

# Annalen der Physik (Leipzig)

Spindler, Paul (de Chemnitz). Annalen der Physik (Leipzig). 1844.

**1/** Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.

- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

**2/** Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

**3/** Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

**4/** Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

**5/** Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

**6/** L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

**7/** Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter [reutilisationcommerciale@bnf.fr](mailto:reutilisationcommerciale@bnf.fr).

**ANNALEN**  
DER  
**PHYSIK UND CHEMIE.**

---

**B A N D LXIII.**

Handwritten text, possibly a signature or name, located in the upper center of the page.

A vertical dashed line running along the right edge of the page, likely a scanning artifact or a margin indicator.

ANNALEN  
DER  
PHYSIK  
UND  
CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

DREI UND SECHSZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT NEUN UND DREISSIGSTER.

---

NEBST ZWEI KUPFERTAFELN.

---

LEIPZIG, 1844.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS 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.**

---

DRITTER BAND.

---

NEBST ZWEI KUPFERTAFELN.

---

LEIPZIG, 1844.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



# I n h a l t

des Bandes LXIII der Annalen der Physik und Chemie.

## Erstes Stück.

	Seite
I. Ueber den Ausfluß der Flüssigkeiten aus Oeffnungen in dünner Wand und aus kurzen Ansatzröhren; von O. v. Feilitzsch. . . . .	1
II. Ueber das directe Erkennen des polarisirten Lichts und der Lage der Polarisationsebene; von W. Haidinger. . . . .	29
III. Methode, die Brennweite und optischen Hauptpunkte von Lin- sen zu bestimmen; von L. Moser. . . . .	39
IV. Ein Paar optische Versuche; von L. Merz. . . . .	49
V. Ueber einige Verbindungen des Wismuths, besonders in Rück- sicht der Zusammensetzung des Wismuthoxyds; von W. Heintz. . . . .	55
VI. Ueber die Schwefelverbindungen des Urens; von C. Voelckel. . . . .	96
VII. Ueber das Verhalten der Schwefelcyan-Schwefelmetalle in hö- herer Temperatur; von Demselben. . . . .	106
VIII. Ueber das Entstehen der Blasen in Platingeräthschaften; von Pleischl. . . . .	111
IX. Ein neues Thermometer oder Kryometer; von Demselben. . . . .	115
X. Zur Geschichte des Thermometers. . . . .	122
XI. Chemische Untersuchung einiger Feldspäthe von Egersund; von C. Kersten. . . . .	123
XII. Untersuchung der Schalenblende von Raibel in Kärnthen; von Demselben. . . . .	132
XIII. Ueber das Vorkommen von Yttererde und Ceroxydsilicaten im sächsischen Erzgebirge; von Demselben. . . . .	135
XIV. Ueber die chemische Zusammensetzung des Endialyts; von C. Rammelsberg. . . . .	142
XV. Ueber die Farbe des Axinit; von W. Haidinger. . . . .	147

57333

1877

148993

	Seite
XVI. Ueber eine neue Art von regelmässiger Zusammensetzung am Dolomit; von Demselben. . . . .	153
XVII. Elektro-photometrische Studien; von A. Masson. . . . .	158
XVIII. Elektro-photometrische Studien; von Demselben. (Zweite Abhandlung.) . . . . .	162
XIX. Ueber die Niedrigkeit der Temperatur in den unterirdischen Steinbrüchen des Petersberges, bei Maastricht, in Bezug auf die mittlere Temperatur der Luft; von J. G. Crahay. . . . .	166
XX. Notizen. 1) Temperatur im Bohrloche zu Neuffen, S. 173. — 2) Kieselsäure - Aether, S. 174. — 3) Borsäure - Aether, S. 175.	

### Zweites Stück.

I. Ueber das Bluten des Rebstocks; von Ernst Brücke. . . . .	177
II. Ueber den Ausfluss der Flüssigkeiten aus Oeffnungen in dünner Wand und aus kurzen Ansatzröhren; von O. v. Feilitzsch. (Schluss.) . . . . .	215
III. Ueber die Wirkung zwischen schwefliger Säure und Zink oder Eisen und über die Zusammensetzung der daraus hervorgehenden Producte; von Koene. . . . .	245
IV. Ueber Siedpunktsregelmässigkeiten und daraus abgeleitete Folgerungen, so wie über die Theorie der specifischen Volume der Flüssigkeiten; von H. Kopp. . . . .	283
V. Ueber die Zusammensetzung des Tantalits und ein im Tantalite aus Baiern enthaltenes neues Metall; von H. Rose. . . . .	317
VI. Messungen des Regenbogens; von J. G. Galle. . . . .	342
VII. Methode den Widerstand eines Galvanometers zu bestimmen; von F. C. Henrici. . . . .	344
VIII. Zur Bestimmung der Lichtstärke bei Erzeugung photographischer Bilder; von Lipowitz. . . . .	348
IX. Ueber die Entdeckung der Diffusion tropfbarer Flüssigkeiten.	350
X. Notizen. — 1) Leidenfrost's Versuch auf Flüssigkeiten, S. 352. — 2) Reines Eisen, S. 352. — 3) Sternschnuppen, S. 352.	

