Strecke von etwa einer Meile in 10 Secunden durchflogen, keine auffällige Erhitzung bemerkt, wenigstens erselienen die um dieselben gezogenen Hartbleiringe, die in die Züge des Rohres einschneiden, vollkommen metallisch glänzend und ohne jede Spur von Oxydation, wie denn anch der zum Vergiessen der Zwischenräume in der Kugelfüllung der Shrapnels dienende Schwefel beim Platzen des Geschosses in Gestalt eckiger, zackiger Stücken umhergeworfen wird, also keine Schmelzung erlitten hat. Wie gesagt, könnten genauere Beobachtungen in der angedeuteten Richtung — etwa die Anwendung von Amalgamen oder die des leichtflüssigen Wood'schen Metalls au Stelle des Hartbleis —, wenn sie auch keine directen Vergleiche geben, doch zu mancherlei Aufschlüssen führen und die Frage, ob die Meteorite während ihres Falles auf die Erde wirklich eine ansserordentliche Oberflächenerhitzung erleiden, ihrer Lösung näher bringen.

# Analytische Belege.

### Nr. 1.

2,4835 g Meteoreisen gaben 0,0009 g Rückstand, 3,2016 g Eisenoxyd + Phosphorsäure, 0,0135 g Magnesiumpyrophosphat, 0,2478 g Kobalt + Nickel, 0,2419 g Nickel.

### Nr. 2.

8,2504 g Meteoreisen gaben 0,0406 g unlösl. Rückstand, aus Schreibersit, Asmanit und amorpher Kieselsäure bestehend. Nach Extraction der letzteren mit Kalilauge erhielt man 0,0288 g Schreibersit, dem etwas Asmanit beigemengt war und welcher gesondert analysirt wurde (Belege Nr. 3). Die Menge der löslichen Kieselsäure betrug demnach 0,0118 g. Das durch das entwickelte Schwefelwasserstoffgas ausgefällte Schwefelblei lieferte bei der Oxydation 0,0088 g schwefelsaures Blei; das aus der Eisenlösung durch Schwefelwasserstoff ausgefällte Schwefelkupfer gab beim Abrösten und starken Glühen 0,0036 g Kupferoxyd.

#### Nr. 3.

0,0233 g des durch Kochen mit Kalilauge von seinem Gehalte an löslicher Kieselsäure befreiten Rückstandes hinterliessen beim Erwärmen mit Königswasser 0,0036 g Asmanit. Aus der Lösung wurden erhalten 0,0168 g Eisenoxyd + Phosphorsäure, feruer 0,0092 g Nickel; aus dem phosphorsäurehaltigen Eisenoxyd-Niederschlage endlich 0,0076 g Magnesiumpyrophosphat.

#### Nr. 4

- 1) 3,0597 g unmetallische Masse gaben beim Erhitzen im Chlorstrom 2,6472 g Silicate.
- 2) 0,6185 g unmetallische Masse gaben beim Erhitzen im Chlorstrom 0,5197 g Silicate.

#### Nr. 5

- 1) 0,4125 g Troilit aus 3,0597 g unmetallischer Masse (Belege 4. 1.) gaben 1,0295 g schwefelsaures Barium, 0,3882 g Eisenoxyd, 0,0058 g Nickel.
- Belege fehlen.
- 0,3133 g Troilit gaben 0,0021 g Kieselsäure, 0,8024 g schwefelsaures Barium, 0,2920 g Eisenoxyd, 0,0032 g Nickel.

### Nr. 6.

- 0,1769 g Asmanit, bei 150 getrocknet, gaben beim Rothglühen 0,1754 g, beim Glühen über dem Gebläse 0,1750 g. Sie lieferten ferner nach dem Aufschliessen mit Fluorwasserstoffsäure 0,0056 g Eisenoxyd.
- 2a) 0,1206 g Asmanit, bei 150 getr. und mit Kalium-Natriumcarbonat aufgeschlossen, gaben 0,1180 g Kieselsäure, 0,0020 g Eisenoxyd.
  - b) 0,1181 g Asmanit, bei 150° getr., gaben beim Rothglühen 0,1176 g, beim Glühen über dem Gebläse 0,1169 g.

## Nr. 7.

- 1) 0,4683 g Broneit, mit Kalium-Natriumcarbouat aufgeschlossen, gaben 0,2682 g Kieselsäure, 0,0675 g Eisenoxyd + Thonerde, 0,0568 g Eisenoxyd, 0,0021 g Manganoxyduloxyd, 0,0148 g Calciumcarbonat, 0,3220 g Magnesiumpyrophosphat.
- 2) 0,2436 g Broneit, mit Fluorwasserstoffsäure in Lösung gebracht, gaben als Rückstaud 0,0024 g Chromeisenerz, 0,0341 g Eisenoxyd + Thonerde, 0,0290 g Eisenoxyd, 0,0011 g Manganoxyduloxyd, 0,0101 g Calciumcarbonat, 0,1699 g Magnesiumpyrophosphat, 0,0071 g Natriumsulfat.
- 3) 0,1515 g Broneit, mit Kalium-Natriumcarbonat aufgeschlossen, gaben 0,0857 g Kieselsäure, 0,0211 g Eisenoxyd + Thonerde, 0,0170 g Eisenoxyd, 0,0009 g Manganoxyduloxyd, 0,0045 g Calciumcarbonat, 0,1074 g Magnesiumpyrophosphat.