

# Ueber Magnetismus in akustischer Beziehung

von

**Dr. J. S. C. Schweigger.**

---

Erster Hauptabschnitt.

## Ueber das Verhältniss des Magnetismus zur Tonerregung.

### *I. Ton im Verhältnisse zur Elasticität.*

Während man den Ton abzuleiten pflegt aus dem Principe der Elasticität, wodurch Schwingungen in den mechanisch erschütterten Körpern veranlasst werden, so stellt sich eine eigenthümliche Unabhängigkeit dar des longitudinalen Tones von der Elasticität der gespannten Saite, in welcher er durch Streichen mit dem Violinbogen der Länge nach hervorgebracht wird. Man kann nämlich die Saite bedeutend anspannen und abspannen, wodurch der transversale Ton ein ganz anderer wird, während der longitudinale Ton bis zu einer gewissen Grenze unverändert bleibt. Ebenso kann man bei longitudinal tönenden Glasröhren diese bis zur Erweichung des Glases erhitzen, ohne dass dadurch der Ton eine Aenderung erleidet. — Nicht sowohl von der Elasticität, als von der molecularen (d. h. chemischen und krystallinischen) Natur des klingenden Körpers ist also der longitudinale Ton abhängig. Und wenn CHLADNI ausdrücklich hervorhebt, dass „von den qualitativen Verschiedenheiten der Klänge (im Französischen *timbre*) das Wesentliche noch unbekannt sei“: so ist doch nicht zu leugnen, dass dieses Qualitative gleichfalls begründet in der molecularen (d. h. chemischen und krystallinischen) Natur der klingenden Körper. Wenn nun diese qualitativen Beziehungen, von welchen der Ton abhängt, ebenso durchgreifend sind als die quantitativen, zunächst den Pendelschwingungen in Abhängigkeit von der Elasticität des transversal schwingenden Körpers sich anschliessenden, wobei die Elasticität an die Stelle tritt der auf den Pendel wirkenden Schwere: so möchte man glauben, dass die von Elasticität mehr unabhängigen Longitudinalschwingungen sich vorzugsweise der qualitativen Seite des Tones anschliessen. Und weil das Qualitative und Quantitative gegenseitig unzertrennlich, so wird es wahrscheinlich, dass ein durchgreifender

Zusammenhang zwischen longitudinalen und transversalen Schwingungen bei der Tonerregung nachweisbar sein möge. Wenigstens werden wir aus diesem Gesichtspunkte speciell aufgefordert, unsere Aufmerksamkeit dem Zusammenhange zu schenken zwischen longitudinalen und transversalen Schwingungen der Körper, obwohl bald mehr die longitudinale, bald mehr die transversale Schwingung hervortritt.

## II. Durchgreifender Zusammenhang zwischen longitudinalen und transversalen Schwingungen.

Was die Orgelpfeifen anlangt, so ist bekannt, dass der Ton vorzugsweise von der Länge, nicht von der Dicke der Orgelpfeife abhängt. Doch hat auch dies eine gewisse Grenze, und SAVART namentlich hat darüber Versuche angestellt, dass Orgelpfeifen bei grösserem Durchmesser ihren vorzugsweise durch die Länge bestimmten Ton abändern. Es ist also ein Zusammenhang dargethan zwischen longitudinaler und transversaler Schwingung, obwohl bei den Blasinstrumenten der Einfluss der longitudinalen Schwingungen vorherrscht. Indess deutet schon die Querflöte auf Verbindung transversaler Schwingungen mit den longitudinalen hin, und dasselbe stellt sich recht vor Augen bei den Zungenpfeifen, wo sogar der longitudinale und transversale Ton durch gegenseitige Einwirkung sich compensiren können, wie WEBER in seiner Abhandlung über Zungenpfeifen nachgewiesen.

Dass auch bei den Transversalschwingungen der Saiten der longitudinale Ton nicht ganz ohne Einfluss sei, zeigt der bekannte Versuch mit dem Flageoletton, der hervorgebracht wird, wenn man eine Stelle der Saite bloß leise berührt. Wenn diese Stelle z. B. den vierten Theil der Saitenlänge bezeichnet, so werden Papierstreifchen, auf die Grenzen der drei andern Abtheilungen gelegt, nicht abfliegen bei Erregung des Tones, während zwischenliegende Papierstreifchen abgeworfen werden. Deutlich also stellt sich neben der angeregten transversalen Schwingung die longitudinale dar. Ebenso sprechen die Chladni'schen Klangfiguren für Verbindung der transversalen und longitudinalen Schwingungen. Denn davon ist es abzuleiten, dass namentlich in runden Scheiben stets die entstehende Figur eine mit zwei theilbare Seitenzahl darstellt. Die transversale Schwingung ruft nämlich eine longitudinale hervor, welche auf der entgegengesetzten Seite dieselbe transversale Schwingung wieder anregt.

Auch hat SAVART \*) durch longitudinale Töne, die er bei dem Anstreichen von Glasröhren hervorbrachte, in welche Sand gestreut war, dargethan, dass die Schwingungen in longitudinal tönenden Röhren sich schraubenförmig fortpflanzen, entweder rechts oder links, oder auch, von der Mitte aus betrachtet, bei einer Hälfte in rechts, bei der andern in links gewundener Linie. Und unmittelbar daran reihen sich die Untersuchungen von FERMOND \*\*), worin gezeigt

\*) *Ann. de Chim. et de Phys.* XXIV. u. XXV., vergl. *Journ. d. Chem. u. Phys.* Bd. XXXIV. S. 357—428 u. Bd. XXXV. S. 257—310.

\*\*) *Comptes rendus de l'Académie* tom. XVII. p. 800 u. XVIII. p. 171. übers. in *Poggend. Ann.* Bd. LXII. S. 576 u. 580 ff. (Vgl. in *Dove's Repertor. d. Phys.* Bd. VIII. Abschnitt 21. die Bemerkungen von A. SERBECK S. 16.)

wird, dass auch in der Luft (erkennbar durch die Bewegung des Rauches) sich die Töne spiralförmig fortpflanzen. Und FERMOND spricht es geradezu aus, dass seine Versuche ihn zu der Annahme veranlassen, die „Spiralbewegung sei wesentlich bei der Tonbildung.“ Selbst zugleich eintretende Bewegungen rechts und links liessen sich nachweisen. Um so bedeutsamer müssen diese Beobachtungen darum erscheinen, weil, wenn longitudinale und transversale Schwingungen unzertrennlich von einander sind, daraus als nothwendige Folge die Fortpflanzung des Tones in Spiralen hervorgeht.

### III. Von gegenseitigen Beziehungen zwischen magnetischen und akustischen Gesetzen einleitungsweise.

Wenn den eben erwähnten Versuchen FERMOND's gemäss die spiralförmige Fortpflanzung wesentlich ist für Tonerregung, und sogar gleichzeitig rechts und links gewundene Spiralen auftreten, so werden wir dadurch an Gesetze erinnert, die bei dem Elektromagnetismus sich darstellen, wo beständig spiralförmige Bewegungen rechts und links gleichzeitig vorkommen.

Auch in anderer Hinsicht erinnert uns die Fortpflanzung des Tones an die Gesetze des Magnetismus, wenn wir an die Versuche von KOHN denken (in DINGLER's polytechn. Journ. CXXIV. 466, entlehnt aus der Zeitschr. des österr. Ingenieur-Vereins 1852 No. 5). Nämlich eine Eisenstange von 9' Länge und 1" Dicke leitet den Schall z. B. einer am Ende der Stange befestigten Taschenuhr in der Art, dass man, mit dem entgegengesetzten Ende der Stange die Zähne berührend, genau die Schläge der Uhr wahrnimmt. Wird die Stange in diesem Contact in der Mitte ihrer Länge erhitzt, so wird der Schall bis zum Grade der Blauhitze immer wahrnehmbarer; darüber erhitzt, nimmt das Schallleitungsvermögen bis zur Rothglühhitze wieder ab, wo jede Spur einer Schallwahrnehmung verschwindet. Beim Erkalten wird der Schall wieder wahrnehmbar, seine Intensität wächst bis zum Grade der Blauhitze, wo er am stärksten ist, und nimmt sodann bis zur gänzlichen Erkaltung fortwährend ab, mit der er die ursprüngliche Stärke genau wieder erreicht. — Und damit hängt zusammen, was DE LA RIVE beobachtete\*), dass in weichen Eisensaiten die Tonintensität bei dem Durchgange des unterbrochenen Stromes durch die Saite erhöht wird, wenn der Strom stark genug, um die Saite leicht zu erwärmen. Auch wenn die Saite erhitzt wurde, verstärkte sich zuerst der Ton, wurde aber schwächer, sobald sie zu glühen begann. Man wird sich dabei erinnern an die bekannten Versuche über Einwirkung des Erdmagnetismus auf Eisenstangen, welche erhöht wird durch die Erhitzung der Stange bis zu einem gewissen Punkte, während

\*) S. dessen Abhandlung *des moments vibratoires qui déterminent des courants électriques*. Arch. de l'Électr. V. 200. und vergl. den daraus gegebenen Auszug in der „Darstellung der Fortschritte der Physik im Jahre 1845 von der physikalischen Gesellschaft in Berlin“ S. 147.

grössere Erhitzung die Aufnahme des Erdmagnetismus schwächt und endlich bei starkem Glühen ganz aufhebt.

Anmerkung. Es ist, da wir hier blos einleitungsweise sprechen, in diesem Zusammenhang ein flüchtiger Ausdruck zu erwähnen, welcher bei der Beschreibung der berühmt gewordenen Versuche vorkommt, die am 21. und 22. Junius 1822 zwischen Montlhery und Ville-Juif über die Fortpflanzung des Schalles angestellt wurden (*Ann. de Chim. et de Phys.* 1822. tom. XX. p. 210—223). Es heisst daselbst: „Zu Ville-Juif hörten wir, PRONY, MATTHEU und ich (ARAGO) alle Kanonenschüsse von Montlhery vollkommen deutlich, erfuhren aber am folgenden Tage nicht ohne Erstaunen, dass die Kanonenschüsse von unserer Station kaum vernehmbar waren an der andern. Und doch war das Wetter heiter und windstill. Die Distanz zwischen beiden Stationen betrug 9549,6 Toisen. Auffallend aber sind die Unterschiede in der Fortpflanzung des Schalles, je nachdem er von Norden nach Süden oder umgekehrt sich fortpflanzte („*différences si remarquables d'intensité, que les bruits du canon ont toujours présentées suivant qu'ils se propageaient du nord au sud entre Ville-Juif et Montlhery, ou du sud au nord entre Montlhery et Ville-Juif*“). Offenbar ist nicht Gewicht zu legen auf diesen blos flüchtig hingeworfenen auf Nord und Süd sich beziehenden Ausdruck. Jedoch es ist nirgends in der ganzen Abhandlung etwas gesagt zur Aufklärung dieser allerdings sehr befremdenden Anomalie. Vielmehr äussert ARAGO als Berichterstatter, er wolle sich aller Erklärungsversuche enthalten, weil er nichts geben könne als Conjecturen ohne Beweis. Aber es ist auch später kein Erklärungsversuch mitgeteilt und selbst in POUILLET'S Physik wird nur flüchtig diese Anomalie berührt ohne ihr specielle Aufmerksamkeit zu schenken. Was ARAGO ursprünglich im Sinne hatte, sieht man aus folgender Stelle, worin er sich also ausdrückt: „Bei den Versuchen vom 21. Junius war die Kanone zu Ville-Juif unter einem ziemlich grossen Winkel gegen den Horizont geneigt. Da ich mir vorstellte, dass man zum Theile davon die merkwürdige Schwächung ableiten könnte, welche der Schall erlitt bei der Fortpflanzung nach Montlhery hin, so wurde am 22. Junius die Kanone vollkommen horizontal gestellt. Auch an diesem Tage hörten wir, wie am 21., alle Kanonenschüsse von Montlhery überaus deutlich, während zu Montlhery von unsern zwölf Kanonenschüssen nur ein einziger gehört wurde und auch dieser sehr schwach.“— Am Tage zuvor, den 21. Junius, waren von den zwölf Kanonenschüssen in Ville-Juif wenigstens sieben in Montlhery gehört worden. — Man sieht, die Erscheinung ist in mehr als einer Beziehung so auffallend, dass sie alle Aufmerksamkeit verdient. Zunächst bietet sich eine Erklärung dar, wenn man auf die angegebenen Barometerstände achtet, wobei es sich zeigt, dass Montlhery etwas höher liegt als Ville-Juif. Die durch abgeschossene Kanonen in Montlhery angeregte Erderschütterung theilte sich also der Luft mit im ganzen Abhange gegen Ville-Juif hin, und es musste eben dadurch der Ton der Kanonen vernehmbarer werden, während der kleine Abhang von Montlhery bis Ville-Juif gewissermassen ein Hörrohr bildete für die Beobachter in Ville-Juif. Umgekehrt stiess der Schall der Kanonen, die in Ville-Juif losgeschossen wurden, sich offenbar an das aufsteigende Erdreich gegen Montlhery hin, wurde dadurch zum Theil reflectirt und also schwerer wahrnehmbar gemacht für die Beobachter in Montlhery.

Bei Auffassung der räthselhaften Erscheinung einer so viel stärkeren Fortpflanzung des Schalles in der einen als in der andern Richtung habe ich specielle Veranlassung den angegebenen Gesichtspunkt der Beachtung zu empfehlen, da ich in Nürnberg experimentell die Verstärkung der Kanonenschüsse

durch Sprachrohrwirkung vor Augen hatte. Bekannt sind die schönen Thürme Nürnbergs, die, ursprünglich viereckig, in DÜRER'S Zeit einen steinernen Mantel umgelegt erhielten, welcher, da im Sinne der Baukunst gegen oben hin eine schöne Verjüngung stattfindet, für Kanonen, die auf den Thürmen stehen, gewissermassen ein Sprachrohr darstellt. So oft die Kanonen bei Festlichkeiten auf den Thürmen losgeschossen wurden, fühlte man in den umstehenden Häusern so starke Erschütterungen, dass Fensterscheiben dabei zerrissen. Man sah sich zuletzt genöthigt die Kanonen herabzubringen von den Thürmen. Nun zerrissen bei dem Losschiessen derselben nicht mehr die Fensterscheiben in denselben Häusern, wenn gleich die Kanonen ihnen weit näher standen. Offenbar also wurde durch Sprachrohrwirkung\*), welche die schön verjüngten Thürme hervorgebracht, der Erdboden im weiten Umkreise so bedeutend erschüttert.

#### IV. Einige ältere Versuche, wobei unerwartet sich Zusammenhang zeigte zwischen elektromagnetischen und akustischen Erscheinungen.

Zu erinnern ist hier an SEEBECK'S Versuche in seiner Abhandlung über Thermomagnetismus in den Denkschriften der Berliner Akademie vom Jahr 1822 (S. 93 der besondern Abdrücke), wo es heisst: „In Kreisen von Kupfer mit Antimon oder von Kupfer mit Zink wurde bei schneller starker Erhitzung des einen Berührungspunktes von Zeit zu Zeit ein Klang gehört, wobei jedesmal die Magnetnadel, deren Bewegung etwas gestockt hatte, plötzlich weiter rückte und von dem erreichten Stande nicht wieder zurückkehrte. Auch bei der Abnahme der Declination nach ausgelöschten Lampen glaube ich einigemal eine solche plötz-

---

\*) MUSSCHENBROEK hat Recht, wenn er bei dem Sprachrohr ein Hauptgewicht legt auf die Schwingungen der Masse des Sprachrohrs, also auf das resonanzartige Mitklingen des Rohrs. Man kann solches leicht durch einen Collegien-Versuch nachweisen. Wenn man nämlich in ein Sprachrohr eine Taschenuhr hält in der akustisch vortheilhaftesten Lage, so wird man die Schläge der Taschenuhr doch nur schwach durch ein grosses Auditorium vernehmbar machen, so lange die Taschenuhr nicht an einer Stelle das Sprachrohr berührt. Selbst aussen an das Mundstück kann man die Taschenuhr anlegen, und wird grössere Verstärkung dadurch bewirken, als durch den blossen Parallelismus der Schallstrahlen zu erreichen ist, woraus allein man die Wirkung des Sprachrohrs zu erklären sich bemüht. Die Einwendungen, welche MUXCKE in der neuen Ausgabe von GENÈVE'S phys. Wörterb. B. 8. S. 461 gegen MUSSCHENBROEK macht, sind leicht zu beseitigen, wenn man unterscheidet zwischen Wirkung in grösserer und geringerer Ferne. In grösserer Entfernung (auf Schiffen) wird man immer metallene Sprachrohre anwenden, während man blos bei geringerer Entfernung, wo das metallische Rauschen störend wirken kann, Sprachrohre von Pappe anwendet. Wenn das Mitklingen der Masse des Sprachrohrs in Erwägung gezogen wird, im Sinne der MUSSCHENBROEK'Schen Theorie, so leuchtet es ein, warum eine trompetenartige Erweiterung am Ende des Sprachrohrs vortheilhaft wirkt. — Auffallend ist es, dass selbst in CHLADNI'S letzter Schrift: „Kurze Uebersicht der Schall- und Kanglehre, Mainz 1827“ folgende Stelle S. 63 vorkommt: „Zu einem Sprachrohr ist eine abgestumpfte kegelförmige Gestalt am meisten geeignet, weil dadurch die Schallwellen parallel werden.“ Aber sie werden noch in höherm Grade parallel im parabolischen Sprachrohre, das dennoch sich praktisch nicht bewährt hat. Im parabolischen Sprachrohre schlägt nämlich die Schallwelle nur einmal, im kegelförmigen mehrmals an die Seitenwände des Sprachrohrs an, die in resonanzartige Mitschwingung gesetzt werden sollen. CHLADNI fügt bei: „Die trompetenartige Erweiterung, welche gewöhnlich am Sprachrohr angebracht wird, ist nach der Theorie für überflüssig gehalten worden, trägt aber doch nach der Erfahrung viel zur Verstärkung der Wirkung bei.“ Offenbar ist hier von einer blos auf den Parallelismus der Schallstrahlen hinauslaufenden (nach MUXCKE'S Ausdruck „ganz allgemein angenommenen“) Theorie die Rede, welche das Mitklingen des Rohrs, worauf MUSSCHENBROEK schon aufmerksam machte, unbeachtet lässt.

liche Beschleunigung in der nun rückgängigen Bewegung der Magnetnadel bemerkt zu haben, wenn sich jener Klang vernehmen liess. — Selbst anhaltende Töne wurden in einigen jener zweigliederigen Kreise gehört, namentlich in Kreisen von Messing und Zinn, desgleichen von Messing und Blei, wo sogar Doppeltöne, ein sehr tiefer und ein hoher, beide schwach, doch sehr deutlich zu hören waren. Die magnetische Polarisation in diesen beiden Kreisen war dabei sehr schwach; die Declination der Magnetnadel innerhalb derselben betrug nicht über  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Grad.“

Der zu früh verewigte, als Physiker und namentlich auch als Akustiker so ausgezeichnete AUGUST SEEBECK spricht in DOVE'S Repertorium der Physik Bd. VI. S. 56 u. 57 von diesen Versuchen seines Vaters, scheint aber nicht geneigt, auf den Zusammenhang dieser Klänge mit den magnetischen gleichzeitig beobachteten Erscheinungen besonderes Gewicht zu legen, weil hier von thermoelektrischen Ketten die Rede ist, er aber an einzelnen Metallen, namentlich an dicken Zinkscheiben, auch an Eisenblech, Messingblech, an Gusseisen, an Scheiben von Antimon und von Zinn dergleichen Töne beim Erhitzen und Abkühlen ebenfalls bemerkt hatte, während sie jedoch am Zink am leichtesten entstanden. Der Grund ist bei Zink nach seiner Ansicht in dem grossen Ausdehnungscoefficienten und dem krystallinischen Gefüge des Zinks zu suchen, da dieses wegen der ungleichen Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen einen Druck der Theile auch in dem Fall erzeugen muss, wenn die Erwärmung in allen Theilen gleichmässig geschieht; beim Eisen muss dieser durch ungleiche Erwärmung der Theile bedingt sein.“ — „Die von T. J. SEEBECK,“ fügt er bei, „an thermomagnetischen Apparaten wahrgenommenen Töne scheinen zum Theile von derselben Natur wie die eben angeführten gewesen zu sein; zum Theil aber mögen sie auch vielleicht von der Art derer am Traveyan-Instrumente gewesen sein.“ — Jedoch in neuerer Zeit wissen wir durch die schönen Versuche von SVANBERG, dass in krystallinischen Metallen, namentlich sowohl im Wismuth als im Antimon, dem krystallinischen Gefüge gemäss, Stücke ausgeschnitten werden können, die merkwürdige thermomagnetische Ketten bei der Combination zeigen, während schon der ältere SEEBECK bei der Erhitzung grösserer Antimonstücke magnetische Erscheinungen wahrgenommen hat. Es wird sich wahrscheinlich die von SVANBERG am krystallinischen Antimon und Wismuth gemachte Beobachtung auf Zink übertragen lassen, sowie noch andere Versuche, welche ich in meiner in den Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle, 1854. 4s Quartal, mitgetheilten Denkschrift S. 210 angeführt habe, dafür sprechen, dass überhaupt zwischen krystallinischen und magnetischen Erscheinungen ein Zusammenhang nachweisbar sei. Da nun SEEBECK die plötzliche Einwirkung auf die Magnetnadel wiederholt beobachtete, welche stattfand, sobald jene Klänge sich vernehmen liessen, so mögen wir uns allerdings berechtigt halten, nicht blos an ein zufälliges Zusammentreffen dieses Tones

mit magnetischen Erscheinungen zu denken, sondern uns aufgefordert fühlen, den Zusammenhang akustischer und magnetischer Gesetze weiter zu verfolgen.