	Seite
I. Ueber die Definition des Tones; von A. Seebeck. . . . .	353
II. Ueber die Erzeugung von Tönen durch getrennte Eindrücke mit Beziehung auf die Definition des Tones; von Demselben.	368
III. Einige Bemerkungen über die vom Dr. Liskovius veröffent- lichten Resultate seiner „Untersuchungen über den Einfluß der verschiedenen Weite der Labialpfeifen auf ihre Tonhöhe“; von Müller. . . . .	380
IV. Galvanische Einzelheiten; von G. S. Ohm. . . . .	389
V. Ueber die Eigenthümlichkeit der chemischen und volta'schen Rolle, welche das dritte Sauerstoffatom der salpetrigen Säure und das zweite Sauerstoffatom der Superoxyde des Mangans und des Bleis spielen; von C. F. Schönbein. . . . .	406
VI. Bemerkungen zu einem Aufsatz des Hrn. Beetz über die Pas- sivität des Eisens; von Martens. . . . .	412
VII. Volta'sche Zersetzung von Wasserdampf. . . . .	414
VIII. Ueber die Volta'sche Polarisation des Eisens; von W. Beetz.	415
IX. Verhalten des Kupfers als positiven Pols einer Volta'schen Bat- terie. . . . .	424
X. Ueber die Umwandlung des Rohrzuckers in Milchsäure; von H. v. Blücher. . . . .	425
XI. Verhalten geschmolzener Drähte im Strome einer Volta'schen Batterie. . . . .	430
XII. Ueber die Wirkung zwischen schwefliger Säure und Zink oder Eisen, und über die Zusammensetzung der daraus hervorgehen- den Producte; von Koene. (Schluß.) . . . . .	431
XIII. Aufzählung der Hauptfolgerungen, zu welchen die Entdeckung des schwefelsauren Stickstoffoxyds Anlaß gegeben, nebst einer experimentellen Beweisführung vom Nicht-Daseyn dieses Salzes; von Demselben. . . . .	455
XIV. Yttr-Titanit, eine neue Mineralspecies; von Th. Scheerer.	459
XV. Untersuchung über die Intensität des beim Davy'schen Ver- suche von der Kohle ausgesandten Lichts; von den HH. Pi- zeau und Foucault. . . . .	463
XVI. Ueber das Kupferhydrür; von A. Wurtz . . . . .	476

	Seite
I. Ueber die Wärme-Erregung in einem verzweigten Schließungs- bogen der elektrischen Batterie; von P. Riefs. . . . .	481
II. Ueber elektrische Abbildungen und Thermographien; von E. Knorr. (Dritter Artikel.) . . . . .	506
III. Ozon ist nicht salpetrichte Säure; von C. F. Schönbein. . . . .	520
IV. Tönen beim Elektromagnetisiren. . . . .	530
V. Ueber das Gesetz der Absorption des Lichtes durch Jod- und Bromdämpfe; von A. Erman. . . . .	531
VI. Nachträgliche Bemerkungen über einige Verbindungen des Wis- muths; von W. Heintz. . . . .	559
VII. Ueber das Terpentinghydrat; von C. Rammelsberg. . . . .	570
VIII. Ueber das in den Nadeln von Pinus silvestris enthaltene äthe- rische Oel; von R. Hagen. . . . .	574
IX. Ueber einige im Kreise der Kohlenzink-Kette beobachteten Lichterscheinungen; von W. Th. Casselmann. . . . .	576
X. Ueber die Dichte des Essigsäuredampfs bei verschiedenen Tem- peraturen; von A. Cahours. . . . .	593

---

### Nachweis zu den Kupfertafeln.

- Taf. I. — O. v. Feilitzsch, Fig. 1, S. 9; Fig. 2, S. 10; Fig. 3, S. 17;  
Fig. 4, S. 18; Fig. 5, 6, 7 und 8, S. 26; Fig. 9 und 10, S. 27;  
Fig. 11, S. 216 und 221; Fig. 12, S. 224; Fig. 13, S. 229; Fig. 14,  
15 und 16, S. 230; Fig. 17 und 18, S. 234; Fig. 19, S. 237.
- Taf. II. — Haidinger, Fig. 1 und 2, S. 30; Fig. 3, S. 31; Fig. 4,  
S. 31; Fig. 5, S. 31; Fig. 6, S. 32; Fig. 7, S. 32; Fig. 8, S. 33;  
Fig. 9, S. 34; Fig. 10, S. 34; Fig. 11, 12, 13 und 14, S. 35;  
Fig. 15, S. 37; Fig. 16 und 17, S. 38; Fig. 18 und 19, S. 147;  
Fig. 20 bis 23, S. 148; Fig. 24 und 25, S. 150; Fig. 26, S. 151;  
Fig. 27, S. 153; Fig. 28, 29 und 30, S. 154; Fig. 31, S. 155.
-

I. Ueber die Definition des Tones;  
von August Seebeck.

Ich bin in eine Controverse mit Ohm gerathen über die Frage:

*Wird ein Ton, dessen Schwingungsmenge  $m$  ist, ausschliessend gebildet durch eine Bewegung von der Form  $a \cos 2\pi(mt + \tau)$ , oder ist diese nur als ein besonderer Fall einer allgemeineren Form anzusehen?*

Da diese allgemeinere Form, so viel wir wissen, bei einem Tone von ungeänderter Stärke der Bedingung genügt, dass nach Verlauf der Zeit  $\frac{1}{m}$  stets derselbe Eindruck wiederkehre, so kann sie dargestellt werden durch die Reihe:

$$\left. \begin{aligned} &a_1 \cos 2\pi(mt + \tau_1) + a_2 \cos 2\pi(2mt + \tau_2) \\ &+ a_3 \cos(3mt + \tau_3) + \dots + a_0 \end{aligned} \right\} \dots (A)$$

