

# Annalen der Physik (Leipzig)

Spindler, Paul (de Chemnitz). Annalen der Physik (Leipzig). 1841.

**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 LIII.**



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

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

DREI UND FUNFZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT NEUN UND ZWANZIGSTER.

---

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

---

LEIPZIG, 1841.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



**I n h a l t**  
des Bandes LIII der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

	Seite
I. Ueber die Schlagweite der elektrischen Batterie; von Peter Riels. . . . .	1
II. Ueber galvanische Ströme unter gewissen besonderen Verhältnissen und über sogenannte secundäre Ströme; von C. H. Pfaff. . . . .	20
III. Noch Einiges über den Uebergangswiderstand; von P. O. C. Vorsselman de Heer. . . . .	31
Bemerkung zu diesem Aufsatz; vom Herausgeber. . . . .	44
IV. Ueber das Diffusionsvermögen diathermaner Substanzen; von M. Melloni. . . . .	47
V. Untersuchung über die spezifische Wärme einfacher und zusammengesetzter Körper; von V. Regnault. (Zweite Abhandlung.) . . . . .	61
Legirungen, S. 67. — Oxyde, S. 69. — Schwefelmetalle, S. 74. — Chlor-, Brom-, Jod-, Fluormetalle, S. 77. — Sauerstoffsalze, S. 81. — Tafel über die spezifische Wärme zusammengesetzter Körper, S. 88.	
VI. Ueber die chemische Verwandtschaftskraft; von E. Mitscherlich. . . . .	95
VII. Ueber die Quecksilberoxydulsalze; von H. Rose. . . . .	117
VIII. Bemerkungen über das sogenannte schlackige Magneteisen aus dem Basalt von Unkel; von C. Rammelsberg. . . . .	129
IX. Ueber die Zusammensetzung des Chondrodits; von Demselben. . . . .	130
X. Ueber eine neue Varietät von Arragonit; von W. Haidinger. . . . .	139
XI. Ueber eine neue Localität von Gay-Lussit-Pseudomorphosen; von Demselben. . . . .	142
XII. Beiträge zur genaueren Kenntnifs schon bestimmter Mineralien; von A. Breithaupt. . . . .	145
XIII. Ueber das krystallisirte Gold; von Avdeëff. . . . .	153

505.3

A614

646983

	Seite
XIV. Ueber das Antimonoxyd; von A. Rose. . . . .	161
XV. Niederfall eines Meteorsteins; von C. G. Weiman. . .	172
XVI. Ueber die Depression des todten Meeres und des ganzen Jordanthals, vom See Tiberia bis zum Waddi el Chor; von J. Russegger. . . . .	179
XVII. Barometrische Höhenmessungen in dem Tatra-Gebirge i. J. 1838 angestellt; von Zeuschner. . . . .	195
XVIII. Beobachtungen an überzähligen Regenbogen; von Miller.	214
XIX. Notizen. — 1) Hebungen auf Mauritius, S. 215. — 2) Mittlere Meerestemperatur am Aequator, S. 216. — 3) Mittlere Temperatur im Golf von Mexico, S. 217. — 4) Gewitter im Golf von Mexico, S. 218. — 5) Die Me- sas von Venezuela, S. 218. — 6) Schneegränze in Vene- zuela, S. 220. — 7) Höhen im Gebirgssystem von Parime, S. 221. — 8) Feuersbrunst durch eine Feuerkugel, S. 221. — 9) Bild einer Stadt auf eine Wolke projecirt, S. 222. — 10) Regenbogen, vom Licht einer Wolke erzeugt, S. 223. — 11) Regen und Schnee ohne Wolken, S. 224. — 12) Schlammregen, S. 224. — 13) Detonirende Feuerku- geln, S. 224.	

#### Zweites Stück.

I. Versuch, die Beziehung zwischen der Spannung und der Temperatur des Wasserdampfs auf theoretischem Wege zu bestimmen; vom Baron F. v. Wrede. . . . .	225
II. Ueber die Formeln zur Berechnung des Dampfvolums un- ter verschiedenem Druck; von de Pambour. . . . .	234
III. Untersuchung über die specifische Wärme einfacher und zusammengesetzter Körper (Zweite Abhandlung); von V. Regnault. (Schluß.) . . . . .	243
IV. Ueber die Ursache der Unterschiede zwischen den Ab- sorptionskräften polirter und gefurchter Metallplatten, und deren Anwendung auf die Vervollkommnung der Reflectoren für Wärme; von M. Melloni. . . . .	268

	Seite
V. Mittel zur Verstärkung der Wirkung gewöhnlicher Volta'scher Säulen. . . . .	276
VI. Zur Galvanometrie; von F. C. Henrici. . . . .	277
VII. Ueber galvanische Ströme unter gewissen besonderen Verhältnissen und über sogenannte secundäre Ströme; von C. H. Pfaff. . . . .	294
VIII. Ein Experimentum crucis für die Richtigkeit der Contacttheorie der galvanischen Kette, und für die ökonomische Anwendbarkeit der Kette als bewegendes Princip durch Elektromagnetismus; von Demselben. . . . .	303
IX. Versuche über den Einfluß der Eisenmasse der Elektromagnete auf die Stärke des Magnetismus bei gleicher Stärke des elektrischen Stroms; von Demselben. . . . .	309
X. Notiz über die Elektrizität der gespannten Wasserdämpfe; von Demselben. . . . .	313
XI. Siebenzehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität; von Michael Faraday. . . . .	316
Ueber die Quelle der Kraft in der Volta'schen Säule, S. 316. (Fortsetzung) — IV. Einfluß der Temperatur auf die erregende chemische Kraft, S. 316.	
XII. Ueber die Bemerkungen des Hrn. Becquerel in Betreff meiner vergleichenden Messung der Wirkung einer Kupfer-Zink- und einer Platin-Zink-Kette; von M. H. Jacobi. . . . .	336
Zusatz vom Herausgeber. . . . .	343
XIII. Ueber Blendungsbilder; von K. W. Knochenhauer. . . . .	346
XIV. Ueber das verschiedene Verhalten der verschiedenen Mischungen aus Alkohol und Wasser in Bezug auf Dichtigkeit; von H. Kopp. . . . .	356
XV. Ueber einige Elektro-Nitroguete; von R. Grove. . . . .	363
XVI. Bemerkungen über einige Harze; von H. Rose. . . . .	365
XVII. Resultate der Prüfung des Kupferschiefers, so wie mehrer damit vorkommenden metallischen Mineralien auf Vanadin; von C. Kersten. . . . .	385
XVIII. Notiz über einen in Brauneisenstein und Bitumen umgewandelten Menschenschädel; von Demselben. . . . .	387

	Seite
<b>XIX. Untersuchungen über die wahrhafte Zusammensetzung der Atmosphäre; von Dumas und Boussingault. . .</b>	<b>391</b>
Zusatz. . . . .	404
<b>XX. Temperaturbeobachtungen, angestellt in Bohrlöchern, auf Salinen des Preussischen Staats: . . . . .</b>	<b>408</b>
<b>XXI. Meteorsteinfall, am 12. Juni 1841, unweit Château-Renard, in Frankreich. . . . .</b>	<b>411</b>
<b>XXII. Nachtrag zum Grünberger Meteorsteinfall. . . . .</b>	<b>416</b>

