Ueber den Meteoriten von Misshof in Kurland und die Ursachen der Schallphänomene bei Meteoritenfällen im Allgemeinen[1].

Von

Bruno Doss in Riga.

Mit Taf. II, III und 8 Holzschnitten.

Der Fall des Meteoriten. Ursachen der Schallphänomene.

Am 10. April 1890 fiel Nachmittags ungefähr 4 Uhr auf dem Gebiete des Rittergutes Misshof in Kurland und zwar bei dem Bauernhofe Mittel-Stuhre ein Meteorstein nieder. Der Fallort liegt $3\frac{1}{2}$ km östlich von Misshof unter 24^0 $17\frac{1}{2}'$ ö. L. v. Gr. und 56^0 $41\frac{1}{2}'$ n. Br. Misshof selbst ist 12 km in WSW.-Richtung von dem kleinen, hier zu Lande durch seine Schwefelquellen wohl bekannten Badeort Baldohn, 30 km südlich von Riga und ebenso viel östlich von Mitau, der Hauptstadt Kurlands, gelegen. Den ersten Bericht über den Meteoritenfall brachte am 17. April (n. St.) der Baltyas Wehstnesis, eine lettische Zeitung. Derselbe lautet in deutscher Übersetzung: „Am Gründonnerstage um 4 Uhr Nachmittags vernahm man hier ein sehr starkes, donnerähnlich dröhnendes Getöse, das sich von Osten nach Westen hinzog. Das Getöse rührte von einem Meteor her, das auf dem Felde des Privatgut-Misshof'schen Stuhre Gesindes mehrere Fuss tief

---

[1] Theilweiser Auszug aus der in den „Arbeiten des Naturforscher-Vereins zu Riga", N. F., Heft 7 (1891) erschienenen Abhandlung des Verfassers: „Der Meteorit von Misshof in Kurland."

in den Boden eindringend und die Erde um sich herum aufwühlend niederfiel. Das Meteor wurde ausgegraben. Es wäre wünschenswerth, wenn dasselbe irgend einem Museum übergeben werden würde.“ Nach mancherlei Irrfahrten durch die Hände jüdischer Bewohner gelangte der hier gefallene Meteorstein durch die Vermittlung des Herrn Direktor Hellmann in Riga an das Museum des Rigaer Naturforscher-Vereins, dessen Vorstand, Herr Staatsrath Director Schweder, ihn mir behufs mineralogischer Untersuchung übergab.

Von den Erscheinungen, welche nach eingezogenen Erkundigungen bei dem Falle des Meteoriten zur Beobachtung kamen, möge das Folgende hervorgehoben werden. Übereinstimmend wird von mehreren Beobachtern angegeben, dass zuerst ein dumpfer Knall, ähnlich einem Kanonenschuss, darauf ein lautes Sausen resp. ein musikähnlicher Ton, ca. 5 Secunden anhaltend, vernommen wurde. Die Entfernung, bis zu welcher Schallerscheinungen noch wahrzunehmen waren, soll bis ca. 60 km betragen haben. Das Einschlagen des Steines in ein Brachfeld (feuchter Sandboden) wurde von in der Nähe arbeitenden Landleuten beobachtet, die aber erst am folgenden Tage ihn hervorholten. Die Bewegungsrichtung wird als eine südöstlich—nordwestliche bezeichnet. Die Tiefe des Loches wurde verschieden zu $1\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{2}$ Fuss angegeben. Beim Eindringen des Steines in den Boden wurden am Fallort „rauchähnliche Dämpfe“ wahrgenommen, die jedenfalls von der Verdampfung der an der Fallstelle vorhandenen grossen Bodenfeuchtigkeit herrührten. Besondere Lichterscheinungen kamen nicht zur Beobachtung.

Der Meteorit von Misshof nimmt unter den auf dem Gebiete der russischen Ostseeprovinzen niedergefallenen und bekannt gewordenen Steinen die 7., unter den gesammtrussischen die 50. Stelle ein[1], ist also gewissermaassen ein Jubilar.

Der Meteorit ist ringsum von einer schwarzen Schmelzrinde umgeben, die beim Aufprall — von einigen geringfügigen Lädirungen und einem Sprunge abgesehen — keinerlei

---

[1] In der von Melnikow aufgestellten und bis zum Jahr 1890 reichenden Liste werden 49 Fälle verzeichnet (Aufzählung russischer Meteorsteine. Bergjournal. 1891. p. 101. Russisch).

Beschädigung erlitten hat[1]: es kann dies bei dem sandigen Boden des Fallortes nicht besonders Wunder nehmen. Nach den Untersuchungen über die Gestalt des Steines und seine Schmelzrinde ist es ausgeschlossen, dass er etwa nur ein Bruchstück von einem grösseren Meteoriten sei, der sich in der Atmosphäre, noch bevor er in den Gesichtskreis der Beobachter kam, zertheilt habe, und von dem die übrigen Stücke nur nicht bekannt geworden seien. Es liegt vielmehr nach meiner vollsten Überzeugung ein Himmelskörper vor, der, in unseren Luftkreis gelangt, nur in Folge der Abschmelzung einen Theil seiner ursprünglichen Grösse einbüsste und in seiner Gestaltung Veränderungen erlitt.

Von diesem Ergebnisse ausgehend, kann man natürlich die Ursache des bei dem Falle wahrgenommenen kanonenschussähnlichen Knalles nicht in einer durch die Bildung von Sprengstücken hervorgerufenen Detonation (im Sinne Daubrée's) erblicken. Aber auch der sonst recht verbreiteten und insbesondere von dem für die Meteoritenforschung so hoch verdienten Ritter v. Haidinger[2] vielfach betonten Anschauung, wonach der bei Meteoritenfällen so oft gehörte kanonenschussähnliche Knall dadurch entstehe, dass die Luft in dem Augenblick, in welchem der Meteorit durch den Widerstand der Atmosphäre zum „Stillstand" gebracht ist, in das „Vacuum" hinter dem Steine hineinstürze, kann ich mich nicht anschliessen. Der Grund ist der, dass ich mir die Existenz eines luftleeren Raumes hinter dem Meteoriten von dem Augenblicke an nicht mehr denken kann, in welchem seine Geschwindigkeit geringer als diejenige geworden ist, mit der die Luft in den betreffenden Höhen in einen luftleeren Raum dringen würde. Wohl wird sich in den äusserst

[1] Die Bruchflächen auf Taf. II, Fig. 1 unten und oben links sind durch später erfolgtes Abschlagen von Ecken entstanden. Bei Fig. 2 sind sie nur an der holperigen Contur unten links und oben sichtbar. Beschädigungen, von Menschenhand verursacht, sind bei dieser Ansicht noch unten links und etwas oben rechts von der Mitte wahrnehmbar. Die beiden parallelen Striche sind künstliche Einschnitte.

[2] Über die Natur der Meteoriten in ihrer Zusammensetzung und Erscheinung. (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Wien. Bd. 43. II. Abth. p. 403. 1861.) — Licht, Wärme und Schall bei Meteoritenfällen. (Ebenda. Bd. 58. II. Abth. p. 482. 1868.)

schnellen Anfangsstadien seines Laufes durch unsere Atmosphäre ein Vacuum hinter ihm bilden; aber in den Endstadien seiner kosmischen Bahn, also ganz besonders in den kurz vor dem „Stillstand“ gelegenen Strecken wird die Luft vielmehr an der Rückenseite des Meteoriten einfach in Wirbeln abfliessen, ohne es zur Bildung eines luftleeren Raumes überhaupt kommen zu lassen. Nun kann man aber auch nicht etwa glauben, dass der Schalleffect, welcher in den noch recht schnellen Bewegungsstadien des Meteoriten in sehr bedeutenden Höhen unserer Atmosphäre durch das Einschlagen der Luft in den leeren oder luftverdünnten Raum hinter ihm erzeugt wird, in einem uns wahrnehmbaren Knall bestehe. Denn erstens würde es auf diesem Theile der Bahn nicht eine, sondern zahllose und sozusagen continuirliche Lufterschütterungen geben, deren akustische Wirkung natürlich nicht ein Knall sein kann, und zweitens dürften die in diesen bedeutenden Höhen entstandenen Schallphänomene überhaupt nicht unser Ohr erreichen, da ihre Intensität gemäss des physikalischen Gesetzes, dass mit der Erniedrigung des Luftdruckes die Stärke des Schalles abnimmt, eine recht geringe sein muss.

Der Schwierigkeiten der bisherigen Schallerklärungstheorien bei Meteoritenfällen bewusst, suchte neuerdings sich J. Bosscha[1] den kanonenschussähnlichen Knall folgendermaassen zu deuten: „Die Luft, die von allen Seiten in den leeren Raum hinter dem Meteorit stürzt, bringt einen Schall hervor auf dieselbe Weise wie der Donner, dem er auch im Klange gleicht. — Wenn aber während eines Theiles der Bahn der Abstand zwischen dem Meteoriten und dem Zuschauer jede Secunde 340 m geringer wird, so kommt der Schall, welcher in jedem Punkte dieser Bahn hervorgebracht wird, gleichzeitig bei dem Zuschauer an; dadurch wird das Geräusch so sehr verstärkt, dass es den Eindruck eines Kanonenschusses macht.“ Mit diesem Erklärungsversuch ist nichts gewonnen. Er leidet zunächst an der unmöglichen Voraussetzung, dass die Bewegung des Meteoriten auf einem Theile seiner Bahn — und sei es auch nur ein sehr

---

[1] Über den Meteorit von Karang-Modjo oder Magetan auf Java. (Dies. Jahrb. Beil.-Bd. V. p. 137. 1887.)

geringer — eine Geschwindigkeit von je 340 m in der Secunde besitze, also gleichförmig sei. Dies ist jedoch bei dem constant wirkenden Luftwiderstand ganz ausgeschlossen. Die Bewegung des Meteoriten ist bis zu dem Punkte, woselbst seine kosmische Geschwindigkeit durch den Widerstand der Luft aufgehoben wird und er nur noch der Anziehungskraft der Erde folgend mit Beschleunigung niederstürzt, eine constant verzögerte. In jenem ersten kosmischen Theile seiner Bahn kann die Geschwindigkeit des Steines nur einen Moment 340 m/sec betragen, im nächsten schon ist sie geringer, und die Schallwellen, welche im Augenblick der 340 m-Geschwindigkeit entstehen, müssen in der Flugrichtung des Meteoriten denjenigen vorauseilen, deren Bildung später fällt. Diese und jene können demnach nicht zu gleicher Zeit das Ohr des Beobachters erreichen. Aber selbst wenn wir auch die ganz unhaltbare Vorraussetzung machen würden, dass wirklich die an mehreren Punkten der Meteoritenbahn hervorgerufenen Schallwellen gleichzeitig bei dem Beobachter eintreffen — und dies wäre nur dann einigermaassen denkbar, wenn die physikalische Beschaffenheit der Luftschichten zufällig derart wäre, dass in den tieferen Theilen derselben die Schallgeschwindigkeit in demselben Maasse wächst, wie die Bewegungsgeschwindigkeit des Meteoriten selbst sich verkleinert, eine Beziehung, die jedoch bei der schnellen Geschwindigkeitsverzögerung des Meteoriten sicherlich nicht eintreffen wird, so ist immer noch recht sehr zu bezweifeln, ob die Summirung der Geräusche den physiologischen Effect einer Knallwahrnehmung bei uns hervorbringen würde. Berücksichtigen wir das Vorstehende und vergegenwärtigen wir uns, dass der Meteorit auf seinem Laufe durch unsere Atmosphäre Luftschichten von stets wechselnder Temperatur und Feuchtigkeit durchdringt, welche beide Momente die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles nicht unwesentlich beeinflussen, bedenken wir ferner, dass bei ihrer kugelförmigen Ausbreitung die später entstandenen Schallwellen den früher gebildeten auch rückwärts entgegeneilen und die mannigfachsten Interferenzen hervorbringen müssten, so ist leicht einzusehen, dass die Bosscha'sche Hypothese unhaltbar ist. Den für den Beobachter wahrnehmbaren Gesammteffect aller jener akusti-

schen Vorgänge, die hinter dem Meteoriten ihren Ursprung haben, anzugeben, dürfte zu den schwierigsten physikalischen Aufgaben gehören, da die Bedingungen, unter denen sie entstehen und sich fortpflanzen, mit jedem Momente sich ändern; die Beantwortung derselben wollen wir den Physikern von Fach überlassen. Für mich ist es aber bis jetzt wahrscheinlich, dass das auf diese Weise hervorgerufene Geräusch nicht in einem Knall bestehen wird.

Wenn somit nach meiner Überzeugung noch keine genügenden Erklärungen der bei Meteoritenfällen wahrnehmbaren Schallphänomene, insbesondere des so oft gehörten kanonenschussähnlichen Knalles gegeben sind, so möge es gestattet sein, auf einige neuere physikalische Publikationen die Aufmerksamkeit zu lenken, welche nach meinem Dafürhalten für die Beantwortung der vorliegenden Fragen von grösster Bedeutung sind, wenn auch in Bezug auf ihre endgültige Lösung wohl noch nicht das letzte Wort gesprochen sein wird. Es ist dies die hochinteressante Reihe von Versuchen, welche E. Mach[1] in Verbindung mit anderen Forschern seit 1887 angestellt hat, und die sich auf die photographische Fixirung der Vorgänge in der Luft vor und hinter einem in Bewegung befindlichen Geschoss beziehen. Die Fixirung gelang unter Anwendung von Töpler's Schlierenapparat und der Momentphotographie. Die erhaltenen Resultate bestehen kurz in Folgendem:

---

[1] E. Mach und P. Salcher, Photographische Fixirung der durch Projectile in der Luft eingeleiteten Vorgänge. (Sitz.-Ber. d. Wiener Ak. Bd. 95. Abth. II. p. 764. 1887, sowie Annal. d. Phys. u. Chem. N. F. Bd. 32. p. 277.)