Ich will zunächst mit diesem Versuche SEEBECK's einen neueren von DE LA RIVE\*) in Verbindung bringen, dessen Zusammenhang bald einleuchten wird. DE LA RIVE fand, dass ein elektrischer Strom, der aus fünf verbundenen GROVE'schen Ketten durch einen Draht sehr weichen Eisens von 1—3<sup>mm</sup> Dicke intermittirend geleitet wird, darin Klänge anregt, welche ganz dieselben sind, der Draht mag blank oder mit Seide übersponnen angewandt werden. Schon daraus merkt man, dass nicht von gewöhnlichen, von Elasticität abhängigen Schwingungen, sondern von molecularen Wirkungen die Rede sei. Wird der unterbrochene Strom mit einem ununterbrochenen von gleicher Stärke und derselben Richtung in Verbindung gebracht, so verschwindet bei Stiften aus weichem Eisen von 4—5<sup>mm</sup> Durchmesser die Wirkung des unterbrochenen Stromes nicht ganz, sondern wird bloß sehr geschwächt. Umgekehrt aber, wenn man Stifte oder Drähte von Stahl anwendet, so wirkt die Verbindung eines ununterbrochenen Stromes mit dem unterbrochenen sogar verstärkend, und sehr merkwürdig ist es, dass diese Verstärkung noch einige Augenblicke fort dauert\*\*), wenn der ununterbrochene Strom

---

\*) In der Abhandlung *sur les mouvements vibratoires qu'éprouvent les corps magnétiques et les corps non magnétiques sous l'influence des courants électriques extérieurs et transmis*. In den *Ann. de Chem. et de Phys. sér. 3. vol. XXVI. p. 162. 163. 165.*

\*\*) Diese fortdauernde Wirkung eines elektrischen Stromes nach Entfernung desselben bezeichnet man in andern Fällen mit dem Ausdrucke der elektrischen Ladung, worauf RITTEA aufmerksam machte bei der hydroelektrischen Kette, während VOLTA aus der entstandenen chemischen Zersetzung sie abzuleiten suchte. Aber diese Ladung tritt auch ein, wo jeder chemische Process ausgeschlossen ist, wenn z. B. ein sei es nur ganz schwacher elektrischer Strom durch eine Thermosäule aus Wismuth und Antimon geleitet wird. PELTIER macht sogar die Schwäche des elektrischen Stromes, um jede Erwärmung zu vermeiden, zur Bedingung bei diesem Ladungsversuch heterogener in Contact befindlicher Metalle. Er fasst nämlich die ganze Erscheinung bloß aus dem Gesichtspunkte der Erwärmung und Erkaltung auf. Jedoch die thermoelektrischen Erscheinungen können, so weit sie wirklich von der Erwärmung abhängen, durch so momentan und schwach wirkende Kräfte hervorgebracht werden, dass unbegreiflich wird die so lange Zeit fortdauernde Wirkung einer bloß momentanen Warmerregung, wie sie z. B. bei dem in MABACH's physikal. Lexikon, neue Ausg. B. I S. 406. Fig. 15. abgebildeten Multiplicator sich längere Zeit hindurch auf eine Weise darstellt, dass fortdauernder Einfluss der Wärme thermometrisch unnachweisbar ist. Es bleibt daher nichts übrig, als an eine momentane Verschiebung oder Spannung der krystallinischen Elemente zu denken. Und dieselbe Auffassungsweise lässt sich auf die Wirkung eines durchgehenden elektrischen Stromes übertragen, indem der magnetische Umschwung um die krystallinischen Elemente eine Verschiebung oder Spannung der elementaren Theile hervorbringen kann. Das langsame Zurücktreten in die alte Lage der krystallinischen Elemente begründet den entgegengesetzten elektrischen Strom, auf welche Weise die Entstehung desselben leicht verstanden werden kann.

Selbst die Töne, welche SEEBECK bei seinen thermoelektrischen Versuchen gehört, suchte ich (in der Einl. in d. Myth. auf d. Standp. d. Naturw. S. 372) abzuleiten aus solchen Verschiebungen der Krystalle, wodurch bei Anwendung höherer Hitzegrade Zerreißung (von welcher der Ton abhing) herbeigeführt werden konnte.

Bei dieser Auffassung der thermoelektrischen Erscheinungen kann man es nicht für leicht halten, die Versuche SEEBECK's, bei welchen Töne gehört wurden, umzukehren. Herr SULLIVAN zu Dublin hat nämlich Versuche angestellt, welche im *Philosophical Magazine* 1845 vol. XXVII. p. 261 beschrieben, um zu sehen, ob Stäbe aus Wismuth und Antimon, oder gespannte Drähte, wenn sie zum Tönen gebracht werden, durch einen mit ihnen zusammenhängenden elektromagnetischen Multiplicator nachweis-

entfernt wird, und dass seine Wirkung nicht mit einmal verschwindet, sondern nach und nach stossweise. — Erinuert man sich daran, dass die krystallinische Natur des Stahls gewiss wesentlich mitwirkt, um den Stahl zum Träger des Magnetismus zu machen, während FUCHS in einer interessanten Abhandlung über die Gestaltungszustände des Eisens (worauf ich mich schon bezog in der Abhandlung über stöchiometrische Reihen S. 43) nachgewiesen hat, dass mit einem Dimorphismus im Eisen die Stahlbildung, wodurch das Eisen zum Träger des Magnetismus wird, zusammenhängt, so sieht man, dass auch hier, wie bei dem Versuche SEEBECK'S, wovon wir ausgegangen sind, Krystallisation, Klang und Magnetismus in gegenseitiger Verbindung sind.

V. *Ein hierher gehöriger interessanter Versuch, welcher jedoch gänzlich unbeachtet geblieben ist.*

PERROT schrieb an ARAGO (*Comptes rendus* 1840. 28. Dec. No. 26. p. 1064): „Schon lange habe ich beobachtet, dass sich der Klang einer in Schwingung gesetzten Stimmgabel bedeutend verstärkt, wenn diese Stimmgabel in Berührung mit der Flamme einer Kerze, einer Lampe u. s. w. gebracht wird. Dieser Versuch ist so einfach, dass die Beobachtung kaum neu sein kann.“

Und dennoch blieb dieser einfache Versuch fortwährend unbeachtet, so dass ich ihn nirgends angeführt gefunden habe; ebenso wenig hat er zu weiterer Verfolgung angeregt, wenigstens ist mir keine sich darauf beziehende Abhandlung bekannt geworden. Uebrigens ist er so einfach, dass ich ihn unmittelbar, nachdem ich denselben aus PERROT'S Mittheilung kennen gelernt, zum Collegienversuch gemacht, indem ich ihn älteren Versuchen angereiht, nämlich folgenden:

1. Bekanntlich giebt eine angeschlagene Stimmgabel, wenn sie nicht auf einen Resonanzboden, wozu jeder Tisch dienen kann, aufgesetzt sondern in freier Hand gehalten wird, einen sehr schwachen, in ihrer nächsten Umgebung nicht mehr wahrnehmbaren Ton. Hält man aber die angeschlagene Stimmgabel über die Mündung einer mit ihr in Einklang stehenden Orgelpfeife, so verstärkt sich der Ton der Stimmgabel in dem Grade, dass er durch ein grosses Auditorium gehört wird. Man kann sich eine solche Orgelpfeife sehr leicht bereiten, nach CHLADNI'S Weise, vermittelt eines gewöhnlichen Arzneiglases, welches man zustimmt zu dem Tone der Stimmgabel durch eingegossenes Wasser. Wenn der durch Anblasen entstehende Ton nahe gekommen dem der Stimmgabel, so verstärkt sich schon der Ton, aber er

---

bare elektrische Ströme hervorbringen würden. Jedoch die Resultate waren sehr zweifelhafter Natur (vgl. POCGENO, Ann. d. Chem. u. Phys. vom Jahr 1846 oder Bd. LXVIII. S. 50).

Es ist übrigens höchst interessant, dass wir bei der obigen Beobachtung DE LA RIVE'S ein akustisches Phänomen vor Augen haben, welches an die Gesetze der magnetoelektrischen Ladung erinnert.

erhält erst dann seine volle Stärke, wenn es durch zugegossenes Wasser dahin gebracht ist, dass der Ton des Arzeneiglasses im Einklange steht mit dem der angeschlagenen Stimmgabel. Man sieht, dass der transversale Ton der Stimmgabel einen longitudinalen hervorzurufen vermag von weit grösserer Stärke als der ihn anregende transversale Ton. Und dies ist ein wichtiger aber gerade da unbeachtet gebliebener Satz, wo es auf Erklärung des Echos ankam, das z. B. alte Mauern vortreflich geben, eben weil darin durch die Verwitterung eine grosse Menge mitklingender Röhren sich bildete, so dass der Ton des Echos viel stärker als der ursprüngliche ist, an dessen Zurückwerfung man gewöhnlich blos denkt.\*)

Jedoch wie soll bei PERROT'S Versuch der transversale Ton der Stimmgabel einen entsprechenden longitudinalen in der Flamme oder den mit ihr aufsteigenden Dämpfen anregen? Man könnte sagen, dass die aufsteigende Flamme ohnehin in longitudinaler Schwingung sei, und man die Dimensionen dieser longitudinalen Schwingung selbst durch die Art der höheren oder tieferen Haltung der Stimmgabel bestimmen könne. Dann würde alles ankommen auf die Haltung der Stimmgabel im Verhältniss zur Flamme, was jedoch nicht der Fall. Beachtenswerth aber ist, dass mit steigender Erwärmung der Stimmgabel bei wiederholten Versuchen der Ton sich bis zu einer gewissen Grenze verstärkt, wenn die Stimmgabel in die zwischen ihren Zinken emporsteigende Weingeistflamme gebracht wird. Darum kann es gut sein, sonst vorkommende Beziehungen zwischen Ton und Flamme zusammenzustellen. — Zunächst pflegte ich bei den physikalischen Vorlesungen an PERROT'S Versuch anzureihen

2. die Erscheinungen der chemischen Harmonika. Es ist nicht zu leugnen, dass bei der Bildung von Wasser, welches sich anschlägt an die Seitenwände des Kolbens oder cylindrischen Rohres, worin das Hydrogen brennt, ein leerer Raum und dadurch ein die Röhre gleichsam als Orgelpfeife anblasender Luftstrom entsteht. Auf ähnliche Art hört man bei Erhitzung von Thermometerkugeln (besonders wenn in denselben etwas Feuchtigkeit sich befindet, die

\*) Nur muss dabei noch SAVART'S Beobachtung berücksichtigt werden, die ich aus seiner Abhandlung, welche man auszugsweise im Journ. d. Chem. u. Phys. Bd. XLIV. findet, mit seinen Worten (S. 426) mittheilen will. „Um eine Luftsäule in einer Röhre durch Mittheilung in Schwingung zu bringen, braucht sie nicht nothwendig so genau bestimmte Dimensionen zu haben; die Erscheinung findet noch statt (freilich in geringerem Grade) auch wenn sie länger oder kürzer, weiter oder enger ist, nur innerhalb gewisser Schranken, die aber um so weiter sind, je grösser der Durchmesser der Röhre im Verhältnisse zu seiner Länge ist; es verstärkt z. B. eine Röhre von einigen Zoll Länge und ungefähr ein Fuss Durchmesser mehrere Nachbar-töne des Tones, mit welchem sie wirklich in Einklang ist, sehr beträchtlich; während für eine enge und lange Röhre der Einklang sehr genau sein muss, wenn eine Verstärkung erfolgen soll.“ — — Eine scharfe Zustimmung der mitklingenden Gefässe verlangte man in den Theatern der Alten dem gemäss, was VIRGIL anführt (s. die Uebersetzung seiner Bankunst mit Anmerkungen von AUGUST RODE, Leipzig 1796. Cap. 4 u. 5). Es kam nämlich in diesen Theatern, wie es scheint, bei dem Gesange der Chöre vorzugsweise auf Verstärkung der sich gegenseitig hervorrufenden Consonanzen an. — Auch an ein musikalisches Instrument aus Java ist zu erinnern, von welchem WHISTONE Nachricht giebt (s. Journ. d. Chem. u. Phys. Bd. LIII. S. 327 mit der Abbildung auf Taf. II. Fig. 11) und welches sich dadurch auszeichnet, dass die Töne schwingender Metallplatten durch die Resonanz im Einklang befindlicher Luftsäulen verstärkt, oder selbst erst hörbar gemacht werden.

verdampfend und sich innerhalb der Thermometerröhre anschlagend neue Zuströmung der Luft veranlasst) einen an die chemische Harmonika erinnernden Ton. Dennoch wird man bei Modification der Versuche zu der ältern Auffassung der Erscheinung zurückkehren, dass nämlich der Ton von einer Reihe schwacher Explosionen der Knallluft herrühre. Darum hat die Gestalt der Hydrogenflamme so wesentlichen Einfluss auf den Ton, der sich abändert mit der Gestalt der Flamme. Auch gelingt der Versuch leichter mit zugespitzter Röhre, aus welcher das Hydrogen brennt, weil diese Zuspitzung die Vermischung mit der neben zuströmenden Luft und dadurch die Bildung des Knallgases erleichtert. \*)

Ich will einen entscheidenden Versuch anführen, welcher die Beachtung des longitudinalen Tons der Röhre sogar ganz ausschliesst, weil die Mitwirkung einer solchen Röhre, oder eines Kolbens, ganz hinwegfällt. — Der Ton der chemischen Harmonika lässt sich nämlich auch mit DÖBEREINER'S bekanntem Feuerzeug hervorbringen, wenn ein ganz schwacher Strom von Hydrogen auf den vorgehaltenen Platinschwamm geblasen wird. Sobald das Hydrogen stärker durch eine höhere darauf drückende Wassersäule comprimirt ist, so erfolgt bekanntlich ein kleiner Knall bei dem Anbrennen am glühenden Platinschwamm. Es ist daher, wenn man Explosionen verlangt, die ganz schwach sind aber fortauern, selbst das Glühen des Platinschwammes zu vermeiden. Man wird sich an die schönen Versuche erinnern, welche THEODOR V. GROTHUSS\*\*) über die langsame Abbrennung der selbst durch Erhitzung ausgedehnten Knallluft angestellt hat. Ich habe den Versuch mit solchem langsam bei schwachem Zuströmen zum Platinschwamm abbrennenden Hydrogen, wobei der Ton der chemischen Harmonika zu hören war, in der Hallischen naturforschenden Gesellschaft am 3. December 1831 angestellt, noch in den letzten Lebensjahren meines Freundes, des in allen seinen Forschungen so strengen NITZSCH. Natürlich wurde auf seine Veranlassung, um der wesentlichen Mitwirkung des Platinschwammes bei Hervorrufung des Tones der chemischen Harmonika ganz gesichert zu sein, dieser Platinschwamm wiederholt aus der Hydrogenflamme zurückgezogen, wobei der Ton augenblicklich aufhörte, während er sogleich entstand, sobald man den Platinschwamm wieder eintauchte in das mit atmosphärischer Luft gemischt schwach zuströmende Hydrogen.

Man sieht, dass die ältere Auffassung der chemischen Harmonika bei dieser den Gebrauch

---

\*) ZENNECK in seiner Abhandlung über die chemische Harmonika im Journ. d. Ch. u. Ph. 1813. Bd. XIV., führt S. 19 folgenden Versuch an: „Mit einer messingenen Röhre, die anfangs kaum in einer Entfernung von 2 Linien von der Mündung zugespitzt war, erfolgte zwar ein Ton; sobald derselbe aber etwas stark geworden, erlosch auch sogleich die Flamme und mit ihr der Ton. Die Röhre wurde erst brauchbar zu allen Versuchen, nachdem die Zuspitzung in grösserer Entfernung so eingerichtet wurde, dass die Höhe der kegelförmigen Mündung 5 Linien betrug. Setzte man aber einen kleinen schmalen Ring von Metall auf die Spitze dieser Röhre, so hörte zwar die Flamme nicht auf, aber der Ton im Augenblick.“

\*) S. GERLEN'S Journ. d. Ch., Ph. u. Min. v. 1810 oder Bd. IX. S. 252, und d. Journ. d. Ch. u. Ph. von 1811 u. 1812. Bd. III. S. 129—147 u. Bd. IV. S. 238—258.

eines Kolbens oder einer Röhre gänzlich ausschliessenden Modification des Versuches vollkommen gerechtfertigt wird. Nun wird man also die Abänderung der Gestalt der Hydrogenflamme, welche sich jeder Abänderung des Tones anschliesst, nicht unbeachtet lassen, vielmehr damit in Verbindung bringen, dass auch bei PERROT'S Versuch es ankommt auf die angemessene Stärke der Flamme, auf welche durch den transversalen Ton der erwärmten Stimmgabel zur Anregung eines mitklingenden longitudinalen Tones eingewirkt werden soll. Auf dem Standpunkte, welcher die Elektrizität vom spiralförmig umschwingenden Magnetismus ableitet (wie solches in meiner für die neue Ausgabe von MARBACH'S physikal. Lexikon geschriebenen Abhandlung Bd. I. S. 383, dargelegten Thatsachen gemäss geschehen ist), bietet sich der Zusammenhang des elektrochemischen Verbrennungsprocesses mit magnetischen Beziehungen von selbst dar. PERROT'S Versuch kann demnach als verbindendes Glied aufgefasst werden, wo vom Zusammenhange des Tones mit magnetischen Beziehungen die Rede ist (vgl. N. III).