### Drittes Stück.

<b>I. Ueber einige Bedingungen der Entstehung von Tönen; von A. Seebeck. . . . .</b>	<b>417</b>
<b>II. Ueber die Volta'schen Ketten mit zwei einander berührenden Flüssigkeiten; von J. C. Poggendorff. . . . .</b>	<b>436</b>
<b>III. Ueber Isomorphismus analoger Verbindungen ohne Isomorphismus der entsprechenden Bestandtheile; von H. Kopp. . . . .</b>	<b>446</b>
<b>IV. Ueber die theoretische Erklärung einer scheinbar neuen Polarität des Lichts; von G. B. Airy. . . . .</b>	<b>459</b>
<b>V. Siebzehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität; von Michael Faraday. (Fortsetzung.) . . . . .</b>	<b>479</b>
V. Einwirkung der Verdünnung auf die erregende chemische Kraft, S. 479. — VI. Verschiedenheiten in der Ordnung der metallischen Elemente Volta'scher Ketten, S. 495.	
<b>VI. Thermochemische Untersuchungen; von H. Hefs. . . . .</b>	<b>499</b>

### Viertes Stück.

<b>I. Ueber die schwefelsauren Chromoxydsalze; von A. Schröter. . . . .</b>	<b>513</b>
<b>II. Thermo-chemische Untersuchungen; von H. Hefs. . . . .</b>	<b>535</b>
<b>III. Siebenzehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität; von Michael Faraday. (Schluss.) . . . . .</b>	<b>548</b>
VII. Wirksame Volta'sche Ketten und Batterien ohne	

Metallcontact, 548. — VIII. Betrachtungen über die Hinlänglichkeit der chemischen Action, S. 552. — IX. Thermo-elektrische Beweise, S. 561. — X. Un- wahrscheinlichkeit der vorausgesetzten Contactkraft, S. 565. — Zusatz, S. 570.	
IV. Ueber die theoretische Erklärung einer scheinbar neuen Polarität des Lichts; von G. B. Airy. (Schluss.) . . . . .	572
V. Ueber einige, die elektrischen Entladungen begleitende me- chanische Phänomene; von Abria. . . . .	589
VI. Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der strahlenden Wärme; vom Baron F. v. Wrede. . . . .	602
VII. Ueber die Coulomb'sche Drehwage als Elektroskop; von F. Dellmann. . . . .	606
VIII. Ein neues Elektrometer; von J. C. Oersted. . . . .	612
IX. Eine Vorrichtung zur Messung der Capillarität; von Dem- selben. . . . .	614
X. Vervollkommnung des Brunner'schen Aspirators; von O. R. Abendroth. . . . .	617
XI. Ueber Thermo-Elektricität und Krystallgestalt des neutra- len weinsauren Kalis, nebst einigen Bemerkungen; von Hankel. . . . .	620
XII. Ueber die Krystallform des wasserhaltigen Kochsalzes; von Demselben. . . . .	623
XIII. Zerlegung des Torfs; von W. F. Fürsten zu Salm-Horst- mar. . . . .	624
XIV. Galvanische Dendriten; von Gustav Preufs. . . . .	625
XV. Ueber das natürliche kohlen-saure Wismuthoxyd; von A. Breithaupt. . . . .	627
XVI. Krystallform des Greenockits; von Demselben. . . . .	630
XVII. Plakodin, ein neuer Kies; von Demselben. . . . .	631
XVIII. Nachträgliche Bemerkungen über die Zusammensetzung des Humboldtits; von C. Rammelsberg. . . . .	633
XIX. Vulkanische Erscheinungen im südlichen Abessynien. . . . .	636
XX. Beiträge zur Meteorologie; von N. Graeger. . . . .	637

## Nachweis zu den Kupfertafeln.

- Taf. I. — Pfaff. Fig. 1, S. 20. — Vorrsselman de Heer. Fig. 2, S. 35; Fig. 3, S. 42. — Haidinger. Fig. 4 und 5, S. 140; Fig. 6, S. 142. — Majocchi. Fig. 7, im nächsten Heft. — Airy. Fig. 8, S. 572; Fig. 9, S. 572; Fig. 10. *a* und *b*, S. 584.
- Taf. II. Russegger. Fig. 1, S. 183. — Airy. Fig. 2, 3, 4, 5, *a*, *b* und *c*, S. 584 und 585.
- Taf. III. — Henrici. Fig. 1, S. 284; Fig. 2, S. 288. — Dellmann. Fig. 3, S. 607. — Oersted. Fig. 4, S. 612; Fig. 5, S. 614. — Abendroth. Fig. 6, S. 617. — Hankel. Fig. 7, S. 620; Fig. 8, S. 623. — Breithaupt. Fig. 9, S. 630; Fig. 10 und 11, S. 631.

## Berichtigungen

zum Aufsatz des Prof. G. Suckow im Bd. LI.

- Seite 284 Z. 10 von oben sind nach dem Worte Raumerfüllung die Worte einzuschalten: *theils eine Unvollzähligkeit untergeordneter Gestalten.*
- Ebendas. Z. 12 v. ob. l. *betrafen* st. *betroffen.*
- Seite 285 Z. 13 v. ob. l. ( $=\infty O \infty . O$ ) st. ( $=\infty O \infty$ ).
- Ebendas. in der Anmerkung Z. 3 v. u. l. *des* st. *der.*
- Die am Schlusse des Aufsatzes citirte, aber weggelassene Anmerkung lautet: *Auch giebt es Quarzkrystalle aus Graubünden, welche auf diese Weise bizarr gekrümmt sind.*

Zum Aufsatz des Hrn. Russegger in diesem Bande.

- Seite 182 l. *Dschebel el Teltsch* st. *Dschebel el Keltsch.*
- Ebendas. l. *Stückgebirge* st. *Rückgebirge.*
- Seite 185 l. *Dschebel el Tyh* st. *Tyf.*
- Ebendas. *Retime* st. *Repime.*

---

I. *Beobachtungen über einige Bedingungen der Entstehung von Tönen; von A. Seebeck.*

---

Die Sirene von Cagniard-Latour, so wie die Zahnräder und die Stabvorrichtung, deren sich Savart zur Erzeugung sehr hoher und sehr tiefer Töne bediente, sind, wie man weiß, von ihren Erfindern zu verschiedenen interessanten Beobachtungen über die Natur der Töne angewendet worden. Diese Apparate geben gewisse Umstände bei der Erzeugung eines Tones auf eine einfache Weise in die Hand des Beobachters, und können daher zur Beantwortung mancher Fragen in der Akustik benutzt werden, über welche die gewöhnlichen Arten der Tonerzeugung nicht geeignet sind Aufschluss zu geben. Dabei darf allerdings nicht vergessen werden, daß die von jenen Apparaten ausgehenden Wellen nicht ganz von derselben Natur sind, wie die durch stehende Schwingung eines elastischen Körpers erzeugten Wellen zu seyn pflegen, und daß daher die an ihnen erhaltenen Resultate nicht unbedingt auf jede andere Art der Tonerzeugung übertragen werden dürfen, ein Umstand, welcher namentlich bei den meisten der nachfolgenden Beobachtungen nicht außer Acht zu lassen ist.