E. Mach und P. Salcher, Über die in Pola und Meppen angestellten ballistisch-photographischen Versuche. (Sitz.-Ber. d. Wiener Ak. Bd. 97. Abth. IIa. p. 41. 1888.)

E. Mach, Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des durch scharfe Schüsse erregten Schalles. (Ebenda. Bd. 97. p. 1045 u. Bd. 98. p. 41. 1889.)

E. Mach, Über die Schallgeschwindigkeit beim scharfen Schuss nach von dem Krupp'schen Etablissement angestellten Versuchen. (Ebenda. Pd. 98. Abth. IIa. p. 1257.)

E. Mach und P. Salcher, Optische Untersuchung der Luftstrahlen (Ebenda. Bd. 98. p. 1303 und Ann. d. Phys. u. Chem. N. F. Bd. 41. p. 144.)

E. Mach und L. Mach, Weitere ballistisch-photographische Versuche. (Ebenda. Bd. 98. Abth. IIa. p. 1310.)

Bewegt sich ein Körper — in den Versuchen ein Gewehrprojectil — durch die Luft mit einer grösseren Geschwindigkeit, als die normale Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles (340m/sec) beträgt, so bildet sich an seiner Vorderseite, wie optisch nachweisbar, eine Luftwelle[1], die in der Schussrichtung mit derselben Geschwindigkeit sich fortpflanzt, welche das Geschoss selbst besitzt, also stationär am Kopfe desselben bleibt[2] (Taf. III, Erklärung im Nachtrag, p. 108). Nimmt die Projectilgeschwindigkeit ab, so eilt der Scheitel der Kopfwelle etwas voraus, bis die Dichte derselben soweit sich vermindert hat, dass die Schallgeschwindigkeit wieder auf den Werth der verkleinerten Projectilgeschwindigkeit gesunken ist. Wird die Projectilgeschwindigkeit endlich kleiner als die normale Schallgeschwindigkeit, so eilt die Kopfwelle mit der gewöhnlichen Schallgeschwindigkeit von 340 m/sec voraus, ist also nicht mehr stationär. Die Kopfwelle ist eine Schallwelle, welche auf Kosten der Energie des Geschosses erregt und erhalten wird. Ihre akustische Wirkung besteht in einem Knall. Bei stumpfem Kopfe ist die Kopfwelle stärker als bei spitzem[3].

Übertragen wir nun diese aus theoretischen Untersuchungen und aus Versuchen gewonnenen Resultate auf die Schallerscheinungen bei Meteoritenfällen, so liegt die Annahme sehr nahe, dass der kanonenschussähnliche Knall, welcher so oft gehört wird, nichts anderes ist als die Knall-Kopfwelle, welche sich vor dem Meteoriten auf seinem Laufe durch unser Luftmeer bilden muss, die anfangs mit derselben Ge-

[1] In ähnlicher Weise bildet sich am Bug eines Schiffes eine stationäre Wasserwelle, die dauernd vor dem Schiffe herschreitet, solange die Geschwindigkeit desselben grösser ist als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen. Wird das Schiff gestoppt, so löst sich die Welle von ihm los und schreitet mit einer Geschwindigkeit, die von der vorhergegangenen Schiffsgeschwindigkeit völlig unabhängig ist, fort.

[2] Kleine Unregelmässigkeiten der Reibung am Projectil werden bewirken, dass die Kopfwelle nicht ganz absolut stationär ist.

[3] Genau genommen gehen von jedem Projectil stets mehrere Verdichtungswellen aus, welche vor dem Kopfe, am Mantel und hinter dem Projectil ansetzen, von denen aber die erstere die bei weitem stärkste ist. Mit der Ausbreitung der Wellen nimmt die Verdichtung und mit dieser die Fortpflanzungsgeschwindigkeit etwas ab.

schwindigkeit wie der Stein sich vorwärts bewegt und erst von dem Momente an dauernd vorauseilt, in welchem der Meteorit durch die Erregung der Schallwellen, durch Bildung von Luftwirbeln hinter sich und durch die Reibung der Luft — welche 3 Vorgänge das ausmachen, was man gewöhnlich als den „Widerstand der Luft“ bezeichnet — eine Geschwindigkeit erreicht hat, die unter der in den betreffenden Höhen geltenden normalen Schallgeschwindigkeit steht.

Nun ist aber aus der Meteoritenliteratur hinlänglich bekannt, dass öfters nicht nur eine, sondern mehrere schussähnliche Detonationen nach einander vernommen worden sind. In solchen Fällen müssen also ausser der, einen einzigen Knall erzeugenden Kopfwelle noch andere Ursachen mit ähnlichen Wirkungen vorhanden gewesen sein, und da liegt es — abgesehen von bestimmten Reflexionserscheinungen, sowie von jenen Fällen, in denen ganze Meteoritenschwärme in unsere Atmosphäre eintraten, und bei denen die vielfachen Detonationen sich somit von selbst erklären — nahe, an die möglichen und öfters thatsächlich beobachteten Zersprengungen eines Steines in mehrere zu denken. Kann schon bei diesem explosionsartigen Vorgange eine Knallwelle entstehen, so wird sich ausserdem sofort an jedem Theilstück, sofern dieses nur noch eine die normale Schallgeschwindigkeit übersteigende Geschwindigkeit besitzt, — und dies wird wohl stets der Fall sein — eine neue Kopfwelle bilden, deren akustische Wirkung nur in einem Knall bestehen kann. Nur selten findet man bei Meteoritenfällen die Angabe, dass keine Knallerscheinungen wahrnehmbar gewesen sind. Unter der Voraussetzung, dass in diesen Fällen die Berichte der Beobachter völlig correct sind, kann dieser Mangel des Schallphänomens leicht durch die Annahme erklärt werden, dass die Aufzehrung der kosmischen Geschwindigkeit des Meteoriten durch den Luftwiderstand in einer solchen Höhe bereits stattfand (z. B. bei tangentialem Eindringen in die Atmosphäre), dass die Knall-Kopfwelle nicht bis zum Beobachter dringen und dieser nur die sausenden Geräusche des zur Erde fallenden Steines vernehmen konnte.

Ich habe die Meteoritenliteratur nicht darauf hin durchstudirt, ob z. B. bei Meteoritenschauern stets mehrere schussähnliche Detonationen wahrzunehmen gewesen sind, und ob in solchen Fällen, in denen nur ein Stein bekannt wurde, aber doch mehrere schussähnliche Detonationen zu beobachten waren, derselbe nicht doch Erscheinungen an sich trage, die auf eine Zerberstung in der Atmosphäre hindeuten, bei welchem Ereigniss dann die übrigen Theilstücke nur nicht bekannt geworden seien. Ein derartiges Studium wäre auch nur an Orten möglich, die über eine grosse Meteoritenliteratur und Meteoritensammlung (incl. Modellen) verfügen. Beides trifft für Riga nicht zu. Was aber speciell unseren Misshofer Meteoriten anlangt, so stimmt hier die Theorie mit der Beobachtung überein. Es wurde das Niederfallen nur eines Steines wahrgenommen, an denselben zeigen sich Erscheinungen (z. B. die durch eine starke, intensive Abschmelzung bewirkte Abrundung der Brustseite, die Gleichförmigkeit der Schmelzrinde), die darauf schliessen lassen, dass er kein in unserer Atmosphäre durch Zerberstung entstandenes Bruchstück, sondern einen „ganzen Stein“ darstellt, — und es wurde thatsächlich auch nur ein einziger kanonenschussähnlicher Knall von den verschiedenen Beobachtern vernommen.

Ausser dem scharfen Knall hört man bei Meteoritenfällen gewöhnlich ein Geknatter, donnerähnliches Rollen oder ein Zischen und Sausen. Diese Geräusche können auf verschiedenen Ursachen beruhen. Zunächst wird das Ohr nicht allein die directe Knallwelle (Kopfwelle) vernehmen, sondern bald darauf verschiedene Reflexionen derselben vom Boden, von Wolken etc. Diese von ungleich grossen und ungleich entfernten Flächen reflectirten Wellen dürften das Rollen bedingen, genau so, wie das charakteristische Geräusch des sich wiederholenden polternden Donnerrollens auf diesen Ursachen beruht. Die sausenden und zischenden Geräusche, Schallerscheinungen, die einen periodischen Wechsel der Luftverdichtung erfordern, können einestheils durch diejenigen Wellen bedingt sein, welche sich continuirlich an der Brustseite des Meteoriten während derjenigen Stadien seines Laufes bilden, in denen seine Geschwindigkeit unter die Normalgeschwindigkeit des Schalles gesunken, die eigentliche,

vorher stationäre Knall-Kopfwelle mithin vorausgeeilt ist, also insbesondere auch während des lediglich durch die Erdanziehung bewirkten letzten Theiles der Meteoritenbahn. Andererseits werden genannte Geräusche aber auch in den Luftreibungen ihre Ursache haben, die sowohl in der Umgebung der Contur des Meteoriten als bei den Luftströmungen hinter ihm entstehen müssen. Auf erstere wird durch die Untersuchungen Strouhal's[1] über die „Reibungstöne" einiges Licht geworfen, Untersuchungen, die zu dem Resultate führten, dass bei der gleichförmigen Bewegung eines Körpers in der Luft periodische Luftbewegungen entstehen durch Reibung zwischen der dem festen Körper innig adhärirenden Luftschicht und den äusseren Luftschichten. Bei ungleichförmiger Bewegung wird die Höhe des Sausens sich ändern. Betreffs der Luftströmungen hinter dem Meteoriten sind die Versuchsresultate Mach's, wenngleich nach seiner eigenen Aussage die Experimente in Bezug auf die Discontinuität hinter dem Projectil noch unzureichend sind, doch interessant genug, um hier Erwähnung zu finden. Es waren bei hohen Projectilgeschwindigkeiten im Schusscanal hinter dem Projectil eigenthümliche Wölkchen sichtbar, die aller Wahrscheinlichkeit nach Wirbelbewegungen der Luft darstellen[2]. Auch hier werden Reibungen nicht ausgeschlossen sein, die zu Luftbewegungen und somit zu Geräuschen Veranlassung geben können.

Wenn ich im Vorhergehenden meine Ansichten über die Ursache der bei Meteoritenfällen meistens wahrgenommenen Schallphänomene — wobei die schönen Versuche Mach's als Grundlage dienten — niedergelegt habe, so will ich damit nur die Anregung zu weiteren Discussionen und weiterem

---

[1] Über eine besondere Art der Tonerregung. (Ann. d. Phys. u. Chem. N. F. Bd. V. p. 247 u. 250. 1878.)

[2] Als genannter Forscher mit Aluminiumprojectilen eine Geschwindigkeit von 900m/sec erreichen konnte, war doch hinter dem Projectil auffallenderweise nirgends ein deutliches Vacuum zu beobachten, obgleich die Einströmungsgeschwindigkeit der Luft in den leeren Raum unter den Versuchsumständen nach der Theorie nur 700—800m/sec betragen konnte. Dieses Fehlen des Vacuums hinter dem Geschoss ist als Argument gegen die älteren Erklärungsversuche der Schallphänomene bei Meteoritenfällen (v. Haidinger u. A.) von einer nicht geringen Bedeutung.

Ausbau, bei denen die Wissenschaft nur gewinnen kann, gegeben haben. (Man beachte den Nachtrag, p. 107.)

Gewicht, Grösse, Gestalt und Orientirung des Meteoriten.

Als der Meteorit nach Riga gelangte, waren an ihm bereits zwei kleine Ecken durch Bauern abgeschlagen worden. Das Gewicht wurde in diesem Zustande zu 5636 g ermittelt, während es ursprünglich ca. 5800 g betragen haben mag. Das in absolutem Alkohol bestimmte und auf Wasser umgerechnete specifische Gewicht beträgt 3,79 bei 20°.

Die Grösse wird durch folgende Angaben ersichtlich:

Jetzige grösste Breite	19	cm
Grösste Breite vor dem Abschlagen der Ecke geschätzt auf	20	„
Jetzige grösste Höhe	16,5	„
Grösste Höhe vor dem Abschlagen der Ecke geschätzt auf	18	„
Grösste Tiefe	13	„

Gypsabgüsse sowie Photographien in verschiedenen Stellungen wurden angefertigt. Die Ansicht der Brust- und Rückenseite ist auf Taf. II in $\frac{1}{2}$ d. nat. Gr. durch Lichtdruck reproducirt.

