

ANNALEN

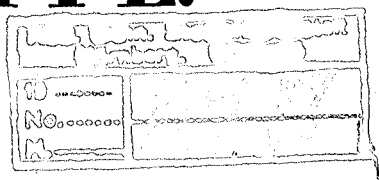
DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXII.



ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.



HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.



ZWEI UND SECHSZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT ACHT UND DREISSIGSTER.

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1844.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.

DRITTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

ZWEITER BAND.



NEBST DREI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1844.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.

I. *Noch ein Paar Worte über die Definition des Tones; von G. S. Ohm.*

I.

In einer vor nicht langer Zeit in diesen Annalen (Bd. LIX S. 513) erschienenen Abhandlung, welche den Titel: » Ueber die Definition des Tones, nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen, « an ihrer Stirne trägt, habe ich Untersuchungen über die Definition des Tones mitgetheilt, welche in der Absicht von mir angestellt worden waren, zu erfahren, ob die aus älterer Zeit zu uns gelangte Ansicht über das eigentliche Element des Tones hinreichend seyn dürfte, die vielen seitdem zu Tage geförderten, zum Theil sehr räthselhaften akustischen Erscheinungen vollständig zu erklären, oder ob man, nach dem Ausspruche mehrerer unserer geschätztesten Akustiker zum Aufbau einer neuen, den gegenwärtigen vermehrten Bedürfnissen entsprechenden Definition Hand an's Werk zu legen sich werde bequemen müssen. Es lag klar am Tage, und schon die wenigen, am Eingange jener Abhandlung wörtlich mitgetheilten Stellen lassen darüber keinen Zweifel übrig, das man regelmäsig wiederkehrenden beliebigen Eindrücken als solchen (nicht etwa nur in sofern sich diese als eine Summe aus mehreren Bestandtheilen von angenehmer Form betrachten lassen, denn in diesem Falle wäre man von der älteren Anschauungsweise nicht abgewichen gewesen) die Kraft beilegen zu müssen glaubte, einen Ton von der durch die Dauer jener Wiederkehr bedingten Höhe zu erzeugen, und das man zu dieser Neuerung durch jene Versuche angetrieben wurde, wo

Töne durch solche Eindrücke gebildet worden waren, deren Ausdehnung sich nicht in der früher angenommenen Weise über das ganze Intervall erstreckte, und deren Wirksamkeit nur nach einer Seite des Gleichgewichtszustandes hin sich thätig zeigte. Eben dieses Ursprunges der neueren Ansicht halber würde ich, aus einer Ursache, die ich gegen das Ende dieses Aufsatzes näher bezeichnen werde, nichts zu thun geglaubt haben, hätte ich an allgemeinen Formen die Möglichkeit, jene räthselhaften Erscheinungen aus der alten Vorstellungsart herzuleiten, nachgewiesen, und nicht vielmehr im Besonderen gezeigt, daß diese Herleitung eben so gut bei einseitigen und das Intervall nicht ausfüllenden Eindrücken geschehen kann. Darum vermied ich in obiger Abhandlung ganz und gar die allgemeine Behandlungsweise, es vorziehend, in ihr bloß mit einseitigen und das Intervall nicht ausfüllenden Eindrücken mich zu befassen, worin ich noch durch die Wahrnehmung bestärkt wurde, daß sich auf solche Weise eine ziemliche Anzahl zwar besonderer, aber eben durch ihre Besonderheit anziehender Sätze ergeben. Dabei machte ich jedoch ausdrücklich und wiederholt darauf aufmerksam, daß sich die Untersuchung auch allgemein durchführen lasse. Ich gestehe offen, daß ich nach der Abfassung der ersten zwölf Nummern jener Abhandlung die mir gestellte Aufgabe gelöst zu haben glaubte, und hängte die No. 13, welche mit den Worten beginnt: »Ich kann diese Abhandlung nicht schliessen, ohne zuvor noch ein Paar Worte über die Stärke der auf sirenische Weise entstehenden Töne hinzuzufügen,« nur an, um in No. 14, welche die letzte der Abhandlung bildet, und mit den Worten anfängt: »Die in voriger Nummer stehenden Betrachtungen habe ich in der Absicht beigefügt, um noch eine Seite der höchst interessanten Seebeck'schen Versuche besprechen zu können«, — die wenigen über Intensität sirenischer Töne vorhandenen Angaben mit der Theo-

rie, so weit dies thunlich war, zusammen zu halten. Ich legte auf diese Zugabe, bei unserer Unkenntniß von der Form der Sireneneindrücke, bei der Dürftigkeit hierher gehöriger Erfahrungsdaten, und bei der beschränkten Behandlungsweise, die ich dort geflissentlich eingehalten hatte, selber keinen andern Werth, als etwa den, Andere, nachdem sie sich auf einen günstigeren Standpunkt gestellt haben würden, zu ähnlichen Vergleichen anzureitzen.