3. Der Zusammenhang des Tons mit dem eben bezeichneten umschwingenden Magnetismus, wobei namentlich ein magnetischer Umschwung um die krystallinischen Elemente in Betrachtung kommt, welcher selbst bei Nichtleitern stattfinden kann (wovon die Rede ist in den Abhandlungen der naturf. Ges. Bd. II. S. 210—212\*) zeigt sich auch bei einem andern sehr

---

\*) In der Abhandlung „über die optische Bedeutsamkeit des am elektromagnetischen Multiplicator sich darstellenden Princip zur Verstärkung des magnetischen Umschwungs“ trug ich nämlich das Princip meines Multiplicators auf Nichtleiter über den dafür sprechenden entscheidenden Thatsachen gemäss. — Diese Abhandlung führt ein geistreicher, um das praktische Leben hochverdienter Mann im Handelsarchiv vom 20. April 1855. N. 16. S. 331, nachdem auf die Bedeutsamkeit des elektromagnetischen Multiplicators für die durch denselben wesentlich mit begründete neuere elektromagnetische Telegraphie aufmerksam gemacht war, mit folgenden Worten an: „gerade die elektromagnetische Telegraphie bietet eines der merkwürdigsten Beispiele dar, in welchem Zusammenhange die Leistungen der Wissenschaften mit den Fortschritten der Administration, mit den Civilisationsfortschritten der Menschheit überhaupt stehen.“ — Da ich schon vor dem Jahr 1805 zu dem in meiner Abhandlung über Elektromagnetismus (Journ. d. Ch. u. Ph. B. 46. vom Jahr 1826 S. 10) beschriebenen und abgebildeten Apparat die feinsten Golddrähte mit Seide hatte umspinnen lassen, so wurde es mir leicht, sogleich bei meiner ersten Wiederholung der berühmten Versuche OERSTED'S den elektromagnetischen Multiplicator zu construiren, und ich machte schon im September 1820 meine Zuhörer in der Physik, denen damals wegen der Neuheit des zu besprechenden Gegenstandes mir willkommene Gäste aus Berlin sich angeschlossen, damit bekäont, wie die von einer Gesellschaft von Studierenden bearbeitete *Dissertatio de Electromagnetismo* (im Journ. d. Chem. u. Phys. von 1821 oder B. XXXIII.) S. 11 u. 12 zeigt. Es war aber das mikroskopische Princip, welches bei dem Multiplicator vorzugsweise die Aufmerksamkeit erregte, und welches auch BIOT im *Précis élémentaire de Physique*, Paris 1824. B. II. S. 746—748 besonders hervorhebt. Dennoch hat die merkwürdige Aeusserung BIOT'S: „on peut donc, à l'aide de cette disposition ingénieuse, accroître à volonté l'action d'un courant électrique donné et la multiplier dans une proportion pour ainsi dire indéfinie“ erst bei der neueren Inductions-Elektrirmaschine die bestätigende Anwendung gefunden. Und diese grosse Vermehrung der Multiplicatorwindungen führte neue Aufklärung herbei in der Lehre vom Licht, wie jene Abhandlung über die optische Bedeutung des elektromagnetischen Multiplicators S. 228 zeigt. — Besonders erfreulich aber ist es, dass in der letzten Zeit dem im elektromagnetischen Multiplicator liegenden mikroskopischen Princip ein in der, durch denselben vorzugsweise begründeten, neueren Telegraphie sich darstellendes makroskopisches Princip sich anschliesst. —

Uebrigens ergreife ich diese Gelegenheit, um an den Gebrauch des elektromagnetischen Multiplicators auf Schiffe zu erinnern, worauf schon im Jahrb. d. Ch. u. Ph. vom Jahr 1824. Bd. 41. S. 490 aufmerksam gemacht wurde. Späterhin hatte ich durch BUCHANAN'S Entdeckung von Süsswasser im Meer in grosser Entfernung vom Lande (im Journ. d. Ch. u. Ph. von 1827.

bekanntem Versuche. Wenn wir nämlich eine elektrische Flasche laden, so stellen zuletzt bei dieser Ladung sich Klänge ein, welche keine transversalen sein können, weil das Glas der Flasche mit Stanniol belegt ist. Es ist also bloß an Abhängigkeit des Tones von longitudinaler Ausdehnung des Glases zu denken. Und dass diese longitudinale Ausdehnung im Zusammenhang stehe mit dem die Elemente der Krystalle umkreisenden Schwungmagnetismus (welchen man mit dem Namen Elektrizität bezeichnet), solches geht daraus hervor, weil, wenn bei dieser Ueberladung der Flasche Zerreißen oder Durchbrechung des Glases stattfindet, diese vorzugsweise an Stellen erfolgt, wo z. B. durch eingeschmolzene Sandkörner Krystallbildung angeregt ist. — Der elektromagnetische Umschwung ruft den Klang hervor, und umgekehrt kann also der gemäss FERMOND'S Versuchen mit spiralförmigem Umschwung zusammenhängende Klang Modificationen des elektromagnetischen Umschwungs (womit der elektrochemisch aufzufassende Verbrennungsprocess zusammenhängt) herbeiführen, Modificationen, bei denen es denkbar ist, wie in PERROT'S Versuch eine longitudinale Schwingung entstehen kann, welche stimmt zur transversalen Schwingung in der Stimmgabel, und verstärkend sich ihr anreihet.

Bd. 51. S. 114) eine specielle Veranlassung, auf diesen Gegenstand zurückzukommen. Die Vorrichtung nämlich, wodurch DAVY den Kupferbeschlag der Schiffe zu sichern suchte, kann in der Art auf Schiffen angebracht werden, dass die Kette durch einen elektromagnetischen Multiplicator geschlossen wird, und die Angaben desselben aufmerksam machen auf Meeresströmungen sowie auf locale Beziehungen, wie jene merkwürdige von BUCHANAN beobachtete ist. Ich dachte mir den Multiplicator mit einer Schiffsbonssole in Verbindung, aber dann erst zur Schliessung der Kette angewandt, wenn Zeit und Umstände eine Beobachtung möglich machen. Es ist nämlich bekannt, dass man aus dem ersten Ausschlage der Magneten die Stärke der Kraft beurtheilen kann, wenn man zuvor darauf sich speciell beziehende Versuche angestellt. — — Denkt man aber daran, dass der bei den neuen Inductions-Elektrirmaschinen gebrauchte NEEFF'Sche Hammer schon bei sehr schwacher elektromagnetischer Kraft einen schwirrenden Ton giebt, so kann man auf die Idee kommen, selbst die Oscillation und den Ton einer bei dem NEEFF'Schen Hammer angewandten schwingenden Stahlfeder zu benutzen, um über die Stärke der wirksamen magnetischen Kraft ein Urtheil zu gewinnen. Offenbar werden zuvor specielle Studien nöthig, um auf irgend eine Weise akustische Beziehungen zu benutzen zum Zweck eines angemessenen Gebrauchs des elektromagnetischen Multiplicators auf Schiffen. Darum berühre ich diesen Gegenstand bloß um ihn der Beachtung zu empfehlen von Männern wie Professor A. D. BACHE in Washington, welcher das ausgezeichnete mit Karten reich ausgestattete Werk herausgibt: *Annual Report of the Superintendent of the Coast Survey.* — —

Nebenbei aber will ich noch erwähnen, dass man wahrscheinlicher Weise die elektromotorische Kraft des Seewassers dadurch verstärken kann, dass man die Kupferplatten, womit das Schiff beschlagen ist, in getrennten Abtheilungen zu einer mehrgliederigen Voltaschen Kette mit Zink combinirt. Wenigstens folgenden Versuch kann ich anführen. Sechs Ketten von Zinkblech, deren jedes mit einer doppelt so grossen Kupfertafel umschlungen war, konnten durch eine bequeme, die schnelle Umänderung der Combination begünstigende Vorrichtung entweder als einfache Kette benutzt werden (wobei alle Zinktafeln leitend verbunden, ebenso wie alle Kupfertafeln), oder man konnte sie auch Voltasch combinirt als sechsgliederige Kette benutzen, während sie in dasselbe Salmiakwasser eingetaucht blieben. Nach allgemein geltender Ansicht konnte das von allen Seiten die sechsgliederige Voltasche Kette umgebende Salmiakwasser bloß Entladung der Combination herbeiführen. Jedoch die Erfahrung sprach für das Gegentheil. Die Voltasch combinirte sechsgliederige Kette wirkte, obwohl umflossen von Salmiakwasser, doch in dem Grade stärker als die einfache Kette, dass ich davon überrascht wurde. Der Versuch sollte mannigfaltig abgeändert werden, bevor ich es wagen wollte, davon zu sprechen, obgleich ich wiederholt die Erscheinung gesehen. Hier führe ich sie bloß an, weil sie eine nützliche Anwendung im Meerwasser finden könnte und es lediglich meine Absicht ist aufmerksam darauf zu machen, dass die Benutzung des elektromagnetischen Multiplicators auf Schiffen ein bis jetzt noch gar nicht bearbeitetes Feld der Forschung darbietet.

Sollen wir versuchen, diesen dunkeln Gegenstand wo möglich mehr aufzuklären, so könnte etwa Folgendes noch beigefügt werden.

4. Bei weiterer Verfolgung der wundervollen Lichterscheinungen, welche mit krystallinischer Umbildung verbunden sind (wenn z. B. der in Salzsäure aufgelöste glasartige Arsenik in den porcellanartigen Zustand übergeht), werden wir am Ende geneigt werden, hier die Elemente zu suchen des Verbrennungsprocesses überhaupt, bei welchem unaufhörlich elementare krystallinische Umbildungen vorkommen. Wirklich wurden schon Wärmeerscheinungen wahrgenommen bei dem Uebergange desselben Körpers von einem krystallinischen Zustande in den andern.\*) — Und in diesem Zusammenhange werden wir an die höchst merkwürdigen Beobachtungen von WEISS am Bergkrystall uns erinnern, denen gemäss krystallinische Umbildungen sich darstellen, welche mit Drehungen rechtsum und linksun zusammenhängen, oder eigentlich blos in diesen Drehungen begründet sind. Von diesen Drehungen wissen wir, dass sie auf das innigste verbunden mit magnetischen Beziehungen, wovon umständlicher die Rede ist in den Abhandlungen der Hallischen naturf. Ges. Bd. II. S. 210 ff.

Von anderer Seite ist experimentell nachgewiesen, dass bei den longitudinalen Tonschwingungen, den Forschungen von SAVART gemäss, ähnliche Drehungen rechtsun und linksun vorkommen, ja dass nach FERMOND's Untersuchungen der Ton überhaupt abhängig sei von solchen Drehungen. Während nun ein Zusammenhang der Tonschwingungen mit den elektromagnetischen Drehungen durch SEEBECK's in N. IV. angeführte thermomagnetische Versuche wahrscheinlich gemacht wird, so wird diese Ansicht noch mehr bestätigt durch folgenden Versuch von PAGE.

5. „Im *Philosophical Magazine ser. IV. vol. I. p. 170* findet man einen Auszug aus

---

\*) Solches geht auf eine entscheidende Weise hervor aus der interessanten Abhandlung von MITSCHERLICH „über die Wärme, welche frei wird, wenn die Krystalle des Schwefels, die durch Schmelzen erhalten werden, in die andere Form übergehen“ (s. Monatsber. d. Berl. Akad. 1852. December, u. POGGEND. Ann. B. LXXXVIII. S. 328—331). — Ja bis zum lebhaften Glühen kann die Wärmeentbindung fortschreiten, welche durch krystallinische Umbildung desselben chemisch unverändert bleibenden Körpers herbeigeführt wird. BERZELIUS drückt sich in seinem Lehrbuche der Chemie (II. 393) bei der Zirkonerde in der Art aus: „Wird Zirkonerdehydrat zum Glühen erhitzt, so entsteht eben beim anfangenden Rothglühen eine Feuererscheinung, gerade so, als wenn die Erde für einen Augenblick Feuer gefangen hätte und brenne. Man glaubte eine Zeitlang, dass diese Erscheinung mit dem Entweichen des Wassers gleichzeitig sei, aber dieses geschieht zuerst, und dann erst tritt die Feuererscheinung ein. Sie scheint den Uebergang zu einer andern isomerischen Modification zu hezeichnen; ich werde später Gelegenheit haben, dasselbe Phänomen bei dem Chromoxyd, Eisenoxyd, den antimonsauren Metallsalzen, der kieselsauren Yttererde, der Titansäure und Tantalssäure zu erwähnen, welche sich alle dadurch auszeichnen, dass sie nachher mehr oder weniger vollkommen der Einwirkung der auf nassem Wege oder in aufgelöster Form angewandten Reagentien widerstehen. Auch die Zirkonerde ist nach dieser Feuererscheinung in Säuren unauflöslich.“ — Beachtungswerth ist es, dass bei diesen durch krystallinische Umbildung herbeigeführten Verbrennungen das Gewicht des in vollen Brand ausgebrochenen Körpers weder zunimmt noch abnimmt, und die Erscheinung eben so gut in verschlossenen als offenen Gefässen stattfindet, was BERZELIUS ausdrücklich beifügt von dem Chromoxyd sprechend (Lehrb. III. 83). — Noch interessanter wird die ganze Sache, wenn man sie in dem Zusammenhang auffasst, wie sie im Journ. d. Chem. u. Phys. B. LIX. S. 299 in einer Note dargestellt.

SILLIMAN'S *American Journal*, worin eine sehr merkwürdige Erscheinung beschrieben wird, die PAGE mit seinem riesenhaften elektromagnetischen Apparat zuerst wahrgenommen. Sie besteht darin, dass, wenn man den galvanischen Strom, der einen Elektromagnet zur Wirksamkeit bringt, unterbricht, es zur Hervorbringung des Funkens nicht gleichgültig ist, wo man die Unterbrechung bewerkstellige. Je näher an den Polen man den Funken hervorbringt, desto stärker wird das den Funken begleitende Geräusch, so dass PAGE, als er diese Unterbrechung so dicht als möglich an den Polen vornahm, mit seinem Apparat einen Knall bekam so stark wie von einem Pistolenschusse. Zugleich sah er den Funken kürzer und breiter werden, zuweilen so breit wie die Hand.“

Diese Stelle ist aus der Abhandlung genommen von P. L. RIJKE, welche aus dem *Allgemeinen Kunst - en Letterbode* N. 11. 1853 übersetzt ist in *POGGEND. Ann. d. Ph.* 1853. B. LXXXIX. S. 166—172. RIJKE hat, obwohl mit einem kleineren elektromagnetischen Apparate, den Versuch von PAGE wiederholt, und im entsprechenden Massstabe bestätigt gefunden\*), in der Art nämlich, dass „das stärkste Geräusch, welches der Funken hervorgebracht, verglichen werden konnte mit einem Peitschenknall oder besser mit dem bei Entladung einer grossen Leydener Flasche. RIJKE macht aufmerksam, dass man es bei diesem Versuch eigentlich zu thun habe mit dem DAVY'schen Lichtbogen, der verkleinert wird durch die Nähe des Magnetpols. Er änderte daher den Versuch dadurch ab, dass er als elektromagnetischen Multiplikator eine „sogenannte platte Spirale“ gebrauchte. „Das Werkzeug,“ sagt er, „dessen ich mich bediente, besteht aus einem Kupferstreifen von 415 rheinl. Fuss Länge, 1 rheinl. Zoll Breite und ohngefähr 0,<sup>mm</sup>3 Dicke. Die Zahl der Spiralwindungen beträgt 170. Ich habe dabei vier BUNSEN'sche Elemente gebraucht und wahrgenommen, dass, wenn die Unterbrechung zwischen den Polen eines Elektromagnets geschah, durch welchen der Strom von dreissig GROVE'schen Elementen ging, die Intensität des Funkens wächst und ein eigenthümlich stärkeres Geräusch entsteht.“ Mit Beziehung auf die Intensität des Funkens bemerkt er schon bei einem früheren Versuch: „Es hat mir geschienen, dass der Funke und das Geräusch desto stärker werden, je näher man die entgegengesetzten Magnetpole (durch Zusammenschiebung der kegelförmigen Eisencylinder) dem Funken bringt.“ — Ich hob die Worte „zwischen den Polen“ hervor, weil nicht blos in der Nähe an den Magnetpolen, sondern zwischen den Polen, so dass diese von entgegengesetzten Seiten einwirken, experimentirt werden muss, wie aus den Versuchen hervorgeht, welche ich in *MARBACH's physikal. Lexikon* N. A. B. I. S. 393—397 u. S. 404 u. 405 beschrieb. Bei diesem letzten Versuche (S. 404) stellt sich folgende Erscheinung dar. Wenn die auf dem Südpol eines grossen Elektro-

---

\*) Vergl. auch den Schluss der Abhandlung über Licht- und Wärmeerscheinungen bei einer kräftigen galvanischen Batterie von VAN DER WILLIGEN in denselben *Ann. d. Phys.* 1854. B. XCIII. S. 285—296.

magnets stehende flache Glasschale, in welche von unten (den nähern Angaben im Journ. d. Ch. u. Ph. B. XL. S. 335 gemäss) zwei Leitungsdrähte eingeführt sind, mit Quecksilber so weit gefüllt wird, dass dieses Quecksilber die Leitungsdrähte bedeckt, während der Nordpol darüber so nahe als möglich angebracht ist, und ein starker durch eine fünf- bis zehngliederige GROVE'sche Kette gewonnener elektrischer Strom in das Quecksilber so geleitet wird, dass dadurch zugleich der grosse Elektromagnet seine Ladung erhält: so wird man wahrnehmen, dass sich das Quecksilber über dem positiv elektrischen Drahte links um, über dem negativen rechts um dreht. Die grosse Lebhaftigkeit der Umdrehung entfernt mitunter das Quecksilber vom Leitungsdrahte, so dass momentan die Kette unterbrochen wird, und ein Funke mit grosser Heftigkeit überspringt, wobei man allerdings die Entladung einer Leydener Flasche zu hören glaubt. Man hat bei diesem Versuche zugleich den Grund vor Augen, warum der DAVY'sche Lichtbogen verkleinert oder unterbrochen wird, was in der Natur der hervorgebrachten Drehungen liegt, die offenbar ebenso gut erfolgen, wenn der elektrische Strom in der Luft übergeht, während das Quecksilber (oder bei dem S. 394 angeführten Versuche das Wasser) die Drehungen nur wahrnehmbar macht. Schon VOLTA betrachtete jeden starken elektrischen Funken, namentlich Batteriefunken, als einen durch eine Reihenfolge kleiner Funken gebildeten Strom. Was also am elektromagnetischen Strom im Quecksilber oder Wasser beobachtet wurde, ist unmittelbar übertragbar auf den in der Luft überspringenden elektrischen Funken oder DAVY'schen Lichtbogen, der eine Reihe solcher Funken darstellt. Da sich nun der Schall desselben elektrischen Funkens um so mehr verstärkt zwischen den Polen des Elektromagnets, je mehr man die Magnetpole von entgegengesetzten Seiten dem Funken nähert, so sind es die durch die Pole hervorgebrachten Drehungen im elektrischen Funken, welche die Verstärkung des Schalls bewirken. Wenn also die Verstärkung des Schalls mit der Verstärkung der elektromagnetischen Drehungen in demselben elektrischen Feuerstrom zusammenhängt, so sind die Tonschwingungen, in denen SAVART und FERMOND gleichfalls Drehungen nachgewiesen, gleichbedeutend entweder oder doch mindestens verwandt den elektromagnetischen Drehungen. Und schon vorhin N. III. bei KOHN's Versuch über Schallleitung in einer erhitzten Eisenstange, sowie bei SEEBECK's Versuch (N. IV.), stellte sich die Tonschwingung als analog der magnetischen dar. Nur ist der von PAGE angestellte Versuch noch weit mehr entscheidend, und kann wahrscheinlich noch entscheidender werden durch folgende Art ihn anzustellen. Experimentirt man nämlich zuerst nur mit einem Magnetpol, so wird man Verstärkung des Schalls wahrnehmen, so oft der zweite Magnetpol von entgegengesetzter Seite genähert wird, ganz so wie man unter derselben Bedingung verstärkte Drehung der Flüssigkeit wahrnimmt bei dem so leicht anzustellenden Versuche, welcher in MARRBACH's phys. Lex. B. I. S. 394 angeführt ist.