Von der Gestalt des Meteoriten bekommt man am besten eine Vorstellung, wenn man sich denselben senkrecht zu seiner Flugaxe — über die Orientirung folgt das Nähere weiter unten — in zwei Theile zerlegt denkt derart, dass eine in geringem Maasse krumme Fläche durch die grösste Conturlinie des Körpers geht. Die Brustseite besitzt dann, wenn wir von einer ganz gering concaven Stelle (Taf. II Fig. 1 links unten) absehen, eine convexe Krümmung und entspricht in ihrer Form recht gut einem Paraboloid, das sogar einem Rotationsparaboloid ziemlich nahe kommt. An demselben ist die ursprüngliche Lage von 4 Polkanten einer stumpf-pyramidenartigen Bruchstückform noch erkennbar. Die Kanten sowie die ursprüngliche Polecke haben durch atmosphärische Erosion eine starke Abrundung erlitten, wodurch sich die paraboloidische Form der Brustseite allmählich herausgebildet hat. An der jetzt concaven Stelle wird ursprünglich in der Bruchfläche eine Vertiefung gewesen sein. Die Tiefe der Brustseite des Meteoriten verhält sich zur Breite wie 3 : 7, zur Höhe wie 3 : 6.

Die Rückenseite erscheint auf den ersten Blick viel unregelmässiger gestaltet als die Brustseite. Der Grund liegt darin, dass an ihr die für viele Meteorsteine charakteristischen gruben- oder fingerförmigen Vertiefungen auftreten, dass die Grösse der auch hier nicht zu verkennenden ursprünglichen Pyramidenflächen eine recht verschiedene ist, und dass die Kanten schärfer gezeichnet sind, die conforme Abrundung, welche der Brustseite ein relativ so regelmässiges Gepräge gibt, also fehlt. Taf. II Fig. 2, welche uns die Ansicht der Rückenseite wiedergibt, bedarf einer Erklärung. Wir sehen hier den hinteren Theil des Meteoriten nicht genau in derjenigen Stellung, welche der Lage des Vordertheiles auf Taf. II Fig. 1 völlig entspricht. Um letzteres zu erreichen, müssen wir uns zunächst die Ansicht in der Bildfläche um 180° gedreht also gewissermassen auf den Kopf gestellt und dann die linke Hälfte um eine durch den Mittelpunkt des Steines gedachte verticale Axe um ein Weniges nach hinten, sowie um eine von vorn nach hinten gehende Axe etwas nach oben gedreht denken. Die untenstehenden Fig. 1 und 2 sollen der An-

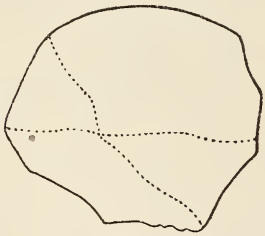

Fig. 1.

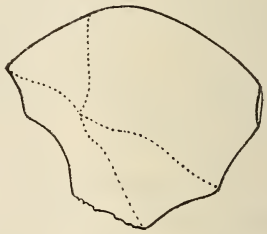

Fig. 2.

schauung dieser Drehungen zur Hilfe kommen. Fig. 1 zeigt die Umrisse der auf $\frac{1}{6}$ verjüngten Ansicht des Rückentheiles auf den Kopf gestellt und Fig. 2 die Conturzeichnung des Meteoriten, nachdem er die geforderten Drehungen erlitten hat. In dieser Stellung repräsentirt sich der Stein genau so wie es seine Orientirung, wenn die im Fluge vorangegangene Spitze in der Mitte hinter der Bildfläche gedacht wird, erfordert. Dass die Photographie der Rückenseite nicht genau diese Lage zur Anschauung bringt, hat seinen Grund darin, dass bei der Aufnahme neben der zunächst in Betracht kom-

menden selbsteigenen Orientirung des Meteoriten auch noch die Frage in Erwägung gezogen werden musste, bei welcher Stellung manche Einzelheiten wie Beschaffenheit der Schmelzrinde, Gestalt der Vertiefungen sich am besten zeigten. Die punktirten Linien in Fig. 1 und 2 bezeichnen die Lage der ursprünglichen Polkanten der pyramidenartigen Bruchstückform. Die Rücken-Pyramide ist stumpfer als das Brust-Paraboloid. Ihre Höhe (entsprechend der Tiefe der Brustseite) verhält sich zum Durchmesser der Basis ungefähr wie 1 : 3. Die Flächen sind theils convex, theils concav. Die fingerförmigen Vertiefungen sind gruppenweise an 2 Stellen wahrnehmbar (auf Taf. II Fig. 2 in der rechten Hälfte und am oberen Rande). Die grösste Tiefe derselben beträgt 4 mm. Da sie nur auf der Rückenseite auftreten, so ist es für den vorliegenden Fall wahrscheinlich, dass bei ihrer Bildung die hinter dem Meteoriten entstehenden Luftwirbel mit thätig waren.

Schon die Gestalt des Meteoriten gibt uns, ganz abgesehen von der Beschaffenheit der Schmelzrinde, welche zu denselben Resultaten führt, Anhaltspunkte für die Beantwortung der Frage nach seiner Orientirung. Gehen wir von der Annahme aus, die Meteoriten seien Bruchstücke fremder Himmelskörper, die, so lange sie sich im luftleeren Raume bewegten, eine Rotation besessen haben, so wird dieselbe, sobald der Stein in die Erdatmosphäre gelangt, infolge der Luftreibung entweder bald aufgehoben werden, oder es muss zum mindesten die Lage der Rotationsaxe eine beständige, fixe und zugleich Flugaxe werden, so lange nicht durch den Process der Abschmelzung unsymmetrische Gestaltsveränderungen hervorgerufen werden; in diesem Falle wird sich die Lage der Flugaxe sofort um ein Weniges ändern, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Im Allgemeinen wird nun der Meteorstein sich in der Weise orientiren, dass er der Luft die sog. Flächen des geringsten Widerstandes entgegenrichtet; dies sind aber im vorliegenden Falle die Flächen derjenigen Pyramide, welche oben als ursprünglich die Brustseite bildend dargestellt wurde, und die durch Abschmelzung allmählich in ein Paraboloid übergegangen ist. Hierzu kommt noch ein anderes Moment, welches unserem Meteoriten eine ganz besonders stabile Lage verliehen haben

wird: die Lage des Schwerpunktes. Verbinden wir die Contur, welche die Flächen des geringsten Widerstandes bilden, durch eine Minimalfläche, so wird dadurch der Stein in zwei ungleiche Theile zerlegt, und zwar verhält sich die Masse des einen zur Masse des anderen nach der Schätzung ungefähr wie 1 : 2, sodass der eine Theil ungefähr $\frac{1}{3}$, der andere $\frac{2}{3}$ des ganzen Steines ausmacht. Nun hat aber jeder in einem widerstrebenden Mittel sich bewegende Körper das Bestreben, nicht nur seine Fläche des geringsten Widerstandes nach vorn zu richten, sondern sich auch so zu orientiren, dass sein Schwerpunkt möglichst weit nach vorn zu liegen kommt. In unserem Falle befindet sich nun aber der Schwerpunkt des Steines vor obiger Minimalfläche in jenem Theile, der auf Taf. II Fig. 1 zur Ansicht vorliegt, daher denn dieser auch aus diesem Grunde als Brustseite aufgefasst werden musste.

Zu ganz demselben Resultate führt ferner die Betrachtung über den Grad der Abschmelzung der Begrenzungselemente des Meteoriten auf den verschiedenen Seiten. Während auf der einen — wie oben erörtert — die Abrundung der Kanten eine sehr beträchtliche und demzufolge die Krümmung der Flächen eine stark convexe ist, beobachten wir auf der entgegengesetzten Seite schärfere Kanten und eine wenig convexe Flächenkrümmung. Da nun aber die durch Abschmelzung hervorgerufene Abrundung naturgemäss auf der Brustseite am intensivsten gewesen sein muss, so folgt, dass jener Theil mit der paraboloidischen Krümmung als Brustseite figurirte.

Es bleibt noch die Frage zu entscheiden, ob der Meteorit eine Rotation um seine Flugaxe besessen habe oder nicht. Zur Aufwerfung dieser Frage fordert insbesondere die schwach concave Fläche an der Brustseite auf. Fliegt ein Körper, welcher auf der dem Widerstandsmittel entgegengerichteten Seite auf $\frac{3}{4}$ der Umgrenzung paraboloidisch, auf $\frac{1}{4}$ aber concav begrenzt ist, durch die Luft, so wird die concave Einbuchtung bewirken, dass der Körper schraubenförmig nach vorn sich bewegt, also eine Rotation um die Flugaxe erleidet. In unserem speciellen Falle scheint mir aber die Concavität der einen Stelle an der Brustseite des Meteoriten wohl eine zu geringe zu sein, als dass sie unter Überwindung der ent-

gegenstehenden Luftreibung zu einer Rotation um die Flugaxe Veranlassung gegeben haben könnte.

Als Facit dieser Betrachtungen ergibt sich, dass der Misshofer Meteorit ein ausgezeichnetes Beispiel eines Meteorsteins mit ausgesprochener Orientirung und wenigstens in dem letzten Theile seiner Bahn sehr stabiler Gleichgewichtslage darstellt.

Die Schmelzrinde des Meteoriten.

Der Meteorstein ist im ganzen Umfange von einer mattschwarzen, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ mm dicken Schmelzrinde umgeben. An vielen Stellen treten Gebilde von geringem Glanz und rundlichen Conturen auf; es sind dies Durchschnitte von Chondren. Sie erreichen eine beobachtete Grösse von 4 mm, gehen aber andererseits weit unter 1 mm herab. An Stellen, die eine geringe Abschürfung erfahren, werden die in der Schmelzrinde eingebetteten Eisenpartikelchen in Form winziger, grau metallglänzender Körnchen oder Blättchen sichtbar.

Die Rinde besitzt keine eigentlichen Schmelzstreifen; sie ist vielmehr von runzeliger oder schaumiger Beschaffenheit, was hier in stärkerem, dort in schwächerem Maasse der Fall sein kann. So stellt sich insbesondere eine Zone dieser stärkeren schaumartigen Unebenheiten an der Übergangsstelle zwischen der Brust- und Rückenseite ein, sowie an den geschützten, vertieften Stellen des Rückentheiles, z. B. auf Taf. II Fig. 2 oben rechts, während die ganze Vorderseite des Meteoriten relativ glatt ist. Auch dies Moment kann bei Beantwortung der Frage nach der Orientirung des Meteoriten benutzt werden, und es führt zu demselben Resultate wie die bereits oben angeführten Beobachtungen über die Gestalt. Da der Luftdruck am vordersten Theile des Steines am intensivsten ist, nach hinten aber, besonders an der Grenze nach der Rückenseite zu, abnimmt, so muss das Abschleudern der Schmelzmasse an jenen Stellen am stärksten stattfinden und daselbst die Bildung einer relativ glatten und dünnen Rinde bewirken, während es an diesen weniger der Fall ist und Veranlassung zur Entstehung der schaumigen, relativ dickeren Rinde gibt. Untersucht man die Dicke der Rinde auf Brust- und Rückenseite, so ist zwar der Unterschied kein besonders

auffallender, weil die absoluten Maasse gering sind — auf der Brustseite ca. $\frac{1}{4}$, auf der Rückenseite ca. $\frac{1}{2}$ mm — aber doch immerhin noch gut wahrnehmbar.

Auch die Anordnung und Gestalt der Runzeln lässt, ganz abgesehen von ihrer Grösse, gewisse Gesetzmässigkeiten erkennen. Blickt das Auge vom Scheitel des Paraboloids nach der Conturlinie hin, so lässt sich die Anordnung der Runzeln mit den Wellen vergleichen, welche in immer weiteren Kreisen um einen ins Wasser geworfenen Gegenstand sich bilden. Und betrachten wir die Gestalt insbesondere der direct hinter dem Conturrand befindlichen intensiveren Runzeln, welche über das allgemeine Niveau der Schmelzfläche $\frac{1}{3}$ bis im Maximum $\frac{1}{2}$ mm emporragen, etwas genauer, so erkennen wir an ihnen einen sanften und einen steilen Abfall, ganz ähnlich der Form der Schnee- und Sandwellen oder auch der durch Wind verursachten Wasserwellen. Da nun bei allen diesen der sanfte Anstieg der Herkunft des Windes entgegengerichtet, der steile Abfall aber im Windschatten gelegen ist, so muss auch hier, wo wir es mit einer flüssigen Schmelzmasse und intensiver Luftbewegung, die das Schmelzproduct abzublasen sich bestrebt, zu thun haben, der sanfte Anstieg nach der Brustseite, der steile Abfall nach der Rückenseite des Meteoriten hinweisen. Dieses Ergebniss führt aber zu demselben Resultat der Orientirung, wie es bereits oben auf Grund der Gestalt des Meteoriten und der Vertheilung und Grösse der Runzeln erhalten worden ist.

Eine Eigenthümlichkeit der Schmelzkruste, wie sie öfters anderwärts zur Beobachtung gelangte, kommt auch hier vor und besteht darin, dass dieselbe von zahllosen kleinen Rissen durchzogen und felderartig zertheilt wird. Insbesondere sind sie in der dickeren Rinde der Rückenseite wahrzunehmen, während sie an den Übergangsstellen nach der Vorderseite zu in geringerer Schärfe auftreten, um schliesslich an den dünnen vordersten Theilen der Brustrinde ganz zu verschwinden. Mit Recht betrachtet man sie als Contractionsrisse, die während der Erstarrung der Schmelzrinde sich gebildet haben.

Das Innere des Meteoriten.