Durch jene meine Abhandlung ist A. Seebeck (Poggend. Annalen, S. LX S. 449) veranlaßt worden, eine zweite über die Sirene mitzutheilen, worin er dieselbe Untersuchung, welche ich an einseitigen und das Intervall nicht ausfüllenden Eindrücken durchführen zu müssen glaubte, an ganz allgemeinen Eindrücken unternimmt, und auch so wieder ganz zu denselben allgemeinen Folgerungen, die Art der an der Sirene auftretenden Töne betreffend, hingeführt worden ist, auf welche ich in den zwölf ersten Nummern der meinigen gestossen bin. Damit ist die Bestätigung dessen gegeben, was in einer Anmerkung, S. 522, meiner Abhandlung steht, wo ich sage: »Es ist hier der größeren Einfachheit ¹⁾ halber zwar nur eine besondere, jedoch entschiedenen einseitige Form der Verdichtung oder Verdünnung der Betrachtung zu Grund gelegt worden, es läßt sich aber die Untersuchung ganz in derselben Weise völlig allgemein und mit dem gleichen Erfolge durchführen, wozu nichts weiter als ein größerer Raum gefordert wird, den zu sparen ich mich verpflichtet hielt.« Außerdem bringt Seebeck in dieser Abhandlung mehrere Ausstellungen an meiner Behandlung des Gegenstandes, und, worauf hier alles ankommt, weil es das eigentliche *punctum litis* ist, mehrere neue, factische Beweise, die gegen die Zulässigkeit der alten Ansicht von dem eigentlichen Ele-

1) Diese Stelle wolle der Leser so verstehen, als stände: Unter den einseitigen ist hier der größeren Einfachheit halber u. s. w.

ment des Tones gerichtet zu seyn scheinen, vor, deren Gewicht ich, um jene Streitsache zur weiteren Entwicklung zu führen, im Interesse der Wissenschaft zu besprechen nicht umhin kann.

Was zuerst Seebeck's Ausstellungen an meiner Behandlungsweise betrifft, so hängen alle mit dem Umstande zusammen, daß ich bloß einseitige und das Intervall nicht ausfüllende Eindrücke in meine Betrachtungen aufnehmen zu müssen geglaubt habe, und beziehen sich insgesamt auf die vorhin besprochenen beiden letzten Nummern derselben. — An die Spitze dieser Ausstellungen hat Seebeck zwei, in der No. 13 befindliche Rechnungsfehler gestellt, die daraus hervorgegangen sind, daß dort in dem Ausdruck für die Schwingungsweite:

$$\frac{4\alpha\lambda l}{\pi(l^2 - 4\lambda^2 i^2)} \cos \pi \frac{\lambda i}{l}$$

erstlich $\frac{1}{2}l$ anstatt λ , und dann noch l anstatt λ gesetzt worden ist, und im ersten Falle $\frac{\alpha}{2i}$, im andern $\frac{4\alpha}{\pi(i^2 - 1)}$ auf S. 558 meiner Abhandlung als das Resultat dieser Substitution sich angegeben findet. Von dem letzteren Fehler glaubt Seebeck (S. 455 seiner Abhandlung), daß er in der letzten Nummer meiner Abhandlung zu ganz irrigen Resultaten geführt habe, da anstatt $\frac{4\alpha}{\pi(i^2 - 1)}$ stehen müsse $\frac{4\alpha}{\pi(4i^2 - 1)}$, und demgemäß das Verhältniß der Schwingungsweiten der auf einander folgenden harmonischen Töne durch die Zahlen

$$\frac{1}{3}, \frac{1}{15}, \frac{1}{35}, \dots$$

dargestellt werden müsse, während die falsche Angabe dafür die Zahlen

$$\frac{1}{\infty}, \frac{1}{3}, \frac{1}{8}, \dots$$

liefere. Nun kann ich zwar den so großen Einfluß dieses Fehlers auf die letzte Nummer meiner Abhandlung nicht zugestehen, weil ich nicht finde, daß ich in dieser Nummer noch an einer anderen Stelle die falsche Angabe benutzt hätte, als S. 564, wo ich aus ihr für das Verhältniß der Schwingungsweiten von der Octave zur Duodecime die Zahlen 8 und 3 hergeholt habe, während die verbesserte Leseart dafür die Zahlen 35 und 15 liefert; diese beiden Verhältnisse aber sich so wenig von einander unterscheiden, daß sie dort zu keiner Aenderung der Rede Anlaß geben können. Es ist indessen recht wohl möglich, daß sich in dieser letzten Nummer dafür andere Druck-, Schreib- und auch wohl Gedankenfehler vorfinden, wodurch sie entstellt wird. Ihre Entstehungsgeschichte ist nämlich folgende: Es konnte mir nicht entgehen, daß die aus meinen besonderen Formen sich für die einzelnen Töne ergebenden Intensitäten mit der Erfahrung nicht wohl zusammenstimmen, insbesondere weil ich voraussetzte und auch (S. 564 meiner Abhandlung) kategorisch ausspreche, daß Seebeck in solchen Fällen, wo die Löcher gleich weit von einander abstanden, nie einen der höheren Töne beobachtet hat ¹⁾. Jedoch hatte ich keine Ursache, mich hierüber zu wundern, da die Besonderheit der meinen Formeln zu Grunde liegenden Eindrücke, die offenbar denen in der Wirklichkeit auch nicht von ferne gleichen konnten, mir gerade bei einer wirklichen Auswerthung der Formeln nicht viel Richtiges zu geben versprach. Dessen ungeachtet war ich begierig zu sehen, wohin mich eine fortgesetzte Vergleichung derselben mit der Erfahrung führen würde.