Der Apparat, dessen ich mich zu diesen Beobachtungen bedient habe, ist eine Sirene, welche zugleich die Stelle eines Zahnrades vertritt. Um aber die Versuche mit wenig Umständen möglichst variiren zu können, habe ich demselben folgende Einrichtung gegeben.

Eine wagerechte Axe wird von einem Gewichte mittelst eines Wellrades und Schnurlaufs in hinreichend schnelle Drehung versetzt; ein Paar Windflügel dienen,

in Verbindung mit der Reibung, diese Bewegung zu reguliren. Die Axe trägt eine starke hölzerne, mit Blei beschwerte runde Scheibe von  $7\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser, an welcher die zum Versuche bestimmten durchlöcherten Scheiben concentrisch befestigt werden. Diese letzteren, zwölf Zoll im Durchmesser haltend, sind von dünner glatter Papp; die Löcher, fast zwei Linien im Durchmesser haltend, sind in einem Abstände von 4 bis  $5\frac{1}{2}$  Zoll vom Mittelpunkt mit einem genauen Kreistransporteur eingetragen und mit dem Locheisen geschlagen; die Anzahl der Löcher ist auf den verschiedenen von mir gebrauchten Scheiben sehr ungleich (von 12 bis 120), doch meistens so gering, daß die Zwischenräume zwischen den Löchern größer sind als ihre Durchmesser. Bei den Versuchen wurde entweder mit einem Glasröhrchen, dessen Mündung etwas enger ist, als die Löcher, ein Luftstrom gegen die in Drehung befindliche Löcherreihe geblasen, wo dann der Ton wie auf der Sirene von Cagniard-Latour entsteht, oder es wurde auch eine aus Kartenblatt geschnittene Spitze so gegen die Scheibe gehalten, daß sie beim Umdrehen in die Löcher einschlagen mußte, wo dann diese Vorrichtung statt eines Savart'schen Zahnrades diente. Die Scheiben machten gewöhnlich 6 bis 12 Umdrehungen in einer Secunde. Dieser Apparat gewährt den Vortheil, daß man mit wenig Aufwand von Zeit und Mitteln die Versuche vielfach variiren und den Löcherscheiben jede beliebige Construction geben kann. Es gewährt in vielen Fällen eine große Hülfe, wenn man auf dieselbe Scheibe concentrisch mehrere Löcherreihen setzt, um ihre Töne unter einander zu vergleichen; das Instrument kann dann als eine Verbindung von mehreren Sirenen angesehen werden.

Die nachstehenden Beobachtungen können in sofern unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt gefaßt werden, als sie sämmtlich die Frage berühren: was entsteht, wenn

auf zwei oder mehreren Sirenen im Einklange gleichzeitig der Ton angegeben wird? Man hört in diesem Falle gewöhnlich denselben Ton, wie von jeder einzeln, nur häufig stärker, es kann aber derselbe auch entweder verschwinden, oder zwar bleiben, aber von andern Tönen begleitet seyn, oder endlich ganz durch einen andern Ton ersetzt werden. Die nachfolgenden Beobachtungen liefern unter I, II und III Belege zu diesen drei Fällen.

I. Interferenz beim Anblasen der Sirene.

1) *Interferenz zweier Unisonotöne.* Man richte gegen eine Löcherreihe der Sirene zwei Röhren von den beiden entgegengesetzten Seiten her, senkrecht gegen die Scheibe, und zwar so, daß wenn die eine sich vor einem Loche befindet, auch die andere sich einem (etwa dem nächsten) Loche gegenüber befindet. Bläst man mit *einer* dieser Röhren gegen die in Umdrehung befindliche Scheibe, so geben sie, jede einzeln, denselben Ton; bläst man aber mit beiden zugleich, so verschwindet der Ton, und man hört nur, oder fast nur, das Sausen, welches das Durchströmen der Luft verursacht, indem sich die beiderlei Luftstöße, ihrer entgegengesetzten Richtung wegen, zwar nicht an dem Orte ihrer Entstehung, wohl aber bei ihrer Fortpflanzung und im Ohre des Beobachters gegenseitig aufheben. Sind die Röhren recht genau zu diesem Zwecke aufgestellt und die beiderlei Luftströme, aus *einer* Windlade durch Röhren gleicher Weite kommend, von gleicher Stärke, so ist der Erfolg dieses Versuches sehr auffallend. Stellt man dagegen die Röhren so auf, daß ihre Stöße nicht gleichzeitig, sondern alternierend erfolgen, so hört man den ursprünglichen Ton, und zwar verstärkt. Man kann den Versuch auch so anstellen, daß man auf einer Scheibe concentrisch zwei Reihen Löcher von gleicher Zahl anbringt, und dann die eine von der einen, die andere von der andern Seite anbläst; treffen die beiden entgegengesetzten Stöße ge-

nau zusammen, so heben sich die beiden Töne auf; alternieren jene, so verstärken sich diese. Man hat in diesem Falle zwei Sirenen, welche, bei dem vollkommenen Isochronismus ihrer Impulse, die beiden Zustände der Aufhebung und Verstärkung getrennt zu beobachten und dauernd festzuhalten gestatten, welche beim unvollkommenen Einklang zweier Töne mit einander abwechseln müssen, und die bekannten Schwebungen zu erzeugen scheinen.

2) *Aufhebung eines Tons durch seine tiefere Octave.*

Wenn man auf eine Scheibe concentrisch zwei Löcherreihen setzt, von denen die eine doppelt so viel Löcher hat, als die andere, so giebt sie die Octave von dem Tone der letzteren, und man hört, wenn beide gleichzeitig angeblasen werden, in der Regel auch beide Töne zugleich. Nur wenn das Anblasen von den beiden entgegengesetzten Seiten her, und zwar so erfolgt, daß jeder Luftstoß des tieferen Tones mit einem des höheren genau zusammentrifft, verschwindet der höhere Ton und man hört den tieferen allein. In diesem Falle heben sich nämlich die sämtlichen Impulse des tieferen gegen die abwechselnden Impulse des höheren auf, und es bleibt nur die andere Hälfte von denen des letzteren übrig, welche nun natürlich die tiefere Octave giebt. Es versteht sich, daß dies nur dann stattfindet, wenn die Impulse in der angegebenen Weise zusammentreffen, und es kommen sogleich wieder beide Töne zum Vorschein, wenn man eine von beiden Röhren gegen einen andern Punkt der dazu gehörenden Löcherreihe richtet. Man kann auf diese Weise leicht, wenn man eine der beiden Röhren abwechselnd in zwei verschiedene Stellungen bringt, den einfachen (tieferen) Ton mit dem Zusammenklingen beider abwechseln lassen, und dadurch das Verschwinden des höheren sehr auffallend machen.

Ogleich diese beiden Versuche nichts enthalten, was nicht vorhergesehen werden konnte, so schien es doch

zur Vervollständigung des Folgenden angemessen ihnen hier eine Stelle zu geben.