Die innere Masse des Meteorsteines hat eine ziemlich lockere Consistenz, so dass man kleinere Stücke schon zwischen den Fingern zerreiben kann. Das Ganze macht in Folge der feintrümmerigen Beschaffenheit der mineralischen Gemengtheile den Eindruck eines Tuffes. Grosse Unterschiede im Aussehen und der Zusammensetzung des Steines an seinen verschiedenen Stellen sind nicht zu erkennen. Auf den Bruchflächen besitzt er eine lichtgraue Grundfarbe mit einem schwachen Stich ins Bläuliche und mit vereinzelten rostrothen Flecken. Bei etwas genauerem Hinsehen bemerkt man dann auch kleine metallisch glänzende Partien von Eisen und Magnetkies, sowie viele, meist kleine rundliche Gebilde: die Chondren. Auf den angeschliffenen Flächen treten die metallischen Gemengtheile zahlreicher und deutlicher hervor als auf den gewöhnlichen Bruchflächen. Eine Politur nehmen die Schnittflächen nur sehr schlecht an, da das zähe Eisen zu leicht Hervorragungen bildet. Marmorirung, Aderung, Verwerfungen kommen nicht vor.

Bei der Betrachtung mit der Lupe erkennt man auf den Bruchflächen kleine, lichtweingelbe bis lichtgrünlichgelbe Körnchen mit einem fettartigen Glasglanz und öfters wahrnehmbarer Spaltbarkeit. Es sind dies, wie die mikroskopische Untersuchung bestätigt, Olivinindividuen. Ein anderer, in der Menge etwas zurücktretender Theil von Körnern, von fast farblosem Aussehen und Glasglanz, gehört der mikroskopischen Prüfung zufolge einem rhombischen Pyroxen (Enstatit oder eisenarmer Bronzit) zu. Werden die Individuen vom Olivin und Pyroxen sehr klein, wie es meistens der Fall ist, so wird eine Unterscheidung zwischen ihnen auch mittels scharfer Lupe so gut wie unmöglich. Insbesondere ist es der Pyroxen, welcher meist in sehr kleinen, weit unter 1 mm messenden Splitterchen auftritt, während vom Olivin doch noch hie und da auch grössere Individuen vorkommen (im Maximum zu 3 mm Durchmesser beobachtet).

An der Farbe der metallischen Mineralien, die in kleinen Körnchen, Flitterchen und Blättchen in der grauen Masse des Meteoriten eingestreut liegen, erkennt man stahlgraues Nickeleisen und tombakbraunen Magnetkies. Ersteres herrscht

weit vor; es ist activ, fällt aus Kupferlösung Kupfer. Sowohl was die Menge des Eisens, als auch die Gestaltung desselben in sehr unregelmässig gelappten, verästelten und verzweigten Formen auf den Schliffflächen betrifft, so ähnelt der Misshofer Meteorit sehr einem in der Mineralogischen Sammlung des hiesigen Polytechnikums aufbewahrten Stück eines Pultusker Meteoriten. Der Magnetkies tritt vorzüglich in winzigen körnigen Individuen auf. Zur Zeit zeigt er in manchen Partien des Steines prächtige Anlauffarben: carminroth, blau, goldgelb etc., während früher die tombakbraune Farbe vorherrschend war.

Die rostbraunen Partien rühren von Eisenoxydhydrat her, welches durch Zersetzung des Eisens entstanden ist und die Umgebung desselben durchtränkt hat. Die Flecken sind secundärer, irdischer Entstehung.

Die Chondren besitzen sowohl verschiedene Grösse als auch verschiedenartiges Aussehen. Von den kleinsten, mit der Lupe eben noch erkennbaren Kügelchen an steigen sie in ihren Dimensionen bis zum Durchmesser von $1\frac{1}{2}$—2 mm; dies ist die Regel; noch grössere, wie z. B. ein beobachtetes Chondrum von 5 mm Länge, $2\frac{1}{2}$ mm Breite und Dicke sind Seltenheiten und Ausnahmen. Die Kügelchen lösen sich leicht von der umgebenden Masse ab; aus dem auf einer Glastafel ausgebreiteten Pulver des Meteoriten lassen sie sich bequem in grösserer Anzahl isoliren, da sie bei geringer Neigung der Unterlage leichter wegrollen als die eckigen übrigen Gemengtheile. Die Form ist meistens mehr oder minder vollkommen kuglig oder ellipsoidisch; in einigen Fällen waren auch die interessanten Chondren mit „Aushöhlungen“ wahrzunehmen. Unregelmässigere Gestaltungen werden vorzugsweise erst bei der mikroskopischen Untersuchung beobachtet, da die so geformten Chondren sich weniger leicht isoliren lassen. Die Oberfläche ist öfters rauh als glatt. Eine geringere Anzahl, und zwar vorzugsweise durch die kleineren Kügelchen repräsentirt, gehört ihrer grünlichgelben Färbung und des fettartigen Glasglanzes zufolge den reinen Olivinchondren zu. Andere besitzen eine graue bis grauschwarze Farbe, zuweilen mit einer lichtwachsgelben Randzone oder einem ebenso gefärbten Kern. Die Textur dieser harten dunkleren Chondren erscheint ent-

weder excentrisch feinfaserig oder dicht; in letzterem Falle ist ein unebener bis undeutlich splitteriger Bruch wahrzunehmen. Über die mineralogische Zusammensetzung dieser Kügelchen, an welcher meist der Pyroxen betheiligt ist, giebt am besten die mikroskopische Untersuchung Auskunft. Einige dieser dichten Chondren erscheinen im Inneren dunkelschwarz. Mit scharfer Lupe erkennt man, dass sie winzigste Eisenpartikelchen eingestreut enthalten. Auch Magnetkies betheiligt sich nicht selten an dem Aufbau der Kügelchen; man gewahrt ihn sowohl im Innern als insbesondere an der Peripherie derselben, und er fällt um so leichter in die Augen, je mehr er durch Anlauffarben ausgezeichnet ist.

Ausser allen diesen als Individuen noch erkennbaren Bestandtheilen des Meteoriten bemerkt man noch eine lockere, graue, poröse Masse, in der man wohl ein tuffartig-staubiges Gemenge derselben Mineralien, die man mit der Lupe erkennt, vermuthen, aber wegen ihrer winzigen Grösse nicht mehr nachweisen kann.

Aus dem Vorstehenden ist ersichtlich, dass der Misshofer Meteorstein zu den Chondriten und zwar zu der von Brezina[1] aufgestellten Unterabtheilung der Kügelchenchondrite (Cc) gehört. Im Tschermak'schen System würde er seine Stelle ebenfalls in der Chondritengruppe Cc finden.

Mikroskopische Untersuchung des Meteoriten.

Was schon die makroskopische Beobachtung andeutet, lässt die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen noch deutlicher erkennen: Die tuffförmige Beschaffenheit des Meteoriten. Bruchstücke von Olivin und Fragmente eines rhombischen Pyroxens in den verschiedensten Grössen bis zu minimalen Partikeln herab sind regellos mit verzweigten Blättchen von Eisen und Körnchen von Magnetkies sowie mit den charakteristischen Chondren zu einem porösen Ganzen verbunden. Ein scharfer Gegensatz zwischen eingebetteten Fragmenten und einer verkittenden Grundmasse existirt nicht.

Der an Menge überwiegende Bestandtheil ist der Olivin. Ausserhalb der Chondren erscheint er ausnahmslos in Frag-

[1] Die Meteoritensamml. d. k. k. mineral. Hofcabinetes in Wien am 1. Mai 1885. Wien 1885, p. 35.

menten, an denen man nur selten noch einige krystallographische Flächen erkennen kann. Mit Hilfe der lebhaften Polarisationsfarben sind selbst noch recht kleine Individuen zu diagnosticiren. In seinen Eigenschaften gleicht dieser meteorische Olivin völlig dem Olivin irdischer vulcanischer Gesteine; nur treten zu den Spaltrissen noch zahlreiche regellose Sprünge, die dem Mineral meist ein sehr zerstückeltes Aussehen verleihen. In der Regel ist er ziemlich reich an Einschlüssen; unter diesen bemerkt man sowohl kleine rundliche bis grosse schlauchförmige Gaseinschlüsse mit dem charakteristisch dunklen Rand als auch farblose bis lichtbraune Glaseinschlüsse, welch' letztere ihrerseits noch winzige Körner opaken Erzes sowie — was in einigen Fällen beobachtet wurde — Gasporen enthalten können. Auch Anhäufungen winzigster körniger Mikrolithen treten in Form sackförmiger Einschlüsse auf. Alle diese Fremdkörper, zu denen sich noch Körnchen von Chromit, öfters gruppenweise angeordnet, gesellen können, sind zuweilen im Kern des Olivines derart angereichert, dass derselbe fast undurchsichtig erscheint. Optische Anomalien, wie fleckenhafte Auslöschung, „Wandern des Schattens", die auf Spannungen innerhalb der Substanz zurückgeführt werden, sind nicht beobachtet worden. Dagegen wurde in 3 oder 4 Fällen die Wahrnehmung gemacht, dass innerhalb eines Olivinindividuums schwach rosa gefärbte Flecken auftreten.

Vom Olivin unterscheiden sich andere Körner augenfällig durch ihre matteren Polarisationsfarben. Parallel der Längsaxe der meist säulenförmig gestalteten Fragmente geht sowohl die Auslöschung als die Richtung von Spaltrissen. In Querschnitten schneiden sich 2 Systeme von Spaltlinien unter ungefähr rechtem Winkel. Diese Merkmale in Verbindung mit der öfters wahrnehmbaren, an das Faserförmige erinnernden Structur genügen, um das Mineral als zur Gruppe der rhombischen Pyroxene gehörig zu erkennen. Da die Durchschnitte farblos sind, so haben wir es mit Enstatit resp. einem eisenarmen Bronzit zu thun. Dieses Mineral ist oft bis zu ungemein kleinen, fast staubförmigen Individuen zerstückelt; zuweilen liegt es aber auch haufenförmig zusammen, ähnlich den bekannten „Augitaugen" der Basalte.

Während der Bronzit an manchen Stellen der Präparate vollkommen rein und wasserklar, einschlussfrei und ungetrübt ist, erscheint er anderwärts — und zwar ist dies das vorherrschende Verhältniss — getrübt und einschlussreich. Bei starker Vergrösserung erkennt man sowohl geradlinige haarförmige Gaseinschlüsse, als auch dünne schlauchförmige, zuweilen sackförmig endigende, schwach gelblich gefärbte Glaseinschlüsse. Seltener als im Olivin erscheinen die isotropen braunen Körnchen von Chromit. Behandelt man das Meteoritenpulver mit Fluss- und Salzsäure, so bleibt der Chromit in Form sehr kleiner schwarzer Körnchen zurück, welche die Phosphorsalzperle heiss gelblich, in der Kälte schön smaragdgrün färben.

Der Pyroxen verdient ein besonderes Interesse noch deswegen, weil er, wenn auch selten und dann eher in den Chondren als ausserhalb derselben, in Zwillingsbildungen auftritt. Manche Mineraldurchschnitte, die in all' ihren sonstigen Eigenschaften (Structur, Eigenfarbe, Lichtbrechung, Interferenzfarben, Einlagerungen) vollkommen dem eben beschriebenen Bronzit gleichen, zeigen eine polysynthetische Zwillingsverwachsung. Man bemerkt dieselbe erst dann, wenn die Zwillingsnähte ungefähr parallel den Nicolhauptschnitten gehen; man erkennt sie nicht, wenn die Lamellen mit den Nicolhauptschnitten grössere Winkel bilden (über ca. 30°), also insbesondere in der Diagonalstellung zum Fadenkreuz: in dieser Lage hat das ganze Individuum die gleiche Interferenzfarbe und zerfällt nicht in einzelne, abwechselnd verschieden polarisirende Lamellen. Die Zwillingslamellen keilen öfters im Innern aus. Spaltrisse sind in den eng verzwillingten Individuen nicht sichtbar. Krystallographische Begrenzung besitzen sie gleichfalls nicht; ich habe nur Fragmente beobachtet. Die vorstehende Fig. 3 veranschaulicht das Aussehen eines dieser Zwillinge. In ihrem ganzen Habitus gleichen dieselben recht sehr den von Tschermak[1] abgebildeten polysynthetisch verzwillingten monoklinen

Fig. 3. Vergr. 180.

[1] Die mikrosk. Beschaffenheit d. Meteoriten etc. Stuttgart 1885. Taf. XV Fig. 2.

Augiten aus Meteorsteinen. Sie theilen mit ihnen die Eigenschaft, dass die Zwillingsstreifen weniger scharf von einander abgesetzt sind, als man dies z. B. beim Plagioklas zu sehen gewohnt ist; sie unterscheiden sich aber von jenen durch ihre Eigenfarbe und die Grösse ihrer Auslöschung. Die monoklinen Augite Tschermak's sind grünlichgrau, der verzwillingte Pyroxen des Misshofer Meteoriten ist farblos. Der grösste beobachtete Unterschied in der Auslöschung benachbarter Lamellen beträgt bei jenen 35°, bei diesen 20°. Diese Unterschiede in der Farbe und in der Lage der Elasticitätsaxen verbieten es, die von mir beobachteten Zwillinge ohne Weiteres mit den monoklinen Augitzwillingen Tschermak's zu identificiren, die Übereinstimmung der sonstigen Eigenschaften der beobachteten Zwillinge mit unverzwillingtem Bronzit weisen dagegen darauf hin, dass dieselben diesem rhombischen Pyroxen zugehören. Diese Diagnose muss noch mehr an Sicherheit gewinnen, wenn es einerseits gelingt, das Verwachsungsgesetz zu bestimmen, und andererseits, wenn ähnliche Beobachtungen am tellurischen Bronzit bereits gemacht worden sind.