1) Ich war berechtigt diesen Satz so bestimmt auszusprechen, weil ich voraussetzen durfte, daß Seebeck, ein so sorgsamer Beobachter, einen so wichtigen Umstand nicht verschwiegen hätte, hätte er ihn wahrgenommen; und doch schloß ich fehl, weil Seebeck die Beutöne zwar beobachtet hatte, aber diese Wahrnehmung nicht veröffentlichte, weil er damals noch diese Töne für zufällig entstandene ansah.

So wurde ich bis dahin geführt, daß diese besonderen Formen in Seebeck's Versuchen von jedem einzelnen Eindruck verlangen, daß er sich über das ganze Intervall erstreckt habe, und der auf S. 565 besprochene Versuch zeigte zwar, daß diese Folgerung nicht unrichtig sey, zugleich aber auch auf eine unzweideutige Weise, daß die Sireneneindrücke entschieden doppelseitig sind, daß also die Voraussetzung, von welcher ich ausgegangen war, unrichtig ist, durch welchen Ausgang meine Neugierde vollständig befriedigt worden war. Dessen ungeachtet fügte ich diese Spielerei meiner Abhandlung als Zugabe bei, aus dem so eben angeführten Grunde. Zum zweiten Male durchgerechnet, oder auch nur aufmerksamer durchgesehen, habe ich diese Nummer nicht, weil ich es der Mühe nicht werth hielt und noch nicht halte. Wüßte ich aber gewiß, wie es den Anschein hat, daß diese Nummer meinem freundlichen Gegner Veranlassung zu den in No. 20 seiner Abhandlung angestellten Vergleichen gab, so würde ich sie von da ab in Ehren halten.

II.

Ich habe in Vorstehendem die individuelle Färbung meiner Abhandlung noch in ein greller Licht setzen zu müssen geglaubt, als dieß schon in ihr selbst geschehen ist, theils um auch nicht den geringsten Zweifel darüber übrig zu lassen, daß ich mit meinem Opponenten hinsichtlich der nicht allgemeinen Anwendbarkeit jener besonderen Eindrücke auf numerische Bestimmungen an der Sirene vollkommen einverstanden bin, theils um den Leser von dieser Nebensache ganz abzulenken, damit er dem, was ich jetzt noch zu sagen habe, seine ganze Aufmerksamkeit schenken könne. Die Frage:

» ob ein Ton von der Schwingungsmenge m ausschließlich gebildet werde durch eine Bewegung von der Form $a \cdot \cos 2\pi(mt + \theta)$ oder nicht, «

scheint mir von der äußersten Wichtigkeit zu seyn, denn

sie implicirt die andern, ob man die festen Punkte, von welchen aus bisher alle wichtigen Erscheinungen der Tonlehre ermessen worden sind, aufgeben müsse, ohne, wenigstens gleich jetzt, für dieselben andere feste Punkte setzen zu können; daher werde ich den von Seebeck in seiner Kritik meiner in I besprochenen Abhandlung gegen die Zulässigkeit jener festen Punkte beigebrachten Thatsachen Schritt vor Schritt nachgehen, um so wenigstens durch innere Beschauung des Gegenstandes ihr Gewicht zu prüfen, da ich mit dem Ohre in dieser Sache nichts zu thun vermag, weil mir die Natur ein musikalisches Gehör ganz und gar versagt hat. Dabei habe ich durchaus keinen andern Zweck, als durch meine Eireden eine fortgesetzte, tiefere Untersuchung des Gegenstandes herbeizuführen, bin dagegen ganz unbekümmert darüber, ob meine persönliche Ansicht in diesem Kampfe siege oder falle.

Zuerst will ich Seebeck's auf jene Frage sich beziehende Argumente so kurz wie möglich, aber doch, ich hoffe es, vollständig genug hersetzen:

- 1) Er beginnt die allgemeine Untersuchung des Gegenstandes damit, daß er als Form des Eindrucks folgende Summe von Gliedern:

$$a_1 \cos . \pi \frac{t - \theta_1}{l} + a_2 \cos . \pi \frac{2t - \theta_2}{l} + a_3 \cos . \pi \frac{3t - \theta_3}{l} \dots \quad (A)$$

annimmt, wodurch bekanntlich jede beliebige Function dargestellt wird, und leitet unter der Voraussetzung, daß die vorhin hervorgehobene Frage bejaht werden müsse, aus der Summe seiner früheren Versuche mit Hülfe der von ihm neu mitgetheilten Thatsache, daß sich an der Sirene zwar

- 1) Ich habe hier den constanten Theil A_0 weggelassen, oder, wenn man lieber will, an's Ende hingesetzt gedacht, weil er an den folgenden Betrachtungen keinen Antheil nimmt, und so die Schwingungsmenge mit der Stellenzahl des Gliedes übereinkommt, was den Ueberblick erleichtert.

neben dem tiefsten starken Tone höhere Beitöne, aber nur äußerst schwach hören lassen, als nothwendige Folge ab, daß man dann auch jede folgende von den Größen $a_1, a_2, a_3, a_4 \dots$ immer sehr viel kleiner als ihre zunächst vorhergehende, d. h. die auf einander folgenden Töne an Stärke sehr rasch abnehmend, sich zu denken habe, so weit wenigstens als seine Versuche reichen.