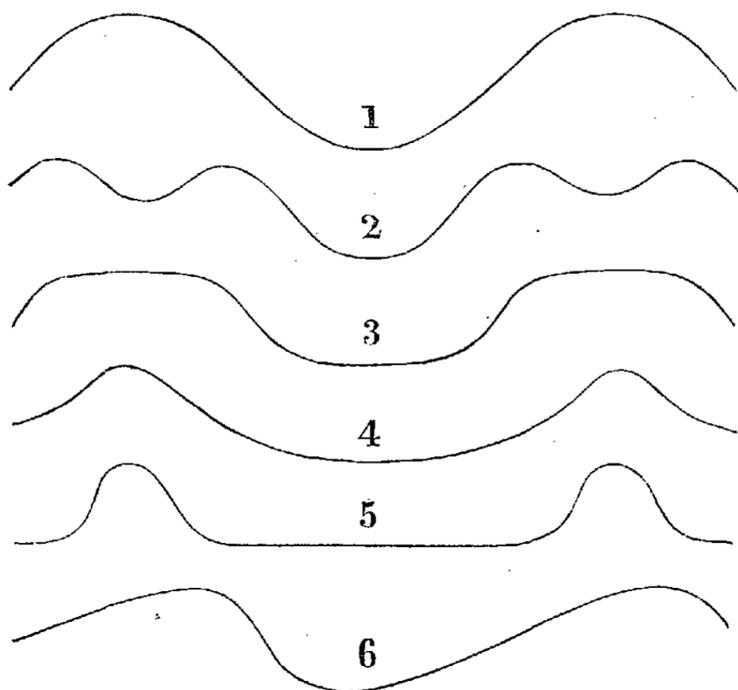
Jene Frage ist daher, anders ausgedrückt, diese:

*Hat an der Erzeugung des Tones  $m$  nur das erste Glied der Reihe (A) einen Antheil, oder können auch die folgenden Glieder zur Bildung dieses Tones beitragen?*

Es wird gut seyn, für die beiden Annahmen, zwischen welchen hier die Frage steht, kurze Benennungen zu haben. Daher mögen die beiden genannten Formen als *engere* und *weitere* bezeichnet werden. Die *engere* Form kann durch das erste Glied jener Reihe, die *weitere*, indem sie das Wesen des Tones blofs in die periodische Wiederkehr gleicher Eindrücke setzt, durch die Summe der ganzen Reihe vorgestellt werden. Die zweite Annahme schliesst die erste nicht aus, sondern

begreift sie als einen besonderen Fall in sich. Dabei bemerke man, daß die weitere Form nur behufs der analytischen Behandlung in Gestalt einer Sinusreihe dargestellt ist, an sich aber eines einfacheren Ausdrucks fähig seyn mag; ferner daß sie in Gestalt jener Reihe offenbar zu weit ist, so lange die Werthe der  $a$  und  $\tau$  ganz willkürlich gelassen werden, wie ich bereits früher erinnert habe; wir müssen sie aber in dieser oder wenigstens in einer eben so unbestimmten Form lassen, weil uns die nöthige Beschränkung noch ganz unbekannt ist.

Um den Sinn dieser Bemerkungen noch weniger zweifelhaft zu lassen, habe ich in Fig. 1 bis 6 mehrere Wellenskalen gezeichnet, wobei man sich die Abscissen der gezeichneten Curve proportional der Zeit, und die Ordinaten proportional der Geschwindigkeit denken mag.



Alle diese Wellenformen haben dieselbe Länge der Periode, und können, wenn  $\frac{1}{m}$  diese Periode bezeichnet,

durch die Reihe ( $A$ ), oder einfacher durch  $f(\cos 2\pi mt)$  vorgestellt werden. Fig. 1, S. 354, entspricht dem ersten Gliede jener Reihe, also der engeren Form, und ist wohl jedenfalls geeignet, den Ton  $m$  allein zu geben; Fig. 2, S. 354, würde, wie ich anzunehmen Ursache habe, stets neben dem Tone  $m$  dessen Octave  $2m$  erkennen lassen; ob aber auch Formen, ähnlich den ziemlich willkürlich gezeichneten Figuren 3 bis 6, S. 354, stets aufser dem Tone  $m$  dessen Beitöne  $2m, 3m\dots$  hören lassen müssen, und zwar in der durch die entsprechenden Glieder der Reihe ( $A$ ) bedingten Stärke, ist die Frage, um welche es sich handelt.

Ohm hat sich der engeren Form angenommen (diese Ann. Bd. LIX S. 513) und dieselbe mit dem Scharfsinne, welchen man an seinen Arbeiten kennt, an den Erscheinungen durchgeführt, welche an der Sirene beobachtet werden können. Er ist dabei zu einigen Resultaten gelangt, welche mit der Erfahrung übereinstimmen, so dafs diese Uebereinstimmung Demjenigen, welcher mit diesen Versuchen nicht vertraut ist, leicht vollständig erscheinen konnte. Ich habe jedoch (diese Ann. Bd. LX S. 449) gezeigt 1) dafs die Resultate seiner Rechnung in mehreren Punkten nicht durch die Erfahrung bestätigt werden <sup>1)</sup>. 2) Da Ohm jene Ergebnisse nicht nur unter der Annahme der engeren Form, sondern auch unter der Voraussetzung einer besonderen Beschaffenheit der Sirenestöße erlangt hatte, so mußte ich, um über die Zulässigkeit der ersteren zu urtheilen, die Rechnung von der letzteren befreien, und ihr zunächst von *dieser* Seite her die nöthige Allgemeinheit geben, was Ohm der Raumersparnis wegen unterlassen hatte. Auch so noch führte die engere Form auf einige Resultate, welche durch die Erfahrung nicht bestätigt werden. Dagegen habe ich 3) gezeigt, dafs unter der Annahme der

1) Diefs gilt, aufser von den beiden letzten Nummern seiner Abhandlung, von einem Theile der Sätze S. 530  $\alpha$ . und S. 539  $\alpha$ .

weiteren Form sich *alle* an der Sirene beobachteten Erscheinungen sehr einfach erklären lassen. Die Erfahrung spricht also in keinem Falle gegen die weitere Form, wohl aber in einigen Punkten gegen die engere.