II. Erscheinungen bei gestörtem Isochronismus der Impulse.

Ich habe in diesen Annalen, Bd. LI S. 15 gelegentlich die Bemerkung mitgeteilt, daß eine Reihe schnell auf einander folgender Impulse, welche nicht isochronisch zum Ohre gelangen, sondern so, daß die Zwischenzeit zwischen je zweien abwechselnd  $t$  und  $t'$  beträgt, einen Ton geben, als ob die Zwischenzeit  $t+t'$  wäre. In der That ist es dieser Ton, den man unter solchen Umständen jederzeit hört. Ich muß jedoch zur Vervollständigung dieses Satzes hinzufügen, daß man außerdem auch noch einen andern, höheren Ton wahrnehmen kann. Wenn nämlich erstens  $t$  und  $t'$  nicht zu sehr verschieden von einander sind, so hört man zugleich einen Ton von der Schwingungsdauer  $\frac{t+t'}{2}$ , also die höhere Octave des ersteren. Man beobachtet dies sehr leicht, wenn man der Sirene ein System von Löchern mit abwechselnd größeren und kleineren Zwischenräumen giebt, wie das nachstehende

$\dot{a} \dot{b} \quad \dot{a}' \dot{b}' \quad \dot{a}'' \dot{b}'' \quad \dot{a}''' \dot{b}'''$

und dann mit einer Röhre bläst oder mit einem Kartenblatte anschlägt, indem durch die Längen  $ab$ ,  $a'b'$  etc. einerseits und  $ba'$ ,  $b'a''$  etc. andererseits die Zeiten  $t$  und  $t'$  bestimmt werden <sup>1)</sup>. Man hört in diesem Falle 1) einen Ton von der Höhe, als ob nur die eine Hälfte der Löcher, z. B. die Löcher  $a$ ,  $a'$ ,  $a''$  etc., vorhanden

1) Man erreicht dasselbe auch, wenn man eine Reihe von Löchern gleichen Abstandes gleichzeitig und von *einer* Seite her mit zwei Röhren anbläst, deren Abstand von einander kein Vielfaches von dem halben Abstände der Löcher ist, oder endlich durch gleichzeitiges Anblasen zweier solcher Reihen von gleicher Löcherzahl.

wären, und 2) wenn die Räume  $ab$  und  $ba'$  nicht sehr ungleich sind, auch den Ton, als ob die Löcher  $b, b', b''$  etc. auf der Mitte zwischen  $a, a', a''$  etc. ständen. Je geringer der Unterschied der beiderlei Abstände  $ab$  und  $ba'$  ist, desto deutlicher wird der letztere und desto schwächer der erstere. Man sieht dies aus folgenden Beobachtungen.

Ich hatte auf eine Scheibe 60 Löcher gesetzt, deren Abstände abwechselnd  $5^\circ$  und  $7^\circ$  betragen <sup>1)</sup> und an dieser denselben Ton wahrgenommen, wie auf einer andern Reihe derselben Scheibe, welche 30 Löcher, sämtlich in Abständen von je  $12^\circ$  enthielt. Bei einer Wiederholung dieses Versuchs schien es mir, daß der erstere Ton sich von dem letzteren durch eine schwache Beimischung seiner höheren Octave unterschied, was besonders merklich wurde, wenn man beide Reihen unmittelbar nach einander anblies.

Um dies deutlicher wahrzunehmen setzte ich auf eine Scheibe vier Löcherreihen, nämlich 1) 18 Löcher in Abständen von je  $20^\circ$ ; 2) 36 Löcher in Abständen von je  $10^\circ$ ; 3) 36 Löcher, deren Abstände abwechselnd  $9\frac{1}{2}$  und  $10\frac{1}{2}$  Grad betragen, und 4) 36 Löcher abwechselnd  $9^\circ$  und  $11^\circ$  von einander entfernt. Es gab also die zweite Reihe die Octave von dem Tone der ersten; die dritte Reihe aber, so wie die vierte, gab diese beiden Töne zugleich, wobei auf der dritten der höhere, auf der vierten der tiefere mehr hervortrat. Bekanntlich klingen leicht zwei genau um eine Octave verschiedene Töne zusammen fast wie *ein* Ton; allein hier wird das gleichzeitige Vorhandenseyn beider Töne auf jeder der zwei letzten Reihen sogleich sehr auffallend durch den Contrast, wenn man sie einerseits mit dem einfachen tieferen Tone der ersten, und andererseits mit dem höheren der zweiten Reihe vergleicht.

1) Die Abstände sind immer vom Mittelpunkte eines Lochs bis zu dem des nächsten gerechnet.

Eben so giebt eine Reihe von Stößen, deren Zwischenzeiten abwechselnd  $t, t', t'', t, t', t''$  etc. sind, sowohl den Ton von der Schwingungsdauer  $t+t'+t''$ , als auch, wenn die drei Zwischenräume nicht zu ungleich sind, den Ton von der Schwingungsdauer  $\frac{t+t'+t''}{3}$ .

Eine Scheibe mit 36 Löchern, deren Abstände  $9\frac{1}{2}, 10, 10\frac{1}{2}, 9\frac{1}{2}, 10, 10\frac{1}{2}$  etc. Grade betragen, liefs beim Anblasen oder Anschlagen zwei Töne erkennen; der höhere hatte dieselbe Höhe, als ob die Löcherabstände sämmtlich  $10^\circ$  betrügen, der andere schwächere war um eine Duodecime tiefer, also von einer drei Mal gröfseren Schwingungsdauer. Eine andere Reihe, wo die Abstände der Löcher 9, 10, 11, 9, 10, 11 etc. Grad betragen, gab dieselben beiden Töne, aber den tieferen stärker als den höheren.

Läfst man die Abstände zwischen den Löchern in unregelmäßiger Folge wechseln, doch so, dafs sie sich nicht zu sehr von einem Mittelwerthe entfernen, so hört man nur *einen*, mehr oder weniger unvollkommenen Ton, dessen Höhe jenem Mittelwerthe entspricht.

Man sieht aus diesen Versuchen, dafs das Gehörorgan einerseits die Fähigkeit besitzt, ein System von Impulsen, wie die hier beschriebenen (mit Ausnahme des letzten, unregelmäßigen), in zwei oder drei Systeme von isochronen Impulsen zu zerlegen, z. B. das System  $a, b, a', b', a'', b''$  etc. der obigen Figur in die Systeme  $a, a', a''$  etc. und  $b, b', b''$  etc.; dafs es aber andererseits auch durch einen nur einigermaßen angenäherten Isochronismus den Eindruck einer bestimmten Tonhöhe empfängt, wie von vollkommenem Isochronismus. Die Grenzen, bis zu welchen man sich vom Isochronismus entfernen kann, sind weiter, als man vielleicht erwarten möchte, indem z. B. bei dem Verhältnifs 9 : 11 und selbst 5 : 7 noch der dem Mittelwerthe entsprechende Ton gehört wurde, da doch bei ganz regelmäfsi-

gen Schwingungen das Verhältniß der Schwingungsdauer 9 : 11 mehr als eine kleine Terz und 5 : 7 fast eine halbe Octave beträgt.