- 2) Er weist, immer unter derselben Voraussetzung, an jenem allgemeinen Eindrücke nach, daß da, wo zwei solche völlig gleiche Eindrücke das Intervall erfüllen, und um das halbe Intervall von einander abstehen, als Resultat der Wirkung sich die doppelte Summe der in der Reihe ($A.$) befindlichen Glieder von gerader Stellenzahl ergebe, während die Glieder von ungerader Stellenzahl daraus ganz verschwinden, so daß man in diesem Falle als ersten Ton den zweiten Ton der Reihe ($A.$) mit doppelt so großer Schwingungsweite, als dort, erhalte; es müßte also, weil nach 1) der zweite Ton nur äußerst schwach gehört werde, auch hier der erste Ton nur schwach gehört werden, was gegen die Erfahrung sey. Eben so stelle sich die Erfahrung der unter jener Voraussetzung doch nothwendigen Folgerung entgegen, daß der eine Eindruck in 1), wenn man ihn von doppelter Stärke nähme, als zweiten Ton denselben Ton und von derselben Stärke liefern müßte, als der ist, welcher hier als erster Ton auftritt (No. 15 seiner Abhandlung).— Denkt man sich aber einen von den beiden hier besprochenen gleichen Eindrücken dem andern gerade entgegengesetzt, so zeigt die Rechnung, immer unter derselben Voraussetzung, daß man als Resultat der Wirkung die doppelte Summe der in der Reihe ($A.$) befindlichen Glieder von ungerader Stellenzahl erhalte, während die Glieder von gerader Stellenzahl verschwinden.

lenzähl daraus ganz verschwinden. Hier wird also durch das Hinzutreten des zweiten Eindrucks der zweite Ton ganz aufgehoben, und auch in diesem Falle spreche sich der Versuch für die große Schwäche des zweiten Tones aus, weil außerdem der Wegfall dieses zweiten Tones bei dem Hinzufügen des zweiten Eindruckes auffälliger erscheinen müßte (No. 16 seiner Abhandlung).

- 3) Er zeigt immer unter der gleichen Voraussetzung, daß da, wo drei völlig gleiche Eindrücke das Intervall erfüllen, und um den dritten Theil dieses Intervalls von einander abstehen, man als Resultat der Wirkung die dreifache Summe aller derjenigen in (*A.*) befindlichen Glieder erhalte, deren Stellenzahlen Vielfache von 3 sind, während alle übrigen Glieder der Reihe (*A.*) daraus verschwinden, so daß man in diesem Falle als ersten Ton den dritten Ton der Reihe (*A.*) mit drei Mal so großer Schwingungsweite erhalte; es müßte also, weil nach 1) a_2 viel kleiner als a_1 , und a_3 wieder viel kleiner als a_2 zu nehmen wäre, in diesem Falle der erste Ton nur schwach sich hören lassen, was gegen die Wahrnehmung streite. Eben so stelle sich der Versuch der unter jener Voraussetzung doch nothwendigen Folgerung entgegen, daß der eine in 1) betrachtete Eindruck, wenn man ihn von dreifacher Stärke nähme, als dritten Ton denselben Ton und von derselben Stärke liefern müßte, als der ist, welcher hier als erster Ton auftritt (No. 18 seiner Abhandlung).
- 4) Zuletzt (No. 31 seiner Abhandlung) theilt Seebeck noch das Resultat eines zur Probe angestellten Versuches mit. Es müßten die in 2) betrachteten beiden Eindrücke von entgegengesetzter Art als ersten Ton denselben Ton und von derselben Stärke, unter der gemachten Voraussetzung, liefern,

als der eine Eindruck in 1), wenn er von doppelter Stärke genommen würde; aber auch dieser Folgerung widersprach die Erfahrung. Der Ton zeigte sich im ersten Falle auffallend schwächer als im zweiten, und nur unbedeutend stärker, als wenn der Eindruck in 1) von einfacher Stärke genommen wurde.