Diesen Schlufs, zu welchem ich durch eine consequente Analyse der in der Erfahrung vorliegenden That-sachen gelangt war, hat mein gelehrter Gegner (diese Ann. Bd. LXII S. 1) durch eine neue Argumentation angefochten, welcher ich einige Bemerkungen entgegenzustellen habe, wobei ich mich, wie billig, an das halte, was wesentlich die in Rede stehende Frage betrifft <sup>1)</sup>. Diefs reducirt sich auf folgende Punkte:

a) Ohm folgert aus seiner Theorie, dafs zur Erzeugung eines Tones, dessen Schwingungsmenge *im* ist, nur das eine Glied der Reihe (*A*), welches dieselbe Schwingungsmenge in sich trägt, beitragen kann.

b) Obgleich dieser Satz sich der von mir vertheidigten Ansicht zu widersetzen scheine, so gebraucht ihn doch Ohm *deshalb* nicht gegen dieselbe, weil es möglich sey, dafs die folgenden Glieder der Reihe durch eine *unregelmässige* Folge von Eindrücken den im ersten Gliede enthaltenen Ton verstärken, wofür das Daseyn der Combinationstöne spreche.

c) Wenn auch diese Verstärkung zugestanden werde, so müsse, wie der erste Ton durch alle folgenden Glieder, so auch der zweite durch alle geraden Glieder, der dritte durch das 9<sup>te</sup>, 12<sup>te</sup> . . . Glied u. s. w. verstärkt werden; diefs führe, wenn man es sich als möglich denken wolle, dahin, dafs die Reihe (*A*) aufser dem ersten Tone auch alle folgenden eben so stark oder noch stärker hören lassen würde, wodurch sich die Annahme der weiteren Form von selbst wieder zu nichte mache.

1) Ich unterlasse es deshalb, auf einen Theil von Ohm's erster Abhandlung zurückzukommen, auf welchen dieser Gelehrte selbst kein weiteres Gewicht legt, obgleich ich sonst auch in Betreff der hierauf sich beziehenden Bemerkungen seines letzten Aufsatzes Einiges zu meiner Rechtfertigung zu entgegnen haben würde.

d) Da aber die Thatsache, daß der erste Ton durch die höheren Glieder der Reihe ( $A$ ) verstärkt wird, von Ohm nicht in Abrede gestellt wird, so macht dieser Gelehrte die Hypothese, daß diese Verstärkung auf einer Täuschung beruhe, welcher unser Gehör dann ausgesetzt sey, wenn ein Hauptton von seinen Beutönen begleitet ist; es werde nämlich von uns unwillkürlich der Hauptton für stärker und die Beutöne für schwächer angesehen, als sie wirklich sind, sey es, daß wir den letzteren gar nicht oder nur theilweise von dem ersteren trennen, oder daß dabei noch andere Momente zu Rathe zu ziehen seyen. Zu Gunsten dieser Annahme berührt Ohm einige Fragen, welche sich dadurch erklären lassen würden, so wie den Versuch eines Freundes, welcher in der That an der Violine die Schwächung eines höheren Tones durch das Hinzunehmen seiner Unter-octave und die Verstärkung des letzteren Tones durch den ersteren wahrnahm.

Ich habe zu diesen vier Punkten Folgendes zu bemerken:

*ad a)* Da jener Satz *unter der Voraussetzung der engeren Form* bewiesen ist, so kann derselbe nur den Sinn haben, daß die Reihe ( $A$ ) keine Umformung zuläßt, vermöge welcher aus den übrigen Gliedern, mit Ausnahme des  $i$ ten, ein Glied von der Form

$$a \cos 2\pi(imt + \tau)$$

hervorginge. Dieser Satz ist von Bedeutung *innerhalb* der Annahme der engeren Form, denn aus ihm fließen zum Theil Ohm's nachfolgende Schlüsse; allein er beweist durchaus Nichts gegen die weitere Form, und kann gegen diese nicht nur aus dem von Ohm angeführten Grunde, sondern vorzüglich deshalb nicht gebraucht werden, weil dieß ein logischer Cirkel seyn würde; denn um die Unwirksamkeit der folgenden Glieder zu beweisen, darf man natürlich nicht von der Voraussetzung ausgehen, daß nur ein Glied von der Form des ersten den

in Rede stehenden Ton bilden könne <sup>1)</sup>. Jener Satz kommt also für die Prüfung der weiteren Form nicht, oder doch nur indirect, in sofern er zur Kritik der engeren dient, in Betracht.

*ad b)* Der Ansicht, daß eine nicht ganz regelmäßige Folge von Eindrücken einen (wenn auch minder vollkommenen) Ton erzeugt, bin ich keineswegs entgegen, habe dieß vielmehr früher selbst durch einen meiner Sirenenversuche bestätigt, und finde auch, daß diese Erfahrung sich der oben für den vollkommenen Ton aufgestellten weiteren Definition sehr natürlich anschließt. Wenn aber Ohm einer solchen minder regelmäßigen

1) Da ich keine Neigung fühle, einem so ausgezeichneten Gelehrten einen solchen fehlerhaften Schluss, oder auch nur die Tendenz zu demselben zuzutrauen, so vermüthe ich, daß Ohm mich in Betreff des Antheils, den ich den folgenden Gliedern zuschreibe, mißverstanden habe. Wenn ich geglaubt hätte, daß aus diesen ein Glied von der Form des ersten resultiren könne, so würde ich mich ja damit eben *für* die engere Form erklärt haben. Sollte vielleicht eine beiläufige Bemerkung (Bd. LX S. 480), mit welcher ich mir selbst einen möglichen Einwand zu Gunsten der von mir bestrittenen Ansicht erhob, zu einem solchen Mißverständniß Veranlassung gegeben haben, so wird sich dasselbe wohl durch eine genauere Beachtung jener Stelle erledigen, und hoffentlich die gegenwärtige Darstellung meine Ansicht noch weniger zweifelhaft lassen. — Wenn ich geneigt wäre eine *petitio principii* zu urgiren, wie mein geschätzter Gegner mir zutraut (s. die Anmerkung Bd. LXII S. 12), so hätte ich dazu wohl in der exceptionellen Behandlung seines ersten Aufsatzes wenigstens eben so viel Grund finden können, als in der deshalb von ihm vermiedenen allgemeinen, da der exceptionelle Fall eben auch ein solches Glied, wie er es brauchte, enthielt, und überdieß gerade dieser besondere Fall gewiß der Wirklichkeit nicht entspricht. Demnach hätte ich immer sagen können, solche Glieder, wie ich sie zur Erklärung des Tones brauche, sind gewiß vorhanden, ob aber gerade jenes eine da sey, welches Ohm gebraucht, ist noch zweifelhaft. Allein, da es auch mir, wie meinem geehrten Gegner, nicht um den Widerspruch, sondern darum zu thun ist, eine wichtige Frage an der Hand der Erfahrung vorurtheilsfrei zu prüfen, so habe ich nur solche Zweifel geltend gemacht, welche ich in der Vergleichung der Rechnung mit den Beobachtungen positiv begründet fand.