Bei den vorhergehenden Versuchen konnte ich außer den beiden bezeichneten Tönen keinen weiteren wahrnehmen, und z. B. bei abwechselnder Schwingungsdauer  $t$  und  $t'$  nur die Töne von der Schwingungsdauer  $t+t'$  und  $\frac{t+t'}{2}$  erkennen. Da aber nach einem älteren interessan-

ten Versuche von Savart schon zwei aufeinanderfolgende Impulse einen Ton erkennen lassen, dessen Höhe von der Zwischenzeit der beiden Impulse abhängt, so war es auffallend, daß man nicht zugleich die Töne von der Schwingungsdauer  $t$  oder  $t'$  hörte. In der That wird wenigstens der höhere von beiden bemerkbar, wenn man  $t$  und  $t'$  ungleicher nimmt, als bei den vorhergehenden Versuchen, während alsdann natürlich der Ton  $\frac{t+t'}{2}$

verschwindet. Recht deutlich hatte ich indess jenen der Schwingungsdauer  $t$  entsprechenden Ton nur dann, wenn  $t'$  ein Vielfaches von  $t$  war. Auf einer Scheibe, wo die Löcherabstände abwechselnd  $10^\circ$  und  $20^\circ$  betragen, hatte ich außer dem Tone, wie von  $30^\circ$  Abstand ( $t+t'$ ), auch den Ton wie von  $10^\circ$  auseinanderstehenden Löchern. Eben so hatte ich, da ich die Abstände abwechselnd  $3^\circ$  und  $9^\circ$  machte, die den Entfernungen  $12^\circ$  und  $3^\circ$  entsprechenden Töne, und da jene  $4^\circ$  und  $16^\circ$  betragen, die der 20 und 4 zukommenden Töne.

Wenn  $t'$  zwar größer als  $t$ , aber nicht ein Vielfaches von  $t$  war, so schien mir, neben dem Tone  $t+t'$ , theils ebenfalls der der Schwingungsdauer  $t$  entsprechende Ton vorhanden zu seyn, theils auch wohl ein noch höherer, dem gemeinsamen Maasse von  $t$  und  $t'$  entsprechender Ton schwach mitzuklingen. Doch haben mir die Resultate meiner Beobachtungen hierüber noch einigen Zweifel gelassen.

Wurden die Zwischenzeiten der Impulse abwechselnd  $t, t', t, t', t'$  etc. gemacht, so wurde jederzeit der Ton von der Schwingungsdauer  $t$  gehört,  $t$  mochte kleiner oder gröfser seyn, als  $t'$ .

III. Dürfen die zu einem Tone gehörenden Impulse abwechselnd von verschiedenen Punkten ausgehen?

Savart hat kurze Zeit, ehe ein zu früher Tod seiner ausgezeichneten Thätigkeit ein Ziel gesetzt hat, einige ältere Beobachtungen bekannt gemacht, aus welchen er folgenden Schlufs zieht: die Höhe eines Tones hängt nicht nur ab von der Anzahl isochroner Impulse, welche in einer gegebenen Zeit zu unserem Gehörorgane gelangen, sondern es dürfen auch die Wellen nicht abwechselnd von zwei oder mehreren verschiedenen Punkten ausgehen. (S. dies. Annal. Bd. LI S. 355.) Ich werde jedoch zeigen, dafs ein Theil der Versuche, welche diesem neuen Lehrsatze zum Grunde liegen, mit einem entschieden entgegengesetzten Erfolge angestellt werden kann, und der übrige Theil einer andern Auslegung fähig ist.

Savart setzte nämlich 1) zwei Räder mit einer gleichen Anzahl von Zähnen auf eine gemeinsame Axe, und zwar so, dafs die Zähne des einen den Zahnlücken des andern entsprachen, und hielt während ihrer Umdrehung ein Kartenblatt gegen beide; obgleich hier die Zahl der Impulse offenbar verdoppelt wird, so fand er doch den Ton nicht eine Octave höher, sondern von derselben Höhe, wie wenn eines allein tönte; diefs fand selbst dann statt, wenn beide Räder einander bis zur Berührung genähert waren, und Savart glaubt den Grund davon in keinem andern Umstande suchen zu können, als darin, dafs die Impulse abwechselnd von zwei verschiedenen Punkten ausgehen. Er blies 2) von der Seite her gegen die Zähne des Rades aus zwei Oeffnungen, die um den halben Abstand der Zähne von einander entfernt

waren; auch hier entstand durch diese Verdopplung der Luftstöße nicht die Octave, sondern die Höhe des Tones war dieselbe, wie wenn man das Rad mittelst einer Karte ansprechen liefs, was Savart eben jener Ursache zuschreibt.

Ich muß vermuthen, daß der Apparat, dessen sich dieser ausgezeichnete Physiker bei diesen Versuchen bediente, nicht geeignet war, für den vorliegenden Zweck die erforderliche Genauigkeit zu geben, da ich an meiner Sirene ein ganz anderes Resultat erhalten habe. Ich habe den Versuch ebenfalls mehrfach abgeändert, immer mit gleichem, jenem Satze Savart's widersprechenden Erfolge.

1) Ich nahm eine Scheibe, auf welcher sich nur zwölf Löcher in Abständen von  $30^\circ$  befinden, und blies dieselbe mit zwei Röhren an, welche  $15^\circ$  von einander entfernt waren<sup>1)</sup>; es entstand sogleich die Octave des Tones, welchen jede Röhre einzeln gab, so deutlich, daß darüber nicht der mindeste Zweifel bleiben konnte. Man hört zwar gewöhnlich auch den tieferen Ton schwach mitklingen, wie dies nach den unter II. angeführten Versuchen der Fall seyn muß, wenn der Abstand der Röhren von einander nicht genau dem halben Abstände der Löcher gleich ist, oder auch wenn die beiden Luftstöße nicht ganz gleiche Stärke haben; allein derselbe verschwindet um so mehr, je genauer man in diesen Beziehungen den Versuch macht. Das Resultat ist übrigens selbst bei einer mäßigen Genauigkeit nicht zweifelhaft durch den Contrast, welcher bemerkt wird, wenn man abwechselnd mit einer und mit beiden Röhren bläst. — Da dieser Versuch mit dem zweiten von Savart wesentlich ganz identisch ist, so mag die Verschiedenheit des Erfolgs wohl hauptsächlich daher kommen, daß

1) Die Röhren waren von einer und derselben Seite her gegen die Scheibe gerichtet, wie dies im Folgenden immer, wo nicht das Gegentheil ausdrücklich bemerkt ist, vorausgesetzt werden wird.

es bei dem geringen Abstände der Zähne an Savart's Rädern mehr Schwierigkeit haben muß, den Abstand der beiden Löcher dem halben Abstände der Zähne in hinreichender Genauigkeit gleich zu machen; auch wird die Beobachtung durch den Umstand erschwert, daß die Zähne nicht breiter sind, als ihre Abstände; dennoch würde wahrscheinlich die höhere Octave von Savart nicht ganz unbemerkt geblieben seyn, wenn er den Ton von den zwei Oeffnungen mit dem von *einer* solchen Oeffnung, statt mit dem von einem Kartenblatte verglichen hätte. — Der Erfolg, wie ich ihn hatte, ist nicht nothwendig an jene großen Zwischenräume zwischen den Löchern geknüpft, sondern wird nur hier am leichtesten und vollkommensten erlangt; ich habe selbst auf einer Scheibe von 120 Löchern, deren Zwischenräume ihrem Durchmesser ziemlich gleich sind, beim Anblasen mit zwei dünnen Luftstrahlen durch einiges Probiren die Octave noch hinreichend kenntlich erhalten; nur wird in diesem Falle der Ton aus leicht begreiflichen Gründen schwach.