Aus vorstehenden, von 1) bis 4) entwickelten und durch die Erfahrung selbst aufgedeckten Widersprüchen, die allerdings von großer Erheblichkeit sind, zieht Seebeck den Schluss, daß die gemachte Voraussetzung unrichtig sey, man folglich annehmen müsse:

»daß ein Ton von der Schwingungsmenge *n* nicht *ausschließlich* gebildet werde durch eine Bewegung von der Form $\alpha \cos 2\pi (mt + \theta)$.«

Dieser achtbare Gelehrte findet jedoch, wenn ich ihn recht verstehe, ein Mittel jene Widersprüche aufzulösen, in der Annahme, daß die spätern Glieder der Reihe (*A.*), welche Theile des in jedem Intervalle von der Länge $2l$ gleichmäßig wiederkehrenden Eindrucks sind, und darum selber an dieser gleichmäßigen Wiederkehr in jedem solchen Intervalle participiren, in ihrer Gesamtheit einen Ton zu liefern vermögen, von einer Höhe, wie sie diesem Intervalle entspricht. Auf's Neue angetrieben durch die von dem weisesten aller Naturforscher uns als Vermächtniß hinterlassene Regel, welche von Seebeck in No. 6 seiner Abhandlung besprochen worden ist, werde ich die Zulässigkeit des hier dargebotenen Auskunftsmittels einer Prüfung unterwerfen, und wenn es sich mir als unzulässig erweisen sollte, ein anderes an dessen Stelle zu setzen versuchen.

Um diese Prüfung aber mit der hier wünschenswerthen Kürze und doch mit zureichender Ausführlichkeit vornehmen zu können, bin ich gezwungen meine frühere Abhandlung noch ein klein wenig weiter fortzusetzen. Ihr letzter Satz lautet so: »Am Schlusse dieser Abhand-

lung will ich noch erwähnen, daß sich mit *großer Leichtigkeit*, und nicht ohne Gewinn für die tiefere Einsicht in den Gegenstand, aus den in ihr aufgestellten, der hier gewählten besonderen Form der Eindrücke entsprechenden, Resultaten diejenigen Zahlbestimmungen, welche Eindrücken *von ganz beliebiger Form* angehören, zusammensetzen lassen.« In der That sagt der Satz 10. a. (S. 543 meiner Abhandlung), daß gleich weit von einander abstehende Eindrücke von der in meiner Abhandlung gewählten besondern Form zu allen jenen Tönen nichts beitragen können, deren Schwingungsdauer nicht dem Abstände dieser Eindrücke von einander gleich, oder ein vielter Theil davon ist. Nun besteht aber jeder beliebige, in dem Intervall $2l$ regelmäfsig wiederkehrende Eindruck, welcher sich durch die Reihe (*A.*) vorstellen läßt, aus Theilen, welche sämtlich aus je zwei Reihen entgegengesetzter Eindrücke von der eben beschriebenen besondern Art zusammengesetzt sind, daher gilt von jeder solchen Reihe von Eindrücken die in Satz 10. a. ausgesprochene Eigenschaft, es kann daher das Glied $\alpha_1 \cos \pi \frac{t-\theta}{l}$ nur auf die Töne $\frac{1}{2l}, \frac{2}{2l}, \frac{3}{2l}, \frac{4}{2l}$ etc. Einfluß haben, das Glied $\alpha_2 \cos \pi \frac{2t-\theta_2}{l}$ nur auf die Töne $\frac{2}{2l}, \frac{4}{2l}, \frac{6}{2l}, \frac{8}{2l}$ etc., das Glied $\alpha_3 \cos \pi \frac{3t-\theta_3}{l}$ nur auf die Töne $\frac{3}{2l}, \frac{6}{2l}, \frac{9}{2l}, \frac{12}{2l}$ etc., und so ohne Ende fort. Erwägt man nun noch, daß jedes Glied der Reihe (*A.*) lauter Paare an einander hängender entgegengesetzter und gleicher Eindrücke von der in meiner Abhandlung angenommenen besonderen Form in sich trägt, und bringt man damit den Satz 13. f. (S. 560 meiner Abhandlung) in Verbindung, wornach jede solche doppelseitige Tonwelle nichts zu jenen Tönen hergeben kann, deren Schwingungsmenge ein Vielfaches von der durch

die Länge dieser doppelten Tonwelle bestimmten ist, so folgt daraus sogleich, *dafs zur Erzeugung eines Tones von der Schwingungsmenge $\frac{m}{2l}$ nur das eine Glied der Reihe (A.), welches dieselbe Schwingungsmenge in sich trägt, beitragen kann.* Mit diesem Satz zugleich ist aber auch die Theorie der Sirene für beliebige Eindrücke gegeben ¹⁾; denn er setzt fest, dafs man den Einflufs von