Was zunächst den letzteren Punkt betrifft, so lenkte schon Groth[1] die Aufmerksamkeit auf die Knickung, welche er an den Spaltflächen $\infty\breve{P}\infty$ (010) des Bronzites vom Ultenthal wahrnahm, und die er auf eine lamellare Zwillingsverwachsung nach einem nahe horizontalen Doma zurückführte. Bücking[2] mass an denselben Krystallen den Winkel zwischen $\infty\breve{P}\infty : \infty\breve{P}\infty$ (010 : 010) goniometrisch zu 16° 36′, mikroskopisch zu 16° 20′, woraus sich als Zwillingsebene $\frac{1}{4}\breve{P}\infty$ (014) berechnete. Die Brachypinakoide der nach diesem Gesetz verzwillingten Bronzite schliessen in Wirklichkeit den Winkel von 16° 14′ oder vielmehr den Supplementwinkel von 163° 46′ ein. Gleiche, an Zwillingsbildungen erinnernde Erscheinungen erkannte Bücking des Ferneren am Bronzit von Peterlestein bei Kupferberg in Bayern.

Kommen wir nun auf unsere im Misshofer Meteoriten beobachteten Zwillinge zurück, so lassen sich diese recht gut auf das eben erwähnte Gesetz beziehen. Die Messungen des

---

[1] Mineraliensammlung d. Univers. Strassburg. p. 222. 1876.

[2] Bronzit vom Ultenthal. (Zeitschr. f. Kryst. Bd. VII. p. 502. 1883.)

Winkels zwischen den Auslöschungsrichtungen zweier benachbarter Lamellen ergaben in 6 Fällen die Werthe 16°, 16°, 18°, 18°, 19°, 20°; in den ersten beiden Fällen halbirte die Zwillingsnaht den Winkel, in den anderen nicht. Jene, in denen die Elasticitätsaxen zweier benachbarten Lamellen symmetrisch zur Zwillingsnaht gelegen sind, stellen diejenigen Fälle dar, welche zur Feststellung des Zwillingsgesetzes massgebend sind; denn bei ihnen ist der Schnitt senkrecht zur Zwillingsebene erfolgt. Eine Fläche, welche mit einer Hauptschwingungsrichtung im Bronzit den Winkel von 8° (genau 8° 7′) einschliesst, ist das Doma $\frac{1}{4}\breve{P}\infty$ (014); denn es ist $0P : \frac{1}{4}\breve{P}\infty$ (001 : 014) = 8° 7′. Aus dieser Übereinstimmung der beobachteten (8°) und berechneten (8° 7′) Winkel ergiebt sich, dass bei dem vorliegenden Pyroxen das Doma $\frac{1}{4}\breve{P}\infty$ (014) als Zwillings- und Verwachsungsfläche aufzufassen ist, dass also der meteorische, polysynthetisch verzwillingte Bronzit nach demselben Gesetz verwachsen ist, wie es am tellurischen bereits beobachtet wurde. Im nebenstehenden Schema eines nach $\frac{1}{4}\breve{P}\infty$ (014) lamellar verzwillingten Bronzites (Fig. 4) ist die Lage der Elasticitätsaxen (gestrichelt) eingezeichnet und die Grösse der Winkel angegeben.

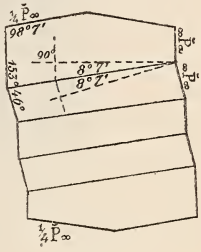

Fig. 4.

Ausser diesen polysynthetischen Bronzitzwillingen, die, wenn auch recht spärlich, man doch nicht oft in einem Schliff ganz vergebens suchen dürfte, kommen, freilich als ganz besondere Seltenheiten — denn in 7 Präparaten wurden nur zwei derartige Beobachtungen gemacht — Contactzwillinge von Bronzit nach dem Gesetz vor: Zwillings- und Verwachsungsebene eine Fläche des Domas $\frac{3}{4}\breve{P}\infty$ (034). Die Fig. 5 stellt den einen derselben dar. Beide Individuen zeigen wieder die gewöhnlichen Eigenschaften des Bronzites, was sich in der Textur, den Einschlüssen, der Spaltbarkeit, der Eigen- und Interferenzfarbe documentirt. Die Spaltungsrisse sind z. Th. ziemlich rauh, zu einem anderen Theile aber sehr scharf und fein; sie gehen parallel den Längsflächen der Individuen. Die einen gehören dem Prisma, die anderen dem

Brachypinakoid zu. Der Schnitt hat den Zwilling parallel oder nahezu parallel dem Makropinakoid getroffen. Bei dem in der Figur senkrecht stehenden Individuum befinden sich oben links und rechts einige Partien, die andere Polarisationsfarben zeigen als das Hauptindividuum. Sie haben durch den Druck an-

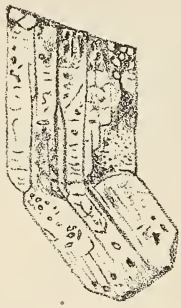

Fig. 5. Vergr. 230.

Fig. 6.

grenzender Gemengtheile eine Verschiebung und dadurch abweichende Orientirung erlitten. Die Auslöschung der beiden Individuen geht parallel den Spaltrissen. Die Zwillingsnaht ist im zerstreuten Licht nicht sichtbar, erscheint aber unter gekreuzten Nicols an der Abgrenzung der verschieden polarisirenden Individuen. In Fig. 6 ist durch die punktirte Linie ihr Verlauf angegeben. Mit Ausnahme einer Ausbuchtung besitzt sie eine gerade Erstreckung. Die gestrichelten Partien in ihrer Nähe bedeuten Bronzitsubstanz, welche ihrer Orientirung nach nicht demjenigen Individuum zugehört, in welchem sie gelegen, sondern dem jenseits der Naht befindlichen. Eine jede Zwillingshälfte besitzt hiernach noch gleich orientirte, also ihr zugehörende Substanz jenseits der Zwillingsnaht im Nachbarindividuum. Diese Thatsache ist von grosser Bedeutung, da sie eine zufällige, sehr innige Aneinanderlagerung zweier Bronzitkrystalle, die mit einer Zwillingsverwachsung nichts zu thun hätte, ausschliesst. Die Richtung der Strichelung in genannten Partien stellt die Auslöschungsrichtung dar. Die Zwillingsnaht halbirt den Winkel, welchen die Brachypinakoide der beiden Individuen einschliessen. Als Mittel mehrerer Messungen ergab sich für denselben der Werth von 133° 50′. Hieraus berechnet sich, dass die Zwillingsfläche mit der Basis einen Winkel von 23° 5′, mit dem

Brachypinakoid einen solchen von 113°5′ bildet. Dies entspricht aber der Lage des Brachydomas $\frac{3}{4}\breve{P}\infty$ (034), so dass wir dieses als Zwillingsfläche und zugleich als Verwachsungsfläche aufzufassen haben. Unter Zugrundelegung des Axenverhältnisses des im Meteoriten von Breitenbach vorkommenden Hypersthens, wie es auf Grund der Messungen Lang's von Brögger und G. vom Rath[1] angegeben wurde ($\breve{a} : \bar{b} : c = 0{,}97016 : 1 : 0{,}57097$) berechnet sich der Winkel von $\infty\breve{P}\infty$: $\infty\breve{P}\infty$ (010 : 010) = 133°58′, von $\infty\breve{P}\infty : \frac{3}{4}\breve{P}\infty$ (010:034) = 113°1′. Diese berechneten Winkel stimmen sehr gut mit den beobachteten überein. Das vorliegende Zwillingsgesetz ist an rhombischen Pyroxenen noch nicht beobachtet worden. Die Fläche $\frac{3}{4}\breve{P}\infty$ (034) wurde meines Wissens bisher nur von G. vom Rath[2] gemessen, und zwar an einem Hypersthen aus dem Trachyt vom Mt. Dore in der Auvergne.

Monokliner Augit mit im Vergleich zum Bronzit weit lebhafteren Polarisationsfarben und mit schiefer Auslöschung wurde nur sehr selten beobachtet. Trotzdem verdient eine Wahrnehmung, nämlich die Verwachsung von monoklinem Augit mit polysynthetisch verzwillingtem Bronzit, eine besondere Erwähnung, weil sie sehr an die durch Trippke[3] bekannt gewordene lamellare Verwachsung von Enstatit mit Diallag (orthopinakoidale Lamellen von Diallag sind parallel dem Makropinakoid des Enstatites in diesen eingeschaltet) aus den Olivinknollen des Gröditzberges bei Liegnitz erinnert.

Noch seltener als monokliner Augit erscheint typischer Plagioklas. Er wurde bei der Durchmusterung von 7 Dünnschliffen nur ein einziges Mal in Gestalt eines kleinen säulenförmigen Individuums beobachtet. In dem deutlichen und scharfen gegenseitigen Absetzen der Zwillingsstreifen, in den Polarisationsfarben gleicht er vollkommen dem lamellar verzwillingten Plagioklas der Basalte und unterscheidet sich deutlich von dem anderen spärlich auftretenden verzwillingten Mineral, dem Bronzit.

Die schon makroskopisch erkennbaren, vollkommen regel-

---

[1] Phil. Mag. 1876, Nr. 12, und Zeitschr. f. Krystall. Bd. I, p. 25 (1877).

[2] Annalen d. Phys. u. Chemie. Bd. 152, p. 29 (1874).

[3] Dies. Jahrb. 1878, p. 673.

losen, oft verzweigten und geschlitzten Conturen des Nickeleisens sind u. d. M. noch genauer zu verfolgen. Die im reflectirten Lichte stark grau glänzenden und infolge der Schleifoperationen gerieften Durchschnitte des Eisens sind öfters theilweise von einem Saume schwarzer, opaker Substanz umgeben, die im reflectirten Licht keinerlei Glanz zeigt (Eisenoxyduloxyd?). In sehr geringer Menge tritt sie hie und da auch allein auf. — Das durch Zersetzung des Eisens gebildete Eisenhydroxyd hat als röthlichgelber Saft die Umgebung des Metalles durchtränkt, wobei die zahlreichen Spaltrisse der benachbarten Mineralien den eisenschüssigen Solutionen den Weg zur Verbreitung leicht vorweisen konnten.

Der Magnetkies unterscheidet sich durch seine bronzegelbe Farbe im reflectirten Lichte leicht von dem grauen metallischen Eisen. Er tritt in unregelmässig gestalteten, zuweilen gruppenweise zusammengelegenen Körnern auf. Wenn er auch öfters Verzweigungen zeigt, so sind diese doch nie so weitgehend und hervortretend, wie dies beim Eisen der Fall ist. Zuweilen sind das Eisen und der Magnetkies mit einander verwachsen. Kommt es hierbei zu Umschliessungen beider Gemengtheile, dann tritt immer das Eisen innerhalb des Magnetkieses auf, nie umgekehrt.

Ein eigenthümliches Mineral, das in seltenen Fällen zwischen den übrigen Fragmenten auftritt und nicht in jedem Präparat zu erkennen ist, hat folgende Eigenschaften. Es ist stets völlig farblos; an einigen Stellen ermangelt es jeder Structur, an anderen zeigt es einige unregelmässige Risse, wobei es den Anschein hat, als lösten sich kleine Blättchen parallel der Schliffebene ab. In einem Falle wurde es als vollkommen isotrop befunden, in den übrigen nimmt man spurenhafte Doppelbrechung und Interferenzfarben in einem sehr schwach dunkelblaugrauen Tone wahr. Die Lichtbrechung ist schwach. Im convergenten Lichte zeigt es die Erscheinungen der optisch zweiaxigen Mineralien. Eine Bestimmung gelang mir nicht. Die Eigenschaften stimmen gut überein mit denjenigen einer Substanz, welche Tschermak[1] beschrieb,

[1] l. c. pag. 11.

aber ebenfalls nicht zu bestimmen vermochte. Wahrscheinlich sind beide identisch.

Von grosser Mannigfaltigkeit in ihrer ganzen Erscheinungsweise repräsentiren sich die Chondren. Von rundlicher oder elliptischer, zuweilen auch unregelmässig höckeriger, mit Aus- und Einbuchtungen versehener Gestalt, sind sie in den meisten Fällen von dem umgebenden Mineralgemenge deutlich abgegrenzt. Ihrer mineralogischen Zusammensetzung und Structur nach können sie in dieselben Hauptabtheilungen rubricirt werden, welche Tschermak in seinem oben citirten Werke angegeben, und von denen jede wiederum in mannigfache, durch die verschiedene Structur bedingte und durch Übergänge verbundene Unterabtheilungen zerfällt.