Folge von Eindrücken die Möglichkeit zuschreibt, einen Ton zu bilden, so giebt er damit bereits eine Ausnahme von seiner Definition zu, und erkennt an, daß dieselbe zu enge ist, und ich sehe keinen Grund, warum man sich der Annahme der weiteren Form mehr widersetzen soll, als dem hier von ihm gebrauchten Auskunftsmittel.

*ad c)* Gegen die Bemerkung, daß die Verstärkung durch die folgenden Glieder sich, wie auf den ersten, eben so auf den zweiten, dritten und alle folgenden Töne erstrecken müßte, habe ich Folgendes zu erinnern. Erstens kann diese Behauptung nicht so allgemein hingestellt werden, sondern ihr liegt schon eine beschränkende Annahme über die Werthe der einzelnen  $a$  zum Grunde, und es lassen sich andere Annahmen machen, wo das Gegentheil stattfinden würde. Man denke sich z. B., daß in der Reihe ( $A$ )  $a_4, a_6, a_8, a_9$  und alle Glieder, welche nicht Primzahlen entsprechen, Null werden, so bleiben lauter Glieder übrig, die in ihrer Gesamtheit von derselben Periode sind, wie das erste, und daher nach der von mir vertheidigten Ansicht geeignet sind, den durch die Periode des ersten Gliedes bezeichneten Ton beträchtlich zu verstärken; allein es ist kein Glied vorhanden, das eine Verstärkung für den Ton des zweiten, dritten ... Gliedes bedingen könnte. Ein ähnliches Verhältniß, wie das, welches ich an diesem extremen Falle erläutere, muß mehr oder weniger auch bei vielen anderen Annahmen eintreten. — Allein auch abgesehen hievon, finde ich in jenem Einwurfe keine Schwierigkeit gegen die Annahme der weiteren Form. Denn es ist wohl einleuchtend, daß, sobald die sämtlichen Glieder der Reihe ( $A$ ) durch die ihnen gemeinsame Periode an dem in dieser Periode enthaltenen Tone einen Antheil haben, ein entsprechender Theil ihrer Mitwirkung verloren gehen muß für die den Theilperioden (dem zweiten, dritten ... Gliede) entsprechenden Töne. Wenn z. B. die geraden Glieder allein, ohne die ungeraden,

vorhanden sind, so werden sie den Ton  $2m$  in einer gewissen Stärke geben; treten aber die ungeraden hinzu, so können jene jetzt den vorigen Ton nicht mehr in der vorigen Stärke geben, im Fall sie jetzt zugleich mit den letzteren für den Ton  $m$  in Anspruch genommen sind. Man wird zugeben, daß diese Ansicht aus der Annahme der weiteren Form von selbst herfließt. Sollte man aber etwas Künstliches oder gar etwas »Geisterhaftes« darin finden, daß dasselbe Glied der Reihe (A) einmal so und einmal wieder anders wirkt, so erwäge man, daß die anscheinende Künstlichkeit wohl nur darin liegt, daß wir eine an sich vielleicht nach sehr einfachen Gesetzen normirte periodische Bewegung in eine Sinusreihe aufgelöst haben, und daß ja bei den Combinationstönen ein gleiches Verhältniß eintreten muß, wie einer unserer ersten Akustiker mit Recht bemerkt <sup>1)</sup>. — Endlich aber könnte jener Einwurf (c) eben so gut, oder vielmehr eben so wenig gegen Ohm's Hypothese geltend gemacht werden, zu welcher ich jetzt übergehe.

*ad d)* Indem Ohm zugiebt, daß der im ersten Gliede der Reihe (A) enthaltene Ton durch die folgenden Glieder verstärkt wird, ist er in der Hauptsache, im Thatsächlichen mit mir einverstanden, und es handelt sich jetzt noch um die Auslegung dieser Thatsache. Ich sage: Unser Ohr empfindet den Eindruck einer periodischen Bewegung als Ton; alle Glieder, welche an dieser Periode Theil nehmen, können (wenigstens unter

1) „Es sey (schrieb mir Hr. Prof. W. Weber vor mehreren Monaten) eine Wellenscala gegeben, welche sich durch

$$a \sin 2\pi(imt+p) + a \sin 2\pi((i+1)mt+q)$$

darstellen lasse. Nach der Ohm'schen Definition kann und muß hier stets der Ton  $im$  mit der Stärke  $(aim)^2$  und der Ton  $(i+1)m$  mit der Stärke  $(a(i+1)m)^2$  gehört werden. Müssen nun aber diese Töne mit dieser Stärke gehört werden, so scheint mir für einen dritten gar nichts übrig zu bleiben. Mir scheint die Erscheinung des Combinationstones nur auf Kosten jener beiden Töne möglich zu seyn.“