- 1) Es ist hier der Ort, mein oben gegebenes Versprechen zu erfüllen, nämlich die Ursachen anzugeben, warum ich blofs einseitige, das Intervall nicht ausfüllende Eindrücke meiner Betrachtung zu Grund gelegt habe. Der Hauptzweck meiner Abhandlung war, die alte Definition des Tones wieder herzustellen, und die Theorie der Sirene wurde, wie schon ihr Titel ausspricht, nur daran geknüpft, in so weit dies mit der Verfolgung des Hauptzweckes zugleich geschehen konnte. Man nehme nun für einen Augenblick an, ich hätte die Theorie der Sirene in derselben eleganten und allgemeinen Weise gegeben, wie Seebeck in seiner Abhandlung thut, und dann zu jenem gewandten Akustiker, welcher in der am Eingange meiner Abhandlung angeführten Stelle sagt: „Dieser Impuls erscheint in den angeführten Versuchen entweder als Binomium einer Verdichtung und Verdünnung, oder als blofse Verdichtung; und insbesondere zeigt die Untersuchung Savart's über die tiefsten hörbaren Töne, dafs die Entfernung der beiden Maxima eines Binomiums keineswegs abhängt von der Dauer der einzelnen Impulse, oder mit andern Worten, von der Entfernung der Maxima zweier auf einander folgenden Binomien; wonach also die gewöhnliche Erzeugung musikalischer Töne, wo die verschiedenen Maxima der Verdichtung und der Verdünnung alle in gleichen Zeitintervallen einander folgen, nur als ein besonderer Fall der allgemeinen Wiederholung eines aus einer Verdichtung und Verdünnung zusammengesetzten Impulses betrachtet werden muß.“ — gesprochen: Du siehst hieraus, wie doch immer wieder alles auf jene alte Vorstellung von der Form der Tonwelle hinausläuft; er aber hätte mir entgegenet: Du verfällst in eine *petitio principii*, denn Du nimmst an, was Du beweisen willst. Wer sagt Dir denn, dafs solche einseitige und das Intervall nicht ausfüllende Eindrücke, wie ich sie mir denke, und deren Charakter sich gerade darin ausspricht, dafs sie gewisse Theile des Intervalls auf Kosten anderer Theile desselben Intervalls vorzugsweise in Anspruch nehmen, Glieder geben können, die sich auf das ganze Intervall, oder auf jede

beliebig vielen, in jedem Intervalle von der Länge $2l$ sich regelmässig wiederholenden und daher durch Reihen wie die (A) ist, darzustellenden Eindrücken auf die Erzeugung des Tones $\frac{m}{2l}$ erhalte, wenn man die Summe derjenigen Glieder dieser Reihen nimmt, die sich auf den gleichen Ton beziehen.

Der so eben erhaltene Satz, — dass nur das eine Glied der Reihe (A) zur Erzeugung eines Tones von der in diesem Gliede vorhandenen Schwingungsmenge etwas beitragen kann, scheint nun zwar dem von Seebeck zur Erklärung der von ihm beobachteten Widersprüche vorgeschlagenen Auskunftsmittel sich geradezu zu widersetzen; denn wenn kein folgendes Glied der Reihe (A) irgend einen Einfluss auf den durch das erste Glied dieser Reihe gegebenen Ton ausüben kann, so kann auch die Summe aller folgenden Glieder keinen Einfluss auf die Stärke des im ersten Gliede enthaltenen Tones haben, und damit wäre denn jenes vorgeschlagene Auskunftsmittel als unmöglich nachgewiesen. Indessen werde ich mich wohl hüten, diesen falschen Schluss zu ziehen. Die in (A) enthaltene Reihe ist nämlich nicht im Stande jede mögliche Succession von Eindrücken vorzustellen, sondern nur die, welche von Intervall zu Intervall immer dieselben Eindrücke und in derselben Weise wiederbringt; so wenig sie aber eine gegebene Succession von Eindrücken, in welcher irgend eine Unregelmässigkeit auftritt, darstellen kann, eben so wenig lassen sich

Hälfte jedes Drittel desselben u. s. w. in gleichem Maasse beziehen. Gesetzt aber, so fährt mein Gegner fort, es liesse sich zeigen, dass gewisse Eindrücke, die in Deiner Reihe (A) $\alpha_1=0$, $\alpha_2=0$, $\alpha_3=0$ werden lassen, doch den ersten oder zweiten oder dritten Ton dieser Reihe liefern, so wäre damit ja eben das Gegentheil von dem bewiesen, was Du beweisen wolltest. Wie hätte ich einen solchen Gegner anders als gerade durch die exceptionelle Behandlung solcher besonderer Eindrücke entwaffnen können?

aus ihr solche unregelmäßige Successionen herholen. Es könnte daher wohl geschehen, und das Daseyn der Combinationstöne leistet im Grunde Gewähr dafür, daß die folgenden Glieder der Reihe (*A.*) den im ersten Gliede enthaltenen Ton durch solche unregelmäßige Successionen zu verstärken im Stande wären. Deshwegen werde ich mich jenes Satzes zur Bekämpfung des von Seebeck vorgeschlagenen Auskunftsmittels nicht nur nicht bedienen, sondern vielmehr gleich von vorn herein die Möglichkeit, und wenn man will die Wirklichkeit einer solchen Verstärkung einräumen.