6. Auch kosmische Phänomene können wir nun anreihen, welche auf eine Verbindung des Tons mit den elektrochemischen (zugleich also elektromagnetischen) Erscheinungen hinzuweisen. In den *Annales de Chim.* 1835. Bd. LVIII. S. 214 wird ein Brief von AUBER zu Orotava vom 10. November 1826 mitgeteilt, mit Beziehung auf den mit Feuerkugeln (ohne Gewittererscheinung) verbundenen grossen Sturm, der in der Nacht vom 6. bis 7. November auf Teneriffa wüthete. Die Luft war schon vorher am 6. Nov., wie beigelegt wird, ungewöhnlich durchsichtig, auch klingender als sonst (*extrêmement sonore*), so dass man entfernte Töne stärker und schärfer hörte. Ja in den *Ann. de Ch. et de Ph.* von 1822 (B. 21. S. 402) wird sogar aus einem in Catania von Gemmelaro geführten meteorologischen Tagebuche folgendes mitgeteilt: „am 2. Jun. 1814 wurde die Luft bei Catania so klingend, dass bei blosser Bewegung der Finger ein leises Tönen (*des espèces de sifflements*) entstand, welches bis auf einen gewissen Punkt sogar modulirt werden konnte.“ Und obwohl die Herausgeber der *Ann. de Ch. et de Ph.* mit Recht sagen, sie wagten es kaum, diese Angaben anzuführen, da sie so sonderbar scheinen, so werden wir uns doch hüten, geradezu darüber abzusprechen, weil den Seefahrern die bedenkliche Windstille bekannt, welche öfters den Orkanen vorangeht. Und durch die schönen Untersuchungen von JAMES H. COFFIN in seiner im Jahr 1853 von der *Smithsonian Institution* in Washington herausgegebenen höchst interessanten Abhandlung *Winds in the Northern Hemisphere* (vgl. auch W. C. REDFIELD *on the Hurrican of September 1853* in SILLIMAN'S *American Journ. Sept. 1854. Vol. XVIII.*) hat sich neuerdings gezeigt, dass die Orkane ausgehn von grossen Wirbelbewegungen in der Luft, wodurch wir wieder an den Einfluss der elementaren magnetischen Drehungen rechtsum und linksam erinnert werden, mit denen also am Ende selbst das furchtbare Toben der Orkane zusammenhängt. — Wäre die in den Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle von 1854 oder Bd. II. S. 234 erwähnte, bei den Schiffern in Schottland (von MUNCKE im physikal. Wörterb. Bd. XI. S. 417 angeführte) geltende Meinung begründet, dass starke Nordlichter nicht selten Vorboten von Stürmen seien, welche Meinung auch bei den Isländern gilt (s. *Journ. d. Ch. u. Ph.* Bd. LII. S. 306): so würde ein verbindendes Mittelglied sich darbieten zur Auffassung der Entstehung jener Wirbelwinde, von welchen hier die Rede.

#### VI. *Specielle Verhandlungen über den Zusammenhang der magnetischen Gesetze mit den Klanggesetzen.*

Zuerst hat PAGE im Jahr 1837 die Bemerkung gemacht, dass ein eingeklemmter Stahlstreifen oder eiserner Stift, welcher sich innerhalb einer Spirale befindet, einen Ton giebt in dem Momente, wo der elektrische Strom eintritt in die Spirale und wo er aufhört. Mit diesem Versuche haben sich die Herren DE LA RIVE, MARRIAN, MATTEUCCI und WERTHEIM be-

schäftigt. WERTHEIM\*) zeigte, dass, soferne der eiserne Stift genau in der Mitte ist der Spirale, keine Seitenbewegung stattfindet, aber eine kleine Verlängerung des Stiftes. Diese Verlängerung ging selten über  $0,002^m$  und war, obwohl sichtbar, doch fast unmessbar. Mit Beziehung auf Versuche von JOULE sagt WERTHEIM: „Derselbe machte Versuche mit einem Eisenstabe, der an einem Ende eingespannt und am andern Ende frei war. Die Bewegungen des letztern wurden mittelst eines Hebelsystems beobachtet, welches im Verhältniss von 1 : 3000 vergrößerte. Vermittelst dieses Apparates fand Herr JOULE, dass ein bis zur Sättigung magnetischer Stab sich um  $\frac{1}{720000}$  seiner Länge ausdehnte, und dass diese Verlängerung nach einer Unterbrechung des Stromes nur zum Theil verschwand.“ — Es wird also, wie auch WERTHEIM anerkennt, durch die Magnetisirung in der Spirale eine moleculare Wirkung herbeigeführt, von welcher die Verlängerung abhängt.

DE LA RIVE\*\*) war es, welcher diesen Versuchen dadurch eine andere Gestalt gab, dass er unterbrochene Ströme durch Eisen- oder Stahl-Stifte oder Drähte leitete, wobei gleichfalls Klänge zu vernehmen waren, und zwar fortdauernde Klänge. Wir wollen hierbei zuerst an ältere Erfahrungen erinnern, welche mit dem Durchschlagen des elektrischen Funkens durch Metalldrähte angestellt wurden, Versuche, welche zeigten, dass die Drähte dabei verkürzt werden\*\*\*), folglich perpendicular zum Durchgange des elektrischen Funkens sich ausdehnen. Man wird dasselbe erwarten beim Durchgange des elektrischen Stromes, besonders da auch die Lagerung der Eisenfeile diese perpendicularen Beziehungen zur Richtung des elektrischen Stromes andeutet. Auch führt JOULE Versuche an, welche beweisen, dass ein Draht oder Stift von weichem Eisen eine Verkürzung erleidet durch die Wirkung eines durchgehenden Stromes. „Wenn also,“ sagt DE LA RIVE, „der durch das Eisen gehende Strom intermittirend ist, so oscilliren die Theile des Metalls zwischen der transversalen und ihrer natürlichen Stellung, und diese Oscillation ist um so stärker, je weicher das Eisen.“ Man sieht bei diesem Versuche sogleich wieder, dass wir auf moleculare Verhältnisse hingeführt werden; und der vorhin zum Schlusse des Abschnittes N. IV. erwähnte Versuch über Verbindung des intermittirenden Stromes mit einem continuirlichen zeigt einen merkwürdigen Gegensatz bei Eisen und Stahl. †)

\*) In der Abhandlung über die durch den elektrischen Strom hervorgebrachten Töne (*Ann. de Chim. et de Phys. sér. III. tom. XXIII. p. 302* übers. in *Poggend. Ann. 1849. Bd. 77. S. 43—69*).

\*\*) S. die zum Schlusse des Abschnittes N. IV. angeführte Abhandlung. Vgl. auch *Ann. de Chim. etc. sér. III. tom. XIX. p. 377.* und in *Poggend. Ann. Bd. 76. S. 270.*

\*\*\*) Schon in LICHTENBERG's Magazin für das Neueste aus der Physik vom Jahr 1781 ist davon die Rede mit Bezug auf NAIRES's Beobachtung.

†) Wir sind dadurch, wie schon vorhin in N. IV. bemerklich gemacht wurde, auf krystallinische Beziehungen hingewiesen. — Und im gleichen Geist ist aufzufassen, was WERTHEIM mit Hinsicht auf einen Versuch von JOULE anführt: „In einer Abhandlung im *Philosophical Magazine*, April 1847, beschäftigt sich JOULE mit dem Effect der Magnetisirung auf Stäbe, die

Vorhin haben wir gesehen, dass ein Eisenstab, der vermittelt einer Spirale, durch welche der elektrische Strom lauft, magnetisirt wird, sich verlängert; und man kann an diese Verlängerung bei der Magnetisirung die Entstehung anreihen longitudinaler Schwingungen. Während nun Vereinigung beider Schwingungen, der transversalen und longitudinalen, leicht stattfindet in den Elementartheilen des Eisens, das ein Träger des Magnetismus ist: so muss man bei andern Metallen sowohl die longitudinale als transversale Schwingung besonders einleiten. Dann erst kann man einen Ton erwarten, so ferne, dem Principe nach, wie wir einleitungsweise nachzuweisen suchten, die Vereinigung transversaler und longitudinaler Schwingungen zur Hervorbringung des Tones erforderlich ist, oder, was gleichbedeutend, nach FERMOND der Ton auf spiralförmigen Schwingungen beruht.

Wendet man jedoch eine Spirale an aus einem unmagnetischen Metall, so reicht schon der intermittirend durch diese Spirale gehende Strom aus, einen Klang hervorzubringen. Denn es gesellt sich Multiplicatorwirkung bei, so dass neben longitudinalen Schwingungen zugleich transversale angeregt werden. DE LA RIVE drückt sich darüber also aus: „Man bildet durch die Spirale einen Magnet, denn so oft der Strom durch diese Spirale lauft, nimmt diese magnetische Eigenschaften an, und zu gleicher Zeit stellt der Draht der Spirale einen Leiter dar, welcher von dem discontinuirlichen Strome durchlaufen wird, während die Spirale magnetisch einwirkt. So lässt jede Spirale, aus welchem Metalle sie construiert sein mag, bedeckt mit Seide oder nicht bedeckt, enger oder weiter gewickelt, einen sehr deutlichen Ton hören, wenn sie von einem intermittirenden Strome durchlaufen wird.“

Es wird zwecknässig sein, noch die Schlussbemerkung DE LA RIVE's zu der Abhandlung beizufügen, welche sich auf unmagnetische Metalle bezieht, die man dennoch zum Tönen bringen kann, sei es durch Aufwickelung in eine Spirale, oder durch die Doppelwirkung eines continuirlichen und discontinuirlichen Stromes, von denen z. B. der discontinuirliche durch das Metall geleitet wird, während der continuirliche durch die Spirale geht, womit dasselbe umgeben. Statt der magnetisirenden Spirale kann auch ein Elektromagnet angewandt werden, worauf man das vom discontinuirlichen Strome durchlaufene Metall legt. Der Ton entsteht, sobald gleichzeitig der Elektromagnet in Thätigkeit gesetzt wird, und hört auf, wenn man dessen Mitwirkung unterbricht. DE LA RIVE drückt sich zum Schlusse der Abhandlung über diese Reihe von Versuchen in der Art aus: „Es ist wahrscheinlich, dass unter dem Einfluss eines Magnets, oder eines äusserlich (in der Spirale) umlaufenden Stromes die Theile eines diamagnetischen Körpers sich transversal zu stellen suchen, während sie unter dem Einflusse

---

zugleich durch Belastungen einer Verlängerung unterworfen sind. Herr JOULE fand, dass bis zu einer gewissen Belastung die Magnetisirung (durch eine Spirale) auch jetzt noch eine Verlängerung bewirkt, dass aber über diese Belastung hinaus die Verlängerung in eine Verkürzung übergeht. Bei einem Eisenstabe von einem Viertelzoll im Durchmesser z. B. entspricht dieser Kehrpunkt einer Last von 600 Pfund.“ (S. POGGEND. Ann. Bd. 77. S. 53.)

des durchgeleiteten Stromes nach longitudinaler Richtung streben, wie schon die Kraft der Projection zeigt, welche die Theile vom positiven zum negativen Pole hinführt, woraus bei unterbrochenem Strome der Voltaische Lichtbogen\*) entsteht. Der Kampf zwischen den zwei entgegengesetzten Bestrebungen, wovon die eine transversal, die andere longitudinal ist, veranlasst die Oscillation der Theile um ihr natürliches Gleichgewicht, und eben dadurch die Vibrationen.“

Man sieht, dass alle Versuche DE LA RIVE's über die Hervorrufung der Töne durch Magnetismus auf moleculare Beziehungen und auf das Zusammenwirken longitudinaler und transversaler Schwingungen hinleiten. Wir können daher zugeben, dass es mechanische Schwingungen sind, welche bei diesen magnetischen Erregungen den Ton hervorbringen; aber diese mechanischen Schwingungen haben einen molecularen eigenthümlichen, auf perpendiculare Richtung sich beziehenden Charakter, indem sich transversale und longitudinale Schwingungen mit einander zur Hervorbringung des Tones vereinigen müssen. Man wird dadurch an die sogenannten Elasticitätsaxen des Lichtäthers erinnert, wobei auch perpendiculare Beziehungen angenommen werden, um die Erscheinung der Lichtpolarisation und doppelten Strahlenbrechung zu erklären, während ich im vorbergehenden Bande dieser Abhandlungen (Bd. II. S. 208 u. 228) hervorhob, dass in der Annahme eines spiralförmigen Umschwunges des Magnetismus um die krystallinischen Elemente (welcher Umschwung Wärmezeugung bei der Magnetisirung\*\*), und in recht schneller Bewegung Lichterscheinung hervorruft) eine Wellentheorie des Lichtes liege, der sich zugleich perpendiculare Beziehungen unmittelbar anschliessen.

---

Zweiter Hauptabschnitt.

Ueber die kosmische Bedeutung harmonischer Gesetze.

Welche mechanische Theorie wir in Beziehung auf Entstehung des Tones zu Grunde legen mögen, keine wird im Stande sein etwas aufzuklären, was sich auf Harmonie der Töne bezieht. Durch diese Betrachtung wurde KEPLER zu seiner *Harmonia mundi* hingeleitet, indem er die musikalischen Gesetze im Zusammenhang auffasst mit den Bewegungen der Planeten. — Und im alten Platonischen Geist hat überhaupt das Schöne eine Beziehung zu

---

\*) Auch dieser Lichtbogen giebt nach DE LA RIVE eigenthümliche Töne bei magnetischer Einwirkung (s. *Ann. de Ch. et de Ph.* 1847. tom. XLX. p. 378) — Vgl. in vorliegender Abhandlung N. V. 5.

\*\*) Nach BREDA (*Compt. rend. t. XXI. p. 961* übers. in *POGGEND. Ann. d. Phys. B. 68. S. 552*) und GROVE (in den *Proceedings of the Royal Society*, May 1849, und in *POGGEND. Ann. B. 78. S. 567*).

einer höhern Welt. Denn das Schöne ergreift uns mit freudigem Schrecken, weil wir mit Freudigkeit eines höheren Zustandes uns bewusst werden, worin wir einst gewesen, zugleich aber erschrecken im Gefühle dessen, was wir verloren haben. Und eben darum regt der Anblick des Schönen durch unwillkürlich ergreifende Kraft die Sehnsucht auf nach einer höhern Welt.

Unter den schönen Künsten ist keine zu nennen, welche solches klarer darstellt, als die Musik. — Was MOZART geleistet, lag nicht blos verborgen, sondern schon im hohen Grad entwickelt und ausgebildet im Kinde, das er in gewisser Beziehung sein Leben hindurch geliebt. Ueberhaupt, was ein ausgezeichnete musikalischer Geist vermag, verdankt er allein einer höhern Welt, während er wenig lernen kann auf Erden, das in Betrachtung käme verglichen mit dem, was er schon von Natur weiss.

Es ist einleuchtend, wie mit solchen Platonischen Ideen zusammenhängt, was KEPPLER über Ableitung der musikalischen Scala aus weltharmonischen Beziehungen sagt. Schliessen wir uns aber der Kepplerischen Auffassung harmonischer Gesetze an, so ist auf dem Standpunkte der neuesten Zeit nicht zu übersehen, dass wir, bei der kosmischen Bedeutung des Magnetismus, durch HANSTEEN'S Forschungen auch darauf hingewiesen, nach dem Zusammenhange des Magnetismus mit harmonischen Gesetzen zu fragen. — Denn bei der Bedeutsamkeit, welche der jedem angeschlagenen Grundton einer Saite nachklingende Dreiklang für die gesammte Musik sowohl in theoretischer als praktischer Beziehung hat, ist es gewiss beachtenswerth, dass das Umdrehungsverhältniss der vier magnetischen Erdpole, wie aus HANSTEEN'S gründlichen Forschungen hervorgeht, einen harmonischen Dreiklang darstellt. Hierzu kommt, dass dasselbe Verhältniss sich auch in den Abständen aller näheren Trabanten offenbart. Diese Betrachtung hat mich im Jahre 1814 zur Vorherberechnung der zwei ersten Uranustrabanten hingeführt, welche neuerdings aufgefunden wurden von LASSELL. Die Umdrehungszeit dieser zwei neuen Trabanten, wie LASSELL sie durch Beobachtungen bestimmte, steht jener dem erwähnten Gesetze gemäss vorher zu berechnenden so nahe, dass wohl bei dem ersten Trabanten noch ein Fehler von 0,1 im Verhältniss zur ganzen Umdrehungszeit übrig bleibt, aber bei dem zweiten der Fehler im Verhältniss zum Ganzen nur 0,02 beträgt, demnach fast als ein verschwindender betrachtet werden kann. Hierzu kommt, dass diese Betrachtungs- und Berechnungsweise sich ausdehnen lässt auf das Abstandsgesetz der Planeten.

Es liegt darin eine Aufforderung, aus der im Journal d. Chem. u. Phys. für 1814 mitgetheilten Abhandlung über die Umdrehung der magnetischen Erdpole und ein daraus abgeleitetes Gesetz des Trabanten- und Planetenumlaufs in Briefen an W. PFAFF nebst einem Schreiben des Letztern über KEPPLER'S Weltharmonie die Hauptsätze hervorzuheben und diese in Verbindung zu bringen mit dem, was neuerdings nach LASSELL'S Entdeckung in den Astronomischen Nachrichten vom 29.

Oct. 1852 S. 261—268 und im ersten Bande der Abhandlungen der Hallischen naturforschenden Gesellschaft (Jahrgang 1853) 4tes Quartal, S. 47—54 zur Sprache gekommen. — Es wird sich zeigen, dass sich der Betrachtung noch eine neue für das Abstandsgesetz der grösseren Planeten nicht uninteressante Wendung geben lässt. — Dies ist es, was ich in den folgenden Paragraphen kurz darzulegen beabsichtige.

§. 1.

Im Journal der Chem. u. Phys. von 1814 versuchte ich den eben erwähnten Keplerischen weltharmonischen Betrachtungen noch andere auf die Mondabstände von den Planeten sich beziehende anzureihen. Es heisst in dieser Beziehung (B. X. S. 43):

Um in den Mondabständen von den Planeten harmonische Gesetze nachzuweisen, habe ich lediglich die Nachklänge eines einzigen Tones einer gespannten Saite, z. B. des C, beizuschreiben:

$$\begin{array}{cccccc} C & c & g & \bar{c} & \bar{e} & \bar{g} \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{array}$$

Die Anleitung zu solchen Betrachtungen ging von HANSTEEN'S Werk aus über Erdmagnetismus und schloss dem von ihm aufgefundenen Gesetze der Umdrehung unserer magnetischen Erdpole sich an. Demgemäss dauert

864	Jahre	die Umdrehung	des sibirischen magnetischen Pols,
1269	„ „	„	des amerikanischen magnetischen Südpols,
1728	„ „	„	des amerikanischen Nordpols,
4320	„ „	„	des magnetischen Südpols von Neuholland.

Man sieht, dass dieses Zahlenverhältniss

$$864 : 1269 : 1728 : 4320 = 2 : 3 : 4 : 10.$$

Es stellt sich also ein nachklingender harmonischer Dreiklang dar:

$$c \quad g \quad \bar{c} \quad \bar{e}.$$

Die Terz liegt allerdings eine Octave höher als gewöhnlich bei dem Nachklange. — Offenbar aber tritt das Gesetz des Dreiklanges in den Bewegungen der magnetischen Erdpole hervor.

§. 2.

Zunächst reihten dem HANSTEEN'Schen Gesetze in jener ältern Abhandlung sich Betrachtungen an über die Abstände der Saturnstrabanten. Nur Folgendes soll daraus hervorgehoben werden. Es heisst nämlich Seite 11:

„Ich entlehne die Angaben aus BONNENBERGER'S Astronomie, Tübingen 1811 (welche den Verhältnissen gemäss, worauf es allein ankommt, noch jetzt gelten).