geeigneten Umständen) zur Stärke des Tones beitragen. Ohm sagt: Nur *ein* Glied bildet eigentlich den Hauptton, aber unser Ohr täuscht sich, indem es seine Beitöne mit zu ihm herüberzieht, und ihn selbst dadurch für stärker hält. Allein ich entgegne: Wodurch kann über die Frage, was zu einem Tone gehöre, entschieden werden, als eben durch das Ohr? Auf jede andere Weise erkennen wir nur Bewegung; das Ohr allein empfindet diese Bewegung als Ton, und was dasselbe stets zum Tone zieht, das gehört auch wirklich zu demselben, so wie das nicht Ton ist, was nicht als solcher empfunden wird. — Und was folgt aus dem von Ohm angeführten Versuche eines Freundes Anderes, als eine Bestätigung der von mir behaupteten Thatsache, daß der Hauptton durch die höheren Glieder der Reihe verstärkt werden kann, während dann natürlich der höhere Ton, den diese Glieder vorher erkennen ließen, eine entsprechende Schwächung erleiden muß<sup>1)</sup>. Dieser Versuch kann daher eben so gut für meine Auffassung, als für Ohm's Vermuthung geltend gemacht werden. Mit der Wirkung der Mixtur verhält es sich ganz eben so, und die Frage, wie es komme, daß wir an unseren Instrumenten die Beitöne so wenig bemerken, habe ich mir längst zu Gunsten meiner Ansicht beantwortet. An einer schwingenden Saite ist im Allgemeinen Nichts bestimmt, als jene Hauptperiode, welcher sich alle Glieder der Reihe (*A*) anschließen, und die einfachste Form, welche Taylor voraussetzte, kommt gewiß, streng genommen, nie, und in der Regel kaum angenähert vor; will man sich davon durch den Augenschein überzeugen,

1) Der Erfolg dieses Versuchs scheint übrigens, wie zu erwarten war, nicht unter allen Umständen gleich zu seyn; ich habe bei einigen Versuchen mit Saiten und Orgelpfeifen weder jene Verstärkung des tieferen, noch eine Schwächung des höheren Tones mit einiger Deutlichkeit bemerken können, indem ich immer beide Töne noch zu kenntlich unterschied.

so braucht man nur mit dem Mikroskope die Figuren zu betrachten, welche ein Punkt der Saite beim Schwingen beschreibt. Bei den Blasinstrumenten ist der Fall fast eben so. Dennoch hören wir in der Regel sehr wenig von den Beutönen. Sollte dies von einer bloßen Täuschung herrühren, so würde wohl die Wirkung unserer Musik in den meisten Fällen auf dieser Täuschung beruhen müssen. — Die beiden Fragen, warum das minder geübte Ohr die Beutöne leichter überhört, und warum sich ein falscher Ton im Concert so laut ankündigt, scheinen mir, in Ohm's Sinne beantwortet, auf eine eigene Schwierigkeit zu führen. Denn wenn das geübte Ohr an sich schon die Beutöne mehr vom Haupttone trennt, so sollte man meinen, es müßte von einem falschen Tone, d. h. von einem, der sich nicht herüberziehen läßt, eher weniger beleidigt werden, als das ungeübte. In der That aber sind gewiß diese beiden Wahrnehmungen mehr aus einem physischen, die erstere vielleicht aus einem physiologischen Grunde zu erklären. — Was aber besonders die Sirene betrifft, so wiederhole ich, daß, wenn auch bei gleich abstehenden Löchern Beutöne gehört werden können, diese stets nur *äußerst* schwach sind, obgleich sich andererseits aus den Versuchen, wenn sie im Sinne der engeren Annahme ausgelegt werden, ergibt, daß die bezüglichen Factoren  $a_2$ ,  $a_3$  keineswegs klein sind. Die Annahme einer Gehörstäuschung müßte dem zufolge so weit ausgedehnt werden, daß selbst ziemlich starke Beutöne nicht oder kaum als solche gehört werden können, sondern vom Ohre zum Grundtone gezogen werden <sup>1)</sup>, ein Satz, dem, in dieser Ausdehnung genommen, wohl die Erfahrung jedes einigermaßen musikalischen Ohres widersprechen dürfte.

Indessen, wenn ich auch zuzugeben hätte, daß die erwähnten Erscheinungen sich durch Ohm's Annahme

1) Ich werde diesen Gegenstand in der gleich nachfolgenden Abhandlung weiter ausführen.

einer Gehörstäuschung vielleicht eben so gut erklären lassen, als durch die Annahme der weiteren Definition des Tones, so würde ich doch für die letztere nunmehr den Vorzug gröfserer Einfachheit geltend machen können. Denn Ohm hat bereits drei Annahmen, nämlich 1) ein Ton  $m$  wird in der Regel gebildet durch ein Glied von der Form  $a \cos 2\pi(mt + \tau)$ ; er kann aber auch durch eine unregelmäßige Folge von Eindrücken gebildet werden; 3) er wird vermöge einer Gehörstäuschung durch alle Glieder von der Form

$$a_i \cos 2\pi(imt + \tau_i)$$

verstärkt. Durch die weitere Form wird hingegen Alles mit *einem* Schlage abgemacht.

Und was steht denn der Annahme der weiteren Form entgegen? Nach Ohm's Meinung der Grundsatz »des Weisesten aller Naturforscher,« dafs zur Erklärung einer Naturbegebenheit keine anderen Ursachen anzunehmen seyen, als welche nothwendig und hinreichend sind. Ich bestreite diesen Grundsatz so wenig, dafs ich vielmehr denselben in dieser Frage nur consequenter als mein geehrter Gegner festgehalten zu haben glaube, denn ich habe mich gegen die Annahme der engeren Form aus keinem anderen Grunde erklärt, als eben weil sich mir aus der angestellten Prüfung ergab, dafs sie *weder nothwendig noch hinreichend* ist. Diefs noch mehr in's Licht zu setzen, mögen die folgenden Bemerkungen dienen, wobei ich auf ein Paar früher nur kurz angedeutete Punkte zurückzukommen habe. Ich Frage also:

1) *Ist die Annahme der engeren Form nothwendig?* — Es ist wahr, dafs man in gewissen Fällen der Tonerzeugung — wozu jedoch weder Luft- und andere longitudinale Schwingungen, noch die der Saiten zu rechnen sind — unter der Annahme unendlich kleiner Schwingungen und bei Ausschluss aller Hindernisse auf die Schwingungsform  $a \cos 2\pi(mt + \tau)$  geführt wird, dafs demnach diese Form zwar wohl nicht genau, aber doch

angenähert in der Wirklichkeit so vorkommt, daß die Glieder mit  $2m$ ,  $3m$  . . . fehlen. Ich ziehe daher nicht in Zweifel, daß durch jenes Glied die Empfindung des Tones  $m$  wirklich erregt wird <sup>1)</sup>. Allein daraus folgt immer nur, daß ein Ton von jener Form seyn *kann*, aber nicht, daß *jeder* Ton derselben genügen *mufs*. Warum sollten z. B. Wellen von der Form wie Fig. 3 bis 6, S. 354, nicht vielleicht eben so gut, und frei von Beitönen, denselben Ton geben, wie die erste Form. Mir ist kein Grund bekannt, der das Gegentheil bewiese, und so lange nicht gezeigt ist, daß bei jeder mit der engeren Definition (Fig. 1 S. 354) nicht übereinstimmenden Wellenform Beitöne vorhanden sind, kann ich nicht anerkennen, daß die Annahme dieser engeren Form nothwendig sey.

2) *Ist die Annahme der engeren Form hinreichend*, um die auf dem Gebiete des Tones vorliegenden Erfahrungen zu erklären? Wäre sie es, so würde man sie für sehr wahrscheinlich zu halten haben, und dieß allein ist es, meines Dafürhaltens, was Ohm zu zeigen gesucht hat. Allein die engere Form wurde von mir nicht hinreichend gefunden 1) zur Erklärung einiger Erfahrungen an der Sirene. Gegen diesen Einwurf hat Ohm die bereits besprochene Hypothese einer Gehörstäuschung aufgestellt. 2) Ich halte die engere Form nicht für hinreichend, weil sie, wie ich's diese Ann. Bd. LIII S. 435 und Bd. LX S. 480 erinnerte, keine Verschiedenheit des *Klanges* zuläßt. Denn in dem Werthe  $a \cos 2\pi(mt + \tau)$  bestimmt  $m$  die Höhe,  $a$  die Stärke des Tones und  $\tau$  ist offenbar für die Beschaffenheit desselben von keiner Bedeutung, also bleibt Nichts übrig, was eine Verschiedenheit des Klanges begründen könnte. Man müßte also, bei jener Annahme, alle diese Verschiedenheiten entwe-

1) Andere Akustiker, namentlich Pellisov und Cagniard-Latour würden übrigens, wenn ich nicht irre, wohl nicht einmal dieß zugeben.

der der Beimischung von Geräuschen oder dem unvermerkten Mitklingen von Beitönen, kurz solchen Eindrücken, die nicht mit zum Tone selbst gehören, zuschreiben, was gewiss nicht für alle jene Unterschiede, namentlich für die der Vocale, ausreichend ist. Diefs führt darauf, dafs zur Erklärung der Klangverschiedenheit noch eine veränderliche Gröfse, etwa ein Factor  $\varphi(t)$ , in den Ausdruck der engeren Schwingungsform aufzunehmen ist. Ist dieser Factor periodisch, und ist seine Periode der von  $a \cos 2\pi mt$  gleich oder ein aliquoter Theil davon, so würde diefs nichts anderes geben, als eben die weitere Form. Sollte aber jener Factor eine andere, längere oder gar incommensurable Periode haben können, so würde daraus folgen, dafs selbst die weitere Definition noch zu enge ist; ein Fall, dessen Möglichkeit ich für jetzt weder behaupten noch bestreiten will. — Hieran knüpft sich 3) noch ein Bedenken gegen die engere Form, denn diese drückt nur einen Ton von constanter Stärke aus, und läfst ein Anschwellen oder Verhallen nicht zu. Mir scheint dieser Einwurf, welchen Hr. Prof. W. Weber brieflich gegen mich berührt hat, eben so einfach als treffend, denn man wird zugeben müssen, dafs, um die veränderliche Stärke des Tones darzustellen, der constante Factor  $a$  durch einen veränderlichen ersetzt werden mufs; sobald diefs aber der Fall ist, ist auch die engere Form wesentlich aufgehoben, und findet höchstens noch angenähert statt. Obgleich das so einleuchtend ist, dafs es einer weiteren Erläuterung nicht bedarf, will ich doch noch einen Augenblick bei den Folgerungen verweilen, zu welchen ein consequentes Festhalten der engeren Definition in dieser Beziehung führen würde. Man denke sich also einen Ton, dessen Stärke periodisch, wenn auch langsam, zu- und wieder abnimmt (oder auch nur eine Zeit lang mit veränderlicher Stärke wirkt), so tritt statt  $a$  ein veränderlicher Factor ein, welcher

$$= a_0 + a_1 \cos 2\pi(nt + \theta_1) + a_2 \cos 2\pi(nt + \theta_2) + \dots$$

gesetzt werden kann, wo  $\frac{1}{n}$  die Periode der Zu- und Abnahme ausdrückt, und  $n$  sehr viel kleiner als  $m$  ist, wenn diese Zu- und Abnahme als solche erkennbar seyn soll. Die Bewegung wird also vorgestellt durch <sup>1)</sup>:

$$a_0 \cos 2\pi mt + a_1 \cos 2\pi(nt + \theta_1) \cos 2\pi mt \\ + a_2 \cos 2\pi(2nt + \theta_2) \cos 2\pi mt + \dots$$