Aber auch diese Verstärkung zugestanden, was folgt aus ihr? Daß der im ersten Glied der Reihe (*A.*) enthaltene Ton, durch die im 2ten, 3ten, 4ten Gliede enthaltenen Töne verstärkt werde, aber auch daß der im zweiten Glied jener Reihe enthaltene Ton durch die im 4ten, 6ten, 8ten Gliede enthaltenen Töne in gleicher Weise verstärkt werde, weil diese letztern Glieder zum zweiten ganz dieselbe Beziehung haben, wie die vorigen zum ersten Gliede; und aus dem gleichen Grunde müßte wieder der im dritten Gliede enthaltene Ton in derselben Weise verstärkt werden durch die im 6ten, 9ten, 12ten enthaltenen Töne, und so ohne Ende fort. Es würden sonach alle in den auf einander folgenden Gliedern der Reihe (*A.*) enthaltenen Töne in gleicher Weise verstärkt, ja man müßte sogar die Verstärkung der in den folgenden Gliedern enthaltenen Töne relativ für größer annehmen, als die des im ersten Gliede enthaltenen Tones, so lange wenigstens als nicht erwiesen ist, daß nicht auch jene Glieder der Reihe dazu beitragen können, die in vorstehender Betrachtung hierfür nicht in Anspruch genommen worden sind. Eine solche gleichmäßige Verstärkung der in allen Gliedern der Reihe (*A.*) enthaltenen Töne, wenn man sie sich auch denken wollte, obgleich sie nicht wohl denkbar ist, würde aber jenes vorgeschlagene Auskunftsmittel von selber wieder

zu nichte machen; man müßte denn zu neuen Annahmen sich verstehen wollen, die kaum in etwas Anderm als darin bestehen könnten, als daß dieselben Dinge unter den gleichen Umständen bald so und bald auch wieder anders wirken können. Ehe ich aber zu solchen Annahmen, die mir unaufhörlich ihr geisterhaftes »Ich bin's und bin's auch wieder nicht« schmerzhaft in das Ohr raunen, meine Zuflucht nehme, stelle ich lieber, keck wie Columbus, das Ei gleich auf die Spitze und behaupte: Jene von Seebeck wahrgenommenen Widersprüche beruhen auf einer Gehörstäuschung, in welcher unser Ohr befangen ist, auf ähnliche Weise, wie unser Auge in einer Gesichtstäuschung da befangen ist, wo es eine Mitteltinte an dunkler Gränze für heller, an heller Gränze für dunkler hält, als sie wirklich ist. Ich nehme nämlich an, daß unser Ohr unwillkürlich den Hauptton für stärker ansieht, als er wirklich ist, und seine Beitöne für schwächer, als sie wirklich sind, es unentschieden lassend, ob diese Täuschung daher rühre, daß es die Beitöne in den meisten Fällen gar nicht von dem Hauptton trennt, und dann nothwendig, und sich selber unbewußt, die in jenen liegende Kraft bei diesem mit in Anschlag bringt, und ob selbst da, wo eine solche Trennung durch unser Ohr bewirkt worden ist, diese doch immer nur theilweise erfolgt, so daß noch immer der andere Theil zur scheinbaren Verstärkung des Haupttons seinen Beitrag liefert, oder ob dabei noch andere Momente zu Rath gezogen werden müssen. So viel aber scheint mir wenigstens gewiß, daß durch meine Annahme nicht nur alle von Seebeck, weiter oben von 1) bis 4) mitgetheilten, den Rechnungsergebnissen scheinbar widerstrebenden Erfahrungen, sondern noch mehrere andere akustische Räthsel ihre einfache und ungezwungene Lösung finden. Einige von diesen Räthseln will ich durch ein Paar Fragen anzudeuten suchen. Woher kommt es, daß man die Bei-

töne, wenigstens da, wo der Hauptton nicht ganz oder fast ganz verschwindet, immer nur verhältnißmäßig schwach hört, während es doch bei den so mannigfaltigen Weisen, wodurch wir Töne hervorrufen, nicht wohl anders kommen kann, als daß zuweilen die Eindrücke auch von solcher Art werden, daß eins oder mehrere von den späteren Gliedern der Reihe (A.) Töne von größerer Stärke geben müßten, als der Hauptton selber hat? Woher kommt es, daß das in dieser Beziehung nicht sehr geübte Ohr die Beitäne meistens ganz überhört, während es doch, wenn es durch äußern Antrieb darauf hingelenkt wird, dieselben auf einmal und dann recht deutlich wahrnimmt? Worin liegt der Grund, daß in einem Concerte ein falscher Ton dem Ohr so laut sich ankündigt, selbst von einem Instrumente, das außerdem kaum wahrgenommen wird? Wie lassen sich die Wirkungen der Mixtur an der Orgel begreiflich machen? Es scheint sogar als ob jene meine Annahme nicht bloß von dem Hauptton und seinen Beitänen gälte, sondern selbst von zwei Haupttönen, die in ähnlicher Beziehung zu einander stehen. Mehr aus Neugierde als in einer andern Absicht ersuchte ich einen meiner Freunde, der sich ehemals viel mit Musik abgegeben hat, er möge doch einmal an der Violine untersuchen, ob nicht, wenn er einen Ton sammt seiner Octave zugleich anstreiche und dann plötzlich den tieferen Ton weglasse, der übrig bleibende höhere Ton ihm stärker zu werden scheine. Dieser Freund brachte mir kurz darauf die Kunde, daß allerdings, namentlich bei den tieferen Octaven, und wenn man die beiden Töne zugleich fest und wiederholt anstreiche, eine solche Verstärkung des höheren Tons gut merklich werde, daß aber auch, was ihm besonders auffallend gewesen sey, der tiefere Ton eine recht fühlbare Schwächung erleide, wenn man unter den gleichen Bedingungen den Bogen plötzlich über der tieferen Saite allein wegstreichen lasse. Man sieht, daß dieser Freund,

den

den ich blofs um die eine Seite meiner Annahme befragte, mir zugleich auch Antwort über deren andere Seite gab. Derselbe berichtete mir später, zu dem Versuche durch mich aufgefordert, dafs jene Erscheinung der Schwächung und Verstärkung nicht mehr, oder mindestens lange nicht mehr in dem Grade bemerkbar sey, wenn man die beiden Töne absichtlich unrein greift.