2) Ganz mit demselben Erfolge habe ich auch die Zahl der Impulse drei Mal größer gemacht, indem ich die zuvor erwähnte Scheibe von zwölf Löchern mit drei Röhren anblies, welche  $10^0$  von einander abstanden. Der Ton war richtig die Duodecime von demjenigen, welcher beim Blasen mit *einer* Röhre entstand.

3) Noch leichter ist die Ausführung des Versuchs in folgender Weise. Ich setzte auf eine Scheibe zwei concentrische Löcherreihen in 4 und 5 Zoll Abstand vom Mittelpunkt, jede mit 36 Löchern, so daß die Abstände der Löcher  $10^0$  betragen; dieselben stehen alternirend, so daß die zu der einen Reihe gehörenden Halbmesser genau in der Mitte zwischen denen der andern liegen. Bläst man nun gegen beide Reihen mit zwei Röhren, deren Mündungen auf einem und demselben Radius liegen, so alterniren die Luftstöße von der einen Röhre

genau mit denen von der andern, und der Ton ist die Octave dessen, welchen *eine* Röhre allein giebt. Obgleich auch hier die Impulse abwechselnd von zwei verschiedenen Punkten, nämlich von den beiden Röhrenmündungen ausgehen, so ist doch die Octave so rein, daß zwischen ihr und dem Tone einer einzelnen Reihe von doppelter Löcherzahl kaum der leiseste Unterschied zu bemerken ist, wenn man diese beiden Töne auf einer und derselben Scheibe erzeugt, und zum Vergleiche unmittelbar mit einander abwechseln läßt.

4) In ähnlicher Weise habe ich mit drei concentrischen Löcherreihen und drei dazu gehörenden Röhren die Zahl der Luftstöße drei Mal größer gemacht, und ebenfalls die Duodecime erhalten.

5) An den beiden letzten Scheiben konnte ich auch den Versuch so anstellen, daß er mit dem ersten Savart'schen Versuche im Wesentlichen übereinstimmt, indem ich nämlich die Löcher, statt mit Röhren anzublasen, mit spitzen Kartenblättern anschlug. Ich schnitt an einem Kartenblatt zwei Spitzen, welche gegen die beiden Löcherreihen der unter 3. erwähnten Scheibe so gehalten wurden, daß sie alternirend in die Löcher einschlugen; auch hier war der Ton um eine Octave höher, als wenn nur *eine* Spitze gegen die eine Reihe gehalten wurde. Eben so erhielt ich mit drei Spitzen an der unter 4. genannten Scheibe die Duodecime. — Daß Savart bei dem so ähnlichen Versuche mit dem von zwei Zahnrädern getroffenen Kartenblatt keinen gleichen Erfolg hatte, weiß ich mir nicht anders zu erklären, als daß an seinem Apparate der erforderliche Isochronismus der alternirenden Impulse nicht zu erreichen war; denn dieser wird gestört werden, nicht nur, wenn die Zähne des einen Rades nicht genau den Zahnlücken des andern entsprechen, sondern auch wenn das Kartenblatt dem einen Rade weiter ausweicht, als dem andern. Es ist zwar, wie man aus den unter II. beschriebenen Beob-

achtungen sieht, ein vollkommener Isochronismus nicht erforderlich; allein diese zeigen auch, daß je unvollkommener derselbe stattfindet, desto mehr der tiefere Ton, welchen Savart allein hörte, hervortritt.

6) Der Abstand zwischen den Punkten, von welchen die Impulse ausgehen, war bei den vorhergehenden Versuchen  $\frac{1}{2}$  bis reichlich 1 Zoll. Es kann aber derselbe beträchtlich größer gemacht werden; selbst wenn sich das Ohr nicht sehr entfernt von der Scheibe befindet. An der unter 3. genannten Scheibe stellte ich die zu den beiden Löcherreihen gehörenden Röhren, statt wie früher auf einem Radius, vielmehr an zwei diametral gegenüberliegenden Punkten auf, beide, wie immer, von einer Seite her senkrecht gegen die Scheibe gerichtet. Der Abstand der beiden Punkte, von denen die abwechselnden Impulse ausgingen, war jetzt 9 Par. Zoll; dessen ungeachtet war auch hier die Octave sehr deutlich zu hören, nicht nur aus einiger Entfernung, sondern selbst, wenn das Ohr den beiden Röhrenmündungen bis auf kaum 6 Zoll — weniger liefs der Apparat nicht zu — genähert wurde, so daß der Winkel, welchen die abwechselnden Schallstrahlen im Ohre mit einander bildeten, mehr als einen rechten betrug. Nur dürfen in diesem Falle die beiden Abstände des Ohrs von den Röhrenmündungen nicht zu ungleich seyn; denn wenn man dasselbe gerade vor eine der beiden Röhrenmündungen bringt, so vernimmt man die Impulse von dieser so überwiegend stark, daß natürlich der tiefere Ton fast allein gehört werden muß. — Eben so erhielt ich an der unter 4. erwähnten Scheibe die Duodecime, wenn ich die drei Röhren an drei Punkten aufstellte, welche um  $100^\circ$  und  $200^\circ$  von einander entfernt waren.

Es ist durch diese Versuche erwiesen, *daß die zu einem Tone gehörenden Impulse abwechselnd von zwei oder drei (und ohne Frage von mehreren) verschiedenen Punkten ausgehen dürfen, wofern sie nur hinrei-*

*chend isochronisch erfolgen; es dürfen sogar die Richtungen, in welchen die abwechselnden Erschütterungen sich zum Ohre fortpflanzen, einen beträchtlichen Winkel mit einander bilden.* Diefs gilt wenigstens dann, wenn die Impulse selbst immer in gleicher (paralleler) Richtung erfolgen, wie diefs bei den vorhergehenden Versuchen stets der Fall war. Ich zweifle nicht, daß Savart bei einer etwas abgeänderten Wiederholung seiner Versuche, die entgegengesetzte Behauptung zurückgenommen haben würde.

Es bleibt mir noch übrig, einige andere Erscheinungen zu besprechen, auf welche sich Savart zur Begründung jenes von mir bestrittenen Satzes beruft.