In der ersten Abtheilung, den Olivinchondren, begegnen wir sowohl mono- als polysomatischen Kugeln, unter ersteren einerseits solchen, die aus einem einzigen, rundlichen compakten Individuum bestehen, andererseits den bekannten „gefächerten“ Chondren mit zwischen den Olivinlamellen eingeklemmter glasiger Basis. Die polysomatischen Olivinkugeln werden am häufigsten durch aggregatförmig sich vereinigende Körner gebildet, wobei nicht selten in der Mitte oder auch excentrisch ein grösseres Individuum liegt, um das sich ein Kranz kleinerer Körner anlegt. Bei dem Aggregat von Körnern begrenzen diese sich gegenseitig direct, oder es drängt sich auch häufig zwischen sie ein wenig graues bis braunes, auch schwärzliches Glas. Nimmt dies an Menge zu, so resultiren die echten porphyrischen und schliesslich, wenn die krystallinischen Gemengtheile zurücktreten, die Glaskugeln. Es kommen aber auch polysomatische Olivinchondren vor, die einen strahligen Aufbau besitzen, indem von einem excentrisch gelegenen Radiationspunkt säulenförmige, sich conisch erweiternde Individuen unter gegenseitiger inniger Berührung ausstrahlen. Doppelchondren dieser Abtheilung sind öfters beobachtet worden. Beispiele sind in meiner ausführlicheren Arbeit abgebildet und beschrieben.

Während ausserhalb der Chondren rundum ausgebildete Krystalle von Olivin nie zur Beobachtung gelangten, konnten sie innerhalb derselben zuweilen wahrgenommen werden. Die

Combinationen sind dann immer einfache und setzen sich aus einem Prisma, dem Brachypinakoid und einem Doma zusammen. Skelettförmige Ausbildungen, wie sie Tschermak[1] abbildet und wie sie vom Verfasser[2] als Krystallgerippe aus syrischen Basaltlaven beschrieben und gezeichnet worden sind, kommen hie und da vor. Corrosionsförmige Einbuchtungen, wie solche an basaltischen Olivinen so häufig auftreten, vom meteorischen Olivin aber nur selten erwähnt werden, wurden in verschiedenen Fällen wahrgenommen. In Bezug auf die Einschlüsse verhält sich der Olivin der Chondren ganz so wie derjenige ausserhalb dieser Gebilde.

Das Glas, welches an der Zusammensetzung der porphyrischen Olivinchondren Antheil nimmt, zeigte mit einer einzigen Ausnahme Krystallisationsanfänge, die hier mehr, dort weniger vorgeschritten sein können. Am häufigsten hat eine körnige Entglasung stattgefunden, stellenweise eine faserige. Von diesen ersten Anfängen der Krystallisation an lassen sich zuweilen Übergänge beobachten zu Mikrolithen, deren Natur bereits bestimmbar ist entweder als Bronzit, wenn lange, dünne, schwach polarisirende Säulen vorliegen, oder als Olivin, wenn lebhaft polarisirende Körner oder Kryställchen auftreten; bei ersteren kommen Durchkreuzungszwillinge vor, unter letzteren erkannte ich Mikrolithe, welche mit den von mir[3] aus syrischen Basaltlaven beschriebenen und abgebildeten skelettartigen Aggregaten grosse Ähnlichkeit besitzen.

Bei der zweiten Hauptabtheilung, den Bronzitchondren, tritt der rhombische Pyroxen als einziger krystallinischer Gemengtheil auf. Kleine monosomatische Bronzitkügelchen sind grosse Seltenheiten. Freilich hat es zuweilen auch ganz den Anschein, als wären Chondren, die jetzt aus einer geringen Anzahl von Bronzitstückchen bestehen, ursprünglich monosomatisch gewesen. Beispielsweise konnte ich ein aus zwei Individuen bestehendes Kügelchen beobachten, bei dem dieselben mit einer gezackten Contur an einander grenzten, die

[1] l. c. Taf. X Fig. 1.

[2] Die basalt. Laven u. Tuffe d. Provinz Haurân etc. Tscherm., Mineral. u. petrogr. Mitth. Bd. VII. p. 487 (1886).

[3] l. c. p. 485 u. Taf. IX Fig. 4 u. 5.

ganz den Eindruck einer Bruchfläche hervorrief und es als wahrscheinlich erscheinen liess, dass durch mechanische Einflüsse das ursprünglich monosomatische Chondrum polysomatisch geworden ist. Kügelchen, welche aus mehreren Bronzitindividuen ohne jegliche Theilnahme einer anderen Substanz bestehen, sind entweder excentrisch dickstrahlig gebaut oder stellen, was häufiger der Fall, ein körniges Aggregat dar. In ihrer Menge werden sie von solchen Bronzitchondren übertroffen, welche aus radial und zwar excentrisch angeordneten Leisten farblosen oder auch durch Einschlüsse vielfach getrübten Bronzites und einer geringen Menge sich zwischenklemmenden Glases sich aufbauen. Auch kommt es vor, dass ein Chondrum aus zwei oder mehreren Büscheln von Pyroxenleisten besteht, die an einander ungefähr in der Weise abstossen, wie bei discordanter Schichtenlagerung das eine Schichtensystem am anderen. Die Bronzitstrahlen gehen in ihrer Stärke bis zu den feinsten haarförmigen Gebilden herab. Chondren dieser Art erwecken bei schwacher Vergrösserung den Anschein, als beständen sie aus einer grauen structurlosen Masse; erst mit Hilfe starker Objective ist der feinstrahlige Aufbau erkennbar, wobei aber das Ganze gleichsam mit einem grauen Schleier durchwoben erscheint, der die Deutlichkeit ungemein beeinträchtigt und welcher von dünnen Häuten grauen Glases herrührt, das sich zwischen die feinen Bronzitstrahlen einschiebt. Eine reichliche Durchstäubung mit feinsten Erzkörnchen ist ausserdem nicht selten zu beobachten. Ein eigenthümlicher Vertreter der strahlig gebauten Bronzitchondren ist in der Fig. 7 wiedergegeben. Wir bemerken im Innern den Durchschnitt einer älteren Oberfläche, einer alten Contur des Kügelchens. Es liegt da also eine Art Wachsthumszone vor, die auf einen erneuten Ansatz von krystallisirender Substanz an ein bereits fertiges Chondrum hindeutet. Die Begrenzung links und rechts ist eine zufällige, durch Abbruch entstanden. Bei einer anderen Gruppe von Bronzitkügelchen vereinigt sich die faserige mit der

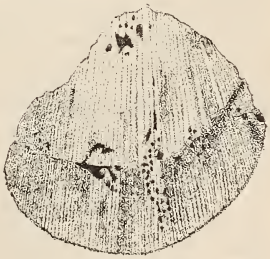

Fig. 7. Vergr. 75.

körnigen Structur, indem Büschel von Bronzitleisten sich um ein grösseres Bronzitchondrum im Innern lagern. Endlich vermag auch die Glassubstanz in grösserer Menge aufzutreten und die Pyroxensäulen in ähnlicher Weise zu trennen, wie dies mit den Olivinbalken der gefächerten Olivinchondren der Fall ist.

Als dritte, nur sehr spärlich vertretene Kategorie von Chondren erscheinen die vorzugsweise aus Glas bestehenden Kugeln. Das Glas wiegt den krystallinischen Gemengtheilen gegenüber nur bedeutend vor, tritt nie ganz allein auf. In der krystallinisch körnig oder faserig entglasten Masse erkannte ich in den wenigen Fällen, die mir überhaupt zu Gesichte kamen, vereinzelte Kryställchen von Olivin, einmal auch eine an der Anordnung der eingestreuten winzigen Erzpartikelchen wahrnehmbare Fluidalstructur. Der chemischen Zusammensetzung nach scheint sowohl Bronzit- als Olivinglas vorzukommen, wie die Entglasungsproducte andeuten. Wenigstens kann man mit einiger Sicherheit die doppeltbrechenden Fasern und Nadeln dem Bronzit, die Körnchen aber dem Olivin zurechnen.

Ein Eisenchondrum wurde nur ein einziges Mal beobachtet und zwar innerhalb der Schmelzrinde.

Als letzte und, was ihre Anzahl betrifft, vorherrschendste Abtheilung von Chondren sind die gemischten anzuführen. An ihrem Aufbau nehmen die beiden krystallinischen Silikate des Meteoriten, Olivin und Bronzit, Theil, wozu sich mehr oder weniger glasige Substanz, metallisches Eisen und Magnetkies gesellen können. In der Regel sind Körner, mitunter auch Kryställchen von Olivin, sowie säulenförmige Fragmente von Bronzit durch eine dunkle, körnig oder faserig entglaste Basis verbunden, die sowohl nur in feinen Häuten, gleichsam als Zwischenklemmungsmasse, als auch in grösserer Menge auftreten kann. Es kommt zuweilen vor, dass die Chondren völlig von compactem Nickeleisen oder auch von Magnetkies umschlossen sind. Die Eigenschaften der im Chondrum gelegenen Olivin- und Bronzitindividuen entsprechen denjenigen der ausserhalb gelegenen Vertreter dieser Minerale. Über das Vorkommen der lamellar verzwillingten Bronzite ist schon oben das Nöthige erwähnt worden.

Habe ich schon bei Darstellung der einfachen Chondren nicht das gesammte Beobachtungsmaterial wiedergegeben, um der Gefahr zu entgehen, zu breit zu werden, so sehe ich mich bei der Charakterisirung der gemischten Chondren noch viel mehr gezwungen, den gleichen Weg einzuschlagen und nur Andeutungen zu geben. Denn der Anblick der gemischten Kügelchen ist je nach der Structur, die durch eine körnige, porphyrische, faserige oder eine Verbindung zweier Arten repräsentirt sein kann, ferner je nach der relativen Antheilnahme der Gemengtheile an der Zusammensetzung ein so mannigfaltiger, dass es zu weit führen würde, wollte man alle die verschiedenen Fälle einzeln namhaft machen. Bei dem Studium eines jeden neuen Präparates wird man Ausbildungen von Chondren wahrnehmen, die man vorher in der Weise noch nicht gesehen. Nur die eine Beobachtung möge noch eine besondere Hervorhebung verdienen, dass nämlich nicht selten in den gemischten Chondren der Bronzit peripherisch, der Olivin central gelegen ist, dass ferner häufig Einschlüsse von Olivinkörnern im Bronzit vorkommen. Es ist dies eine Erscheinung, welche auf die Bildungsperiode beider Minerale (Olivin älter als Bronzit) einiges Licht wirft.

Alle die bisher erwähnten Fragmente von Olivin, Bronzit, die Chondren nebst ihren öfters vorkommenden Splittern, das Eisen und der Magnetkies liegen vollständig regellos und wirr durcheinander; sie gehen zu immer kleiner werdenden Bruchstücken, zu staubartigen Partikelchen herab, welche unter sich und mit den grösseren Fragmenten nicht sehr fest verbunden sind. Dabei findet kein Sprung in der Grösse der Splitter statt, so dass kein Gegensatz zwischen feinem klastischen Staub und etwa darin gelegenen grösseren Fragmenten wahrzunehmen ist.

Werfen wir noch einen Blick auf die Veränderungen, welche in und nahe der Schmelzrinde vor sich gegangen sind. In einem aus dieser Region dargestellten Tangentialschnitt beobachtet man, wie vorauszusehen war, einen viel grösseren Reichthum an opaker Substanz im Vergleich zu den aus grösserer Entfernung (1 cm) stammenden Präparaten. Insbesondere sind es die kleineren Splitter, welche man vergebens wieder sucht; an ihrer Stelle finden

sich schwarze Massen. Die grösseren Fragmente von Olivin, Bronzit und die Chondren, sowie das Eisen sind noch sichtbar, lassen aber z. Th. auch die Spuren der zur Einwirkung gelangten hohen Temperatur erkennen. Der Bronzit ist stärker beeinflusst als der Olivin, indem er in höherem Masse geschwärzt erscheint. Dies bezieht sich auf die Ablagerung opaker Substanz in den zahlreichen Spaltrissen und der Umgebung der Individuen; an letzterem Orte erweckt sie durchaus den Eindruck einer Schmelzmasse. Die Chondren verhalten sich verschieden je nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung. Das Eisen zeigt zum grösseren Theile seine ursprünglich verzweigten Formen noch, der Magnetkies hat dagegen grosse Veränderungen erlitten. Zunächst glaubt man, er sei völlig verschwunden, da man im reflectirten Licht den charakteristischen braunen Metallglanz nicht mehr wahrnimmt: erst bei scharfer Beobachtung erkennt man an einigen opaken Stellen noch kleine Anklänge an die Bronzefarbe. Es stimmen diese Beobachtungen gut überein mit dem verschiedenen Schmelzbarkeitsgrad der vorkommenden Minerale. Der Olivin als schwerst schmelzbarer Bestandtheil ist noch am meisten intact geblieben, der leichter schmelzbare Bronzit zeigt schon intensivere Veränderungen und der Magnetkies, als am leichtesten schmelzbarer Gemengtheil, ist fast völlig der Einwirkung der hohen Temperatur und des Sauerstoffes der Luft unterlegen. Lediglich vom Nickeleisen hätte man eine etwas grössere Veränderung erwarten sollen.