Mitte des Ringes	1,996	Saturnshahbmesser	
I. Trabant	3,080	„	
II. „	3,952	„	
III. „	4,893	„	
IV. „	6,268	„	

Wir begnügen uns blos die Zahlen hieher zu setzen, welche den zunächst nachklingenden Tönen des harmonischen Dreiklanges entsprechen. Denn in runden Zahlen ausgedrückt haben wir bei diesen Abständen der nächsten Saturnstrabanten die Verhältnisse vor uns:

$$2 : 3 : 4 : 5 : 6,$$

d. h. die oben angeführte Nachklangreihe.“

### §. 3.

Daran schloss (S. 13) folgende Bemerkung sich an: „Da es sonderbar scheinen mag, die Zahlen unserer Reihe, welche sich zunächst den Umläufen der magnetischen Pole anschliessen, mit Trabantendistanzen, also Zeit- mit Raumverhältnissen zu vergleichen, so wollen wir diese Sonderbarkeit durch Anwendung des dritten Keplerischen Gesetzes beseitigen. Diesem gemäss verhalten sich bekanntlich, wenn die Trabantendistanzen mit  $d, d'$ , die Umlaufzeiten mit  $u, u'$  bezeichnet werden,  $u : u' = d^3 : 2 : d'^3 : 2$ .

Es schliesst sich also der Nachklangreihe

$$2 : 3 : 4 : 5 : 6$$

folgende Reihe unmittelbar an:

$$2^3 : 2 : 3^3 : 2 : 4^3 : 2 : 5^3 : 2 : 6^3 : 2,$$

woraus die Zahlen

$$1 : 1,837 : 2,828 : 3,953 : 5,196$$

als Verhältnisszahlen hervorgehn.

### §. 4.

Und in diesem Sinne wandte sich die Betrachtung zunächst zu den drei ersten Jupiterstrabanten. Ich will die hieher gehörige Stelle aus S. 19 der ursprünglichen Abhandlung hieher setzen.

Beobachtete Umlaufzeiten	Aus der Nachklangreihe abgeleitete Verhältnisszahlen	Differenzen	Fehler im Verhältnisse zum Ganzen
I. 1.	1.	—	—
II. 2,007	1,837	— 0,170	0,085
*	2,828	*	*
III. 4,004	3,953	— 0,091	0,022

„Bei den Umläufen der drei ersten Jupiterstrabanten gilt bekanntlich das Gesetz, dass die Umlaufszeit des zweiten die doppelte von der des ersten, die des dritten die doppelte von der des zweiten ist. Es ist nach LA PLACE den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern zuzuschreiben, dass sich dieses Verhältniss in der ersten Spalte der vorhergehenden Tafel nicht in voller Schärfe darstellt. Die Differenz der aus der Nachklangreihe abgeleiteten Verhältnisszahlen und der wahren Verhältnisse der Umlaufzeiten würde dann noch geringer sein. Aber ich könnte sogar behaupten, dass diese, in Beziehung auf die ursprünglichen Umlaufzeiten betrachtet, vielleicht fast ganz verschwinde. Denn LA PLACE zeigt es als wahrscheinlich, dass dieses merkwürdige Verhältniss anfänglich bloß annäherungsweise vorhanden war, und erst durch die gegenseitigen Attractionsgesetze zu dieser Schärfe auf dem von ihm angegebenen Weg ausgebildet wurde.“

§. 5.

Wenden wir uns von den nächsten Jupiterstrabanten zu den nächsten Saturnstrabanten. Zuerst wird dabei der Ring unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Im Einklange schon mit den Beobachtungen CASSINI's wurde dieser Ring (in einer Note zu jener ältern Abhandlung S. 24) als bestehend aus einer Reihe umkreisender Meteormassen aufgefasst, wozu auch SCHNÖTER's Beobachtungen Veranlassung gaben, die sich auf die wechselnde Stärke des vom Ringe geworfenen Schattens bezogen, der statt schwarz einmal bloß grau aussah. In neuerer Zeit hat durch die Beobachtungen von LASSELL, welcher fand, dass der Saturnsring durchscheinend ist wie ein Flor, diese Auffassungsweise des Ringes eine grosse Bestätigung erhalten, sowie auch die aufgefundenene Excentricität des Saturnsrings eine neue Bestätigung darbietet, indem diese Excentricität bloß ausspricht, was ohnehin zu erwarten war, dass gleich dem ersten Saturnstrabanten auch die noch näher stehenden Meteormassen, welche den Ring bilden, sich in Ellipsen bewegen.

Es heisst nun in jener Abhandlung über die Umdrehung der magnetischen Erdpole mit Beziehung auf diesen Saturnsring S. 14:

LA PLACE, der aus theoretischen Gründen die Umdrehung des innern Ringes auf 10 Stunden 33 Minuten berechnet hatte, ehe HERSCHEL die Umdrehungszeit einiger daran beobachteter glänzender Punkte von  $10^h 32' 15'' = 0,439$  Tag fand, erklärte die Möglichkeit, wie SCHNÖTER lange Zeit unbeweglich scheinende leuchtende Punkte beobachten konnte, daraus, dass jeder der beiden Saturnsringe aus mehreren kleinen gebildet sei, die als ebenso viele um den Mittelpunkt des Saturns umlaufende Trabanten angesehen werden können, und dass dabei diese verschiedenen Ringe auch verschiedene Neigung gegen den Saturnsäquator haben.

Jeder dieser Ringe wurde nun als ein noch unvollendeter, aus getrennten, mit Wolken-

sphären umhüllten Meteormassen bestehender Trabant aufgefasst. Und diese Betrachtungen werden von S. 26 an in der Art fortgesetzt:

Nehmen wir den Abstand des ersten Saturnsmondes zu 3,170 Saturnhalbmassern an (was ohngefähr das Mittel ist zwischen der älteren Bestimmung 3,050 und der neuesten in der *Exposition du système du monde* von 3,351 Halbmassern), so kommt gerade auf den mittelsten Saturnsring die Umlaufszeit von 0,471 Tagen. Wollen wir diese Umlaufszeit an die Reihe der nächsten Trabantenumläufe anschliessen, den Ring selbst als den ersten Trabanten zählend. Es ist sonach

I. Trabantenumlaufl	0,471	Tage
II. „	0,94271	„
III. „	1,37024	„
IV. „	1,88780	„
V. „	2,73948	„

Man sieht, dass die vierte Trabanten-Umdrehungszeit die doppelte zweite, und die zweite die doppelte erste ist, ganz analog dem Gesetze bei den ersten Jupiterstrabanten. Zugleich sieht man, dass der dritte und fünfte Trabant dieses Gesetz nachahmen und wieder beginnen, indem die fünfte Umlaufszeit wieder fast ganz genau die doppelte dritte ist. Diess aber leuchtet ohnehin als nothwendige Folge aus unserer Reihe ein.

Wir wollen aber die dargelegten Thatsachen in einer ähnlichen auf die ersten Trabantenumläufe des Saturn sich beziehenden Tabelle zusammenstellen, wie sie vorhin in Beziehung auf die Jupiterstrabanten dargelegt wurde. Wir nehmen hier die Umlaufszeit des mittleren Saturnsrings von 0,471 Tagen als Einheit an, und erhalten in der Art folgende Tabelle:

Trabantenumläufe.	Verhältnisszahlen.	Aus der Nachklangreihe abgeleitete Zahlenverhältnisse.	Differenzen.	Fehler im Verhältnisse zum Ganzen.
I. 0,471	1.	2 <sup>3</sup> :2 = 1.		
II. 0,94271	2,002	3 <sup>3</sup> :2 = 1,837	— 0,165	0,0824
III. 1,37024	2,909	4 <sup>3</sup> :2 = 2,928	— 0,081	0,0278
IV. 1,88780	4,008	5 <sup>3</sup> :2 = 3,953	— 0,055	0,0137
V. 2,73948	5,816	6 <sup>3</sup> :2 = 5,196	— 0,620	0,1066

Man sieht, wie schon vorhin erwähnt, dass das Verdoppelungsgesetz, welches bei den Jupiterstrabanten so grosse Aufmerksamkeit erregt hat, bei den Saturnstrabanten sich gleichfalls darstellt, und zwar nicht bloß bei Vergleichung der ersten, zweiten und vierten Umlaufzeiten, sondern auch bei Vergleichung der dritten und fünften. Und mit Beziehung auf die theoretischen Betrachtungen von LA PLACE, dass ein annäherndes Verhältniss der Bewegungen hinreichte, um dieses Verdoppelungsgesetz in aller Schärfe bei den Jupiterstrabanten durch gegenseitige Attraction anzubilden, muss es den rechnenden Astronomen überlassen bleiben,

nachzuweisen, dass die von LA PLACE bei den Jupiterstrabanten angestellten Berechnungen übertragbar sind auf die Saturnstrabanten. — Besonders verdient specielle Beachtung die dritte und fünfte Umlaufzeit, da  $2 \times 2,909 = 5,818$ , also die fünfte Umlaufzeit bis auf 0,002 genau die verdoppelte dritte ist. Gehn wir von der Idee der Weltharmonie im Kepplerischen Sinne aus, und legen in dieser Beziehung einiges Gewicht auf die in vorstehender Tafel aufgeführten aus der Nachklangreihe abgeleiteten Zahlen, so werden wir auf das Verhältniss  $2,828 : 5,196$  kommen. Da nun  $2 \times 2,828 = 5,656$ , so weicht dieses Verhältniss um 0,460 von der Verdoppelung ab. Es fragt sich, ob ein so abweichendes Verhältniss im Sinne der LA PLACE'schen Theorie ausreichen würde, durch die gegenseitige Einwirkung der Saturnstrabanten das Verdoppelungsverhältniss herbeizuführen.

Hinsichtlich auf das fehlende Glied bei den Jupiterstrabanten in der ersten Tabelle §. 4 wurde aber schon in der Abhandlung vom Jahr 1814 folgende Bemerkung beigelegt (S. 27): „Wenn jene merkwürdige harmonische Trias von Bewegungen (sofern der beliebten Kürze wegen dieser Ausdruck erlaubt ist), welche LA PLACE bei den Jupiterstrabanten als ein eigenenthümliches System (*système à part*) betrachtet, bei den Begleitern des Saturn ganz entschieden nicht der ersten, zweiten und dritten Umlaufzeit, sondern der ersten, zweiten und vierten angehört, sollen wir nicht dasselbe auch bei den Jupiterstrabanten annehmen, und erhält also die Vermuthung, dass zwischen dem zweiten und dritten wahrnehmbaren Jupiterstrabanten Mondasteroiden an dem Orte, welchen unsere Reihe ihnen anweist — und welcher (da der dritte Jupiterstrabant der grösste von allen) dem Platze der Asteroiden in der Planetenwelt analog ist, — sich befinden mögen, nicht eben hierdurch einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit?“ — Diese Mondasteroiden scheinen es gewesen zu sein, welche der Bestätigung der grossen auf Berechnung der Schnelligkeit des Lichtes sich beziehenden Entdeckung RÖMER's unbequem bei dem zweiten Trabanten entgegen traten. LA PLACE in der *Mécanique céleste tom. V. p. 408* drückt darüber sich also aus: *Cette explication de Römer éprouva quelques objections fondées sur ce qu'elle ne paraissait pas indiquée par les éclipses des autres satellites, où il était difficile de la reconnaître parmi leurs nombreuses inégalités, qui n'étaient pas encore connues.* Aber noch jetzt ist diese Schwierigkeit nicht beseitigt, und FLAUGERGUES (in ZACH's *Corresp. astronom. II. 430*) macht aufmerksam, dass gerade der zweite Jupitersmond die meisten Unregelmässigkeiten zeigt.

### §. 6.

Mit Beziehung auf die Uranustrabanten, zu denen wir uns nun wenden, nehmen wir zunächst aus der Abhandlung vom Jahr 1814 S. 28 folgende Stelle auf:

„Wir haben nun ein Recht, jenes harmonische Gesetz der Bewegungen, womit zwei Trabantenreihen beginnen, auch bei der dritten Reihe derselben zu erwarten. Ich will die

Reihe der Distanzen und Umlaufzeiten der Uranustrabanten nach HERSCHEL's Bestimmungen hieher setzen:

	Mittlere Abstände.	Umlaufzeiten.
I.	13,120	5,8926 Tage.
II.	17,022	8,7068 „
III.	19,845	10,9611 „
IV.	22,752	13,4559 „
V.	45,507	38,0750 „
VI.	91,008	107,6944 „

Was ich vorhin als beginnende Nachahmung jener harmonischen Trias von Bewegungen angeführt habe, dass nämlich die Umlaufzeit des dritten Saturnsmondes die Hälfte von der des fünften ist, dasselbe bemerken wir hier annäherungsweise bei dem bis jetzt aufgefundenen ersten und dritten Uranusmonde. Letzterer gebraucht nämlich (sofern wir die Decimalen hinweglassen, denen die Astronomen bei dem ersten und dritten Trabanten noch wenig Vertrauen\*) schenken) doppelt so viel Zeit zu seinem Umlauf als ersterer. Wir erhalten hierdurch Anleitung, die noch nicht beobachteten Trabanten durch Rechnung zu bestimmen. Es werden nämlich, damit dasselbe harmonische Bewegungsgesetz wie in den übrigen Trabantenreihen (namentlich bei den Trabanten des Saturn) stattfinde, vor dem hier aufgeführten ersten Uranusmonde noch zwei vorhergehen müssen, deren

	mittlerer Abstand	und Umlaufzeit
I.	6,7545	2,1767 Tage
II.	10,7221	4,3534 „

beträgt.“

„HERSCHEL's Beobachtungen sind dieser, aus theoretischen Gründen abgeleiteten Vermuthung gar nicht ungünstig; denn HERSCHEL glaubte zuweilen Spuren von einem Ring um den Uranus gewahr zu werden. Einigemal sah er doppelte einander entgegengesetzte Punkte, gleichsam zwei Ringe von verschiedener Breite unter rechten Winkeln. Er bemerkte einmal auch einen Streifen, als den Entwurf eines Ringes, auf der Oberfläche des Planeten, auch Her-

\*) Neuerdings gelten als hinreichend genau die Bestimmungen der Umlaufzeiten von 8,7068 und 13,4559 Tagen, welche sich auf die von HERSCHEL im Jahr 1787 zuerst entdeckten Uranustrabanten beziehen. Denn selbst unter den günstigsten Verhältnissen, welche der Himmel auf Malta darbot, konnten allein diese zwei Trabanten von LASSELL wieder aufgefunden werden. LASSELL giebt dem ersten mit der Umlaufzeit von 8,7068 Tagen den Namen Titania, dem zweiten (sogenannten vierten HERSCHEL's) den Namen Oberon, während er den von ihm entdeckten nächsten Uranustrabanten mit dem Namen Ariel, und den zweiten von ihm entdeckten mit dem Namen Umbriel bezeichnet. Da übrigens HERSCHEL schon aufmerksam macht auf die starken Lichtabwechselungen der nun Titania und Oberon genannten Trabanten, so wäre es möglich, dass die andern von HERSCHEL entdeckten noch stärkeren Lichtabwechselungen ausgesetzt wären, und dann wäre die Hoffnung, sie wieder aufzufinden, nicht ganz verschwunden.

vorragungen. Indess konnte er hierüber nicht zur Gewissheit kommen, und erklärt sich zuletzt gegen die Annahme eines Ringes. Es ist aber um so wahrscheinlicher, dass diese, zuweilen, wie es scheint, unter besonders günstigen Umständen bemerkten lichten Punkte und Hervorragungen wirklich durch die nächsten Trabanten des Uranus veranlasst wurden, da die entscheidende Wahrnehmung derselben schon darum nicht möglich ist, weil selbst die in einer Entfernung von 13 und 17 Uranushalbmessern befindlichen Trabanten zuweilen gänzlich verschwinden, jener in einem Abstände von 18'', dieser in einem von 20''. HERSCHEL bemerkt mit Recht, dass die Ursache davon in dem Lichte des Hauptplaneten zu suchen sei, das erforderlich stark ist, um Körper, die so äusserst schwach erscheinen, bei einer zu grossen Annäherung völlig verschwinden zu machen.“

„Wir wollen also dreist noch zwei nähere Trabanten am Uranus annehmen, als entscheidende Beobachtungen darzuthun bisher vermochten, oder es vielleicht je vermögen werden. — Es ist ein glücklicher Zufall, dass die 8,7068 Tage betragende Umlaufszeit des 17 Uranushalbmesser entfernten Trabanten, woraus wir sowohl Umlaufszeit als Distanz der beiden noch nicht durch die Beobachtung entschiedenen Trabanten berechneten, unter allen Bestimmungen, welche bei den Uranustrabanten vorkommen, noch die genaueste ist. Denn jener Trabant wurde, gleich dem im Abstände von 22,752 Halbmessern befindlichen, zuerst entdeckt, und seine synodische Umlaufszeit unmittelbar bestimmt aus sechs Combinationen von Stellungen, die sechs, sieben und acht Monate von einander entfernt waren, während die des zuletzt genannten Trabanten bloß aus vier solchen Combinationen bestimmt, die Umlaufszeit aller übrigen Trabanten aber nach dieser Grundlage lediglich aus den Distanzen abgeleitet ist, deren Messung so vielen Schwierigkeiten unterworfen war.“

Folgende auf die näheren Uranustrabanten sich beziehende Tabelle aus derselben ältern Abhandlung (S. 31) reiht sich hier an.

Aus HERSCHEL's Beobachtungen abgeleitete Umlaufzeiten.		Aus der Nachklangreihe abgeleitete Zahlenverhältnisse.	Unterschiede.	Fehler im Verhältnisse zum Ganzen.
I.	1,000	23:2 = 1.		
II.	2,000	33:2 = 1,837	— 0,163	— 0,081
III.	2,707	43:2 = 2,828	+ 0,121	+ 0,045
IV.	4,000	53:2 = 3,953	— 0,047	— 0,012
V.	5,037	63:2 = 5,196	+ 0,159	+ 0,031

§. 7.

Es mag nun zweckmässig scheinen, eine Stelle aus LA PLACE „*Exposition du système du monde*“ 4me édit. in 4<sup>o</sup>, Paris 1813 p. 245 hervorzuheben, worin LA PLACE mit Beziehung auf das Verdoppelungsverhältniss bei den Jupiterstrabanten sich also ausdrückt: „*Il n'est pas*

*nécessaire, que ces rapports aient eu lieu exactement à l'origine; il faut seulement, que les mouvements et les longitudes des trois premiers satellites s'en soient peu écartés, et alors l'action mutuelle de ces satellites a suffi pour les établir et pour les maintenir en rigueur.*“ Demnach könnte bei den Uranustrabanten eine solche Uebergangsperiode zum Verdoppelungsverhältnisse stattfinden, wie sie hier angedeutet von LA PLACE. Und darauf bezieht sich schon in meiner älteren Abhandlung die Bemerkung S. 33, worin aufmerksam gemacht, dass die Beobachtung der zwei ersten Uranustrabanten, wenn sie aufgefunden werden sollten, dem bei den nähern Trabanten des Jupiter und Saturn sich darstellenden Verdoppelungsgesetz in den Umläufen ungünstig sein könnte. —

In der That sind LASSELL's Beobachtungen diesem Verdoppelungsgesetz ungünstig; denn die aus Beobachtungen in den ersten vier Nächten im October und November 1851 berechneten Umlaufzeiten verhalten sich keineswegs wie 1 : 2. Und obgleich, da der erste Saturnstrabant bedeutende Excentricität zeigt, dieselbe gleichfalls beim ersten Uranustrabanten nebst einer damit zusammenhängenden Aenderung der in den ersten Nächten beobachteten Umlaufszeit zu erwarten war, so stimmen doch spätere Beobachtungen, welche LASSELL über diese Trabanten mittheilte, und zwar in einem Briefe vom 2. Februar 1813 (in den *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society vol. XIII.*), zu jenen ursprünglichen Beobachtungen mit der einzigen kleinen Abänderung bei dem ersten Trabanten, dass statt der Zahl 2,5117 nun 2,520378 gesetzt ist, während für den zweiten Trabanten die Umlaufszeit von 4,1445 Tagen sich vollkommen bestätigt hat. Es verhält sich aber

$$2,520378 : 4,1445 = 1 : 1,644394,$$

steht also dem ursprünglich aus der Nachklangreihe abgeleiteten Verhältnisse 1 : 1,837 näher als der abgekürzte Ausdruck 1 : 2, indem  $1,837 - 1,644 = 0,193$ , also der Unterschied noch nicht 0,2 beträgt.