Doch es ist Zeit, dafs ich abbreche, denn schon überfällt mich einige Beklemmung in Folge der Kühnheit, womit ich Hypothesen wage in einer Sache, von der ich fast wie ein Blinder von der Farbe rede; indessen tröste ich mich wieder mit dem Gedanken, dafs meine Hypothese wenigstens das eine Gute in sich trägt, an den Prüfungsstein der Erfahrung angelegt werden zu können. Niemand wird besseres Licht auf diesen Gegenstand zu werfen im Stande seyn, als derselbe verdienstvolle Gelehrte, dessen gediegene Arbeiten meine Anerkennung in hohem Grade sich erworben, und gerade nur deshalb, weil sie meine Aufmerksamkeit mächtig fesselten, an einer einzigen Stelle meinen Widerspruch sich zugezogen haben; möge er daher recht bald die dazu erforderliche Mufse finden.

Der Stand der Sache läfst sich nun kurz so fassen: Die alte Definition des Tones enthält alles in sich, was die neueren Versuchsweisen hinsichtlich der Art der dabei auftretenden Töne an die Hand gegeben haben; Seebeck setzte es jedoch in seiner jüngsten Abhandlung aufser Zweifel, dafs die bei diesen Versuchen beobachtete Stärke der Töne mit den Rechnungsergebnissen durchaus nicht zusammenstimme, und ist deshalb geneigt, die Schuld davon auf jene alte Definition des Tons zu werfen. Mir scheint es gerathener, weil die von Seebeck vorgeschlagene Aenderung an der Definition des Tones in ein neues Labyrinth zu führen scheint, lieber gleich die Schuld davon auf unser Ohr zu schieben, das einer Täuschung oder, wenn man lieber will, Verwöhnung in

der Art ausgesetzt ist, daß es zu dem tiefsten Tone solche höhere Töne, welche zu ihm das Verhältniß eines Beitones haben, ganz oder theilweise herüberzieht und als zu ihm gehörig ansieht, aber darum unwillkürlich ein falsches Urtheil über die relative Stärke solcher Töne fällt:

II. *Untersuchung über die Temperaturen der verschiedenen Lichtstrahlen des Sonnenspectrums;* *von Hrn. Melloni.*

(*Compt. rend. T. XVIII p. 39.*)

Bekannt ist, welche Veränderungen die Begriffe der Physiker über die Wärmeverbreitung im Sonnenspectrum erlitten haben. Zuvörderst liefs die Analyse von Newton glauben, daß die ungleich farbigen und brechbaren Strahlen, aus denen das weiße Licht besteht, eine ihrer Intensität oder Leuchtkraft proportionale Wärmekraft besäßen. Diese Ansicht schien durch die Versuche von Landriani, Rochon und Sennebier bestätigt, da dieselben die höchste Temperatur in dem hellsten Theile des Spectrums, d. h. im Gelb oder zu Anfange des Orange, fanden. Diese Meinung änderte sich, als Herschel seine schönen heliothermischen Beobachtungen veröffentlichte, und daraus folgerte: 1) daß im Spectrum jenseits des rothen oder unteren Endes dunkle Wärmestrahlen vorhanden seyen, und 2) daß das Maximum sich unter den Strahlen nahe an dem besagten Ende befände. Später wiederholten Malus und Bérard die Herschel'schen Versuche in Gegenwart von Berthollet, und bestätigen, was das Daseyn der weniger als das Roth brechbaren Wärme betrifft, die von dem berühmten deutschen Astronom beobachteten Thatsachen; allein sie waren nicht



Datum
29.5.2006

HINWEIS

University of Applied Sciences

Ohm, Georg Simon: Noch ein paar Worte über die Definition des Tones
In: Annalen der Physik und Chemie / hrsg. zu Berlin von J. C. Poggendorff. - 62. 1844 = Anna-
len der Physik und Chemie : Dritte Reihe. - 2. 1844. - Leipzig : Barth. - S. 1-18

Dieser Band wurde an der Hochschulbibliothek der Fachhochschule Nürnberg eingescannt
(Auflösung: 300 dpi). Das Original stammt aus den historischen Altbeständen der Bibliothek.

Signatur: 903/8.84 / 1 LXII a

This volume was scanned at the University of Applied Sciences Library Nuremberg
(resolution: 300 dpi). The original is part of the historic collection of the library.

Book number: 903/8.84 / 1 LXII a

<http://www.fh-nuernberg.de/bibliothek>

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule
Hochschulbibliothek
Keßlerplatz 12
90489 Nürnberg