Wenn ich mich mit wenigen Worten noch zur Frage nach der Entstehungsweise der Chondren wenden soll, so sprechen viele Erscheinungen, welche ich im Misshofer Meteoriten zu beobachten vermochte (z. B. die Kügelchen mit Einbuchtungen, das Vorkommen der Doppelchondren und der Kügelchen mit grossen porphyrischen Krystallen im Innern, die Chondren mit Wachsthumszonen und solche, welche im Inneren aus dem älteren Olivin, am Rande aus dem jüngeren Bronzit bestehen, oder die einen faserigen Mantel um einen körnigen Kern besitzen), unter allen neueren Hypothesen am meisten zu Gunsten der Tschermak'schen[1] Theorie, nach

[1] Der Meteoritenfall von Tieschitz in Mähren. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. z. Wien. Bd. 98. Abth. I. p. 580 (1878).

welcher die Chondren als Erstarrungsproducte von in Tropfen zerstäubter Schmelzmasse anzusehen sind. Wenn man bei dieser Theorie von „zerstäubter Schmelzmasse“ spricht, so darf man sich dies freilich nicht in der Weise vorstellen, als sei die Masse stets durch und durch homogen flüssig gewesen, sondern das im Misshofer Meteoriten mehrfach beobachtete Auftreten porphyrischer Chondren, bei welchen der grösste Theil des ganzen Kügelchens von einem einzigen grossen Krystall eingenommen wird, zwingt — wenigstens für den vorliegenden Fall — zu der Annahme, dass im Magma bereits Krystallausscheidungen stattgefunden hatten, bevor der eigentliche Process der Chondrenbildung begann. Somit möchte ich den Tschermak'schen Satz, dass die Eruptionen, welche zur Bildung des meteoritischen Tuffes (Chondriten) führten, „von einer so hohen Temperatur begleitet waren, dass die Mg-Silikate des Olivines und Bronzites als dünnflüssige Massen existirten“ [1] gerne in der Weise beschränkt wissen, dass dies wohl recht häufig der Fall gewesen sein mag, aber nicht immer gewesen zu sein braucht. Im Übrigen halte ich aber die bekannte Tschermak'sche Theorie der Entstehung der chondritischen Meteorsteine für die wahrscheinlichste unter allen anderen, insbesondere gegenüber der Hypothese von Brezina [2], der nach dem Vorgange von Chladni und v. Hoff die Chondrite als lockere, staubartige oder gasförmige Zusammenballungen an den Grenzen unserer Atmosphäre ankommen lässt, in der sie durch eine räthselhafte Explosion eine noch räthselhaftere Zusammenpressung zu einem festen Körper erleiden.

Die auffällige Erscheinung, dass neben gut ausgebildeten Krystallen in den Chondren recht häufig, ja sogar in überwiegender Zahl, auch wirkliche Fragmente derselben Minerale vorkommen, bedarf noch einer Erklärung. Denn zunächst ist es einleuchtend, dass die Krystallbruchstücke nicht in demjenigen Glase sich gebildet haben können, in welchem sie sich jetzt befinden; ihre fragmentaren Formen würden in diesem Falle ganz unverständlich sein; präexistirend müssen sie also

[1] Über den Meteoriten von Mocs. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. z. Wien. Bd. 85. Abth. II. p. 205 (1882).

[2] l. c. p. 20.

durch eine schmelzflüssige Masse eine nachträgliche Verkittung erfahren haben. Es liegt nahe, sich den Vorgang in der Weise zu denken, dass bei einer hochgradigen Zerstäubung der Schmelzmasse intensive Anpräle der in ihr ausgeschiedenen Krystalle an einander stattfanden, wobei das mitgerissene, glasige Magma noch in einem derart flüssigen Zustand sich befand, dass es die Bruchflächen der Krystalle wieder zu umschliessen vermochte. War ihre Menge gegenüber den Fragmenten eine geringe, dann konnte es wohl auch vorkommen, dass sie dieselbe nur theilweise, einseitig umgab, wie dies thatsächlich bei einigen Chondren beobachtet werden konnte. Nebenstehende Fig. 8 stellt ein Beispiel derselben dar: Ein grosser, oben abgebrochener Olivinkrystall, einen sehr beträchtlichen Theil des Chondrums einnehmend, ist nur zum grösseren Theile, nicht vollständig, von einem Gemenge von Olivinfragmenten mit zwischengelagertem schwarzem Glase und ein wenig Magnetkies umgeben. Für die Theorie der Verkittung von Krystallen und Fragmenten durch Schmelzmasse spricht des Ferneren die eine Beobachtung, dass das Magma an solchen Stellen des Chondrums, wo es sich in enge Klüfte innerhalb der Krystalle oder Körner gedrängt hat, zu schwarzem Glase schnell erstarrt ist, während es in einiger Entfernung davon, woselbst es in grösserer Menge vorhanden, strahlig sich entwickelt und Veranlassung zur Bildung von faserigem Bronzit mit eingestreuten Stäubchen metallischen Eisens gegeben hat.

Fig. 8. Vergr. 90.

Chemische Untersuchung des Meteoriten.

Behufs chemischer Untersuchung des Misshofer Meteoriten war von Herrn Director Schweder Material desselben Herrn Magister Johanson in Riga übergeben worden, noch bevor der Meteorit zu mir gelangte. Die mir gefälligst mitgetheilten Resultate der Analyse, über deren Gang Herr Mag. Johanson in den „Arbeiten des Naturforscher-Vereins zu Riga“ N. F. Heft 7 besondere Mittheilungen macht, sind folgende:

	A	B	C	D	E	F
	Durch Wasser extrahirbar	Durch $HgCl_2$ bestimmt	Durch HCl (1,075 sp. G.) gelöst	Durch HFl + H_2SO_4 gelöst	Aus der Soda-Salpeter-Schmelze	In gesonderter Bestimmung.
Fe_7S_8	—	0.5427	—	—	—	—
FeS	—	5.7497	—	—	—	—
Fe	—	14.8057	—	—	—	—
Ni	—	1.2657	—	0.0845	—	—
Mn	—	0.2763	—	—	—	—
Cu	—	—	0.0927	0 0991	—	—
SnO_2	—	—	0.15o2	—	—	—
FeO	—	—	8.7170	2.9791	0.1532	—
MgO	Spur	—	15.0428	4.2919	—	—
MnO	—	—	0.9721	3.3997	—	—
Al_2O_3	—	—	0.2303	0.0621	—	—
Cr_2O_3	—	—	0.8772	0.1983	0.2924	—
K_2O	Spur	—	0.7931	0.3385	—	—
Na_2O	Spur	—	1.4179	2.5235	—	—
Cl	0.0071	—	—	—	—	—
SiO_2	Spur	—			—	34.9646
	0.1242	22.6401	28.2993	13.9767	0.4456	34.9646

Sa. 100.4505.

Da wegen des auffallend hohen, nicht discutirbaren Mangan- und Alkaligehaltes die Resultate dieser Analyse nur als vorläufige hingestellt werden können, so dass eine Wiederholung der gesammten Analyse höchst wünschenswerth, ja nothwendig erscheint, so will ich auch an diesem Orte nur mit wenigen Worten auf sie eingehen, während in der ausführlicheren Abhandlung sie des Näheren besprochen worden ist.

Zunächst fällt in die Augen, dass der gefundene Gehalt an Magnetkies (Fe_7S_8) und Troilit (FeS) weder dem makroskopischen noch dem mikroskopischen Befunde entspricht, die beide mit Sicherheit vorzüglich Magnetkies erkennen lassen. Dass dieser in grösserer Menge als in der Analyse angegeben ist, vorhanden sein muss, geht auch aus dem Verhalten des Meteoritenpulvers gegen HCl hervor. Der Versuch zeigt, dass schon in der Kälte eine merkliche Schwefelabscheidung neben der Entwicklung von H_2S stattfindet. Das abweichende Ergebniss der Analyse muss daher auf Rechnung

der unzureichenden Methode von E. Schmidt[1], nach welcher gearbeitet worden ist, und auf deren Unzulänglichkeit schon Rammelsberg[2] hingewiesen, gesetzt werden.

Unter der Annahme, dass das Cu aus Rubrik C und D, sowie das Sn aus C und das Ni aus D nicht den Silikaten eigenthümlich, sondern den in ihnen staubförmig eingeschlossenen Metallen und Erzen zugehört, und unter Berechnung des Gesammtschwefels auf $Fe_7 S_8$ kommt man zu folgendem Ergebniss des metallischen Antheiles im Meteoriten:

$Fe_7 S_8$	5.82	= 5.82 %	Magnetkies
Fe	16.29	= 17.95 %	Nickeleisen
Ni	1.35		
Cu	0.19		
Sn	0.12		
	Sa.	23.77 %	

Auf 100 berechnet, ergiebt sich für das Nickeleisen folgende Zusammensetzung: Fe 90.75; Ni 7,52; Cu 1.06; Sn 0.67. Der relativ recht hohe Cu- und Sn-Gehalt lässt es nicht ganz ausgeschlossen erscheinen, dass ein Theil des Cu und Sn doch den Silikaten selbst zugehört.

Bei dem Bestreben, die Zusammensetzung der Silikate in Rubrik C und D zu berechnen, wird zunächst der Umstand als ein sehr bedauerlicher empfunden, dass die an die Basen in C einerseits und in D andererseits gebundene $Si O_2$ nicht gesondert, sondern nur die Gesammtmenge der $Si O_2$ in einer anderen Portion des Meteoritenpulvers (Rubrik F) bestimmt worden ist. Unter Herbeiziehung der mikroskopischen Analyse, welche ergiebt, dass in C hauptsächlich die Bestandtheile des Olivins, in D diejenigen des Bronzites zu finden sein werden, kann allerdings eine Vertheilung des Gesammtkieselsäuregehaltes auf C und D durchgeführt werden, aber selbstverständlich nicht mit einer wünschenswerthen präcisen Genauigkeit, da derjenige Antheil des von H Cl ja nicht völlig

[1] Archiv f. d. Naturkunde Liv-, Est- u. Kurlands. I. Ser. Bd. III. p. 463.

[2] Monatsber. d. Akad. d. Wiss. z. Berlin 1870, p. 442, und Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. 18. p. 691.

Eine exactere Bestimmungsmethode des Gehaltes an Magnetkies und Troilit in Meteoriten gab neuerdings Friedheim an (Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. z. Berlin 1888. p. 346).

unangreifbaren Bronzites, welcher in der HCl-Lösung sich befindet, unbekannt ist. Aus diesem Grunde möge auch hier von einer Wiedergabe der Analysendiscussion abgesehen und nur noch einige Gesammtresultate derselben angegeben werden, welche darin bestehen, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit der Olivin des Meteoriten folgende Mischung darstellt: $\left\{ \begin{matrix} 3\ Mg_2 Si O_4 \\ Fe_2 Si O_4 \end{matrix} \right\}$, dass ferner die Deutung des hohen Gehaltes an Alkalien und $Cr_2 O_3$ in Rubrik C, sowie an MnO und Alkalien in Rubrik D jedes Anhaltes der Beobachtung ermangelt und unmöglich ist, und dass endlich als vorläufige Zusammensetzung des Meteoriten sich ergeben hat:

Nickeleisen	17.95
Magnetkies	5.82
In HCl lösliche Silikate (davon ca. 37 % Olivin)	46.52
In HCl unlösliche Silikate (darunter hauptsächlich Bronzit, sehr wenig monokliner Augit, Spuren von Plagioklas)	29.26
Chromeisenerz	0.45
In Wasser lösliche Substanzen	0.12
	100.12

Riga, Mineral. Institut des Polytechnikums, September 1891.

Nachtrag.

Herr Professor Dr. E. Mach hatte die Freundlichkeit — wofür ihm auch an dieser Stelle mein verbindlichster Dank ausgesprochen werden mag —, mir eine durch seinen Sohn. Herrn stud. med. L. Mach, nach neuen Methoden[1] hergestellte Photographie der an einem schneller als der Schall sich bewegenden Projectil haftenden stationären Luftwellen zu übersenden. Die Photographie lässt die Erscheinungen in so vorzüglicher Weise erkennen. dass ich es für angezeigt halte, dieselbe in einer Reproduction (Lichtdruck, Taf. III) den sich dafür interessirenden geologischen Fachkreisen hier

[1] Vorläufiger Bericht in: Sitzungsber. d. math.-naturw. Cl. d. Akad. d. Wiss. in Wien vom 5. Nov. 1891 (Sonderabdruck a. d. akademischen Anzeiger Nr. XXII).

zu unterbreiten. Wir erkennen an derselben mehrere Luftwellen: am stärksten erscheint die Kopfwelle, etwas schwächer eine in der Mitte des Geschossmantels anhaftende Welle, während am Ende des Projectiles eine dritte, die schwächste Welle ansetzt. Im Schusscanal sind die wirbelartigen Luftbewegungen deutlich zu erkennen. Vom Kopfe des Geschosses aus erstreckt sich über die vordere Hälfte des Mantels — soweit wenigstens in der Photographie sichtbar und sich z. Th. dunkel von der Umgebung abhebend — eine Partie bewegter Luft, welche denjenigen Luftströmungen wohl entspricht, die bei den Meteoriten die Bildung der Schmelzstreifen hervorruft. Die beiden senkrechten schwarzen Striche bezeichnen die Lage der Drähte, welche zur Auslösung der Momentbeleuchtung dienen. Die annähernd concentrischen Bogen, welche die Luftwellen durchschneiden, stellen die von den Drahtlagen reflectirten Kopfwellen (Schallwellen) dar.