#### §. 8.

Hervorzuheben aber ist besonders, dass bei den im Jahr 1787 zuerst von HERSCHEL entdeckten zwei Trabanten die Umlaufszeit des ersten von 8,7068 Tagen, wie sie von HERSCHEL auf das sorgfältigste bestimmt wurde, sich allen folgenden Beobachtern hinreichend bestätigt hat. Und während ich in §. 6 nach Analogie mit den Saturnstrabanten dem Verdoppelungsgesetze gemäss gerechnet hatte, wobei die Zahl 4,3534 für den zweiten (Umbriel von LASSELL genannten) Trabanten sich ergab, indem  $4 : 2 = 8,7068 : 4,3534$  ist, so giebt das ursprüngliche, aus der Nachklangreihe in §. 3 abgeleitete Verhältniss die Zahl 4,0461, da

$$3,953 : 1,837 = 8,7068 : 4,0461,$$

welche Zahl von 4,1445 (der von LASSELL durch Beobachtung gefundenen) nur um 0,0984, also noch nicht um 0,1 abweicht.

Was aber die von LASSELL für seinen ersten Uranustrabanten, den er Ariel nennt, angesetzte Umlaufszeit betrifft von 2,520378 Tagen, so kommt, wenn wir statt des abgekürzten Ausdrucks 4 : 1 das ursprünglich gefundene Verhältniss setzen, die Proportion heraus

$$3,953 : 1 = 8,7068 : 2,2026.$$

Und da  $2,520378 - 2,2026 = 0,3177\dots$ , so steigt die Differenz noch immer auf 0,3.

Zu erwägen ist jedoch, dass es hier lediglich auf den Fehler im Verhältnisse zum Ganzen ankommt. Die ganze Umlaufszeit beträgt bei dem Ariel genannten ersten Trabanten 2,520378 Tage, welche sich zu der Differenz 0,3177... verhält = 1 : 0,12608. Demnach ist der Fehler im Verhältniss zum Ganzen kaum grösser als ein Zehntel.

Was aber den zweiten Trabanten anlangt, dessen Umlaufszeit 4,1445 ist, während die vorhin gefundene Differenz 0,0984 betrug, so ist

$$4,1445 : 0,0984 = 1 : 0,02374.$$

Demnach können wir sagen, dass mit sehr grosser Genauigkeit durch unser Reihengesetz die Umlaufszeit bestimmt sei, mit einem Fehler, der kaum mehr als 0,02 im Verhältnisse zum Ganzen beträgt.

Nicht blos also die Zahl der noch fehlenden zwei Uranustrabanten ist durch unser Reihengesetz richtig bestimmt, sondern der Fehler im Verhältnisse zum Ganzen beträgt bei der Vorherberechnung des ersten Trabanten kaum mehr als 0,1, und ist bei dem zweiten als ein fast verschwindender anzusehn.

Demnach werden die aus den Nachklangsgesetzen abgeleiteten Zahlenverhältnisse, von denen wir uns bisher leiten liessen, unsere Aufmerksamkeit verdienen, so dass wir keinen Anstand nehmen dürfen, sie noch weiter zu verfolgen.

#### §. 9.

Das aus den Nachklängen in §. 3 abgeleitete Zahlenverhältniss 1 : 1,837 : 3,953 ist aber annähernd gleich 1 : 2 : 4. — Es bietet sich also die Vergleichung dar des vorhin besprochenen Verdoppelungsgesetzes mit dem eben erwähnten streng aus den Nachklängen abgeleiteten Zahlenverhältnisse. Und dabei habe ich mich zunächst anzuschliessen an das, was in der kleinen Abhandlung über die Auffindung der zwei ersten Uranustrabanten durch LASSELL in den Astron. Nachrichten vom 29. October 1852 (Beilage zu N. 832) zur Sprache gekommen. Es heisst daselbst:

1. LA PLACE hatte in seiner Periode keinen Grund, besonderes Gewicht zu legen auf das in so grosser Strenge bei den ersten Jupiterstrabanten vorkommende Verdoppelungsgesetz, das er vielmehr, als zufällig herbeigeführt durch gegenseitige Störungen, als ein *système à part de ces corps* betrachtet.

Aber die bei chemischen Combinationen öfters vorkommenden Verdoppelungen (woraus

man ein Gesetz der multiplen Proportionen gemacht hat) müssen auch bei den grossartigen von der Astronomie in Betracht gezogenen Körpercombinationen die Aufmerksamkeit auf dieses Verdoppelungsgesetz hinlenken. Daraus entsteht auf alle Fälle ein Gewinn für die Chemie, welche dadurch abgezogen wird von geistlosen atomistischen Betrachtungen.

2. Das in der Planetenwelt annähernd geltende Gesetz des Abstandes, das zur Aufsuchung der Ceres anregte und auch neuerdings bei Berechnung des Neptun mit benützt wurde, bezeichnete man bei den entfernteren Planeten gewöhnlich als ein Verdoppelungsgesetz. Das Verdoppelungsgesetz, welches in der Trabantenwelt bei den Umläufen gilt, würde daher bei den Planeten in den Distanzen sich geltend machen. — Nur trat das Gesetz nicht scharf hervor, weil man willkürlich verlangte, dass es lediglich auf die mittlere Distanzen bezogen werden solle.

3. Ganz scharf aber treten in den Planetendistanzen bei verschiedenen Lagen der Planeten gegen einander die Verhältnisse 1 : 2 : 4 hervor, und zwar

a) bei den mondlosen Planeten: Mercur, Venus, Mars. Welche Lage der Venus man auch annehmen mag von der kleinsten bis zur grössten Distanz: so wird dieselbe, halbt, immer die Zahl einer Mercurdistanz geben, die etwas kleiner ist als die mittlere. — Verdoppelt aber giebt jede Venusdistanz eine Marsdistanz, die gleichfalls etwas kleiner ist als die mittlere (was wir durch  $< M$  bezeichnen wollen).

Abstand	Mercur	Venus	Mars
Kleinster	0,3592001 $< M$	0,7184002	1,4368004 $< M$ .
Grösster	0,3641318 $< M$	0,7282636	1,4565272 $< M$ .

b) Ein zweites System der Art bildet die Erde mit der Juno, welche in der Asteroidensphäre durch grosse Excentricität der Bahn sich auszeichnet. Denn alle Distanzen der Erde von der grössten an über die mittlere hinaus fast bis zur kleinsten, führen verdoppelt zu einer im Asteroidensysteme bei der Juno vorkommenden Distanz, wie folgende Tafel zeigt.

Abstand	Erde	Juno
Kleinster	0,993625 $> Perih.$	1,98725
Grösster	1,0167751	2,0335502 $< M$ .

c) Ein eigenthümliches System, welches den Zahlen 1 : 2 : 4 entsprechende Distanzen innerhalb gewisser Grenzen darstellt, bilden die grösseren, durch schnellere Axendrehung sich auszeichnenden Planeten: Jupiter, Saturn und Uranus, wie folgende Tafel zeigt:

Abstand	Jupiter	Saturn	Uranus
Kleinster	4,951871	9,903742 $> M$	19,807484 $> M$
Grösster	5,019075 $< M$	10,03815 $< Aph.$	20,07630

d) Neptun scheint eine neue Planetenreihe zu beginnen, worin (analog wie bei den näheren Monden des Jupiter und Saturn) ein Verdoppelungsgesetz in den Umläufen hervortritt. Wenigstens ist nicht, wie LE VERRIER bei seiner Berechnung voraussetzte, seine Distanz von der Sonne ohngefähr die doppelte von der des Uranus, aber seine Umlaufszeit ist nahe die doppelte von der des Uranus. Und dies ist beachtungswerth, wenn späterhin davon die Rede sein kann, einen neuen Planeten jenseits des Neptun durch Rechnung zu suchen.

§. 10.

Wollen wir nun dem soeben Dargelegten anreihen, was mitgetheilt wurde in den Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle Bd. I. Quartal IV. 1853. S. 47—54. Statt der abgekürzten Zahlenverhältnisse 1 : 2 : 4 wurden hier die streng aus der Nachklangreihe abgeleiteten Verhältnisse 1 : 1,837 : 3,953 angewandt. Es zeigte sich eine ganze Reihe von Distanzen bei den mondlosen Planeten Mercur, Venus und Mars, welche sich wie 1 : 1,837 : 3,953 verhalten, was folgende Tabelle darstellt.

Abstand	Mercur	Venus	Mars
Kleinster	0,3910725 > M	<b>0,7184002</b>	1,54591 > M
Grösster	0,3964417 > M	<b>9,7282636</b>	1,567134 > M.

Während im unmittelbar vorhergehenden Paragraph bei dem zu Grunde gelegten Zahlenverhältnisse 1 : 2 : 4 der Raum, worin dieses Verdoppelungsgesetz sich geltend macht, beim Mercur 0,3641318 — 0,3592001 = 0,0049317 Erdweiten betrug, und beim Mars 1,4565272 — 1,4368004 = 0,0197268 Erdweiten, so ist nun bei dem zu Grunde gelegten Zahlenverhältnisse 1 : 1,837 : 3,953 die Grenze erweitert, welche beim Mercur 0,3964417 — 0,3910725 = 0,0053692 Erdweiten, und beim Mars 1,567134 — 1,54591 = 0,021224 Erdweiten beträgt.

Dieser Gruppe der mondlosen Planeten schliessen aber auch die Erde und die Asteroiden sich an, der Zahlenreihe (§. 3)

$$1; 1,837; 2,828; 3,953; 5,196$$

gemäss. Denn

a) jede Erddistanz von der Sonne (von der grössten bis zur kleinsten), mit 2,828 dividirt, führt zu einer Mercurdistanz, der folgenden Tabelle gemäss:

Abstand	Mercur	Erde
Kleinster	0,347675 < M	<b>0,9832249</b>
Grösster	0,3595386 < M	<b>1,0167751</b>

Und ebenso

b) führen alle Distanzen des Mercur von der grössten bis noch unter die mittlere, mit 5,196 multiplicirt, zu einer Distanz der Juno hin, wie folgende Tafel zeigt:

Abstand	Mercur	Juno
Kleinster	0,3824577 < M	1,98725
Grösster	0,4666872	2,424907 < M.

Nimmt man eine astronomische Tabelle, worin die Abstände der Planeten von der Sonne in Beziehung auf den zur Einheit angenommenen mittleren Abstand der Erde angegeben sind, so findet sich z. B. für Vesta der kleinste Abstand 2,15235, und der mittlere Abstand 2,36148. Beide Zahlen liegen zwischen den in der unmittelbar vorhergehenden Tabelle bei der Juno aufgeführten Grenzen 1,98725 und 2,424907. Demnach führt jede Distanz der Vesta von der kleinsten bis zu mittleren, mit 5,196 dividirt, zu einer Mercurdistanz. Ebenso führt jede Distanz der Pallas, von der kleinsten 2,10166 bis ziemlich nahe gegen die mittlere hin (welche 2,77263 beträgt, also schon zu gross ist, um in die Reihe zu passen) zu einer Mercurdistanz, wenn man sie mit 5,196 dividirt.

Ich will mit diesen Beispielen bloß bezeichnen, dass die aus den Nachklangverhältnissen abgeleiteten Zahlen brauchbar sind zur Distanzberechnung bei dem ganzen System der kleineren Planeten bis in die Asteroidensphäre hinein, und diese kleineren Planeten in Verbindung mit den Asteroiden als ein eigenthümliches System darstellen.

### §. 11.

Wir wenden uns nun zu den grösseren Planeten. Obwohl unser gegenwärtiger Standpunkt nicht gestattet zu wiederholen, was sogleich auf den ersten Blättern der im Jahr 1814 über die Umdrehung der magnetischen Erdpole erschienenen Abhandlung dargelegt ist, so ist doch das dort gewonnene Resultat anzuführen, nämlich, dass die von HANSTEEN für die Umdrehungszeiten der vier magnetischen Erdpole gefundenen Zahlen 864, 1296, 1728 und 4320 sich gesetzmässig in folgende Reihe bringen liessen:

$$432; 648; 864; 1080; 1296; 1728; 2592; 4320.$$

Und diese Zahlen stellen sämtlich Dreiklänge dar, wie sie nachklingen einem angeschlagenen Grundtone, da sie der Reihe nach sich verhalten wie

$$2; 3; 4; 5; 6; 8; 12; 20.$$

$$c \quad g \quad \bar{c} \quad \bar{e} \quad \bar{g} \quad \bar{c} \quad \bar{g} \quad \bar{e}$$

Es entsteht daraus (im Sinne des §. 3) also auch die Reihe

$$2^3:2; 3^3:2; 4^3:2; 5^3:2; 6^3:2; 8^3:2; 12^3:2; 20^3:2,$$

woraus die Zahlen

$$1; 1,537; 2,828; 3,953; 5,196; 8; 14,697; 31,623$$

als Verhältnisszahlen hervorgehn.

Man sieht, dass nothwendig die Zahlen 8; 14,697; 31,623 (aus dem Dreiklange  $\bar{c} \bar{g} \bar{e}$ ,

oder 8; 12; 20 abgeleitet) sich verhalten müssen wie die aus dem Dreiklänge  $c g \bar{e}$  oder 2; 3; 5 abgeleiteten Zahlen 1; 1,837; 3,953, oder dass

$$1 : 1,837 : 3,953 = 8 : 14,697 : 31,623.$$

Und diesen Zahlenverhältnissen entsprechen die Abstände der drei grossen Planeten Jupiter, Saturn und Uranus, folgender Tabelle gemäss.

Abstand	Jupiter	Saturn	Uranus
Kleinster	4,951871	9,09659 > Perih.	19,57475 > M
Grösster	5,07875 < M	9,329666 < M	20,07630

Demnach gilt bei diesen grossen Planeten das Distanzenverhältniss 8 : 14,697 : 31,623 = 1 : 1,837 : 3,953 in einem grössern Raume als das abgekürzte Verhältniss 1 : 2 : 4, welches letztere, wie §. 9 zeigt, nur in einem Raume galt von 10,038150 — 9,903742 = 0,134408 Erdweiten, während in vorstehender Tabelle sich das Verhältniss 1 : 1,837 : 3,953 geltend macht in einer Ausdehnung von 9,329666 — 9,09659 = 0,233076 Erdweiten des Saturn. Es geben nämlich innerhalb des bezeichneten Raumes alle Distanzen des Saturn, mit 1,837 dividirt, eine Distanz des Jupiter, welche Jupiterdistanz, mit 3,953 multiplicirt, eine Distanz des Uranus giebt.

Demnach kommen auch bei der Gruppe der grossen Planeten, nämlich in den Distanzen des Jupiter, Saturn und Uranus, eine Reihe von Verhältnissen vor, welche sich wie 1 : 1,837 : 3,953 (oder was dasselbe ist, wie 8 : 14,697 : 31,623) verhalten. Jedoch diese Gruppe der grossen Planeten schliesst nicht der angegebenen Zahlenreihe gemäss den kleinen mit den Asteroiden in Verbindung stehenden sich an. Denn ein Blick auf eine Tafel der Planetenabstände zeigt, dass das Verhältniss 1 : 8 uns vom Mercur, selbst wenn wir seinen grössten Abstand mit der Zahl 8 multipliciren, nur wenig über die Asteroidensphäre hinaus, aber noch nicht in den Kreis des Jupiter hineinführt.

## §. 12.

Es schien zweckmässig, in den vorhergehenden Paragraphen einige Stellen aus älteren Abhandlungen vom Jahr 1814, 1852 und 1853 anzuführen, um nun der ganzen Betrachtung eine andere Wendung zu geben. — Voransteht mag ein Wort KEPLER's aus seiner ersten Schrift *Mysterium cosmographicum*. KEPLER macht nämlich den Reihen, denen gemäss er die Abstandsgesetze der Planeten zu bestimmen suchte, ihre Unendlichkeit zum Vorwurfe mit folgenden Worten: *Verum hoc pacto, quamvis obtinerem qualemcunque proportionem, nullus tamen cum ratione finis, nullus certus numerus mobilium futurus erat, neque versus fixas usque dum illae ipsae occurrerent, neque versus solem unquam, quia divisio spatii post Mercurium residui per hanc proportionem in infinitum procederet.* — Dieselbe Stelle KEPLER's hatte

schon in der Abhandlung vom Jahr 1814 von S. 73 an eine neue Wendung der Betrachtung herbeigeführt, welche aber gegenwärtig nicht weiter zu verfolgen ist, aus Gründen, die zum Schlusse meines für die Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft Bd. I. 4. Quart. S. 53 geschriebenen Aufsatzes dargelegt sind.

Wir sehen übrigens deutlich im Sonnensystem zwei Hauptreihen von Planeten sich darstellen. Die nähern kleinen meist mondlosen zeigen bei schneller Revolution eine langsame Rotation, während das Gegentheil der Fall ist bei den grossen Planeten. Da nun die kleinen Planeten ein eigenthümliches System bilden, welches ein in sich geschlossenes Ganze darstellt, entsprechend im Abstände den in §. 3 aus der Nachklangreihe berechneten Verhältnissen

$$2^3:2 : 3^3:2 : 4^3:2 : 5^3:2 : 6^3:2,$$

woraus die Zahlen

$$1 : 1,837 : 2,828 : 3,953 : 5,196$$

als Verhältnisszahlen hervorgingen, denen gemäss wir die Abstände der einzelnen fünf Planetengruppen berechnen konnten: so bietet der Gedanke sich dar, dass auch die grossen Planeten demselben aus der Nachklangreihe abgeleiteten Gesetze gemäss sich werden auffassen lassen. Denn nachdem Neptun, welcher noch gleich der Ceres mit Rücksicht auf das von Titius zuerst ausgesprochene Abstandsgesetz der Planeten aufgesucht worden war, eben dieses Gesetz entschieden widerlegt hat: so ist kein Grund mehr vorhanden, in dem weiten Raume zwischen Saturn und Uranus nicht wenigstens an Asteroiden denken zu wollen, welche bedeutend grösser sein können als die zwischen Mars und Jupiter, und sich dennoch unsern Teleskopen entziehn. Unter diesen Umständen würden wieder fünf Planetengruppen herauskommen. Und da in der bisher benützten harmonischen Nachklangreihe nach 6 die Zahl 8 als neue Octave folgt, wovon schon §. 11 die Rede war: so können wir ideell in höhere Octaven die wenn gleich nicht mehr zu hörenden Nachklänge verfolgen; und erhalten dann folgende durch Multiplication mit 8 abgeleitete, der bei den kleinen Planeten benützten gleichbedeutende Reihe:

$$1 : 1,837 : 2,828 : 3,953 : 5,196 = \\ 8 : 14,696 : 22,624 : 31,623 : 41,568.$$

Aber diese demselben Grundtone sich anschliessenden Reihenzahlen sind zu klein um unmittelbar bei Anreihung der grossen Planeten an die kleineren benützt werden zu können, wie schon zum Schlusse des §. 11 angemerkt wurde. Da jedoch die grösseren Planeten so viele Eigenthümlichkeiten darstellen, so muss es uns wahrscheinlich scheinen, dass ihre Reihe aus musikalischem Standpunkt im Sinne der Keplerischen Weltharmonie aufgefasst, auch einen eigenthümlichen Charakter haben werde.