Es gehört dahin erstlich die Beobachtung von Cagniard-Latour an dem sogenannten musikalischen Hammer, welchen man in diesen Annalen, Bd. LI S. 561, beschrieben findet. Ein Stück Glasröhre erzeugt einen Ton, indem es abwechselnd gegen zwei metallene Pfeiler schlägt, zwischen denen es sehr rasch oscillirt. Die Höhe dieses Tones entspricht nicht der Gesamtzahl der Schläge, sondern der Hälfte derselben, was Savart dem Umstande zuschreibt, daß die Schläge abwechselnd von zwei verschiedenen Punkten, nämlich von den beiden Pfeilern ausgehen. Allein hier tritt offenbar ein anderes Verhältniß ein; denn da die beiden Pfeiler in entgegengesetzter Richtung von der Glasröhre getroffen werden, so müssen auch die dadurch erregten Impulse von entgegengesetzter Richtung seyn, und verhalten sich also wie positive und negative Schwingung, so daß je zwei solche Schläge erst eine ganze Schwingung ausmachen und eine ganze Welle geben. — Es läßt sich diese Wirkung entgegengesetzter Impulse auch an der Sirene nachweisen. Bläst man nämlich eine Löcherreihe, oder zwei concentrische Reihen von gleicher Löcherzahl gleichzeitig mit zwei Röhren von den beiden entgegengesetzten Seiten her so an, wie bei den unter I. beschriebenen Versu-

chen, so behält man dieselbe Tonhöhe, wie von *einer* Röhre; und es wird die Octave auch dann nicht gehört, wenn die beiden Röhren so gestellt werden, daß die entgegengesetzten Luftstöße genau isochronisch alterniren.

Vermuthlich hat es eine ähnliche Bewandnifs mit einem andern, von Savart angestellten Versuche. Dieser fügte nämlich an der bekannten Stabvorrichtung zu der horizontalen Spalte eine zweite verticale hinzu, wodurch die Zahl der Schläge verdoppelt wurde, ohne daß jedoch der Ton auf die Octave stieg. Auch hier haben die beiderlei Stöße nicht gleiche Richtung; denn die Luft strömt durch die horizontale Spalte in senkrechter, durch die verticale in wagerechter Richtung. Man hat also in diesem Falle zwei Systeme von Impulsen, bei denen nicht nur der Ort des Ursprungs, sondern auch die Richtung der Schwingungen verschieden ist, und wenn gleich die letztere nicht, wie beim musikalischen Hammer, entgegengesetzt, sondern nur gegen einander senkrecht sind, so liegt doch wahrscheinlich hierin der Grund, warum sie sich nicht zu dem gemeinsamen Eindrucke *eines* höheren Tones vermischen, sondern wie zwei Unisono-Töne wahrgenommen werden. Man weiß durch eine ausführliche Untersuchung von Savart, daß, wenigstens auf geringe Entfernungen, die Schwingungen des den Schall fortpflanzenden Mittels denen des tönenden Körpers parallel sind; man muß also zwischen der Richtung der Fortpflanzung (des Schallstrahls) und der der Schwingung wohl unterscheiden. Daß die zu einem Tone gehörenden Schallstrahlen abwechselnd in zwei beträchtlich verschiedenen Richtungen zum Ohre gelangen dürfen, ist im Vorhergehenden gezeigt worden; mit der Richtung der Schwingungen scheint es nach dem eben erwähnten Versuche nicht ganz derselbe Fall zu seyn. Ich habe dieß an meiner Sirene nicht genauer prüfen können, doch habe ich die höhere Octave noch deutlich gehört, als ich die beiden Röhren, mit welchen die alternirenden Luftstöße

auf einer LÖcherreihe erzeugt wurden, von beiden Seiten her so gegen die Scheibe neigte, daß die Richtungen der beiden Luftströme einen Winkel von  $60^\circ$  mit einander bildeten. — Von einer so regelmässigen Abwechslung der Impulse nach zwei gegen einander senkrechten Richtungen, wie bei dem letzten Savart'schen Versuche, würde ich vermuthet haben, daß sie beide Töne, die tiefere und die höhere Octave, zugleich geben würde<sup>1)</sup>; da man aber gerade in solchem Falle sehr leicht einen von beiden Tönen überhört, so würde sich darüber am besten entscheiden lassen, wenn man die Einrichtung trafe, den Ton von *einer* Spalte mit dem von *zweien* unmittelbar abwechseln zu lassen.

Noch weniger kann der von Savart aufgestellte  
Satz

- 1) Es soll damit nicht gesagt seyn, daß die Richtung der zu einem Tone gehörenden Schwingungen constant seyn müsse, im Gegentheil kann dieselbe sehr bedeutend variiren, ohne daß sie darum aufhören sich zu einem Tone zu vermischen, wie man aus folgendem Versuche sieht. Ich befestigte eine Zunge, welche nach Art der Mundharmonica angeblasen werden konnte, so an einer Drehbank, daß die Zunge und die dazu gehörende Spalte der Axe parallel waren. Wurde dieselbe während der Umdrehung angeblasen, so erschien der Ton bei allen Umdrehungsgeschwindigkeiten unter dem Geräusche der Drehbank noch erkennbar. Nur muß sich die Zunge nahe in der verlängerten Richtung der Umdrehungsaxe befinden; denn wenn sie zu weit seitwärts, ihr parallel steht, so verschwindet der Ton, wenn sie bei größerer Geschwindigkeit durch die Centrifugalkraft zu sehr aus ihrer Lage, besonders gegen die Spalte gedrückt wird. Der Ton der Zunge war das große A, also ungefähr 109 (ganze) Schwingungen in einer Secunde, und der Ton blieb, wenn sie gut centrirt war, noch erkennbar bei der größten, an dem Apparate erreichbaren Geschwindigkeit, welche nicht unter 50 Umdrehungen in der Secunde betragen mochte. Man sieht hieraus, daß von einer Schwingung bis zur nächsten die Richtung dieser Schwingungen sehr bedeutend variiren kann, ohne daß die Bildung des Tones dadurch gestört würde, und daß die Zunge sich in dieser Beziehung anders verhält, als eine Stimmgabel, deren Ton nach einer auffallenden Beobachtung der Hrn. Weber (Wellenlehre, S. 510) nicht gehört wird, sobald dieselbe um ihren Stiel schnell umgedreht wird.

Satz in ein Paar anderen Erscheinungen eine Stütze finden, an welche dieser Physiker am Schlusse seiner Abhandlung erinnert. Was nämlich die Ansicht betrifft, daß die von den entgegengesetzt schwingenden Theilen einer Platte ausgehenden Wellen, sich darum nicht aufheben, weil sie aus verschiedenen Punkten kommen, so ist bereits von dem Herausgeber dieser Annalen, Bd. LI S. 560, daran erinnert worden, daß in diesem Falle die Aufhebung wirklich beobachtet werden kann.

Wenn aber endlich Savart bemerkt, daß zwei im Einklange stehende Töne nie die höhere Octave hervorbringen, da doch bei solchen oft eine Kreuzung der Wellen und eine Verdoppelung der Anzahl der zum Gehörorgan gelangenden Impulse entstehen müsse, so ist dagegen zu erinnern, daß die Möglichkeit dieser Verdoppelung an gewisse Bedingungen der Wellenform geknüpft ist, Bedingungen, welche bei der Sirene, den Zahnrädern und in ähnlichen Fällen sehr vollständig erfüllt sind, aber bei den gewöhnlichen Arten der Tonerzeugung durch elastische Körper, die sich in stehender Schwingung befinden, viel weniger zu erwarten sind.