Herr Professor Dr. Mach sprach sich ferner nach Kenntnissnahme meiner in den „Arbeiten des Naturforscher-Vereins zu Riga“ (N. F. 7. Heft) erschienenen Abhandlung brieflich über die Erklärung der Schallphänomene bei Meteoritenfällen aus. Da seine Mittheilungen z. Th. die Bestätigung, z. Th. wünschenswerthe Erweiterungen an der oben auseinandergesetzten Theorie enthalten, so will ich in Folgendem das Diesbezügliche daraus veröffentlichen, wozu mir der Autor die Einwilligung freundlichst ertheilt hat. Derselbe schreibt:

„Ich bin der Überzeugung, dass Ihre Erklärung der Schallphänomene die richtige ist. Die Haidinger'sche Erklärung halte ich physikalisch für ganz unmöglich, schon vor jeder Beobachtung. Der Luftwiderstand ist von der Geschwindigkeit abhängig, wächst und verschwindet mit dieser. Es ist also unmöglich, dass ein Körper durch den Luftwiderstand zum Stillstand kommt. Die Geschwindigkeit kann nur stationär werden, so weit abnehmen, dass die bewegenden Kräfte dem Luftwiderstand das Gleichgewicht halten. Hierbei könnte sich aber das vorausgesetzte Vacuum nur ganz allmählich vermindern.

Die Erklärung von Bosscha ist einigermassen ähnlich derjenigen, welche die Artilleristen vorbrachten, bevor sie an die Existenz der Kopfwelle glauben wollten. Die letztere

dürfte nun bald allgemein zugegeben werden, nachdem Capitän F. Gossot[1] (z. Z. in Dakar, Sénégal) die mechanischen Wirkungen der Kopfwelle in sehr praktischer Weise zu Bestimmungen von Projectilgeschwindigkeiten — mit Vermeidung des leidigen Drahtgitters — angewendet hat. Hierdurch sind diese Messungen von der Elevation ganz unabhängig geworden. Gossot's Apparat registrirt einen Kopfwellenstoss (-Knall), dann eine Pause, dann erst den Knall des Schusses (der Pulverexplosion). Der Schall des letzteren kommt mit der normalen oder fast normalen Schallgeschwindigkeit nach der rascher fortschreitenden Kopfknallwelle an. Schon Capitän Journée hat (1888) den vorausgehenden Kopfwellenknall durch das Ohr von dem nachfolgenden Knall des Schusses unterschieden.

Auch der Orgelton Ihres Meteoriten hat bei den Projectilen sein Entsprechendes. Bei einer Probe mit der 50 cm-Kanone bei Krupp hörte ich deutlich, so lange das Projectil im Fluge war, einen tiefen, brummenden Ton, wie von einer grossen Orgelpfeife. Derselbe trat stossweise auf, als das Projectil mehrmals am Boden aufschlug und sich wieder erhob. Der Ton dürfte sich am besten durch die periodischen Bewegungen des Projectiles (Präcession und Nutation) erklären.

Ähnliche Bewegungen, auch ohne absichtliche Einleitung einer Rotation, müssen auch am Meteoriten vorkommen, da derselbe nicht genau kugelförmig und sein Schwerpunkt nicht im Centrum ist. Der Meteorit muss, glaube ich, wie ein Pfeil mit dem Schwerpunkt vorausfliegen und hierbei wie ein Pendel um eine durch denselben quer zur Tangente der Flugbahn hindurchgelegte Axe oscilliren. Die periodischen Änderungen des Querschnittes, welche hiermit verbunden sind, erklären den Ton ausreichend.

Es scheint, dass man die von Strouhal früher als „Reibungstöne" benannten Töne auch ohne Reibung erklären kann, dass vermöge der Labilität des hydrodynamischen resp. aërodynamischen Zustandes solche Töne auftreten müssen. Die Arbeit von Dr. van Schaik („Über die Tonerregung in Labialpfeifen". Rotterdam 1891), sowie noch nicht publicirte

[1] Mémorial de l'Artillerie de la Marine, 1891.

Versuche meines Sohnes über Luftstromlinien scheinen dies zu beweisen."

Soweit die interessanten Mittheilungen Herrn Professor Mach's, denen ich wenig hinzuzufügen habe. Ich möchte jedoch im Anschluss hieran nicht unterlassen, auf eine Beobachtung hinzuweisen, die man heutzutage leicht auf den deutschen Militärschiessständen ausführen kann, und die anzustellen ich im vergangenen Sommer die Gelegenheit hatte. Das im Gebrauch befindliche Infanterie-Gewehr (Mod. 88) verleiht bekanntlich dem Geschoss eine sehr bedeutende Geschwindigkeit (620 m am Anfang), die grösser als die normale Schallgeschwindigkeit ist. Wenn es nun einmal geschieht, dass ein schlechter Schütze zu kurz schiesst, so dass die Kugel die Scheibe nicht erreicht, sondern schon vorher auf der Schussbahn in den Boden dringt, dann vernehmen die seitlich der Scheibe in Deckung stehenden „Anzeiger" den abgegebenen Schuss nur undeutlich, bei weitem nicht in der Schärfe, wie wenn in einem anderen Falle das Projectil die Scheibe erreicht. Die „Anzeiger" deuten im ersteren Falle die Schallwahrnehmung immer in der Weise, dass sie annehmen, auf einem entfernteren Stande sei geschossen worden, und sie treten daher aus ihrer Sicherung nicht hervor, wie es nach jedem auf ihrem Stande abgegebenen Schuss behufs Angabe des Treffresultates zu geschehen hat — resp. sie ziehen die Scheibe behufs Untersuchung des Treffers nicht zu sich herein[1]. Diese Thatsache, welche man bei dem früheren Ge-

[1] Herr Hauptmann v. Suckow in Dresden, welcher auf meine Bitte hin die Versuche nochmals praktisch ausprobirte, obgleich er dieselben Beobachtungen ebenfalls schon oft gemacht hatte, theilte mir mit, dass Schüsse, die noch 50 m vor der Scheibe aufgeschossen werden, einen schwächeren, dumpferen und weniger scharfen Knall in der Zielerdeckung vernehmen lassen als solche, welche die Scheibe oder den Kugelfang erreichen.

Für die dargelegten Beobachtungen ist auch ein Versuch Mach's (E. Mach u. L. Mach, Weitere ballistisch-photographische Versuche, l. c.) von Interesse, bei welchem die Kopfwelle abgefasst werden konnte, wenn das Projectil durch einen Carton geschossen wurde. Hinter demselben bildete sie sich von neuem. Dies geschah nicht, wenn das Projectil sitzen blieb.

Dass die Kopfwelle zugleich Knallwelle ist, geht ferner ganz eclatant aus den Versuchen hervor, die neuerdings sowohl im Lager von Chalons als auch auf dem Krupp'schen Schiessplatz bei Meppen angestellt worden

brauche des Mauser-Gewehres (Mod. 71/84), bei dem die Projectilgeschwindigkeit wesentlich geringer war (400 m Anfangsgeschwindigkeit), nicht in dieser Art beobachten konnte, ist ein eclatanter Beweis für die Natur der Kopfwelle als Schallwelle. Mit dem Eindringen des Geschosses in den Boden wird natürlich die Existenz der stationären Kopfwelle vernichtet. Ein vom Boden vielleicht reflectirter oder nicht absorbirter Rest des Mantels der hyperboloidischen Kopfwelle, der sich mit der gewöhnlichen Schallgeschwindigkeit weiter fortpflanzt, wird sich bald verlieren, und die „Anzeiger" vernehmen nur den Knall der darauf folgenden Explosionswelle, der beim Infanterie-Gewehr (Mod. 88) nicht besonders stark, jedenfalls viel schwächer ist als einerseits die Schallwirkung der Kopfwelle beim Projectil desselben Gewehres, und andererseits als der Knall der Explosionswelle bei dem früher im Gebrauch befindlichen Mauser-Gewehr.

Vereinigen wir die Resultate der vorzüglichen Experimente Mach's mit den Versuchen von Gossot, den Wahrnehmungen Journée's und den Beobachtungen bei den Schiessversuchen mit dem neuen Infanterie-Gewehr, sowie den Kanonen, so wird wohl kaum noch Jemand an der Existenz der Kopfwelle und insbesondere an deren Natur als Knallwelle zweifeln können,

---

sind (Referat im Militär-Wochenblatt, Berlin 1889, No. 94 und Deutsche Heereszeitung, Berlin 1889, No. 95). Es zeigte sich, dass die Schallgeschwindigkeit des Knalles beim Abfeuern von Kanonen ganz abhängig ist von der Geschwindigkeit des Geschosses, sofern diese nur grösser ist als die normale Schallgeschwindigkeit. Man beobachtete Werthe der Schallgeschwindigkeit bis 620 m/sec. Dieselbe nahm ab mit der grösser werdenden Entfernung des Beobachters. Ein Beschuss mit der schnellfeuernden 6 cm-Kanone L/40 zeigte z. B., dass, während man bei 603 m Anfangsgeschwindigkeit und 552 m Entfernung des Beobachters eine mittlere Geschwindigkeit des Schalles von 620 m erhielt, die letztere auf 1029 m 512 m und auf 1500 m 470 m betrug. Bringt man die Geschwindigkeit des Geschosses in dem Augenblick des Verlassens der Mündung durch ein Hinderniss auf Null, dann pflanzt sich der Schall mit der Geschwindigkeit von 333 m fort und zwar in der nämlichen Weise, wie wenn man eine Platzpatrone abgefeuert hätte (man hört also nur den Explosionsknall).

Interessant auch für die Theorie der Schallphänomene bei Meteoritenfällen ist die Wahrnehmung, dass einem seitwärts der Flugbahn stehenden Beobachter der Schall nicht von der Waffe selbst herzukommen scheint, sondern vielmehr von der Stelle der Flugbahn, welche ihm am nächsten liegt.

während dies nach der Veröffentlichung der ersten Versuche Mach's so vielfach geschah. Der Eingangs durchgeführten Verwerthung all dieser Beobachtungen auf die Beantwortung der Frage nach der Ursache der Schallphänomene bei Meteoritenfällen wird bei so starken Stützen, welche die neue Theorie besitzt, wohl auch, wie ich hoffe, wenig Misstrauen entgegengebracht werden.

Wenn wir somit heute die Ursache der Hauptdetonation bei Meteoritenfällen nicht mehr in den Vorgängen hinter — wie dies bis zur Zeit die allgemein acceptirte Anschauung war — sondern in den Vorgängen vor dem Meteoriten erkennen, so halte ich es für sehr angebracht, an dieser Stelle eines Forschers zu gedenken, der in dieser Allgemeinheit die gleiche Anschauung schon vor 27 Jahren aussprach, wenn er auch natürlich im Speciellen den wahren Vorgang nicht erkennen konnte. In seiner Abhandlung über die Bahn des bekannten Pultusker Meteoritenschauers in der Atmosphäre schreibt Professor Dr. Galle[1]: „Im übrigen bleibt bei diesen Erörterungen über die Schall-Erscheinungen einigermassen unentschieden, ob dieselben durch das Vacuum nach dem Meteor oder durch die heftige Compression und nachherige Expansion der Luft vor demselben erzeugt werden. Die grössere Wahrscheinlichkeit hat wohl letzteres für sich: da nur so die Hemmung der Geschwindigkeit und das Ausgehen des Schalles von einem bestimmten Punkte, die Detonation, erklärt wird, während das weit fortgehende Vacuum einen continuirlichen Ton (Sausen) erzeugen würde. Auch dürfte die Ausfüllung eines kleinen Vacuums durch den einfachen Druck der umgebenden (und in den oberen Regionen überdem sehr verdünnten) Atmosphäre nicht fähig sein, eine gleich starke Detonation zu erzeugen, wie die plötzliche Expansion der auf das äusserste comprimirten Luftmasse, welche vor dem Steine anzunehmen ist und von welcher derselbe endlich gehemmt und zurückgeworfen wird.“ Wie man erkennt, sind hier ganz richtige Anschauungen mit solchen, die mechanisch gänzlich unhalt-

[1] Über die Bahn des am 30. Januar 1868 beobachteten und bei Pultusk im Königr. Polen als Steinregen niedergefallenen Meteors durch die Atmosphäre (Abhandl. d. schlesischen Ges. für vaterländische Cultur, 1868, p. 109).

bar sind, vermengt. Letztere ergeben sich aus dem Umstande, dass Galle es nicht vermochte, sich von der Haidinger'schen Theorie des durch den Luftwiderstand zum Stillstand kommenden Meteoriten zu emancipiren. So ist es zu erklären, dass er an anderer Stelle (l. c. p. 108) schreibt: „Der Luftwiderstand wird jedoch für alle Steine schon in etwa 5 Meilen Höhe ein so grosser, dass hier die letzte und allgemeine Hemmung stattfindet, vermöge deren auch die grösseren Steine ihre planetarische Geschwindigkeit verlieren und von den von ihnen comprimirten Luftmassen wie von festen elastischen Flächen zurückprallen, während diese dann sich plötzlich wiederum ausdehnend die Detonationen erzeugen." Hätte Galle schon in damaliger Zeit Kenntniss von der Existenz einer Kopf-Knallwelle haben können, so hätte er keinen grossen Schritt zur richtigen Erklärung der Meteoriten-Schallphänomene haben auszuführen brauchen.

Riga, Polytechnikum, December 1891.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: 1892

Autor(en)/Author(s): Doss Bruno

Artikel/Article: Ueber den Meteoriten von Misshof in Kurland und die Ursachen der Schallphänomene bei Meteoritenfällen im Allgemeinen 71-113