Jede Zahl kann natürlich als Multiplum benützt werden, ohne das Zahlenverhältniss zu stören, worauf es hier allein ankommt. Und nehmen wir die der kleinen Septime ent-

sprechende Schwingungszahl 1,8 um jedes einzelne Glied der Reihe damit zu multipliciren, so stellen sich die Verhältnisszahlen dar

$$8 : 14,696 : 22,624 : 31,623 : 41,568 =$$

$$14,4 : 26,4528 : 40,7232 : 56,9232 : 74,8224.$$

Setzen wir nun, beliebiger Kürze wegen, den mittleren Abstand des Mercur = 0,4 Erdweiten statt 0,3570938, weil gar kein Grund vorhanden, streng gerade vom mittleren Abstand des Mercur ausgehen zu wollen, so ist

$$74,8224 \times 0,4 = 29,92896,$$

wodurch wir dem mittleren Abstände des Neptun, der 30 Erdweiten beträgt, nahe genug kommen.

Bei dieser Betrachtungsweise erscheint Neptun wirklich als der letzte Planet, und wir haben daher nicht mehr Veranlassung an Störungen zu denken, welche ein noch entfernterer Planet auf ähnliche Weise hervorbringen könnte, wie sie Neptun bei Uranus hervorgebracht. Und eben hierin würde die Bestätigung liegen der dargelegten Betrachtungsweise des Abstandsgesetzes der grossen Planeten.

### §. 13.

Tragen wir die vorstehende Betrachtung nun auf die andern grossen Planeten über, so werden wir sogleich bei Jupiter, wenn wir die Zahl 14,4 mit 0,4 (als mittleren Abstand des Mercur gerechnet) multipliciren, auf die Zahl 5,76 kommen, während der grösste Abstand des Jupiter blos 5,45 Erdweiten beträgt. Es ist aber hier, wie schon gesagt, durchaus kein Grund vorhanden, Gewicht zu legen gerade auf die mittlere Distanz des Mercur. Dividiren wir mit der Zahl 14,4 in das Perihelium des Jupiter = 4,951871, so kommen heraus 0,34388 Erdweiten, wodurch wir in das Bereich des Mercur geführt werden, und zwar nahe genug dem mittlern Abstände, der 0,387 beträgt. Und dividiren wir mit derselben Zahl 14,4 in das Aphelium des Jupiter = 5,453663, so erhalten wir die Zahl 0,378726, wodurch wir dem mittleren Abstände des Mercur noch näher kommen. Während die Division in das Perihelium uns zu einer Zahl führte, die blos um 0,04321 von dem mittlern Abstände des Mercur sich unterscheidet, führt uns die Division des Aphelium zu einem Abstände, der blos um 0,03638 von dem mittleren Abstände des Mercur verschieden ist. Demnach führt beim Mercur innerhalb der Grenzen von 0,378726 bis 0,34388 Erdweiten jede Multiplication mit der für Jupiter gefundenen Reihenzahl 14,4 zu einem Abstände des Jupiter, der zwischen seinem Perihelium und Aphelium liegt. Und dies genügt vollkommen für die Zwecke der Betrachtungen, welche wir hier anstellen.

§. 14.

Auf ähnliche Weise führt bei Saturn eine Division der Zahl 26,4528 in das Perihelium des Saturn = 9,004422 zu der Zahl 0,340396, welche in dem Kreise des Mercur zwischen dem kleinsten und dem mittlern Abstände liegt, von welchem letztern sie um 0,046678 abweicht. Und dividiren wir mit derselben Zahl 26,4528 in das Aphelium des Saturn = 10,073278, so kommt heraus 0,380802, welche Zahl von dem mittlern Abstände des Mercur nur um 0,006292 abweicht.

§. 15.

Wenden wir uns zu der Zahl 40,7232, so würde diese uns einen Anhaltspunkt geben, wenn es um Aufsuchung der Asteroidensphäre zwischen Saturn und Uranus zu thun wäre. Wir würden dann die Zahl 40,7232 sowohl mit dem Perihelium als mit dem Aphelium des Mercur multipliciren, um die Grenze dieser Asteroidensphäre zu bestimmen. Uebrigens müssen wir uns sagen, dass der den neuesten Beobachtungen LASSELL's gemäss sich wie ein durchsichtiger Flor darstellende Saturnusring, welcher daher entschieden aus einer Reihe von Meteor Massen zusammengesetzt, uns möglicher Weise andeuten könnte, dass die Asteroidensphäre zwischen Saturn und Uranus vorzugsweise in der Nähe des Saturn sich möge ausgebildet haben.

§. 16.

Wir kommen nun zu der auf den Uranus sich beziehenden Reihenzahl 56,9232. Dividiren wir damit das Aphelium des Uranus = 20,07630, so kommt heraus 0,3527; was von dem mittlern Abstände des Mercur abweicht um 0,0344. Ebenso können wir die Zahl des Periheliums = 18,28848 mit 56,9232 dividiren, wobei herauskommt 0,3213, was von dem mittlern Abstände des Mercur um 0,0658 abweicht. Innerhalb der Grenze von 0,3527 bis 0,3213 führt also jede Mercurdistanz, mit 56,9232 multiplicirt, zu einer Uranusdistanz, welche zwischen dem Perihelium und Aphelium desselben liegt. Es machen sich also die vorhin in §. 12 aufgefundenen Zahlen auf eine durchgreifende Weise geltend.

§. 17.

Die Wendung, welche in diesen letzten fünf Paragraphen der Betrachtung über das System der grossen Planeten gegeben wurde, ging von der in §. 12 angeführten Keplerischen Stelle aus, welche Abschluss suchend, mathematische ins Unendliche führende Reihen vermeiden zu müssen glaubt. Darauf hatte ich geantwortet in der ältern Abhandlung: „wenn kein mathematischer Grund vorhanden um die Reihe abzubrechen, so müssen wir einen physikalischen suchen.“ Und in der That braucht man blos einen Blick zu werfen auf den letzten Jupiterstrabanten und den letzten Saturnstrabanten, um sich zu überzeugen, dass

hier von Körpern die Rede sei, welche ihrer physikalischen Natur nach sich wesentlich unterscheiden von den nähern Trabanten, mit welchen sie in eine und dieselbe mathematische Reihe bringen zu wollen also offenbar ein vergebliches Bestreben sein würde. — Dass der letzte Jupiterstrabant und Saturnstrabant sich sprungweise entfernen von der Reihe der übrigen Trabanten, fällt unmittelbar ins Auge. Daher, wenn wir in §. I leicht über den Umstand hingingen, dass der zu seiner Umdrehung die grösste Reihe von Jahren brauchende magnetische Erdpol bei seiner sich dem Dreiklangsverhältnisse anschliessenden Umdrehungszeit einen Sprung macht in eine höhere Octave, so wird es vielleicht nun erlaubt sein, in dem bezeichneten Zusammenhange nebenbei daran zu erinnern.

Der Grund dieses Sprunges ist bei dem letzten Jupiters- und letzten Saturnstrabanten so schwer nicht zu errathen. Der Trabant scheint nämlich in Planetennatur überzugehen auf ähnliche Weise, wie bei mehreren Doppelsternen der Uebergang des letzten Planeten in Sonnennatur sich deutlich genug darstellt. In dieser Beziehung führte ich folgende Beobachtung des vierten Jupiterstrabanten von HERSCHEL an: „Seine Farbe ist beträchtlich von jener der andern drei verschieden, er ist zu verschiedenen Zeiten trübe, fällt ins orangefarbene, röthliche und rothgelbe, und dies kann uns zu der Vermuthung leiten, dass er eine beträchtliche Atmosphäre hat.“ Dagegen haben die drei übrigen Trabanten ein weisses Licht von blos zuweilen grösserer oder geringerer Intensität. Schliessen wir von unserm Monde, der kaum eine wahrnehmbare Atmosphäre zeigt, auf die übrigen Monde, so würde schon diese starke Atmosphäre des vierten Jupiterstrabanten, worin er auch seine drei Gefährten wenigstens beträchtlich übertrifft, der Hypothese vom Uebergange desselben in planetarische Natur günstig sein. — SCHRÖTER, welcher die abwechselnde Lichtstärke der Jupiterstrabanten von einer atmosphärischen Beschaffenheit ableitete, weil darin auch ein zufälliger Wechsel bemerkbar ist, hebt doch bei dem vierten Trabanten hervor, dass hier eine auffallende Periodicität der Lichtstärke eintrete, indem derselbe seit länger als einem Jahre seine Periode im Lichtwechsel fortdauernd gezeigt habe. — Aber bei einem trüben Weltkörper mit beträchtlicher Atmosphäre ist eine so bestimmte und so lange Zeit anhaltende Periode im Lichtwechsel, wenn sie lediglich von atmosphärischen Gründen abhängen soll, schwer zu verstehen. Ist es nicht wahrscheinlicher, dass dieser constante Wechsel des Lichts veranlasst werde von einem secundären Monde? Wir hätten dann nur, was bei den veränderlichen Sternen schon gilt, überzutragen auf die Trabantenwelt, nämlich auf die äussersten in Planetennatur, wie es scheint, übergehenden Trabanten. Dabei wird es zugleich einleuchtend, warum dieser vierte Jupiterstrabant mit einem Mal 26 Jupitershalbmesser entfernt ist, während die drei ersten nur 6, 9, 15 Halbmesser abstehen. Auch die grössere Excentricität der Bahn zeichnet diesen vierten Jupiterstrabant vor den übrigen aus. Bestätigt aber wird die Idee von einem secundären sich um ihn bewegendem Monde, durch eine Beobachtung MARALDI'S (in den *Mé-*

*moires de l'Académie des Sciences 1707 S. 295*), die wenig Beachtung gefunden zu haben scheint und welche ich daher mit seinen eigenen Worten anführen will. MARALDI sagt nämlich von diesem äussersten Jupiterstrabanten: „*le quatrième Satellite, qui paroît le plus souvent le plus petit de tous les autres, est quelquefois le plus gros et son ombre, qui vers les quadratures de Jupiter avec le Soleil se voit dans Jupiter, pendant que le Satellite même en est éloigné, paroît plus grande que le Satellite même qui la cause, quoique cette ombre doit être un peu diminuée par la lumière de Jupiter, dans laquelle on l'aperçoit, et qu'il soit certain par les règles d'Optique, que l'ombre doit être plus petite que le Satellite qui la forme.*“

§. 18.

Wenden wir uns zu dem letzten Saturnustrabanten, so fällt nicht allein die weite Entfernung desselben von den übrigen Monden als etwas Auszeichnendes auf, sondern auch die Neigung der Fläche seiner Bahn, welche beträchtlich von denen der andern Trabanten abweicht. Auch erregte dieser letzte Trabant durch seine starken constanten Lichtabwechselungen längst die Aufmerksamkeit der Astronomen. Schon CASSINI machte in seiner 1705 erschienenen Abhandlung die Astronomen aufmerksam, dass dieser äusserste Mond während der Hälfte seines Umlaufes auf der Ostseite des Saturn unsichtbar werde. Aus atmosphärischer Beschaffenheit ist ein so constanter von HERSCHEL bei zehn Umläufen unveränderlich beobachteter Lichtwechsel, aus Mondflecken aber (nach HERSCHEL's Hypothese, welcher daraus die Gleichheit der Rotation und Revolution vermuthen wollte) ein so grosser Lichtwechsel schwer abzuleiten ohne Voraussetzung einer fast unglaublichen Verschiedenheit der beiden Halbkugeln jenes Weltkörpers. Die Ungleichartigkeit des Ansehens aber ist leicht zu verstehen, wenn wir einen oder mehrere secundäre Monde schicklich combiniren. Ein solcher secundärer Mond kann vielleicht nichts anderes sein als eine grosse in dunkle Wolken verhüllte den Trabanten umkreisende Meteormasse. Nehmen wir bei diesen secundären Monden, wie es nothwendig ist, periodische Ungleichheiten in der Bewegung, Neigung der Bahn u. s. w. an, so lassen sich leicht Anomalien verstehen, wie die von MARALDI beobachtete, welcher in den *Mémoires de l'Académie des Sciences 1707 S. 296* von den veränderlichen Sternen sprechend, folgende auf den letzten Saturnustrabanten sich beziehende Beobachtung anreihet: *Ce Satellite, qui depuis la première découverte faite par M. Cassini a été invisible pendant plusieurs années dans toutes les observations que le temps en a permis de faire lorsqu'il approchoit de sa digression Orientale, ayant été observé dernièrement avec les mêmes Lunettes dont on se servoit auparavant, a été visible depuis le mois de Septembre de l'année 1705 jusqu'au mois de Janvier 1706, tant dans la partie Occidentale de son orbite où il avoit toujours été visible, que dans la partie Orientale de la même orbite, où il avoit coutume de disparaître. Ce qui nous doit rendre circonspects à établir des règles de ces sortes d'apparences.* — Im Jahr 1787 beobachtete BERNARD die Lichtver-

änderungen dieses letzten Saturnstrabanten ebenso wie CASSINI sie gleich anfänglich gesehen hatte. Und auch HERSCHEL sah, wie vorhin schon erwähnt, diese constanten Lichtabwechslungen bei zehn Umläufen. Es muss späteren Forschungen überlassen werden, MARALDI's angeführte Beobachtung aufs Neue zu bestätigen.

§. 19.

Wenn LASSELL's Beobachtung, dem der Saturnsring wie ein durchsichtiger Flor erschien, die Auffassung dieses Ringes als eine Verbindung von Meteormassen rechtfertigt, so kann solches zu gleicher Zeit als Stütze dienen für die Hypothese, dass den letzten Saturnstrabanten eine Meteormasse umkreise. Ja diese Meteormassen scheinen noch an einer andern Stelle im System des Saturn eine Rolle zu spielen. Dem grössten Saturnstrabanten, dem sechsten der Reihe nach, geht nämlich ein bedeutender leerer Raum voran. Schon BODE vermuthete daher, dass hier späterhin sich noch ein Trabant zeigen werde. Aber die Analogie mit dem Planetensystem, worin vor dem grössten Planeten die Asteroiden auftreten, gestattet auch der Hypothese Raum, dass Mondasteroiden an dieser Stelle sein mögen, welche Hypothese an Wahrscheinlichkeit gewinnt durch das zum Schlusse des §. 5 Angeführte mit Hinsicht auf Mondasteroiden, welche dem grössten Jupiterstrabanten (dem dritten der Reihe nach) voranzugehen scheinen. Und nehmen wir überhaupt vor dem sechsten Saturnstrabanten ein noch aufzufindendes fehlendes Glied an, so wird es zweckmässig sein, unsere zehn Reihenzahlen mit den alsdann gleichfalls zehn Systeme darstellenden Saturnsbegleitern zu vergleichen, wobei wir Gelegenheit nehmen wollen, die neuerdings den Saturnstrabanten gegebenen Namen, welche eine bequeme Bezeichnung derselben möglich machen und daher auch von LASSELL gebraucht werden, zugleich mit anzuführen.

Beobachtete Umlaufzeiten.	Verhältniss- zahlen.	Aus der Nachklänge- reihe abgeleitete Zab- lenverhältnisse.	Differenzen.	Fehler im Verhältnisse zum Ganzen.
I. (Ring)      0,471	= 1	1	—	—
II. (Mimas)    0,94271	= 2,002	1,837	— 0,165	— 0,0824
III. (Enceladus) 1,37024	= 2,909	2,828	— 0,081	— 0,0278
IV. (Tethys)   1,88780	= 4,008	3,953	— 0,055	— 0,0137
V. (Dione)     2,73948	= 5,516	5,196	— 0,620	— 0,1066
VI. (Rhea)     4,51749	= 9,5913	8	— 1,5913	— 0,1659
VII.            8,4 (?)	= 17,8	14,697	— 3,103	— 0,174
VIII. (Titan)   15,9453	= 33,854	22,624	— 11,230	— 0,3320
IX. (Hyperion) 21,297	= 45,216	31,623	— 13,593	— 0,3006
X. (Japetus)   79,3296	= 168,428	41,568	— 126,860	— 0,7532

Anmerkung zur vorstehenden Tabelle.

1. Es wurden die Angaben in der *Exposition du système du monde* von LA PLACE, welche sich auf Decimalen des Tages beziehen, unverändert beibehalten, da bei den neueren Beobachtungen meist blos Abweichungen in Secunden sich ergaben.

2. Die Bestimmung des Umlaufs des von LASSELL entdeckten Hyperion ist einem Brief entnommen in den *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* vol. XIII. p. 181. vom 25. Februar 1853, worin LASSELL seinen neuesten Beobachtungen gemäss den Umlauf zu 21,297 Tagen bestimmt.

3. Was aber den Umlauf der hypothetisch angenommenen Mondasteroiden vor dem grössten Saturnstrabanten (in N. VII.) anlangt, so leitete dabei folgende Betrachtung. Vorherrschend zeigt sich in den Umläufen der Saturnsbegleiter bei I. II. IV., sowie bei III. und V. eine Neigung zur Verdoppelung. — Verdoppeln wir nun den Umlauf der Rhea von 4,51749 Tagen, so erhalten wir 9,03498 Tage. Und wenn wir die Umlaufszeit des Titan halbiren, der 15,94530 Tage braucht, so erhalten wir 7,97265. Nehmen wir zwischen beiden Zahlen das arithmetische Mittel, so mag man 8,4 hypothetisch als Zahl für den Umlauf eines der wahrscheinlich hier befindlichen Mondasteroiden annähernd gelten lassen.

4. Der letzte Trabant zeigt im Abstände die grösste Anomalie, während die ihm unmittelbar vorhergehenden Trabanten (mit Rücksicht betrachtet auf den Fehler im Verhältnisse zum Ganzen) gleichsam paarweise sich dem Gesetz entziehen zu wollen scheinen. — Was aber den letzten Trabanten anlangt, so sahen wir schon vorhin, dass derselbe eine eigenthümliche physikalische Natur zeigt, und können daher nicht verlangen, dass das qualitativ Verschiedene sich quantitativ derselben Reihe unterordnen solle. In meiner Abhandlung über stöchiometrische Reihen im Sinne RICHTER's habe ich aufmerksam darauf gemacht, dass RICHTER, welcher das Abstandsgesetz der Planeten als einen Ausdruck der verschiedenen Wahlanziehung der einzelnen Planeten zur Sonne aufgefasst, durch diese Betrachtungsweise auf eine neue Wissenschaft geleitet wurde, die in physikalischer Beziehung ebenso einflussreich ist als in chemischer. — Schon früher hatte der Umlauf der nächsten Jupiterstrabanten die Astronomen auf ein Verdoppelungsgesetz aufmerksam gemacht, das bei diesen grossartigen Körpercombinationen vorkommt, während solche Multipla neuerdings sehr zahlreich beobachtet wurden bei Körpercombinationen, welche dem Gebiete der Chemie angehören.\*)

\*) Es war in §. 7 im Sinne der dort angeführten Stelle aus der *Exposition du système du monde* von einer Uebergangsperiode zum Verdoppelungsgesetze die Rede. Daher will ich nun zunächst aus meiner kleinen Schrift über Weltmagnetismus vom Jahr 1814 S. 19 der Tabelle in §. 4 vorstehender Abhandlung noch folgende auf den letzten Jupiterstrabanten sich beziehende Zeile anreihen:

$$\text{IV. } 9,433 \quad 5,196 \quad 5,196 \times 2 = 10,392.$$

Jedoch die Zahl 10,392 giebt (während die Differenz 0,959 beträgt) vergleichungsweise mit der ganzen Umlaufszeit einen Fehler von 0,1016. Fragt man aber, womit 5,196 multiplicirt werden müsse, damit genau die Zahl 9,433 herauskomme, so finden wir die Zahl 1,815, welche nur wenig abweicht von der in vorliegender Abhandlung so oft gebrauchten 1,837. Es ist aber

$$5,196 \times 1,837 = 9,545,$$

was von der beobachteten 9,433 um +0,112 abweicht; eine Differenz, welche im Verhältnisse zur ganzen Umlaufszeit aufgefasst blos 0,0118 beträgt. Die Zahl 1,837 stimmt also viel besser als 2, welche auch in andern Fällen blos als ein daraus hervorgegangener abgekürzter Ausdruck aufgefasst werden konnte.