Es sind hier ein Paar Bemerkungen über den *Einklang* zu machen. Bleiben wir nämlich bei der gewöhnlichen Annahme stehen, daß die Ablenkung eines schwingenden Lufttheilchens von seiner Gleichgewichtslage proportional ist  $\sin \theta$ , wenn  $\theta$  die Zeit bezeichnet von dem Augenblicke an gerechnet, wo dasselbe durch die Mitte seiner Bahn geht, und die Dauer einer Schwingung  $= 2\pi$  gesetzt wird; alsdann überzeugt man sich leicht, daß das aus zwei oder mehreren Wellenzügen resultirende Wellensystem keine andere Länge oder Schwingungsdauer haben kann, als seine Componenten. Denn bezeichnet  $a$  die Amplitude und  $\tau$  die Zeit des Durchgangs eines Lufttheilchens durch die Mitte seiner Bahn für eine Welle, so wie  $a'$  und  $\tau'$  dieselben Größen für eine zweite Welle von derselben Länge, so ist die Schwingungsphase eines

von beiden Wellen gleichzeitig afficirten Lufttheilchens, zunächst für den Fall, daß die beiden Schwingungsrichtungen in *eine* Linie zusammenfallen:

$$a \sin(\theta - \tau) + a' \sin(\theta - \tau'),$$

welcher Werth  $= a'' \sin(\theta - \tau'')$  gesetzt werden kann, wo

$$a'' = \sqrt{a^2 + a'^2 + 2aa' \cos(\tau - \tau')}.$$

und: 
$$\text{tang } \tau'' = \frac{a \sin \tau + a' \sin \tau'}{a \cos \tau + a' \cos \tau'}.$$

Man sieht also, daß in diesem Falle aus den beiden Wellen eine Resultante hervorgeht, welche nicht nur dieselbe Wellenlänge oder Schwingungsdauer, sondern auch dieselbe Wellenform hat, wie die beiden Componenten, nur mit veränderter Amplitude und Anfangszeit der Schwingung, daher dann auch dasselbe von dem Einklange mehrerer Töne gilt. Nimmt man aber an, daß die beiden Schwingungsrichtungen — auf die Fortpflanzungsrichtungen kommt es nicht an — nicht in eine Linie zusammenfallen, so gilt dasselbe von den Projectionen der beiden Bewegungen auf eine beliebige, durch das Lufttheilchen gezogene Linie; es bleibt daher in diesem Falle zwar nicht dieselbe Wellenform, indem die resultirende Bewegung des Lufttheilchens im Allgemeinen krummlinig (elliptisch) wird, allein die Schwingungsdauer, d. h. die Zeit zwischen zwei Momenten gleicher Schwingungsphase (oder die zum einmaligen Durchlaufen jener krummen Bahn verwendete Zeit), bleibt dieselbe, wie bei den Componenten <sup>1)</sup>. Es kann daher eine doppelte oder mehrfache Anzahl von Impulsen auf das Gehörorgan, und die Entstehung der Octave oder irgend eines andern Tones nicht erwartet werden, in allen den Fällen, wo die Wellen der beiden Töne von der bezeichneten Form sind. Zwar muß man annehmen, daß die Wellen auch bei der Tonerregung durch

1) Es verhält sich damit ganz ähnlich, wie mit der Zusammensetzung zweier linear polarisirten Lichtwellen, von welcher der Herausgeber dieser Annalen, Bd. XXIII S. 271, eine vollständigere Erörterung gegeben hat.

stehende Schwingung mehr oder weniger von dieser Form abweichen, weil die Verschiedenheiten des Klanges nicht wohl eine andere Ursache haben können; indess, wenn auch solche Abweichungen zugegeben werden, so ist doch darum noch nicht erwiesen, daß dieselben geeignet sind, die Verdoppelung der Impulse beim Einklange zu begünstigen. Vielmehr werden bei der Art der Tonerzeugung auf den meisten unserer Instrumente die beiden Hälften der Welle (die positiven und negativen Schwingungsphasen) einander mehr oder weniger symmetrisch seyn, und daher, wenn der Gangunterschied zweier im Einklange befindlichen Töne eine ungerade Anzahl von halben Wellenlängen beträgt, statt der von Savart erwarteten Verdoppelung der Zahl der Impulse, wohl nur eine gegenseitige Schwächung dieser Töne bemerkt werden können. Daß aber in der That die letztere auch bei zwei nicht auf *einer* Linie gehenden Wellenzügen eintritt, kann durch die bekannte Erscheinung der Stöße oder Schwebungen als hinreichend erwiesen betrachtet werden.

Anders ist dagegen der Fall bei den Tönen der Sirene, der Zahnräder und dergleichen; denn hier hat man eine Reihe von Impulsen, die eine kürzere oder längere Dauer besitzen, und als positive Schwingung angesehen werden können, getrennt in der Regel durch Perioden der Ruhe, welche die Stelle der übrigen Welle, namentlich der negativen Schwingung, vertreten; hier kann daher zwischen zwei solche Impulse ein gleicher Impuls (oder auch mehrere) eingeschaltet werden, ohne daß derselbe durch eine entgegengesetzte Wellenhälfte aufgehoben würde.

Die sämtlichen von mir in dieser Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen, mit Ausnahme der Interferenz zweier Unisonotöne, können daher nur für Töne von dieser oder ähnlicher Beschaffenheit ihre Geltung behalten. Sie zeigen, daß auch die Töne dieser Art, wenn

ihrer zwei oder mehrere von gleicher Höhe zusammenklingen, in der Regel den Eindruck des Einklangs bewahren, daß aber dieser häufig von höheren Tönen begleitet ist, und sogar unter Umständen ganz durch solche ersetzt werden kann.

II. *Ueber die Volta'schen Ketten mit zwei einander berührenden Flüssigkeiten;*  
*von J. C. Poggendorff.*

(Aus dem Aprilstück der Monatsberichte der Academie.)

Die Veranlassung zu dieser Untersuchung, mit deren Verfolg der Verfasser noch beschäftigt ist, gab zunächst die merkwürdige Anomalie des Eisens, daß es, obwohl positiv gegen Kupfer, dennoch bei Combination mit Zink und verdünnten Säuren im Allgemeinen einen bei weitem stärkeren Strom liefert, als jenes Metall unter gleichen Umständen.

Bereits im vorigen Jahre theilte der Verfasser einige in Betreff dieser sonderbaren Erscheinung gemachte Erfahrungen mit <sup>1)</sup>, und seitdem hat er noch mehrere derselben gesammelt, die, wenn sie auch den Gegenstand noch nicht erledigen, doch neues Licht über denselben verbreiten, und daher einer vorläufigen Anzeige nicht unwerth seyn dürften.

So hat er unter anderem gefunden, daß die Ueberlegenheit des Eisens, als negatives Glied der Kette, über das Kupfer sich auch noch geltend macht, wenn man zwei durch thierische Blase oder ein poröses Thongefäß getrennte Flüssigkeiten, z. B. Salzsäure oder eine Lösung von Zinkvitriol, Eisenvitriol, Kochsalz u. s. w. einerseits, und verdünnte Schwefelsäure andererseits anwendet, und

1) S. Annalen, Bd. L S. 255.