Dafür kann man schreiben:

$$a_2 \cos 2\pi mt + \frac{1}{2} a_1 \cos 2\pi\{(m+n)t + \theta_1\} + \frac{1}{2} a_1 \cos 2\pi\{(m-n)t - \theta_1\} \\ + \frac{1}{2} a_2 \cos 2\pi\{(m+2n)t + \theta_2\} + \frac{1}{2} a_2 \cos 2\pi\{(m-2n)t - \theta_2\} + \text{etc.}$$

Dies würde nach Ohm's Definition das Zusammenklingen der Töne  $m$ ,  $m+n$ ,  $m-n$ ,  $m+2n$ ,  $m-2n$ ,  $m+3n$ ,  $m-3n$  etc. geben, lauter Töne von wenig verschiedener Höhe, die uns statt eines reinen Schwellen und Nachlassen der Tonstärke die entsetzlichste Dissonanz geben würden. Wenn man mir entgegen sollte, daß diese Bemerkung eben so gegen die weitere Form gerichtet werden könne, so beachte man, daß damit nur eingeräumt werden würde, es sey diese nicht, wie Ohm glaubt, zu weit, sondern von dieser Seite noch nicht weit genug, womit ich vollkommen einverstanden bin; denn die Reihe ( $A$ ) kann, wenn man  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2 \dots$  constant nimmt, den Ton  $m$  auch nur darstellen, sofern seine Stärke sich nicht ändert. Deswegen habe ich auch (Bd. LX S. 453) definirt: ein Ton entsteht durch periodische Wiederkehr eines gleichen *oder ähnlichen* Bewegungszustandes, und konnte nur, da ich bloß Töne von constanter Stärke zu besprechen hatte, den veränderlichen Factor, mit welchem die Reihe ( $A$ ) noch multiplicirt werden kann, vernachlässigen. Dagegen wird die engere Definition wesentlich modificirt, wenn  $a$  veränderlich gedacht wird, und kann, wenn für diese Veränderlichkeit des  $a$  keine Gränze vorgezeichnet wird, ge-

1) Ich habe der Einfachheit wegen  $r=0$  genommen.

radezu in die weitere übergehen. — Erinnert man sich endlich, daß 4) wie vorhin erwähnt wurde, die Form  $a \cos 2\pi(mt + \tau)$  zur Erklärung der Combinationstöne nach Ohm's eigener Ansicht durch eine unregelmäßige Folge von Eindrücken ersetzt werden muß, so wird man schwerlich in Abrede stellen, daß diese Form nicht hinreichend ist.

Hat sich nun ergeben, daß die engere Form nicht nothwendig und aus verschiedenen Gründen nicht einmal hinreichend ist, so führt eben der von Ohm wiederholt geltend gemachte Grundsatz auf die Annahme der weiteren Form. Daß an diese Annahme, weil sie weniger bestimmt, und, wie ich wiederholt erinnere, wirklich noch zu weit ist, sich neue Fragen knüpfen, oder wie Ohm sich ausdrückt, daß dieselbe in ein neues Labyrinth zu führen scheint, kann kein Grund seyn, uns derselben zu entziehen; denn wir müssen es uns schon gefallen lassen, daß die Natur uns häufig mit der Antwort auf eine Frage neue Räthsel zu entziffern aufgibt. Im vorliegenden Falle würde allerdings die engere Form ein bestimmteres Anhalten geben, als die weitere, und ich gestehe, daß ich selbst, da ich Ohm's erste Abhandlung über diesen Gegenstand las, den Wunsch hegte, seine Ansicht bestätigt zu finden. Danach wird mit dem Aufgeben der engeren Form nicht etwa der Akustik eine Stütze für anscheinend wohl begründete Erklärungen entzogen; denn man wird auf dem ganzen Gebiete dieser Wissenschaft nur selten, und wo es geschehen ist, wohl mehr nur der Einfachheit wegen, von jener Annahme Gebrauch gemacht finden, und ich vermuthe sogar, daß Ohm's Erklärung der Combinationstöne, welche wir hoffentlich bald zu erwarten haben, nicht wesentlich darunter leiden wird.

Der Stand der Sache ist, nach meiner Ansicht, noch immer dieser: die engere Form, welche Ohm vertheidigt, erweist sich der Erfahrung gegenüber als zu be-

schränkt; die weitere Definition hingegen, welche das Wesen des Tones in die periodische Wiederkehr eines gleichen oder ähnlichen Bewegungszustandes setzt, scheint den bekannten Erfahrungen zu genügen. Wie die Bewegung beschaffen seyn müsse, damit der Ton einfach (frei von Beitönen) sey, ist uns noch unbekannt, und es bildet das Letztere, meines Erachtens, die nächste und wichtigste Frage, welche sich an diese Discussion knüpft.

---

II. *Ueber die Erzeugung von Tönen durch getrennte Eindrücke, mit Beziehung auf die Definition des Tones; von A. Seebeck.*

---

Um die im vorhergehenden Aufsätze behandelte Grundfrage der Akustik noch vollständiger zu beleuchten, werde ich die Theorie der Tonerzeugung durch getrennte Eindrücke an dem Beispiele der Sirene ganz allgemein ausführen. Ich schlage dabei denselben Weg ein, wie Ohm (diese Ann. Bd. LIX S. 513), indem ich jedoch die Beschaffenheit der einzelnen Eindrücke ganz unbestimmt lasse. Ungeachtet dieser Unbestimmtheit ist es möglich zu einigen Resultaten zu gelangen, welche mir für jene Frage ziemlich entscheidend zu seyn scheinen.

Die Sirene sey einfach, d. h. sie enthalte eine Anzahl gleich abstehender Löcher, welche mit einer Röhre angeblasen werden. Es ist hinreichend diesen Fall zu betrachten, da die Wirkung ungleich abstehender Eindrücke sehr leicht auf die in diesen Annalen, Bd. LX S. 461, von mir angegebene Art daraus hergeleitet werden kann.

Bei der einfachen Sirene wird der Luft eine periodische Bewegung mitgetheilt. Es sey  $\varrho$  die dadurch erzeugte