Wenden wir uns nun wieder zu dem letzten Saturnstrabanten, mit Beziehung auf die soeben mitgetheilte Tabelle, und setzen

$$163,423 = 41,563 \times x,$$

§. 20.

HANSTEEN'S Forschungen gemäss schliessen (nach §. 1) sich die Zahlen des nachklingenden harmonischen Dreiklanges den Umdrehungsverhältnissen der vier magnetischen Erdpole an. — Und dieselben Zahlenverhältnisse entsprechen (nach §. 2) dem Distanzenverhältnisse bei den Trabanten.

In den Umlaufszeiten aber der Trabanten tritt gemäss §. 4 und 5 ein Verdoppelungsverhältniss hervor, während dieselbe Verdoppelung im Abstände der Planeten schon bei dem Gesetze des Titius die Aufmerksamkeit der Astronomen erregt hat (s. §. 9. N. 2). — In demselben §. 9 sind aber noch andere zahlreiche Verdoppelungen nachgewiesen, welche bei den Abständen der Planeten sich geltend machen. Und durch das, was in §. 10 angereicht werden konnte, wird diese ganze Betrachtung noch interessanter.

Während KEPLER'S drittes Gesetz sich auf das Verhältniss der Distanzen zu den Umlaufszeiten in einem und demselben Systeme bezieht, macht also eine weitere Ausdehnung eines erst noch mehr aufzuklärenden Verhältnisses zwischen Distanz und Umlaufszeit selbst in verschiedenen Systemen sich geltend. — Im Sinne der Massenanziehung gilt aber das dritte Kepler'sche Gesetz gewissermassen blos zufällig dadurch, dass die Masse der Planeten im Verhältnisse zur Sonnenmasse als eine verschwindende Grösse, und ebenso die Masse der Trabanten im Verhältnisse zur Masse des Hauptplaneten gleichfalls als eine verschwindende Grösse betrachtet werden kann. Um so mehr muss es Aufmerksamkeit erregen, dass nun auf geheimnissvolle Weise ein zwischen Distanz und Umlaufszeit obwaltendes Verhältniss in mehrere Systeme übergreift. \*)

---

so findet sich dieses  $x = 4,0518$ . Es ist aber schon

$$41,568 \times 4 = 166,272,$$

welche 2,156 betragende Differenz im Verhältniss berechnet zur ganzen Umlaufszeit blos einen Fehler herbeiführt von 0,0128. Betrachten wir aber, wie in vorliegender Abhandlung öfters geschehen, die Zahl 4 als abgekürzten Ausdruck der Zahl 3,953, so finden wir

$$41,568 \times 3,953 = 164,318.$$

Der Fehler ist also vergrössert (da die Differenz  $= 4,110$ ) und beträgt im Verhältnisse zur ganzen Umlaufszeit aufgefasst 0,0244.

Demnach könnte man sagen, bei der Umlaufszeit des letzten Saturnstrabanten sei in Vergleichung mit dem letzten Jupiterstrabanten der Uebergang zum Verdoppelungsgesetze schon weiter fortgeschritten.

Möge man diese Bemerkung verzeihen. Sie ging aus dem Bestreben hervor, überall Gesetzmässigkeit zu suchen, wo nur irgend eine Spur derselben sich zeigt. Und da (nach §. 7 u. 8) bei den ersten Uranstrabanten das zu erwartende Verdoppelungsgesetz vermisst wurde, dafür aber auf eine um so mehr befriedigende Weise das ursprüngliche aus dem Dreiklangsgesetz abgeleitete Zahlenverhältniss angewandt werden konnte, so bietet sich gegenseitig in solchem Zusammenhange gegründete Veranlassung dar, wo eine Spur des Ueberganges zum Verdoppelungsgesetze sich zeigt, diese hervorzuheben.

\*) Nebenbei mag als Note angereicht werden, dass bei den kleinen mondlosen Planeten, welche ungefähr dieselbe Grösse und fast dieselbe Rotationszeit haben, selbst dann, wenn wir willkürlich allein auf das Verhältniss der mittlern Distanzen uns beschränken, doch die aus dem Nachklangverhältnisse abgeleiteten Zahlen annähernd gelten. Denn die mittlere Distanz des Merkur ist gleich 0,3570938, die der Venus gleich 0,7233317, die des Mars gleich 1,523691 Erdweiten, welche

§. 21.

Meiner ältern, auf Weltmagnetismus sich beziehenden Abhandlung habe ich folgendes Wort KEPLER'S vorangestellt: *Plenus spiritu, plenus sacra laetitia exclamat Davides ipsumque mundum acclamat: „laudate coeli Dominum, laudate eum Sol et Luna.“ Quae vox coelo? quae stellis? qua Deum laudent instar hominis? nisi quod, dum argumenta suppeditant hominibus laudandi Dei, Deum ipsae laudare dicuntur. Quam vocem coelis et naturae rerum dum aperire his pagellis, clarioremque efficere studemus, nemo nos vanitatis aut inutiliter sumpti laboris arguat.* — Und daran reihte sich in jener ältern Abhandlung vom Jahr 1814 S. 33 folgende Stelle, welche nun anzuführen ist, da schon in §. 7 und 8 Beziehung darauf genommen wird, und die dazu gehörige auf KEPLER'S Weltharmonie sich beziehende Note noch keine schickliche Stelle zur Mittheilung gefunden hat:

„Siehst du nicht, dass durch künftige genauere Beobachtungen der einzigen Uranustrabanten dein Gesetz über die Trabantenwelt, statt eine neue Anwendung zu finden, auch ebenso leicht gänzlich umgestossen werden kann? Sehr wahr. Jedoch keine menschliche Theorie ist für die Ewigkeit geschrieben, sondern jede blos aus dem Standpunkte zu beurtheilen, wo sie aufgefasst wurde. Ich habe der hier vorgetragenen ein Wort von KEPLER vorangestellt aus seiner ersten Schrift (*mysterium cosmographicum*) genommen, worin mit grosser Begeisterung ein schöner Traum über die Einrichtung unseres Sonnensystems dargelegt ist, indem die Zahl der damals bekannten sechs Planeten und deren gegenseitiger Abstand daraus abgeleitet wurde, dass in ihre Zwischenräume die möglichen fünf regulären Körper (mit einigen zum Theil aus philosophischen Gründen abgeleiteten Correctionen) passen.\*) Die einzige Entdeckung des

Zahlenverhältnisse der Proportion 1:1,869:3,936 entsprechen. Und dieses Verhältniss nähert sich dem von  $2^3:2:3^3:2:5^3:2 = 1:1,837:3,953$  in dem Grade, dass bei Venus blos eine Differenz von 0,032 (woraus im Verhältnisse zur ganzen Distanz ein Fehler folgt von 0,0171) und bei Mars blos eine Differenz von 0,017 stattfindet, also ein Fehler im Verhältnisse zur ganzen Distanz von 0,0043.

\*) Der Hauptsatz dieser Schrift KEPLER'S ist folgender: *Terra est circulus mensur; illi circumscribe Dodecaedron, circulus hoc comprehendens erit Mars. Marti circumscribe Tetraedron; circulus hoc comprehendens erit Jupiter. Jori circumscribe Cubum; circulus hunc comprehendens erit Saturnus. Jam terrae inscribe Icosaedron; illi inscriptus circulus erit Venus. Veneri inscribe Octaedron; illi inscriptus circulus erit Mercurius.* Und hierzu fügt PFAFF in seinem Brief über KEPLER'S Weltharmonie S. 37 Folgendes: „Die harmonischen Verhältnisse KEPLER'S entstehen aus der Theilung der Peripherie gemäss den regulären Figuren im Kreise. Die auf den Grund der regulären Figuren erbauten Zahlenverhältnisse sucht KEPLER nun auch am Himmel, modificirt sie aber durch Verhältnisse, die an den regulären Körpern erscheinen. Und er fand

1) dass die Verhältnisse der wahren Bewegungen im Aphelio und Perihelio eines und desselben Planeten in harmonischen Verhältnissen stehn;

2) dass bei Vergleichung aller Planeten in Beziehung auf diese aphelischen und perihelischen Bewegungen gleichfalls harmonische Verhältnisse hervortreten;

3) dass demnach auch in den Bewegungen ausser dem Aphelio und Perihelio alle Planeten in gewissen Lagen zusammen gewisse harmonische Massen bilden.“

Wie PFAFF die Sache durch Beispiele erläutert, gefüssentlich mit Berücksichtigung der neuen Planeten, ist in der Abhandlung selbst nachzulesen.

Uranus hat dieses kunstvolle Gebäude umgeworfen. Aber wer betrachtet es, bei Lesung jener merkwürdigen Schrift, nicht mit Theilnahme auch jetzt noch in seinen Ruinen? Freilich vernahm ich, mit Hinweisung darauf, wohl öfters die Lehre, sich vor Theorien zu hüten, welche von neuen Thatsachen umgestossen werden können, und letzteren vielmehr allein nachzustreben. Jedoch nicht die blosse Anhäufung von Thatsachen, sondern das Forschen nach dem Plane, dem gemäss sie von der ewigen Weisheit geordnet wurden, scheint mir die Würde des menschlichen Geistes zu beurkunden. Solches erst mag heissen in Gott forschen, wozu wir berufen sind, und wodurch insbesondere das Geschäft des Naturforschers wahrhaft geadelt wird. Und wenn dann bei fortgesetztem Nachdenken und Untersuchen neue Thatsachen hervortreten, und mit ihnen neue Ansichten der Welt sich eröffnen, während die alten auch noch so geliebten verschwinden: so mag eben dies als der schönste Lohn unserer Bemühungen betrachtet werden. Vor allem wird solches von dem erhabensten Gegenstande der Naturkunde, von der Betrachtung des Himmels und zunächst unsers Sonnensystems, gelten. Keine von Sterblichen entworfene Theorie kann je ausreichen, auch nur die Hälfte der allerwichtigsten Fragen zu beantworten. Nur einzelne zerstreute Bruchstücke vermögen wir zu erkennen und zu verbinden. Aber dennoch dem Sinne des Gauzen nachzustreben und nicht müde zu werden bei misslungenen Versuchen, dies, mein' ich, vorzüglich sei es, was einem denkenden Wesen geziemt und wozu jede sternhelle Nacht, bei aller Unendlichkeit des Anblickes, uns auffordert.“

§. 22.

Und an diese Unendlichkeit reihten sich zum Schlusse der Abhandlung (S. 55) noch folgende Betrachtungen.

„Es ist der Unendlichkeit des menschlichen Geistes angemessen, sich Sonnen um Sonnen, und Welten um Centralwelten, und so ins Unendliche, in Bewegung zu denken. Auch ein astronomischer Grund nöthigt zur Annahme einer ins Unendliche fortschreitenden Bewegung. Denn nach unsern astronomischen Begriffen wäre es sonst unbegreiflich, warum die verschiedenen Weltsysteme nicht durch gegenseitige Anziehung zusammenstürzen, wogegen nur eine Schwungkraft sie sichern kann. — Demnach ist es sowohl astronomischen Gesetzen, als der Unendlichkeit des menschlichen Geistes angemessen, sich, wie Sonnen um Sonnen, so auch Welten um Welten in Bewegung zu denken. Aber man sieht, dass es bei dieser Annahme nicht möglich ist, auch nur eine einzige Linie der wahren Bewegung, von einem gegebenen Zeit- oder Raumpunkt aus, mathematisch zu construiren, da der letzte Mittelpunkt der Bewegung im Unendlichen liegt. Wir kommen sonach auf ZENO's alten Satz zurück, dass es auf dem Standpunkte des Unendlichen, d. h. an sich Wahren, welches nie in der Endlichkeit er-

reicht wird, überhaupt keine Bewegung giebt. Ewige Ruhe wäre daher im Weltall gepaart mit ewiger Bewegung, je nach dem Standpunkt, auf welchem wir es betrachten.“

„Solches mag der Philosoph zu vereinen verstehen, der Mathematiker kann es nicht. — Mich dünkt daher, als nothwendige Folge aus diesen Betrachtungen gehe hervor, dass eine mathematische Theorie, welche das Dasein annimmt mehrerer Weltsysteme (wo ein Hauptmittelpunkt der Bewegung ist, so gross er sein mag — eine ungeheure Centralsonne, oder ein Sternenhaufen — ist immer nur ein System) nothwendig neben der anziehenden auch einer abstossenden Kraft bedarf, welche, ersterer das Gleichgewicht haltend, allein die Annahme ruhender Centralsonnen und die hiervon abhängige Denkbarkeit bestimmter Linien der Bewegung für secundäre Sonnen und Planeten möglich macht. HERSCHEL in seiner Abhandlung über Nebelflecken und den Bau des Himmels kann sich der Bemerkung nicht enthalten, er habe schon seit längerer Zeit sich ein System von anziehenden und abstossenden Kräften gemacht in astronomischer Beziehung; indess begnügt er sich doch in der Abhandlung selbst mit den anziehenden, und spricht dann geistvoll, fast dichterisch, von dem verschiedenen Alter der Weltsysteme, welche endlich, nach seiner Ansicht, wirklich zusammenstürzen, woraus aber zu gleicher Zeit eine neue Schöpfung, wie der Frühling aus dem Winter, hervorgehen soll. Man sieht, dass auf diese Art die abstossende Kraft nur weiter hinausgeschoben ist, indem zu dieser neuen Schöpfung, um die zusammengestürzten Massen wieder zu trennen, eine chemische Zerreiſung (Explosion) ganzer Welten nothwendig wird. Ein unermesslicher Gedanke — nach seinem ganzen Umfange kaum zu erfassen; wohl schwerlich aber im Sinne gedacht der grossen Natur, welche gerade bei ihren schönsten und erhabensten Arbeiten am mindesten gewaltsam oder geräuschvoll, vielmehr durch stilles Fortwirken und Umbilden die heilige Ruhe ihres Schöpfers zu verkündigen scheint.“

### §. 23.

„In dem Begriff eines weltmagnetischen Systems ist die Vorstellung von abstossenden Kräften, welche HERSCHEL zuletzt blos zur gewaltsamen Trennung eingestürzter Weltsysteme herbeiruft, schon ursprünglich enthalten. Und dass diese abstossende Kraft wirklich nicht blos zuletzt nach dem Welteinsturze, sondern schon jetzt mit stiller Gewalt fortwirkend thätig in der grossen Natur und daher als eine kosmische aufzufassen sei, solches zeigte deutlich der grosse Komet von 1811, wovon schon Bd. 7. S. 307 des Journals für Chemie und Physik die Rede war. Eine abstossende Kraft kann nun, als eine durch Erfahrung bewiesene, mit eben der Sicherheit als die anziehende, wie in der gemeinen auch in der höhern kosmischen Physik, angenommen werden, und mich dünkt, dass solches keine geringe Stütze für eine Theorie sei, welche aus magnetischem Gesichtspunkte das Weltall betrachtet.“ —

Noch entscheidender zur Begründung eines weltmagnetischen Systems sprechen neuerdings

die in den Zugaben zu meiner kleinen Schrift über stöchiometrische Reihen (Halle 1853) S. 30—33 zusammengestellten Thatsachen.

§. 24.

Und da nun diesen Betrachtungen über kosmischen Magnetismus noch andere verwandte auf Weltharmonie sich beziehende, dem Dargelegten gemäss, sich angereicht haben: so wird es gut sein zu schliessen mit einer auszugsweise mitzutheilenden Stelle aus KEPLER'S Abhandlung *de motibus planetarum harmonicis* im fünften Buche seiner *Harmonia mundi* S. 212, welche Stelle dem Geiste nach zu der aus dem *Mysterium cosmographicum* oben angeführten stimmt:

*Nihil igitur aliud sunt motus coelorum quam perennis quidam concentus (rationalis non vocalis) — ut mirum non sit, tandem inventam esse ab homine rationem canendi per concentum; ut scilicet totius temporis mundani perpetuitatem in brevi aliqua horae parte per artificiosam plurium vocum symphoniam luderet, suavissimo sensu voluptatis ex hac Dei imitatrice musica perceptae.*

Es geht aus der vorhergehenden Abhandlung hervor, dass sich in diesem Sinne KEPLER'S innerhalb angemessener Schranken von Weltharmonie mit mathematischer Strenge sprechen lässt. Und solches darzuthun war der Hauptzweck dessen, was in den vorstehenden Blättern nachzuweisen beabsichtigt wurde.

231 12  
7-9-1891

## Inhaltsanzeige.

---

### Erster Hauptabschnitt.

	<i>Seite</i>
<b>Ueber das Verhältniss des Magnetismus zur Tonerregung.</b>	
I. Ton im Verhältnisse zur Elasticität . . . . .	145
II. Durchgreifender Zusammenhang zwischen longitudinalen und transversalen Schwingungen	146
III. Von gegenseitigen Beziehungen zwischen magnetischen und akustischen Gesetzen einleitungsweise . . . . .	147
IV. Einige ältere Versuche, wobei unerwartet sich Zusammenhang zeigte zwischen elektromagnetischen und akustischen Erscheinungen . . . . .	149
V. Ein hieher gehöriger interessanter Versuch, welcher jedoch gänzlich unbeachtet geblieben ist	152
VI. Specielle Verhandlungen über den Zusammenhang der magnetischen Gesetze mit den Klanggesetzen . . . . .	160

### Zweiter Hauptabschnitt.

<b>Ueber die kosmische Bedeutung harmonischer Gesetze.</b>	<b>163</b>
§. 1. Die Verhältnisszahlen bei den Bewegungen der magnetischen Erdpole sind wie in HANSTEEN'S Werk über Erdmagnetismus nachgewiesen, die Zahlen des harmonischen Dreiklanges	165
§. 2. Dieselben Verhältnisszahlen treten in den Abständen der näheren Saturnsbegleiter, den Ring mitgerechnet, hervor . . . . .	165
§. 3. Davon abgeleitetes Gesetz für die Umdrehungen der nähern Trabanten überhaupt	166
§. 4. Tafel über die Umläufe der nähern Jupiterstrabanten. . . . .	166
§. 5. Entsprechende Tafel mit Beziehung auf die Umlaufzeiten der nähern Begleiter des Saturn	167
§. 6. Ueber die Uranustrabanten . . . . .	169
§. 7 u. 8. Die von LASSELL aufgefundenen ersten Uranustrabanten stellen bei ihren Umdrehungen nicht das zu erwartende Verdoppelungsgesetz dar, schliessen aber den aus dem Dreiklang in §. 3 abgeleiteten Verhältnisszahlen sich an . . . . .	171
§. 9. Von dem Verdoppelungsgesetze bei den Abständen der Planeten (analog dem Verdoppelungsgesetze bei den Umdrehungen der ersten Jupiterstrabanten)	173
§. 10 u. 11. Noch besser schliessen die aus dem harmonischen Dreiklang in §. 3 abgeleiteten Zahlenverhältnisse sich dem Abstandsgesetze der Planeten an . . . . .	176
§. 12—16. Neue Wendung, welche der Betrachtung über das System der grossen Planeten gegeben wird. . . . .	177
§. 17—20. Rückblick auf die Trabantenwelt und Entwurf einer Tabelle, welche die Bewegungen der Begleiter des Saturn darstellt. . . . .	180
§. 21—24. Allgemeine Betrachtungen, wobei in der Note zu §. 21 nähere Angaben mit Beziehung auf die Kepplerischen weltharmonischen Gesetze vorkommen . . . . .	186

---

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Halle](#)

Jahr/Year: 1855

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Schweigger Johann Salomo Christoph

Artikel/Article: [Ueber Magnetismus in akustischer Beziehung 145-190](#)